



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

**EFFECTOS DE LA OBSERVACIÓN TURÍSTICA EN LOS
PATRONES DE CONDUCTA Y VENTILACIÓN DEL RORCUAL
JOROBADO (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*)
EN EL PACÍFICO MEXICANO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

ANDREA JACQUELINE GARCÍA CHÁVEZ



Director: Dr. Luis Medrano González

Ciudad Universitaria, CD. MX.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A Giselle y Mike

Por alentar todos y cada uno de mis sueños y por compartir conmigo la dicha de la vida en un mundo apasionante y lleno de sorpresas.

¡Muchachos!

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS



Fotografía de la autora (WGRP 2015)

Universidad Nacional Autónoma de México, Dr. Luis Medrano González, Dra. Ella Vázquez Domínguez, Dr. César Antonio Ríos Muñoz, Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldía, Biol. Rita Virginia Arenas Rosas, M. en C. María de Jesús Vázquez Cuevas, Biol. Karla Villavicencio Llamosas, Biol. Iván C. Díaz Gamboa, Biol. Talina Ruiz Rodríguez, Dr. Hiram Rosales Nanduca, Grupo de Mastozoología Marina-Facultad de Ciencias-UNAM, Dr. Erick A. García Trejo, Ing. Jorge R. Castillo Velázquez, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Marina y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. A todos ellos gracias por su apoyo y colaboración para la elaboración y culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A **Jacqueline**, por todos tus cuidados y todo tu cariño. Porque un día lo dejaste todo por mí. Por tranquilizarme cuando estaba más asustada. Porque siempre me escuchas. Por esos juegos de princesas. Por inculcarme los valores más bonitos. Por alentarme cuando me sentía más triste. Por enseñarme el valor de la amistad. Por tu apoyo incondicional. Porque nunca te diste por vencida. Porque siempre acudes a mi lado cuando necesito algo. Porque en un principio solo nos teníamos la una a la otra. Porque aunque me hagas enojar me doy cuenta de cuánto me quieres. Por darme la vida... Te amo mamá.

A **Andres**, porque siempre me siento protegida a tu lado. Porque bailabas conmigo “Pollito con papas”. Porque me enseñaste a trabajar y me inculcaste las cosas importantes como la responsabilidad, la presencia y la puntualidad. Por planchar mi pantalón antes de irme a la escuela. Porque me has hecho madurar. Por todo el apoyo que me diste. Por compartir conmigo el gusto por el mar. Porque a pesar de todo me gusta pensar que me quieres. Por darme la vida... Te amo papá.

A **Karen**, por ser tan noble. Porque siempre piensas y te preocupas por todos. Porque das a manos llenas. Por escucharme. Por ser mi mejor compañera de juegos. Porque has estado conmigo en los momentos más difíciles. Porque sin darte cuenta me motivas a seguir adelante. Por hacerme sentir muy orgullosa. Por dejarme cuidar de ti. Porque te defendería con uñas y dientes. Por ser una excelente hermana... Te amo bollito. A **Aline**, por tus locuras. Por compartirme de tu pizza. Por cuidarme aun cuando yo era la hermana grande. Por consolarme entre tus abrazos reconfortantes. Porque no muestras tu miedo aun cuando estás más aterrada. Por permitirme ser parte de tu vida. Por enseñarme a pelear. Porque yo sé que si te propones algo lo puedes lograr. Porque sé que matarías por mí y yo lucharía contra todo el mundo con tal de cuidarte y verte bien... Te amo puerco. A **Abril**, porque siempre fuiste tan chiquita. Por enseñarme a enfrentar hasta los peores miedos. Porque nunca te quejaste aun cuando todo fue tan injusto. Por dejarme ser la hermana grande. Por admirarme y confiar en mí. Por atender a mis regaños. Por ser mi bacteria favorita. Por compartir siempre. Por todo el amor que repartes. Por ser una buena niña. Porque por ti daría la vida... Te amo pig.

A **Giselle**, porque eres mi mejor amiga, mi confidente, mi hermana mayor, mi tía favorita, mi hada madrina y mi heroína. Por escucharme cada vez y darme los mejores consejos. Por tu amor incondicional y porque sé que puedo contar contigo. Porque compartes conmigo la pasión por la vida, el basquetbol, los sueños y las cosas buenas del mundo. Porque me has enseñado a valorar las cosas más importantes. Porque me recibiste en tu casa cuando no pude volver a la mía. Porque siempre has creído en mí y me enseñaste a volar. Por toda tu confianza. Porque me regañaste cuando fue necesario. Porque me inspiras a ser mejor cada día. Porque siempre te he admirado y eres mi modelo a seguir. Porque eres el mejor ser humano que conozco. Porque no sé cómo voy a pagarte todo lo que haces por mí. Porque eres una gran mujer. Porque ayudas a todos sin esperar nada a cambio. Porque espero que algún día te sientas muy orgullosa de mí. Porque haría cualquier cosa por ti. Porque es para ti esta tesis que me sacó tantas canas verdes... Te amo.

A **Mike**, por adoptarme y permitirme ser parte de tu vida. Porque volviste desde muy lejos para bailar conmigo en mi cumpleaños. Porque el día que me llevaste por primera vez a la escuela me dejaste la mejor herencia del mundo. Por ser como un padre para mí. Porque me gusta cuando me platicas tus hazañas. Por compartir conmigo la pasión por el basquetbol. Porque sé que puedo

confiar en ti. Por apoyarme siempre que hace falta. Por curarme cuando estoy adolorida. Porque sin darte cuenta te has vuelto indispensable en mi vida. Porque también es para ti esta tesis... Te amo.

A **Antonia**, por tus sabios consejos y tus apapachos. Por tus historias que siempre contienen lecciones. Por cuidarme siempre y escuchar atenta todas mis pláticas. Por enseñarme a perdonar. Por ser mi cómplice en tantas cosas. Por dejarme llorar en tu regazo y arroparme entre tus brazos cuando me sentía sola. Porque siempre me sacas una sonrisa. Porque has sido una guerrera implacable y porque eres la mujer más amorosa que conozco... Te amo abuelita.

A **Antonio**, por complementarme y cambiarme la vida. Porque me has hecho crecer como persona, como profesionista y como mujer. Porque me amas sinceramente. Porque me inspiras los sentimientos más bonitos. Por Veracruz y sus puestas de sol. Porque ya no me siento sola cuando estoy contigo. Porque crees en mí y me alientas para seguir adelante. Porque me haces sentir especial. Porque compartes conmigo la pasión por la vida. Por enseñarme a no darme por vencida. Por tu apoyo incondicional. Porque siempre me escuchas y me aconsejas. Porque me gusta escuchar las palabras que me dedicas solo a mí. Por todo lo que hemos pasado juntos... Te amo.

A **Nancy, Paty, Chava, Uriel y Paco**, porque crecimos juntos y más que primos somos hermanos. Por esos viajes al espacio y todos los regañones que acarrearón nuestras travesuras. Porque todos hemos pasado por cosas difíciles y seguimos adelante. Por ser una parte muy valiosa en mi vida. Hermanos... los amo.

A **Francisco Chávez**, por ser mi gran amigo. Por apoyarme siempre. Por confiar en mí y porque a pesar de todas las tonterías que puedas hacer sé que eres una buena persona y sé que me quieres. A **Salvador Chávez**, por compartir conmigo lo indispensable cuando más me hacía falta. Por hacerme reír. Por demostrarnos a todos que se puede salir adelante y por esas inolvidables cáscaras.

A **Juan García Loyola**, porque te preocupaste por mí cuando más lo necesite y siempre me has demostrado que me quieres y que te importo. A **Ada, Adriana y Juan**, por apoyarme siempre y nunca darme la espalda. Porque me echaron la mano cuando me hacía falta y porque siempre disfruto estar con ustedes.

A **Manet**, por ser mi mejor amiga y confidente. Por confiar en mí. Por tantas noches llenas de estrellas. Por secar mis lágrimas en los momentos difíciles. Por ser parte de mi vida. Por los fósiles con pegamento y las risas en los viajes. Por los mejores recuerdos de la carrera. Por el estúpido marzo. Porque a pesar de las distancias seguimos siendo muy unidas... Te adoro amiga. A **Tania**, por ser mi simbiote y mejor amiga. Por abrirme las puertas de tu casa y de tu familia. Por esas frías noches sin dormir. Por nuestro bluetooth siempre tan compatible. Por levantar la bocina a las cinco de la mañana. Por ese camino pedregoso que recorrimos juntas. Por no darnos por vencidas. Por ser parte de esta tesis... Te quiero Güera. A **Karen Yuliana**, por ser mi mejor amiga. Por mantenerte cerca y no dejarme perder. Por enseñarme a valorar todo lo que soy. Por hacer de la preparatoria una aventura inolvidable. Por adoptarme en tu casa todos los días de la semana. Por ese "hermoso cariño"... Te quiero montones vieja. A **Vanessa**, por ser cómplice de todas mis locuras. Porque más que amigas somos familia y por estos 27 años creciendo juntas... Te quiero. A **Pamela**, por el básquetbol por compartir conmigo el amor a la camiseta. Por todas las goyas que hemos gritado juntas. Por el contrabando de dulces. Por los juegos ganados y también los perdidos. Porque eres una gran amiga... Te quiero. A **Claudia**, por esos equinodermos que nos pusieron en la misma ruta. Porque siempre me alientas cuando estoy triste. Por esos berrinches que sólo nosotras sabemos hacer y por todo lo bueno que hemos vivido juntas... Te quiero. A **Benjamín**, por ser mi mejor amigo,

escucharme y aconsejarme. Por dejarme llorar en tu hombro, Por ser siempre tan positivo. Por estar siempre ahí...Te quiero amigo. A **Fernando**, porque fuiste mi primer mejor amigo y nunca me dejaste sola. Porque siempre me cuidas y te preocupas por mi y porque aunque estemos lejos siempre estás conmigo... Te quiero amigo. A **José Antonio**, por ser tan valiente. Por toda esa confianza que has depositado en mí. Por adoptarme como familia y estar siempre tan cerca. Por todo el amor que me demuestras y porque eres el mejor amigo que se pueda pedir... Te adoro Chetito. A **Lalo**, por entender mis más profundos deseos. Por hacerme sentir bien. Por el amor a la divulgación. Por *ADN* que tantas alegrías ha traído a mi vida. Por tu amistad sincera... Te quiero.

To **Katherina Audley**, because of you my dear friend my dreams come true. For share with me the passion for life, sea and whales. For supporting me and give me the confidence to be part of your team. For take me to the world. For make me feel welcome every time, I feel like I am at home. For help me to grow up. For San Francisco and the most incredible experience of my life. For everything is coming. For believe in me. Thank you. To **Joseph White, Mari Smultea, Dave Steckler and Terra Hanks**, for be my friends and support me every time you can. Thank you guys.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por ser mi *alma máter* y mi segundo hogar. Por abrirme las puertas al conocimiento y formarme como profesionalista. Por todo lo que me ha dado y el orgullo que me inunda al sentirme parte de ella. Por todo lo que le debo y mucho más. A **Maciel** y al equipo de **Ciencias**, por inducirme al mejor vicio del mundo, por enseñarme a dejarlo todo en la cancha y en la vida. Por demostrarme que sí puedo. Por apoyarme, incitarme y valorarme, por el amor al básquetbol y a nuestra *alma máter*. A **Pumas**, por permitirme portar y defender el azul y oro de nuestra universidad e impulsarme a ir más allá de lo que dicta el deber.

A **Universum** y a todos mis compañeros y amigos del museo que me ayudaron a formarme y crecer en este bonito mundo de la divulgación científica.

A todas aquellas personas que olvidé mencionar pero que estuvieron siempre apoyándome y ayudándome a ver el mejor lado de la vida.

CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ANTECEDENTES.....	12
El rorcual jorobado.....	12
Distribución en México.....	15
Abundancia.....	16
Alimentación.....	17
Reproducción.....	18
Hábitos y conducta.....	19
Metabolismo y tasas de ventilación.....	23
Observación turística de cetáceos.....	23
Conservación del rorcual jorobado en México y el mundo	26
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
Objetivos.....	28
ÁREA DE ESTUDIO.....	29
Bahía de Banderas.....	29
Isla Socorro.....	30
MÉTODOS.....	32
Observaciones en el mar.....	32
Procesamiento de datos.....	35
Frecuencia y diversidad conductual.....	36
Distribución de los tiempos de apnea para los roles conductuales.....	37
Análisis exploratorio.....	37

Análisis multifactorial.....	40
RESULTADOS.....	43
Eficacia de observación y representatividad.....	43
Exploración de datos.....	44
Distribución de los tiempos de apnea para los tipos de agrupaciones.....	48
Dinámica de ventilación de consumo energético.....	49
Análisis de variación multifactorial.....	50
DISCUSIÓN.....	72
SUMARIO DE CONCLUSIONES.....	76
REFERENCIAS.....	78
APÉNDICE.....	91
Etograma de la conducta en superficie de la ballena jorobada.....	91

RESUMEN

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) es uno de los mysticetos mejor conocidos debido a que, su ciclo migratorio y su dinámica de conducta en superficie, lo hacen atractivo para la observación científica y turística. Durante el invierno, estos grandes mamíferos migran a regiones costeras subtropicales para aparearse, parir y cuidar de sus ballenatos, por lo que durante esta etapa se presenta un amplio repertorio de despliegues conductuales en superficie. Actualmente, el avistamiento turístico de esta especie es una de las actividades comerciales de mayor crecimiento a nivel mundial. El Pacífico Mexicano representa una importante zona de agregación invernal de estos animales y su observación turística genera anualmente en nuestro país una derrama económica de aproximadamente \$85, 500,000 dólares en gastos totales relacionados con esta actividad. Sin embargo, también se observan muchos efectos negativos a la especie debido al acoso excesivo de las embarcaciones dedicadas a este negocio. Con el fin de conocer los efectos de las embarcaciones turísticas sobre la conducta y uso de reservas de energía de las ballenas jorobadas durante su estancia invernal en el Pacífico Mexicano, se analizaron registros de frecuencias ventilatorias y conducta en superficie basados en un etograma en el que las conductas se encuentran ordenadas de forma hipotéticamente paralela a su costo energético. Se analizaron 823 registros focales de ventilación y conducta en superficie de ballenas jorobadas en interacción con embarcaciones turísticas y científicas en Bahía de Banderas e Isla Socorro, realizados durante los inviernos de 1995 a 2013. Se obtuvieron 595 registros estadísticamente representativos conteniendo 27,792 eventos unitarios en 619 horas de observación efectiva. La variación de conducta y respiración es casi nula entre regiones pero considerable entre décadas para Bahía de Banderas. La mayor parte de la variación ocurre entre agrupaciones asociadas a la interacción con embarcaciones siendo tal efecto (incremento de la actividad en superficie) mayor en animales cantores. Se observó una separación primaria y estadísticamente significativa entre las variables de conducta y ventilación; las variables que contienen mayor variación son sondeo, diversidad conductual, un índice de actividad y la duración promedio de apnea. Existe correlación positiva entre la tasa de ventilación y el índice de actividad. En conclusión, 1) la ocurrencia de agrupaciones puede describir las actividades invernales de la especie, 2) no se observó variación intrínseca regional en la conducta y respiración del rorcual jorobado en el Pacífico Mexicano y 3) las embarcaciones interactuantes afectan la conducta y la tasa de ventilación y por lo tanto, presumiblemente el uso de reservas de energía de los rorcuales jorobados según la actividad que realicen y estos efectos han cambiado a lo largo de dos décadas.

ABSTRACT

The humpback whale (*Megaptera novaeanglie*) is probably the best known mysticete because its migration cycle and dynamic surface behavior make it attractive for scientific observation and touristic whale watching. During the winter, these large mammals migrate to subtropical coastal regions to mate, calve and nurse their calves, so that at this stage a wide range of behavioral displays is presented in the water surface. Nowadays, the tourist watch of this species is one of the fastest growing businesses worldwide. The Mexican Pacific Ocean represents an important area of winter aggregation for this species and whale watching annually generates an economic spill of approximately \$85, 500,000 million US dollars in total expenses related with this activity. However, many negative effects due to excessive harassment of vessels engaged in this activity are also observed. In order to know the effects of whale watching boats in the behavior and use of energy stores of humpback whales at their wintering grounds in the Mexican Pacific Ocean, records of breathing and surface behavior were made based on an ethogram in which behaviors are arranged in a manner hypothetically parallel to their energy cost. A total of 823 focal records of breathing and surface behavior of humpback whales interacting with whale watching and scientific observation boats in Bahía de Banderas and the Revillagigedo Islands were made during the winters between 1995 and 2013. A total of 595 records were statistically representative and contained 27,792 unitary events in 619 hours of effective observation. Variation of 16 behavioral and five breathing variables was nearly nihil between regions and was considerable between decadal periods in Bahía de Banderas. Most of surface-behavior and breathing-rate variation occurs between groups within which there is variation associated with boats interaction being increased surface activity higher in singing animals. A primary and statistically significant distinction was observed between behavioral and breathing variables; the behavioral variables that contain more variation are arching, sounding, diversity and an activity index. The breathing variables that contain more variation are the mean diving time, its standard deviation and the maximum diving duration. There is a positive correlation between breathing rate and the activity index indicating thus that it measures energy consumption. In summary, 1) occurrence of groups describes the species' wintering activities, 2) no intrinsic variation for behavior and breathing was observed among regions at the Mexican Pacific Ocean and 3) interacting boats affect behavior and breathing rate and thus, presumably the use of the humpback whale energy stores with dependence on the activity these animals perform; such effects have changed during two decades.

INTRODUCCIÓN

En la novela *Moby-Dick* (1851) Herman Melville describe poéticamente su fascinación por el avistamiento en superficie de un gran cetáceo:

*“Otros poetas han gorjeado las alabanzas de los
suaves ojos del antilope, y del delicioso plumaje del
pájaro que nunca se posa: yo, menos celestial,
celebro una cola.”*

Si bien esta frase hace referencia a la aleta caudal de un cachalote (*Physeter macrocephalus*), podríamos decir que la cola que más ha cautivado a los ojos humanos durante las últimas décadas es, sin lugar a dudas, la de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*).

El reflejo de un atardecer iluminando la superficie marina y el suave arrullo de las olas ofrece a los espectadores una de las experiencias más emotivas que se puedan describir, la brisa salada sopla tranquilamente para dar paso a la magia que se hace presente cuando la bruma de una potente exhalación se dibuja en el horizonte acompañada siempre por la silueta de un dorso que se arquea cadenciosamente mientras exhibe los lóbulos de una cola que desaparece entre el azul turquesa del mar. Es un momento tan breve y vigorizante que incita a los navegantes a explorar el paisaje en búsqueda de otro efímero encuentro. De pronto, un gigante emerge entre saltos y piruetas, dejando al descubierto su imponente figura, salpicando agua con un enorme par de aletas e hipnotizando a las miradas que se empapan con su belleza una y otra vez. Un espectáculo tan enérgico y único le arrebató el aliento a cualquier observador y nos hace conscientes de lo perfecto que resulta el diseño de semejante embajador de las aguas, ya que, aunque todo ese dinamismo fuera de su medio forma parte de un ciclo biológico apasionante, es apenas un pequeño atisbo de la vida que palpita bajo el cobijo del océano.

Los mamíferos marinos pasan la mayor parte de su vida inmersos en el mar y, aunque comparten muchas características con los mamíferos terrestres, como lo es la respiración aérea, las adaptaciones evolutivas que les han permitido adecuarse a la vida acuática las diferencian y saltan a la vista inmediatamente. En los cetáceos la carencia de pelo y una forma corporal fusiforme que

minimiza la resistencia al agua, la aparición de una aleta dorsal que ofrece estabilidad durante el nado, la modificación de extremidades delanteras en aletas que funcionan como timones, la pérdida de extremidades traseras y la transformación de la cola en una aleta bifurcada horizontal que les brinda impulso, han significado una ventaja a la hora de desplazarse en el medio marino. Desde el punto de vista fisiológico, la disminución del volumen pulmonar relativo y el desarrollo de grandes almacenes de oxígeno en la sangre y músculos, permite a los cetáceos realizar buceos prolongados. Además, poseer una gruesa capa de grasa les brinda un reservorio de energía y representa un mecanismo de termorregulación que les permite llevar a cabo sus ciclos de reproducción y alimentación de forma exitosa (Berta y Sumich 2006, Medrano González 2009). No obstante, algunas de estas adaptaciones también los hacen más vulnerables y atractivos para las artes de subsistencia y recreación humana.

Al igual que muchas otras especies de mamíferos marinos, la población mundial de ballenas jorobadas fue cazada en exceso y llevada al borde de la extinción. Se estima que a principios del siglo XVIII la población mundial de esta especie era de aproximadamente 125,000 animales. Durante los primeros tres cuartos del siglo XX la cacería de ballenas alcanzó su mayor auge con la tecnología de los barcos balleneros impulsados por motores y la invención de cañones arponeros los cuales facilitaron la captura y procesamiento de miles de ballenas en altamar. Para la década de 1970, la población de ballenas jorobadas había disminuido en un 86% (Rice 1978, Carwardine 1998, Reeves 2009). Muchas de las ballenas cazadas durante esta época fueron capturadas en el Pacífico Mexicano (Townsend 1935).

A inicios del año 1933 México se unió a la Convención de Ginebra para la protección de ballenas y el 16 de julio de 1938 apoyó el Convenio Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena. En 1942 inició su participación en los acuerdos internacionales cuando se unió a la Convención para la protección de la fauna, de la flora y de las bellezas escénicas naturales de los países de América (DOF 2010). Durante 1948, México se adhirió formalmente a la Convención Internacional y Protocolo para la Reglamentación de la Caza de la Ballena y en 1949 comenzó su participación en los acuerdos internacionales para la Regulación de la Cacería de Ballenas en la Comisión Ballenera Internacional (CBI; referencia). En 1955 se prohibió la captura comercial de ballena jorobada en el Atlántico Norte lo cual la convirtió en la segunda ballena protegida (Katona 1991). En el año de 1966 se prohibió su captura en el Pacífico Norte y en el Océano Austral (Winn y

Reichley 1985). En 1991 México se unió al Convenio de Comercio Internacional de Especies Amenazadas, Flora y Fauna Silvestres (CITES 2009).

Hoy en día, la caza comercial de ballenas jorobadas no está permitida y aunque las poblaciones se encuentran en recuperación, estos grandes cetáceos se enfrentan a otro tipo de amenazas tales como el tránsito marítimo, colisiones con embarcaciones, el enmallamiento en redes de pesca, la contaminación de su hábitat, lesiones acústicas causadas por diversos ruidos y más recientemente la persecución por embarcaciones turísticas, ya que para muchos países la observación de especies marinas ofrece un recurso con un amplio potencial económico (Perry et al. 1999). Durante las últimas décadas la observación turística de cetáceos ha crecido mucho a nivel mundial y se ha convertido en una importante fuente de ingresos para las localidades que desarrollan este tipo de actividades (Ávila y Saad 1998, Medrano y Urbán 2002, Hoyt 2008). En nuestro país existen aproximadamente 47 especies de mamíferos marinos, las cuales representan tres órdenes, 12 familias y 32 géneros (Torres et al. 1995), aun cuando muchas de ellas simbolizan un fuerte atractivo turístico, los hábitos particulares de la ballena jorobada la convierten en una de las grandes favoritas del público que las visita año con año. La notable actividad en superficie de las ballenas jorobadas las ha hecho merecedoras de adjetivos como las más acrobáticas y alegres de todas (Medrano y Urbán 2002), es por ese mismo motivo que logran atraer la atención de las personas que gustan de este tipo de actividades y también la de los biólogos que se dedican al estudio de los mamíferos marinos.

Aparentemente la observación turística de cetáceos y las actividades que se derivan de ella no tienen un impacto inmediato en las poblaciones de ballenas jorobadas pero hay un creciente interés de los investigadores por analizar los efectos que el ecoturismo ballenero pudiera llegar a tener a largo plazo en los ciclos de vida de estos animales. Actualmente existen diversos estudios referentes al impacto de las actividades humanas sobre la conducta y hábitos de estos grandes mamíferos. En México, Villavicencio Llamosas (2000), Ruiz Rodríguez (2004) y Díaz Gamboa (2005), encontraron que, para las ballenas jorobadas que se congregan durante el invierno en Bahía de Banderas, el tiempo de persecución por embarcaciones y el tránsito marítimo pueden modificar la conducta en superficie y cambiar las frecuencias de respiración en los animales. De acuerdo con Medrano González et al. (2006, 2007, 2008, 2009, 2012), la presencia de embarcaciones turísticas y otros tipos de actividades antropogénicas en la Bahía de Banderas han provocado cambios en la

distribución espacial y temporal de las ballenas jorobadas, así como también en los hábitos de eficiencia reproductiva y en el uso de hábitat y nicho de estos animales. Asimismo, en un estudio más reciente Arellano Peralta y Medrano González (2015) hablan también del registro cada vez más frecuente de ballenas con heridas causadas por la colisión con embarcaciones e infecciones favorecidas por diversos factores de contaminación y el creciente desarrollo de actividades humanas.

Con base en lo anterior, este trabajo busca conocer los efectos que tienen las embarcaciones turísticas sobre la conducta y uso de reservas de energía de las ballenas jorobadas durante su estancia invernal en el Pacífico Mexicano determinados a partir de la conducta registrada en superficie y la tasa de ventilación. Se analizaron 823 registros de ventilación y patrones de conducta en superficie tomados por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM durante las décadas de 1995-2003 y 2004-2013 en dos importantes áreas de agregación invernal del Pacífico Mexicano, Bahía de Banderas e Isla Socorro las cuales representan respectivamente, una zona fuertemente alterada por el desarrollo intensivo del turismo y otra zona en condiciones casi no perturbadas por las actividades humanas.

ANTECEDENTES

LA BALLENA JOROBADA

La ballena jorobada (Figura 1), también conocida comúnmente como rorcual jorobado, gibarte o yubarta, es quizá la especie más conocida entre los mysticetos debido a sus hábitos costeros, morfología característica e intensa conducta en superficie que la hacen sumamente atractiva para la observación turística de ballenas. Su nombre científico *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) proviene de los vocablos griegos *mega* y *pteron* que significa “grandes alas o aletas”, lo cual hace referencia al destacado tamaño de sus aletas pectorales. Los vocablos latinos *novus* y *angliae* contenidos en el epíteto del nombre de la especie significan “Nueva Inglaterra” y se refieren a la procedencia del espécimen tipo con el que se describió a este gran mamífero marino (Leatherwood y Reeves 1983; Clapham 2009). Estas ballenas se diferencian fácilmente de otros mysticetos por tener una serie de protuberancias en las que hay un pelo sensorial y que rodean la cabeza y la boca. Las barbas son casi en su totalidad negras y constan de 270 a 400 láminas en cada lado del paladar. La parte ventral tiene una serie de 14 a 22 pliegues gulares que se extienden desde la punta de la mandíbula hasta el ombligo. Su cuerpo es robusto, alcanzan unas 40 toneladas de peso y de 11 a 17 m de largo en individuos adultos; las hembras tienden a medir de 1 a 1.5 m más que los machos. Al nacer, las crías pesan alrededor de 700 kg y miden unos 4 m de largo. Su coloración es negra o gris oscura en la parte dorsal del cuerpo y blanca o moteada en la parte ventral. Las aletas pectorales son extremadamente largas, alcanzando cerca de una tercera parte de la longitud total del cuerpo y están aserradas en el borde posterior con una coloración ventral blanca. La aleta dorsal se sitúa en el tercio posterior del cuerpo, es pequeña pero muy variada en formas que pueden ir desde las muy bajas o casi ausentes hasta las muy altas y falcadas. La cola o aleta caudal es bilobulada con los bordes posteriores aserrados y una coloración ventral en patrones de blanco y negro que es única para cada individuo. (Jefferson 2008; Clapham 2009). Estos animales comúnmente presentan amplias colonias de epibiontes adheridos a la piel, los más numerosos son los balanos (*Coronula* sp. y *Conchoderma* sp.) y los piojos de mar (*Cyamus* sp.) que se encuentran sobre todo en zonas como el rostro, las aletas pectorales y la aleta caudal. Otros organismos que se encuentran en la superficie de estos animales son las algas (diatomeas) que le dan un color amarillento verdoso a las partes blancas de la piel, especialmente en las aletas pectorales y caudal.

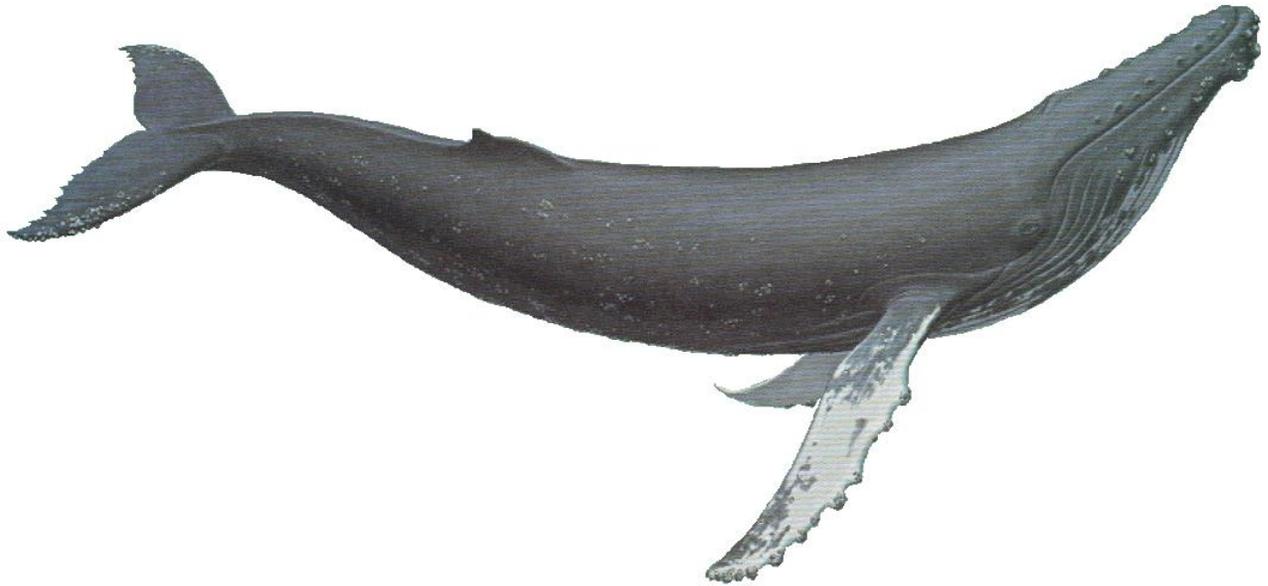


Figura 1. Ballena jorobada. Ilustración de J.H. Matternes (en Whipple 1979).

La ballena jorobada es una especie cosmopolita, se distribuye en casi todos los océanos del mundo, desde los trópicos hasta los hielos subpolares. Estos mysticetos presentan un ciclo migratorio estacional. Durante el verano se encuentran en latitudes altas en donde se alimentan y en el invierno migran a latitudes subtropicales en donde se reproducen, esto es, paren a sus crías, cuidan a sus recién nacidos y se aparean. Las distintas agrupaciones de ballenas jorobadas que arriban a las zonas invernales no se alimentan durante su estancia ahí, por lo que obtienen la energía necesaria para llevar a cabo sus actividades de sus reservas de grasa, principalmente subcutánea. La diferencia estacional entre los hemisferios y las masas continentales dividen a las ballenas jorobadas en tres poblaciones: Océano Austral, Atlántico Norte y Pacífico Norte (Figura 2; Chittleborough 1965; Dawbin 1966).

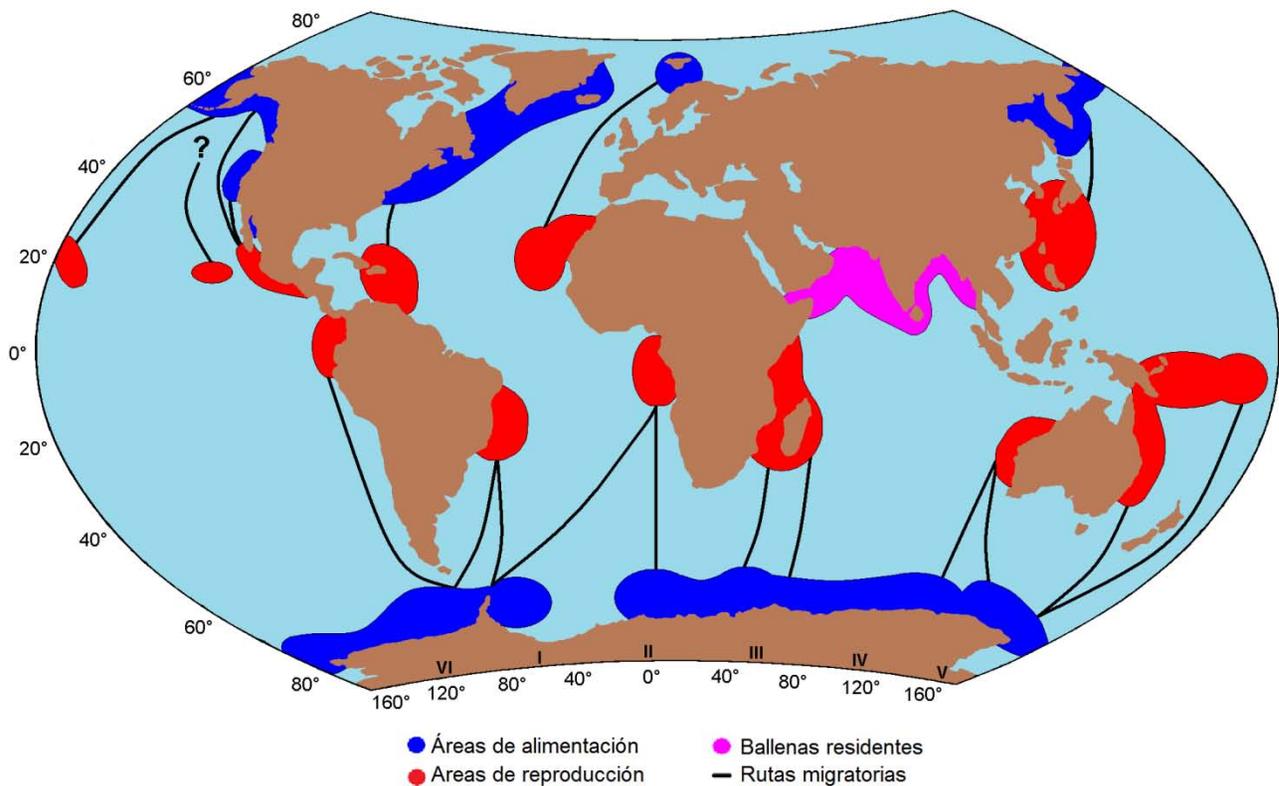


Figura 2. Principales áreas de distribución mundial y conexiones migratorias de la ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*). Dibujo de Luis Medrano González (2003).

Algunas investigaciones muestran que las ballenas jorobadas son fieles a sus destinos migratorios siendo esta fidelidad más marcada hacia las zonas de alimentación (Acevedo et al. 2006; Baracho et al. 2012; Calambokidis et al. 2001; Clapham et al. 1993; Wedekin et al. 2010). La filopatría migratoria se establece por el aprendizaje que adquieren las crías en su primer año de vida, durante el cual permanecen junto a sus madres y realizan un ciclo migratorio completo (Baker et al. 1986; Clapham y Mayo 1987; Dawbin 1966). La fidelidad de los destinos migratorios a largo plazo ocasiona una subdivisión jerarquizada de las poblaciones y entre los grupos de reproducción que se encuentran aislados geográficamente; pueden ocurrir mezclas de diverso grado (Baker et al. 1998).

En el Atlántico Norte las ballenas jorobadas se dividen en dos subpoblaciones, las del Atlántico noroccidental y las del Atlántico nororiental. Se alimentan en el Golfo de Maine, el Golfo de San Lorenzo, Terranova, Labrador, Groenlandia, y en Islandia y Noruega respectivamente. Una visión antigua suponía que ambas subpoblaciones se reproducen en un área en común en Las Antillas (Katona y Beard 1990). Sin embargo, existen datos genéticos más recientes que sugieren que una

porción de las ballenas jorobadas provenientes de Islandia y Noruega podrían estar reproduciéndose en un sitio de apareamiento distinto, situado probablemente en las islas cercanas a África occidental como Madeira y Cabo Verde (Clapham et al. 2005; Clapham 2009; Vigness Raposa et al. 2010). En el Océano Austral las ballenas jorobadas se dividen en seis subpoblaciones las cuales se alimentan en las aguas circumpolares de la Antártica y se reproducen hacia el norte en aguas tropicales cercanas a las costas de América, África y Australia (Clapham 2009).

En el pacífico Norte la población de ballenas jorobadas se divide en cuatro subpoblaciones migratorias determinadas principalmente por su zona reproductiva. 1) Las ballenas jorobadas del Pacífico Noroccidental se alimentan en el Mar de Chuckchi y Mar de Okhotsk y se reproducen en Taiwán, las Islas Bonin, las Islas Ryukyu y las Islas Marianas. 2) Las ballenas jorobadas del Pacífico central tienen sus zonas de alimentación en las costas de Alaska y se reproducen en los alrededores de las Islas Hawaii. 3) Las ballenas jorobadas del Pacífico Nororiental se alimentan frente a las costas de California cerca de Punta Concepción y se reproducen en las zonas que se encuentran en el borde sur de la península de Baja California, la costa occidental de México desde Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec e incluso Costa Rica (Calambokidis et al. 1996; Baker et al. 1986; Baker et al. 1998; Steiger et al. 1991, Clapham 2009); 4) Una subpoblación de ballenas jorobadas que se alimenta en las costas más occidentales de Alaska y las Islas Aleutianas, se reproduce en las Islas Revillagigedo (Calambokidis et al. 2008; Baker et al. 2013).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Las aguas del Pacífico Mexicano representan una zona de agregación invernal para las ballenas jorobadas por lo que se les puede encontrar de octubre a mayo. Se distinguen tres subregiones: 1) La costa occidental de la Península de Baja California desde la Isla Cedros, B.C. hasta Isla San José B.C.S. 2) La costa occidental de México, desde Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec en donde se incluyen la Isla Isabel, las Islas Marías y la Bahía de Banderas y 3) El Archipiélago de Revillagigedo, que comprende las Islas Socorro, Clarión, Roca Partida y San Benedicto (Rice 1974; Urbán y Aguayo 1987). Se han definido dos stocks principales para los grupos invernales del Pacífico mexicano: el stock costero, que incluye a las ballenas de las costas de Baja California y las costas continentales de México y el stock de Revillagigedo (Medrano-González et al. 1995; Urbán et al. 1999). Estudios de variación genética mitocondrial sugieren que la distribución actual de los

linajes maternos podría estar asociada a los cambios migratorios generados por la alternancia de las glaciaciones (Medrano González et al. 1995; Medrano González et al. 2001; Baker y Medrano-González 2002). Se ha registrado que la distribución espacial y temporal de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano puede variar en relación con la profundidad y la temperatura superficial del agua. En la Bahía de Banderas e Isla Socorro se ha determinado la preferencia de hembras con crías hacia aguas someras y protegidas, mientras que los adultos y juveniles pueden encontrarse incluso en aguas oceánicas. En el Pacífico Mexicano también se ha observado la ocurrencia de cambios menores en la distribución de estos animales durante un mismo año, que derivan de los tipos de agrupaciones y los efectos de competencia sexual (Ladrón de Guevara 2001; Medrano González et al. 1994; Medrano González et al. 2001; Urbán et al. 2007).

Las ballenas jorobadas visitan las aguas del Pacífico mexicano durante la temporada invernal fundamentalmente para reproducirse pero existen registros de ballenas alimentándose en la parte sur del Golfo de California (Gendron y Urbán 1993). También se han observado ballenas jorobadas en la porción norte del Golfo de California durante el año, demostrando así que algunos individuos no llevan a cabo la migración típica hacia las zonas de alimentación en las altas latitudes del Pacífico Norte. Se desconoce la identidad y relación demográfica de estas ballenas con las demás regiones (Urbán y Aguayo 1987).

ABUNDANCIA

Se calcula que a principios del siglo XVIII, previamente a la explotación comercial de ballenas jorobadas, la población mundial era de aproximadamente 150,000 animales de los cuales alrededor de 10,000 individuos eran del Atlántico Norte (Winn y Reichley 1985), de 15,000 a 20,000 individuos eran del Pacífico Norte (Rice 1974) y de 90,000 a 100,000 individuos habitaban el Océano Austral (Chapman 1974). Para la década de 1960 se estima que no existían más de 10,000 a 12,000 ballenas a nivel mundial (Braham 1984). Actualmente el tamaño exacto de la población mundial de ballenas jorobadas se desconoce pero su abundancia general se considera casi del todo recuperada aunque hay algunas subpoblaciones aún en riesgo de extinción (Reilly et al. 2008).

Tras el cese de la caza comercial de ballenas en 1966, se estimó un total de 1,200 a 1,400 individuos (Gambell 1976, Johnson y Wolman 1984a). A inicios de los años 1990 se calculó que el

número de jorobadas en el Pacífico Norte era mayor a 3,000 individuos (Barlow 1994). A finales de la misma década un estudio de captura y recaptura mediante fotoidentificación realizado en áreas de reproducción y alimentación arrojó una estimación poblacional de 6,000 a 10,000 individuos (Calambokidis et al. 1997). Datos más recientes indican que en la actualidad la población de ballenas jorobadas en el Pacífico norte se encuentra recuperada con un tamaño poblacional de aproximadamente 20,000 individuos (Calambokidis et al. 2008).

ALIMENTACIÓN

Al igual que todos los rorcuales, las ballenas jorobadas son filtradoras y utilizan el engullido para capturar a sus presas, introduciendo grandes cantidades de agua y alimento en la cavidad bucal. Durante esta actividad la boca se abre y los pliegues gulares se expanden para aumentar la capacidad de contención. El agua y las presas entran en la boca abierta por la presión negativa que ejercen los movimientos hacia atrás y hacia abajo de la lengua y por el impulso de natación hacia adelante que lleva la ballena. A continuación la mandíbula se cierra lentamente, la lengua se mueve y las paredes ventrales de la boca se contraen provocando la expulsión del agua a través de las barbas, en donde se quedan atrapadas las presas que posteriormente son tragadas. Se ha observado también que para ayudarse a realizar esta maniobra, las ballenas se colocan en superficie en una posición vertical, lo cual les facilita la liberación del agua y la ingesta de sus presas (Berta 2006).

Una técnica especializada de alimentación observada únicamente en las ballenas jorobadas de Alaska es la de pesca con redes de burbujas que ellas mismas expiran. Esta técnica consiste en la organización de un grupo de ballenas que nadan en círculos hacia el fondo mientras liberan burbujas; la ballena que encabeza al grupo comienza la red y emite sonidos de baja frecuencia que sirven para orientar al resto de sus compañeras. Dichas redes miden aproximadamente 10 metros de diámetro y les ayudan a concentrar a sus presas, particularmente cardúmenes de peces pequeños. Finalmente el guía emite una señal al resto del grupo y de manera súbita arremeten contra los peces deglutiendo grandes cantidades de alimento atrapado entre las burbujas (Baraff 1991; Clapham 2009).

Las ballenas jorobadas se consideran consumidores terciarios y secundarios. Su dieta consiste principalmente de pequeños crustáceos como camarones de los géneros *Pandalus* y *Eualus* y krill de

los géneros *Euphasia*, *Mysis*, *Nyctiphanes*, *Pseudoeuphasia* y *Thysanoessa*. Se alimentan también de algunos peces de cardumen como capelanes (*Mallotus villosus*), arenques (*Clupea harengus*), anchovetas (*Engraulis mordax*, *Engraulis ringens*), sardinas (*Sardinops sagax*), bacalao (*Gadus macrocephalus*), bacalao del Ártico (*Eleginus gracilis*), bacalao polar (*Boreogadus saida*), lazón (*Ammodytes americanus* y *Ammodytes hexapterus*), lorcha de Atka (*Pleurogrammus azonus* y *Pleurogrammus monopterygius*), salmón (*Oncorhynchus* spp.), gallineta (*Sebastes* spp.) y en algunas ocasiones caballa del Atlántico (*Scomber scombrus*), abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*), carbonero (*Pollachius virens*) y eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*). Las ballenas jorobadas se alimentan durante el verano en aguas de latitudes altas y medias. Sin embargo ocasionalmente se les ha observado alimentándose en aguas de latitudes bajas y en zonas de reproducción (Baraff 1991; Clapham 1996, Johnson y Wolman 1984).

REPRODUCCIÓN

El ciclo reproductivo de la ballena jorobada es estacional y se encuentra estrechamente ligado a su ciclo migratorio anual. Los machos y hembras suelen alcanzar la madurez sexual entre los cuatro y los seis años de edad cuando rondan de los 11 a los 12 metros de longitud. (Baker *et al.* 1986; Clapham 1993). Las hembras entran en periodo de estro únicamente durante el invierno, justo cuando la producción de testosterona y la espermatogénesis son más altos en los machos (Chittleborough 1955). El sistema de reproducción y apareamiento de la ballena jorobada es un grado de poliginia, debido a la dominancia existente entre machos. Aquí se presentan despliegues de conductas agresivas y competitivas entre los machos de las zonas de reproducción que son contrastantes con las conductas cooperativas observadas en las zonas de alimentación. Los machos no presentan ningún tipo de cuidado parental (Baker y Herman 1989; Brown y Corkeron 1995; Clapham 1996).

Se ha observado que las hembras paren a su primera cría cerca de los siete años. El periodo de gestación de la ballena jorobada tiene una duración de entre 10 y 12 meses. Al nacer, las crías pesan alrededor de 700 kg y miden unos 4 m de largo. Los ballenatos permanecen con sus madres alrededor de 11 meses durante el periodo de lactancia. El destete comienza cerca de los seis meses de modo que al final del primer año de edad, las crías son completamente independientes (Rice 1963). El intervalo entre partos para una hembra adulta es de 2.5 años en promedio pero no son

raros los periodos de crías en años consecutivos (Chittleborough 1958; Clapham y Mayo 1987,1990; Leatherwood y Reeves 1983). Un periodo de alimentación abundante permite a las hembras almacenar una mayor cantidad de energía para la reproducción de tal modo que pueden quedar preñadas una vez terminado el destete o incluso poco después de parir. Generalmente las ballenas jorobadas presentan una ovulación postparto entre los 10 y 36 años de edad, siendo las hembras de mayor tamaño quienes tienen este evento con mayor frecuencia debido a que su capacidad para almacenar grasa las hace aptas para reproducirse año con año (Lockyer y Brown 1981). El índice de natalidad puede medirse como la fracción de crías recién nacidas entre todos los animales observados. Esta medida tiene un grado de error por la avistabilidad diferencial entre adultos y crías y por ello también se emplea la misma definición de natalidad pero aplicada a conteos de animales diferentes identificados mediante fotografías o a conteos sólo de hembras. Se ha observado que en las zonas de alimentación la tasa observada de recién nacidos es menor que en zonas invernales, lo que indica mortalidad durante la migración, resultado en parte a depredación por orcas (*Orcinus orca*). En particular para la Bahía de Banderas se estima que la tasa de nacimiento anual es de 4.86% a 6.44% (Juárez Salas 2008).

HÁBITOS Y CONDUCTA

Si bien los misticetos suelen ser animales solitarios, las ballenas jorobadas se reúnen en grupos temporales de pocos individuos para llevar a cabo la reproducción y en algunas ocasiones la alimentación, llegándose a observar hasta 15 animales juntos. La velocidad de nado de las ballenas jorobadas en sus zonas de estancia invernal fluctúa entre los 6 y los 12 km/h siendo los animales solitarios quienes alcanzan las velocidades mayores y las hembras con cría quienes se desplazan con más lentitud (Clapham 1993; Leatherwood y Reeves 1983). Las inmersiones que realizan estos animales tienen una duración de 3 a 9 minutos aunque pueden alcanzar hasta los 45 minutos cuando hacen buceos profundos (Cardwardine 1998). Previo a los buceos profundos se puede observar un arqueado muy pronunciado del dorso y comúnmente la exposición de la aleta caudal fuera del agua (Tomilin 1957).

La ballena jorobada presenta una estructura social compleja y un amplio repertorio de patrones conductuales, que contrastan entre el verano y el invierno. En verano, las ballenas jorobadas forman grupos relativamente estables para alimentarse y en donde muestran una conducta de cooperación

entre individuos de ambos sexos, dirigidos usualmente por un líder mediante la emisión de sonidos (Clapham 1993; Weinrich 1991; Weinrich y Kuhlberg 1991). Las tácticas de alimentación varían de un lugar a otro y quizá la más sobresaliente de todas es la pesca con redes de burbujas observada en las costas de Alaska (NMFS 1991). En el invierno, las ballenas jorobadas ayunan y se alimentan sólo de manera oportunista. Durante esta época, las ballenas jorobadas llevan a cabo actividades reproductivas por lo cual las conductas agonísticas, tales como competencia entre machos por hembras y diversos despliegues en superficie como saltos, coletazos, recargones y golpes con las aletas pectorales, entre otras, son muy abundantes (Baker y Herman 1984; Clapham et al. 1993).

Los tipos de agrupaciones que pueden encontrarse en las zonas de reproducción son: 1) Individuos solitarios cantores, 2) Grupos de competencia compuestos por tres o más individuos juveniles o adultos, 3) Hembras con cría, 4) Hembras con cría y una o más escoltas, 5) Parejas formadas por adultos y/o un individuo joven y 6) Individuos solitarios adultos o juveniles de ambos sexos (Darling 1983, Ladrón de Guevara 2001; Cuadro 1). Generalmente se ha descrito la existencia de una hembra ocupando la posición nuclear en los grupos de competencia seguida por un macho o escolta principal y por un número de machos o escoltas secundarias a los que se interpreta como retadores (Clapham et al. 1992). Sin embargo, también se han observado grupos de competencia formados únicamente por machos (Clapham 1993). Algunos estudios sugieren que la conducta agresiva ocurre en contextos sociales predecibles (Baker y Herman 1984). En el caso de hembras con cría y escolta se ha observado que la escolta se encuentra generalmente detrás de la hembra y cuando otro individuo se acerca al grupo la escolta principal intenta mantener su proximidad a la hembra e intenta desplazar al intruso presentando una serie de conductas agresivas (Baker y Herman 1984).

Se piensa que el intercambio de individuos entre las agrupaciones de ballenas jorobadas está relacionado con la madurez sexual de los animales (Chittleborough 1955; Dawbin 1966). Los individuos juveniles tienden a ser solitarios pero una vez que alcanzan la madurez sexual pueden participar de diferentes agrupaciones (Clapham 1996).

La emisión de sonidos estructurados a los cuales se les ha denominado cantos es una conducta notable y única entre los machos de esta especie, casi por completo restringida a la etapa invernal. Estas canciones se modifican a lo largo del tiempo y se transmiten entre los machos de una misma

población (Payne y McVay 1971; Winn y Winn 1978). Se cree que el canto es un despliegue de los machos para atraer a las hembras durante la época de apareamiento (Darling 1983; Tyack 1981; Tyack y Whitehead 1983; Baker y Herman 1984). No obstante, aún existen discusiones en torno a este tema. Se ha hipotetizado que los cantos juegan un papel importante en el éxito reproductivo de los machos ya que pueden fungir como señal intersexual (Clapham 1996; Darling y Morowitz 1986; Tyack 1981). También se ha sugerido que a través de los cantos se determinan relaciones de jerarquía entre los machos (Darling y Bérubé 2001; Darling y Morowitz 1986). Actualmente existe una teoría que integra todas las anteriores que señala que el canto de las ballenas jorobadas se rige por reglas generales de contexto social y la topografía, basándose principalmente por la atracción de hembras pero que pueden fungir también como medio de jerarquización entre machos en condiciones de poco recambio de animales como ocurre en las islas (Medrano González y Smith Aguilar 2015).

METABOLISMO Y TASAS DE VENTILACIÓN

El metabolismo se define como el conjunto de cambios químicos y biológicos que se producen continuamente en un organismo. Dichos cambios ocurren a nivel intracelular y se producen por una serie de reacciones denominadas vías metabólicas, las cuales se pueden dividir en dos categorías: 1) Anabolismo, en el cual las sustancias simples forman moléculas más complejas mediante el uso de energía y 2) Catabolismo, en el cual las moléculas complejas se rompen mediante la liberación de energía (Hill et al. 2006). La tasa metabólica de los organismos vivos se puede determinar mediante la medición del calor que se libera en cierto periodo o mediante el consumo de oxígeno, el cual puede calcularse con la tasa ventilatoria asumiendo que el volumen pulmonar promedio es constante.

Los mamíferos marinos pasan la mayor parte del tiempo bajo el agua y sus intervalos en superficie son breves por lo cual su respiración no es periódica. La respiración de muchos cetáceos, se observa a través de las exhalaciones (soplos) que varían en forma y longitud en cada especie. Se ha estimado un recambio del 80-90% del aire pulmonar con cada respiración. Debido a esta alta eficiencia de recambio, los cetáceos pueden asimilar una mayor cantidad de oxígeno incrementando su frecuencia de respiración o tasa ventilatoria (Slijeper 1979). Los buceos prolongados generan un decremento en la tasa metabólica y estimar la tasa metabólica promedio de los cetáceos mediante su tasa

ventilatoria implica un problema ya que depende del número, duración y secuencia de las interrupciones de la respiración (apneas, Kooyman et al. 1890).

Cuadro 1. Tipos de agrupaciones de ballenas jorobadas observadas en sus zonas invernales del Pacífico mexicano. Modificado de Ruiz Rodríguez (2004).

Tipos de Agrupación	Abreviatura	Descripción
Cantor	Ca	Animal solitario casi siempre adulto. Se mantiene en un área pequeña y se sumerge por periodos prolongados emitiendo sonidos estructurados. Estos animales son machos.
Grupo	Gr	Agrupación de tres o más animales adultos o juveniles que nadan juntos. Usualmente existe mucha actividad en superficie y conductas agonísticas. Los grupos suelen componerse por machos en competencia atraídos por un animal núcleo que es una hembra y que a su vez puede o no estar acompañada de una cría.
Hembra con cría	Hc	Hembra con cría. En ocasiones las crías pueden ser juveniles o añeros.
Hembra con cría y escolta	HcE	Hembra con cría acompañados por una o más escoltas.
Pareja	Pa	Agrupación compuesta por dos animales, adultos o jóvenes, que nadan y salen a superficie juntos. Hasta donde se ha observado, las parejas pueden estar conformadas por hembra y macho o por dos machos.
Solo	So	Hembra o macho joven (10-11m) o adulto (>13m) que nada solitario. Pueden permanecer en un área determinada sin emitir cantos.

OBSERVACIÓN TURÍSTICA DE CETÁCEOS

La observación turística de mamíferos marinos se basa en la idea de desarrollo sustentable (Ávila Foucault y Saad Alvarado 1998), en donde básicamente se pretende acercar a los turistas al medio ambiente sin que este sea perturbado y generar así una mayor derrama económica junto con educación ambiental. El avistamiento de cetáceos es una actividad comercial relativamente nueva que puede ser utilizada con fines benéficos para la ciencia, la educación, la recreación, el medio

ambiente y la economía de los países que la practican. Actualmente esta industria genera ganancias anuales de aproximadamente 1,000, 000,000 dólares a nivel mundial y atrae a cerca de 9, 000,000 de participantes en 87 países y territorios (Hoyt 2001).

En América Latina el avistamiento de cetáceos ha mostrado un fuerte y constante crecimiento desde 1998, representando tres veces la tasa de crecimiento del turismo a nivel mundial y 4.7 veces la tasa de crecimiento de turismo para Latinoamérica durante aproximadamente el mismo lapso (Hoyt 2002). Aproximadamente 885,679 personas participan en este tipo de actividades en los países Latinoamericanos, generando cerca de 79.4 millones de dólares en gastos directos (precio de los paseos) y 278.1 millones de dólares en gastos totales. En nuestro país, esta industria atrae alrededor de 170,000 observadores de cetáceos al año y genera una derrama económica de aproximadamente 9 millones de dólares en gastos directos (precio de los paseos) y 85.5 millones de dólares en gastos totales (Hoyt e Iñiguez 2008).

La especie con la cual se inició la observación turística de ballenas fue la ballena gris (*Eschrichtius robustus*). A mediados de 1940 estudiantes del Instituto Scripps de Oceanografía comenzaron a realizar conteos y observaciones formales para dicha especie. Durante los años 1950 se creó la primera base de observación de cetáceos abierta al público y se iniciaron los primeros viajes comerciales de observación turística en San Diego. Durante los años 1960 hubo un lento crecimiento de bases de observación turística y paseos a lo largo de California, Oregon y Washington. En 1971 la Sociedad Zoológica de Montreal comenzó a ofrecer los primeros viajes de observación turística en Canadá para avistar ballenas de aleta (*Balenoptera physalus*), ballenas minke (*Balenoptera acutorrostrata*) y belugas (*Delphinapterus leucas*). Hoy en día, los viajes de observación turística de mamíferos marinos en todo el mundo incluyen aves marinas, tortugas, focas, lobos marinos y otras especies marinas. Sin embargo, fue la ballena jorobada la que convirtió al avistamiento de cetáceos en una gran industria ya que, comparada con otras ballenas, la ballena jorobada es muy activa en superficie y se distribuye en todo el mundo (Hoyt 2002).

En México, la observación turística de cetáceos se practica desde 1970 (Hoyt e Iñiguez 2008). Las primeras observaciones de este tipo se llevaron a cabo en la Laguna San Ignacio, Baja California Sur (Ávila Foucat y Saad Alvarado 1998). Actualmente, uno de los sitios más visitados con este fin es la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, en donde cada año se congrega una población de ballenas

jorobadas durante la temporada invernal (Díaz Gamboa 2005). En los últimos años se ha presentado un crecimiento desmedido del turismo y avistamiento no regulado de cetáceos en esta zona, el cual es fácilmente apreciable debido al gran número de embarcaciones que se dedican a esta actividad (Hernández Ventura 1997). El pico de la temporada turística invernal en la Bahía de Banderas coincide con el pico de presencia de ballenas jorobadas en el área (Ávila Foucault y Saad Alvarado 1998). Cerca del 10% de los turistas que visitan Bahía de Banderas participan en la observación de cetáceos. Los viajes turísticos de esta zona en particular varían desde grandes botes de fiesta que ofrecen la observación de ballenas como atracción extra, con un costo de 45 dólares por persona, a viajes especializados guiados con capacidad de 8 a 16 pasajeros y con un costo de 85 a 95 dólares por persona (Hoyt e Iñiguez 2008).

Aunque la observación turística de ballenas jorobadas ofrece un uso no letal de este recurso, es probable que actualmente ésta sea la actividad que más afecta a esta especie ya que al distribirse cerca de la costa y tener un ciclo migratorio estacional, es muy atractiva para este tipo de prácticas (Urbán *et al.* 2000). Si bien estas actividades no tienen un impacto directo evidente en las poblaciones mexicanas de ballenas jorobadas, existen numerosas investigaciones enfocadas al estudio de los efectos antropogénicos en los hábitos, conducta, distribución y en general, la ecología de estos animales. Existen diversos estudios referentes al impacto de las actividades humanas sobre la conducta y hábitos de estos grandes mamíferos. Baker y Herman (1989) analizaron el efecto del tráfico de embarcaciones turísticas en jorobadas del sureste de Alaska durante el verano y encontraron que existen cambios en las conductas de superficie y de alimentación, también observaron cambios en la composición de las agrupaciones y en la respiración de éstos animales de tal modo que prolongan sus tiempos de buceo y cambian de dirección como respuesta a la interacción y la proximidad de las lanchas. Por su parte, Au y Green (1997, 2000) estudiaron los efectos del ruido de las embarcaciones de observación turística en interacción con ballenas jorobadas de Hawái, ellos observaron que algunos de los motores de dichos vehículos generan altos niveles de ruido que pueden ocasionar trastornos auditivos de baja gravedad y que interfieren con los cantos de las jorobadas. Weinrich y Corbelli (2009) examinaron el efecto de las embarcaciones turísticas en las tasas de nacimiento y sobrevivencia de crías de ballenas jorobadas del sureste de Nueva Inglaterra; sin embargo, no encontraron efectos negativos para esta población. En México, las investigaciones de Villavicencio Llamosas (2000), Ruiz Rodríguez (2004) y Díaz Gamboa (2005) abordaron el efecto de las embarcaciones turísticas en los patrones de conducta y ventilación de las

ballenas jorobadas en Bahía de Banderas e Isla Socorro y observaron que las embarcaciones pueden generar efectos a corto plazo que pueden modificar los patrones de conducta, ventilación y distribución de las ballenas jorobadas, además mencionan que la respuesta hacia las embarcaciones depende en gran medida del tipo de agrupación y del nivel de perturbación de la zona. Medrano González et al. (2006, 2007, 2008, 2009, 2012) han estudiado los efectos de la presencia de embarcaciones turísticas y otros tipos de actividades humanas en las aguas del Pacífico mexicano y los cambios que estos han generado en la distribución espacial y temporal de las ballenas jorobadas a corto y largo plazo y mencionan que existe un decrecimiento en la ocurrencia de crías con respecto a los animales adultos, cambios en las proporciones de las agrupaciones con respecto a distintas zonas de la bahía y la modificación de la distribución de los animales relacionados con la crianza y cantores hacia aguas con diferentes temperaturas y profundidades. Asimismo Arellano Peralta y Medrano González (2015) realizaron un estudio general del impacto de las actividades antropogénicas en la conservación y ecología de los mamíferos marinos del Golfo de California y hablan acerca de la contaminación de su hábitat, del ruido y sus afecciones para las diferentes especies, del creciente desarrollo de las actividades turísticas de observación de mamíferos marinos y del registro cada vez más frecuente de grandes cetáceos con heridas causadas por la colisión con embarcaciones.

CONSERVACIÓN DE LA BALLENA JOROBADA EN MÉXICO Y EL MUNDO

En México, la ballena jorobada se atiende específicamente en las Normas Oficiales Mexicanas. Inicialmente se incluyó la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010 (Semarnat 2010), donde se clasifica a los cetáceos en protección especial con el fin de fortalecer las medidas de protección dictadas en los ordenamientos relativos a la pesca responsable en el país, así como por los múltiples tratados internacionales de protección. La Norma Oficial Mexicana 131-SEMARNAT-1998 (Semarnat 2000) asimismo establece los lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación turística de ballenas, relativas a su protección y conservación de su hábitat. Esta norma considera la permanencia anual de las ballenas jorobadas en las aguas del Pacífico mexicano y la importancia de las mismas para la observación científica y de turismo en el país. Sin embargo, en México aún no se han implementado otro tipo mecanismos que hagan cumplir dichas normas, dando como resultados una práctica de observación turística desordenada y hasta

cierto amenazante en varios aspectos para las ballenas (Arellano-Peralta y Medrano-González 2015; Medrano González y Urbán Ramírez 2002).

En el año 1992 el Diario Oficial de la Federación publicó La ley de pesca, artículo 3, Fracción V, en donde se autoriza que dependencias gubernamentales encargadas de asuntos relacionados con la industria pesquera establezcan medidas enfocadas a la protección de los mamíferos marinos. En otra parte de la legislación, un anexo al Código Penal Mexicano, Artículo 254 Bis publicado en el Diario Oficial de la Federación de 1931, prohíbe la captura no autorizada o cualquier tipo de lesión o daño a las especies de mamíferos marinos.

El 24 de mayo de 2002 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo que establece como área de refugio para proteger a las especies de grandes cetáceos (Misticetos y Odontocetos mayores de cuatro metros) las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción (aproximadamente 3, 000,000 km²). Es importante mencionar que en el año 2002 se anexó el artículo 60 Bis, que establece que ninguna especie de mamífero marino podrá usarse con fines comerciales o de subsistencia, con excepción de capturas para investigación científica y propósitos educativos, con previa autorización.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Ante las afectaciones de diversos tipos de la observación turística sobre las ballenas jorobadas y la importancia de esta especie para esta creciente industria, este trabajo busca analizar la interacción entre embarcaciones turísticas y ballenas jorobadas así como los efectos que tienen dichas embarcaciones sobre la conducta y/o uso de las reservas de energía de la especie. Se analizaron series focales de ventilaciones y conductas en superficie muestreadas con representatividad estadística, de ballenas jorobadas en interacción con embarcaciones de observación (turística y científica) de la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco e Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, hechas durante los inviernos de 1995 a 2013. Estas dos localidades representan dos agregaciones poblacionales diferentes y particularmente, Bahía de Banderas es una zona muy perturbada por actividades humanas, especialmente el turismo mientras que la perturbación humana en la Isla Socorro es mínima (Ruiz Rodríguez 2004; Villavicencio Llamosas 2000).

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Analizar la variación en la conducta observada en superficie y en la tasa de ventilación de dos poblaciones de ballenas jorobadas que invernan en el Pacífico Mexicano.
- 2) Examinar la relación entre la conducta en superficie y la tasa de ventilación de las ballenas jorobadas como un indicador de uso de energía almacenada como reservas de grasa ya que estos animales prácticamente no se alimentan durante el invierno.
- 3) Analizar la variación en los patrones de conducta y ventilación de las ballenas jorobadas en los diferentes tipos de agrupaciones de estos animales, los cuales implican diferentes actividades de los mismos, para determinar los efectos de las embarcaciones de observación turística a lo largo de dos décadas.
- 4) Con la información generada, proponer mejores prácticas de observación turística de la ballena jorobada.

ÁREA DE ESTUDIO

BAHÍA DE BANDERAS

La Bahía de Banderas se ubica en el intervalo de latitud $20^{\circ} 15'$ a $20^{\circ} 47'$ N y de longitud $-105^{\circ} 15'$ a $-105^{\circ} 42'$ (Figura 3). Esta bahía se considera como la tercera más extensa de nuestro país con un área aproximada de 987 km^2 y también como una de las más profundas superando los 1,400 m. La Bahía de Banderas se encuentra entre los extremos norte de Jalisco y sur de Nayarit; el extremo sur de la bahía es Cabo Corrientes, Jalisco con una ubicación de $20^{\circ} 24'$ N y $-105^{\circ} 43'$ y su límite norte es Punta de Mita, Nayarit con una ubicación de $20^{\circ} 46'$ N y $-105^{\circ} 32'$ (Anónimo 1976, Dirección General de Oceanografía 1979). La Bahía de Banderas pertenece a la provincia oceanográfica de entrada del Golfo de California (Cano y Tovilla 1991). Las islas y formaciones rocosas que se encuentran en la boca norte de la Bahía de Banderas conforman el Parque Nacional de las Islas Marietas las cuales se localizan a 6 km hacia el suroeste de Punta de Mita. Dicho conjunto está conformado por: la “Isla Larga” con una forma irregular que mide poco más de un kilómetro de longitud por 800 m de ancho y está elevada a 43 m sobre el nivel del mar, “Isla Redonda” que se encuentra situada hacia el este de la Isla Larga, su forma es alargada irregular y mide cerca de un kilómetro de largo por 600 m de ancho, su altura máxima es de 59 m sobre el nivel del mar. Aproximadamente a 800 m al suroeste de la Isla Larga se encuentran los “Morros Cuates”, que son dos formaciones rocosas de más de 50 m de largo y que apenas sobrepasan el nivel del mar. Fuera del Parque Nacional 4.2 km al oeste-suroeste de la Isla Larga, se localiza “El Morro” un islote rocoso con 13 m sobre el nivel del mar y 60 m de extensión. Asimismo, 29 km al oeste-noroeste de la Isla Larga se localiza “La Corbeteña” un Islote de 54 m de largo y 8 m sobre el nivel del mar. Se suman también todas las rocas superficiales circundantes y varios bajos rocosos-arenosos por lo que el conjunto de islas y formaciones rocosas puede considerarse como un archipiélago (CONANP-SEMARNAT 2011, Gaviño de la Torre. y Uribe 1980).

La Bahía de Banderas se divide casi a la mitad por la isobata de los 200 m delimitando aguas someras en la parte norte y aguas profundas en la parte sur. La plataforma continental en la parte sur de la bahía es muy angosta, por lo que se pueden encontrar profundidades de 1,200 m a menos de 500 m de distancia de la costa y a pocos kilómetros de Puerto Vallarta frente a las costas de Yelapa y Quimixto se localiza una fosa de poco más de 1,400 metros (Anónimo 1938, García et al. 2004).

ISLA SOCORRO

La Isla Socorro junto con tres islas más, Clarión, San Benedicto y Roca Partida, forma parte del Archipiélago de Revillagigedo. La Isla Socorro se localiza a 18° 47' N y -110° 58' aproximadamente a 480 km al sur de la Península de Baja California y a 716 km de Manzanillo Colima. Su largo máximo es de 16.813 km con un ancho de 15.629 km como máximo (Figura 3). Su forma es en general redondeada y tiene costas con entradas y salientes. Constituye una zona montañosa en la que la elevación máxima es la cima del Volcán Evermann que alcanza, desde su base en el fondo marino, unos 4,000 m. Su diámetro en la base es de 4.8 km y la cima se encuentra elevada a 1,040 m sobre el nivel del mar (CONANP-SEMARNAT 2007, Troyo-Diéguez y Pedrín 1994). La Isla Socorro se localiza en la frontera de dos sistemas de corrientes: Pacífico Nororiental (Corriente de California) y la del Pacífico Tropical Oriental (Contracorriente Ecuatorial) que coalescen para formar la Corriente Norecuatorial. Esto convierte la región de las Revillagigedo en una zona de alta variabilidad oceanográfica. Durante el invierno, la Isla Socorro se ve influenciada por la Corriente de California que lleva consigo aguas frías y salinas mientras que durante el verano la Corriente Norecuatorial lleva a la isla aguas de condiciones opuestas. El fenómeno de El Niño no tiene gran impacto en esta región (Ortega y Castellanos 1994).

Históricamente la Isla Socorro ha sido afectada por la introducción de fauna exótica como borregos, gatos domésticos y el arribo de algunas especies inmigrantes de aves ocasionando efectos tales como destrucción de la vegetación nativa, erosión del suelo y reducción de las especies originarias, principalmente aves (Ortega et al. 1992). En lo que respecta a la vida marina, podemos encontrar una gran diversidad de invertebrados, peces y tortugas marinas (Gallegos et al. 1988) y también se han observado mamíferos marinos como ballenas jorobadas, toninas (*Tursiops truncatus*), zifios de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), orcas falsas (*Pseudorca crassidens*) y orcas (Salinas et al. 1994).

En el año de 1994 el Archipiélago de Revillagigedo fue declarado como Reserva de la Biosfera y actualmente es administrado por el gobierno federal. La Secretaría de Marina estableció una base en la Isla Socorro desde el año de 1957. Con esto la incidencia humana en la isla es baja pero creciente en los últimos años por el turismo de buceo y de observación turística de ballenas (CONANP-SEMARNAT 2007).



Figura 3. Áreas de estudio. Superior central (A) Pacífico mexicano, señalando Bahía de Banderas con una marca roja e Isla Socorro con una marca verde. Inferior izquierdo (B) acercamiento de Isla Socorro. Inferior derecho (C) acercamiento de Bahía de Banderas. Imagen satelital modificada de Google Earth (2015).

MÉTODOS

OBSERVACIONES EN EL MAR

Se realizó una compilación de registros focales de frecuencias ventilatorias y conducta en superficie de la ballena jorobada del Pacífico Mexicano hechos durante los años 1995-2013 (Cuadro 2). Los registros fueron hechos por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM desde puntos altos en tierra o desde embarcaciones en los cuales se observó durante el mayor tiempo posible a individuos definidos de ballenas jorobadas durante su estancia invernal en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco e Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo.

Cuadro 2. Acumulación de registros de conducta y ventilación de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano por año y por región.

Año	Isla Socorro	Bahía Banderas	Total
1995	0	1	1
1996	0	33	33
1997	109	11	120
1998	0	55	55
1999	41	105	146
2000	0	65	65
2001	0	52	52
2002	0	110	110
2003	0	54	54
2004	0	74	74
2005	0	11	11
2006	0	17	17
2007	0	21	21
2008	0	41	41
2009	0	12	12
2012	0	5	5
2013	0	6	6
Total	150	673	823

Los datos obtenidos en el mar se anotaron en libretas de campo y posteriormente en tierra se pasaron a hojas de papel con un formato específico. Cada registro individual contiene: región, fecha, número y hora de avistamiento, nombre de los observadores, punto de observación (tierra o embarcación),

condiciones del mar (temperatura superficial, oleaje, nubosidad y visibilidad), tipo de agrupación, número de registro, número de individuos, área de estudio y número de embarcaciones asociadas. Los eventos en superficie y frecuencias ventilatorias de animales individuales se registraron continuamente cronometrando el tiempo en segundos con la ayuda de un reloj digital y con base en un etograma de la ballena jorobada modificado de Medrano González et al. (1995), el cual consta de trece conductas que se encuentran ordenadas hipotéticamente en forma paralela al gasto energético que implica realizarlas (Cuadro 3, Apéndice) y la presencia o ausencia de ventilación observada como la exhalación de aire o soplo (Medrano González et al. 1995, Villavicencio Llamosas 2000, Ruiz Rodríguez 2004, Díaz Gamboa 2005). Se procuró que cada registro durase lo más posible para muestrear la distribución de apneas de manera representativa. Yo participé de las observaciones en los años 2011 y 2012.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Las series de ventilaciones y conducta en superficie se capturaron en hojas independientes para cada registro en el programa EXCEL y posteriormente se convirtieron en archivos individuales de texto (da1) y sus listados (lis) los cuales agrupan los registros por 1) Región geográfica, 2) Año o etapa, 3) Presencia o ausencia de embarcaciones asociadas y 4) Tipo de agrupación lo cual caracteriza el tipo de actividad que realizan las ballenas.

Los archivos se procesaron con el programa REG-TER3 desarrollado *ad hoc* por Luis Medrano González en la Facultad de Ciencias UNAM (Medrano González et al. 1995). El procesamiento que se lleva a cabo está documentado por Villavicencio Llamosas (2000). Los resultados arrojados por este programa contienen, por registro y por listado, 1) Tiempo en segundos del registro de actividad en superficie (conducta y ventilación), 2) Número de eventos en superficie, 3) Número de apneas, 4) Riqueza y diversidad de conductas, 5) Un índice de actividad en superficie, 6) Promedio y error relativo del tiempo de apnea, 7) Distribución de los tiempos de apnea, 8) Variación final del promedio de apnea (criterio de representatividad), 9) Duración máxima de apnea, 10) Fracción de tiempo en apnea así como 11) Frecuencia y tabla de correlación entre conductas. Los datos de los registros individuales y listados arrojados por el programa REG-TER3 se compilaron nuevamente en bases de EXCEL. Las determinaciones de estas variables se describen abajo.

Cuadro 3. Conductas observadas en superficie en las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano.

Valor	Conducta	Descripción
0	Flote	El animal permanece casi inmóvil en la superficie del agua.
1	Veleo	El animal se encuentra totalmente en posición vertical manteniendo la aleta caudal en el aire por algunos segundos. Se presenta generalmente antes de una inmersión.
2	Arqueo	Asomo del dorso arqueado mientras el animal se encuentra nadando.
	Serpenteo	El animal nada haciendo una oscilación lateral.
3	Sondeo	Asomo del dorso con un arqueo muy marcado previo a una inmersión generalmente muy profunda. Puede o no haber asomo de la aleta caudal.
	Reversa	Cerca de la superficie, el animal se desplaza lentamente hacia atrás.
4	Nado lateral	El animal nada mostrando uno de los costados y casi siempre manteniendo la aleta pectoral suspendida en el aire de forma vertical.
	Golpe de aleta pectoral	El animal se coloca sobre uno de los costados o el dorso y golpea la superficie del agua con una o ambas aletas pectorales.
5	Giro horizontal	La ballena gira sobre uno de sus costados de forma lateral. Puede o no levantar las aletas pectorales.
6	Asomo en nado	La ballena asoma parte de su rostro y cuerpo sin interrumpir el avance.
7	Salto un tercio	La ballena emerge del agua mostrando la cabeza y parte de las aletas pectorales.
8	Salto un medio	La ballena emerge mostrando la cabeza y la mitad del cuerpo. Las aletas pectorales sobresalen por completo del agua.
9	Coletazo dorsoventral	El animal golpea la superficie del agua con la aleta caudal mediante movimientos dorsoventrales del tronco.
10	Coletazo lateral	El animal golpea la superficie del agua con los bordes de la aleta caudal mediante movimientos laterales del tronco.
11	Salto dos tercios	La ballena emerge del agua mostrando más de la mitad del cuerpo. No se observa la aleta caudal.
12	Salto completo	Emersión total de la ballena fuera del agua. Se puede observar claramente la aleta caudal.

DETERMINACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LOS REGISTROS

La representatividad de cada registro se evaluó con la estabilidad del promedio de apnea a lo largo del registro como criterio de representatividad considerando que registros breves subestiman la ocurrencia de apneas largas y la ocurrencia de conductas de baja frecuencia en superficie. La estabilidad del promedio se determinó con la variación relativa del promedio de ventilación en los últimos dos datos del registro. Un registro se consideró representativo cuando dicha diferencia no fue superior a 5%. La eficiencia de observación se definió por un lado como el tiempo total de todos los registros representativos dividido por el tiempo total de todos los registros así como por el número de registros representativos dividido por el total de registros. Se examinaron la duración mínima de los registros y el número mínimo de eventos en superficie que resultaron representativos para cada rol conductual de acuerdo con el criterio utilizado.

FRECUENCIA Y DIVERSIDAD CONDUCTUAL

La composición de frecuencias de conductas en superficie de cada registro (f_c), se calculó como el número de eventos de la conducta c realizados por el individuo dividido por el total de eventos en superficie registrados (ntc).

La diversidad de las conductas se determinó a través de la diversidad de Shannon (S) la cual se define como la cantidad de información necesaria para identificar cierta conducta en el total de eventos. Entre más grande sea el valor de S mayor será la incertidumbre y por lo tanto, la diversidad que lleva las unidades bits/evento (Krebs, 1989). La diversidad de Shannon se determina por la siguiente ecuación:

$$S = -\sum_{c=1}^R f_c \log_2(f_c)$$

donde R es la riqueza de conductas, \log_2 es el logaritmo en base 2, f_c es la frecuencia de cada conducta c y en donde se cumple la condición $\sum f_c = 1$. Los registros de la Isla Socorro y la Bahía de Banderas se dividieron dependiendo de la presencia o ausencia de embarcaciones y para éstos se

calculó la riqueza efectiva (R_e) que se define como el número equivalente de conductas que presentan la misma frecuencia (Hendrick, 2000), esto es:

$$R_e = \frac{1}{\sum_{c=1}^R f_c^2}$$

Se calculó asimismo la diversidad probabilística (H) que se define como la probabilidad de que al tomar dos conductas al azar, éstas sean diferentes, esto es:

$$H = 1 - \sum_{c=1}^R f_c^2$$

DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE APNEA PARA LOS ROLES CONDUCTUALES

Para obtener los patrones de buceo de cada tipo de agrupación de las ballenas jorobadas, la distribución de las duraciones de apnea, se caracterizó a través del cálculo del complemento de la frecuencia acumulada (FAC_D) que se calculó como:

$$FAC_D = 1 - \sum_{D_{min}}^{D_{max}} f_{aD}$$

donde f_{aD} es la frecuencia relativa de apneas de duración D , ordenadas en forma creciente de la duración mínima (D_{min}) a la máxima (D_{max} ; Feldkamp et al. 1989). También debe cumplirse que $\sum f_{aD}=1$. La distribución de FAC_D es una curva de tipo sobrevivencia en donde se representa logarítmicamente la fracción de apneas con una duración mayor que cierta duración. La pendiente de esta curva es proporcional a la probabilidad de ocurrencia de una cierta duración de apnea y cualquier cambio en esta probabilidad se manifiesta por un punto de inflexión en la misma. Las distintas pendientes observadas en la curva permiten distinguir diferentes regímenes de buceo. De esta manera, la distribución completa de las FAC_D muestra el conjunto total de estos regímenes al cual se denomina patrón de buceo o de apnea.

ÍNDICE DE ACTIVIDAD

El índice de actividad en superficie se define como la tasa local de una actividad que es el número de eventos realizados por unidad de tiempo en que se ejecuta la actividad (Martin y Bateson 1986). Este índice se calculó, en forma individual o en conjunto, como la suma de los valores ordinales de conducta por unidad de tiempo $Ac=(\Sigma c/t)$.

ANÁLISIS EXPLORATORIO

Con el programa STATISTICA versión 7 se realizaron tres análisis tipo biplot de componentes principales y un análisis de cúmulos con los datos representativos normalizados mediante el método de ligamiento WPGMA.

El primer análisis se aplicó a 17 variables de conducta (índice de actividad, riqueza de conductas, diversidad probabilística de conductas, diversidad informática de conductas, frecuencia de flote, frecuencia de veleo, frecuencia de arqueo/serpenteo, frecuencia de sondeo/reversa, frecuencia de nado lateral, frecuencia de golpe de aleta pectoral /giro horizontal, frecuencia de asomo en nado, frecuencia de nado un tercio, frecuencia de salto un medio, frecuencia de coletazo dorsoventral, frecuencia de coletazo lateral, frecuencia de salto dos tercios y frecuencia de salto completo), y cinco variables de ventilación (duración promedio de apnea, duración máxima de apnea, variación de apnea, variación relativa de apnea y fracción de tiempo de apnea).

Las 22 variables de conducta y ventilación de los 595 registros representativos se clasificaron con análisis de componentes principales y de cúmulos. Primero, todas las variables se normalizaron con respecto a su propia variación como sigue:

$$X_{yj}^n = \frac{X_{yj} - P_j}{\sigma_j}$$

donde X_{yj}^n es el valor normalizado de la variable j en el registro y , X_{yj} es el valor original del dato correspondiente, P_j es el valor promedio de la variable j y σ_j es su desviación estándar. Las variables normalizadas se sometieron a un análisis de componentes principales por correlaciones

(definidas por la normalización) y a un análisis de cúmulos mediante el algoritmo de matrices ponderado para apareamiento de grupos (WPGMA por sus siglas en inglés) sobre las distancias euclidianas definidas como sigue:

$$D_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^k (X_{yi}^n - X_{yj}^n)^2}{k}}$$

donde D_{ij} es la distancia pareada entre las variables i e j , X_{yi}^n es el valor normalizado del registro y en la variable i , X_{yj}^n es el valor normalizado correspondiente en la variable j , y k es el número total de registros (595).

Ambos análisis sugirieron una distinción primaria de tres grupos de variables asociadas a la 1) ventilación (v, 7 variables), 2) la conducta (c, 13 variables) y 3) un grupo intermedio (m, dos variables). La significancia estadística de esta distinción se probó mediante la comparación de las distancias medias entre las variables de cada grupo con respecto a las distancias de conjuntos con el mismo número de variables muestreadas aleatoriamente 1000 veces. Esta comparación se hizo con el programa VARCLAS desarrollado por Luis Medrano González en la Facultad de Ciencias UNAM. Las distancias medias entre grupos de variables se definieron de la siguiente manera:

$$D_{ab} = \sqrt{\frac{\sum_{a=1}^{g_a} \sum_{b=1}^{g_b} \sum_{y=1}^k (X_{ya}^n - X_{yb}^n)^2}{g_a g_b k}}$$

donde D_{ab} es la distancia media entre los conjuntos de variables a y b (v, c, m), X_{ya}^n es el valor normalizado del registro y en la variable a , X_{yb}^n es el valor correspondiente en la variable b , g_a y g_b son los números de variables en los grupos a y b respectivamente (7, 2, 13), y k es el número total de registros. VARCLAS creó conjuntos de 7, 2 y 13 variables muestreadas aleatoriamente sin reemplazo (sorteo) y determinó las distancias medias entre estos conjuntos aleatorios en 1000 ocasiones. La significancia estadística de las distancias entre los grupos de variables (D_{ab}) se determinó por la proporción de los muestreos aleatorios en los que la distancia media entre los grupos fue igual o superior a la distancia media real.

El segundo análisis contempló las dos regiones invernales del Pacífico Mexicano, Bahía de Banderas e Isla Socorro, durante los años 1995-2013, divididos por lustros. Para los primeros 5 años se analizó Isla Socorro durante 1995-1999 y Bahía de Banderas durante 1995-1999, para el resto de años se analizó únicamente Bahía de Banderas durante 2000-2003, 2004-2007 y 2008-2013.

El tercer análisis trató con la conducta en superficie y la tasa ventilatoria de la ballena jorobada entre sus distintas agrupaciones (cantores, crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y animales solitarios) y en presencia y ausencia de embarcaciones interactuantes. Esto se hizo con la finalidad de explorar el conjunto de los 595 registros representativos para visualizar cuáles eran las variables que presentaban un mayor número de efectos.

ANÁLISIS MULTIFACTORIAL

Debido a la falta de todas las combinaciones entre las variables, no fue posible hacer un análisis multifactorial completo. Por ello, el análisis se partió en siete análisis de varianza parciales los cuales, a partir del análisis exploratorio, consideraron las variables región, década, rol conductual y presencia o ausencia de embarcaciones de observación. Este análisis se hizo con el programa STATISTICA 7.

El primer análisis se realizó únicamente para Bahía de Banderas considerando cinco tipos de roles conductuales de ballenas jorobadas (crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y animales solitarios), durante los años 1995-2003 y 2004-2013 en presencia y ausencia de embarcaciones interactuantes (Figura 4). El segundo análisis comparó Bahía de Banderas e Isla Socorro considerando seis roles conductuales (crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y animales solitarios) durante los años 1997 y 1999 de la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones interactuantes (Figura 5). El tercer análisis suponía un problema debido a que el total de las variables a analizar con respecto a los grupos de competencia estaba incompleto, motivo por el cual se dividió en dos análisis independientes. La primera parte fue únicamente para grupos de competencia en la región de Bahía de Banderas durante los años 1995-2003 y 2004-2013 y en ausencia de embarcaciones interactuantes. La segunda parte se hizo para grupos de competencia en ambas regiones, Bahía de Banderas e Isla Socorro, únicamente durante los años 1995-2003 y en

ausencia y presencia de embarcaciones interactuantes (Figura 6). El cuarto análisis también representaba un problema debido a la falta de datos para realizar el total de combinaciones necesarias, por lo cual se dividió en tres análisis independientes. La primera parte fue para cantores en Bahía de Banderas e Isla Socorro considerando únicamente la ausencia de embarcaciones interactuantes durante los años 1995-2003. El segundo análisis fue únicamente para cantores en Bahía de Banderas durante los años 1995-2003 y en ausencia y presencia de embarcaciones interactuantes. La tercera parte del cuarto análisis consideró únicamente a cantores en Bahía de Banderas durante los años 1995-2003 y 2004-2013 en ausencia de embarcaciones interactuantes (Figura 7).

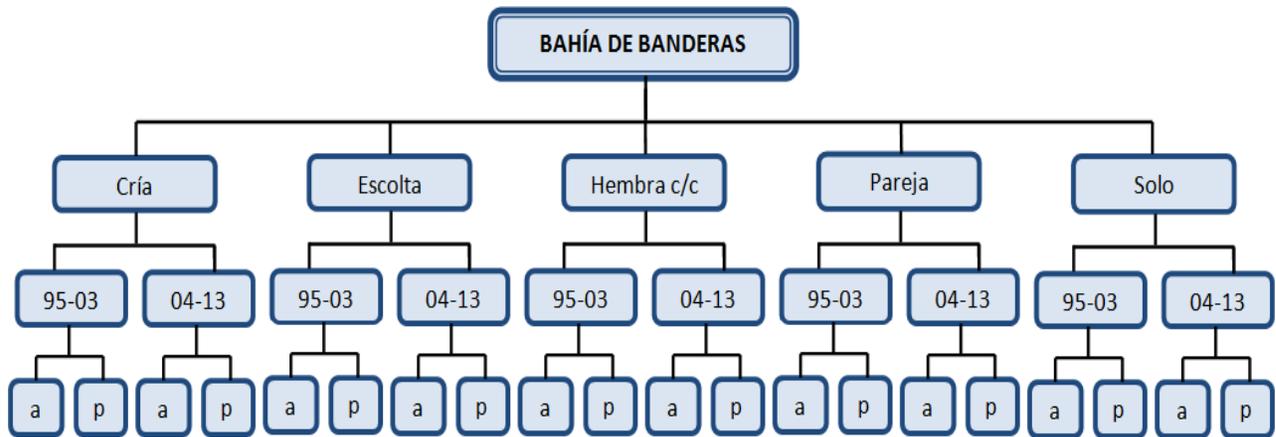


Figura 4. Esquema del análisis factorial para Bahía de Banderas. Se indica la presencia (p) y ausencia (a) de embarcaciones interactuantes. Los años 1995-2003 corresponden a la etapa 1 y los años 2004-2013 corresponden a la etapa 2.

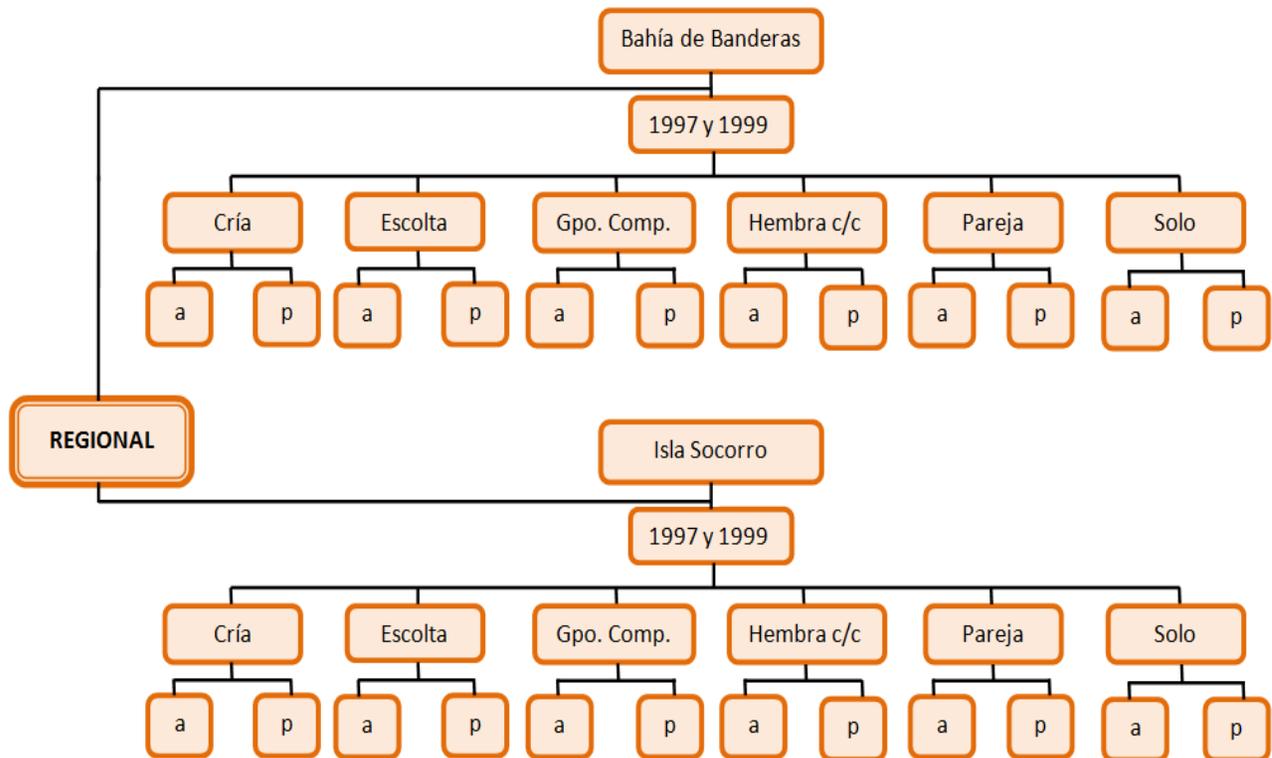


Figura 5. Esquema del análisis factorial por regiones (Bahía de Banderas e Isla Socorro). Se indica la presencia (p) y ausencia (a) de embarcaciones interactuantes durante los años 1997 y 1999 correspondientes a una parte de la etapa 1.

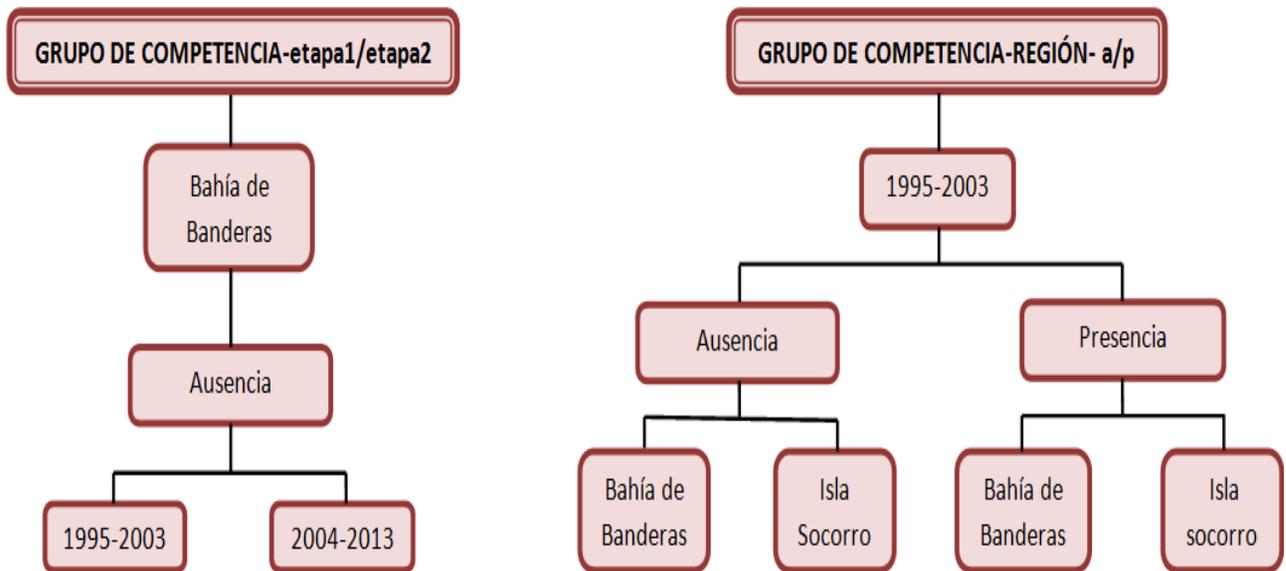


Figura 6. Esquema del análisis factorial para grupos de competencia. Se indica la presencia (p) y ausencia (a) de embarcaciones interactuantes. Los años 1995-2003 corresponden a la etapa 1 y los años 2004-2013 corresponden la etapa 2.

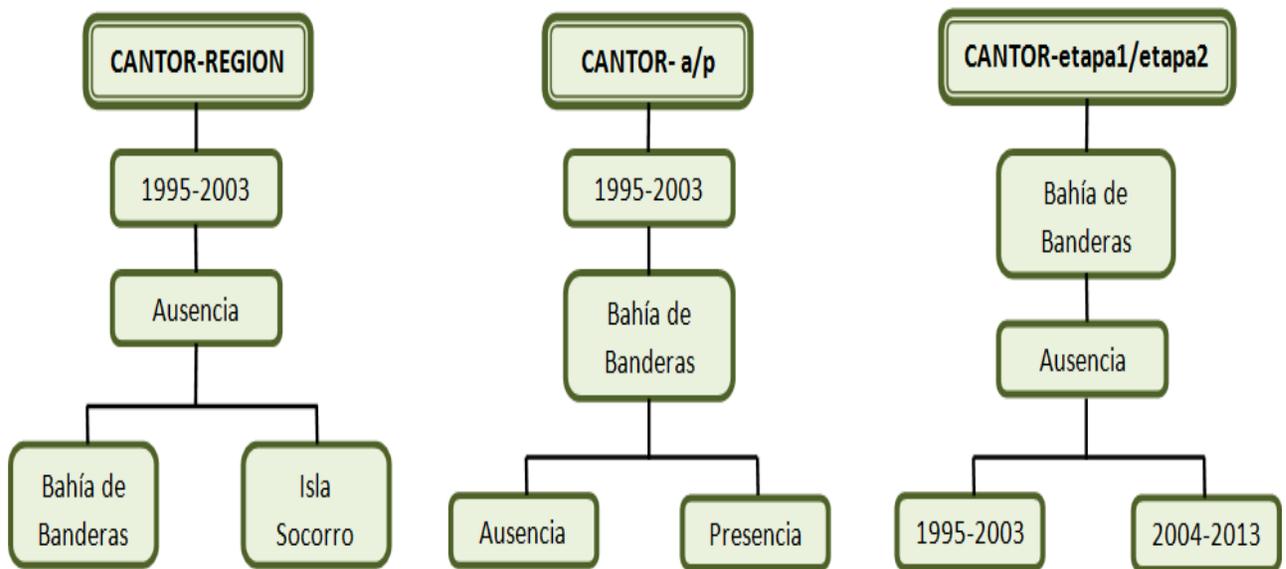


Figura 7. Esquema del análisis factorial para cantores. Se indica la presencia (p) y ausencia (a) de embarcaciones interactuantes. Los años 1995-2003 corresponden a la etapa 1 y los años 2004-2013 corresponden la etapa 2.

RESULTADOS

EFICACIA DE OBSERVACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD

Se obtuvieron un total de 823 registros focales de frecuencias ventilatorias y conducta en superficie de la ballena jorobada, con 32 165 eventos individuales y 792.2 horas de observación total entre ambas regiones del Pacífico Mexicano. Del total de registros, 595 registros resultaron estadísticamente representativos con el criterio de que la variación del promedio de apnea en los últimos dos datos fuese menor al 5%. Estos registros tuvieron 27,792 eventos individuales y 619.0 horas de observación efectiva (Cuadro 4). La eficiencia de observación fue entonces de 78% en términos del tiempo de registro y de 72% en términos del número de registros.

Cuadro 4. Selección de registros representativos.

	BB 1995-2013	IS 1997-1999	Total
Total de registros	673	150	823
Eventos	27,351	4814	32,165
Tiempo de observación (h)	663.5	128.7	792.2
Registros representativos	489	106	595
Eventos	23,811	3981	27,792
Tiempo de observación (h)	524.1	94.9	619.1

BB=Bahía de Banderas, IS= Isla Socorro.

Las crías presentaron el número mayor de eventos mínimos en superficie, los cantores el mayor tiempo mínimo de registro y las parejas el menor número de eventos y tiempo mínimos de registro (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de eventos en superficie y tiempos mínimos de registro que resultaron estadísticamente representativos para diferentes roles conductuales.

Rol conductual	Número mínimo de eventos	Tiempo mínimo de registro (s)
Cantor	13	2757
Solo	9	568
Pareja	7	420
Grupo	8	1297
Escolta	8	1376
Hembra lactante	9	989
Cría	14	1056

EXPLORACIÓN DE DATOS

En el primer análisis exploratorio de componentes principales se observa una separación primaria entre las cinco variables de conducta y las 17 variables de ventilación las cuales incluyen las ocurrencias de arqueo y sondeo (f2, f3). Se observa también que las variables de conducta que contienen una mayor variación son las de arqueo (f2), sondeo (f3), diversidad conductual (H, S) y un índice de actividad que es hipotéticamente paralelo al consumo de energía (Iac). La variable de ventilación que contribuye más a la variación es la duración promedio de apnea (Pap). El análisis por cúmulos muestra también esta separación de las variables. Se observa que f1 y f0 conforman un grupo intermedio más afín a las variables de conducta de acuerdo con el análisis de cúmulos (Figuras 8 y 9). La distancia euclidiana media entre las variables de ventilación y conducta fue 1.50 y fue también estadísticamente significativa de acuerdo con el análisis de remuestreo ($p=0.00$). La distancia media entre las variables de ventilación y el grupo intermedio f1, f0 fue 1.49 y también estadísticamente significativa ($p<0.03$). La distancia media entre el grupo intermedio y las variables de conducta fue 1.41 pero en este caso no hubo significancia estadística ($p=0.31$).

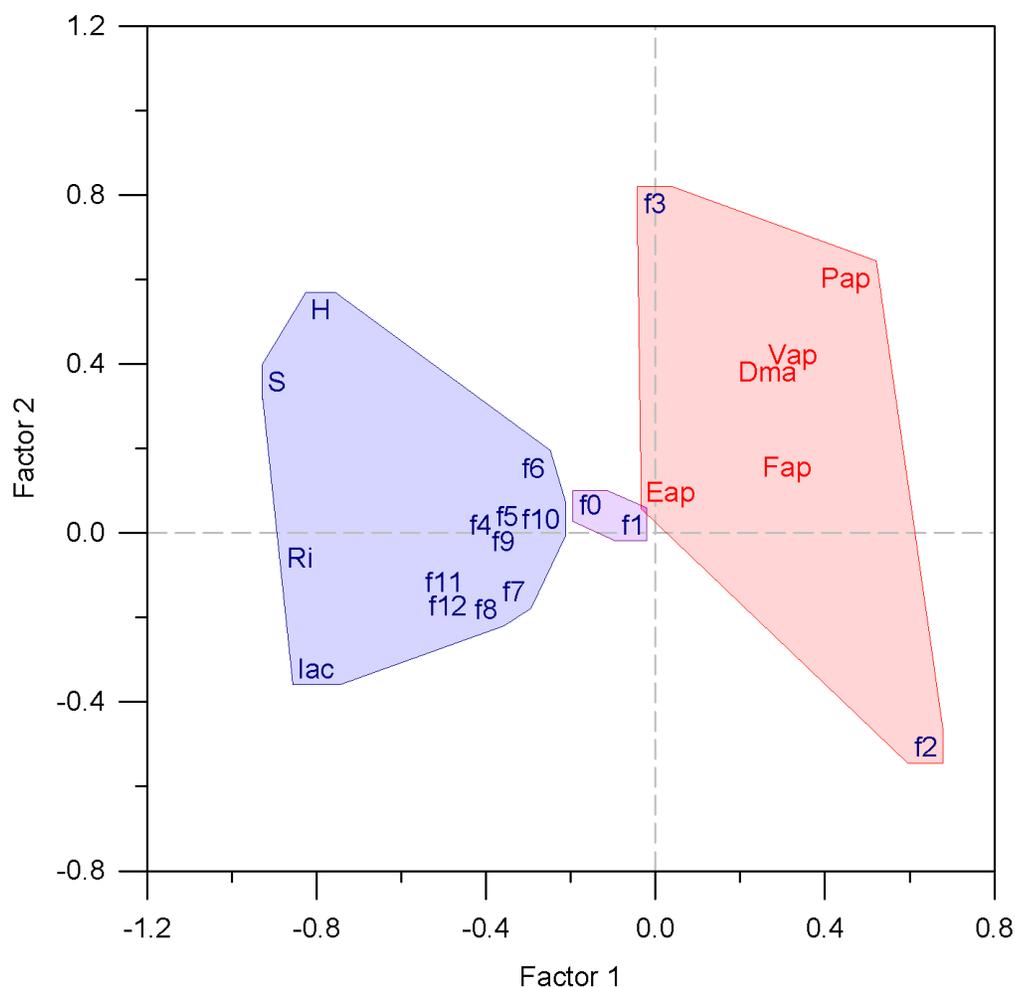


Figura 8. Componentes principales de las variables de conducta y ventilación. Las variables de conducta se indican en azul y las variables de apnea en rojo. Las envolventes indican tres grupos aparentes de variables de acuerdo también con el análisis de cúmulos: **(Iac)** Índice de actividad, **(Ri)** Riqueza de conductas, **(H)** Diversidad probabilística de conductas (Nei, Simpson), **(S)** Diversidad informática de conductas (Shannon), **(f0)** Frecuencia de flote, **(f1)** Frecuencia de veleo, **(f2)** Frecuencia de arqueo/serpenteo, **(f3)** Frecuencia de sondeo/reversa, **(f4)** Frecuencia de nado lateral, **(f5)** Frecuencia de golpe de aleta pectoral /giro horizontal, **(f6)** Frecuencia de asomo en nado, **(f7)** Frecuencia de nado un tercio, **(f8)** Frecuencia de salto un medio, **(f9)** Frecuencia de coletazo dorsoventral, **(f10)** Frecuencia de coletazo lateral, **(f11)** Frecuencia de salto dos tercios, **(f12)** Frecuencia de salto completo, **(Pap)** Duración promedio de apnea, **(Dma)** Duración máxima de apnea, **(Vap)** Variación de apnea, **(Eap)** Error relativo de apnea, **(Fap)** Fracción de tiempo de apnea.

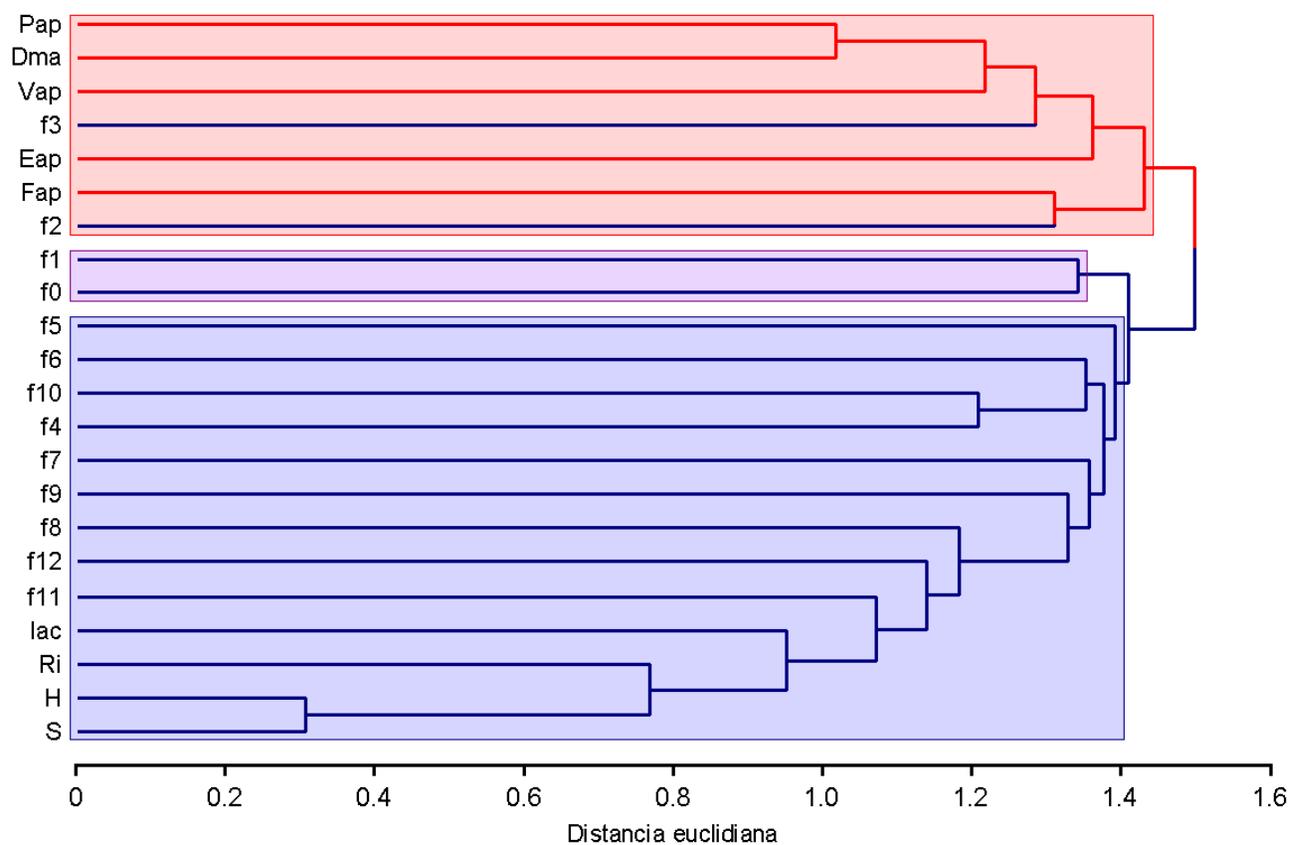


Figura 9. Clasificación de variables por análisis de cúmulos. Las variables de conducta se indican en azul y las variables de apnea en rojo. Se indican las envolventes de los grupos de variables de la Figura 8.

En un segundo análisis exploratorio entre Bahía de Banderas e Isla Socorro se observó que la variación durante cuatro periodos de tiempo (1995-1999, 2000-2003, 2004-2007 y 2008-2013), se puede resumir en dos décadas (1995-2003 y 2004-2013; Figura 10). Se observa que la variación es casi nula entre regiones (Bahía de Banderas e Isla Socorro) al menos en el primer periodo y que hay mayor distinción de la Bahía de Banderas en la segunda década.

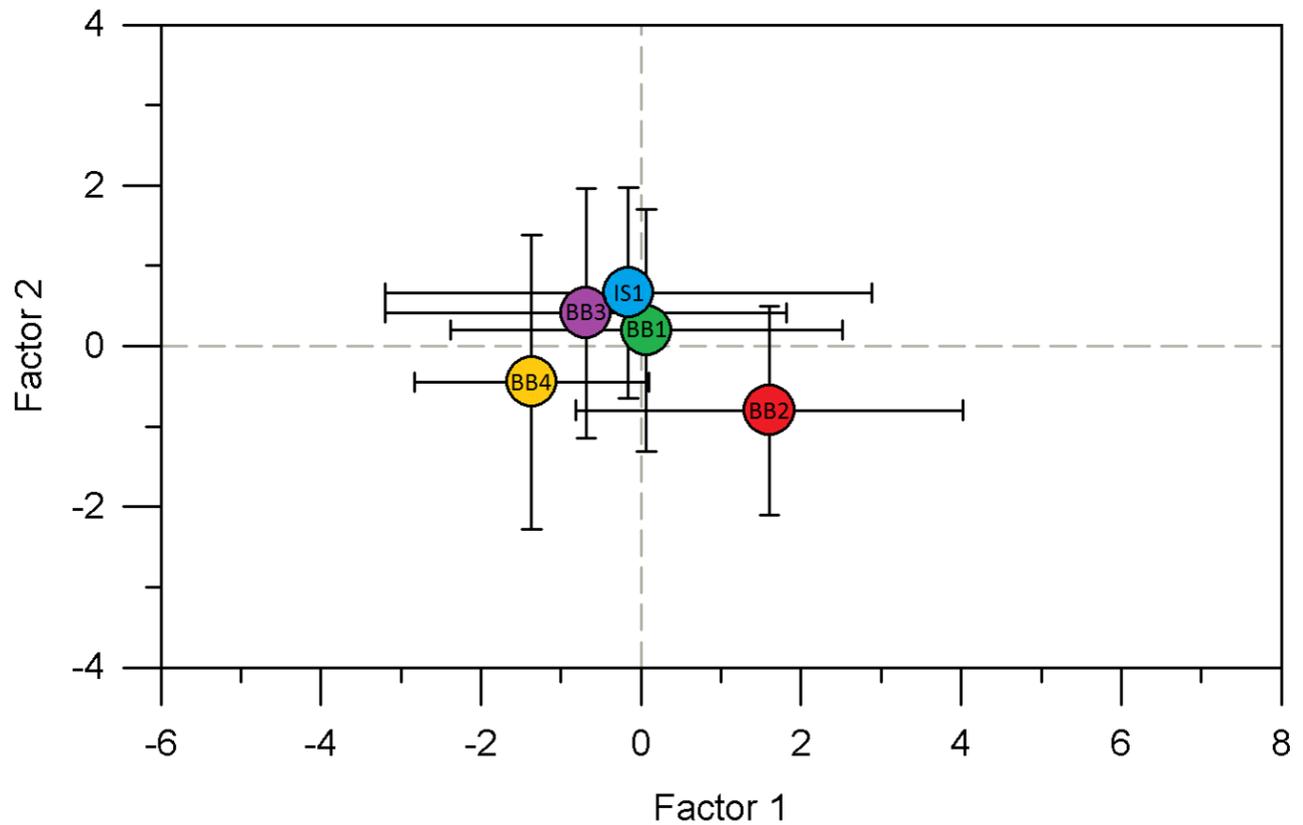


Figura 10. Componentes principales de lustros y regiones: Isla Socorro durante 1995-1999 en azul (**IS1**), Bahía de Banderas durante 1995-1999 en verde (**BB1**), Bahía de Banderas durante 2000-2003 en rojo (**BB2**), Bahía de Banderas durante 2004-2007 en morado (**BB3**) y Bahía de Banderas durante 2008-2013 en amarillo (**BB4**).

La mayor parte de la variación de la conducta y de la tasa ventilatoria ocurre entre los diferentes tipos de agrupaciones de la ballena jorobada. Entre las agrupaciones existe variación asociada a la interacción con embarcaciones de observación turística, la cual es mayor en animales cantores (Figura 11).

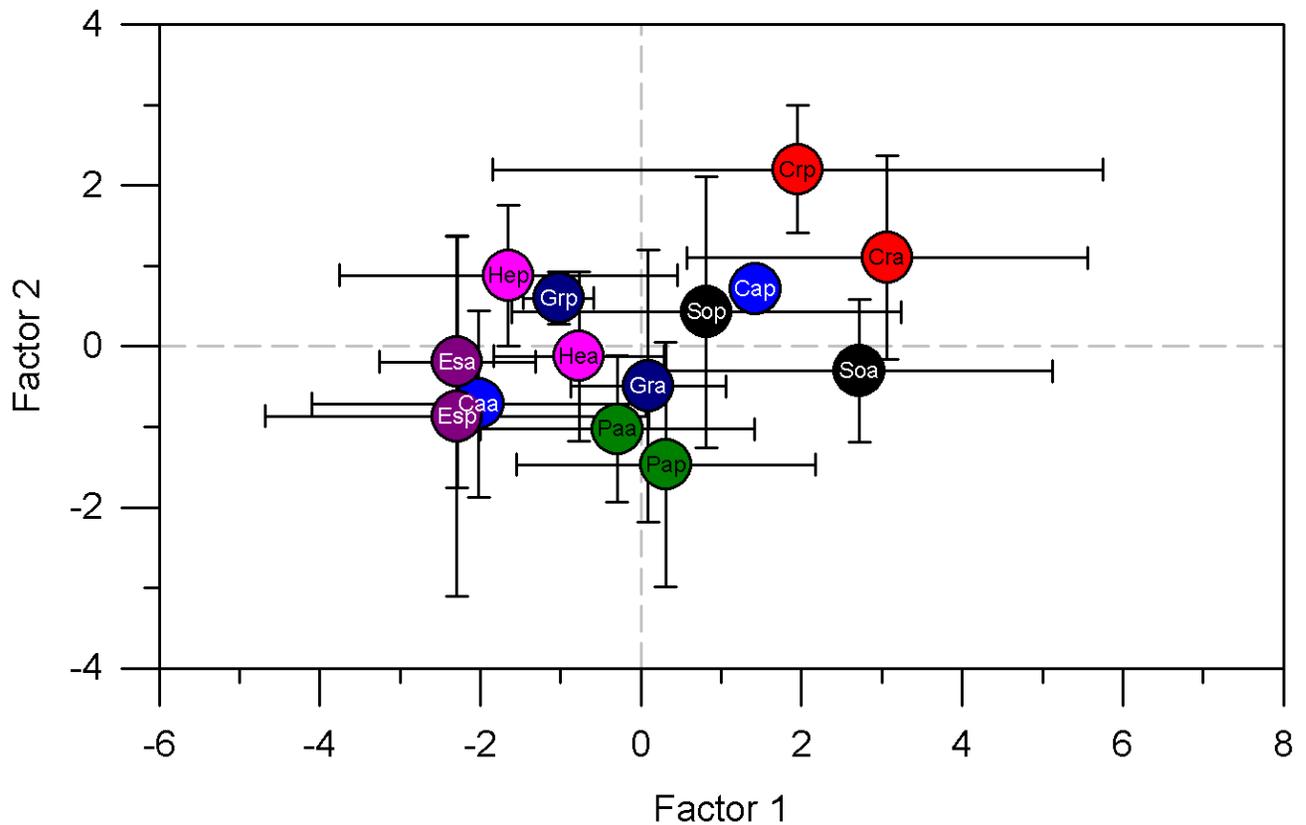


Figura 11. Componentes principales de agrupaciones. En azul claro (**Ca**) cantores, en rojo (**Cr**) crías, en morado (**Es**) escoltas, en azul oscuro (**Gr**) grupos de competencia, en rosa (**He**) hembras lactantes, en verde (**Pa**) parejas y en negro (**So**) solitarios. De igual modo, se indicó la presencia de botes interactuantes con la letra (**p**) y la ausencia de botes interactuantes con la letra (**a**).

DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE APNEA PARA LOS TIPOS DE AGRUPACIONES

Los cantores presentan la mayor ocurrencia de apneas largas, contrastando con las crías las cuales presentan una mayor ocurrencia de apneas cortas. Las formas de la distribución estadística de apneas de estos dos grupos son asimismo diferentes. Con el símil ya descrito a curvas de sobrevivencia, los cantores tienen una curva tipo 3 y las crías recién nacidas tipo 1. El resto de los roles conductuales presentan distribuciones intermedias. Para todos los roles conductuales, hay una frecuencia relativamente alta de frecuencias ventilatorias menores a 40 segundos que corresponden a los periodos de ventilación en superficie (Figura 12).

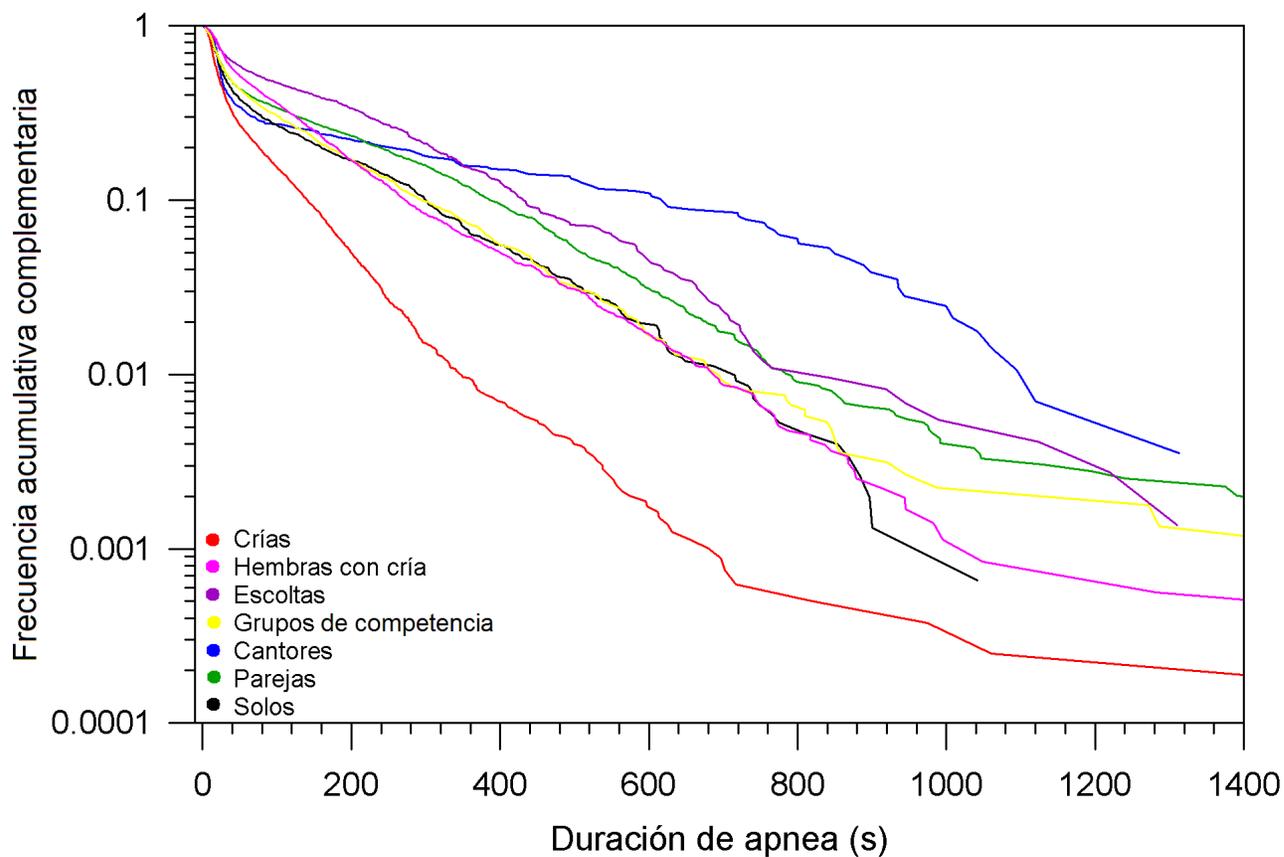


Figura 12. Distribución de los tiempos de apnea en los diferentes roles conductuales de las ballenas jorobadas. En azul (**Ca**) cantores, en rojo (**Cr**) crías, en morado (**Es**) escoltas, en amarillo (**Gr**) grupos de competencia, en rosa (**He**) hembras, en verde (**Pa**) parejas y en negro (**So**) solitarios.

DINÁMICA DE VENTILACIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO

La tasa de respiración y el índice de actividad en superficie muestran correlación positiva siendo pendiente de la regresión mayor en los adultos que en las crías. Esto indica que el ordenamiento de conductas es correcto en lo general y que el índice de actividad puede reflejar el consumo de energía (Figura 13).

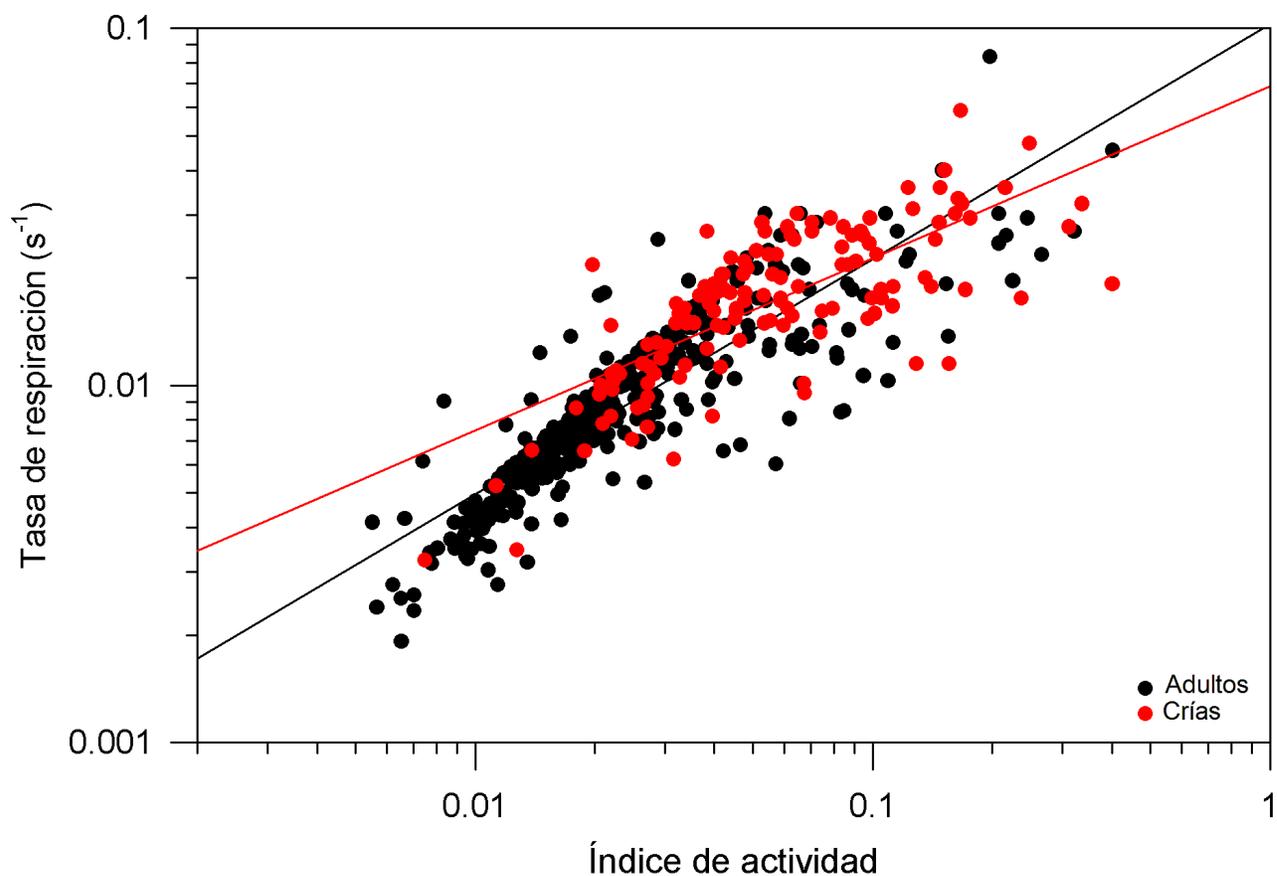


Figura 13. Relación entre tasa de ventilación e índice de actividad para ballenas jorobadas adultas y recién nacidas. Se indican las líneas de regresión las cuales tienen pendiente 0.12 y 0.08 así como índices de regresión (r^2) de 0.75 y 0.54 respectivamente.

ANÁLISIS DE VARIACIÓN MULTIFACTORIAL

Los resultados de los análisis factoriales generaron cerca de 45 páginas que incluyen resultados estadísticamente significativos y no significativos. De todos ellos, los resultados más importantes con significancia estadística son los siguientes:

Variación de Bahía de Banderas

En el análisis de variación de Bahía de Banderas durante las etapas 1 (1995-2003) y 2 (2004-2013) para crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en presencia y ausencia de embarcaciones

interactuantes (Figura 4), se obtuvieron diferencias significativas del efecto de las embarcaciones en la riqueza de conductas, la diversidad probabilística de conductas, el índice de actividad, frecuencia de sondeo, la duración promedio de apnea y la duración máxima de apnea así como sus desviaciones estándar (Cuadros 6-11, Figura 14).

La riqueza de conductas de crías, hembras lactantes, parejas y solitarios es mayor en presencia de embarcaciones interactuantes que en ausencia de éstas durante la primera etapa. En la segunda etapa se observa que la riqueza de conductas de las crías sigue siendo mayor en presencia de embarcaciones con respecto a la ausencia de éstas, mientras que en hembras lactantes, parejas e individuos solitarios, la riqueza de conductas es menor en presencia que en ausencia de embarcaciones. Las escoltas por otro lado mantienen una riqueza conductual prácticamente igual en presencia y ausencia de embarcaciones durante las dos etapas ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 6, Figura 14A).

Cuadro 6. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la riqueza de conductas de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	RIQUEZA DE CONDUCTAS			
	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	4.163	5.579	2.478	3.078
DE	± 2.214	± 2.467	± 1.729	± 1.706
Escoltas				
prom	2.600	2.625	2.000	2.000
DE	± 0.966	± 0.719	± 1.000	± 1.414
Hembras lactantes				
prom	2.553	3.029	2.539	1.909
DE	± 1.017	± 1.467	± 1.264	± 0.831
Parejas				
prom	2.758	3.150	2.385	2.200
DE	± 1.112	± 1.954	± 0.637	± 0.561
Solitarios				
prom	3.292	4.111	3.300	3.000
DE	± 1.655	± 1.616	± 1.889	± 1.414

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

La diversidad de conductas de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en presencia de embarcaciones durante la primera etapa es mayor que en ausencia de embarcaciones. En la segunda etapa las escoltas y los individuos solitarios presentan una mayor diversidad de conducta en presencia de embarcaciones comparadas con las ausencia de estas, mientras que crías, hembras lactantes y parejas en presencia de embarcaciones muestran una menor diversidad de conductas con respecto a la ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 7, Figura 14B).

Cuadro 7. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la diversidad de conductas de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

DIVERSIDAD DE CONDUCTAS				
Bahía de Banderas	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.300	0.449	0.284	0.255
DE	± 0.194	± 0.221	± 0.224	± 0.198
Escoltas				
prom	0.336	0.442	0.247	0.257
	± 0.203	± 0.125	± 0.217	± 0.364
Hembras lactantes				
prom	0.250	0.305	0.318	0.110
DE	± 0.162	± 0.159	± 0.165	± 0.112
Parejas				
prom	0.395	0.459	0.429	0.389
DE	± 0.152	± 0.177	± 0.104	± 0.104
Solitarios				
prom	0.444	0.474	0.429	0.467
DE	± 0.201	± 0.196	± 0.235	± 0.045

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Durante la primera etapa el índice de actividad en superficie de crías, escoltas, hembras e individuos solitarios es mayor en presencia de embarcaciones que en ausencia de embarcaciones, mientras que las parejas mantienen un índice de actividad en superficie casi igual en presencia y ausencia de embarcaciones. En la segunda etapa el índice de actividad en superficie de escoltas, hembras lactantes, parejas e individuos solitarios es menor en presencia de embarcaciones y mayor en ausencia de embarcaciones. Las crías en presencia de embarcaciones muestran un mayor índice de

actividad en superficie con respecto a la ausencia de embarcaciones durante la segunda etapa ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 8, Figura 14C).

Durante la primera etapa las escoltas y parejas en presencia de embarcaciones muestran una mayor frecuencia de sondeo con respecto a la ausencia de embarcaciones, los solitarios por el contrario presentan una mayor frecuencia de sonde en presencia de embarcaciones que en ausencia de embarcaciones. Por otro lado las hembras lactantes y crías mantienen una frecuencia de sondeo casi igual en presencia y ausencia de embarcaciones. En la segunda etapa la frecuencia de sondeo de hembras lactantes, escoltas y crías en presencia de embarcaciones es menor que en ausencia de éstas, mientras que las parejas y los individuos solitarios tienen una mayor frecuencia de sondeo en presencia de embarcaciones que en ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.01$, Cuadro 9, Figura 14D).

Cuadro 8. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en el índice de actividad de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	ÍNDICE DE ACTIVIDAD			
	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.073	0.087	0.048	0.057
DE	± 0.073	± 0.062	± 0.032	± 0.063
Escoltas				
prom	0.016	0.018	0.016	0.011
DE	± 0.006	± 0.018	± 0.007	± 0.000
Hembras lactantes				
prom	0.023	0.025	0.022	0.017
DE	± 0.012	± 0.014	± 0.011	± 0.007
Parejas				
prom	0.028	0.029	0.031	0.029
DE	± 0.025	± 0.023	± 0.040	± 0.013
Solitarios				
prom	0.032	0.050	0.074	0.036
DE	± 0.022	± 0.038	± 0.108	± 0.011

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Cuadro 9. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la frecuencia de sondeo de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	FRECUENCIA DE SONDEO			
	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.107	0.109	0.133	0.059
DE	± 0.184	± 0.096	± 0.144	± 0.075
Escoltas				
prom	0.199	0.230	0.149	0.087
DE	± 0.130	± 0.137	± 0.143	± 0.123
Hembras				
prom	0.110	0.109	0.209	0.037
DE	± 0.134	± 0.113	± 0.173	± 0.056
Parejas				
prom	0.243	0.285	0.339	0.393
DE	± 0.151	± 0.152	± 0.170	± 0.233
Solitarios				
prom	0.251	0.128	0.212	0.323
DE	± 0.166	± 0.112	± 0.195	± 0.200

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Durante la primera etapa, la duración promedio de apnea de escoltas y parejas es mayor en presencia de embarcaciones con respecto a la ausencia de éstas. Las hembras y los individuos solitarios por el contrario, presentan una menor duración promedio de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones y las crías mantienen prácticamente la misma duración promedio de apnea en presencia y ausencia de embarcaciones. En la segunda etapa, crías, escoltas y parejas presentan una mayor duración promedio de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones. Los individuos solitarios presentan una menor duración promedio de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones y las hembras mantienen igual su duración promedio de apnea en presencia y ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 10, Figura 14E).

Cuadro 10. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la duración promedio de apnea de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	DURACIÓN PROMEDIO DE APNEA			
	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	55.28	54.68	74.13	84.08
DE	+ 22.57	+ 26.55	+ 33.41	+ 67.08
Escoltas				
prom	181.7	196.2	174.0	203.0
DE	+ 71.10	+ 71.77	+ 86.54	+ 15.56
Hembras lactantes				
prom	123.7	111.1	143.4	143.8
DE	+ 49.43	+ 36.54	+ 72.52	+ 46.63
Parejas				
prom	141.4	146.4	142.3	168.3
DE	+ 70.42	+ 58.13	+ 63.90	+ 107.3
Solitarios				
prom	124.6	107.8	113.5	81.00
DE	+ 50.73	+ 53.74	+ 81.24	+ 16.97

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

La duración máxima de apnea de escoltas hembras y parejas en presencia de embarcaciones es mayor que en ausencia de embarcaciones; las crías y los individuos solitarios presentan una menor duración máxima de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones durante la primera etapa. En la segunda etapa las crías, escoltas y parejas en presencia de embarcaciones muestran una mayor duración máxima de apnea en comparación con la ausencia de embarcaciones. La duración de apnea de individuos solitarios en presencia de embarcaciones es menor que en ausencia de embarcaciones y las hembras mantienen una duración máxima de apnea igual en ausencia y presencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 11, Figura 14F).

Cuadro 11. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la duración máxima de apnea de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en la Bahía de Banderas durante las etapas 1(1995-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	DURACIÓN MÁXIMA DE APNEA			
	1995-2003		2004-2013	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	407.8	372.2	369.7	435.6
DE	+ 391.7	+ 287.0	+ 179.9	+ 236.9
Escoltas				
prom	652.0	912.4	537.3	732.5
DE	+ 195.7	+ 799.2	+ 135.8	+ 159.1
Hembras				
prom	519.9	578.0	547.5	557.3
DE	+ 372.2	+ 370.4	+ 196.1	+ 223.1
Parejas				
prom	646.8	792.3	612.8	953.1
DE	+ 279.0	+ 416.4	+ 234.9	+ 852.0
Solitarios				
prom	638.2	562.8	418.3	245.5
DE	+ 238.7	+ 205.0	+ 173.8	+ 64.35

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Variación entre regiones

En el análisis de variación por regiones entre Bahía de Banderas e Isla Socorro durante la etapa 1 (1995-2003) para crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas e individuos solitarios en presencia y ausencia de embarcaciones interactuantes, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza de conductas, diversidad probabilística de conductas, índice de actividad frecuencia de sondeo y duración promedio de apnea, así como sus desviaciones estándar respectivamente (Cuadros 12-16, Figura 15A-E). En todas las agrupaciones, la duración máxima de apnea no tuvo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 17, Figura 15F).

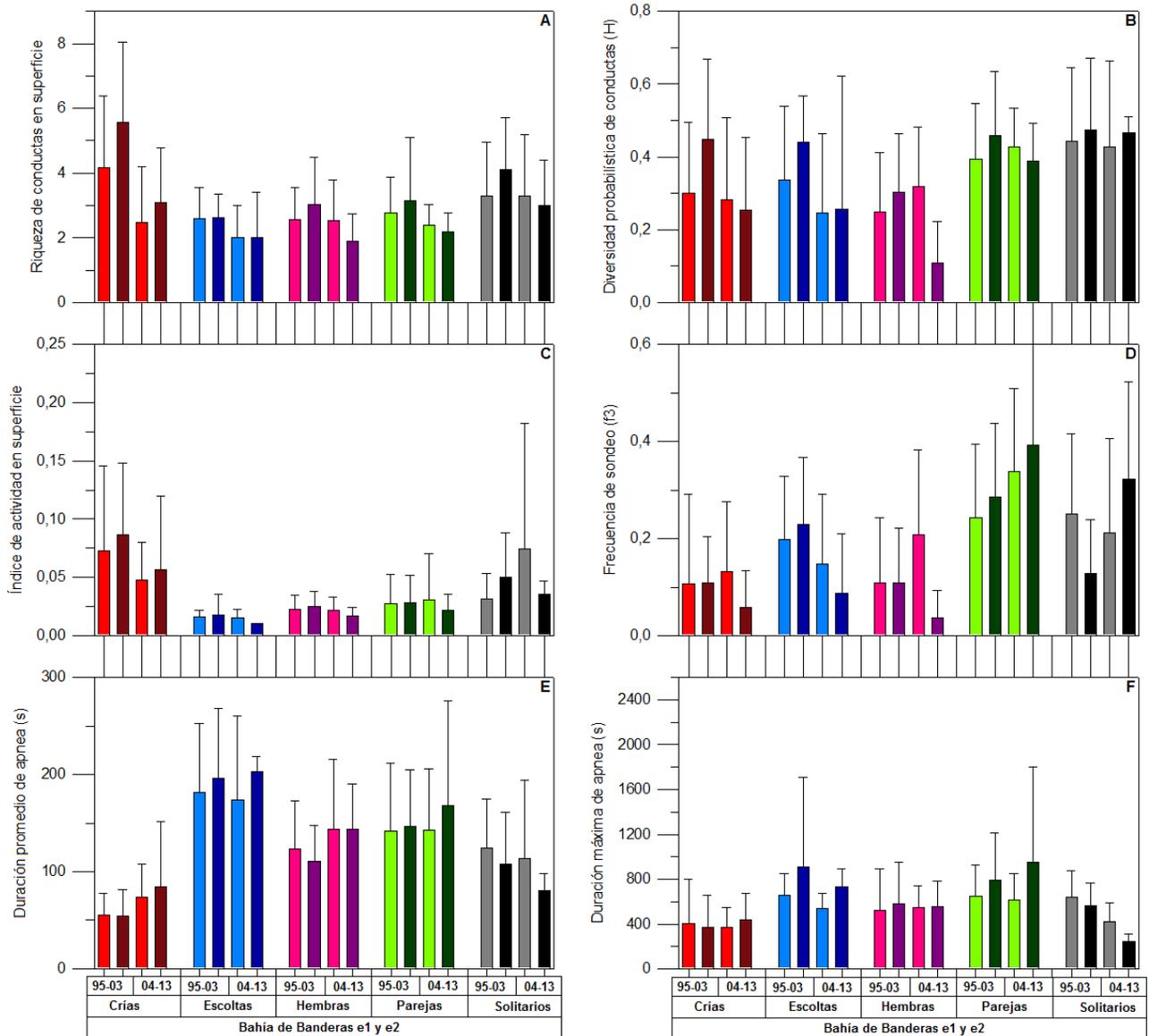


Figura 14. Cuatro variables de conducta y dos variables de apnea de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas durante la etapa 1, 1996-2003 y la etapa 2, 2004-2013. En tono claro se muestra a los animales de las diferentes agrupaciones en ausencia de embarcaciones interactuantes y en tono oscuro a los casos correspondientes en presencia de embarcaciones interactuantes.

En la Bahía de Banderas la riqueza de conductas en presencia de embarcaciones interactuantes de crías, escultas, grupos de competencia, hembras lactantes e individuos solitarios es mayor con respecto a la ausencia de embarcaciones interactuantes. Las parejas muestran un efecto contrario habiendo una menor riqueza de conductas en presencia que en ausencia de embarcaciones en la Bahía de Banderas. En la Isla Socorro se observa un efecto en la riqueza de conductas opuesto. Las

crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes y solitarios muestran una riqueza de conductas en presencia de embarcaciones interactuantes menor que en ausencia de éstas, mientras que las parejas muestran una mayor riqueza de conductas en presencia que en ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 12, Figura 15A).

Cuadro 12. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la riqueza de conductas de crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	RIQUEZA DE CONDUCTAS			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	4.100	5.889	4.741	3.000
DE	± 2.767	± 2.472	± 2.105	-
Escoltas				
prom	2.000	2.333	2.667	2.000
DE	± 0.000	± 0.516	± 0.816	-
Grupos de competencia				
prom	2.545	3.000	2.950	2.667
DE	± 0.934	± 0.707	± 1.791	± 0.577
Hembras lactantes				
prom	2.556	3.125	2.765	2.000
DE	± 1.130	± 1.126	± 2.251	± 0.000
Parejas				
prom	2.700	3.100	2.818	3.000
DE	± 1.567	± 1.197	± 0.874	± 1.732
Solitarios				
prom	2.500	4.500	2.917	2.000
DE	± 0.707	± 3.536	± 1.564	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

La diversidad de conductas de crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en presencia de embarcaciones en la Bahía de Banderas es mayor que en ausencia de embarcaciones, las parejas no muestran cambios por las embarcaciones. En Isla Socorro crías, escoltas, hembras lactantes, parejas e individuos solitarios presentan una menor diversidad de conducta en presencia de embarcaciones

con respecto a la ausencia de éstas. Las parejas muestran un mayor diversidad de conductas en presencia que en ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro13, Figura 15B).

El índice de actividad de grupos de competencia e individuos solitarios en Bahía de Banderas es mayor en presencia de embarcaciones que en ausencia de embarcaciones, mientras que las crías, escoltas, hembras lactantes y parejas en presencia de embarcaciones presentan un menor índice de actividad en superficie comparadas con la ausencia de embarcaciones en la Bahía de Banderas. En la Isla Socorro el índice de actividad en superficie de crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas e individuos solitarios es menor en presencia de embarcaciones y mayor en ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro14, Figura 15C).

Cuadro 13. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la diversidad de conductas de crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	DIVERSIDAD DE CONDUCTAS			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.292	0.367	0.494	0.189
DE	± 0.210	± 0.234	± 0.217	-
Escoltas				
prom	0.078	0.385	0.416	0.219
DE	± 0.034	± 0.082	± 0.138	-
Grupos de competencia				
prom	0.375	0.381	0.279	0.305
DE	± 0.127	± 0.101	± 0.212	± 0.057
Hembras lactantes				
prom	0.272	0.228	0.243	0.221
DE	± 0.206	± 0.146	± 0.208	± 0.105
Parejas				
prom	0.406	0.431	0.416	0.313
DE	± 0.155	± 0.160	± 0.184	± 0.053
Solitarios				
prom	0.335	0.544	0.388	0.260
DE	± 0.287	± 0.219	± 0.269	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Cuadro 14. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en el índice de actividad de crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	ÍNDICE DE ACTIVIDAD			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.079	0.066	0.070	0.040
DE	± 0.089	± 0.033	± 0.061	-
Escoltas				
prom	0.017	0.013	0.022	0.018
DE	± 0.002	± 0.003	± 0.014	-
Grupos competencia				
prom	0.030	0.032	0.051	0.031
DE	± 0.014	± 0.015	± 0.058	± 0.006
Hembras lactantes				
prom	0.024	0.022	0.029	0.021
DE	± 0.016	± 0.007	± 0.033	± 0.005
Parejas				
prom	0.039	0.025	0.057	0.030
DE	± 0.039	± 0.015	± 0.079	± 0.021
Solitarios				
prom	0.022	0.056	0.098	0.043
DE	± 0.006	± 0.056	± 0.131	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

En la Bahía de Banderas, las crías, escoltas, hembras lactantes, parejas y solitarios en presencia de embarcaciones muestran una mayor frecuencia de sondeo con respecto a la ausencia de embarcaciones. Los grupos de competencia no presentan cambios en la frecuencia de sondeo en presencia o ausencia de embarcaciones. En la Isla Socorro, la frecuencia de sondeo de crías, escolta, hembras lactantes y parejas en presencia de embarcaciones es menor que en ausencia de éstas; los grupos de competencia tienen una mayor frecuencia de sondeo en presencia de embarcaciones que en ausencia de embarcaciones, mientras que los individuos solitarios en presencia de embarcaciones presentan una frecuencia de sondeo casi nula con respecto a la ausencia de embarcaciones ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 15, Figura 15D).

Cuadro 15. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la frecuencia de sondeo de crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	FRECUENCIA DE SONDEO			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	0.080	0.087	0.131	0.051
DE	± 0.047	± 0.051	± 0.110	-
Escoltas				
prom	0.041	0.237	0.289	0.125
DE	± 0.019	± 0.069	± 0.217	-
Grupos de competencia				
prom	0.212	0.212	0.095	0.171
DE	± 0.104	± 0.065	± 0.085	± 0.030
Hembras lactantes				
prom	0.086	0.129	0.111	0.090
DE	± 0.063	± 0.086	± 0.126	± 0.127
Parejas				
prom	0.238	0.306	0.253	0.114
DE	± 0.219	± 0.174	± 0.284	± 0.098
Solitarios				
prom	0.227	0.235	0.178	0.000
DE	± 0.220	± 0.042	± 0.215	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

En la Bahía de Banderas, la duración promedio de apnea de escoltas es mayor en presencia de embarcaciones que en ausencia de éstas. Las crías y hembras lactantes mantienen una duración promedio similar en presencia y ausencia de embarcaciones y los grupos de competencia. Parejas e individuos solitarios presentan una menor duración promedio de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones. En la Isla Socorro crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas e individuos solitarios presentan una menor duración promedio de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones. ($p_{Levene}=0.00$, Cuadro 16, Figura 15E).

Cuadro 16. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la duración promedio de apnea crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	DURACIÓN PROMEDIO DE APNEA			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	52.90	51.78	91.67	52.00
DE	± 12.16	± 6.300	± 55.36	-
Escoltas				
prom	125.0	218.3	159.2	125.0
DE	± 14.14	± 80.71	± 98.12	-
Grupos de competencia				
Prom	108.4	95.20	88.40	76.67
DE	± 34.98	± 37.93	± 51.91	± 12.01
Hembras lactantes				
prom	123.7	123.5	133.0	108.0
DE	± 40.64	± 37.19	± 83.39	± 31.11
Parejas				
prom	143.0	139.7	162.5	112.7
DE	± 95.63	± 43.37	± 91.42	± 29.69
Solitarios				
prom	126.0	97.50	121.8	86.00
DE	± 12.73	± 58.69	± 111.0	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

En la Bahía de Banderas, la duración máxima de apnea de crías, escoltas, hembras lactantes y parejas en presencia de embarcaciones es mayor que en ausencia de embarcaciones; los grupos de competencia y los individuos solitarios presentan una menor duración máxima de apnea en presencia que en ausencia de embarcaciones. En la Isla Socorro, las crías, escoltas y hembras lactantes en presencia de embarcaciones muestran una menor duración máxima de apnea comparadas a la ausencia de embarcaciones, la duración de apnea de individuos solitarios en presencia de embarcaciones es mayor que en ausencia de éstas y los grupos de competencia y parejas mantienen una duración máxima de apnea igual en ausencia y presencia de embarcaciones. Estos resultados están en el umbral de significancia ($p_{Levene}=0.06$, Cuadro17, Figura 15F).

Cuadro 17. Promedio y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la duración máxima de apnea crías, escoltas, grupos de competencia, hembras lactantes, parejas y solitarios para ambas regiones (BB – IS) durante la etapa 1(1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	DURACIÓN MÁXIMA DE APNEA			
	Bahía de Banderas		Isla Socorro	
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Crías				
prom	312.2	530.0	787.2	237.0
DE	± 102.1	± 517.0	± 606.1	-
Escoltas				
prom	552.0	803.5	567.3	456.0
DE	± 185.3	± 320.1	± 170.7	-
Grupos competencia				
prom	567.6	519.4	611.9	595.7
DE	± 235.9	± 157.7	± 433.7	± 7.768
Hembras lactantes				
prom	428.6	792.6	867.0	801.5
DE	± 187.5	± 593.5	± 554.5	± 142.1
Parejas				
prom	605.4	858.4	644.0	648.0
DE	± 193.2	± 470.9	± 234.6	± 151.9
Solitarios				
Prom	611.0	436.5	673.8	829.00
DE	± 366.3	± 41.72	± 507.2	-

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

Variación de grupos de competencia

De los dos análisis de variación en grupos de competencia (Figura 6), únicamente en el análisis de variación por ausencia de lanchas en la Bahía de Banderas durante las etapas 1 (1995-2003) y 2 (2004-2013) se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en el índice de actividad en superficie y la duración máxima de apnea, así como sus desviaciones estándar; mientras que la riqueza de conductas, la diversidad de conductas, la frecuencia de sondeo y la duración promedio de apnea no mostraron diferencias con significancia estadística. Para este tipo de agrupación, se obtuvo también una diferencia estadísticamente significativa en la frecuencia de golpes con la aleta pectoral y su desviación estándar (Cuadro 18, Figura 17).

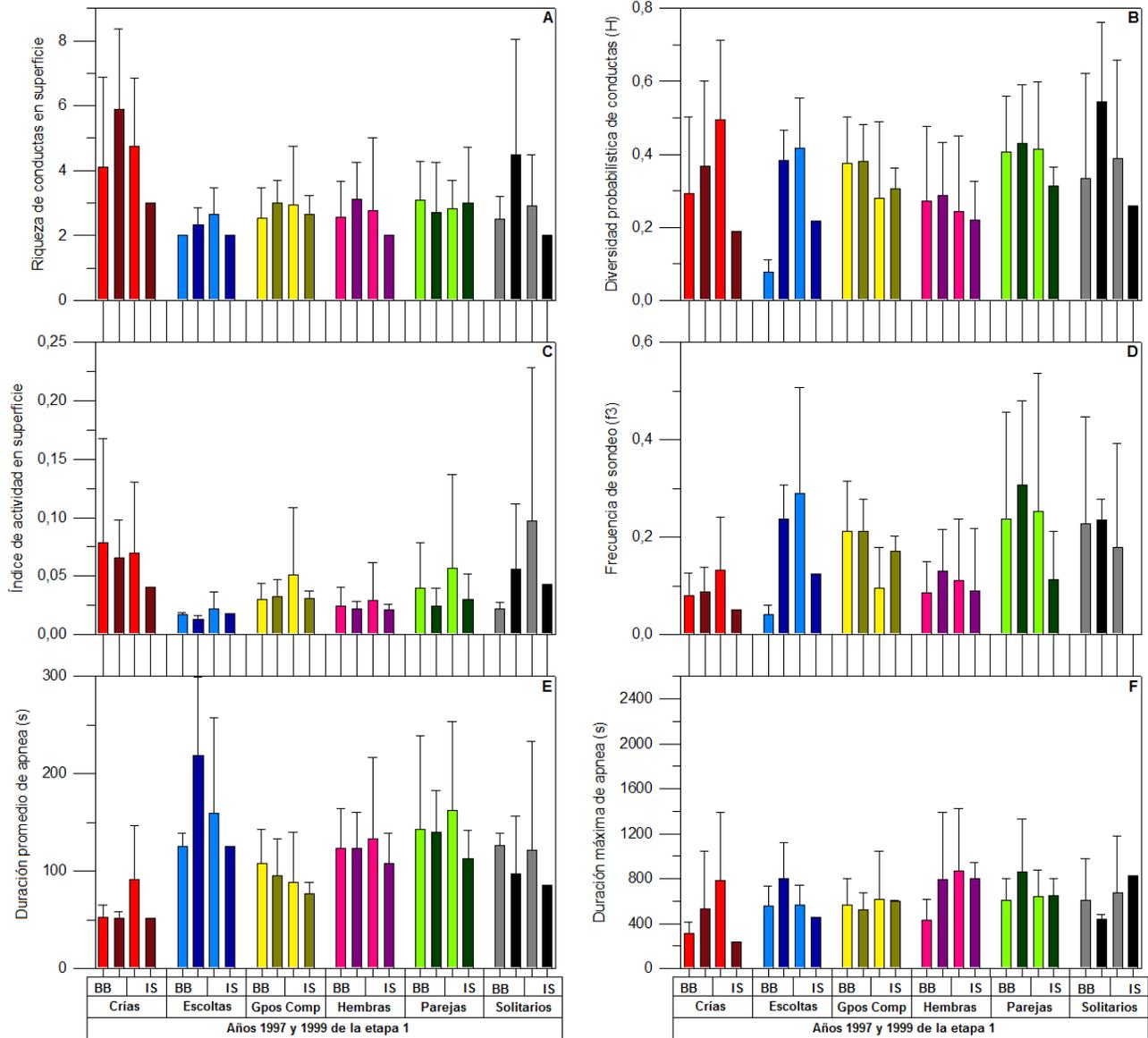


Figura 15. Cuatro variables de conducta y dos variables de apnea de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas (BB) y la Isla Socorro (IS) durante la etapa 1 (1995-2003). En tono claro se muestra a los animales de las diferentes agrupaciones en ausencia de embarcaciones interactuantes y en tono oscuro se muestran los casos correspondientes con presencia de embarcaciones interactuantes.

Durante la primera etapa no se observan cambios claros en la riqueza de conductas, la diversidad de conductas, la frecuencia de sondeo y la duración promedio de apnea de los grupos de competencia de la Bahía de Banderas con respecto a la segunda etapa. Además estos resultados no fueron estadísticamente significativos ($p_{Levene} > 0.30$, Cuadro 18, Figura 16A, B, D, E). El índice de actividad en superficie y la duración máxima de apnea de los grupos de competencia de la Bahía de Banderas, son menores en la primera etapa y mayores en la segunda etapa ($p_{Levene} < 0.01$) Cuadro 18, Figura 16C, F). La frecuencia de golpe de aleta pectoral de los grupos de competencia de la Bahía de Banderas es mayor durante la segunda etapa en comparación de la primera etapa ($p_{Levene} = 0.01$, Cuadro 18, Figura 17).

Cuadro 18. Promedios de variables y condiciones con efecto estadísticamente significativo en la ventilación y conducta de grupos de competencia para Bahía de Banderas durante las etapas 1 (1996-2003) y 2 (2004-2013) en ausencia de embarcaciones.

GRUPOS DE COMPETENCIA		
Bahía de Banderas	Ausencia de embarcaciones	
	1995-2003	2004-2013
Riqueza prom	2.762	2.833
Riqueza DE	± 1.077	± 1.169
H prom	0.335	0.355
H DE	± 0.151	± 0.209
Iac prom	0.026	0.041
Iac DE	± 0.015	± 0.038
f3 prom	0.182	0.188
f3 DE	± 0.148	± 0.109
Pap prom	125.5	129.2
Pap DE	± 64.28	± 77.07
Dma prom	647.5	1140.0
Dma DE	± 596.8	± 1432.3
f5 prom	0.020	0.098
f5 DE	± 0.095	± 0.209

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

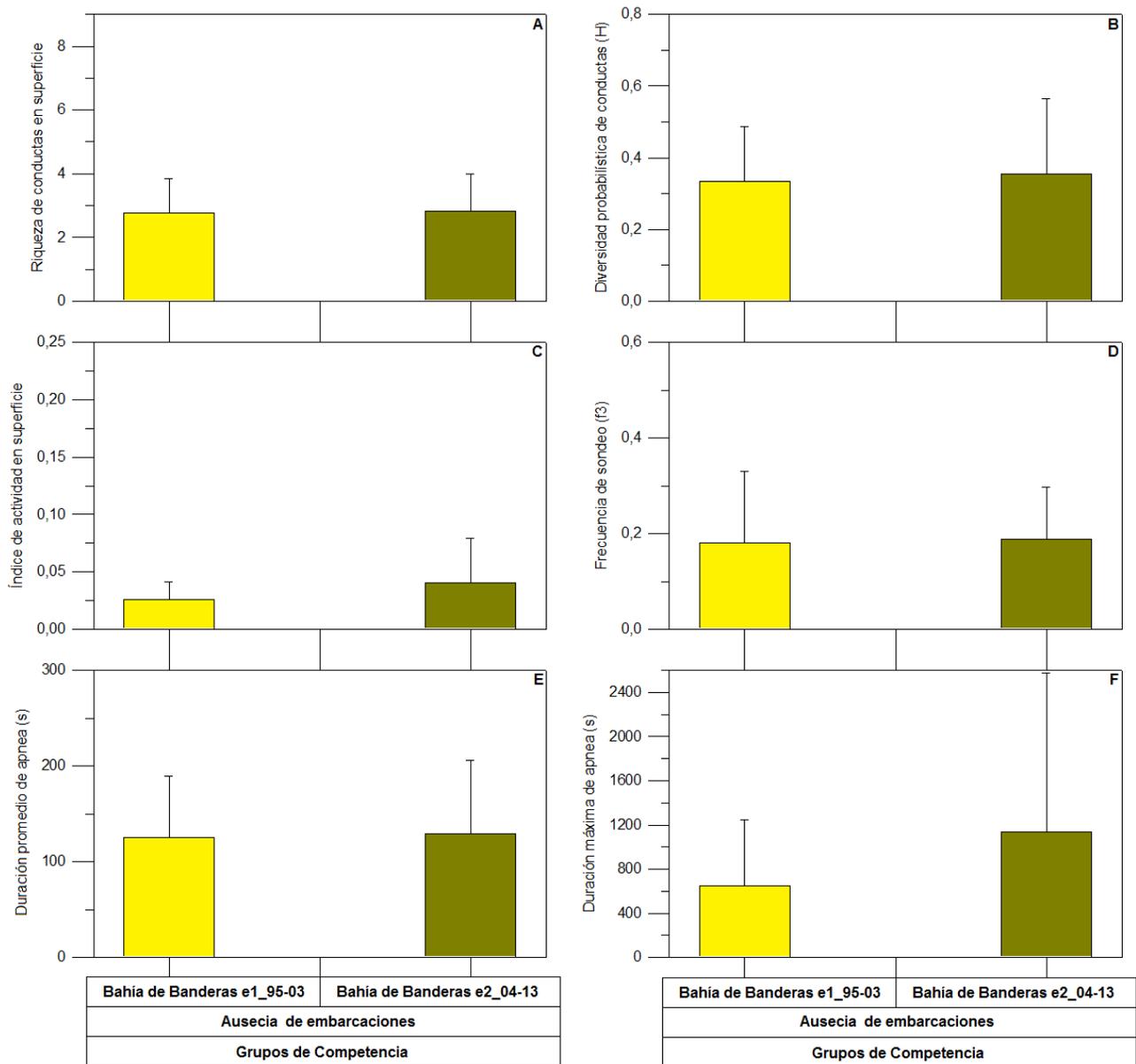


Figura 16. Cuatro variables de conducta y dos variables de apnea para grupos de competencia de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas (BB) durante los años 1995-2003. En tono claro se muestra a los animales en grupos de competencia en ausencia de embarcaciones interactuantes y en tono oscuro se muestra los casos correspondientes en presencia de embarcaciones interactuantes.

Variación de Cantores

De los tres análisis de variación en animales cantores (Figura 7), se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el análisis de variación por presencia y ausencia de lanchas en la Bahía de Banderas durante la etapa 1(1995-2003) en el índice de actividad de cantores de la Bahía de Banderas y su desviación estándar (Cuadro 19, Figura 18C). La riqueza de conductas, la diversidad de conductas, la frecuencia de sondeo, la duración promedio de apnea y la duración máxima de apnea de los animales cantores de la Bahía de Banderas nos resultaron estadísticamente significativos (Cuadro 19, Figura 18A, B, D, E, F).

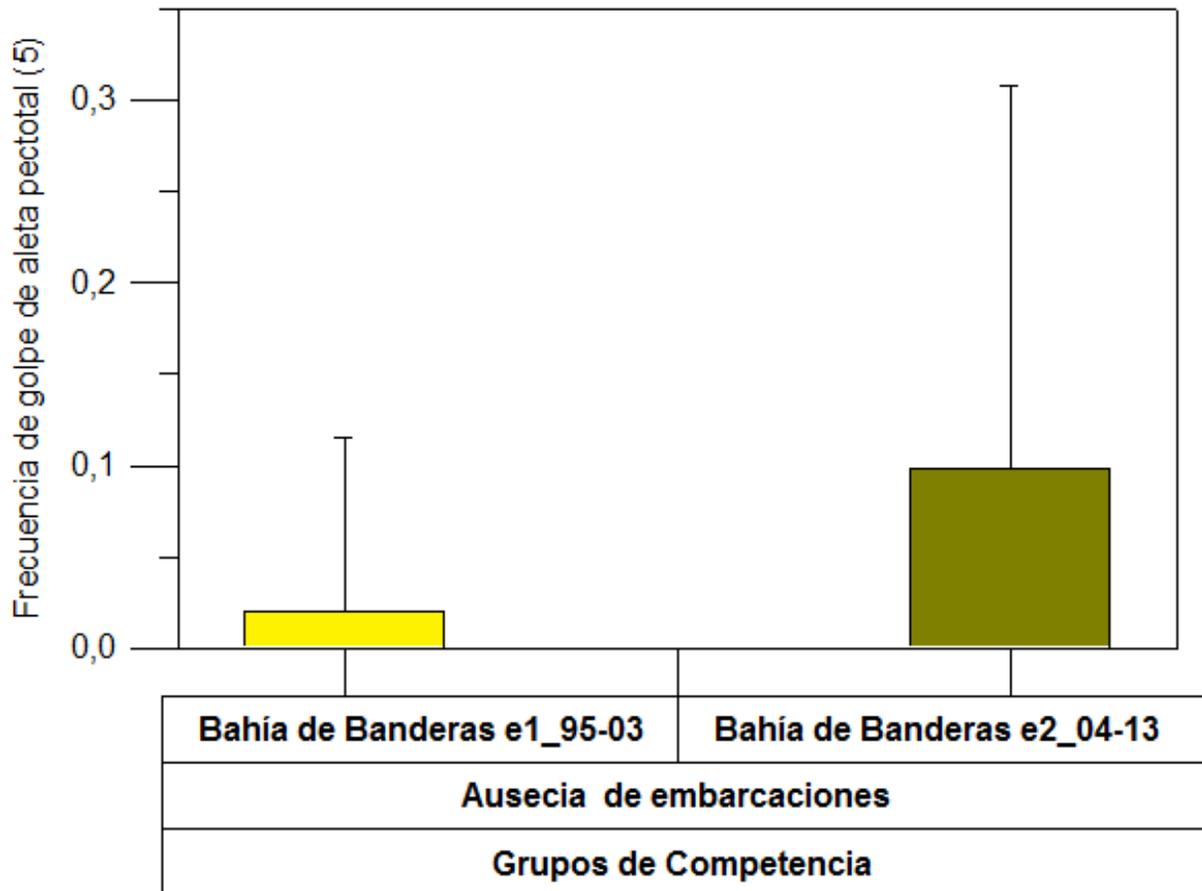


Figura 17. Frecuencia de golpes con aleta pectoral (f_5) para grupos de competencia en la Bahía de Banderas (BB) durante la etapa 1995-2003. En tono claro se muestra a los grupos de competencia en ausencia de embarcaciones interactuantes y en tono oscuro se muestra a los grupos de competencia en presencia de embarcaciones interactuantes.

El análisis de variación por región (Bahía de Banderas e Isla Socorro) durante la etapa 1(1995-2003) generó resultados estadísticamente significativos en el índice de actividad en superficie y la frecuencia de sondeo de animales cantores así como sus desviaciones estándar (Cuadro 20, Figura 19C, D). La riqueza de conductas, la diversidad de conductas, la duración promedio de apnea y la duración máxima de apnea resultaron estadísticamente no significativos (Cuadro 20, Figura 19A, B, E, F).

Cuadro 19. Variación conductual y de ventilación de animales cantores en la Bahía de Banderas durante la etapa 1 (1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Bahía de Banderas	CANTORES Etapa 1 1995-2003	
	Ausencia	Presencia
Riqueza prom	2.714	4.333
Riqueza DE	± 1.604	± 2.517
H prom	0.362	0.352
H DE	± 0.231	± 0.281
Iac Prom	0.015	0.034
Iac DE	± 0.008	± 0.027
f3 prom	0.188	0.07
f3 DE	± 0.14	± 0.053
Pap prom	194.1	141.3
Pap DE	± 63.18	± 88.64
Dma prom	983.0	777.0
Dma DE	± 299.7	± 209.4

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

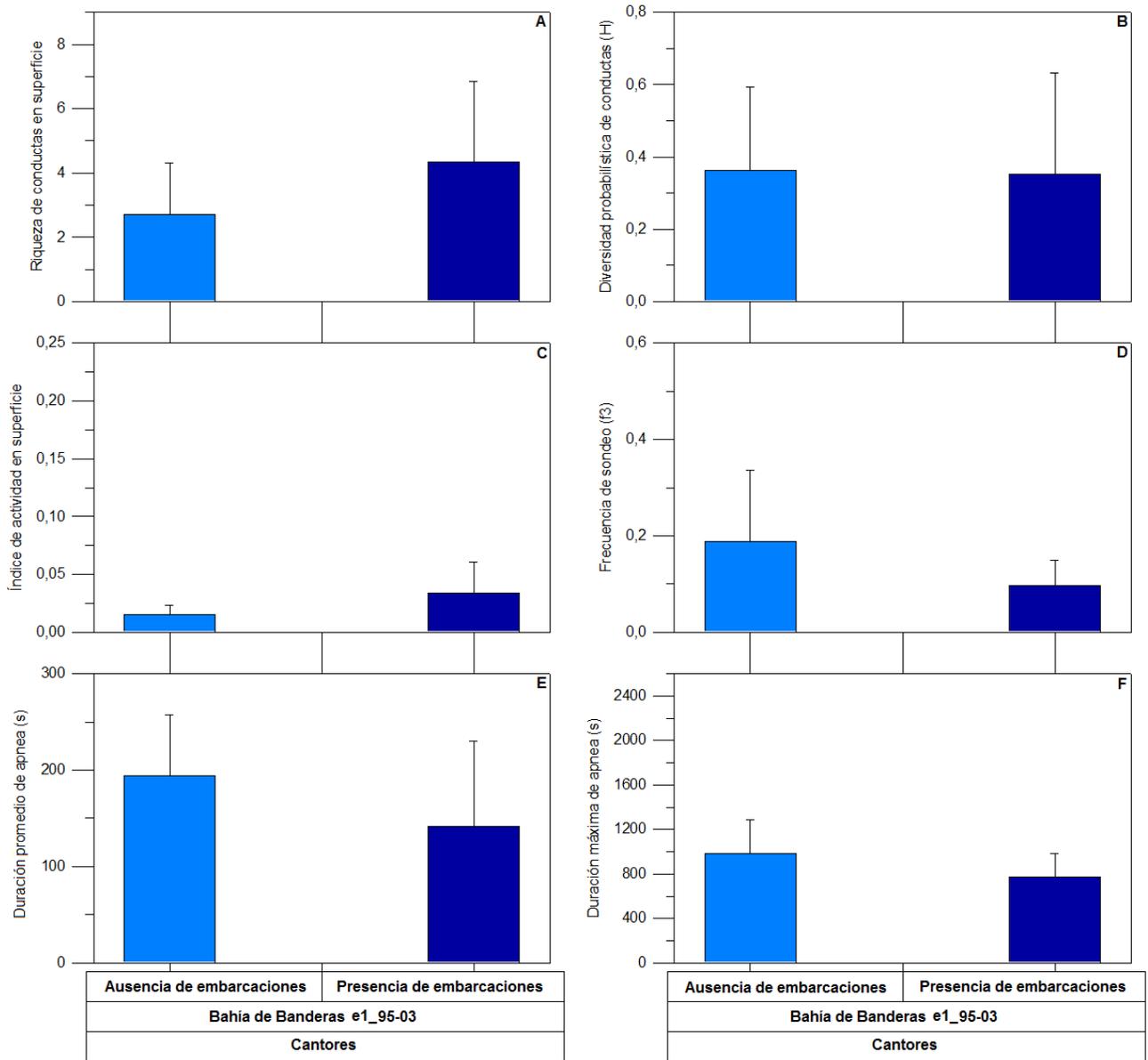


Figura 18. Cuatro variables de conducta y dos variables de apnea de cantores de ballena jorobada en la Bahía de Banderas (BB) durante los años 1995-2003. En tono claro se muestra a los animales cantores en ausencia de embarcaciones interactuantes y en tono oscuro los casos correspondientes en presencia de embarcaciones interactuantes.

La riqueza de conductas de los animales cantores en la Bahía de Banderas es mayor en presencia de embarcaciones y menor en ausencia de éstas.

Cuadro 20. Variación conductual y de ventilación de animales cantores en la Bahía de Banderas durante la etapa 1 (1995-2003) en ausencia y presencia de embarcaciones.

Etapa 1 1995-2003	CANTORES	
	Bahía de Banderas	Isla Socorro
Riqueza prom	1.500	2.000
Riqueza DE	± 0.707	± 0.000
H prom	0.149	0.288
H DE	± 0.210	± 0.196
Iac Prom	0.010	0.013
Iac DE	± 0.001	± 0.002
f3 prom	0.0 1	0.1 4
f3 DE	± 0.12	± 0.160
Pap prom	213.0	173.5
Pap DE	± 43.84	± 7.778
Dma prom	960.0	916.5
Dma DE	± 226.3	± 120.9

DE=Desviación estándar, prom=Promedio.

La diversidad de conductas, la frecuencia de sondeo, la duración promedio de apnea y la duración máxima de apnea de los animales cantores es menor en presencia de embarcaciones que en ausencia de éstas. Estos resultados no fueron estadísticamente significativos ($p_{Levene} > 0.40$; Cuadro 19, Figura 18A, B, D, E, F). El índice de actividad en superficie de los individuos cantores en presencia de embarcaciones sí es mayor con respecto a la ausencia de embarcaciones ($p_{Levene} = 0.04$; Cuadro 19, Figura 18C). La riqueza de conductas de cantores así como la diversidad de conductas son mayores en la Isla Socorro que en la Bahía de Banderas. La duración promedio de apnea y la duración máxima de apnea de los cantores son menores en la Isla Socorro que en la Bahía de Banderas. Ninguno de estos efectos fue estadísticamente significativo (Cuadro 20, Figura 19A, B, E, F). El índice de actividad de cantores es prácticamente igual en ambas regiones (Cuadro 20, Figura 19C). La frecuencia de sondeo de cantores en la Isla Socorro es mayor con respecto a la Bahía de Banderas ($p_{Levene} = 0.00$; Cuadro 20, Figura 19D).

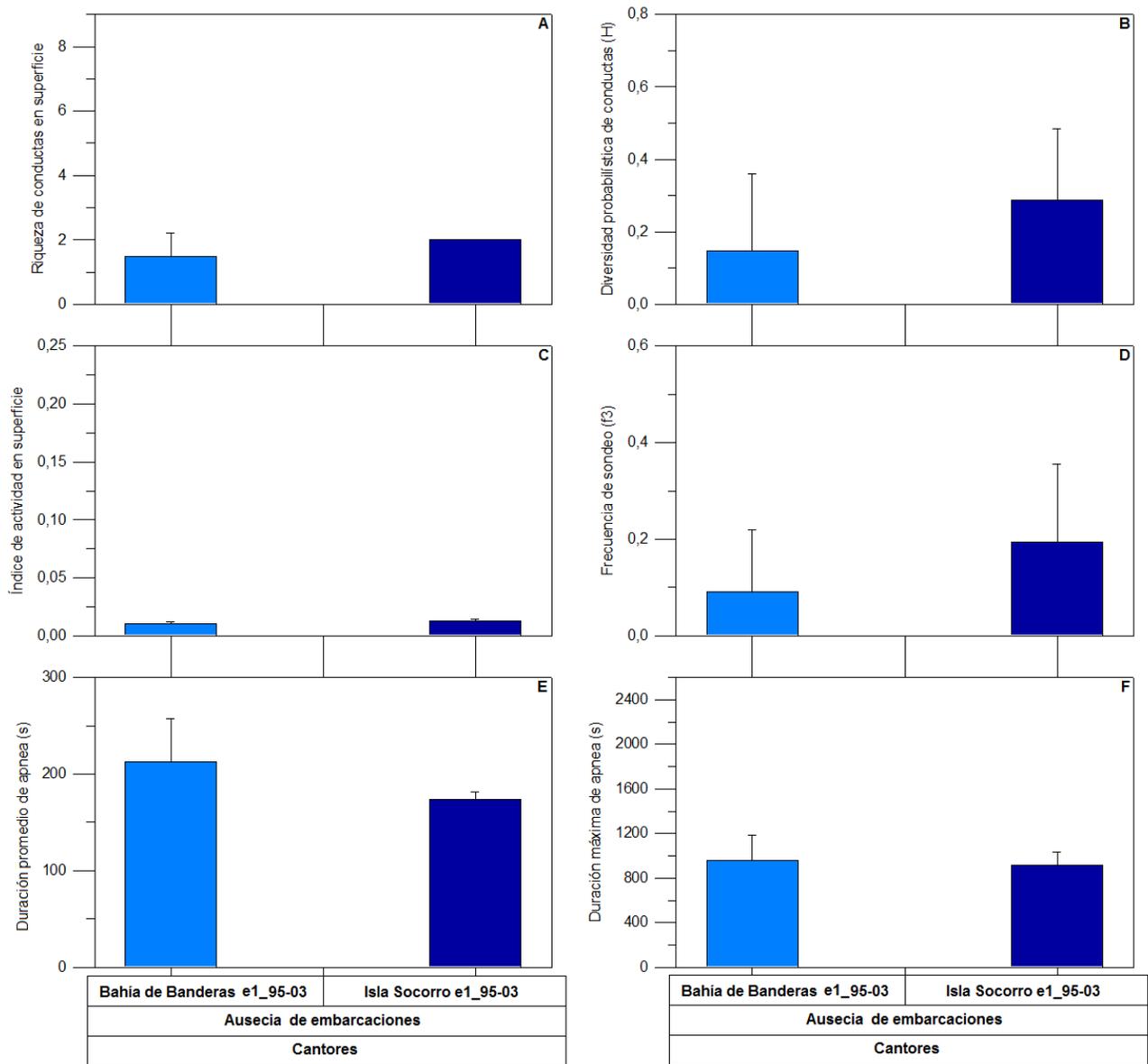


Figura 19. Cuatro variables de conducta y dos variables de apnea de cantores de ballena jorobada entre regiones durante los años 1995-2003 en ausencia de embarcaciones. En tono claro se muestra a los animales cantores de la Bahía de Banderas (BB) y en tono oscuro se muestra a los animales cantores en Isla Socorro (IS).

DISCUSIÓN

El índice de actividad de los adultos y crías y su tasa ventilatoria promedio, manifiestan una relación positiva la cual indica primero, que el ordenamiento de conductas de nuestro etograma con respecto al gasto de energía es correcto en lo general y que el índice de actividad puede medir el consumo de energía de los diferentes roles conductuales de las ballenas jorobadas. En segundo lugar, esta relación valida la estimación del consumo de reservas de energía que realizó Ruiz Rodríguez (2004) a partir de las tasas de ventilación de las ballenas jorobadas así como la observación de Villavicencio Llamosas (2000) de que las conductas con alto gasto de energía son las que se realizan con menor frecuencia y sobre lo cual es necesario recordar que las ballenas jorobadas muy rara vez se alimentan durante el invierno de manera que toda la energía que requieren para realizar sus actividades reproductivas depende casi por completo de las reservas de grasa subcutánea almacenada durante su alimentación en el verano (Chittleborough 1965; Dawbin 1966).

Es importante asimismo mencionar que, en sus distintas actividades invernales, las ballenas jorobadas muestran diferentes patrones de buceo los cuales se pueden caracterizar a partir de la distribución estadística de las duraciones de apnea la cual comúnmente se describe con una curva de tipo sobrevivencia. Nuestros resultados en el Pacífico Mexicano muestran tres tipos principales de patrones de buceo: 1) Los cantores presentan una mayor ocurrencia de apneas largas combinada con apneas breves para ventilación en la superficie y bajos índices de actividad en superficie esto es, una distribución bimodal de la duración de apnea; 2) Las crías presentan una predominancia de apneas cortas combinada con mayor actividad en la superficie y 3) los demás roles conductuales presentan un patrón intermedio que combina apneas de diferentes duraciones, incluyendo las apneas breves relacionadas con la ventilación, así como índices de actividad en superficie intermedios. Las hembras lactantes y los animales solitarios son los roles conductuales con apneas más breves en esta categoría.

Nuestros resultados muestran una distinción primaria entre las variables de conducta y las variables de ventilación las cuales incluyen las frecuencias de arqueo y sondeo. Las frecuencias de arqueo y sondeo así como la diversidad conductual, el índice de actividad y la duración promedio de apnea fueron las variables que presentaron mayor variación entre los datos. La mayor parte de la variación de la conducta en superficie, así como la variación de la tasa de los patrones de ventilación ocurren

entre los diferentes tipos de agrupaciones y/o roles conductuales, dentro de los cuales existen diferencias asociadas con la interacción con embarcaciones. Este efecto se observa en una mayor medida en animales cantores. También se observó que la variación a largo plazo se puede resumir en las décadas 1995-2003 y 2004-2013. Se observó además que casi no hay diferencias asociadas a las regiones al menos durante el lustro 1995-1999. Este resultado difiere de lo encontrado por Villavicencio Llamosas (2000) y Ruiz Rodríguez (2004) con los datos de la primera década, quienes mencionan la existencia de diferencias regionales que suelen depender de la zona y el nivel de perturbación de la misma, considerando siempre que la Isla Socorro es un área con escaso tránsito marítimo (Ortega et al. 1994) mientras que la Bahía de Banderas es un área muy transitada, especialmente por el turismo (Ávila Foucault y Saad Alvarado 1998; Díaz Gamboa 2005). Podría actualmente haber una diferenciación regional en los patrones de conducta y ventilación de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano como producto de los cambios de hábitos invernales a largo plazo detectados en la Bahía de Banderas. Una posible diferenciación regional en los patrones actuales de conducta y ventilación de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano queda por investigar.

Los resultados de este trabajo reafirman que las interacciones entre ballenas jorobadas y embarcaciones turísticas en la Bahía de Banderas dependen en gran medida del tipo de agrupación, es decir, de las actividades de los animales (Ruiz Rodríguez 2004; Villavicencio Llamosas 2000). Los efectos de la presencia de embarcaciones en los patrones de buceo de las ballenas jorobadas se observaron más en la duración promedio y la duración máxima de apnea (D_{ma} y Pap). Asimismo, incrementos en la duración promedio de apnea y/o la duración máxima de apnea durante dos décadas en la Bahía de Banderas se observaron en parejas y escoltas así como en hembras lactantes y sus crías. Estos efectos no fueron iguales en madres y crías durante las dos décadas indicando que hubo cambios en la interacción de ambos tipos de animales en la superficie como efecto de las embarcaciones. En los animales relacionados con crías durante la segunda década, se observa que la presencia de embarcaciones interactuantes genera una disminución en la frecuencia de sondeo que contrasta con la tendencia a incrementar el promedio y duración máxima de apnea. Esto indica que en general, la interacción entre animales relacionados con la crianza y la interacción de ellos con la superficie ha sido modificada por la observación turística a lo largo de dos décadas. El incremento en el tiempo de apnea podría indicar una mayor evasión a las embarcaciones. Un efecto similar se observa en los grupos de competencia pero únicamente durante la primera década. Entre los

resultados más importantes para la Bahía de Banderas se observa que las parejas presentan una mayor frecuencia de sondeo en presencia de embarcaciones y que este efecto ha crecido durante las dos décadas lo cual corrobora el hecho de que el sondeo sea una conducta relacionada con las variables de buceo. Animales solos, en canto y en grupos de competencia disminuyeron su duración promedio de apnea y/o la duración máxima de apnea por efecto de las embarcaciones durante las dos décadas indicando cambios en las actividades de las ballenas y los usos de sus reservas de energía. Los animales solitarios también presentaron un incremento en la frecuencia de sondeo, pero sólo hasta la segunda década, lo cual contrasta con la disminución sostenida del promedio de apnea y la duración máxima de apnea. Esto indica también un cambio en la relación de conducta superficial y buceo pero al revés que en los animales relacionados con crías. Este cambio, sin embargo, podría asociarse también a una mayor evasión de las embarcaciones en términos de permanecer menos tiempo en superficie y tal vez, con más cambios de dirección los cuales no fueron analizados en este trabajo. En los grupos de competencia en ausencia de lanchas de la Bahía de Banderas se observa una mayor frecuencia de golpes con aleta pectoral durante la segunda década lo que sugiere efectos de las embarcaciones que trascienden su presencia y/o cambios naturales a largo plazo en la conducta de las ballenas.

En la Isla Socorro, encontramos que la presencia de embarcaciones interactuantes disminuye de manera significativa la frecuencia de sondeo así como el promedio de apnea y su duración máxima durante la primera década para casi todas las agrupaciones analizadas. Esto podría significar que uno de los mayores efectos conductuales del turismo en la Bahía de Banderas, es sobre las hembras con cría en donde el efecto de las embarcaciones interactuantes es contrario al de la Isla Socorro.

Con respecto a la ausencia de embarcaciones en la Bahía de Banderas, la riqueza y diversidad conductual en superficie así como el índice de actividad de hembras lactantes, parejas e individuos solitarios en presencia de embarcaciones interactuantes, son mayores durante la primera década lo cual contrasta con la segunda década en que se observa una disminución de dichas variables. Esto hace suponer que en estos roles conductuales, las ballenas jorobadas probablemente minimizan el uso de sus reservas de energía. Las crías y las escoltas por otro lado, muestran una tendencia a incrementar estas variables de conducta, al menos durante la primera década. Para la Isla Socorro también se observa un efecto de disminución de la riqueza de conductas en superficie, la diversidad conductual y el índice de actividad en casi todas las agrupaciones en presencia de embarcaciones

interactuantes durante el breve periodo observado en la primera década. Esto significa que los efectos conductuales de las embarcaciones transcurrieron de manera diferente en ambas regiones probablemente por tratarse de diferentes actividades e intensidades de las embarcaciones interactuantes.

Otro efecto importante que se observa por la presencia de embarcaciones en la Bahía de Banderas durante la primera década es un incremento en el índice de actividad de individuos cantores y animales en grupos de competencia. Este efecto hace sentido si se parte del hecho de que los grupos de competencia presentan una mayor cantidad de despliegues conductuales antagónicos; aun así, podría suponerse que estos despliegues se hacen más pronunciados en este tipo de agrupaciones como despliegues de advertencia hacia las embarcaciones presentes. Es evidente que los individuos cantores suspenden el canto y cambian esta actividad por otra serie de conductas en superficie que podrían significar un uso alterado de reservas de energía.

SUMARIO DE CONCLUSIONES

- Existe una correlación positiva entre la tasa de respiración y el índice de actividad en superficie la cual indica que el ordenamiento de conductas es correcto en lo general y que el índice de actividad refleja el consumo de energía de las ballenas jorobadas.
- La duración mínima de los registros y el número mínimo de eventos en superficie de las ballenas jorobadas que resultaron representativos de acuerdo con el criterio utilizado, varían entre los diferentes roles conductuales, siendo las crías quienes presentan el número mayor de eventos mínimos en superficie, los cantores quienes presentan el mayor tiempo mínimo de registro y las parejas quienes presentan el menor número de eventos y tiempo mínimos de registro.
- Existe una distinción clara de las variables de conducta y las variables de ventilación, en donde las frecuencias de arqueo y sondeo la diversidad conductual, el índice de actividad y el promedio de apnea tuvieron la mayor variación entre los datos.
- El principal factor de variación para la conducta en superficie y los patrones de ventilación de las ballenas jorobadas durante el invierno se encuentra entre los roles conductuales, esto es, entre distintos tipos de actividades. Por lo tanto, la ocurrencia de las agrupaciones puede describir las actividades invernales de la especie.
- No se observó ningún tipo de variación en la conducta y patrones de ventilación asociada a las regiones que habita la ballena jorobada en el Pacífico Mexicano.
- Las embarcaciones turísticas que interactúan con las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas afectan su comportamiento y tasa de ventilación distinguiéndose primariamente entre animales relacionados con la crianza (p.ej. hembras con crías y escoltas) y animales relacionados con el apareamiento (p.ej. cantores y grupos de competencia). Lo anterior implica que las embarcaciones provocan un incremento del índice de actividad y tasa de ventilación en cantores y animales en grupos de competencia por lo cual hay presumiblemente en estos casos, un mayor consumo de energía almacenada como reservas de grasa ya que estos animales prácticamente no se alimentan durante el invierno.

- Durante dos décadas en la Bahía de Banderas, las embarcaciones interactuantes con ellas han tenido efectos en las interacciones entre las ballenas y en la relación de su conducta en superficie y el buceo. Estos efectos han sido diferentes para las diferentes actividades de las ballenas lo cual indica fuertemente un cambio generalizado en los hábitos de los animales y en el uso de sus reservas de energía. Ignoramos en qué medida estos cambios son adaptativos o son respuestas a estrés no aliviado pero sí sabemos que están asociados con cambios a largo plazo en la distribución espacial y de nicho ecológico así como al uso de hábitat en la Bahía de Banderas (Díaz Gamboa 2005; Medrano González et al. 2006, 2007, 2008, 2009, 2012; Ruiz Rodríguez 2004; Villavicencio Llamosas 2000).

REFERENCIAS

- Acevedo J.A., Aguayo Lobo A. y Pastene L.A. 2006. Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 41: 11-19.
- Anónimo. 1957. Carta Geográfica San Blas 13Q (III). Escala 1:500 000. 1ª Ed. Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la carta Geográfica de la República Mexicana.
- Anónimo. 1976. Memoria del levantamiento hidrográfico para la carta O. S. M. 655, de Puerto Vallarta, Jalisco. Secretaría de Marina. Dirección general de oceanografía y señalamiento marino. México. 137 pp.
- Anónimo. 1983. Carta Batimétrica "Islas Revillagigedo". CB-006. Escala 1:1, 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- Arellano-Peralta V.A. y Medrano-González L. 2015. Ecology, conservation and human history of marine mammals in the Gulf of California and Pacific coast of Baja California, Mexico. Ocean and Coastal Management 104: 90-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.004>.
- Au, W.W.L. y Green M. 1997. Acoustic interaction of humpback whales and whale-watching boats off Maui, Hawaii. J. Acoust. Soc. Am. 102(5, Pt. 2), 3177.
- Au, W.W.L. y Green M. 2000. Acoustic interaction of humpback whales and whale-watching boats. Mar. Environ. Res. 49(5, Jun.), 469-481.
- Ávila Foucault S. y Saad Alvarado L. 1998. Valuación de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en México. pp. 123-143. En: Benítez H.D. (ed.). Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. CONABIO-Instituto de Ecología, SEMARNAP. México. 203 pp.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. Canadian Journal of Zoology 62: 1922-1937.
- Baker C.S., Herman L.M., Perry A., Lawton W.S., Straley J.M., Wolman A.A., Kaufman G.D., Winn H.E., Hall J.D., Reinke J.M. y Ostman J. 1986. Migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. Marine Ecology-Progress Series, 31: 105-119.

- Baker C.S. y Herman L.M. 1989. Behavioral responses of summering humpback whales to vessel traffic: Experimental and opportunistic: Technical Report No. NPS-NR-TRS 89-01. U.S. Department of the Interior National Park Service, Alaska.
- Baker C.S. y Medrano González L., Calmbokidis J., Perry A., Pichelr F., Rosembaum H., Straley J.M., Urbán Ramírez J. Yamaguchi M. y von Ziegesar O. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. *Molecular Ecology*, 7(6): 695-708.
- Baker C.S. y Medrano González L. 2002. World-wide distribution and diversity of humpback whale mitochondrial DNA lineages. pp. 84-99. En: Pfeiffer C.J. (ed). *Molecular and cell biology of marine mammals*. Krieger Publishing Co. Melboure. F1.
- Baracho Neto C.G., Santos Neto E., Rossi Santos M.R., Wedekin L.L., Neves M.C., Lima F. y Faria D. 2012. Site fidelity and residence times of humpback whales (*Megaptera novaeanglie*) on the Brazilian Coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-9.
- Baraff L.S., Clapham P.J., Mattila D.K. y Bowman R.S. 1991. Feeding behavior of a humpback whale in low-latitude waters. *Marine Mammals Science*, 7(2): 197-202.
- Barlow J. 1994. Recent information on the status of large whales in California waters. NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-SWFSC-203. 27pp.
- Berta A., Sumich J.L. y Kovacs K.M. 2006. *Marine Mammals Evolutionary Biology*, Second edition. Academic Press, Massachusetts, U.S.A. 547pp.
- Borowski. 1781. *Balaena novaeangliae*. *Geminnüzzige Naturgeschichte des Thierreichs*, 2 (1):21.
- Braham H.W. 1984. Distribution and migration of gray whales in Alaska. En: M.L. Jones, S.L. Swartz y J.S. Leatherwood (eds.). *The Gray Whale*. Pp. 249-266. Academic Press, EE.UU. 600 pp.
- Brown M. y Corkeron P. 1995. Pod characteristic of migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off the east Australian coast. *Behaviour*, 132(3-4): 163-179.
- Calambokidis J., Steiger G.H., Straley J., Herman L.M., Cerchio S., Salden D., Urbán J., Jacobsen K., von Zeigesar O., Balcomb K.C., Gabriele C.M., Dahlheim M.E., Uchida S., Ellis G., Miyamura Y., Ladrón de Guevara P., Yamaguchi M., Sato F., Mizroch S.A., Schlender L., Rasmussen K. y Barlow J. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Marine Mammal Science*, 17: 769-794.

- Calambokidis J., Steiger G.H., Evenson J.R., Flynn K.R., Balcomb K.C., Claridge D.E., Bloedel P., Straley J.M., Baker C.S., Von Zeigesar O., Dahlheim M.E., Waite J.M., Darling J.D., Ellis G. y Green G.A. 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other North Pacific feeding grounds. *Marine Mammal Science*, 12: 215-226.
- Calambokidis J. Steiger G.H., Straley J.M., Quinn T., Herman L.M., Cerchio S., Salden, M. Yamaguchi D.R., Sato F., Urban J.R., Jacobsen J., Von Zeigesar O., Balcomb K.C., Gabriele C.M., Dahlheim M.E., Higashi N., Uchida S., Ford J.K.B., Miyamura Y., Ladron de Guevara P., Mizroch S.A., Schlender L. y Rasmussen K. 1997. Abundance and population structure of humpback whales in the North Pacific basin. Final Contract Report 50ABNF500113 to Southwest Fisheries Science Center, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038 72pp.
- Calambokidis J. y Steiger G.H. 2001. Movements and population structure of the humpback whales in the North Pacific. *Marine Mammals Science*, 17(4): 769-794.
- Calambokidis J., Falcone E.A., Quinn T.J., Burdin A.M., Clapham P.J., Ford J.K.B., Gabriele C.M., Le Duc R., Mattila D., Rojas-Bracho L., Straley J.M., Taylor B.L., Urban-R J., Weller D., Witteveen B.H., Wynne K., Yamaguchi M., Bendlin A., Camacho D., Flynn K., Havron A., Huggins J. y Maloney N. 2008. SPLASH: Structure of populations, levels of abundance and status of humpback whales in the North Pacific. Final report for Contract AB133F-03-RP-00078. 57 pp.
- Cano P. F.A. y Tovilla H.C. 1991. Oceanografía Física. Golfo de California. Pp. 453-514. En. G. De la Lanza E. (compiladora) Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor. México. 596 pp.
- Capella Alzueta y Flórez González 1999. Guía para el conocimiento y conservación de la Yubarta o Ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski). SECAB, Ciencia y Tecnología No. 80. España. 52pp.
- Carwardine M. 1998. Manuales de identificación. Ballenas, delfines y marsopas. Guía visual de todos los cetáceos del mundo. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. Pp. 76-79.
- Chapman D.G. 1974. Status of Antarctic Rorqual Stocks. pp 218-238. En: Shevill W.E. (ed). The whale Problem: a status report. Cambridge, Mass. Harvard University Press.
- Chittleborough R.G. 1955. Aspects of reproduction in the male humpback whale (*Megaptera nodosa*) (Bonnaterre). *Australian Journal of Freshwater and Marine Research*, 6(1):1-29.
- Chittleborough R.G. 1958. The breeding cycle of the female humpback whale (*Megaptera nodosa*) (Bonnaterre). *Australian Journal of Freshwater and Marine Research*, 9(1):1-18.

- Chittleborough R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 16:33-128.
- CITES, 2009. <http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml> (Mayo 2009).
- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1987. Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, observed in Massachusetts Bay, 1979-1985. Canadian Journal of Zoology, 65: 2853-2863.
- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1990. Reproduction of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) observed in the Gulf of Maine. Report of International Whales Commission, (Special Issue 12): 171-175.
- Clapham J.C., Palsboll P.J., Matila D.K. y Vázquez O. 1992. Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. Behaviour, 120 (1-2).
- Clapham P.J. 1993. Social organization of humpback whales on a North Atlantic feeding ground. Symp. Zool. Soc. Lond. (1993) 66: 131-145.
- Clapham P.J., Braff L.S., Carlson C.A., Christian M.A., Matilla D.K., Mayo C.A., Murphy M.A. y Pittman S. 1993. Seasonal occurrence and annual return of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the southern Gulf of Maine. Canadian Journal of Zoology, 71:440-443.
- Clapham P.J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. Mammal Review, 26(1): 27-49.
- Clapham P., Barco S., Jann B., Martinez A., Mattila D., Nelson M., Palsboll P., Pace R., Robbins J., Rone B. y Wenzel F. 2005. Update on a New Assessment of North Atlantic Humpback Whales. Reporte a la Comisión Ballenera internacional SC/57/AWMP 9.
- Clapham P. 2009. Humpback whale. pp. 582-585. En: Perrin W.F., Wursig B. y Thewissen J.G.M. (eds). 2009. Encyclopedia of Marine Mammals. Pp. Academic Press, San Diego, USA. 1414 pp.
- Darling, J.D. 1983. Migrations, abundance and behavior of Hawaiian humpback whales, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). Tesis de Doctorado. University of California, Santa Cruz. 147 pp.
- Darling J.D. y Morowitz H. 1986. Census of Hawaiian humpback whales (*Megaptera novaeangliae*), by individual identification. Canadian J. Zool., 64:105-111.
- Dawbin W.H. 1996. The seasonal migratory cycle of the humpback whales. pp. 145-170. En: Norris K.S. (ed.). Whales, dolphins, and porpoises. University of California Press. Berkeley, CA.
- Darling, J.D. y Bérubé M. (2001). Interactions of singing humpback whales with other males. Mar. Mamm. Sci. 17:570-584.

- Diario Oficial de la Federación. 1931. Código Penal Federal. México, D.F. 20 agosto 1931.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Lunes 16 de mayo de 1994.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000, Protección ambiental-Especies de flora y fauna silvestres de México-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Lunes 16 de octubre de 2000.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-1998. Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y conservación de su hábitat. México, D.F. 10 enero 2000.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México, D.F. 6 de marzo 2002.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Acuerdo por el que se establece como área de refugio para proteger a las especies de grandes ballenas de los subórdenes Mysticeti y Odontoceti, las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. México, D.F. 24 de mayo 2002.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México, D.F. 30 de diciembre 2010.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010. Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. México, D.F. 17 noviembre 2011.
- Díaz Gamboa I.C. 2005. Hábitos de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en interacción con la actividad turística en la costa sur de Nayarit y norte de Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F. 79pp.

- Dirección General de Oceanografía. 1979. Derrotero de las costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia. Publicación de la Secretaria de Marina 102. México, DF. 209 pp.
- Gallegos G.A., Barberan F.J.M. y Fernández E.A. 1988. Condiciones oceánicas alrededor de Isla Socorro, archipiélago de Revillagigedo, en Julio de 1981. Revista Geofísica, IPCH, No. 28, Ene/Feb 1988: 41 – 58.
- Gambell R. 1976. World whale stocks. *Mammal Review* 6:41-53.
- García J.A., Expósito G.D., Castillo S.S., Pérez M.A. y Ramírez E.Z. (Ed). 2004. Estudio prospectivo oceanográfico frente a las costas del Pacífico central mexicano. Métodos de muestreo en la investigación oceanográfica: Informe de la campaña oceanográfica PROCEAM I. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México, D.F. Gaviño de la T. y Uribe Z.P. 1980. Distribución, población y época de las Tres Islas Marietas, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología*, 51(1):505-524.
- Gendron D. y Urbán R.J. 1993. Evidence of feeding by humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Baja California Breeding Ground, México. *Marine Mammal Science*, 9(1): 76-81.
- Guerrero Ruiz M., Urbán R.J. y Rojas Bracho L. 2006. Las ballenas del Golfo de California. INE-SEMARNAT. México D.F. 537pp.
- Hernández Ventura S. 1997. Efecto de embarcaciones turísticas sobre el comportamiento del rorcual jorobado, *Megaptera novaeanglie* (Borowski, 1781) en el área reproductiva de Bahía de Banderas, Nayarit, México (enero-febrero, 1997). En: resúmenes de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, Nuevo Vallarta, Nayarit, México. 34 pp.
- Hoyt E. 2001. Whale Watching. Worldwide tourism numbers, expenditures and expanding socioeconomic benefits. A especial report from the International Fund for Animal Welfare (IFAW), UNEP. London. 164 pp.
- Hoyt E. 2002. Whale Watching. pp. 1305-1310. En: Perrin W.F. Wursig B. y Thewissen J.G.M. (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, USA. 1414 pp.
- Hoyt E. e Iñíguez M. 2008. Estado del Avistamiento de Cetáceos en América Latina. WDCS, Chippenham, UK; IFAW, East Falmouth, EE.UU.; y Global Ocean, Londres. 60pp.

- Jefferson T.A., Webber M.A. y Pitman R.L. 2008. Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification. Academic Press. Canadá. 572 pp. National Marine Fisheries Services. 1991. Recovery Plan for the humpback whale (*Megaptera novaeanglie*). National Oceanic and Atmospheric Administration. Silver Spring, MD.
- Johnson J.H. y Wolman A.A. 1984a. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. En: Breiwick M.J. y Braham W.H. (eds.). The status of endangered whales. A special section of the Marine Fisheries Review, NOAA7NMFS, 46 (4): 30-37.
- Johnson J.H. y Wolman A.A. 1984b. Report on the humpback whale under the endangered species act of 1973. Nat. Mar. Mam. Lab. Northwest and Alaska Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, NOAA. Seattle, Washington. 29 pp.
- Juárez Salas R.A. 2008. Historias de avistamiento y reproducción de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano. Maestro en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias UNAM. México, DF.
- Katona S. y Beard J.A. 1990. Population size, migrations and feeding agragations of the humpback whale (*Magaptera novaeanglie*) in the western North Atlantic Ocean. Rep. Int. Whal. Commn Spec. Issue., 12: 295-305.
- Katona S.K. 1991. Large-scale planning for assessment and recovery of humpback whale populations. Memories of the Queensland Museum, 30(2): 297-305.
- Kooyman G.L., Wahrenbrock E.A., Castellini M.A., Davis R.W. y Sinnett E.E. 1980. Aerobic and anaerobic metabolism during voluntary diving in Wedell seals: evidence of preferred pathways from blod chemistry and behavior. Journal of Comparative Physiology 138: 335-346.
- Leatherwood S. y Reeves R.R. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books. San Francisco, California. 302pp.
- Ladrón de Guevara Porras P. 2001. Distribución temporal y estructura de las agrupaciones de los rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) en dos áreas de reproducción del Pacífico Mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Lockyer, C.H. y Brown S.G. 1981. The migration of whales. En: D.J. Aidley (ed.). Pp. 105-137. Animal Migration. Society for Experimental Biology Seminar Series 13, Cambridge University Press, Cambridge.

- Mackintosh N.A. 1965. The stocks of whales. Fishing News (Books) Ltd., Londres, Gran Bretaña. 232 pp.
- Medrano L., Salinas M., Salas I., Ladrón de Guevara P., Aguayo A., Jacobsen J. y Baker C.S. 1994. Sex identification of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, on the wintering grounds of the Mexican Pacific Ocean. Canadian Journal of Zoology, 72: 1771-1774.
- Medrano González L., Aguayo Lobo A., Urbán R.J. y Baker C.S. 1995a. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeanglie*, in the Mexican Pacific Ocean. Canadian Journal of Zoology, 72:1771-1774.
- Medrano González L., Duran Lizarraga M.E., Cosío G.G., Fiordeliso Coll T., Hernández Vázquez M.M., Magaña C.E. y Peimbert Torres M., 1995b. Fisiología de la conducta de buceo en mamíferos y tortugas acuáticas. Reporte de la Biología de Campo. Facultad de Ciencias UNAM. México D.F.
- Medrano-González L., Baker C.S., Robles-Saavedra M.R., Murrell J., Vázquez-Cuevas M.J., Congdon B.C., Straley J.M., Calambokidis J., Urbán-Ramírez J., Flórez-González L., Olavarría-Barrera C., Aguayo-Lobo A., Nolasco-Soto J., Juárez-Salas R.A. y Villavicencio-Llamosas K. 2001. Trans-oceanic population genetic structure of humpbackwhales in the North and South Pacific. Memoirs of the Queensland Museum, 47(2): 465-479.
- Medrano González L. y Urbán Ramírez J. 2002. La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, 2000. Ficha de la especie, categorización de riesgo y propuesta para un plan nacional de investigación y conservación. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Proyecto W024. 69 pp.
- Medrano González L., Peters Recagno E., Vázquez Cuevas M.J., Zaragoza Álvarez R.A., Sánchez Parra J.M., Miranda Ramírez L., del Villar Flores C., Díaz Gamboa I.C., Vega Peña E.V., Juárez Salas R.A., Salazar Bernal E.C., Martínez Aguilar S., Vilorio Gómora L. y Rosales Nanduca H. 2006. Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. I. Biología de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF (<http://www.ine.gob.mx>). 19 pp.

- Medrano González L., Peters Recagno E., Vázquez Cuevas M.J., Zaragoza Álvarez R.A., Sánchez Parra J.M., Miranda Ramírez L., del Villar Flores C., Rosales Nanduca H., Vilorio Gómora L., Díaz Gamboa I.C. y Vega Peña E.V.. 2007. Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. II. Distribución y abundancia de mamíferos marinos en el Pacífico mexicano. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 23 pp.
- Medrano González L., Peters Recagno E., Vázquez Cuevas M.J., Zaragoza Álvarez R.A., Miranda Ramírez L., y Rosales Nanduca H. 2007. Distribución de las ballenas jorobadas, *Megaptera novaeangliae*, en la Bahía de Banderas y sus implicaciones para la conservación. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 19 pp.
- Medrano González L., Vázquez Cuevas M.J., Rivera León V.E. y Peters Recagno E. 2008. Distribución, abundancia y reproducción de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes: análisis orientado a un manejo sustentable. I. Distribución estacional, reproducción e interacción con embarcaciones. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 6 pp.
- Medrano González L., Vázquez Cuevas M.J., Rivera León V.E., Juárez Salas R.A. y Peters Recagno E. 2008. Distribución, abundancia y reproducción de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes: análisis orientado a un manejo sustentable. II. Cambios en la distribución y la abundancia absoluta. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 13 pp.
- Medrano González L., Vázquez Cuevas M.J., Juárez Salas R.A., Rosales Nanduca H. y Peters Recagno E. 2009. Identidad y heterogeneidad poblacional de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes. I. Identidad y heterogeneidad demográfica. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 12 pp.
- Medrano González L., Vázquez Cuevas M.J., Robles Saavedra M.R., Rodríguez Cortés X., Núñez López M.T. y Peters Recagno E. 2009. Identidad y heterogeneidad poblacional de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes. II. Identidad y heterogeneidad genética. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 12 pp.
- Medrano González L. 2009. La evolución de los cetáceos. pp. 539-588. En: Morrone J.J. y Magaña P. (eds). Evolución Biológica. Una visión actualizada desde la revista ciencias. Facultad de ciencias UNAM. México, DF.

- Medrano González L. y Vázquez Cuevas M.J. 2012. Impactos antropogénicos a los mamíferos marinos en el Golfo de California y la costa Pacífica de Baja California. Reporte al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México, DF. 24 pp. DOI: 10.13140/2.1.4013.4087.
- Medrano González L. y Smith Aguilar S.E. En prensa. Patrones espacio-temporales del canto de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano / Space-time patterns of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) song in the Mexican Pacific Ocean. Quehacer Científico en Chiapas.
- Melville H. 2010. Moby Dick o La ballena. Ediciones perdidas. Almería, España. 789pp.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 1991. Final Recovery Plan for the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). National Oceanic and Atmospheric Administration, USA. Silver Spring, MD.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2003. Alaska Marine Mammal Stock Assessments, 2003. US Dept. of Commerce NOAA Tech. Memo. NMSF-AFSC-144.
- Ortega R.A., Castellanos A., Arnaud, G., Maya Y., Rodríguez R., León J., Cacino J., Jiménez C., Llinas J.L., Alvarez S., Galina P., Preceda A., Troyo E., Salinas F., Díaz S., Servin R., Romero H, Rodríguez A., y Coria R. 1992. Recursos naturales de la Isla Socorro, Revillagigedo, México. 45: 175-184.
- Ortega R.A. y Castellanos V.A. 1994. La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 359pp.
- Perry S.L., DeMaster D.P. y Silber G.K. 1999. Artículo especial: The Great Whales: History and Status of Six Species Listed as Endangered Under the US Endangered Species Act of 1973. Mar. Fish. Rev. 61(1). <http://spo.nwr.noaa.gov/mfr611/mfr611.htm>
- Payne R.S. y McVay S. 1971. Songs of Humpback Whales. Science. 173 (39997): 585-597.
- Programa de conservación y manejo Parque Nacional Islas Marietas. 2011. México, CONANP-SEMARNAT.
- Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo. 2007. México, CONANP-SEMARNAT.
- Reilly S.B., Bannister J.L., Best P.B., Brown M., Brownell Jr. R.L., Butterworth D.S. Clapham P.J., Cooke J., Donovan G.P., Urbán J. y Zerbini A.N. 2008. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T13006A3405371. . Downloaded on 17 November 2015.

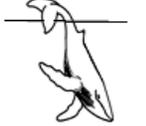
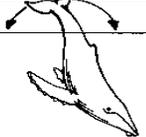
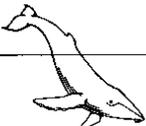
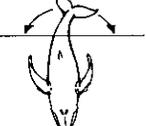
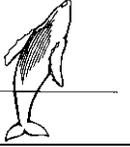
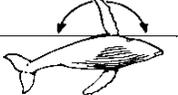
- Rice D.W. 1963. Progress report on biological studies of the larger cetacea in the waters off California. *Norsk Hvalfangst-Tidende*, 7:181-187.
- Rice D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. pp. 170-195. En: Schevill W.E. (ed.). *The whale problem: a status report*. Cambridge, Mass. Harvard University Press.
- Ruiz Rodríguez T. 2004. Actividad en superficie del consumo de aire de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 110pp.
- Salinas Zacarías M.A. y Bourillon Moreno L. 1988. Taxonomía, Diversidad y Distribución de los Cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F. 211pp.
- Salinas M.P., Ladrón de Guevara P.A., Aguayo L.J., Jacobsen I., Salas R., Cerchio S. y Medrano González L. 1994. Cetáceos del Archipiélago de Revillagigedo, con especial énfasis en la ballena jorobada, (1981-1992), Reunión Internacional de Investigadores del Archipiélago Revillagigedo, México. (Memorias). Instituto Oceanográfico del Pacífico, Manzanillo, Colima, México. Pág. 31.
- Slijper E.J. 1979. *Whales*. Cornell University Press. New York.
- Steiger G.H., Calambokidis J., Sears R., Balcomb K.C. y Cabbage J.C. 1991. Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Marine Mammals Science*, 7(3): 306-310.
- Tomilin A.G. 1957. *Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries*. Volume IX. Cetacea. Nauk S.S.S.R., Moscú. (Traducción al inglés, 1967, por el Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem). 717 pp.
- Townsend C.H. 1935. The Distribution of Certain Whales as Shown by Logbook Records of American Whaleships, *Zoologica*, 19: 1-50.
- Troyo-Diéz E. y Pedrín S. 1994. Aspectos hidro-fisiográficos y geológicos. pp 43-53. En: Ortega R.A. y Castellanos V.A. (eds). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 359pp.
- Tyack P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 8: 105-116.
- Tyack P. y Whitehead H. 1983. Male competition in large groups of wintering humpback whales. *Behavior*, 83: 132-154.

- Urbán R. J. y Aguayo L.A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science*, 3(4): 333-344.
- Urbán R. J., Alvarez F.C., Salinas Z.M., Jacobsen J.K., Balcomb K.C., Jaramillo L. A., Ladrón de Guevara P. P. y Aguayo L.A. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of México. *Fishery Bulletin*, 97(4): 1017-1024.
- Urbán R.J., Jaramillo L.A., Aguayo, L.A., Ladrón de Guevara P.P., Salinas Z.M., Alvarez F.C., Medrano G.L., Jacobsen J.K., Balcomb K.C., Claridge D.E., Calambokidis J., Steiger G.H., Straley J.M., von Ziegesar O., Waite J.M., Mizroch S., Dahlheim M.E., Darling J.D. y Baker C.S. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *Journal of Cetacean Research Management*, 2(2): 101-110.
- Urbán R. J., González-Peral U., Cárdenas-Hinojosa G. y Rojas-Bracho L. 2007. Informe para la comisión para la cooperación ambiental del plan de acción de América del norte para la conservación de la ballena jorobada. La Paz, B.C.S. Programa de investigación de Mamíferos marinos, UABCS-INE.
- Vigness Raposa K.J., Kenney R.D., González M.L. y August P.V. 2010. Spatial patterns of humpback whale (*Megaptera novaeanglie*) sightings and survey effort: Insight in to North Atlantic population structure. *Marine Mammals Science*, 26(1): 161-175.
- Villavicencio Llamosas K. 2000. Patrones de ventilación y hábitos del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) durante su estancia invernal en el Pacífico Mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F. 111pp.
- Wedekin L.L., Neves M.C., Marcondes M.C.C., Baracho C.G., Rossi Santos M.R., Engel M.H. y Simões Lopes P.C. 2010. Site fidelity and movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Brazilian breeding ground, south-western Atlantic. *Marine Mammal Science*, 26: 787-802.
- Weinrich M.T. 1991. Stable social associations among humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Southern Gulf of Maine. *Can. J. Zool.*, 69: 3012-3018.
- Weinrich M.T. 1991. Short-term association patterns of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) groups on their feeding grounds in the southern Gulf of Maine. *Can J. Zool.*, 69: 3005-3011.
- Weinrich M.T. y Corbelli C. 2009. Does whale watching in Southern New England impact humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calf production or calf survival? *Biological Conservation* 142:2931–2940.
- Whipple A.B.C. 1979. The whalers. Time-Life Books. Alexandria, VI.

- Whitehead H. 1983. Structure and stability of humpback whale groups off Newfoundland. *Can. J. Zool.*, 61: 1391-1397.
- Whitehead H. 1985. Por qué saltan las ballenas. *Investigación y Ciencia* 104: 58-63. (Edición en español de *Scientific American*).
- Winn H.E. y Winn L.K. 1978. The song of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the West Indies. *Mar. Biol.* (Berlín), 47: 97-114.
- Winn H.E. y Reichley N.E. 1985. Humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781). En: Ridgway H. y Harrison R. (eds.). Pp. 241-272. *Handbook of Marine Mammals*. Vol. 3. *The Sirenians and Baleen Whales*. Academic Press, Londres, Gran Bretaña. 362 pp

APÉNDICE

ETOGRAMA DE LA CONDUCTA EN SUPERFICIE DE LA BALLENA JOROBADA

Valor	Simbología	Conducta	Figura	Valor	Simbología	Conducta	Figura
0	—	Flote		6	⤿	Asomo en nado	
1	└	Veleo		7	S _{1/3}	Salto un tercio	
2	⤿	Arqueo		8	S _{1/2}	Salto un medio	
	⚡	Serpenteo		9	↕	Coletazo dorsoventral	
3	⤿	Sondeo		10	↔	Coletazo lateral	
	⚡	Reversa		11	S _{2/3}	Salto dos tercios	
4	↑	Nado lateral		12	S	Salto completo	
5	↗	Golpe de aleta pectoral		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>9 Soplo</p> <p>Y Aleta caudal</p> <p> Llegada de lancha</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p> Aleta al ras</p> <p>r Un solo lóbulo</p> <p> Salida de lancha</p> </div> </div>			
	⤿	Giro horizontal					

Modificado de Medrano González et al. (1995b).