

**Universidad del Mar
Campus Puerto Ángel**



**Distribución y desplazamiento de las ballenas jorobadas en la
Costa de Oaxaca hacia otras áreas de congregación invernal del
Pacífico mexicano y América Central**

TESIS

**Que para obtener el grado de
Maestra en Ciencias con Especialidad en Ecología Marina**

PRESENTA

Biól. Mar. Fátima Castillejos Moguel

DIRECTOR

M. en C. Francisco Villegas Zurita

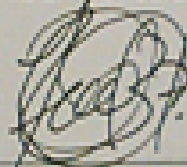
Puerto Ángel, Oaxaca. Marzo de 2015.

Puerto Ángel, Oaxaca. Marzo de 2015.

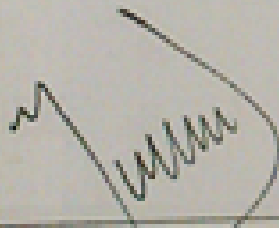
DRA. MARÍA DEL ROSARIO ENRÍQUEZ ROSADO
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
UNIVERSIDAD DEL MAR
P R E S E N T E

Después de haber analizado y evaluado la tesis "Distribución y desplazamiento de las ballenas jorobadas en la Costa de Oaxaca hacia otras áreas de congregación invernal del Pacífico mexicano y América Central" presentada por la Biól. Mar. Fátima Castillejos Moguel, se considera que cumple con los requisitos y la calidad académica necesaria para ser defendida en un examen profesional.

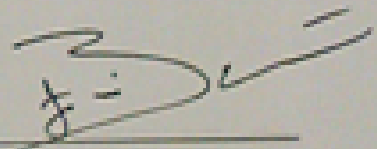
Comisión Revisora:



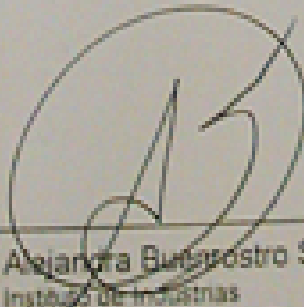
M. en C. Francisco Villegas Zurita
Instituto de Ecología
Universidad del Mar, campus Puerto Ángel.
Director de tesis



Dr. Jorge Urbán Ramírez
Programa de Investigación de Mamíferos Marinos
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Revisor



Dr. Francisco Benítez Villalobos
Instituto de Industrias
Universidad del Mar, campus Puerto Ángel.
Revisor



M. en C. Alejandra Bustroostro Silva
Instituto de Industrias
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido
Revisor



M. en C. Samantha G. Karam Martínez
Instituto de Recursos
Universidad del Mar, campus Puerto Ángel.
Revisor



II



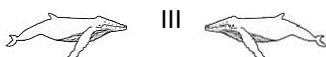
DEDICATORIA

A mis padres, Paquita Moguel y Uriel Castillejos, quienes han sido parte fundamental en mi educación y desarrollo. Por todo el apoyo incondicional que me han brindado, que nunca podré terminar de agradecer.

A Francisco Villegas, con quien he compartido la pasión por el estudio de los mamíferos marinos en la costa de Oaxaca, y porque a pesar de las adversidades juntos hemos logrado una meta más.

A mi familia, Magy, Karina, Stephi y Renato, por todo su cariño y por esos momentos que hemos compartido.

A cuco, mi pequeño y adorable minino, por su compañía en las noches de desvelo mientras escribía esta tesis.



AGRADECIMIENTOS

Mi más sincera gratitud a:

Mamíferos Marinos de Oaxaca Biodiversidad y Conservación (MMOBiDiC A.C.) por el equipo, el financiamiento y el apoyo otorgado durante las navegaciones en las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013.

Los capitanes de MMOBiDiC, Miguel y Mario Cruz, por su valioso apoyo en cada uno de los recorridos para el monitoreo de mamíferos marinos, en la búsqueda de ballenas jorobadas y sus atinadas maniobras con la embarcación MARA.

La Universidad del Mar por permitirme usar los datos de los proyectos 2IE1207 y 2IE1206, y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas a través del Parque Nacional Huatulco, por el apoyo de la embarcación PURPURA II, durante la temporada invernal 2012-2013.

Empresa de Proyectos, Supervisión y Construcciones ALIAM, S.A. de C.V. por el financiamiento otorgado para el monitoreo de jorobadas desde punto fijo en la temporada 2012-2013.

Dr. Jorge Urbán de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), a la Biól. Astrid Frisch de Ecología y Conservación de Ballenas A.C (ECOBAC) y a Katherina Audley de Whales of Guerrero Research Project, por permitirme el acceso a sus catálogos de foto-identificación de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.

Katha Reusch, Luis García, Francisco Villegas, Raúl Ramírez y Jessi Ponce por el aporte de fotografías.

Los socios de MMOBiDiC, Tachito y a todos los chicos por su participación y valioso apoyo durante los recorridos realizados.

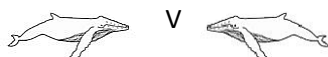
Los prestadores de servicio turístico náutico de Puerto Ángel, San Agustínillo, Mazunte y Huatulco, por permitirme el acceso a sus embarcaciones durante los tours en la costa de Oaxaca .

Los revisores, Dr. Jorge Urbán, Dr. Francisco Benítez, M. en C. Alejandra Buenrostro y M. en C. Samantha Karam, por su disposición, apoyo, comentarios y sugerencias brindadas para el enriquecimiento de este trabajo.



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
2.1. Estudios de la ballena jorobada en la CCO	5
3. Justificación	8
4. Hipótesis	9
5. Objetivos	10
5.1. Objetivo general.....	10
5.2. Objetivos específicos.....	10
6. Zona de estudio.....	11
7. Material y métodos.....	12
7.1. Trabajo de campo.....	12
7.1.1. Temporada 2011-2012.....	12
7.1.2. Temporada 2012-2013.....	12
7.1.3. Toma de datos y registro fotográfico.....	13
7.2. Trabajo de gabinete.....	14
7.2.1. Identificación de individuos	14
7.2.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca	15
7.2.2.1. Foto-recapturas locales	15
7.2.2.2. Foto-recapturas externas.....	16
7.2.2.2.1. Pacífico mexicano	16
7.2.2.2.2. América Central.....	17
7.2.3. Índice de intercambio (Nc): Oaxaca - otras zonas invernales	18
8. Resultados.....	19
8.1. Identificación de individuos	19
8.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca	20
8.2.1. Foto-recapturas locales (CCO).....	20
8.2.1.1. Foto-recapturas locales intra-anales	20
8.2.1.2. Foto-recapturas locales inter-anales	22
8.2.2. Foto-recapturas externas	22
8.2.2.1. Foto-recapturas externas en el Pacífico mexicano	22



8.2.2.2. Foto-recapturas externas en el América Central.....	27
8.2.3. Relaciones con otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano.....	28
8.3. Índice de intercambio: Oaxaca - otras zonas invernales	29
8.3.1. Oaxaca vs Pacífico mexicano (PM)	29
8.3.2. Oaxaca vs América Central (AC)	30
8.3.3. Oaxaca vs Pacífico mexicano (PM) - América Central (AC).....	31
9. Discusión.....	32
9.1. Identificación de individuos	32
9.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca	32
9.2.1. Foto-recapturas locales (CCO).....	33
9.2.2. Foto-recapturas externas	35
9.3. Índice de intercambio (NC): Oaxaca- zonas invernales de congregación.....	35
10. Conclusiones.....	39
11. Referencias	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Áreas de congregación de la ballena jorobada en zonas de alimentación en el Pacífico Norte y zonas de reproducción en el Pacífico Noreste (tomado de Villegas-Zurita & Castillejos-Moguel, 2013).....	1
Figura 2.- Esquema de aleta caudal con marcas de identificación individual a largo plazo: 1) Patrón de la coloración de la superficie ventral, 2) Círculos con centro negro, 3) Líneas blancas, 4) Líneas negras, 5) Círculos con centro blanco, 6) Orificio, 7) Círculos blancos, 8) Cicatrices causadas por depredadores, 9) Aserraciones del borde, 10) Muesca, 11) Círculos negros y 12) Epibiontes (tomado y modificado de Haro, 2009).....	3
Figura 3.- Área de estudio en la Costa Central de Oaxaca. Las líneas negras representan el transecto recorrido a 1.5 y 4 millas náuticas (mn) de la línea de costa, A: Entre los límites de Barra de Tonameca y Playa Tijera, B: Entre los límites de Bajos de Coyula y Bocana de Copalita.....	12
Figura 4.- Ejemplo de clave ID para individuos foto-identificados mediante aleta caudal en el catálogo FIBCCO.....	15
Figura 5.- Distribución espacial de avistamientos de la ballena jorobada en la CCO, entre los límites de Barra de Tonameca-Playa Tijera y Bajo de Coyula-Barra de Copalita durante las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013. ● Avistamientos de ballenas jorobadas en los que no se foto-identificó a ningún individuo; ■ Avistamientos en los cuales se foto-identificó por lo menos a un individuo del grupo mediante aleta caudal.....	19
Figura 6.- Individuo ID 3OAX002 con foto-recaptura local intra-anual durante la temporada invernal 2011-2012.....	21
Figura 7.- Individuos foto-identificados con foto-recaptura local intra-anual durante la temporada invernal 2012-2013 en la Costa Central de Oaxaca. a) 5OAX018, b) 4OAX007, c) 2OAX006 y d) 3OAX009.....	21
Figura 8.- Foto-recaptura del individuo con ID 2OAX003, a) registro durante la temporada invernal 2011-2012 y b) durante la temporada 2012-2013.....	22
Figura 9.- Individuos foto-identificados en Oaxaca con foto-recaptura en catálogo SPLASH: a) 2OAX011; b) 2OAX012; c) 3OAX002; d) 3OAX005; e) 3OAX016; f) 3OAX017; g) 3OAX020; h) 4OAX011; i) 5OAX028; j) 5OAX038; k) 3OAX023.....	23

Figura 10.- Individuos foto-identificados en Oaxaca con foto-recaptura en Baja California (Catálogo PRIMMA): a) 2OAX011; b) 2OAX011; c) 3OAX009; d) 4OAX019; e) 5OAX042; f) 3OAX023.....	24
Figura 11.- Foto-recapturas de individuos entre Baja California y Oaxaca durante la temporada invernal 2013.....	25
Figura 12.- Organismos foto-identificadas en Oaxaca con foto-recaptura en Bahía de Banderas (FIBB). a) 2OAX008; b) 3OAX002; c) 3OAX003; d) 3OAX005; e) 3OAX008; f) 3OAX009; g) 3OAX010; h) 3OAX016; i) 3OAX017; j) 3OAX020; k) 4OAX009; l) 4OAX014; m) 4OAX020; n) 5OAX024; p) 5OAX038; q) 5OAX042; r) 5OAX050; s) 5OAX051; t) 3OAX023.....	26
Figura 13.- Ballena jorobada foto-identificada (ID 3OAX020) con foto-recaptura en Guerrero.....	27
Figura 14.- Ballena jorobada foto-identificada (ID 4OAX004) en la costa de Oaxaca, con foto-recaptura en Costa Rica.....	27
Figura 15.- Índice de intercambio (Nc) de ballena jorobada, entre Oaxaca y otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central PB: Península de Baja California; BB: Bahía de Banderas; AR: Archipiélago de Revillagigedo; GR: Guerrero; Oax: Oaxaca; PM: Pacífico mexicano; CR: Costa Rica; AC: América Central.....	31

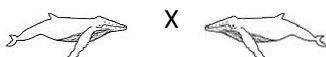
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de aletas caudales propuesto por Glockner & Venus (1983). Tomado y modificado de Martínez (2011).....	14
Tabla 2.- Posibles foto-recapturas locales, mediante la comparación de las ballenas foto-identificadas durante la temporada 2011-2012 y 2012-2013 (tomado y modificado de González-Peral 2011).....	15
Tabla 3.- Posibles foto-recapturas de las ballenas foto-identificadas en la Costa de Oaxaca (2011-2012 y 2012-2013) con otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano (tomado y modificado de González-Peral 2011).....	17
Tabla 4.- Posibles foto-recapturas de las ballenas foto-identificadas en la CCO (2011-2012 y 2012-2013) y América Central.....	18
Tabla 5.- Avistamientos e identificación de ballena jorobada en dos temporadas invernales (2011-2012 y 2012-2013).....	19
Tabla 6.- Categoría de pigmentación de las ballenas foto-identificadas en la CCO durante dos temporadas invernales (2011-2012 y 2012-2013).....	20
Tabla 7.- Foto-recapturas locales intra-anales en la temporada invernal 2012-2013 en la Costa Central de Oaxaca.....	21
Tabla 8.- Foto-identificaciones por área de congregación en el Pacífico mexicano con las que se comparó el catálogo FIBCCO.....	22
Tabla 9.- Foto-recapturas externas intra-anales de las ballenas foto-identificadas en Oaxaca.....	24
Tabla 10.- Foto-recapturas externas (FIBCCO vs FIBB).....	25
Tabla 11.- Individuos foto-identificados en Bahía de Banderas, que tienen foto-recaptura únicamente con Oaxaca.....	26
Tabla 12.- Ballenas foto-identificadas en la costa de Oaxaca con foto-recapturas en Oaxaca y en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.....	28

Tabla 13.- Foto-recapturas de hembras y machos con otras áreas de congregación invernada en el Pacífico mexicano y América Central..... 29

Tabla 14.- Foto-recapturas entre Oaxaca y otras áreas de congregación de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano..... 30

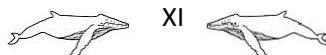
Tabla 15.- Foto-recapturas entre Oaxaca y otras áreas de congregación de América Central..... 31



RESUMEN

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) es una especie cosmopolita, que realiza importantes desplazamientos migratorios anuales, entre sus áreas de alimentación y sus áreas de reproducción. El Pacífico mexicano, es una de las principales zonas empleadas para la reproducción y crianza de la población del Pacífico Norte, con tres subregiones invernales: la Península de Baja California, el Archipiélago de Revillagigedo y el margen continental de México. Actualmente, la distribución, desplazamiento y destinos migratorios, en el tiempo y el espacio de ballena jorobada, se conocen gracias a la técnica de foto-identificación. La mayor parte de estas investigaciones se han realizado en la Península de Baja California, el Archipiélago de Revillagigedo y el margen continental. Sin embargo, los esfuerzos en este último, se han concentrado en los estados de Nayarit y Jalisco. El presente estudio, caracterizó la distribución y desplazamiento de las ballenas jorobadas de la costa de Oaxaca en las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013, hacia otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central. El Catálogo de Foto-identificación de Ballena Jorobada en la Costa Central de Oaxaca (FIBCCO) para ambas temporadas se integró con 117 individuos foto-identificados mediante la aleta caudal; en la primera temporada invernal se foto-recapturó a un individuo y en la segunda temporada a cuatro. Mientras que entre ambas temporadas se obtuvo una foto-recaptura. El mayor número de individuos con foto-recapturas en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central, fue registrado principalmente en Bahía de Banderas y la Península de Baja California y el menor número en Guerrero, Archipiélago de Revillagigedo y Costa Rica. Considerando el índice de intercambio de las ballenas jorobadas, existe una mayor relación entre Oaxaca y Guerrero ($N_c = 0.0342$), seguido de Costa Rica ($N_{cCR} = 0.021$), y en menor grado con Revillagigedo ($N_{cSplashAR} = 0.0011$). El presente estudio sienta precedentes relevantes sobre la distribución y desplazamiento de las ballenas de la costa de Oaxaca y el Pacífico Sur de México, contribuyendo al conocimiento sobre las relaciones que existen con otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano y América Central, al ser la ballena jorobada un recurso natural que se aprovecha de manera no extractiva mediante actividades principalmente turísticas, con la finalidad de mejorar estas prácticas, es necesario generar información básica que permita el desarrollo de estrategias que garanticen su aprovechamiento sustentable y conservación.

Palabras clave: Foto-identificación, foto-recaptura, índice de intercambio, CCO, Oaxaca, Pacífico Sur de México.



1. Introducción

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, Borowski 1781) realiza importantes desplazamientos migratorios anuales, desde sus áreas de alimentación hacia áreas de reproducción (Naveira & Díaz 1996; Cepella *et al.*, 2008). Durante el verano se alimenta en latitudes altas en zonas de elevada productividad y en invierno, debido a las bajas temperaturas en las aguas superficiales, migra hacia áreas de reproducción y crianza en aguas tropicales y subtropicales (Craig *et al.*, 2003; Johnston *et al.*, 2007), concentrándose cerca de islas y costas continentales (Medrano & Urbán, 2002). Esta migración estacional consiste en el movimiento anual más largo registrado para un mamífero (Rasmussen *et al.*, 2007).

La ballena jorobada es cosmopolita, su distribución incluye al Atlántico Norte, Pacífico Norte y al Océano Austral (Medrano & Urbán, 2002). En el Pacífico Norte, durante el verano, se concentran para alimentarse en el Mar de Bering, Islas Aleutianas, Alaska, Columbia Británica, Washington, Oregón y California (González-Peral, 2011); y durante el invierno, migran al sur para realizar actividades relacionadas con la reproducción en tres zonas (Figura 1): I.-Pacífico Noroeste (Costa sur de Japón, Islas Ryukyu, las Filipinas orientales, las Marianas, las Marshall y Taiwán); II.-Pacífico Central (Islas Hawái); y III.-Pacífico Noreste (del Pacífico mexicano hasta América Central) (Juárez-Salas, 2008; González-Peral, 2011).

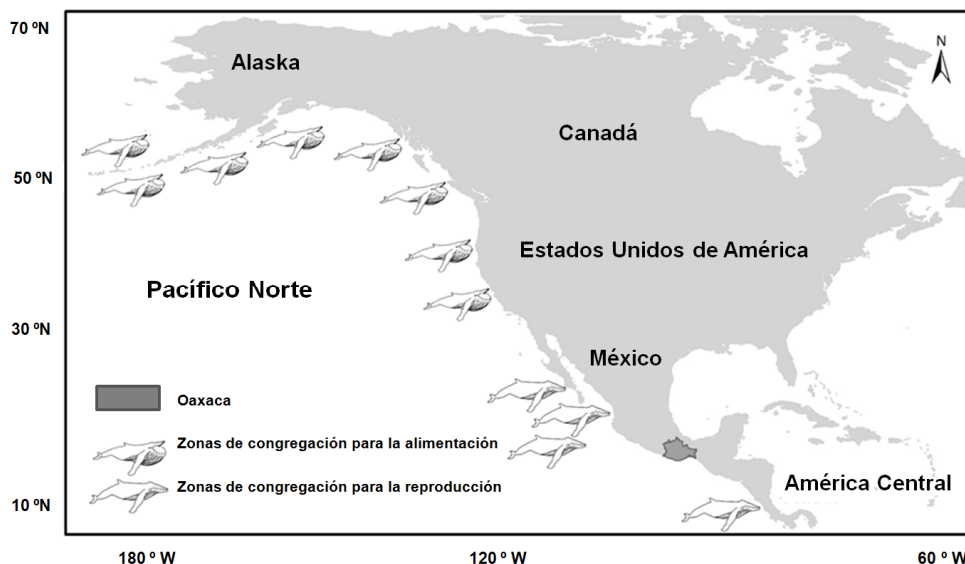
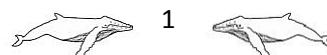


Figura 1.- Áreas de congregación de la ballena jorobada en zonas de alimentación en el Pacífico Norte y zonas de reproducción en el Pacífico Noreste (tomado de Villegas-Zurita & Castillejos-Moguel, 2013).



El Pacífico mexicano, es una de las principales zonas de reproducción de las ballenas jorobadas del Pacífico Norte, con tres subregiones invernales (González-Peral, 2011; Lozano, 2012): I) La Península de Baja California, II) El Archipiélago de Revillagigedo (abarcando las islas oceánicas de Socorro, San Benedicto y Clarión), III) El margen continental de México (desde Sinaloa hasta Chiapas).

Actualmente, la ballena jorobada se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de riesgo “Protección Especial” (Pr) (DOF, 2010). Considerándola una especie prioritaria para su conservación, por lo cual es necesario su adecuado manejo que propicie su recuperación y conservación. Además, se permite el aprovechamiento no extractivo, mediante la observación turística, regulada por la NOM-131-SEMARNAT-2010 (DOF, 2011).

Diversos estudios, que emplearon la técnica de foto-identificación, han proporcionado información relacionada con los movimientos que realizan las jorobadas entre dichas subregiones invernales. Los primeros trabajos indican una estrecha relación entre Baja California y el margen continental (Urbán & Aguayo, 1987; Álvarez, 1987) y una conexión más débil entre esta última y el Archipiélago de Revillagigedo (Urbán, 2001; Martínez, 2008). Recientemente, se reportó que hay un mayor desplazamiento de las ballenas entre el margen continental y Baja California (González-Peral, 2011). Cabe señalar, que los esfuerzos de muestreo en el margen continental para dichos estudios, se han concentrado en los alrededores de las Islas María e Isla Isabel, Nayarit y en particular la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Por lo que el objetivo de este trabajo es determinar la distribución y desplazamiento de las ballenas jorobadas en una porción más sureña del margen continental, específicamente en la costa de Oaxaca hacia otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.

Los resultados de este estudio aportan información relevante, ya que la ballena jorobada es objeto de aprovechamiento no extractivo, mediante la observación turística en la costa de Oaxaca, por lo tanto la generación de información sobre este recurso, resulta esencial para garantizar un manejo adecuado y la conservación de la especie.

2. Antecedentes

En la ballena jorobada, la aleta caudal es la estructura más útil para foto-identificar individuos, debido a los patrones de coloración, manchas y cicatrices en la superficie ventral, en conjunto con la forma y aserraciones del borde (Figura 2) (Álvarez, 1987; Urbán, 2001). La aplicación de la técnica de foto-identificación es posible dada su conducta de exponer la aleta caudal, generalmente, antes de una inmersión profunda (Clapham & Mead, 1999; González-Peral, 2011). Estas marcas permiten la identificación a largo plazo y son equivalentes a un experimento de marcaje, que permite aplicar métodos de foto-captura y foto-recaptura (Medrano & Urbán, 2002).

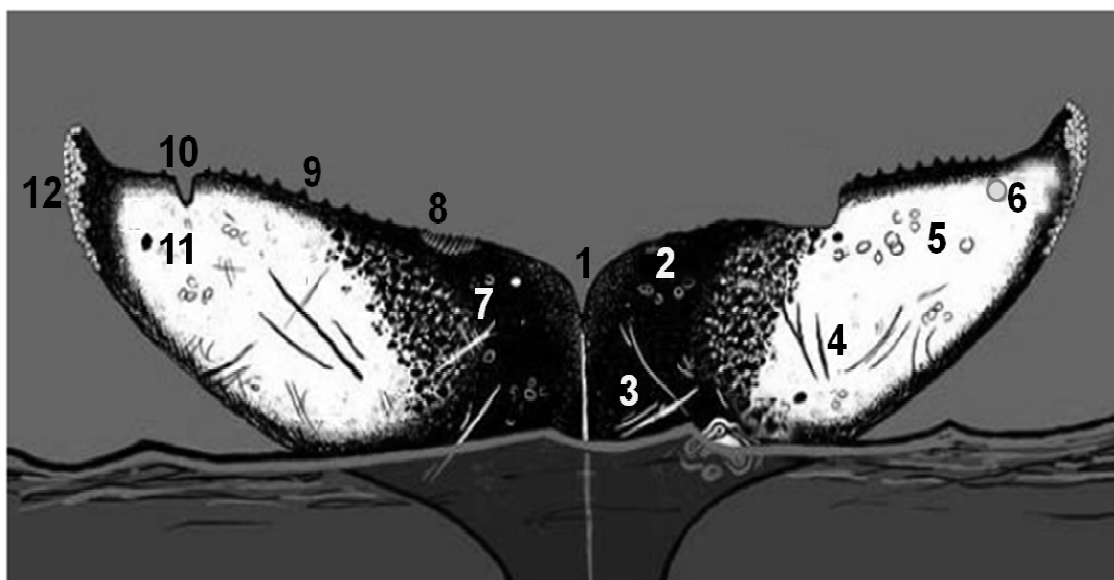


Figura 2.- Esquema de aleta caudal con marcas de identificación individual a largo plazo: 1) Patrón de la coloración de la superficie ventral, 2) Círculos con centro negro, 3) Líneas blancas, 4) Líneas negras, 5) Círculos con centro blanco, 6) Orificio, 7) Círculos blancos, 8) Cicatrices causadas por depredadores, 9) Aserraciones del borde, 10) Muesca, 11) Círculos negros y 12) Epibiontes (tomado y modificado de Haro, 2009).

El primer antecedente sobre el uso de las características distintivas en las ballenas jorobadas, fue el trabajo de Schevill & Bakus (1960), quienes logran dar seguimiento a un individuo por diez días a través de su gran tamaño, forma de la aleta dorsal y por el patrón de coloración y marcas de la parte ventral de la aleta caudal.

Posiblemente, la primera foto-identificación de ballena jorobada en México, y quizá en el mundo, fue la realizada por Ken Balcomb el 22 de febrero de 1966, cerca de Isla Isabel, Nayarit (Urbán *et al.*, 1990). Sin embargo, la técnica fue descrita a detalle por

Kraus & Katona (1977) y Katona *et al.* (1979), en un trabajo en el que presentaron el primer catálogo de foto-identificación de la población del Atlántico Norte. Entre sus observaciones destaca que a menos que el animal sufra una herida o mutilación considerable en la aleta caudal, los patrones permanecerán inclusive un tiempo después de la muerte del individuo.

Actualmente, en el Pacífico mexicano la foto-identificación es una técnica ampliamente utilizada en estudios de ballena jorobada, gracias a la información que aporta sobre los individuos mediante el registro en el tiempo y el espacio, de destinos migratorios, movimientos entre áreas de congregación invernal, el tamaño poblacional, comportamiento, estructura social, tasas de recaptura, fidelidad al sitio, patrones de coloración y tasas reproductivas, entre otros (Jaramillo, 1995; Frisch, 1996; Urbán, 1999; Martínez, 2008; Zepeda, 2011).

Como ejemplo, con base en las diferencias en las tasas de re-capturas entre sitios de congregación invernal en el Pacífico mexicano, los trabajos de Urbán & Aguayo (1987); Urbán *et al.* (1987) y Álvarez *et al.* (1990) concluyen una relación estrecha entre las zonas de Baja California y el margen continental, así como un intercambio menos intenso con el Archipiélago de Revillagigedo. Lo mismo fue observado por Jaramillo *et al.* (1995). Urbán (2001) y Martínez (2008) corroboran una conexión débil entre el margen continental y el Archipiélago de Revillagigedo.

Recientemente, mediante el uso en conjunto de la técnica de foto-identificación y análisis moleculares, González-Peral (2011) describió las unidades poblacionales de las ballenas del Pacífico mexicano, los desplazamientos entre áreas de congregación y la fidelidad al sitio. Determinó la presencia de dos unidades poblacionales: a) la *Unidad Poblacional Costera* conformada por ballenas que se alimentan en California-Oregón y se reproducen en el margen continental de México y América Central; y b) la *Unidad Poblacional Oceánica* está conformada por aquellas ballenas que provienen de zonas de alimentación del oeste de Alaska, Mar de Bering y el norte de Golfo de Alaska, reproduciéndose en el Archipiélago de Revillagigedo, Baja California y margen continental, presentando movimiento entre las tres regiones. Además, destaca la frecuencia de los desplazamientos entre el margen continental y Baja California, así como un bajo intercambio entre el margen continental y el Archipiélago de Revillagigedo. Finalmente, menciona que los individuos permanecen más días en este lugar, seguidos



del margen continental y Baja California; y que la mayor fidelidad a un sitio fue registrada en las ballenas del Archipiélago de Revillagigedo.

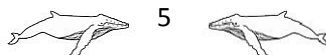
A pesar de que la foto-identificación es una técnica ampliamente utilizada, son pocos los estudios que se complementan con análisis cuantitativos. Dentro de ellos sobresalen los realizados por Urbán *et al.* (2000) y Calambokidis *et al.* (2001), quienes emplearon el índice de intercambio (el cual es básicamente el inverso del estimador de Petersen) como una medida relativa para evaluar los destinos migratorios para la alimentación de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano y la estructura migratoria de la población del Pacífico Norte respectivamente.

Urbán *et al.* (2000) concluyen que las ballenas que utilizan el Pacífico mexicano como zonas de congregación invernal tienen como principal destino migratorio para la alimentación a California-Oregón-Washington. Por su parte, Calambokidis *et al.* (2001) reportan que en el Pacífico mexicano, el intercambio entre sub-áreas es menor comparado con otras zonas del Pacífico Norte, que muestran preferencias en ciertas direcciones y que algunos individuos regresan a la misma zona en diferentes años. En lo referente al intercambio entre el margen continental y el Archipiélago de Revillagigedo, no encontraron evidencias, demostrando que el intercambio más frecuente se observa entre el margen continental y la Península de Baja California ya sea en el mismo año y entre años.

Martínez (2008) empleó el mismo análisis cuantitativo específicamente en las zonas del Pacífico mexicano; estimó el grado de intercambio entre las regiones del Archipiélago de Revillagigedo y el margen continental de México, comprobando que el índice de foto-recapturas es muy bajo, lo que confirma que el Archipiélago de Revillagigedo es una sub-población independiente de la costa del Pacífico mexicano.

2.1. Estudios de la ballena jorobada en la CCO

En Oaxaca los esfuerzos de investigación se han centrado en flora y fauna terrestre, incluyendo en este caso a los Mamíferos (Bastida-Zavala *et al.*, 2013). Sin embargo, a pesar de este sesgo, existen escasos pero importantes trabajos relacionados con la ballena jorobada en la Costa de Oaxaca.



Urbán & Aguayo (1987) realizaron uno de los primeros estudios que reportan la presencia de ballena jorobada en el Golfo de Tehuantepec, siendo éste el registro más sureño, por lo que concluyen que existe un mayor número de jorobadas en el Pacífico mexicano en contraste a lo sugerido en trabajos anteriores. Posteriormente, Meraz (2000) registra cerca de las Bahías de Huatulco, el avistamiento de varias parejas de jorobadas, reportándolo como un fenómeno ocasional, probablemente provocado por la presencia de corrientes de agua más frías o simplemente a que las costas oaxaqueñas son parte de sus zonas de distribución; no obstante, resalta la necesidad de realizar más estudios sobre la presencia de estos organismos.

Sánchez-Díaz (2006) realizó un estudio con el objetivo de determinar la riqueza de mamíferos marinos en la costa central de Oaxaca (CCO), reportando a la ballena jorobada como una especie rara, debido a la baja ocurrencia durante su estudio. Sin embargo, Meraz & Sánchez (2008) señalan que los avistamientos de jorobadas a lo largo del corredor turístico de Huatulco-Puerto Escondido son comúnmente observados durante el invierno por pescadores y prestadores de servicios turísticos. Medrano *et al.*, (2009) coincide al indicar que es habitual avistar ballenas jorobadas en las costas de Guerrero y Oaxaca durante la época invernal, fundamentándolo con registros desde 1981 al 2008.

Con el objetivo de caracterizar la migración de la ballena jorobada en la costa central de Oaxaca (CCO), Castillejos-Moguel & Villegas-Zurita (2014) reportan durante la temporada invernal 2011-2012 un total de 45 avistamientos y una abundancia relativa de 0.24 avistamientos/h; así mismo, resaltan que los meses con mayor tasa de encuentro son febrero y marzo y que el 57.78 % de los avistamientos corresponden a organismos solitarios cuyo comportamiento más frecuente fue el desplazamiento.

En la temporada invernal 2012-2013, Juárez-Sánchez *et al.* (2014) registraron 191 avistamientos desde punto fijo, estimando una abundancia relativa de 0.46 ballenas/h y 0.26 avistamientos/h; registrando a enero y febrero como los meses con mayor tasa de encuentro, e igual que en la temporada anterior los organismos solitarios (49.22 %) y el desplazamiento constante fueron los más frecuentes.

Cabe señalar que no se han realizado estudios tendientes a conocer aspectos relacionados con los desplazamientos de las ballenas foto-identificadas en Oaxaca con

respecto a otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano, lo que se debe primordialmente a la falta de información, ya que la mayoría de los esfuerzos de investigación se han realizado principalmente al norte del Pacífico mexicano.

3. Justificación

Durante la temporada invernal, las ballenas jorobadas migran al Pacífico mexicano para llevar a cabo actividades relacionadas con la reproducción y crianza. Por esta razón, se han realizado numerosos estudios con el objetivo de conocer su biología, etología y ecología en la Península de Baja California, el Archipiélago de Revillagigedo y el margen continental. Sin embargo, los esfuerzos en este último se han concentrado en los estados de Nayarit y Jalisco.

La ballena jorobada es un recurso natural que en México se aprovecha de manera no extractiva, por medio de la observación turística, para contribuir con esta práctica, es necesario conocer parámetros biológicos y poblacionales básicos que nos aseguren un buen manejo para la conservación de la especie.

La relevancia de este trabajo, es la generación de información inédita sobre la distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas a lo largo de la costa de Oaxaca con respecto a otras zonas de congregación en el Pacífico mexicano y América Central. Información básica para comprender mejor la ecología de estas ballenas que a su vez permita sentar las bases adecuadas para desarrollar actividades turísticas de observación garantizando su aprovechamiento sustentable y conservación.

4. Hipótesis

Debido a que las ballenas jorobadas realizan desplazamientos entre las áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central, ya sea en la misma o en diferentes temporadas, se espera encontrar un mayor índice de intercambio entre la costa de Oaxaca con la Bahía de Banderas y Guerrero, debido a su cercanía y distribución costera, seguido de Baja California y en menor medida con el Archipiélago de Revillagigedo. Aunado a ello, se espera que las ballenas jorobadas presenten desplazamientos con áreas de América Central.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Caracterizar la distribución y desplazamiento de las ballenas jorobadas en la costa de Oaxaca hacia otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.

5.2. Objetivos específicos

- Elaborar un catálogo de ballenas jorobadas foto-identificadas en la costa de Oaxaca que integre las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013.
- Determinar la proporción de individuos foto-recapturados en la costa de Oaxaca.
- Estimar el índice de intercambio entre zonas de congregación invernal mediante la comparación del Catálogo de Foto-identificación de Ballenas Jorobadas en la Costa de Oaxaca con los catálogos fotográficos del Pacífico mexicano (Península de Baja California, Revillagigedo, Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit, Guerrero) y América Central (Guatemala y Costa Rica).

6. Zona de estudio

Se denominó como Costa Central de Oaxaca (CCO) al área costera comprendida entre la Barra de Tonameca en el municipio de Santa María Tonameca y la Barra de Copalita en el municipio de Santa María Huatulco (Figura 3), dicha área se encuentra al margen occidental del Golfo de Tehuantepec, donde existen dos épocas climáticas bien definidas: La temporada de lluvias y la temporada de seca. La primera comprende aproximadamente de mayo a octubre y la segunda aproximadamente de noviembre a abril. Durante esta última, los frentes fríos atmosféricos que afectan el Golfo de México, provenientes de Alaska y Canadá, atraviesan el Istmo de Tehuantepec, dando lugar a intensos pulsos de viento que se esparcen sobre el Golfo de Tehuantepec denominados "tehuanos". Estos vientos originan surgencias al momento de soplar hacia afuera de la costa, pues producen corte sobre la superficie del océano y por consiguiente el ascenso de aguas profundas de menor temperatura a la superficie. Gracias a estas surgencias, se incrementa la productividad biológica, pues acarrearán nutrientes del fondo hacia la zona fótica (Lavin *et al.*, 1992; Trasviña *et al.*, 1995; Gallegos-García & Barberán 1998).

Durante esta misma temporada, se observan ballenas jorobadas en las costas Oaxaqueñas, debido a que coincide con la temporada invernal o de migración hacia los sitios de reproducción y crianza (Villegas-Zurita & Castilejos-Moguel, 2013).

En general, la zona de estudio se caracteriza por presentar una angosta extensión de la plataforma continental (4-6 km) (De la Lanza 1991). Su tectónica comprende la placa Ribera, la trinchera Mesoamericana y la zona de subducción de las placas de Cocos y Norteamericana. Bajo el agua posee cañones submarinos, una plataforma y talud continental con laderas muy escarpadas (Lara-Lara *et al.*, 2008; Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). El relieve marino, presenta zonas rocosas de menor profundidad llamadas "bajos" y algunos llegan a sobresalir del mar (Leyte-Morales 2001). Mientras que la máxima profundidad reportada es frente a Puerto Ángel con 4,552 m. Las mareas son de tipo mixtas semidiurnas con pleamar media de 0.981 m y bajamar media de 0.038 m y el área es sometida a un oleaje de alta energía (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano "Aw (w) ig" (Köppen modificado por García 1988).

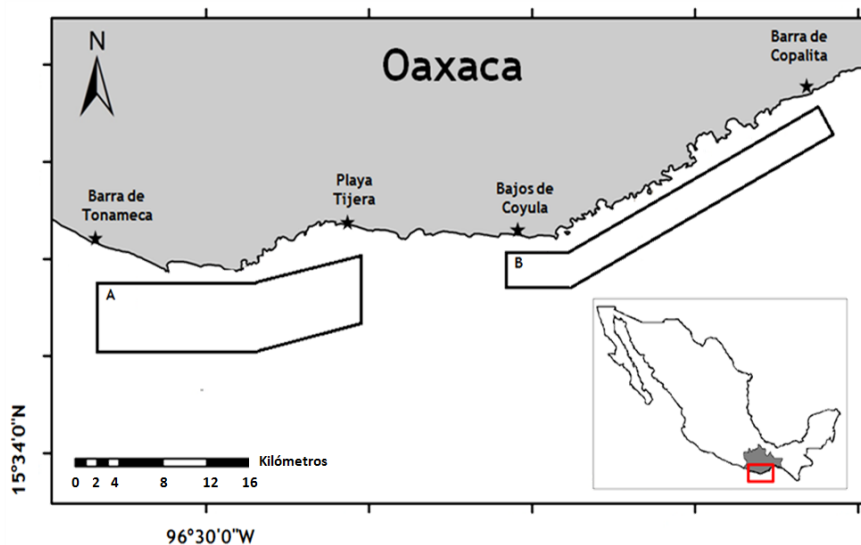


Figura 3.- Área de estudio en la Costa Central de Oaxaca. Las líneas negras representan el transecto recorrido a 1.5 y 4 millas náuticas (mn) de la línea de costa, A: Entre los límites de Barra de Tonameca y Playa Tijera, B: Entre los límites de Bajos de Coyula y Bocana de Copalita.

7. Material y métodos

7.1. Trabajo de campo

7.1.1. Temporada 2011-2012

Para el análisis de la temporada 2011-2012 se empleó el catálogo de Foto-identificación de Ballena Jorobada en la Costa Central de Oaxaca (FIBCCO) y su base de datos complementaria generados por Castillejos-Moguel (2013). Los registros fotográficos de dicho catálogo provinieron del proyecto "*Programa de monitoreo de ballena jorobada en la CCO*" realizado y financiado por Mamíferos Marinos de Oaxaca Biodiversidad y Conservación A.C. (MMOBiDiC A.C.); los individuos de este catálogo fueron foto-identificados entre los límites de Barra de Tonameca y Playa Tijera (Figura 3).

7.1.2. Temporada 2012-2013

Para cubrir la temporada invernal 2012-2013, se realizaron recorridos entre los límites de Barra de Tonameca-Playa Tijera y Bajos de Coyula-Barra de Copalita (Figura 3), durante los proyectos "Ecología de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y diagnóstico de la interacción con embarcaciones turísticas en la CCO (PROYECTO 2IE1207)", "Programa de monitoreo de ballena jorobadas en la CCO" y "Distribución y abundancia de *Megaptera novaeangliae* y su interacción con embarcaciones turísticas en el Parque Nacional Huatulco y sus zonas de influencia (PROYECTO 2IE1206)", financiados por la

Universidad del Mar, Mamíferos Marinos de Oaxaca Biodiversidad y Conservación (MMOBIDIC A.C.) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través del Parque Nacional Huatulco (PNH).

Los recorridos consistieron en dos transectos paralelos a la costa; el primero se realizó frente a las playas de Santa María Tonameca (15°40'52.77"N y 96°36'08.84"O) y Playa Tijera, Puerto Ángel (15°41'15.0"N y 96°26'37.91"O) y el segundo se ubicó frente a Bajos de Coyula (15°40'20.3"N y 96°17'57.2"O) y la Bocana del río Copalita (15°44'47.00"N y 96°07'28.7"O), con un campo visual de una milla náutica (mn) a cada costado del transecto (Figura 3). Se utilizaron embarcaciones menores tipo panga, de fibra de vidrio de seis metros de eslora equipadas con un motor fuera de borda de 60 a 75 caballos de fuerza.

7.1.3. Toma de datos y registro fotográfico

La búsqueda de ballenas se realizó a ojo desnudo, con un mínimo de tres observadores por recorrido, mediante barridos visuales de 180° sobre el horizonte, a cada lado de la embarcación con la finalidad de detectar a las ballenas. Cabe señalar que durante los recorridos entre los límites de Barra de Tonameca - Playa Tijera durante la temporada 2012-2013 se realizó paralelamente un esfuerzo de búsqueda y detección aplicando la técnica de punto fijo, empleando el Faro de Puerto Ángel.

Para la identificación de individuos de ballena jorobada, se empleó la técnica de foto-identificación. Se utilizó el formato para el registro de datos, con la fecha y hora de avistamiento, ubicación con un sistema de posicionamiento global (GPS), número de organismo y tipo de grupo (G1: solitarios, G2: pareja, MC: madre con cría, MCE: madre con cría y escolta, GC: grupo de cortejo) (Anexo I). En cada uno de los avistamientos, la embarcación se aproximó a la ballena o grupo de ballenas por la parte posterior para fotografiar la altea caudal expuesta.

La toma de fotografías se realizó con cámaras réflex digitales (Canon EOS REBEL T2i, Canon EOS 1100D y Canon EOS REBEL XT) equipadas con lentes de 75-300 mm. Con el objetivo de permitir el manejo de las imágenes, se utilizó la mayor calidad permitida por las cámaras. Adicionalmente, se grabaron videos en alta definición (HD) de cada uno de los avistamientos, como respaldo de las observaciones de campo, principalmente para determinación del tamaño de grupo, posición de los organismos

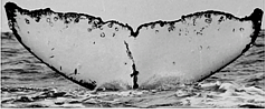




dentro del grupo, así como la correspondencia de aletas dorsales y caudales en cada organismo.

7.2. Trabajo de gabinete

7.2.1. Identificación de individuos

Las ballenas se identificaron individualmente mediante fotografías de la aleta caudal, las mejores fotografías de cada individuo se editaron utilizando el archivador de imagen ACDSsee 9 (Microsoft Windows 7). Las aletas se clasificaron considerando la categoría de coloración de la superficie ventral propuesta por Glockner & Venus (1983) (Tabla 1). Posteriormente a cada individuo se le asignó una clave de foto-identificación "ID" para su ingreso en el catálogo FIBCCO, la cual está conformada por el número de la categoría (del 1 al 5), el área de estudio (OAX), y el número consecutivo de individuo en la categoría (Figura 4).

Tabla 1.- Clasificación de aletas caudales propuesto por Glockner & Venus (1983). Tomado y modificado de Martínez (2011).

Categoría	Descripción	Ejemplo
1	La coloración de la aleta es blanca y puede presentar un borde	
2	La coloración es blanca con borde, el cual se extiende hacia dentro, donde se fusionan dividiendo la región blanca en dos áreas.	
3	No predomina ni una de las dos coloraciones. Posee una gran área negra en la región media y a lo largo de los bordes, separando dos áreas blancas.	
4	La coloración que predomina es la negra, y posee pequeñas áreas blancas.	
5	La aleta es completamente negra y puede presentar manchas blancas.	

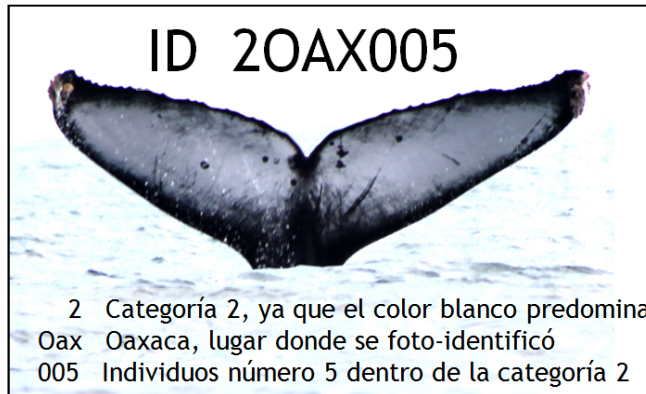


Figura 4.- Ejemplo de clave ID para individuos foto-identificados mediante aleta caudal en el catálogo FIBCCO.

7.2.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca

Para establecer la distribución y los desplazamientos de las ballenas jorobadas de la costa de Oaxaca se utilizaron los registros de las ballenas foto-identificadas durante dos temporadas invernales (2011-2012 y 2012-2013) en la CCO, posteriormente se compararon con foto-identificaciones obtenidas en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.

7.2.2.1. Foto-recapturas locales

Se compararon las foto-identificaciones dentro de la misma temporada y entre temporadas para determinar el número de foto-capturas locales intra e inter-anales (Tabla 2).

Tabla 2.- Posibles foto-recapturas locales, mediante la comparación de foto-identificaciones de ballenas jorobadas durante la temporada 2011-2012 y 2012-2013 (tomado y modificado de González-Peral 2011).

Foto-recapturas locales	Descripción:
Foto-recaptura local intra-anual	Individuo foto-identificado previamente en la CCO, en la misma temporada invernal, pudiendo existir varias foto-recapturas entre esas dos fechas. Permitirá conocer el tiempo de residencia, a partir de las ballenas que fueron foto-recapturadas dentro de una temporada.
Foto-recaptura local inter-anual	Individuo foto-identificado, que regresa de un año a otro a la misma región, permite medir la fidelidad de las ballenas a la CCO.

7.2.2.2. Foto-recapturas externas

7.2.2.2.1. Pacífico mexicano

Se llevó a cabo la comparación del Catálogo FIBCCO con catálogos del Pacífico mexicano con el objetivo de obtener posibles foto-recapturas externas (Tabla 3):

- a. **Catálogo *SPLASH-PM*** (*Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback Whales in the North Pacific*): Incluye a ballenas foto-identificadas durante los meses de enero a abril de 2004 a 2006, en las tres regiones del Pacífico mexicano donde éstas se congregan: I) PB: Baja California (n=572), comprendida entre Cabo Pulmo-Cabo San Lucas y Baja California Sur; II) BB: margen continental (n= 945), concentrándose en la zona de Bahía de Banderas y III) AR: el Archipiélago de Revillagigedo (n=753). Dicho catálogo está bajo el resguardo del coordinador regional del Proyecto SPLASH, el Dr. Jorge Urbán de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- b. **Catálogo *PRIMMA*** (Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur - Ecology Project International): Incluye ballenas foto-identificadas en Baja California de 2007 a 2013 (n=957). Este catálogo también está bajo el resguardo del Dr. Jorge Urbán de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- c. **Catálogo *FIBB*** (Catálogo de Foto-identificación de Ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas): Incluyen individuos registrados de 1996 al 2012 (n= 1720). Este catálogo está a cargo de la Biól. Astrid Frisch de Ecología y Conservación de Ballenas A.C. (<http://www.whalephoto.org/investigacion/catalogo/catalogo.html>).
- d. **Catálogo *Guerrero*** (*Whales of Guerrero Research Project*): incluye a ballenas foto-identificadas en las costas de Guerrero en el 2014 (n=25), el cual está a cargo de Katherina Audley.

Tabla 3.- Posibles foto-recapturas de las ballenas foto-identificadas en la Costa de Oaxaca (2011-2012 y 2012-2013) con otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano (tomado y modificado de González-Peral 2011).

Foto-recapturas externas	Descripción:
Foto-recaptura externa intra-anual CCO-PM	Individuo observado en la CCO y en otras regiones en el Pacífico mexicano durante la misma temporada. Son las ballenas que fueron vistas en más de una región en el mismo año, lo que permite seguir su desplazamiento entre las regiones del Pacífico mexicano.
Foto-recaptura externa inter-anual CCO-PM	Individuo observado en la CCO y en otras regiones en el Pacífico mexicano durante diferentes temporadas. Son las ballenas que han sido vistas en más de un área de congregación invernada.

7.2.2.2. América Central

Se llevó a cabo la comparación del Catálogo FIBCCO con catálogos fotográficos de cuatro informes finales de trabajos de investigación realizados entre el 2010 y el 2012 en América Central (AC), en el cual se incluyen a ballenas foto-identificadas en Guatemala y Costa Rica (CR), con el objetivo de obtener posibles foto-recapturas (Tabla 4).

El catálogo de jorobadas foto-identificadas en el Pacífico Guatemalteco de Prado *et al.*, (2011) incluye tres ballenas foto-identificadas por aleta caudal. El trabajo realizado por Calambokidis *et al.* (2010) en Costa Rica incluye 10 ballenas foto-identificadas. El de Douglas *et al.*, (2011) incluyen 11 y finalmente el trabajo realizado por Douglas *et al.*, (2012) incluye ocho ballenas. Dando un total de 32 ballenas foto-identificadas en América Central, tres en Guatemala y 29 en Costa Rica.

Tabla 4.- Posibles foto-recapturas de las ballenas foto-identificadas en la CCO (2011-2012 y 2012-2013) y América Central.

Foto-recapturas externas	Descripción:
<p>Foto-recaptura externa Intra-anual CCO-AC</p>	<p>Individuo observado en la CCO y en América Central durante la misma temporada. Son las ballenas que fueron vistas en más de una región en el mismo año, lo que permite seguir su desplazamiento entre ambas regiones.</p>
<p>Foto-recaptura externa Inter-anual CCO-AC</p>	<p>Individuo observado en la CCO y en América Central durante diferentes temporadas. Son las ballenas que han sido vistas en más de una región.</p>

7.2.3. Índice de intercambio (Nc): Oaxaca - otras zonas invernales

Para determinar con qué área en el Pacífico mexicano y América Central presentan mayores relaciones las ballenas jorobadas foto-identificadas en la costa de Oaxaca, se utilizó el inverso del estimador de Petersen, considerando los datos de individuos foto-identificados por área y el número de foto-recapturas entre ellas (Urbán *et al.*, 2000; Calambokidis *et al.*, 2001; Martínez 2008):

$$Nc = ((n_{XY} / n_X) * n_Y) * 100$$

Donde:

Nc: Es el valor de intercambio o de foto-recapturas entre zonas.

n_{XY}: Es igual al número de foto-recapturas entre las zonas "X" y "Y".

n_X: Es el número total de individuos identificados en la zona 1.

n_Y: Es el número total de individuos identificados en la zona 2.

8. Resultados

8.1. Identificación de individuos

Para ambas temporadas invernales se registraron un total de 140 avistamientos y 228 ballenas jorobadas, de las cuales se realizaron 152 identificaciones mediante aleta caudal; el 19 % (n=29) en la temporada invernal 2011-2012 y el 81 % (n=123) durante la temporada invernal 2012-2013 (Tabla 5), en la figura 5 se observa la distribución de los avistamientos de la ballena jorobada.

Tabla 5.- Avistamientos e identificación de ballena jorobada en dos temporadas invernales (2011-2012 y 2012-2013).

Registros	Temporada invernal		Total
	2011-2012	2012-2013	
Avistamientos	45	95	140
Ballenas registradas	69	159	228
Foto-identificaciones	29	123	152

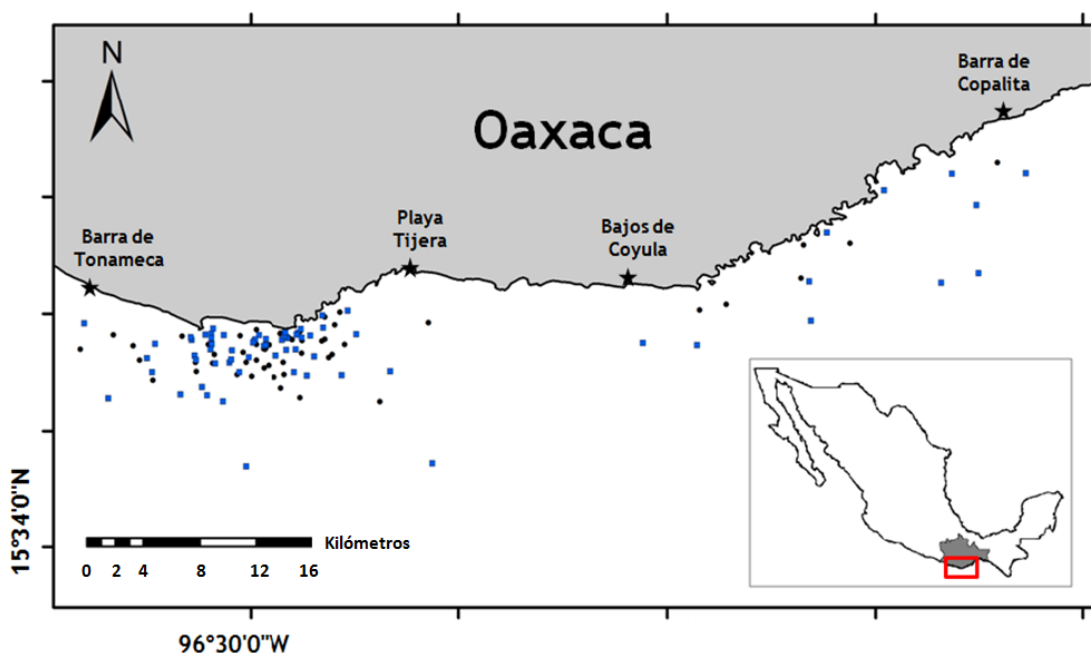


Figura 5.- Distribución espacial de avistamientos de la ballena jorobada en la CCO, entre los límites de Barra de Tonameca-Playa Tijera y Bajo de Coyula-Barra de Copalita durante las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013. ● Avistamientos de ballenas jorobadas en los que no se foto-identificó a ningún individuo; ■ Avistamientos en los cuales se foto-identificó por lo menos a un individuo del grupo mediante aleta caudal.

Las 152 identificaciones se compararon entre sí, obteniendo un total de 117 individuos, debido a que algunos se foto-identificaron más de una vez en la misma o entre temporadas. En general, 28 individuos fueron foto-identificados durante la primera temporada invernal, los cuales conformaron el catálogo FIBCCO (Castillejos-Moguel 2013) y 89 fueron foto-identificados en la segunda temporada y complementan dicho catálogo. Las aletas de la categoría cinco fueron las más frecuentes para ambas temporadas, representando el 47.01 % (n=55) (Tabla 6).

Tabla 6.- Categoría de pigmentación de las ballenas foto-identificadas en la CCO durante dos temporadas invernales (2011-2012 y 2012-2013).

Categoría	ID	%
1	3	2.56
2	13	11.11
3	22	18.80
4	24	20.51
5	55	47.01
TOTAL	117	100

8.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca

8.2.1. Foto-recapturas locales (CCO)

8.2.1.1. Foto-recapturas locales intra-anales

Como se ha mencionado, durante la temporada invernal 2011-2012 el catálogo FIBCCO fue integrado por 28 individuos foto-identificados (Castillejos-Moguel 2013). Durante esta temporada invernal, el individuo ID 3OAX002 se registró en dos ocasiones el mismo día, siendo la única foto-recaptura local intra-anual; el organismo se foto-identificó el 28 de enero de 2012 a las 08:57 horas y se recapturó a las 14:31 (Figura 6). Este organismo se consideró como recaptura, dado que se avistó en diferente hora, sitio y dirección.

En cuanto a la temporada invernal 2012-2013, de los 89 individuos identificados, cuatro presentaron foto-recaptura local intra-anual (Figura 7). El tiempo más corto entre foto-recapturas fue 21 días y el periodo más largo de 82 días (Tabla 7).



Figura 6.- Individuo ID 3OAX002 con foto-recaptura local intra-anual durante la temporada invernal 2011-2012.

Tabla 7.- Foto-recapturas locales intra-anales en la temporada invernal 2012-2013 en la costa de Oaxaca.

ID	Captura	Foto-recaptura	Días entre foto-recapturas
2OAX006	20/01/2013	12/04/2013	82
3OAX009	10/01/2013	26/02/2013	47
4OAX007	13/12/2012	17/01/2013	35
5OAX018	20/11/2012	10/01/2013	21

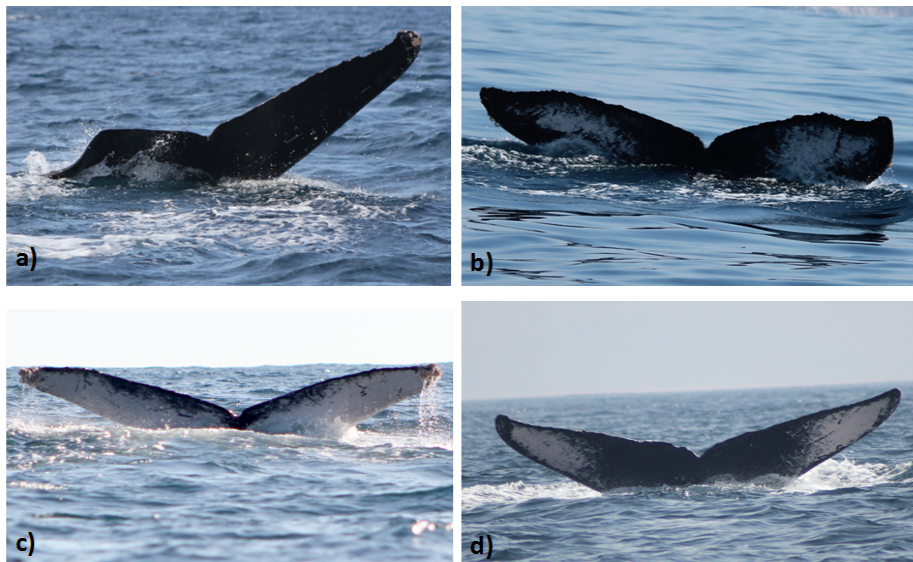


Figura 7.- Individuos foto-identificados con foto-recaptura local intra-anual durante la temporada invernal 2012-2013 en la Costa Central de Oaxaca. a) 5OAX018, b) 4OAX007, c) 2OAX006 y d) 3OAX009.

8.2.1.2. Foto-recapturas locales inter-anales

Durante la comparación de los individuos foto-identificados entre temporadas (2011-2012 vs 2012-2013), se obtuvo únicamente una foto-recaptura local inter-anual, siendo el individuo ID 2OAX003 (Figura 8), el cual se foto-identificó el 21 de enero de 2012 y se recapturó transcurrido un año y ocho días, el 29 de enero de 2013; en ambas ocasiones se observó acompañado de otro individuo (G2) con desplazamiento noreste.

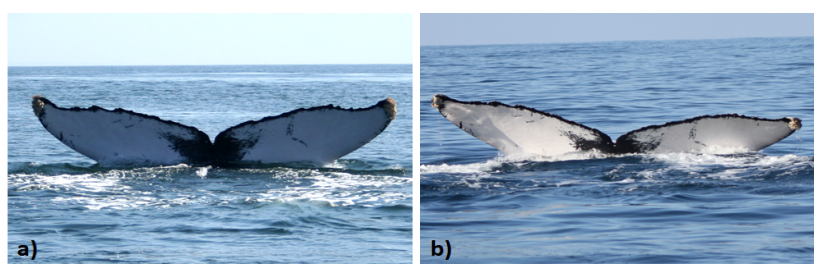


Figura 8.- Foto-recaptura del individuo con ID 2OAX003, a) registro durante la temporada invernal 2011-2012 y b) durante la temporada 2012-2013.

8.2.2. Foto-recapturas externas

8.2.2.1. Foto-recapturas externas en el Pacífico mexicano

Se realizó la comparación de las ballenas jorobadas que integran el catálogo FIBCCO con catálogos de ballenas foto-identificadas en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano, que en conjunto fueron 4972 identificaciones (Tabla 8). Cabe señalar que la sumatoria de identificaciones no corresponde al número total de individuos para el Pacífico mexicano, debido a la presencia de posibles foto-recapturas entre zonas de congregación.

Tabla 8.- Foto-identificaciones por área de congregación en el Pacífico mexicano con las que se comparó el catálogo FIBCCO.

Área de congregación	Temporada invernal	Foto-identificaciones
Península de Baja California	2004-2013	1529
Archipiélago de Revillagigedo	2004-2006	753
Bahía de Banderas	1996-2012	2665
Guerrero	2014	25
Total	-	4972

Se obtuvieron las siguientes foto-recapturas:

a. SPLASH-PM

Debido a que el catálogo SPLASH-PM está integrado por las ballenas que fueron foto-identificadas en las temporadas invernales 2004-2006, únicamente se obtuvieron foto-recapturas inter-anales. Se registraron 21 foto-recapturas, de un total de 11 individuos foto-identificados en la CCO, los cuales tuvieron uno, dos, tres y hasta cinco foto-recapturas. El 90.48 % de las foto-recapturas pertenecieron a la zona del margen continental (n=19), mientras que el resto fue para la Península de Baja California (n=1) y Revillagigedo (n=1) (Figura 9).



Figura 9.- Individuos foto-identificados en Oaxaca con foto-recaptura en catálogo SPLASH: a) 2OAX011; b) 2OAX012; c) 3OAX002; d) 3OAX005; e) 3OAX016; f) 3OAX017; g) 3OAX020; h) 4OAX011; i) 5OAX028; j) 5OAX038; k) 3OAX023.

b. PRIMMA

Se obtuvieron un total de siete registros y seis ballenas foto-recapturadas en ambas zonas (Figura 10). El 72 % de los registros (n=5) fueron foto-recapturas externas inter-
anuales y el resto fueron foto-recapturas externas intra-
anuales; es decir que un individuo se registró en ambos sitios (Península de Baja California y Oaxaca) durante la
misma temporada invernal.

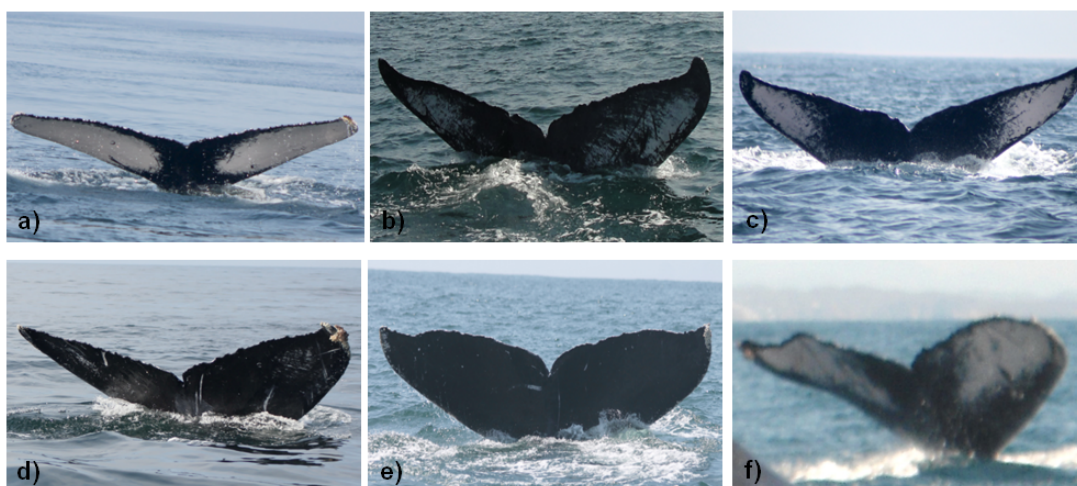


Figura 10.- Individuos foto-identificados en Oaxaca con foto-recaptura en Baja California (Catálogo PRIMMA): a) 2OAX011; b) 2OAX011; c) 3OAX009; d) 4OAX019; e) 5OAX042; f) 3OAX023.

Ambos individuos se registraron primero en la CCO; la ballena con el ID 4OAX019, se registró en ambos sitios con 39 días de diferencia (Figura 10d), mientras que el individuo con el ID 5OAX04, se observó con una diferencia de 20 días (Figura 10e), donde la distancia aproximada entre ambos sitios es de 1670 km en línea recta (Tabla 9 y Figura 11).

Tabla 9.- Foto-recapturas externas intra-
anuales de las ballenas foto-identificadas en Oaxaca

ID	Oaxaca		Baja California		Días entre recapturas
	Fecha	Grupo	Fecha	Grupo	
4OAX019	08/02/013	G2	19/03/2013	G8	39
5OAX042	12/03/2013	G1	01/04/2013	MCE	20

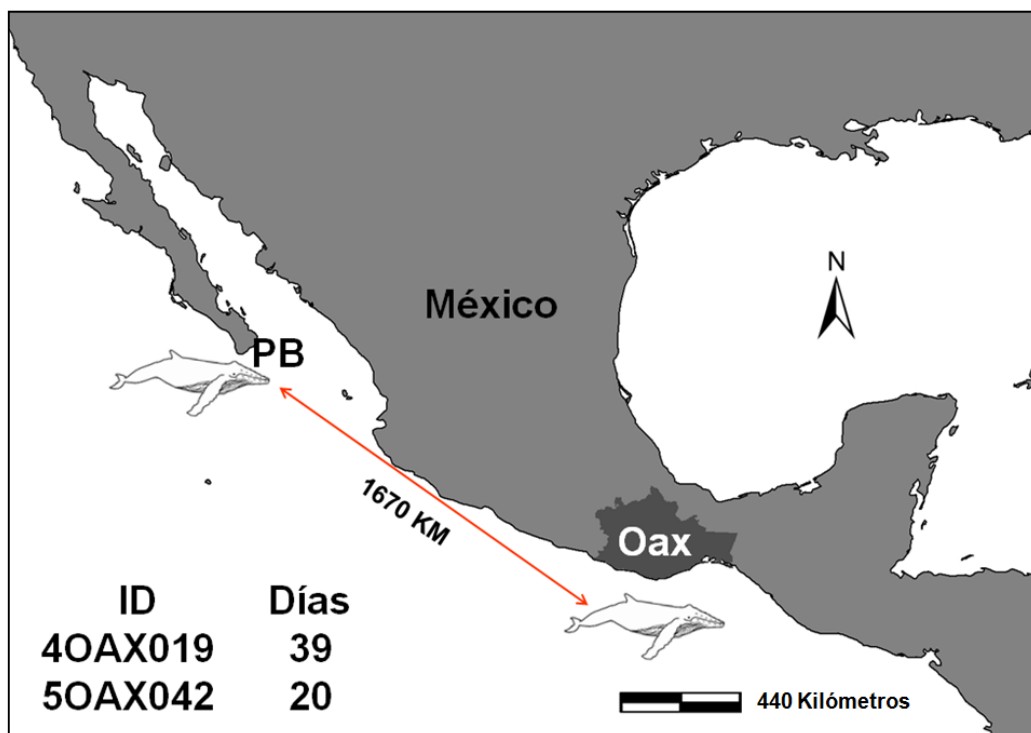


Figura 11.- Foto-recapturas de individuos entre Baja California y Oaxaca durante la temporada invernal 2013.

c. FIBB

Al realizar la comparación con el catálogo FIBB, se obtuvieron un total de 20 individuos foto-recapturados. Dichas ballenas tuvieron desde una hasta cinco foto-recapturas dentro de la Bahía de Banderas, dando un total de 39 registros; todas fueron foto-recapturas inter-anales (Tabla 10; Figura 12).

Tabla 10.- Foto-recapturas externas (FIBCCO vs FIBB).

N° foto-recapturas	Individuos	Registros
1	11	11
2	4	8
3	2	6
4	1	4
5	2	10
Total	20	39

El 20 % (n=4) de los organismos registrados tienen foto-recaptura únicamente con Oaxaca y el tiempo máximo entre foto-recapturas fue de hasta 13 años (*comunicación personal*, Astrid Frish Jordán, 2014, Ecología y Conservación de Ballenas, Puerto Vallarta, Jalisco, México) (Figura 12, Tabla 11).

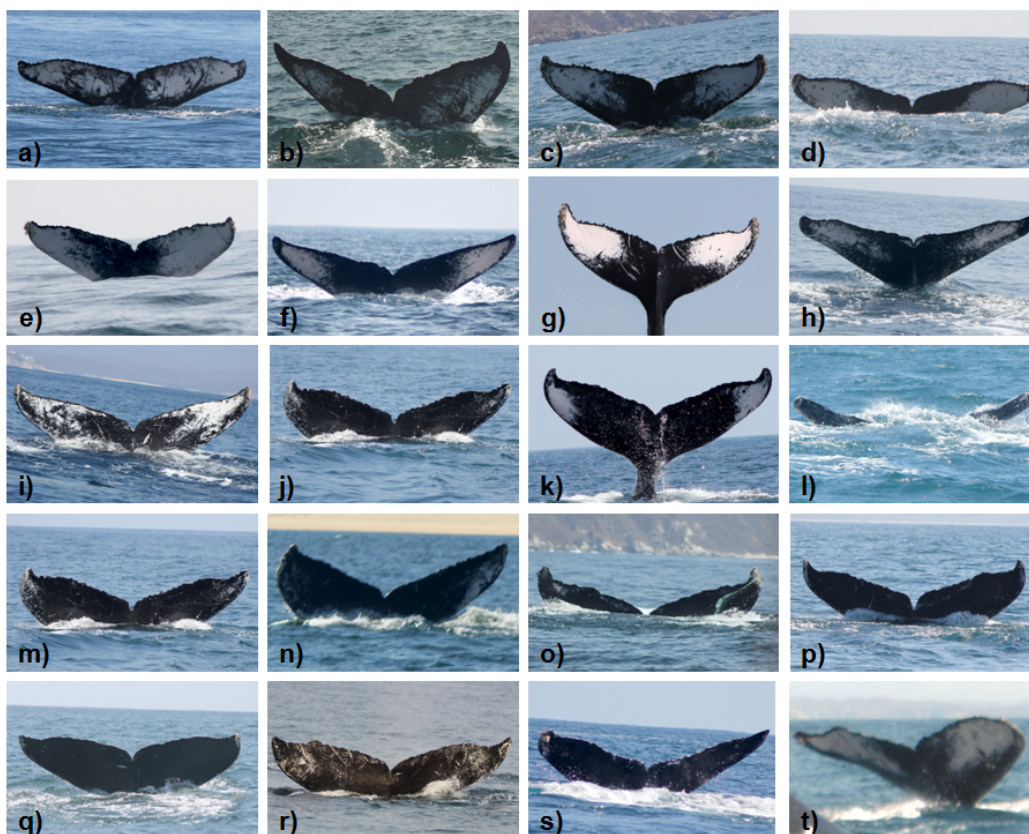


Figura 12.- Organismos foto-identificadas en Oaxaca con foto-recaptura en Bahía de Banderas (FIBB). a) 2OAX008; b) 3OAX002; c) 3OAX003; d) 3OAX005; e) 3OAX008; f) 3OAX009; g) 3OAX010; h) 3OAX016; i) 3OAX017; j) 3OAX020; k) 4OAX009; l) 4OAX014; m) 4OAX020; n) 5OAX024; p) 5OAX038; q) 5OAX042; r) 5OAX050; s) 5OAX051; t) 3OAX023.

Tabla 11.- Individuos foto-identificados en Bahía de Banderas, que tienen foto-recaptura únicamente con Oaxaca.

ID-FIBCCO	Foto-id BB	Foto-id CCO	Años entre foto-recapturas
4OAX014	02/01/2000	12/02/2013	13 AÑOS
4OAX020	19/12/2005	08/02/2013	7 AÑOS
5OAX050	21/03/2005	25/04/2013	8 AÑOS
5OAX051	12/03/2006	17/01/2013	7 AÑOS

d. Guerrero

Este catálogo solo incluye registros de la temporada invernal 2013-2014, por lo cual únicamente se obtuvo una foto-recaptura inter-anual. Este individuo con ID 3OAX020 fue observado en Oaxaca el 29 de marzo en el 2013 en un grupo de madre con cría y escolta (MCE) y posteriormente, el 24 de febrero de 2014, fue foto-identificado en Guerrero, cabe mencionar que no se cuenta con la información del tipo de grupo.



Figura 13.- Ballena jorobada foto-identificada (ID 3OAX020) con foto-recaptura en Guerrero.

8.2.2.2. Foto-recapturas externas en el América Central

Durante la comparación con los catálogos fotográficos de cuatro informes finales realizados en América Central (Prado *et al.*, 2011; Calambokidis *et al.*, 2010; Douglas *et al.*, 2011; 2012) se obtuvo solo una foto-recaptura inter-anual, dicha foto-recaptura pertenece al individuo ID 4OAX004, el cual se observó en Costa Rica el 09 de febrero de 2012 y posteriormente, el 31 de marzo de 2012 en la CCO. La distancia aproximada entre ambos sitios fue de 1570 km en línea recta, en un periodo de 51 días, considerando las fechas de los avistamientos en cada sitio.



Figura 14.- Ballena jorobada foto-identificada (ID 4OAX004) en la costa de Oaxaca, con foto-recaptura en Costa Rica.

8.2.3. Relaciones con otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano.

En general, de las 117 ballenas que conforman el catálogo FIBCCO, el 5.13 % fueron registradas en dos ocasiones en la costa de Oaxaca (n= 6). Además, el 23.93 % (n=28) se registraron en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central, de estas el 75 % (n=21) se registraron en un área, el 21.43 % (n=6) en dos y el 3.57 % (n=1) en tres. En cuanto a los registros por individuo, en la tabla 12 se observa, que seis se registraron en la Península de Baja California, uno de ellos contó

Tabla 12.- Ballenas foto-identificadas en la costa de Oaxaca con foto-recapturas en Oaxaca y en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.

ID	Registros						Total
	PB	BB	AR	GR	CR	OAX	
2OAX003						1	1
2OAX006						1	1
2OAX008		1					1
2OAX011	1	1					2
2OAX012		3					3
3OAX002	2	5				1	8
3OAX003		1					1
3OAX005		7					7
3OAX008		1					1
3OAX009	1	1				1	3
3OAX010		1					1
3OAX016		6					6
3OAX017		3					3
3OAX020		2	1	1			4
3OAX023	1	8					9
4OAX004					1		1
4OAX007						1	1
4OAX009		2					2
4OAX011		1					1
4OAX014		1					1
4OAX019	1						1
4OAX020		1					1
4OAX022		3					3
5OAX018						1	1
5OAX024		1					1
5OAX028		1					1
5OAX038		5					5
5OAX042	1	2					3
5OAX050		1					1
5OAX051		1					1
Total	7	59	1	1	1	6	75

con dos registros en la zona, mientras que para la Bahía de Banderas, se registraron 24 individuos, los que contaban desde una hasta ocho foto-recapturas en diferentes años, dando un total de 59 registros. Para el Archipiélago de Revillagigedo, Guerrero y Costa Rica únicamente se obtuvo una foto-recaptura.

En seis de los individuos con foto-recaptura con otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central, se cuenta con la información del sexo (la determinación de sexo la realizó el grupo de investigación del Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California), donde dos son hembras y cuatro machos, en la tabla 13 podemos observar las foto-recapturas que tiene cada uno.

Tabla 13.- Foto-recapturas de hembras y machos en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central.

ID	Sexo	Registros					
		PB	BB	AR	GR	CR	CCO
3OAX002	macho	2	5				2
3OAX009	macho	1	1				2
3OAX020	macho		2	1	1		
4OAX004	macho					1	
5OAX038	hembra		5				
3OAX023	hembra	1	8				

8.3. Índice de intercambio: Oaxaca - otras zonas invernales

8.3.1. Oaxaca vs Pacífico mexicano (PM)

Para determinar las relaciones entre las ballenas de Oaxaca y las otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano, se realizó la comparación del catálogo FIBCCO actualizado (2011-2012 y 2012-2013) contra catálogos que en conjunto dan un total de 4972 foto-identificaciones. Debido a que estos catálogos pueden contener foto-recapturas externas entre sí, se estimó el índice de intercambio entre Oaxaca con cada una de las áreas de congregación invernal por separado y fue necesario conocer el número de identificaciones en cada área y el número de foto-recapturas.

En la tabla 14 se pueden observar las relaciones entre Oaxaca y otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano, donde Guerrero es la zona con la que presenta una mayor relación, al obtener el índice de intercambio de ballenas más alto ($N_c = 0.0342$), seguido de Bahía de Banderas ($N_c = 0.0099$). Este último valor se obtuvo comparando con los dos catálogos que existen para el sitio, el catálogo SPLASH-BB que incluye a las ballenas del 2004 al 2006 y el FIBB que incluye individuos foto-identificados entre 1996 y el 2012. El Archipiélago de Revillagigedo es el área con el que existe una menor relación, al presentar el índice de intercambio de menor magnitud ($N_c = 0.0011$).

Tabla 14.- Foto-recapturas entre Oaxaca y otras áreas de congregación de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano.

Catálogo de foto-ID (Zona)	ID (nX)	ID (nY)	Foto-recapturas (nXY)	Índice de intercambio (N_c)
SPLASH-PB	-	572	1	0.0015
SPLASH-BB	-	945	11	0.0099
SPLASH-AR	-	753	1	0.0011
SPLASH-PM	-	2270	13	0.0049
PRIMMA	-	957	6	0.0054
SPLASH-PB+PRIMMA	-	1529	7	0.0039
FIBB	-	1720	20	0.0099
GUERRERO	-	25	1	0.0342
ID –FIBCCO	117	-	-	-

8.3.2. Oaxaca vs América Central (AC)

Para conocer las relaciones que existen entre las ballenas jorobadas de la costa de Oaxaca y áreas de congregación invernal de América Central, se realizó la comparación contra un total de 32 foto-identificaciones. En la tabla 15 se observa que existe una relación entre la zona de estudio y Costa Rica, donde el índice de intercambio fue $N_c = 0.021$

Tabla 15.- Foto-recapturas entre Oaxaca y otras áreas de congregación de América Central.

Catálogo	ID (nY)	Foto-recapturas (nXY)	Índice de intercambio (Nc)
América Central	44	1	0.019
Costa Rica	41	1	0.021
Guatemala	3	0	0

8.3.3. Oaxaca vs Pacífico mexicano (PM) - América Central (AC)

En cuanto a las relaciones entre Oaxaca y las otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano y América Central considerando los índices de intercambio (Nc), en la Figura 15 se puede observar que Guerrero en el Pacífico mexicano, es el área con la que hay una mayor relación, seguido de Costa Rica en América Central. Sin embargo, de forma global, se observa que existe una mayor relación entre las áreas de Oaxaca y América Central, que con el Pacífico mexicano, al obtener valores de mayor magnitud.

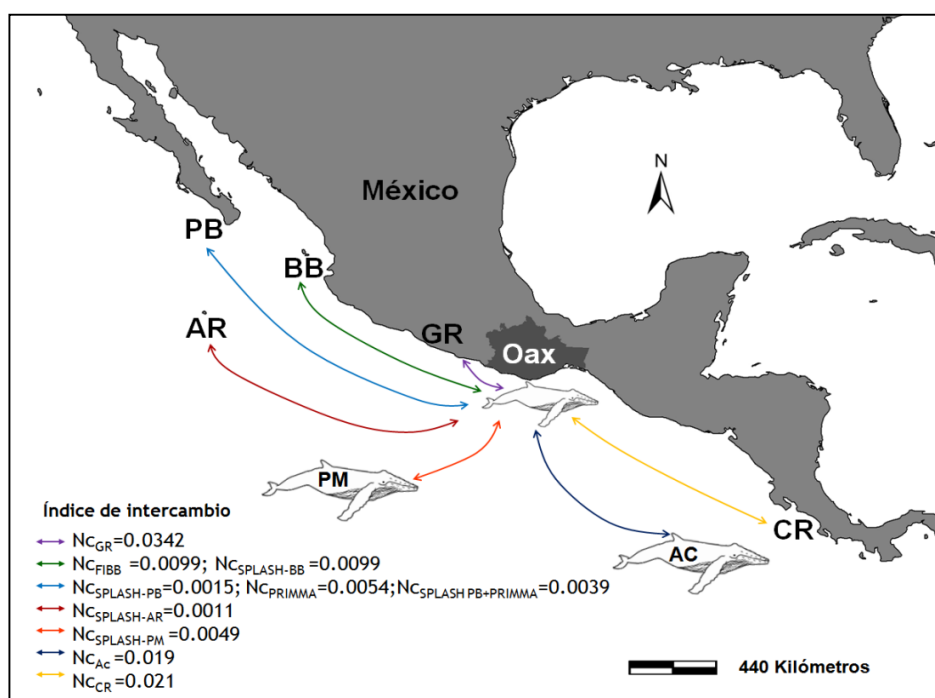


Figura 15.- Índice de intercambio (Nc) de ballena jorobada, entre Oaxaca y otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central PB: Península de Baja California; BB: Bahía de Banderas; AR: Archipiélago de Revillagigedo; GR: Guerrero; Oax: Oaxaca; PM: Pacífico mexicano; CR: Costa Rica; AC: América Central.

9. Discusión

9.1. Identificación de individuos

El mayor número de organismos foto-identificados durante la segunda temporada invernal con respecto a la primera, se debe a que hubo un mayor esfuerzo de muestreo. En este mismo sentido, Juárez-Sánchez (2014) reporta que para ambas temporadas invernales no hubo diferencias significativas en la abundancia de las ballenas jorobadas en la CCO.

Por otro lado, es importante mencionar que la mayoría de las hembras con crías e incluso algunos organismos solitarios, durante su paso por esta zona, no exponen su aleta caudal sobre la superficie del agua antes de un buceo profundo (Castillejos-Moguel, 2013) ya que de acuerdo con González-Peral (2011) las inmersiones de hembras con cría no son tan prolongadas ni muy profundas, porque la cría necesita salir a respirar a la superficie más seguido. Por lo anterior, la identificación mediante aleta caudal es difícil, reduciendo la posibilidad de incrementar el número de individuos en el catálogo. Es por tal razón, que es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo, como se realizó para la segunda temporada invernal en este estudio.

Además, la zona de estudio es un área principalmente de tránsito migratorio (Castillejos-Moguel & Villegas-Zurita 2014; Juárez-Sánchez *et al.*, 2014), y de acuerdo con Zepeda (2011), la probabilidad de foto-identificar a un individuo disminuye, debido a los tiempos de permanencia, el comportamiento y la estructura social, ya que influyen directamente en la localización de estos organismos, aunado a los factores biológicos (dinámica de las migraciones, sexo, edad, etc.) y extrínsecos (temperatura, disponibilidad de alimento, etc.).

El patrón de coloración de la aleta caudal más frecuente en la costa de Oaxaca fue la categoría 5 (totalmente negra). Los resultados concuerdan con lo reportado por Rosenbaum *et al.* (1995) para áreas de congregación invernal del Pacífico Norte (Japón, Hawái y México) y Zepeda (2011) para la Bahía de Banderas, quienes mencionan una mayor frecuencia en aletas de pigmentación oscuras.

9.2. Distribución y desplazamientos de las ballenas jorobadas de Oaxaca

El 74.36 % (n=87) de los individuos no se encontró en los catálogos comparados, ni presentaron foto-recapturas en el catálogo FIBCCO. Esta alta incidencia, de acuerdo con

lo reportado por Martínez (2008), puede estar relacionada con un tamaño poblacional grande, la migración, la heterogeneidad en el esfuerzo de foto-identificación y el tamaño de las áreas de estudio, en conjunto con los factores que influyen en la detección y foto-identificación de un individuo, los cuales ya se mencionaron en el apartado 9.1 de este trabajo.

En este mismo sentido, Martínez (2011) durante su estudio también reporta que el número de capturas únicas es muy alto en las tres áreas de congregación del Pacífico mexicano, a pesar de que sus datos cubrían 20 años de muestreo. Dado que el número de foto-recapturas para un individuo no excedieron los siete registros en la Península de Baja California y de nueve en la Costa del Pacífico mexicano. Por su parte, Zepeda (2011) concluye que en cada temporada invernal (1996-2000) en la Bahía de Banderas, el número de individuos nuevos es ascendente, lo cual puede estar estrechamente relacionado a la recuperación de la población.

9.2.1. Foto-recapturas locales (CCO)

En cuanto a las foto-recapturas locales intra-anales para la segunda temporada (2012-2013) se obtuvieron cuatro, donde el tiempo entre foto-recapturas fue desde 21 hasta 82 días. Estos individuos pudieron ser foto-identificados durante su desplazamiento hacia otras áreas de reproducción en el Pacífico mexicano o América Central, al ser la CCO un área de tránsito, aunado a las foto-recapturas externas intra-anales de dos individuos registrados en la CCO que fueron avistados 20 y 39 días después en la Península de Baja California, así como otro individuo que se registró en Costa Rica y fue divisada 51 días después en Oaxaca (Douglas *et al.*, 2012).

Calambokidis *et al.* (2008), reporta que nueve ballenas registradas en América Central fueron avistadas en el margen continental de México y dos de América Central fueron vistas en Baja California durante el curso del estudio. Tres de los movimientos fueron documentados durante la misma temporada, entre el margen continental de México y América Central. En todos los casos las ballenas fueron vistas primero en México y después en América Central, registrando 28, 37 y 52 días de tránsito. Estos autores sugieren que las ballenas que transitan hacia América Central pueden pasar demasiado temprano en la temporada invernal para ser registradas en Baja California, o probablemente no pasan un período de tiempo significativo en dicha zona. Por otro lado,

también es posible que las ballenas puedan variar su ruta migratoria al norte y al sur en cualquier momento durante la temporada.

En este sentido, González-Peral (2011), menciona que los machos presentan mayor movimiento entre las áreas de congregación con el fin de incrementar su éxito reproductivo ya que maximizan la probabilidad de aparearse con el mayor número de hembras posible. Mientras que otros organismos, como las madres con cría buscan zonas con condiciones adecuadas para proteger y amamantar a sus crías, en donde encuentren protección de los grupos de competencia, de las fuertes corrientes y de posibles depredadores durante su migración (Ladrón de Guevara, 1995).

Durante el proceso de comparación en las foto-recapturas de algunos individuos, se observó la presencia de marcas nuevas las cuales van adquiriendo con el tiempo. Sin embargo, en una de las foto-recapturas fue evidente la pérdida de una marca, no obstante la confirmación de dicha coincidencia se realizó mediante otras marcas. En este sentido, Kraus & Katona (1977), consideran la longevidad de las marcas y reportan que el cambio no es significativo en el patrón a lo largo del tiempo; lo cual fue evidente en las foto-recapturas obtenidas de algunos individuos en el presente estudio, ya que se registraron individuos que han conservado sus marcas a lo largo de 7, 8, 13 y 15 años.

Durante el presente estudio solo se obtuvo una foto-recaptura local inter-anual, por lo cual es esencial considerar que los individuos del presente estudio fueron foto-identificados en un periodo de dos temporadas invernales. Además, que el esfuerzo de muestreo fue más intensivo en la segunda temporada invernal, por lo cual no es posible sacar conclusiones firmes. En este sentido, Zepeda (2011) menciona que el grado de fidelidad al sitio varía de un organismo a otro y que probablemente se deba al cuidado parental, a través del cual las crías llevan a cabo el aprendizaje de la ruta migratoria hacia sus áreas de congregación, al permanecer con su madre durante el primer año de su vida (Martin *et al.*, 1984).

Por otro lado, puede considerarse como factor que influye en el número de las ballenas foto-recapturadas, el que no todas las hembras migran a las zonas de reproducción, permaneciendo en las áreas de alimentación durante todo el invierno (Brown *et al.*, 1995). Por su parte, Craig & Herman (1997) reportan que en las áreas de reproducción, la probabilidad de foto-recaptura es mayor en machos que en hembras, y que es posible avistar a los machos en años consecutivos; así mismo, sugieren que no

todas las hembras realizan o completan la migración, permaneciendo en zonas de invernada hasta aparearse, e incluso hay algunas hembras que posiblemente quedan preñadas en el camino y se regresan a las zonas de alimentación sin llegar a las zonas de reproducción. Por tal razón, es relevante que los esfuerzos de foto-identificación se desarrollen a largo plazo, con el objetivo de conocer el grado de fidelidad al sitio.

9.2.2. Foto-recapturas externas

En cuanto a las foto-recapturas externas (23.93 %; n=28) encontradas en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central en el presente estudio, algunas carecen de algún tipo información en su base de datos, como la estructura de grupo (tipo y/o tamaño de grupo) y/o coordenadas de GPS (sin embargo se cuenta con referencias del lugar donde se llevó a cabo la foto-identificación). A pesar de la carencia de estos datos, no hay un efecto significativo en la información analizada para cubrir los objetivos del presente estudio, pero permite expresar la importancia que tiene el registro de la mayor cantidad y variedad de datos posibles en un avistamiento. A través de los catálogos de foto-identificación en conjunto con las bases de datos, podemos conocer diversos aspectos de un individuo, como información de los desplazamientos, movimientos migratorios, tiempo de estancia en un área particular, estructura social (asociaciones entre individuos) y en algunos casos el sexo, la edad e historia reproductiva de individuos que utilizan las costas de Oaxaca durante la temporada invernal (Katona & Whitehead 1981; Martínez 2011).

9.3. Índice de intercambio (NC): Oaxaca- zonas invernales de congregación

Los resultados obtenidos de los índices de intercambio indican que las ballenas jorobadas de la costa de Oaxaca, indican que el área de congregación en el Pacífico mexicano con que presentan una mayor relación con Guerrero, seguido de la Bahía de Banderas. Esto puede estar relacionado a que ambas pertenecen a la subregión del margen continental de México (Figura 1), la cual abarca desde Sinaloa hasta Chiapas (González-Peral, 2011; Lozano, 2012). La diferencia en los valores puede deberse a la cercanía entre estas zonas, siendo mayor entre Guerrero y Oaxaca. También puede deberse a que la densidad relativa de la población decrece hacia el límite sur (Rasmussen, 2006). Es decir, que si hay un menor número de individuos que se distribuyen en la porción sur del Pacífico mexicano y América Central, la probabilidad de

re-capturar a esos individuos incrementa, lo que se corrobora al comparar el índice de intercambio con Costa Rica.

En cuanto al índice de intercambio entre la costa de Oaxaca y la Península de Baja California, se consideraron dos catálogos ($N_{C_{\text{SplashPB}}}=0.0015$; $N_{C_{\text{PRIMMA}}}=0.0054$), la diferencia de los valores puede deberse al esfuerzo de muestreo, ya que el catálogo SPLASH-PB incluye a ballenas foto-identificadas durante tres temporadas invernales (2004-2006), mientras que el otro incluye a ballenas registradas en siete (temporadas 2007-2013). Por otro lado, este último podría considerarse como un complemento por lo que al calcular el índice de intercambio sumando ambos datos (2004-2013) el índice fue $N_{C_{\text{PB}}}=0.0039$.

En general, los índices de intercambio con la Península de Baja California fueron de mayor magnitud que el del Archipiélago de Revillagigedo ($N_{C_{\text{SplashAR}}}=0.0011$), lo cual era de esperarse ya que en estudios previos se describe a la Península de Baja California como parte de la ruta migratoria de las ballenas que se congregan en Revillagigedo y el margen continental (González-Peral, 2011), donde las rutas migratorias de algunos individuos son más cercanas a la costa de la Península y en otros casos podrían ser más oceánicas, disminuyendo la probabilidad de registrarlas. Por consiguiente, el índice de intercambio entre la Península de Baja California y Oaxaca es menor que el de Bahía de Banderas, pero mayor que el del Archipiélago de Revillagigedo. En este sentido, el bajo índice de intercambio entre Oaxaca y el Archipiélago de Revillagigedo también puede ser explicado porque en esta última zona se congrega una subpoblación independiente de la costa del Pacífico mexicano (Urbán *et al.*, 1989; Ladrón de Guevara *et al.*, 1993); coincidiendo con lo reportado por Martínez (2008), quien señala un bajo intercambio entre estas islas y el margen continental de México.

Para determinar el índice de intercambio con América Central ($N_{C_{\text{AC}}}=0.019$), se emplearon los catálogos fotográficos de cuatro informes finales de trabajos de investigación realizados entre el 2010 y el 2012 (Prado *et al.*, 2011; Calambokidis *et al.*, 2010; Douglas *et al.*, 2011; 2012). Determinando una alta relación entre Costa Rica y Oaxaca ($N_{C_{\text{CR}}}=0.021$), mientras que con Guatemala no se obtuvieron recapturas, esto puede deberse a que el tamaño de muestra fue muy pequeño y con ello la probabilidad de encontrar una foto-recaptura disminuye.

Considerando en conjunto los diferentes índices de intercambio entre Oaxaca y las otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central, el valor más alto se obtuvo con Guerrero ($N_{CGR}=0.0342$) seguido de Costa Rica ($N_{C_{SplashBB-FIBB}}=0.021$) y la Bahía de Banderas ($N_{C_{SplashBB-FIBB}}=0.0099$), mientras que en menor grado se registró con el Archipiélago de Revillagigedo ($N_{C_{SplashAR}}=0.0011$). En este contexto, un valor alto del índice de intercambio (N_c) puede estar relacionado a que la población de estudio es pequeña, es decir, a una alta probabilidad de que el mismo individuo sea foto-recapturado entre dos zonas; por el contrario un valor bajo del índice, indica una baja probabilidad de foto-recaptura, debido a que la población es muy grande o a que no hay intercambio de individuos entre zonas (Katona & Beard, 1990; Urbán, 2001; Martínez; 2011).

Con base a lo anterior, el índice de intercambio bajo con el Archipiélago de Revillagigedo se debe a que no hay intercambio de individuos con la costa de Oaxaca, ya que Revillagigedo forma parte de la Unidad Poblacional Oceánica (González-Peral, 2011). Los resultados en el presente estudio indican que las ballenas jorobadas de Oaxaca pertenecen a la Unidad Poblacional Costera, descrita recientemente por González-Peral (2011), la cual está conformada por ballenas que se alimentan en California-Oregón, y se desplazan hasta el margen continental y América Central para aparearse, parir y alimentar a sus crías. En su camino tanto de ida como de regreso utilizan como área de tránsito o corredor las regiones de Baja California y el margen continental, pudiendo permanecer en dichas regiones por periodos de tiempo cortos como lo hacen en Baja California, o más largos como en las zonas del margen continental. Es por ello que los valores del índice de intercambio fue mayor con Guerrero, seguido de Costa Rica y Bahía de Banderas.

En General, Calambokidis *et al.*, (2008) reportan que la estructura de la población y las migraciones de esta especie en el Pacífico Norte tienden a ser complejas, y para estudiar y conservar efectivamente a esta especie que se somete a unas de las migraciones más largas de cualquier mamífero, viajando extensamente a través de fronteras internacionales, se requiere de un alto nivel de colaboración. Por lo tanto, la creación de catálogos de foto-identificación y la actualización de estos, incluyendo la toma mínima de foto-identificaciones en las diferentes áreas de estudio y la comparación de estos entre sí, son de gran relevancia ya que nos permite conocer diversos aspectos

de la especie, siendo cruciales en la toma de decisiones tendientes a protegerlas efectivamente en las áreas de reproducción, alimentación y tránsito.

Este trabajo brinda por primera vez información sobre el movimiento de los individuos de ballena jorobada que utilizan la costa de Oaxaca como un área primordialmente de tránsito, paralelamente nos ayuda a comprender como son los desplazamientos de las ballenas hacia otras áreas de congregación en el Pacífico mexicano y América Central, y con qué zona hay un mayor intercambio de individuos. Así como los tiempos de desplazamiento de individuo entre zonas en una misma temporada.

En consecuencia de esta investigación, se sugiere que los esfuerzos de foto-identificación sean a largo plazo, ya que a través de estos podemos conocer el grado de fidelidad al sitio, la presencia o ausencia de un individuo en la costa de Oaxaca en años subsecuentes a su primer registro, lo que a su vez podría permitir establecer tendencias en las abundancias relativas que sirvan de base en el planteamiento y aplicación de estrategias de manejo y conservación.

10. Conclusiones

- ✓ El Catálogo de Foto-identificación de Ballena jorobada en la Costa Central de Oaxaca se integró con 117 individuos foto-identificados mediante la aleta caudal en las temporadas invernales 2011-2012 y 2012-2013.
- ✓ En la costa de Oaxaca, se foto-recapturó a un individuo durante la temporada invernal 2011-2012 y cuatro en la temporada invernal 2012-2013. Mientras que entre ambas temporadas (2011-2012 vs 2012-2013) se obtuvo una foto-recaptura.
- ✓ El 5.13 % de las ballenas foto-identificadas en el catálogo FIBCCO fueron registradas más de una vez en Oaxaca, mientras que el 94.87% de los individuos no fueron foto-recapturados en la zona de estudio.
- ✓ El 74.36 % de los individuos que integran el catálogo FIBCCO no presentaron registros en los seis catálogos comparados, que en total integran 5016 foto-identificaciones, ni recapturas en el catálogo FIBCCO.
- ✓ El 23.93 % de las ballenas que integran el catálogo FIBCCO se registraron en otras áreas de congregación invernal en el Pacífico mexicano y América Central. De las cuales el 75 % se registraron en una zona de congregación, el 21.43 % en dos y el 3.57 % en tres.
- ✓ El mayor número de foto-recapturas con otras áreas de congregación invernal fueron registrados principalmente en la Bahía de Banderas y en la Península de Baja California. Mientras que el menor número fue con Guerrero, Archipiélago de Revillagigedo y Costa Rica.
- ✓ Con base en los índices de intercambio, las ballenas jorobadas que usan la costa de Oaxaca como zona de migración y tránsito, tienen mayor vínculo migratorio con las áreas de Guerrero ($N_{CGR}=0.0342$) y Costa Rica ($N_{CCR}=0.021$), seguidos de la Bahía de Banderas ($N_{CSplashBB-FIBB}=0.0099$), Península de Baja California ($N_{CPRIMMA}=0.0054$; $N_{CSplashPB}=0.0015$) y en menor grado con Revillagigedo ($N_{CSplashAR}=0.0011$).
- ✓ Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que las ballenas jorobadas de Oaxaca pertenecen a la Unidad Poblacional Costera descrita por González-Peral (2011).

11. Referencias

- Arriaga-Cabrera, L., E.J. Vásquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg., E. Muñoz-López & V. Aguilar-Sierra. 1998. Regiones Prioritarias Marinas de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. 300pp.
- Álvarez, F. M. A. 1987. Fotoidentificación del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nay. (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 107pp.
- Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrigal, E.F. Rosas-Alquicira, R.A. López-Pérez, F. Benítez-Villalobos, J.F. Meraz-Hernando, A.M. Torres-Huerta, A. Montoya-Márquez & N.A. Barrientos-Luján. 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. Check List 9(2): 329–390
- Brown, M.R., P.J. Corkeron, P. T, Hale, K.W. Schultz & M.M. Bryden .1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Biological Sciences 259:1355,229-234
- Calambokidis, J., E. A. Falcone, J. T. Quinn, A. M Burdin, P. J. Clapham, J.K.B. Ford, C. M. Gabriele, R. LeDuc, D. Mattila, L. Rojas-Bracho, J. M. Straley, B. L. Taylor, J. R. Urbán, D. Weller, B.H Witteveen, M. Yamaguchi, A. Bendlin, D. Camacho, K. Flynn, A. Havron, J. Huggins & N. Maloney. 2008. SPLASH: Structure of populations, levels of bundance and Status of Humpback whales in the North Pacific. Final report for contract AB133F-03-RP-00078. Cascadia Research. Olympia, Washington. 57pp.
- Calambokidis, J., G.H. Steiger, J.M. Straley, L.M. Herman, S. Cerchio, D.R. Salden, J. Urban R., J.K. Jacobsen, O. von Ziegesar, K.C. Balcomb, C.M. Gabriele, M.E. Dahlheim, S. Uchida, G. Ellis, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara P., M. Yamaguchi, F. Sato, S.A. Mizroch, L. Schlender, K. Rasmussen, J. Barlow and T.J. Quinn II. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. Marine Mammal Science 17(4):769-794.

- Calambokidis, J., A. Douglas & F. Garita. 2010. Summary of 2010 Humpback whale research along the Osa Peninsula, Costa Rica. Oceanic Society Research Expedition, Exploritas and Cascadia Research Collective. 13pp.
- Castillejos-Moguel, F. 2013. Caracterización de la migración e identificación de individuos de *Megaptera novaeangliae*, Borowski 1781 (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) en la Costa Central de Oaxaca, durante la temporada invernal 2011-2012. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. 95pp.
- Castillejos-Moguel, F. & F. Villegas-Zurita. 2014. Caracterización de la migración e identificación de individuos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa central de Oaxaca, durante la temporada invernal 2012. XXXIV Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. Querétaro, México. 87p.
- Cepella, J.J., J. Gibbons, L. Flórez-González, M. Llano, C. Valladares, V. Sabaj & A. Vilina. 2008. Migratory round-trip of individually identified humpback whales at the Strait of Magellan: clues on transit times and phylopatry to destinations. *Revista Chilena de Historia Natural* 81:547-560.
- Clapham, P.J. & J.G. Mead 1999. *Megaptera novaeangliae*. *Mammal Species* 604:1-9.
- Craig, A. S. & L. M. Herman. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to Hawaiian Islands. *Can. J. Zool.* 75:1923-1933
- Craig, A. S., L. M. Herman, C. M. Gabriele & A. A. Pack. 2003. Migratory timing of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Central North Pacific varies with age, sex and reproductive status. *Koninklijke Brill NV, Leiden. Behaviour* 140: 981-1001.
- De la Lanza, G.E. 1991. Pacífico tropical mexicano. Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala. Pp: 151-176. In De la Lanza, G. (ed.), *Oceanografía de los mares mexicanos*. AGT, México, 518 pp.
- DOF. 2010a. NOM-059-SEMARAT-2010: Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestre- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 30 de diciembre de 2010.

- DOF. 2011. NOM-131-SEMARNAT-2010. Establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. Diario Oficial de la Federación 17 de octubre de 2011.
- Douglas, A., F. Garita & J. Calambokidis. 2011. Humpback whale and Odontocete species survey along the Osa Peninsula, Costa Rica. Summary of research conducted by Cascadia Research as a part of an Oceanic Society Research Expedition with volunteers from Road Scholar. 14pp.
- Douglas, A., M. Saborio & J. Calambokidis. 2012. Humpback whale and Odontocete species survey along the Osa Peninsula, Costa Rica. Summary of research conducted by Cascadia Research as a part of an Oceanic Society Research Expedition with volunteers from Road Scholar. 14pp
- Frisch, J. A. 2006. Catálogo de foto-identificación de ballena jorobada en la Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit. Mexico. 1996-2006. IFAW, ITBB, Ecotours de México, Ocean Friendly, October Hill Foundation. 179pp.
- Gallegos-García, A., & J. Barberan. 1998. Surgencia eólica. Cap. 3:27-34. In: Tapia-García M. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- García, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, México, Offset Larios, 217p.
- Glockner, D. & Venus, S.C. 1983. Identification, growth rate, and behaviour of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows and calves in the waters off Maui, Hawaii, 1977-79. pp. 223-58. En: R. Payne (ed.) Communication and Behavior of Whales. Westview Press, Boulder. i-xii + 643 pp.
- González-Peral, U. 2011. Definición y características de las unidades poblacionales de las ballenas jorobadas que se congregan en el Pacífico mexicano. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México. 92pp.
- Jaramillo, L., A. M. 1995. Relación entre las agregaciones invernales del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano, en base a la

- fotoidentificación y morfología caudal. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México, DF. 51pp.
- Johnston, D.W., M.E. Chapla, L.E. Williams & D.K. Mattila. 2007. Identification of humpback whale *Megaptera novaeangliae* wintering habitat in the Northwestern Hawaiian Islands using spatial habitat modeling. *Endang Species Res* 3:249–257.
- Juárez-Salas, R.A. 2008. Historias de avistamiento y reproducción de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF
- Juárez-Sánchez M.A., F. Villegas-Zurita, E. Ramirez-Chavez & F. Castillejos-Moguel . 2014. Migración de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) durante la temporada invernal 2012-2013, en el corredor costero de Barra de Tonameca-Playa Tijera, Oaxaca. XXXIV Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. Querétaro, México. 131pp.
- Katona, S., B. Baxter, O. Brazier, S. Kraus, J. Perkins & H. Witehead. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. 33 – 44p. In: Winn, H.E & B. Olla (ed.) *Behavior of marine animals: Cetaceans*. New York. Plenum Press.
- Katona, S.K. & Whitehead, H.P. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar. Record* 20:439-444.
- Katona, S.K. & J.A. Beard. 1990. Population size, migrations and feeding aggregations of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the western North Atlantic Ocean. *Report of the International Whaling Commission Special ISSUE* 12:295-305.
- Kraus S. & S.Katona. 1977. Humpback whales in the western North Atlantic. A catalogue of identified individuals, Collage of the Atlantic, Bar Harbor, Maine.
- Ladrón de Guevara P.P. 1995. La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* Borowski 1781 en la Bahía de Banderas Nayarit Jalisco, México. *Cetacea Balaenopteridae* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México. 155pp.
- Ladrón de Guevara P.P., J. Urbán., J. Salinas., M. Jacobsen, J. Balcom, K.C. Jaramillo, D. Claridge & A. Aguayo. 1993. Relationships among winter agregations of

humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Mexican Pacific. Abstract presented to the XVII Reunión Internacional para el estudio de los mamíferos marinos, La Paz, Baja California México, 4pp.

Lara-Lara, J.R., F.V. Arenas, G.G. Bazán, C.V. Díaz, B.E. Escobar, G.A de la Cruz, C.G. Gaxiola, J.G. Robles, A.R. Sosa, G.L. Soto, G. M Tapia & J.E. Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos. *In*: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, 135-159pp.

Lavin, M.F., J.M. Robles, M.L. Argote, E.D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Trasviña, H.S. Vélez & J. García. 1991. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo*. 18(103): 97-108p. Lozano, R.J. 2012. Tasa de natalidad de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) en Bahía de Banderas, México (2007-2012). Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas. Nayarit, México. 76pp.

Leyte-Morales, G.E. 2001. Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de maestría, Universidad del Mar, Puerto Ángel, México.

Lozano, R.J. 2012. Tasa de natalidad de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) en Bahía de Banderas, México (2007-2012). Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas. Nayarit, México. 76pp.

Martin A.R., S.K. Katona, D. Matilla, D. Hembree & T.D. Waters. 1984. Migration of humpback whales between the caribbean and Icelnd. *Journal of Mammalogy* 65(2):330-333

Martínez, A.S. 2008. Un modelo de abundancia absoluta de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, en aguas adyacentes a las islas del Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 83pp.

Martínez, A.S. 2011. Abundancia y tasa de incremento de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. UABCS. La paz. B.C.S. 92pp.

- Medrano, G.L. & J.R. Urbán. 2002. La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Proyecto W024. México. D.F. 76pp.
- Medrano, G.L., Vázquez C.M.J., Juárez, S.R.A. & Rosales, N.H. 2009. Identidad y heterogeneidad poblacional de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes. Reporte técnico. Universidad Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. 24pp.
- Meraz, J. 2000. Ballenas en Oaxaca. Ciencia y Mar 4:51.
- Meraz, J. & V.M. Sánchez-Díaz. 2008. Los mamíferos marinos de la costa central de Oaxaca. Revista Mexicana de Biodiversidad 79:143-151.
- Naveira, J. L. & O. Díaz. 1996. Primer registro del cetáceo barbado *Megaptera novaeangliae* (Borowsky 1781) (Mysticeti: Balenopteridae) para la región Nororiental de Venezuela. Bol.Inst.Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 35 (1&2):99-104.
- Prado, T. J.A., F. Herrera, A. Cabrera, J. Ortiz, J. Romero, J. Conde & J. Jiménez. 2011. Composición de grupos y actividades de comportamiento de la ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) en la costa central y oeste del Pacífico de Guatemala durante los meses de enero-mayo 2011. Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP.38pp.
- Rasmussen, K. 2006. Comparison of two distinct humpback whale populations (*Megaptera novaeangliae*) off Pacific Central American waters. Tesis de Maestría. Moss Landing Marine Laboratories, San Francisco St. 97pp.
- Rasmussen, K., D. M. Palacios, J. Calambokidis, M.T. Saborío, L.D. Rosa, E.R. Secchi, G.H. Steiger, J.M. Allen & G.S. Stone. 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: Insights from water temperature into the longest mammalian migration. Biology Letters 3:302–305.
- Rosenbaum, C.H, J.P Clapham, J. Allen, M. Nicole-Jenner, C. Jenner, L. Flórez-González, R. J. Urbán, P. Ladrón de Guevara, K. Mori, M. Yamaguchi & C.S. Baker. 1995. Geographic variation in ventral fluke pigmentation of humpback

- whale *Megaptera novaeangliae* populations worldwide. Marine Ecology Progress Series.124:1-7.
- Sánchez-Díaz, V. 2006. Diversidad y Abundancia de mamíferos marinos en la porción central de la costa de Oaxaca. Mastozoología Neotropical 278-280.
- Schevill, W.E. & R.H. Backus. 1960. Daily Patrol of a *Megaptera*. J. Mamm. 41 (2): 279-281.
- Trasviña, A., E.D. Barton, J. Brown, H.S. Vélez, M. Kosro and R.L. Smith, 1995. Offshore Wind Forcing in the Gulf of Tehuantepec, Mexico: the asymmetric circulation. Journal of Geophysical Research: Oceans 100 (10):20649-20663.
- Urbán, R. J. 1999. La ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae*, en la Península de Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H035. México D. F. 38pp.
- Urbán, R. J., 2001. Estructura Poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. U.N.A.M., 84 pp.
- Urbán, R.J. & L.A. Aguayo. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Mar. Mammal Sci. 3(4): 333-344.
- Urbán, R.J., A. Aguayo, Z.M. Salinas, R. Campos, K.C. Balcomb, J.K. Jacobsen, P. Ladrón de Guevara & F. Alvarez. 1989. Abundance and interactions of the humpback whale, in the Mexican breeding grounds. Abstracts of the 8th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Monterey, CA.
- Urban, R.J., A.L. Jaramillo, A.L. Aguayo, P. P. Ladrón de Guevara, M.Z. Salinas, C.F. Alvarez, L. G. Medrano, J.K. Jaconsen, K.C. Balcomb, D.E. Claridge, J. Calambokidis, G.H. Steiger, J.M. Straley, O. Von Ziegesar, J.M. Waite, S. Mizroch, M.E. Dahlheim, J.D. Darling & C.S. Baker. 2000. Migratory destinations of humpback whalewintering in the Mexican Pacific. J. Cetacen Res. Manage. 2 (2):101-110.

Villegas-Zurita, F., y Castillejos-Moguel, F. 2013. Primer registro de alimentación oportunista de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa de Oaxaca, México. THERYA. 4(1):113-119

Zepeda, R.M. 2011. Tendencia poblacional, patrones de coloración y fidelidad de la ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, México durante las temporadas invernales 1996-2007. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. 47pp.

Anexo I. Formato base para los registros de campo.

FORMATO 1: FOTOIDENTIFICACIÓN
 CARACTERIZACIÓN DE BALFINA IRRORADA EN LA COSTA CENTRAL DE OAXACA, MÉXICO



FECHA _____ HORA DE SALIDA _____ HORA DE REGRESO _____ EMBARCACIÓN _____
 VISIBILIDAD (BUENA) (REGULAR) (MALA) BEAUFORT (ESPEJO) (1) (1.5) (2) (2.5) (3) COBERTURA (NUBES %) _____ NO. PAX _____
 TEMPERATURA AMBIENTAL _____ TEMPERATURA DEL AGUA _____
 OTRO FOTOGRAFO (E-MAIL) _____ LLENÓ EL FORMATO _____

		#AV	HORA	TIPO DE GRUPO	COMPORTAMIENTO	POSICIÓN (GPS)	OBSERVACIONES/BIOPSIA
VISIBILIDAD	B	INICIO	O G1 O G3	O G1 O G3	O Viajando Rápido	O Saltos	REGISTRO DE BIOPSIA
	R						
BEAUFORT	E	O MC O MCE	O Descansando	O Pectoral	Punto más cercano costa		
	1 1.5						
NUBES (%)	2 2.5 3	O CG _____	O Erráticas	O Agresivas			
T. AGUA (°C)					OTRO _____	O Evasivas	O Activas En Superficie
AVISTO-COLABORADOR		FIN	O Activas En Superficie	Especies asociadas:			
DIRECCIÓN	N O S				Punto más cercano costa	O Activas En Superficie	Especies asociadas:
VISIBILIDAD	B	INICIO	O G1 O G3	O G1 O G3			
BEAUFORT	E				O G2 O G4	O Viajando Lento	O Colazos
NUBES (%)	1 1.5	O MC O MCE	O Descansando	O Pectoral			
T. AGUA (°C)	2 2.5 3				O MCE+CG _____	O Curiosas	O Cantor
AVISTO-COLABORADOR		O CG _____	O Erráticas	O Agresivas			
DIRECCIÓN	N O S				OTRO _____	O Evasivas	O Activas En Superficie
FIN		O Activas En Superficie	Especies asociadas:	FIN			
Punto más cercano costa					O Activas En Superficie	Especies asociadas:	FIN
VISIBILIDAD	B	INICIO	O G1 O G3	O G1 O G3			
BEAUFORT	E				O G2 O G4	O Viajando Lento	O Colazos
NUBES (%)	1 1.5	O MC O MCE	O Descansando	O Pectoral			
T. AGUA (°C)	2 2.5 3				O MCE+CG _____	O Curiosas	O Cantor
AVISTO-COLABORADOR		O CG _____	O Erráticas	O Agresivas			
DIRECCIÓN	N O S				OTRO _____	O Evasivas	O Activas En Superficie
FIN		O Activas En Superficie	Especies asociadas:	FIN			
Punto más cercano costa					O Activas En Superficie	Especies asociadas:	FIN

Anexo II. Descripción detallada de las foto-recapturas de las ballenas foto-identificadas en la CCO.

1.- ID 2OAX003: Esta ballena se foto-identificó en la costa de Oaxaca el 21 de enero de 2012 y se recapturó en la siguiente temporada invernal, el 29 de enero de 2013; en ambas ocasiones se observó acompañada por otro organismo (G2) y con desplazamiento al noreste. En la temporada invernal 2011-2012 se desplazaba junto al organismo con el ID 3OAX001 y para la temporada invernal 2012-2013 estaba asociada al organismo con el ID 4OAX011.

2.- ID 2OAX006: Este individuo se registró en dos ocasiones en la costa de Oaxaca, el 20 de enero de 2013 desplazándose con la ballena ID 5OAX029 (G2) y el 12 de abril de 2013 desplazándose de forma solitaria (G1).

3.- ID 2OAX008: Este individuo se foto-identificó el 29 de enero del 2013 en la costa de Oaxaca en un grupo de competencia (G3), integrado por las ballenas con los ID's 2OAX007 y 3OAX012. Este individuo fue registrado previamente en la Bahía de Banderas, el 10 de diciembre de 2009 en un grupo conformado por dos individuos (G2).

4.-ID 2OAX011: Se foto-identificó el 02 de abril de 2013 en la costa de Oaxaca, desplazándose con la ballena ID 5OAX047 en dirección noreste (G2). Se registró previamente en tres ocasiones, el 11 de enero de 2005 en Baja California Sur y 27 días después fue observado en la Bahía de Banderas, el 07 de febrero de 2005. Seis años posteriores a estas foto-recapturas, fue observado nuevamente en la Bahía de Banderas, el 28 de marzo de 2011, en un grupo de cuatro individuos (G4).

5.-ID 2OAX012: El 13 de enero de 2013 se registró en la costa de Oaxaca. Este mismo individuo fue registrado previamente en la Bahía de Banderas, dos veces durante una misma temporada invernal. El Primer avistamiento se llevó a cabo el 18 de enero de 2005 y el segundo avistamiento fue cinco días después, el 23 de enero de 2005. En ambos avistamientos se registró en un grupo conformado por dos individuos (G2).

6.-ID 3OAX002: Esta ballena se registró en la Costa de Oaxaca, en dos ocasiones el 28 de enero de 2012 desplazándose de forma solitaria. Durante la comparación con los otros catálogos del Pacífico Noreste, se encontraron seis registros. El registro más antiguo, fue realizado el 02 de enero de 2006, en la Bahía de Banderas como un Grupo de Cortejo. El 03 de enero de 2007 se observó nuevamente en la Bahía de Banderas

como un Grupo de Cortejo conformado por cuatro ballenas adultas, posteriormente dos de estos individuos se apartaron del grupo (G4-2). 37 días después (09 de febrero de 2007) se observó en la Península de Baja California, en un avistamiento como organismo solitario y en otro en un grupo de cortejo de seis individuos (G6). El 20 de enero de 2008 se registró nuevamente en la Bahía de Banderas como parte de un grupo de cortejo, el cual estaba integrado por cinco individuos, posteriormente dos de estos individuos se apartaron del grupo y se adicionó otro individuo (G5-2+1). El 26 de Enero de 2010 se observó en un grupo de cortejo en la Bahía de Banderas, conformado por ocho individuos, dos de estos individuos se apartaron del grupo y se adicionaron dos individuos (CG8-2+2). El Grupo de Investigación del Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California identificó a este individuo como macho.

7.-ID 3OAX003: Esta ballena se foto-identificó en la costa de Oaxaca el 17 de marzo de 2012 y se observó en compañía de un organismo pequeño al que se definió como cría (MC). Además, se observó en Bahía de Banderas el 13 de enero de 2011, formando parte de un grupo de cortejo (G3).

8.-ID 3OAX005: El 11 de diciembre de 2012 se registró a este individuo en la costa de Oaxaca de forma solitaria. El primer registro que se tiene de este individuo en la Bahía de Banderas fue de hace 15 años, en 1997, siendo éste el registro más antiguo de las ballenas foto-identificadas en Oaxaca. Además de éste, se cuenta con los registros del 15 de enero de 2000, el 02 de enero de 2005, el 03 de enero de 2005 (G2) y el 18 de enero de 2006 (G4), todos pertenecientes a la Bahía de Banderas.

9.-ID 3OAX008: El 02 de enero de 2013 se registró en la Costa de Oaxaca en un grupo de cortejo de tres individuos (G3), dichos individuos se identificaron con el ID 2OAX004 y 5OAX025. Este mismo individuo se observó en la Bahía de Banderas el 14 de diciembre de 2009 en un grupo de cortejo de cinco individuos (G5).

10.-ID 3OAX009: Este individuo se registró en dos ocasiones de forma solitaria (G1) en la Costa de Oaxaca, el primer registro fue el 10 de enero de 2013; y a los 47 días después, el 26 de febrero de 2013 se registró nuevamente. Previamente, fue registrado el 24 de diciembre de 2003 en la Bahía de Banderas y el 29 de marzo de 2011 en la Península de Baja California, en un grupo conformado por madre con cría (MC) y grupo

de competencia de seis individuos (G6). El Grupo de Investigación del Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California identificó a este individuo como macho.

11.-ID 3OAX010: El 17 de enero de 2013 se foto-identificó a este organismo en Oaxaca, mientras conformaba un grupo de tres individuos (G3), dichos individuos también se foto-identificaron (ID 5OAX028 y 5OAX051). Previamente, había sido registrado en la Bahía de Banderas el 18 de enero de 2008 mientras conformaba un grupo de cortejo de tres individuos y durante el avistamiento se observó que uno de estos individuos dejaba el grupo (G3-1).

12.-ID 3OAX016: Se foto-identificó el 15 de febrero de 2013 en la Costa de Oaxaca y se observó (G1) asociado a un grupo de toninas (*Tursiops truncatus*). Este individuo se registró en varias ocasiones en la Bahía de Banderas; en los avistamientos del 08 de enero de 2000 y del 09 de febrero de 2001, pero no se tomaron datos de la estructura social (tipo de grupo y número de individuos). El 13 de enero de 2006, se observó en dos ocasiones, en una de ellas en un trío (G3) y en otra se observó en un grupo de cortejo de cuatro individuos, al cual se adicionaron dos individuos. Posteriormente se registró la salida de tres y la adición de dos ballenas (G4+2-3+2). El 12 de marzo de 2009 se registró en la Bahía de Banderas acompañado de otro organismo (G2) y para el 15 de diciembre de 2010 se observó en un grupo de cortejo de cuatro individuos, al cual se adicionó primero un individuo y posteriormente dos (CG4+1+2).

13.-ID 3OAX017: Esta ballena se foto-identificó en Oaxaca el 15 de febrero de 2013. Se registró (G1) asociada a un grupo de toninas (*T. truncatus*). Además se registró en tres ocasiones en la Bahía de Banderas: el 14 de febrero de 2005 (no se tienen datos de tipo de grupo), el 27 de enero de 2010 en grupo de cortejo de cuatro individuos (G4) y el 06 de enero de 2011 en un grupo conformado por nueve (G9).

14.-ID 3OAX020: El 29 de marzo de 2013, se observó en un grupo conformado por dos adultos y una cría (MCE). Dicho individuo se registró previamente en cuatro ocasiones en otras zonas del Pacífico mexicano. El 08 de abril de 2005 se observó en el Archipiélago de Revillagigedo, y en dos ocasiones se registró en Bahía de Banderas. Uno de estos registros fue el 04 de febrero de 2006, el tipo de grupo en el que se

observó era una pareja (G2). No se cuentan con datos del segundo avistamiento y el 24 de febrero de 2014 fue foto-identificado en Guerrero.

15.-ID 3OAX023: El 01 de enero de 2013, se foto-identificó en Oaxaca. Durante el avistamiento se observó en un grupo de cuatro individuos (G4). Este individuo se registró en 9 ocasiones. Uno de estos registros se dio en Baja California y el resto en la Bahía de Banderas. En Baja California se registró el 05 de febrero de 2007, y se observó en forma solitaria. En Bahía de Banderas se observó el 26 de enero de 2005 en un grupo conformado por dos individuos (G2), el 26 de diciembre de 2005 de forma solitaria (G1), el 18 de enero de 2006 como parte de un grupo de competencia de 12 individuos (G12), el 05 de febrero de 2006 se registró dos veces, en una como parte de un grupo de competencia de siete individuos (G7) y en el otro avistamiento acompañado de otro individuo adulto (G2). El 04 de febrero de 2008 se observó en un grupo de dos individuos adultos y una cría, que se unió a un grupo de competencia de tres individuos, del cual posteriormente se separaron dos individuos (MCE+CG3-1-1). El 29 de diciembre de 2008 se observó en un grupo de cortejo de 15 individuos (G15). Finalmente, el último registro dentro de la Bahía fue del 30 de enero de 2011. El Grupo de Investigación del Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California identificaron a este individuo como hembra.

16.-ID 4OAX004: El 31 de marzo de 2012 se registró en la costa de Oaxaca desplazándose de forma solitaria. Sin embargo, 51 días antes había sido reportado en Bahía de Drake en Costa Rica, el 09 de febrero de 2012 como un organismo macho adulto cantor.

17.-ID 4OAX007: Este individuo se registró en dos ocasiones en la costa de Oaxaca durante la misma temporada invernal (2012-2013), el 13 de diciembre de 2012 acompañado del organismo con ID 3OAX006 y 31 días después, el 17 de enero de 2013 se observó de forma solitaria.

18.-ID 4OAX009: El 24 de enero de 2013 se foto-identificó este organismo en Oaxaca, mientras se desplazaba de forma solitaria en dirección sureste. Este individuo se registró en dos ocasiones en la Bahía de Banderas, el 16 de diciembre de 2005 se registró como un organismo solitario (G1), mientras que el segundo registro fue el 21 de noviembre de 2009.

19.-ID 4OAX011: Este individuo se foto-identificó el 29 de enero de 2013 en Oaxaca, mientras conformaba un grupo de dos individuos (G2), el otro individuo no pudo ser foto-identificado. Se registró previamente el 18 de enero de 2005 mientras conformaba un grupo de cortejo integrado por tres individuos (G3) en la Bahía de Banderas.

20.-ID 4OAX014: El 12 de febrero de 2013 se foto-identificó en Oaxaca. Durante el avistamiento se observó en un grupo de dos individuos, al cual posteriormente se le adicionaron dos (G2+2). Este individuo fue registrado, 13 años antes en la Bahía de Banderas, el 02 de enero de 2000, pero no se cuenta con datos sobre el avistamiento.

21.-ID 4OAX019: Este organismo se foto-identificó en Oaxaca el 08 de febrero de 2013. Durante el avistamiento se registró como parte de un grupo de dos individuos (G2) y la otra ballena fue foto-identificada con el ID 5OAX053. Posteriormente se registró en Baja California el 19 de marzo de 2013 dentro de un grupo de competencia integrado por ocho individuos (G8).

22.-ID 4OAX020: Esta ballena se foto-identificó el 08 de febrero de 2013 y se registró como parte de un grupo de dos individuos, a la cual se le agregó un individuo (G2+1). Uno de estos fue foto-identificado con el ID 3OAX015 y además, durante este avistamiento se reportó como especie asociada a un grupo de delfines de dientes rugosos (*Steno bredanensis*). Este individuo se registró siete años antes, el 19 de diciembre de 2005, en la Bahía de Banderas, en dicho registro formaba parte de un grupo de cortejo de cuatro individuos (G4).

23.-ID 4OAX022: Este individuo se foto-identificó en Oaxaca el 22 de febrero del 2013, desplazándose en dirección noreste acompañado del individuo foto-identificado con el ID 5OAX054 (G2). También fue registrado en tres ocasiones en la Bahía de Banderas. El 19 de diciembre de 2004 se observó dentro de un grupo de cortejo integrado por cinco individuos (G5). El segundo registro fue el 20 de enero de 2006, pero no se cuenta con los datos de la estructura de grupo. El tercero fue el 19 de diciembre de 2010 y se observó como un grupo de tres individuos (G3).

24.-ID 5OAX018: Este individuo se foto-identificó en la costa de Oaxaca el 20 de noviembre de 2012 y se observó en un grupo de dos individuos (G2). Se registró nuevamente a los 21 días el 10 de enero de 2013 en la misma zona acompañado del individuo foto-identificado con el ID 3OAX021.

25.-ID 5OAX024: El 27 de diciembre de 2013 se foto-identificó en Oaxaca y se observó desplazándose de forma solitaria (G1). Este individuo se registró previamente en Bahía de Banderas el 02 de enero de 2011 en un grupo de cortejo de cinco individuos (G5).

26.-ID 5OAX028: El 17 de enero de 2013, se foto-identificó en Oaxaca y durante el avistamiento se observó acompañado de los individuo con el ID 3OAX010 y el 5OAX051 (G3). El 23 de enero del 2005, se registró en la Bahía de Banderas, conformando un grupo de cuatro individuos (G4).

27.-ID 5OAX038: Esta ballena fue foto-identificada el 12 de febrero del 2013 y durante el avistamiento se observó como parte de un grupo de tres individuos (G3). Este individuo fue registrado cinco veces, previamente en Bahía de Banderas. En el 2004, se registró el 20 de febrero, el 03 de marzo (MCE) y el 15 de marzo. El 24 de diciembre de 2005 se registró en un grupo de competencia de siete individuos (G7). El 27 de marzo de 2007 se registró en un grupo conformado por dos adultos y una cría (MCE). El Grupo de Investigación del Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California identificaron a este individuo como hembra.

28.-ID 5OAX042: Este organismo fue foto-identificado el 12 de marzo de 2013, durante el avistamiento se observó de forma solitaria (G1). Dicho individuo se observó 20 días después en Baja California en un grupo conformado por dos adultos y una cría (MCE). Además, había sido registrado previamente en Bahía de Banderas, el 31 de enero de 2010 en un grupo de tres individuos y el 14 de enero de 2012 en un grupo de cinco individuos.

29.-ID 5OAX050: Esta ballena se foto-identificó en Oaxaca el 25 de abril de 2013. Durante el avistamiento se observó como parte de un grupo de tres individuos (G3). Previamente, hace ocho años se registró en Bahía de Banderas, el 21 de marzo de 2005 en un grupo conformado por dos adultos y una cría, a la cual se le adicionaron dos organismos adultos (MCE+2).

30.-ID 5OAX051: El 17 de enero de 2013, se foto-identificó en Oaxaca en un grupo de tres individuos (G3). Este individuo se registró siete años antes en Bahía de Banderas el 21 de marzo de 2005 y se observó en un grupo integrado por cuatro adultos (G4).