



UNIVERSIDAD DEL MAR
Campus Puerto Ángel

“Determinación de la subespecie de ballena azul *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758) (Mammalia: Cetartiodactyla) en el Golfo de California, a través de morfometría”

T e s i s

Que para obtener el Título Profesional de

Licenciada en Biología Marina

Presenta

Maleni Maricela Martínez Lima

Director

Dra. Diane Gendron Laniel

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, 2017

<<Si comparamos a los animales de tierra, respecto al tamaño,
con los que tienen su morada en las profundidades, encontraremos
que resultan despreciables en la comparación. La ballena,
sin duda, es el mayor animal de la creación>>

GOLDSMITH

DEDICATORIA

Para quienes jamás han dudado en darme todo su cariño, apoyo, confianza y

amor:

Mis padres

Maricela J. Lima Leyva

Alejandro Mendoza Martínez

Mi pequeño gran hermanito

Alejandro Mendoza Lima

Dos personas especiales que acaban de cambiar por completo mi vida

Guillermo R. Maza Santibañez

Mi pequeño ballenato, Félix Maza

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a la Dra. Diane Gendron y al Dr. Christian Ortega, quienes sin conocerme me dieron la oportunidad y confianza para desarrollar este hermoso e interesante tema de investigación. Porque siempre mostraron su interés, paciencia y apoyo a lo largo de este proyecto, gracias.

Al M. en C. Francisco Villegas por permitirme adentrar al mundo de los mamíferos marinos durante mi servicio social, y sobre todo por aquellas experiencias compartidas en las navegaciones en búsqueda de ballenas jorobadas. No solo por sus valiosos comentarios para mejorar el escrito, sino también por orientarme a lo largo de mi formación académica, mis más sinceros agradecimientos.

A mis revisores: Dra. Valentina Islas, Dr. Juan Meraz y M. en C. Antonio López Serrano por sus observaciones que fueron de gran ayuda para la mejora de este documento, por compartir su conocimiento dentro y fuera del aula.

A cada uno de mis docentes de la UMAR, porque de cada uno adquirí diversos conocimientos del mundo marino que resultaron complementarios para esta tesis. Con quienes incluso formé lazos de amistad y cariño incomparables. A los compañeros que me han guiado en el maravilloso mundo de las ballenas: Fátima Castillejos por contagiarme la pasión hacia a las ballenas jorobadas, Azucena por compartir conmigo tu amplia experiencia en foto-identificación de ballena azul, Geraldine y Mario por darme su apoyo cuando estuve en la Paz y, Marcia por esos sabios consejos de cómo desarrollar una tesis sin estrés.

Quienes han sido más que amigas; mis hermanas inseparables: Maguito, Quetza, Rosa, Karen, Esme, Nancy, Sairi y Cindy. Porque con ustedes caminé este sendero de la ciencia y con ustedes soñé este momento.

Finalmente, mis tíos (Lalo, Memo, Pancho y Ale), tías (Sonia y Emma) y Abue, porque siempre han sido uno de mis pilares más fuertes para superarme en la vida, porque con su ejemplo me han inspirado incluso a romper mis propias barreras. Este logro es gracias a ustedes.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Generalidades de la ballena azul.....	10
1.2 Subespecies de ballena azul.....	12
1.3 Subespecies de ballena azul en el Pacífico Noreste.....	13
2. ANTECEDENTES	15
2.1 Estudios acústicos en poblaciones de ballenas azules.....	15
2.2 Estudios genéticos para discriminación entre subespecies.....	17
2.3 Características morfológicas de subespecies de ballena azul.....	17
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. HIPÓTESIS DE TRABAJO	23
5. OBJETIVOS	24
5.1 OBJETIVO GENERAL	24
5.2 OBJETIVOS PARTICULARES	24
6. ÁREA DE ESTUDIO	25
7. MATERIAL Y MÉTODOS	28
7.1 Trabajo de campo.....	28
7.2 Trabajo de gabinete.....	29
7.2.1 Estimación de la longitud total y peduncular a partir de las secuencias de fotografías tomadas en campo.....	30
7.2.2 Factor de corrección peduncular (FCP).....	32
7.2.3 Estimación de la proporción peduncular de los individuos en relación a su Longitud Total.....	34
7.2.4 Evaluación del error de medición sobre las biometrías de ballena azul del Golfo de California.....	35
7.2.5 Comparación de la proporción peduncular (PP) entre subespecies.....	36

8	RESULTADOS	37
8.1	Foto-secuencias de ballenas azules consideradas para el análisis de proporción peduncular (PP)	37
8.2	Evaluación del error de medición sobre las biometrías obtenidas por dos personas en las foto-secuencias de ballenas azules del Golfo de California	41
8.3	Estimación de la Longitud Total de ballenas azules foto-secuenciadas....	42
8.4	Aplicación del factor de corrección peduncular para la estimación confiable de la longitud peduncular.	44
8.5	Evaluación de la proporción peduncular de las ballenas foto-secuenciadas	46
8.6	Comparación entre subespecies de ballena azul	47
9	DISCUSIÓN	50
9.1	Método de foto-secuencias en la estimación de la proporción peduncular (PP) de ballenas azules	50
9.2	Estimación de la Longitud Total y de la Longitud del Pedúnculo	52
9.3	Subespecies de ballena azul en el Golfo de California.....	54
10	CONCLUSIONES	56
11	RECOMENDACIONES	57
12	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de la ballena azul en las aguas de Baja California durante 1993-1999 (Tomado de Gendron, 2002).....	12
-----------	--	----

Figura 2.	Ubicación geográfica del Golfo de California (GC). Además la localización de las bahías donde se obtuvieron las foto-secuencias de ballena azul; a) Bahía Loreto, b) Bahía de La Paz. Baja California Sur (BCS), Baja California (BC), Sonora (SON), Sinaloa (SIN), Nayarit (NAY), Jalisco (JAL).....	26
-----------	---	----

Figura 3.	Ejemplo de una foto-secuencia de una ballena azul del Golfo de California unida en el software Photoshop versión 6.0 para estimación de su LT (Tomado de Ortega-Ortiz, 2009)	30
-----------	--	----

Figura 4. Esquema de las biometrías que analizadas en este trabajo a) de fosa nasal a aleta dorsal, b) pedúnculo y c) longitud total. 32

Figura 5. a) Imagen aérea de un individuo de ballena azul en el GC, se señala con una línea tenue la altura de los lóbulos caudales y a su vez la distancia que hay de la muesca caudal a la punta de los lóbulos caudales, b) en la parte inferior izquierda se aprecia la embarcación CICIMAR XV y se indican los extremos de la misma considerados para la medición (Tomada de Ortega-Ortiz, 2004). 33

Figura 6. Foto-secuencias de ballena azul formadas en el software Photoshop 7.0 para la estimación de su LT a) secuencia sin ángulo, b) secuencia con ángulo de 10°, c) secuencia tomada con ángulo de 20°, d) secuencia con ángulo de 30° 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Foto-secuencias y foto-recapturas de ballenas azules en el GC en el periodo 2008-2014 37

Tabla II. Información sobre los individuos de ballena azul foto-secuenciados en el GC durante el periodo 2008-2014. Las secuencias de ballenas azules consideradas para el análisis de PP se señalan en color gris. 38

Tabla III. Comparación de la longitud Total (LT), longitud peduncular (LP), el factor de corrección peduncular (FCP) y la proporción peduncular (PP), medidas a partir de las foto-secuencias de ballenas azules del GC. 42

Tabla IV . Fotografías aéreas de ballena azul tomadas junto a una embarcación de tamaño conocido durante los años 2001-2007 en diferentes regiones del Golfo de California 45

Tabla V. Longitud del pedúnculo (LP) estimada para las ballenas azules foto-secuenciadas..... 45

Tabla VI Datos de las 10 foto-secuencias de azules analizadas para la estimación de LT y PP. El ángulo se refiere al formado entre la ballena-embarcación y está dado en grados (°), LT en metros y PP en porcentaje..... 47

Tabla VII. Media (μ), intervalo de confianza al 95% (IC) y tamaño de muestra (n) para el análisis de proporción peduncular (PP) en las distintas poblaciones de ballena azul.	48
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

<u>ANEXO I:</u> Información de las foto-secuencias de ballenas azules obtenidas en la temporada invernal entre el 2008 y 2014 en el Golfo de California. *H= Hembra, *M= Macho. *LAas observaciones van enfocadas hacia la secuencia. *En color gris se señalan las secuencias que fueron consideradas para el análisis de PP.	64
---	----

<u>ANEXO II:</u> Información de las foto-secuencias de ballenas azules analizadas para la obtención de las biometrías de PP. *H=Hembra, *M= Macho, *LCP= Longitud del Pedúnculo Caudal (m), *LT= Longitud Total (m), *PP= Proporción del Pedúnculo Caudal (%).	66
---	----

<u>Anexo III:</u> Foto-secuencias donde no se presentó ángulo entre la ballena y embarcación (s/a).	67
--	----

<u>ANEXO IV:</u> Foto-secuencias de ballenas azules en las que existió un ángulo de 10° debido a la posición ballena-embarcación	68
--	----

<u>ANEXO V:</u> Foto-secuencias de ballenas que presentaron ángulo de 20°	69
---	----

<u>Anexo VI:</u> Foto-secuencias de ballenas azules en las que se estimó un ángulo de 30°	70
---	----

RESUMEN

En el Pacífico Noreste existe una población de ballena azul, de la cual una porción migra en invierno a las aguas del Golfo de California para realizar actividades de crianza, reproducción y alimentación. Sin embargo, existe controversia sobre la subespecie que conforma esta población, por lo que el presente estudio aporta información morfométrica obtenida con el método de foto-secuencias propuesto por Ortega-Ortiz (2009), y considerando un factor de corrección con base en fotografías aéreas para estimar la proporción del pedúnculo de los organismos adultos, única característica morfométrica que permite la discriminación entre las subespecies de ballena azul. Con base en el análisis de 10 foto-secuencias de individuos adultos muestreados durante el periodo 2008-2014 dentro del Golfo de California, la estructura por longitud presentó un promedio de 23.94 m (rango: 22.00-25.37 m); siendo similar la longitud total promedio de hembras (24.06 m, rango: 23.49-25.37 m, n=5) a la de machos (23.56 m, rango: 22.0-24.58 m, n=4). En lo que se refiere a la longitud del pedúnculo, el promedio fue de 6.06 m (rango: 5.40-6.75 m, n=10). Por lo que la proporción promedio del pedúnculo fue de 25.26% (rango: 23.01-27.04%); y la moda de 25%. Este último valor mostró mayor similitud con el de las ballenas azules de Sudáfrica y Sur de Georgia (moda= 24.74 y 25%, respectivamente) que con el de la población de las ballenas de Islas Kerguelen (moda= 21.72% y 27%). Este método de foto-secuencias resultó ser más preciso (CV =0.98%, n=10) para la estimación de la proporción peduncular que un método de fotogrametría aérea empleado anteriormente en el Pacífico Noreste (CV =4.00%, n=63) por Gilpatrick & Perryman (2008). La presente investigación aporta evidencia adicional para confirmar que ballenas azules avistadas en el Golfo de California pertenecen a la subespecie *B. m. musculus*.

Palabras clave: subespecie, proporción del pedúnculo, foto-secuencias, *Balaenoptera musculus*.