



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



**ANÁLISIS DE VOCALIZACIONES DE LA ORCA, *Orcinus orca*,
EN LA PORCIÓN SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestra en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

MARÍA VERÓNICA IRIARTE DENIS

Director de Tesis: Dr. Jorge Urbán Ramírez

Comité Tutorial: Dra. Tania Escalante

Dr. Volker Koch

Dr. Luis Medrano

Dr. Oleg Zaitsev

La Paz, B.C.S, Junio de 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 Edith y Eduardo, por inculcarme el amor a la naturaleza



Para comprender los lazos que nos unen a todos los seres vivos y juzgar mejor el milagro de nuestra propia vida, dejad romper sobre vosotros la primera ola del mar.

Jacques-Yves Cousteau

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a la Dra. Gloria Vilaclara, Directora del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, por su gran apoyo a lo largo de estos dos años. Mil gracias Gloria por estar ahí siempre, por preocuparte no sólo por las cuestiones académicas sino también por las personales, especialmente las anímicas y las dudas existenciales. Gracias también por tus clases de limnología, literalmente fueron un placer.

A todas las integrantes de la *troupe* del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología: Chantal, Diana, Gloria, Gaby, y Lupita. Chicas, no tengo palabras para agradecerles su profesionalidad, compañerismo, buena onda, y paciencia en TODO momento. La verdad es que son ejemplares. Mis mayores respetos a todas ustedes.

Al Comité Académico del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, por aceptarme en el programa de maestría, por apoyarme económicamente cuando lo necesité, y por hacer posible esta instancia de aprendizaje tan importante.

A la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) por el sostén económico. Esta tesis corresponde a los estudios realizados con una beca otorgada por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México.

A la Embajada de México en Uruguay, especialmente a Blanca de Francesco, por el apoyo recibido antes y durante el otorgamiento de la beca de la SRE.

Al Dr. Jorge Urbán Ramírez. Gracias Jorge por haberme abierto las puertas de tu laboratorio, por ofrecerme trabajar en acústica de orcas, y por colaborar con mi crecimiento académico.

A la Dra. Tania Escalante, Dr. Volker Koch, Dr. Luis Medrano, y Dr. Oleg Zaitsev por sus revisiones, comentarios, y discusiones (especialmente Volker y Oleg, eintausend danke!, Большое спасибо!).

A la Dra. Eleonora Romero, asesora externa al Comité Tutorial. Gracias Ele por tu paciencia, buena onda, y por tus excelentes correcciones. Gracias también por tus clases de estadística, por transmitir tu pasión por las matemáticas, y sobre todo por tu humildad.

Al Dr. John Ford por el mini-curso sobre vocalizaciones de orcas, por su invaluable orientación y ayuda, y por dedicar valiosas horas a tratar de resolver problemas juntos. Gracias John por tu paciencia, confianza, amistad, gran humildad, y por prestarme un hidrófono para mis salidas en Loreto!.

A la Dra. Erin Oleson y al Dr. John Hildebrand por recibirme en su laboratorio y orientarme en la búsqueda de los datos acústicos del instrumento de grabación autónomo HARP.

A William Rossiter y a la Cetacean Society International (CSI), por patrocinar una vez más mi desarrollo académico y otorgarme fondos para las estancias fuera de México, además de colaborar con la compra de una computadora portátil.

Al MSc. Jeff Jacobsen. *Uncle JJ*, vos sos una de las personas a las que definitivamente tengo que hacerle un monumento. Millones de gracias por tu confianza, amistad, apoyo, y por ayudarme en diversas etapas de este crecimiento profesional. Gracias miles por prestarme la grabadora digital!!!!!!

A la MSc. Jessica Burtenshaw y al Dr. Bernie Tershy, por haber tomado la sabia decisión de grabar a las orcas en algún momento de sus vidas. Jessica, quién iba a imaginar que mientras yo disfrutaba de las orcas en la zodiac vos estabas obteniendo los datos más importantes de mis futuros estudios de maestría!

A la investigadora Alisa Schulman-Janiger. Gracias por tus mails, apoyo, pasión por las orcas y por compartir tu conocimiento sobre el L.A pod!.

A mis compañeros del PRIMMA-UABCS con los que realicé los cruceros del HARP: Carlos Aguilera, Gustavo Cárdenas, Claudia Díaz, Octavio Fournes, Lourdes García, Paulina Godoy, Alejandro Gómez-Gallardo, Carlos Niño, Sergio Martínez, Ethan Roth (Scripps), Nadia Rubio (Scripps), Christian Salvadeo (gracias hermano rioplatense por las discusiones académicas tan productivas!), Wezddy del Toro, Jorge Urbán, Flor Vázquez, Daniel Vázquez, y al capitán y tripulación del *Amigo* (gracias Armando por tus canciones!).

A toda la gente linda del Instituto en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM-Unidad Académica Mazatlán, especialmente a Margarita Cordero (Auxiliar del Posgrado) por su dulzura y por estar siempre al pendiente de los estudiantes; a Carlos Green por las excelentes clases de Geología; al trío dinámico de cómputo (Herlinda, Germán, y Carlos) por las bromas, las charlas sobre fútbol, *e ainda mais!*; y a mis compañeros Luis y Gaby por las chelas y los ratos de estudio.

Un agradecimiento mega-gigante a Clara, bibliotecaria del ICMYL en Mazatlán. Clarita, millones de gracias por estar siempre feliz, radiante, por transmitir esa energía increíble que tenés, por tu amistad y por tu profesionalidad. Gracias por ser TAN eficiente y conseguir papers y libros desde el centro de la Tierraaaaaaaaaa!!!!!!!.

A las chicas *sex & the city* (ustedes saben quiénes son....no las voy a quemar, además el que los hombres se enteren que hay dos *Samanthas* salvajes en tierra azteca causaría estragos....y no quiero ser culpable de nada!)...qué les puedo decir?....ajajajajajaj!!!!. Hablando en serio, chicas, ustedes son dos de las personas más maravillosas con las que me he topado en la vida. Agradezco a la Madre Naturaleza por habernos cruzado en el camino, por los momentos alucinantes que compartimos, por las borracheras, pizzas, terapias de grupo, y por la sólida amistad que forjamos. Las adoro de corazón, y espero que nos volvamos a juntar *elsewhere*, somos ciudadanas del mundo.

Betzi, mi compañera de hogar durante el semestre en Mazatlán y un año en La Paz. Sos una persona muy linda, me alegro mucho de haberte conocido y convivido con vos. Gracias por tu amistad, tolerancia, y terapia psicológica.....ajajajajajaj!!!!!!!. Añoro mucho nuestra dinámica de cocina y limpieza (y eso que sos responsable de que desde que te fuiste a Panamá haya eliminado el arroz de mi dieta!). Al igual que con las otras dos locas, espero que la vida nos cruce de nuevo.

A Nancy y Chato, mis ex - vecinos de La Paz, y con quiénes compartí mi último mes en *la city*. Gracias miles!!!!.

A mis dos queridísimos amigos de La Paz, Benjamín y Gustavo. Gracias chicos por esta amistad duradera que hemos ido creando en mis idas y venidas a México, por los consejos, y por compartir conmigo sus familias y amistades. Gracias por las salidas de campo, salidas en la noche, y por ser tan lindos!

A mi estimadísima colega Mercedes Guerrero. Gracias Meche por compartir conmigo todo lo que sabés de las orcas del Golfo, por tu buena onda, por tu profesionalidad, y por haber puesto tanta energía en los bichos y seguir en la lucha!!!!. ADELANTE!!!!!!!!.

A todos los integrantes del Parque Nacional Bahía de Loreto, especialmente al Encargado de Despacho Everardo Mariano, por darme la oportunidad de participar en los monitoreos biológicos del Parque. Ever, te agradezco de todo corazón el haberme recibido con muy buena vibra, disposición, y sonrisa!. Un agradecimiento muy especial a los guardaparques Juan Barajas, David Bugarín, y Salvador González. Gracias por su amistad, historias, carrilla, chelas, y por todos esos momentos que compartimos juntos dentro y fuera de la panga. Son muy especiales, todos unos personajes!.

Al Grupo Ecologista Antares de Loreto, en especial a Fernando Arcas, Luis Blanchett, y María Elena Murillo. Gracias chicos por haberme brindado un espacio en GEA, por las salidas al mar, y por compartir su valiosa información. Gracias Fernando por las horas que pasamos flotando, por tus cuentos, y por compartir conmigo un sinfín de cosas que me hicieron crecer mucho y aprender toneladas.

A la ONG *Comunidad y Biodiversidad*, por el apoyo a las salidas al mar en Loreto, en particular a la Dra. Andrea Sáenz y al capitán Juan García. Gracias Andrea por tu disposición, colaboración, y entusiasmo para con mi búsqueda de orcas en el Parque Nacional. Y a vos Juan, te agradezco tu amistad, los momentos inolvidables en la panga, tus historias de libro, espontaneidad, y todas las risas que me sacaste.....sos genial.

A mis compañeros de hogar en Loreto, Alejandra, Israel, y Rita, y a las vecinas especiales Tati y Katy. Gracias chicos por darme la oportunidad de vivir con ustedes y conocerlos; por su amistad; noches de tinto y caguamas; tardes de cactus, cascots, y polvo; y conversaciones filosóficas. Son una pareja *locochona* alucinante, y vos Rita, una gordinflona única. Los llevo conmigo.

Al Dr. Walter Norbis, estimadísimo profesor de la Facultad de Ciencias-UDELAR (Montevideo, Uruguay). A vos Walter ya ni sé como agradecerle todo lo que me has ayudado en estos años (cuántos tequilas querías?...jjjjjj!!!!). Gracias por el apoyo moral, por la confianza, y por tu amistad. SOS UN GRANDE!.

A Giancarlo y Mariana, mis más grandes amigos de Uruguay y *quasi* familia.... gracias por su amistad, por los e-mails (escuetos y esporádicos pero sinceros!), y por sentirlos presentes a pesar de estar lejos del *paisito*. Mariette, a vos en especial te agradezco las horas de estudio invertidas al lado de la estufa a leña (qué épocas aquellas!), las sopitas de Nidia a la mitad de la mañana, los pedos del Inti, las fiestas locas con Quique & Co...ajajajaj!!!!

Finalmente, quiero agradecer a mi familia: Edith, Eduardo, Vladimir, y Sandy, por el apoyo incondicional, moral y económico, a lo largo de este camino pedregoso que es la ciencia. Gracias por darme las herramientas necesarias para crecer como persona, por estimularme y hacer posible mi desarrollo profesional. Gracias a ellos es que estoy escribiendo estas últimas palabras de la tesis!.

ÍNDICE

Lista de figuras.....	i
Lista de cuadros.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract:.....	v
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
I. 1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE.....	1
I. 1.1 Antecedentes.....	2
I. 1.2 Acústica.....	3
I. 1.3 Transmisión cultural.....	6
I. 1.4 Uso diferencial de las vocalizaciones.....	7
I. 1.5 Antecedentes específicos.....	8
I. 2 ÁREA DE ESTUDIO.....	9
I. 2.1 Masas de agua.....	10
I. 2.2 Características físicas del sitio de ubicación del HARP.....	11
I. 2.3 Velocidad del sonido.....	13
I. 3 GENERALIDADES DE LA ACÚSTICA PASIVA.....	13
I. 3.1 Instrumentos de grabación autónomos.....	14
CAPÍTULO II: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE VOCALIZACIONES DE LA ORCA (<i>Orcinus orca</i>).....	16
II. 1 INTRODUCCIÓN.....	16
II. 2 OBJETIVOS.....	17
II. 2.1 Objetivo general.....	17
II. 2.2 Objetivos específicos.....	17
II. 3 MÉTODOS.....	18
II. 3.1 INSTRUMENTOS ACÚSTICOS.....	18
II. 3.1.1 Instrumento de grabación autónomo (HARP).....	18
II. 3.1.2 Hidrófono de arrastre.....	21
II. 3.1.3 Sonoboyas.....	23

II. 3.2 ANÁLISIS DE SONIDOS	24
II. 3.2.1 Instrumento de grabación autónomo (HARP).....	24
II. 3.2.2 Hidrófono de arrastre y sonoboyas.....	28
II. 3.3 CATEGORIZACIÓN DE VOCALIZACIONES DISCRETAS	29
II. 3.4 MUESTREOS DE CAMPO	29
II. 3.4.1 Esfuerzo para la obtención de grabaciones <i>in situ</i>	29
II. 4. RESULTADOS	32
II. 4.1. Vocalizaciones discretas.....	32
II. 4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS VOCALIZACIONES	34
II. 4.2.1 GoCa1.....	34
II. 4.2.2 GoCa2.....	35
II. 4.2.3 GoCa3.....	36
II. 4.2.4 GoCa4.....	37
II. 4.2.5 GoCa5.....	39
II. 4.2.6 GoCa6.....	40
II. 4.2.7 GoCa7.....	41
II. 4.2.8 GoCa8.....	43
II. 4.2.9 GoCa9.....	44
II. 4.3 ESTABILIDAD DE LAS VOCALIZACIONES	45
II. 4.4 ESFUERZO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS GRABACIONES <i>IN SITU</i>	46
II. 5 DISCUSIÓN	48
II. 5.1 Ocurrencia y comportamiento vocal de los individuos.....	48
II. 5.2 Direccionalidad de las vocalizaciones y profundidad del HARP.....	50
II. 5.3 Vocalizaciones de <i>Orcinus</i> vs <i>Globicephala</i>	51
II. 5.4 Vocalizaciones de la orca en el Golfo de California.....	54
CAPÍTULO III: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, Y PERSPECTIVAS	56
III. 1 Conclusiones.....	56
III. 2 Recomendaciones.....	57

III. 3 Perspectivas.....	58
REFERENCIAS.....	60
ANEXO I: Conjunto total de archivos de datos X.WAV correspondientes al HARP revisados manualmente durante la <i>Etapa I</i> para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.....	69
ANEXO II: Conjunto total de archivos de datos .WAV correspondientes a grabaciones <i>in situ</i> realizadas con un hidrófono de arrastre y sonoboyas, revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.....	73
ANEXO III: RUTINAS DE MATLAB.....	74
DISCO COMPACTO: Archivos de sonido de GoCa1-GoCa9 y Figuras 25-26.....	77

LISTA DE FIGURAS

Fig.1: Secuencia de vocalizaciones de <i>O. orca</i> del Golfo de California obtenidas por un hidrófono de arrastre.....	4
Fig.2: Golfo de California.....	10
Fig.3: Esquema de distribución lateral promedio de masas de agua en el Golfo de California.....	11
Fig.4: Área de Estudio, Cuenca Pescadero.....	12
Fig.5: Cuerpo de registro de datos del HARP.....	19
Fig.6: Instrumento de grabación autónomo de profundidad HARP.....	20
Fig.7: Posición exacta del HARP para cada período de monitoreo (GofCA2-GofCA6).....	21
Fig.8: Ubicación de los avistamientos durante los cuales se efectuaron registros acústicos con un hidrófono de arrastre.....	22
Fig.9: Esquema general del monitoreo acústico con un hidrófono de arrastre.....	22
Fig.10: Esquema general de una sonoboya AN-SSQ-57.....	23
Fig.11: Ubicación de los sitios en los que se realizaron grabaciones con sonoboyas durante avistamientos de la especie.....	24
Fig.12: Ventana de TRITON.....	25
Fig.13: Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL).....	30
Fig.14: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa1.....	34
Fig.15: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa2.....	35
Fig.16: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa3.....	36
Fig.17: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa4_i.....	37
Fig.18: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa4_ii.....	38
Fig.19: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa5.....	39
Fig.20: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa6.....	40
Fig.21: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa7.....	41
Fig.22: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa8.....	43
Fig.23: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa9.....	44
Fig.24: Espectrograma de la vocalización discreta GoCa7 registrada el 26 de Septiembre de 1985 en Canal de Ballenas, <i>Golfo Superior</i>	45

Fig.25: Espectrograma de vocalización discreta no categorizada de *O. orca* registrada el 21/12/05 por el HARP.....53

Fig.26: Espectrograma secuencial de una vocalización discreta de *G. macrorhynchus* registrada el 03/01/05 por el HARP.....53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Monitoreo acústico del HARP en Cuenca Pescadero.....	20
Cuadro 2: Grabaciones realizadas a dos grupos de orcas con el hidrófono de arrastre en la región del <i>Golfo Inferior</i>	21
Cuadro 3: Grabaciones realizadas con sonoboyas en la región del <i>Golfo Inferior</i>	23
Cuadro 4: Salidas de campo en el PNBL.....	31
Cuadro 5: Vocalizaciones categorizadas a partir de todos los datos acústicos analizados.....	33
Cuadro 6: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa1.....	34
Cuadro 7: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa2.....	35
Cuadro 8: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa3.....	36
Cuadro 9: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa4_i.....	38
Cuadro 10: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa4_ii.....	38
Cuadro 11: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa5.....	40
Cuadro 12: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa6.....	41
Cuadro 13: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa7.....	42
Cuadro 14: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa8.....	43
Cuadro 15: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa9.....	44
Cuadro 16: Estadística descriptiva de la vocalización GoCa7 para Canal de Ballenas, 1985.....	46
Cuadro 17: Reportes de avistamientos de <i>O. orca</i> en las adyacencias de Loreto para los meses de Enero y Febrero de 2009.....	46
Cuadro 18: Archivos HARP con presuntas vocalizaciones de <i>O. orca</i> seleccionados en la <i>Etapa I</i> y la posterior confirmación de especie realizada durante la <i>Etapa II</i> del análisis.....	52

RESUMEN

La orca, *Orcinus orca*, es un delfín con una compleja estructura social que produce, mantiene y transfiere información intra-específica (tradiciones culturales) mediante la emisión de vocalizaciones. Estudios en diferentes partes del mundo han demostrado que el repertorio vocal de la orca no sólo varía geográficamente, sino que también permanece estable a lo largo del tiempo. En el Golfo de California se ha realizado investigación sobre la especie sólo a partir de datos oportunistas, pero su estructura social y la relación de los individuos avistados con las poblaciones del Pacífico Noreste son desconocidas. El presente trabajo constituye el primer esfuerzo para obtener conocimiento sobre el comportamiento vocal de la orca en el Golfo de California a través de la técnica de acústica pasiva, mediante el uso de un instrumento de grabación autónomo (HARP/*High Frequency Acoustic Recording Package*) depositado en el suelo marino en la Cuenca Pescadero (23 49.792 N, 109 37.787 O), *Golfo Inferior*, con el fin de estudiar zífidos (familia Ziphiidae). Además, se utilizaron registros obtenidos por un hidrófono de arrastre durante dos avistamientos de un grupo de tres orcas. Se analizó un total de 13.44 TB de información, de los cuales 396.9 GB fueron seleccionados para la búsqueda puntual de las vocalizaciones de interés. De 32 archivos seleccionados del HARP, 7 correspondieron a *O. orca*, 18 al calderón de aletas cortas *Globicephala macrorhynchus* (delfínido teutófago con estructura social, comportamiento, y vocalizaciones muy similares a las de la especie objetivo) y 2 a “posiblemente orca”; mientras que los 6 restantes podrían pertenecer a cualquiera de las dos especies. En los 7 archivos identificados como *O.orca* se encontraron 156 vocalizaciones discretas, se generaron espectrogramas, y se clasificaron según sus características audibles y estructurales. A partir de esto se categorizaron 9 vocalizaciones, 5 correspondientes a los datos del hidrófono de arrastre (GoCa2-GoCa6), 3 a los del HARP (GoCa7-GoCa9), y 1 presente en ambos instrumentos acústicos (GoCa1). La vocalización GoCa4 presentó dos tipos estructurales (GoCa4_i y GoCa4_ii), mientras que a partir de registros del año 1985 en Canal de Ballenas (NO del Golfo de California) se confirmó que la vocalización GoCa7 ha estado presente en el área de estudio por 21 años.

ABSTRACT

The killer whale, *Orcinus orca*, is a dolphin with a complex social structure which produces, maintains and shares intra-specific information (cultural traditions) through the emission of vocalizations. Research done in different locations has proved that its vocal repertoire not only varies geographically but remains stable along important periods of time. In the Gulf of California opportunistic research has been done, but the social structure and relationship of the sighted individuals with the ones of the Northeast Pacific is totally unknown. The present research implies the first effort to obtain knowledge on the vocal behaviour of the killer whale in the Gulf of California through passive acoustics, using data obtained by an autonomous instrument (HARP/*High Frequency Acoustic Recording Package*) located on the ocean bottom at Pescadero Basin (23 49.792 N, 109 37.787 W) *Inferior Gulf*, with the aim of recording beaked whales (Ziphiidae family). Besides, recordings obtained by a towed array during two sightings of three individuals were also used. A total of 13.44 TB of information were analyzed, of which 396.9 GB were selected in order to search for punctual calls. Of 32 HARP archives, 7 corresponded to *O. orca*, 18 to the short-finned pilot whale *Globicephala macrorhynchus* (teutophagic delphinid with social structure, behaviour, and vocalizations similar to *O. orca*), and 2 to "possible orca"; while the other 6 could belong to any of the two species. In the 7 *O. orca* archives 156 discrete calls were found, spectrograms were generated, and were classified through their aural and structural characteristics. As of that, 9 vocalizations were categorized, 5 corresponding to the towed array data (GoCa2-GoCa6), 3 to the HARP one (GoCa7-GoCa9), and 1 found in both acoustic instruments (GoCa1). Vocalization GoCa4 included two structural types (GoCa4_i y GoCa4_ii), while from acoustic records of 1985 at Canal de Ballenas (NW of Gulf of California) it was confirmed that GoCa7 has been in the study area for 21 years.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

I. 1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

La orca, *Orcinus orca*, es el más grande de los cetáceos odontocetos pertenecientes a la familia Delphinidae. Es un cetáceo cosmopolita que ha sido definido como el mamífero con la más amplia distribución mundial (Dalheim & Heyning, 1999), ya que puede encontrarse en todas las zonas biogeográficas establecidas con base en la temperatura superficial del agua (TSA) (Nybakken, 1997), y en aguas tanto neríticas como oceánicas; aunque las mayores concentraciones de individuos de la especie ocurren en aguas costeras y en latitudes altas (Jefferson *et al.*, 1993). No se considera un animal migratorio (Baird, 2000, 2002), aunque algunos autores la han postulado como tal (Mikhalev *et al.*, 1981; Dalla Rosa *et al.*, 2002) debido a la incrementada ocurrencia estacional en ciertas áreas puntuales de latitud media y alta con amplia disponibilidad de alimento (Océano Indico Sur: Condy *et al.*, 1978; Guinet, 1992; Keith *et al.*, 2001; Patagonia Argentina: López & López, 1985; Hoelzel, 1991; Iñíguez, 2001; Brasil: Lodi & Hetzel, 1998; Siciliano *et al.*, 1999; Atlántico Norte: Similä & Ugarte, 1993; Bisther, 2002), y a la amplia capacidad de desplazamiento de dicho cetáceo (Guerrero-Ruiz *et al.*, 1998, 2005; Visser 1999a, 2000; Baird, 2000). Sin embargo, las evidencias no son claras debido a posibles sesgos en el esfuerzo de muestreo durante ciertas épocas del año (Gill & Thiele, 1997; Baird, 2000).

La orca es considerada oportunista con respecto a sus hábitos alimenticios, siendo el cetáceo odontoceto con alimentación más diversa (Heyning & Dahlheim, 1988). Existen registros de ataques y/o depredación sobre aves marinas, reptiles, peces óseos y cartilagosos, pinnípedos, cetáceos e inclusive mamíferos terrestres (Whitehead & Glass, 1985; Williams *et al.*, 1990; Guinet, 1991; Jefferson *et al.*, 1991; Constantine & Visser, 1998; Visser, 1999b; Ford & Ellis, 1999). Dentro de una misma región el tipo de dieta puede variar en tiempo y espacio, pero estudios a largo plazo han demostrado que algunas poblaciones de orcas se especializan en ciertas presas (Bigg, 1982; Bigg *et al.*, 1990; Similä y Ugarte, 1993; Ford *et al.*, 1998; Baird, 2001) mediante el uso de tácticas específicas de forrajeo, al menos estacionalmente (López & López, 1985; Guinet, 1991a; Similä & Ugarte, 1993; Visser, 1999c). El desarrollo y

establecimiento de estas tácticas de forrajeo ocurre a través de procesos culturales (Ford, 1989; Bain, 1989; Rendell & Whitehead, 2001), lo que ya ha sido postulado también para otras especies de cetáceos (e.g. *Physeter macrocephalus*: Whitehead & Weilgart, 2000; Whitehead & Rendell, 2004; *Tursiops truncatus*: Krützen *et al.*, 2005).

La existencia de una estrategia de forrajeo en particular se encuentra directamente relacionada con la disponibilidad de recursos y su aporte energético, además de un balance costo-beneficio (Baird & Dill, 1996; Baird, 2000, 2002; Ford & Ellis, 2006). Con respecto a esto último, es importante destacar que las técnicas de forrajeo muchas veces son riesgosas para la vida del animal (e.g. Guinet, 1991a; Duignan *et al.*, 2000; Visser & Fertl, 2000), por lo que el aprendizaje adecuado de éstas implica una gran inversión parental (Guinet, 1991a; López & López, 1985; Guinet & Bouvier, 1995). Como consecuencia, el desarrollo, mantenimiento, y transmisión de técnicas de captura de alimento está fuertemente vinculado con la compleja estructura social y con los movimientos de las diferentes poblaciones de orcas (Würsig, 1986; Waite, 1988; Bain, 1989; Hoelzel, 1989; Saulitis *et al.*, 2000; Barrett-Lennard, 2000). Debido a esta gran diversidad y a la plasticidad inherente a los grupos sociales de la especie, es importante tratar a cada población de este depredador tope como una entidad única, evitando así encasillamientos o la búsqueda de patrones repetitivos (Baird, 2001).

I. 1.1 Antecedentes

El conocimiento que se tiene sobre *O.orca* hoy en día proviene mayormente de estudios realizados en el Pacífico Noreste, especialmente en el Estado de Washington (EE.UU) y la Columbia Británica (Canadá). En esa zona se han determinado tres poblaciones de orcas con base en su distribución y uso del hábitat, morfología, comportamiento, acústica, genética, estructura social y hábitos alimenticios (Bigg, 1982; Ford & Fisher, 1983; Ford, 1989; Bigg *et al.*, 1990; Ford, 1991; Olesiuk *et al.*, 1990; Hoelzel *et al.*, 1998; Ford *et al.*, 1998). La primera población presenta dos subpoblaciones parapátricas (comúnmente llamadas *residentes*) (Barrett-Lennard, 2000) y su dieta incluye exclusivamente peces (Ford *et al.*, 1988; Heimlich-Boran, 1988; Ford & Ellis, 2006), aunque pueden presentar interacciones agonísticas con otros mamíferos marinos (Ford *et al.*, 1988; Baird *et al.*, 2006). La estructura social *residente* es matrilineal y ambos sexos son filopátridos (Hoelzel, 1989; Bigg *et al.*, 1990; Olesiuk *et al.*, 1990; Barrett-Lennard, 2000). La segunda población (comúnmente llamada *transeúnte*) es simpátrica a las dos subpoblaciones anteriores, su dieta incluye exclusivamente mamíferos marinos

(Ford *et al.*, 1998; Ford & Ellis, 1999; Baird & Whitehead, 2000), su estructura social también es matrilineal pero puede existir emigración de la unidad básica social (hembra adulta con sus hijos machos y hembras, y las crías de éstas). Esto sucede en respuesta a la manutención del tamaño ideal de grupo (Baird & Dill, 1996; Baird, 2000; Barrett-Lennard, 2000), que está directamente relacionado con la táctica de forrajeo (Baird & Dill, 1996). La tercera población es poco conocida, se distribuye en mar abierto, sus hábitos alimenticios se suponen piscívoros y se encuentra genéticamente relacionada a la población de *residentes del sur* (Ford *et al.*, 1998, Ford & Ellis 1999; Baird, 2000; Barrett-Lennard, 2000). En Prince William Sound (Alaska, EE.UU) y el Golfo de Alaska también se han descrito dos poblaciones simpátricas con especialización en diferentes técnicas de forrajeo, y que han sido denominadas *residentes* y *transeúntes* debido a su similitud con las poblaciones de la Columbia Británica-Estado de Washington. La diferencia con éstas es que hay dos subpoblaciones parapátricas de especialistas en mamíferos marinos, y de alguna forma estarían relacionadas genéticamente a las poblaciones de Columbia Británica-Estado de Washington (Saulitis *et al.*, 2000; Barrett-Lennard, 2000).

I. 1.2 Acústica

La orca produce tres tipos de vocalizaciones que son estructuralmente y funcionalmente diferentes:

1) *Clicks de ecolocalización*: son pulsos cortos de sonido, usualmente producidos en serie, y son usados para la ecolocalización, para la orientación, y para la detección de las presas (Ford, 1989; Barrett-Lennard *et al.*, 1996). Estudios previos han demostrado que los clicks de orcas son estructuralmente muy variables, son muy similares a los de otros odontocetos, y son frecuentemente detectados cuando los individuos se encuentran activos y en alerta (Ford, 1989) (Fig.1).

2) *Silbidos*: se caracterizan por formas de onda continuas, sin pulsos, y en los espectrogramas se visualizan como tonos de banda estrecha con estructura con muy poco o sin contenido armónico (Ford, 1989). Los silbidos tienden a ser más comunes en contextos sociales, y se cree que juegan cierto rol en la comunicación a distancias cortas (Ford, 1989; Deecke *et al.*, 2005).

3) *Pulsos*: constituyen la vocalización más abundante y característica de la especie (Ford, 1989; Deecke *et al.*, 2005) (Fig.1). Son señales que presentan propiedades tonales distintivas

debido a la alta tasa de repetición (Ford, 1989). Estos sonidos usualmente presentan patrones de cambios abruptos en su tasa de ocurrencia, resultando en una amplia variedad de vocalizaciones distintivas (Ford, 1989). Los pulsos que constituyen dichas vocalizaciones pueden tener anchos de banda estrechos o amplios, y las tasas de repetición pueden llegar a 4000/s o más (Ford, 1989).

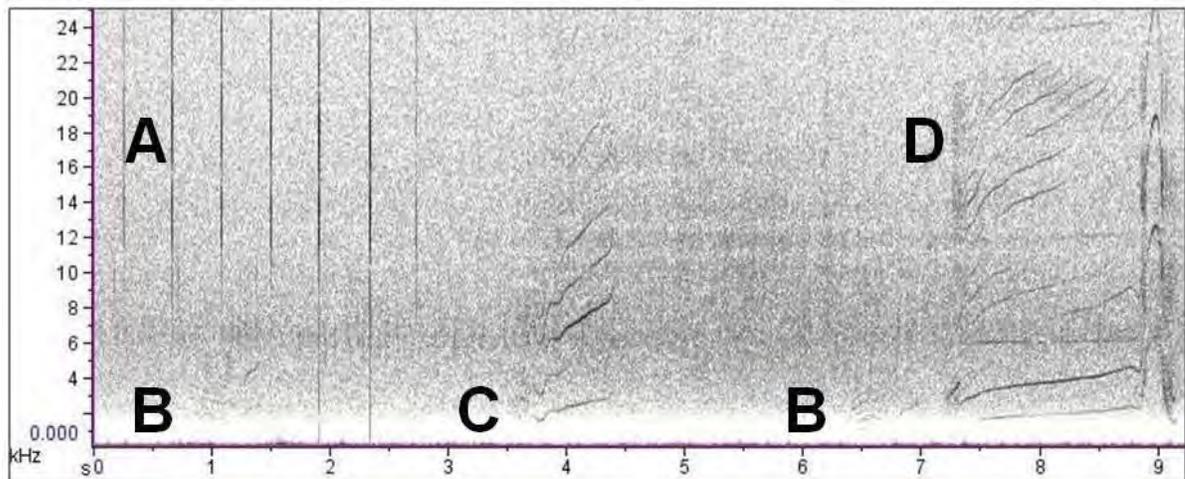


Fig.1. Secuencia de vocalizaciones de *O. orca* del Golfo de California obtenidas por un hidrófono de arrastre. A: clicks. B, C, y D: pulsos discretos. Espectrograma generado con Raven Pro 1.3 (Cornell Lab of Ornithology), ventana Hann de tamaño 2132 y 85% de solapamiento. En el eje de las abscisas se indica el tiempo en segundos y en el de las ordenadas la frecuencia en KHz.

La estructura de la frecuencia fundamental y la tasa de repetición de pulsos puede variar independientemente dentro de una misma vocalización, mientras que algunos pulsos pueden presentar como componente silbidos solapados (Ford, 1989), lo que incrementa la propagación de la señal y por ende su detección a mayor distancia (Miller, 2006). Se cree que los pulsos son importantes en el reconocimiento de la identidad grupal e individual y la coordinación del comportamiento (Dahlheim & Awbrey, 1982; Ford, 1989, 1991; Strager, 1995; Deecke *et al.*, 2005).

Ford (1989) los agrupó en tres categorías, mientras que estudios posteriores aportaron mayor información para complementar lo propuesto por dicho autor:

_Discretos: incluyen pulsos con propiedades estructurales distintivas y con ocurrencia repetitiva, y las diferentes categorías de pulsos pueden ser distinguidas por el oído humano. La variabilidad estructural es común para todos los tipos de pulsos, pero a diferencia de los pulsos simples, los más complejos presentan una tendencia a ser mayormente conservados

(Bain, 1986; Morton *et al.*, 1986; Ford, 1991). Generalmente cada subtipo presenta características distintivas que facilitan la identificación de las variantes estructurales y su agrupamiento en subclases (Ford, 1991; Strager, 1995).

_Variables: no son estereotipados y no pueden ser divididos en subtipos claramente definidos debido a la gran cantidad de variantes de sonidos (Deecke *et al.*, 2005).

_Aberrantes: están estructuralmente basados en un tipo de pulso discreto, pero muestran algún grado de modificación o distorsión en su estructura. Constituyen señales poco comunes, y al igual que con los silbidos, son más frecuentemente producidos durante interacciones sociales (Deecke *et al.*, 2005).

A partir de la serie de estudios realizados en el Pacífico Noreste se ha concluido que la ocurrencia de emisión de cada tipo de vocalización (pulsos discretos, pulsos variables, pulsos aberrantes, y silbidos) está relacionada con el comportamiento social observado en cierto grupo focal de animales, además de reflejar el estado emocional aparente de los individuos, siendo más cortas y altas durante instantes de excitación (Ford, 1989, 1991). A pesar de que en ciertos comportamientos algunas vocalizaciones son más frecuentes, no existen vocalizaciones exclusivas de un comportamiento en particular, por lo que todas éstas son utilizadas en diferentes contextos, aunque sí puede existir un uso diferencial por distintos grupos (Ford, 1989). Estudios de orcas en cautiverio obtuvieron resultados similares (Bain, 1986; Morton *et al.*, 1986), confirmando además que todos los individuos de un grupo tienen el mismo repertorio vocal (Dahlheim & Awbrey, 1982; Morton *et al.*, 1986; Ford, 1991; Miller, 2000).

Aunque una población de orcas puede estar conformada por grupos de individuos con repertorios vocales diferentes (es decir, variantes estructurales únicas, y vocalizaciones intrínsecas a un grupo en particular), la forma en la que los individuos utilizan dichas vocalizaciones en frecuencia de ocurrencia, duración, y contexto es ampliamente similar (Ford, 1989). Sin embargo, las secuencias de vocalizaciones no son al azar, sino que dependiendo del grupo en cuestión algunas tienden a ser precedidas por otras, pudiendo existir un orden pre-establecido o no (Morton *et al.*, 1986; Ford, 1989).

I. 1.3 Transmisión cultural

Como se mencionó anteriormente, *O. orca* posee una estructura social compleja, pudiendo llegar a formar asociaciones estables entre individuos (generalmente genéticamente relacionados), y junto a otras pocas especies de cetáceos y al igual que los primates, presenta tradiciones culturales (Bain, 1989; Rendell & Whitehead, 2001; Yurk *et al.*, 2002). Las tradiciones se definen como expresiones de información no codificada genéticamente sino aprendida socialmente, que son estables por varias generaciones (Yurk *et al.*, 2002), lo que se ha observado también en orcas en cautiverio (Dahlheim & Awbrey, 1982; Bain, 1986). Dichas tradiciones caracterizan linajes culturales, y comúnmente sirven para identificar grupos de individuos que habitan la misma área y/o pertenecen a un grupo de individuos emparentados genéticamente (Yurk *et al.*, 2002).

Estudios acústicos realizados en las poblaciones de orcas del Pacífico Noreste (Ford, 1989; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Miller & Bain, 2000), Noruega (Strager, 1995) y Rusia (Tarasyan *et al.*, 2005; Burdin *et al.*, 2007; Filatova *et al.*, 2007) señalan que al menos los grupos de orcas que son estables a lo largo del tiempo, presentan repertorios vocales grupo-específicos y variaciones claramente definidas en las vocalizaciones de los mismos (*e.g.* Ford, 1989; Miller, 2000; Filatova *et al.*, 2007). La presencia de dialectos vocales en dichas poblaciones se debe a que son aprendidos socialmente, desarrollados y mantenidos durante varias generaciones, y cuya procedencia es ancestralmente matrilineal (Ford, 1989, 1991; Miller, 2000). Esto explica la existencia de linajes que han sido definidos como clanes acústicos que coinciden a su vez con las divisiones genético-poblacionales (Barrett-Lennard, 2000). Algunos de los procesos involucrados en el desarrollo de dialectos específicos serían la deriva cultural, innovación, y difusión cultural (Ford, 1991) y la causa de su existencia ha sido vinculada con la adaptación ecológica a la explotación de recursos alimenticios (Hoelzel & Osborne, 1986; Heimlich-Boran, 1988; Guinet, 1990) y a la estrategia reproductiva (Yurk *et al.*, 2002).

I. 1.4 Uso diferencial de las vocalizaciones

La mayoría de los estudios sobre las vocalizaciones de la especie han sido dirigidos a poblaciones de orcas cuya estrategia de alimentación es exclusivamente piscívora y su estructura social es matrilinealmente estable, es decir sin dispersión alguna de la unidad básica de grupo (Pacífico Noreste: Deecke, 1998; Riesch *et al.*, 2006; Noruega: Strager, 1995; Rusia: Tarasyan *et al.*, 2005; Burdin *et al.*, 2007). A pesar de esto, se han realizado algunas comparaciones con poblaciones de orcas especialistas en mamíferos marinos, y se ha detectado que estas últimas vocalizan en menor cantidad que las anteriores y que utilizan mayormente la estrategia de escucha pasiva (Baird *et al.*, 1992; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Deecke *et al.*, 2005). Lo anterior coincide con lo que ocurre en la población de orcas que se alimenta del elefante marino del sur *Mirounga leonina* y pingüino rey *Aptenodytes patagonicus* en las Islas Crozet (Guinet, 1990, 1992), y con dos de las subpoblaciones propuestas para Nueva Zelanda que incluyen cetáceos en su dieta (Visser, 2000). Con respecto a la población de *transeúntes* del Estado de Washington-Columbia Británica, Ford (1991) menciona que los repertorios son menos diversos que los de orcas *residentes*. Por otro lado, Barrett-Lennard (2000) plantea que las *transeúntes* aparentemente no tienen repertorios únicos, sino más bien una colección de vocalizaciones que es usada por la mayoría o todos los miembros de una subpoblación *-comunidad* según Bigg y colaboradores (1990)-, y las variantes de algunas vocalizaciones son compartidas entre éstas.

Debido a estas diferencias en el grado de actividad vocal de cada subpoblación de orca, se ha planteado que los costos debido a la producción de señales acústicas en individuos especialistas en mamíferos marinos son muy altos. Esto se debe que sus presas potenciales son capaces de detectarlas y por ende presentar un comportamiento evasivo (Guinet, 1990, 1992; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Deecke *et al.*, 2005). Sin embargo, los costos dependen del contexto geográfico y comportamental en el que se encuentren los individuos. Durante el forrajeo sería alto, mientras que en otros contextos (Guinet, 1992; Visser, 2000; Deecke *et al.*, 2005) y en áreas cercanas a la costa sería bajo, ya que los sonidos de la rompiente camuflarían las vocalizaciones (Barrett-Lennard *et al.*, 1996). Sumado a esto, estudios indican que las vocalizaciones de orcas especialistas en mamíferos marinos son de menor intensidad, por lo que la probabilidad de detectarlas es menor (Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Deecke *et al.*, 2005).

A pesar de que no existe literatura disponible sobre la estructura específica del repertorio acústico y su uso diferencial en poblaciones de orcas que se alimenten de mamíferos marinos

o cuya dieta sea variada (*e.g.* subpoblaciones de Nueva Zelanda), Ford (1989) sugiere que las variantes de vocalizaciones discretas estructuradas forman parte de una serie de reglas que son comunes a la especie. Estas variantes en las vocalizaciones de un individuo en particular serían reconocidas por otro, aunque el repertorio de ambos sea diferente. A partir de esto, se puede plantear que la existencia de tradiciones acústicas locales que se manifiestan con dialectos grupo-específicos, son factibles de ocurrir en las poblaciones de orcas en general (Ford, 1991). Esto coincide con observaciones realizadas en Antártida, el Atlántico Norte (Dahlheim & Awbrey, 1982), Noruega (Strager, 1995) y Rusia (Tarasyan et al., 2005; Burdin et al., 2007).

I. 1.5 Antecedentes específicos

La presencia de orcas en áreas tropicales es poco conocida, lo mismo que su estructura social y dieta (*e.g.* Dahlheim et al., 1982; Mobley et al., 2001), aunque se suponen generalistas debido a la baja productividad de éstas (Baird et al., 2006). El Golfo de California representa un área interesante para estudiar la especie, ya que se encuentra en un área subtropical con una gran diversidad y abundancia de cetáceos, pinnípedos y peces, los cuales ya han sido reportados como parte de la dieta de *O. orca* en el área (Jefferson et al., 1991; Guerrero, 1997).

Para el Golfo de California se ha determinado la presencia de orcas a lo largo de toda su extensión y en todas las estaciones del año, habiéndose elaborado un catálogo de identificación fotográfico de algunos de los individuos que han sido observados en grupos de orcas por lo menos una vez en un período de más de 20 años, con base en datos oportunistas (Guerrero, 1997; Urbán et al., 2008). Guerrero-Ruiz y colaboradores (1998) proponen la ocurrencia de cuatro comunidades de orcas en el Golfo de California con base en patrones de asociación entre individuos previamente identificados. Sin embargo, este planteo resulta confuso ya que se utiliza la definición de *comunidad* propuesta por Bigg y colaboradores (1990), la cual implica subpoblaciones parapátricas que se encuentran genéticamente diferenciadas y que constituyen unidades sociales cohesivas, más que una colección de individuos que comparten un área común de distribución (Barrett-Lennard, 2000).

La estructura social de la orca en el Golfo de California es completamente desconocida, lo mismo que su relación con las poblaciones del Pacífico Noreste (Guerrero-Ruiz et al., 1998, Urbán et al., 2008). Hoelzel y colaboradores (2002) con base en estudios de DNA mitocondrial

encontraron que el haplotipo más común compartido en *transeúntes* de las poblaciones del Pacífico Noreste es común también para el Golfo de California, pero esto no implicaría que estén relacionadas *per se*, debido a que mundialmente la diversidad genética de esta especie es baja tanto a nivel de DNA mitocondrial como nuclear (Hoelzel *et al.*, 2002).

I. 2 ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California (Fig.2) constituye un mar subtropical con características únicas debido a su ubicación geográfica y oceanografía, las cuales permiten altas tasas de productividad primaria (Santamaría *et al.*, 1994; Lluch-Cota *et al.*, 2007). Se encuentra ubicado en un ambiente árido entre la Península de Baja California y el continente, y por su boca está libremente conectado con el Océano Pacífico (Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988). Su largo es de aproximadamente 1000 km, mientras que su ancho promedio es de 150 km, con una superficie que ronda los 210.000 km² (Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988). Su topografía ha sido caracterizada como una serie de cuencas y trincheras que se profundizan en la zona sur del Golfo (llegando a más de 3000 m en la entrada), y que están a su vez separadas por cordilleras transversales (Santamaría *et al.*, 1994; Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988). En la parte central del Golfo ocurren fenómenos de surgencias estacionales debido a los vientos (Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988), mientras que al norte, en la *Región de las Grandes Islas* (Tiburón al NE y Ángel de la Guarda al NW) se presentan surgencias por corrientes de marea. Allí se dan las temperaturas más bajas registradas para el Golfo, alta concentración de nutrientes, y alta productividad local a lo largo de todo el año (Lavín & Marinone, 2003; López *et al.*, 2006; Alvarez-Borrego, 2008), aún bajo fenómenos anómalos como ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) (Lluch-Cota *et al.*, 2007). Estas características físicas hacen que la zona de Isla Tiburón y el Canal de Ballenas sean área de alimentación de cetáceos con diferentes nichos ecológicos (Tershy *et al.*, 1991; Heckel *et al.*, 2008).



Figura 2. Golfo de California. Se indican las subdivisiones con base en la oceanografía física descritas por Lavín & Marinone (2003). El círculo en negro en el Golfo Inferior indica el área de estudio, la Cuenca Pescadero. Mapa generado con Coastline Extractor/NOAA.

En general, los procesos de circulación de agua entre el Golfo de California y el Océano Pacífico son complejos, lo que sumado a la topografía del mismo permiten que masas de agua ricas en nutrientes arriben a la zona eufótica y sean utilizadas por el fitoplancton (Santamaría *et al.*, 1994).

I. 2.1 Masas de agua

En el Golfo de California se da la interacción dinámica de seis masas de agua con características y orígenes diferentes (Lavín & Marinone, 2003; Alvarez-Borrego, 2008) (Fig.3). En las zonas adyacentes al suelo marino se encuentra Agua Profunda del Pacífico (APP), cuya salinidad se reduce al disminuir la profundidad, y la que es seguida por Agua Intermedia del Pacífico (AIP), con un mínimo de salinidad a los 900 m de profundidad. Entre los 500-150m de profundidad se encuentra Agua Subsuperficial Tropical (ASbST), la que da lugar a Agua Superficial Tropical (AST) ($S=33\%$). Estas dos masas de agua en el norte del Golfo de

California son modificadas debido a la tasa de pluviosidad y evaporación, efectos del viento, y corrientes, dando lugar a Agua del Golfo de California (AGC), masa salina ($\geq 35\%$) superficial, y de alta temperatura. Por último, en la entrada del Golfo se encuentra Agua de la Corriente de California (ACC), con salinidad $\leq 34.5\%$ y temperatura entre el rango de 12-18°C (Lavín & Marinone, 2003; Alvarez-Borrego, 2008).

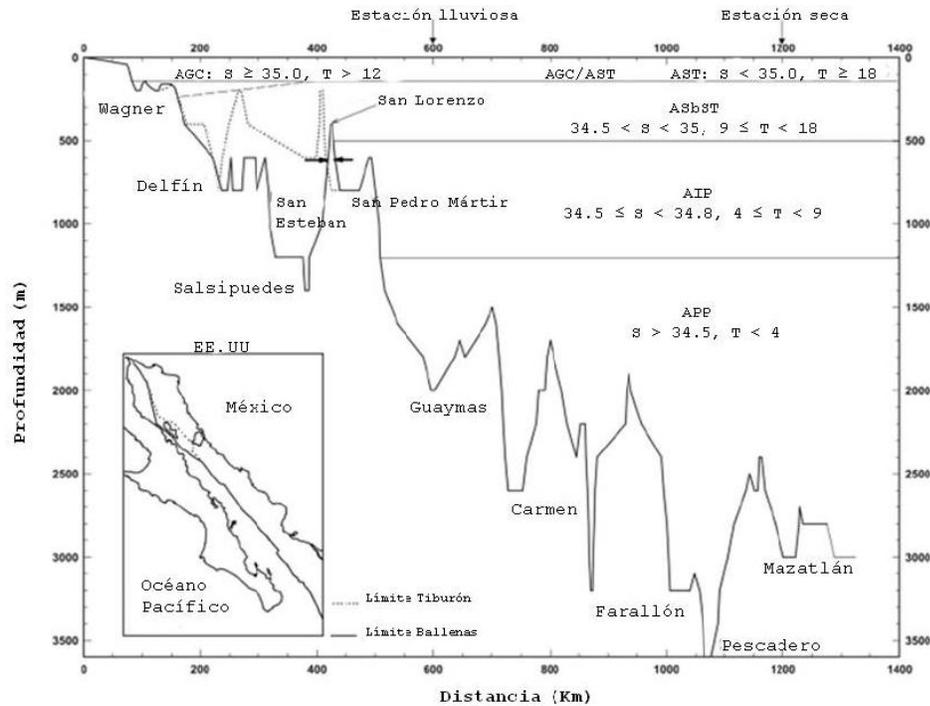


Fig.3. Esquema de distribución lateral promedio de masas de agua en el Golfo de California. Se nombran las cuencas y trincheras, así como los valores de salinidad en ‰ y temperatura en °C. Modificado de Lavín & Marinone (2003).

I. 2.2 Características físicas del sitio de ubicación del HARP

El instrumento de grabación autónomo HARP (*High Frequency Acoustic Recording Package*) en los primeros cuatro meses de monitoreo de datos utilizados en el presente trabajo (del 15/11/04 al 08/04/05) fue ubicado en la posición 23 49.792 N y 109 37.787 O, Cuenca Pescadero (Fig4). A lo largo de los sucesivos períodos de muestreo (Noviembre de 2004-Junio de 2007), el instrumento fue removido y depositado en adyacencias a la posición mencionada. La Cuenca Pescadero pertenece al sector denominado *Golfo Inferior* descrito por varios autores (Fig. 4), y cuyos límites van desde una línea imaginaria trazada entre Cabo San Lucas

y Mazatlán, hasta una depresión batimétrica ubicada al sur de Isla Tiburón (Lavín & Marinone, 2003). Presenta libre comunicación con el Océano Pacífico, por lo que la salinidad superficial de la columna de agua es relativamente alta y poco variable (entre 34.5 y 35 ‰, similar a la Corriente del Pacífico Ecuatorial), y estacionalmente ocurre la formación de una termoclina (De la Lanza Espino, 1991).

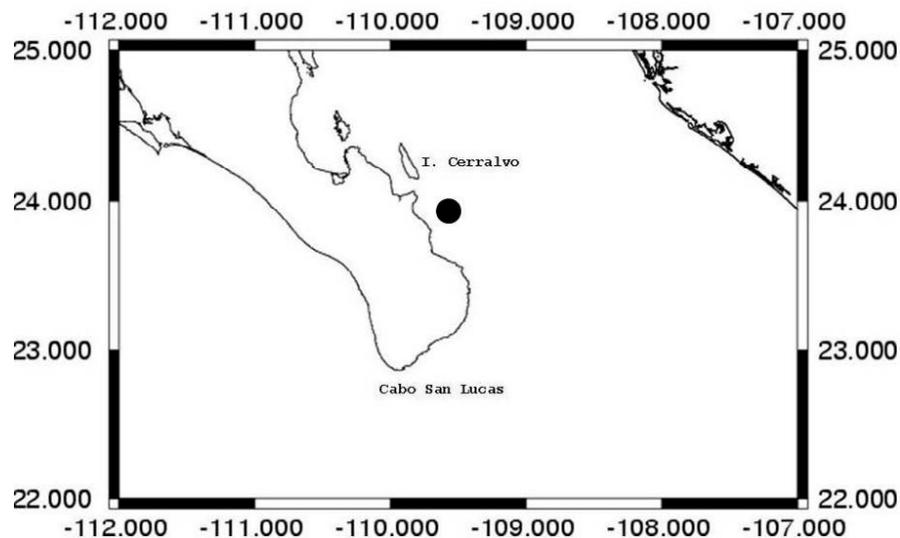


Fig.4. Área de Estudio, Cuenca Pescadero. El círculo en negro indica la ubicación promedio del instrumento de grabación autónomo para cada período de muestreo (GofCA2-GofCA6). Mapa generado con *Coastal Extractor/NOAA*.

En este sector y bordeando la Península, se da un patrón de circulación de AGC hacia fuera (aprox. a 200 m de profundidad), el cual se incrementa en la estación seca (“invierno”), mientras que del lado continental el AST ingresa al Golfo, ocurriendo un pico durante la estación lluviosa (“verano”) (Lavín & Marinone, 2003). En esta área el AGC se encuentra en capas superficiales o sub-superficiales en los primeros 100 m. Luego, hasta aprox. los 400 m domina el ASbST, encontrándose una salinidad alrededor de los 34.85‰ a los 150 m de profundidad; mientras que entre los 600 y 800 metros se da el mínimo de salinidad (por debajo de los 34.55‰), de la AIP (Lavín & Marinone, 2003). La dinámica de la capa de mezcla y de la termoclina en esta área varía estacionalmente, siendo la primera de 10 m en la estación lluviosa y de 40 m en la estación seca (Lavín & Marinone, 2003).

I. 2.3 Velocidad del sonido

La velocidad del sonido para el Golfo de California es totalmente desconocida, por lo que no se tiene con exactitud el perfil de éste en el momento de registro de las vocalizaciones por parte del instrumento autónomo. En la recopilación efectuada por De la Lanza Espino (1991), se mencionan valores para la entrada del Golfo, donde existe un mínimo profundo entre los 600-1300 m. Como el presente trabajo está basado mayormente en grabaciones acústicas efectuadas por un HARP en la cuenca Pescadero durante 25 meses, en diferentes profundidades y condiciones oceanográficas, se considera importante evaluar y discutir la calidad de las vocalizaciones registradas por el instrumento autónomo y el hidrófono de arrastre (Capítulo II). La recepción de las vocalizaciones por el instrumento depende de las características de éstas, del ambiente acústico (circulación de embarcaciones, tormentas, interferencia por vocalizaciones de especies no objetivo) y de la propagación acústica en el área, determinada por la densidad del agua (temperatura y salinidad) y la presión (profundidad) (Medwin & Clay, 1998; Wiggins *et al.*, 2004). Variaciones en las anteriores pueden incrementar o disminuir la detección de vocalizaciones por parte del instrumento, así como también distorsionar las características de las mismas (Wiggins *et al.*, 2004). Además de los factores abióticos, debe tenerse en cuenta el comportamiento vocal, uso de la columna de agua, sexo, y tamaño de los individuos de la especie que frecuentaron el área monitoreada acústicamente (*e.g.* Dahlheim & Awbrey, 1982; Miller 2002, 2006; Miller *et al.*, 2007).

I. 3 GENERALIDADES DE LA ACÚSTICA PASIVA

Desde los primeros estudios de delfines en cautiverio entre las décadas de los 50's y 70's, las vocalizaciones emitidas por estos animales han despertado el interés de varios investigadores que sentaron las bases para el desarrollo de dicha rama de la cetología [ver Samuels & Tyack (2000) para mayor detalle]. Los primeros estudios del comportamiento vocal de la orca fueron llevados a cabo por Schevill y Watkins (1966), con animales en cautiverio; mientras que las investigaciones con cetáceos en vida libre comenzaron en los 70's. Algunos de los pioneros fueron Payne y McVay (1971) con la descripción del canto de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* y Ken Norris sobre la producción de clicks del cachalote *Physeter macrocephalus* (Whitehead & Weilgart, 2000), seguidos entre otros, por Ford (1987) con la categorización de vocalizaciones de la orca.

La técnica de acústica pasiva implica el uso de uno o más instrumentos colocados en el océano (principalmente en superficie y en la columna de agua, aunque en los últimos años también en el fondo marino y sobre el dorso de los animales), que registran los sonidos del ambiente sin producir ningún sonido propio (Mellinger *et al.*, 2007; Zimmer *et al.*, 2005). Esta técnica ha tenido un rol fundamental en el conocimiento de la estructura social y comportamiento de los cetáceos, animales altamente vocales y logísticamente difíciles de estudiar. De esta manera se sumó información acústica generada en tiempo real a grupos focales de individuos identificados y con cierto comportamiento específico. La combinación de monitoreos acústicos y visuales ha permitido la asociación de vocalizaciones puntuales a ciertas especies (*e.g.* Oswald *et al.*, 2003) y a la obtención de estimaciones más reales sobre el número de cetáceos presentes en cierta área en un tiempo dado (Širović, 2006; Soldevilla *et al.*, 2006). Además, ha contribuido con información relevante sobre la presencia, comportamiento, nicho ecológico y abundancia de especies en estado crítico y/o difíciles de estudiar (*e.g.* Rogers & Brown, 1999; Burtenshaw *et al.*, 2004; Širović, 2006; Johnson *et al.*, 2006; Jaramillo, 2008).

I. 3.1 Instrumentos de grabación autónomos

En los últimos diez años los desarrollos tecnológicos han permitido la construcción de hidrófonos de profundidad autónomos capaces de detectar y almacenar conjuntos de información acústica en un amplio espectro de frecuencias y a un costo relativamente bajo (Wiggings & Hildebrand, 2007). Los primeros estudios realizados con este tipo de instrumentos tanto en el hemisferio norte como en el sur, han estado dirigidos a especies que emiten sonidos de baja frecuencia y cuyas poblaciones han sido diezmadas debido a la industria ballenera del siglo pasado, principalmente ballena azul *Balaenoptera musculus*, rorcual común *Balaenoptera physalus*, y ballena franca del Pacífico Norte *Eubalaena japonica* (McDonald & Fox, 1999; Wiggings *et al.*, 2004; Širović, 2006; Oleson *et al.*, 2007a; Stafford *et al.*, 2007). Las ventajas del uso de instrumentos autónomos para monitorear mamíferos marinos radican en que se pueden obtener datos a grandes distancias (McCauley & Cato, 2003), en condiciones ambientales extremas, y en áreas de difícil acceso (Wiggings *et al.*, 2005; Širović, 2006; Mellinger *et al.*, 2007). El uso de *arrays* (colección ordenada de instrumentos de grabación autónomos colocados sobre el suelo marino) ha aportado conocimiento sobre la abundancia relativa, movimientos temporales, estacionales, y espaciales de diferentes

especies de grandes cetáceos, así como también sobre comportamiento social y de forrajeo (McDonald & Fox, 1999; Burtenshaw, *et al.*, 2004; Wiggings *et al.*, 2004; Oleson *et al.*, 2007a, 2007b; Mellinger *et al.*, 2007; Nosal & Frazer, 2007; Stafford *et al.*, 2007).

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE VOCALIZACIONES DE LA ORCA (*Orcinus orca*)

II. 1 INTRODUCCIÓN

Al buscar en el diccionario la palabra “analizar” (RAE, 2009) ésta es definida como: “distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”. Consecuentemente a la definición presentada, en este capítulo se examinan grabaciones de vocalizaciones de la orca con el fin de conocer algunos de los pulsos discretos que son utilizados por la especie en el sur del Golfo de California.

La existencia de diferencias vocales a distintos niveles entre individuos de una misma especie ha sido comprobada en diferentes taxones de aves (Psittaciformes, Trochiliformes, Passeriformes) y mamíferos (Quirópteros, Cetáceos, Proboscídeos, Pinnípedos, y Homínidos) (Janik & Slater, 1997; Boughman & Moss, 2003; Jarvis, 2006; Schusterman, 2008), y ha sentado las bases para el desarrollo de una amplia gama de investigaciones.

Para poder caracterizar una población o un grupo de animales de una misma especie con base en las vocalizaciones que emiten los individuos que la conforman, es necesario que esos animales en cuestión emitan sonidos que posean diferencias a nivel individual (*e.g.* silbidos en *Tursiops truncatus*), grupal (*e.g.* *Orcinus orca*), o dialectos (*e.g.* vocalizaciones de machos adultos de *Mirounga angustirostris*; codas de clicks en *Physeter macrocephalus*; pulsos discretos en *Orcinus orca* y *Globicephala sp.*) (Le Boeuf & Peterson, 1969; Ford, 1987; Janik *et al.*, 2006; Nemiroff, 2009). La ocurrencia de diferencias vocales en por lo menos uno de los tres niveles anteriormente mencionados puede deberse a la existencia de diferentes factores y mecanismos, tales como aprendizaje vocal, patrones genéticos, evolución cultural, y especiación en alopatria (ver la revisión de Boughman & Moss 2003 para mejor detalle sobre los procesos actuantes en los diferentes *taxa*). Estudios de vocalizaciones en diferentes especies de aves y mamíferos han demostrado su utilidad para diferenciar grupos y/o poblaciones, sobre todo cuando la implementación de otros tipos de técnicas no son sencillos (*e.g.* muestreos genéticos, fotoidentificación) (Awbrey *et al.*, 1982; Price, 1998; Risch *et al.*, 2007; Sanvito *et al.*, 2007; Nicholls, 2008; Parsons *et al.*, 2008).

II. 2 OBJETIVOS

II. 2.1 General: Identificar vocalizaciones de orcas a partir del análisis de un conjunto de datos obtenidos por un instrumento de grabación autónomo (HARP) colocado en Cuenca Pescadero, *Golfo Inferior*.

II. 2.2 Específicos: Describir y categorizar *pulsos discretos* de la especie a partir de grabaciones obtenidas por un hidrófono de profundidad ubicado en Cuenca Pescadero.

Describir y categorizar *pulsos discretos* de la especie a partir de grabaciones realizadas con un hidrófono de arrastre y sonoboyas durante cuatro avistamientos en el *Golfo Inferior*.

Comparar las vocalizaciones obtenidas a partir de los diferentes instrumentos acústicos.

Determinar si existen grupos de vocalizaciones en el Golfo de California.

II. 3 MÉTODOS

II. 3.1 INSTRUMENTOS ACÚSTICOS

II. 3.1.1 Instrumento de grabación autónomo (HARP)

El *High Frequency Acoustic Recording Package* (Fig. 5) es un dispositivo de grabación autónomo diseñado y construido por el *Whale Acoustic Lab* (Marine Physical Laboratory, Scripps Institution of Oceanography). Este instrumento capta y registra sonidos ambientales con tasas de muestreo de hasta 200 KHz, por lo que detecta sonidos en un intervalo de banda muy amplio (10 Hz - 100,000 Hz), siendo útil tanto para estudios de vocalizaciones de cetáceos mysticetos como odontocetos. El instrumento fue ubicado en el área de estudio (Cuenca Pescadero, *Golfo Inferior*) con el fin de investigar la ocurrencia de zífidos (familia Ziphiidae) en la zona (Scripps Institution of Oceanography/PRIMMA-UABCS).

El HARP está conformado principalmente por un cuerpo de registro electrónico formado por cinco circuitos: una unidad central de proceso (CPU), un convertidor analógico digital (ADC), un tampón de memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), un circuito de comunicación Ethernet/IDE (discos de computadora portátil), y tarjetas de reloj. Estas unidades son montadas dentro de un cilindro de aluminio presurizado junto a 16 IDE de 120 GB (factor de forma 2.5'') y un paquete de 48 pilas alcalinas dispuestas en cuatro capas de 12 unidades (14.5 cm de diámetro). La capacidad de almacenamiento por período de muestreo es de 1.92 TB de información, por lo que ésta va a dictar la duración del monitoreo y la tasa de muestreo (a mayor tasa de muestreo menor capacidad de almacenamiento). Entonces, con la capacidad de almacenamiento descrita se puede establecer un balance entre la tasa de muestreo y el tiempo de funcionamiento del instrumento (tiempo de monitoreo), programándose en ciclos de grabación. Para hacer posibles estos muestreos a largo plazo, se incluyen tres paquetes extras de pilas (144 unidades) conectados en paralelo y se colocan en un cilindro presurizado aparte. Éste a su vez se conecta a la cápsula presurizada principal vía cables externos subacuáticos y conectores de mamparo (Fig. 5 y 6).

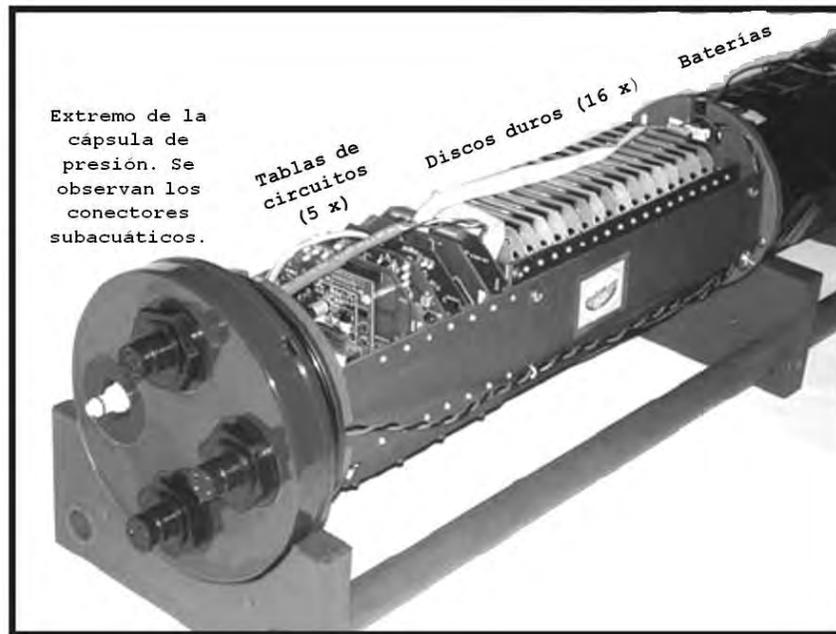


Fig.5. Cuerpo de registro de datos del HARP. Éste es montado dentro de un cilindro de presión de aluminio (17.78 cm de diámetro y 5.08 cm de espesor) con la conexiones para los cables externos. El cuerpo de registro de datos consiste de 5 tablas de circuitos primarios (reloj, A/D, CPU, RAM, Ethernet/controlador IDE), un bloque de 16 discos de computadora portátil, y 48 baterías alcalinas D. Debido a que los períodos de monitoreo acústico fueron de varios meses, además de este cilindro presurizado se adicionó un segundo que contenía exclusivamente baterías alcalinas. Figura extraída y modificada de Wiggins & Hildebrand (2007).

El sensor acústico del HARP consiste en un hidrófono de banda ancha (10 – 100,000 Hz), y de alta intensidad (más de -120dB re 1V/ μ Pa), que debido a su estructura electrónica tiene como resultado poco ruido propio y alta ganancia (por encima de 80 dB). Este instrumento posee dos estadios separados de acondicionamiento de señal, uno para la banda de frecuencia de 10 Hz a 2000 Hz, y la otra de 1000 Hz a 100,000 Hz. Posteriormente las señales de ambos estadios son unidas por un receptor diferencial antes de ser digitalizadas por el ADC (análogo al convertidor digital) y guardadas en los discos. Los dos estadios utilizan diferentes transductores y proveen la habilidad de registrar tanto sonidos de baja frecuencia de misticetos como de alta frecuencia de odontocetos, y para su función es suspendido 10 m sobre el suelo marino (Fig. 6) (para más detalles sobre la ingeniería mecánica y electrónica del HARP ver Wiggins & Hildebrand, 2007).

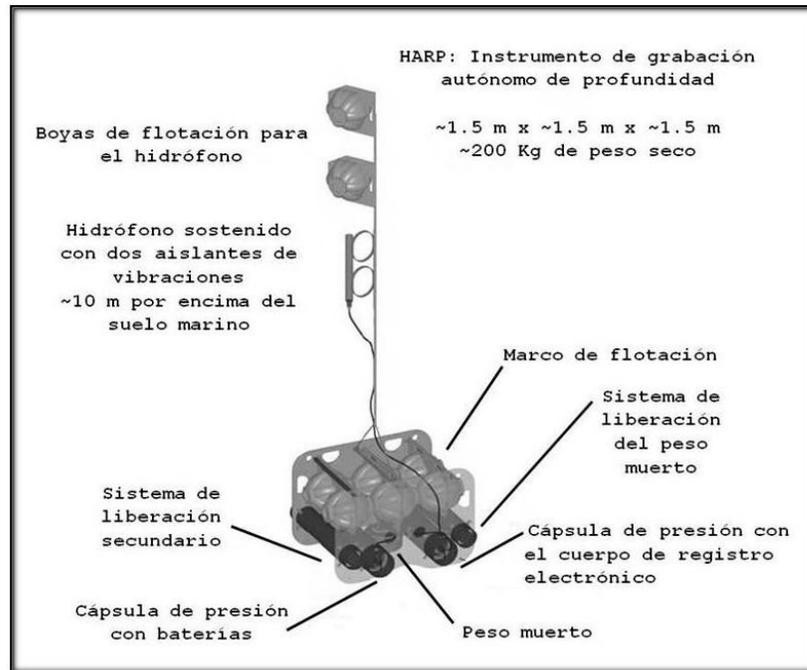


Fig.6. Instrumento de grabación autónomo de profundidad HARP. Se incluyen los cilindros de presión que contienen el cuerpo de registro y el sistema de liberación electrónico, el peso muerto, las esferas de flotación de vidrio ubicadas dentro de cápsulas de plástico duro, y el hidrófono suspendido ~ 10 m sobre el suelo marino. Figura extraída y modificada de Wiggins & Hildebrand (2007).

En el caso del HARP de Cuenca Pescadero (Fig.7), se programó el instrumento para muestrear a una tasa alta (principalmente a 200 KHz), y para extender la duración del monitoreo se efectuaron muestreos no continuos en ciclos diferentes (e.g. duración de la grabación: 5 min/duración del intervalo de silencio: 20 min) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Monitoreo acústico del HARP en Cuenca Pescadero. Se indican los nombres de los conjuntos de datos analizados, la posición geográfica, la profundidad en metros, el período de actividad, la tasa de muestreo en KHz, y el ciclo de actividad del instrumento autónomo (duración de la grabación e intervalo de silencio).

Conjunto de datos	Latitud (N)	Longitud (W)	Prof. (m)	Distancia a la costa (Km)	1er día datos	Último día datos	Días datos	TM (KHz)	Ciclo d/i
GofCA2	23 49.792	109 37.787	660	17.55	15/11/04	08/04/05	144	80	10/30
GofCA3	23 49.824	109 37.808	659	10.37	16/05/05	30/09/05	137	200	5/25
GofCA4_4	23 55.580	109 40.780	840	16.81	27/11/05	11/01/06	45	200	0/0
GofCA4_7	23 54.860	109 41.030	783	17.65	27/11/05	07/02/06	72	200	5/30
GofCA5	23 49.645	109 37.668	690	6.02	07/02/06	03/08/06	177	200	5/25
GofCA6	23 49.448	109 37.686	660	10.37	10/12/06	04/06/07	176	200	5/25



Fig.7. Posición exacta del HARP para cada período de monitoreo (GofCA2-GofCA6). Dos de las ubicaciones (GofCA2, GofCA5) no aparecen en la figura debido a que su posición está superpuesta con las indicadas en el esquema.

II. 3.1.2 Hidrófono de arrastre

Este instrumento consiste en un hidrófono de características similares al del HARP, pero para su función es lanzado al mar y arrastrado aproximadamente 100 m por detrás de la popa de una embarcación de tamaño medio a grande (Fig.9). Este sensor acústico se acopla a una consola de grabación digital mediante conectores de mamparo, y es conectado también a dos paquetes de 12 baterías alcalinas D, y a una computadora portátil con el fin de visualizar los espectrogramas de alta y baja frecuencia. Los registros de vocalizaciones de orca con este elemento ocurrieron durante tres avistamientos en 2006 (Cuadro 2, Fig.8).

Cuadro 2. Grabaciones realizadas a dos grupos de orcas con el hidrófono de arrastre en la región del Golfo Inferior. Se indica la fecha, posición de los avistamientos, y tamaño de los registros acústicos.

<i>Instrumento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Área</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Info</i>
HA	28/09/06	S	23.44214	109.37585	14.5 GB
HA	30/05/06	S	23.81538	109.56895	2 GB
HA	31/05/06	S	23.44863	109.32831	863 MB



Fig.8. Ubicación de los avistamientos durante los cuales se efectuaron registros acústicos con un hidrófono de arrastre.

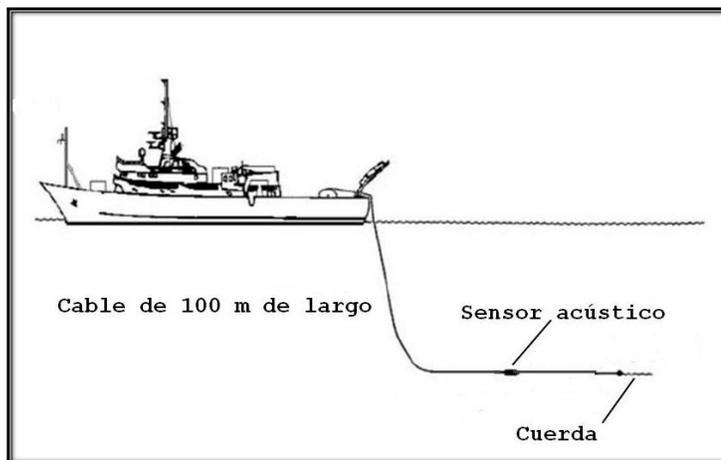
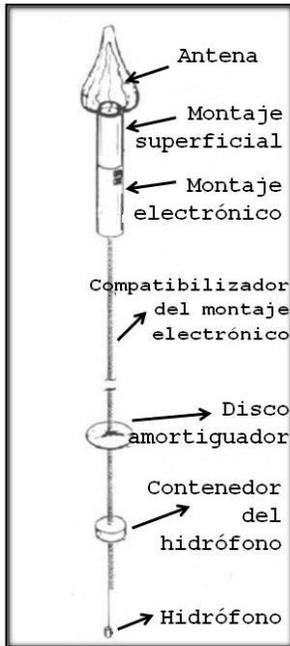


Fig.9. Esquema general del monitoreo acústico con un hidrófono de arrastre. Para el Golfo de California éste se realizó con una embarcación de tamaño medio, de 13.4 m de eslora. Tomado y modificado de Soldevilla *et al.*, 2006.

II. 3.1.3 Sonoboyas

Las sonoboyas (Fig. 10) son dispositivos acústicos fungibles, debido a que transmiten los



sonidos captados del ambiente marino (hasta 20 KHz) como máximo durante 8 horas, y al dejar de funcionar se hunden en el océano. Estos instrumentos poseen cuatro componentes principales: una boya, un transmisor de radio, una batería, y un hidrófono. Este último puede estar ubicado a diferentes profundidades, y los registros acústicos son captados en la embarcación por una antena y una radio receptora, realizándose las grabaciones en tiempo real mediante un equipo digital. Este tipo de instrumento fue utilizado en tres avistamientos de orca en el *Golfo Inferior* en los años 2004 y 2005 (Cuadro 3, Fig.11).

Fig.10. Esquema general de una sonoboya AN-SSQ-57. Extraído y modificado de Soldevilla *et al.*, 2006.

Cuadro 3. Grabaciones realizadas con sonoboyas en la región del *Golfo Inferior*. Se indica la fecha, posición de los avistamientos, y tamaño de los registros acústicos.

<i>Instrumento</i>	<i>Fecha de registro</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Info</i>
SONO	20/05/05			952 MB
SONO	19/05/05	23.89029	109.30301	490 MB
SONO	04/03/04	2508.08	11033.58	402 MB



Fig.11. Ubicación de dos de los sitios en los que se realizaron grabaciones con sonoboyas durante avistamientos de la especie.

II. 3.2 ANÁLISIS DE SONIDOS

II. 3.2.1 Instrumento de grabación autónomo (HARP)

Se realizó una búsqueda de los sonidos de interés del total del conjunto de datos disponibles correspondientes al sur del Golfo de California (Cuadro 1), sumando un total de 13.45 TB de información. Cabe destacar que al comienzo no se tenía la certeza de que existieran registros de orcas, y que a pesar de la gran cantidad de datos analizados, la búsqueda fue enteramente manual y se efectuó en dos etapas, las que se detallan a continuación:

ETAPA I

i) Búsqueda manual de sonidos de la especie (LTSA)

Para la búsqueda de vocalizaciones en todo el conjunto de datos se utilizó el programa acústico TRITON [*Whale Acoustic Lab/Scripps Institution of Oceanography (SIO)*]. Este

programa utiliza como plataforma al MATLAB, y constituye una herramienta importante para evaluar datos acústicos provenientes de los hidrófonos de profundidad HARP. Esto se debe a que la cantidad de información generada por éstos por período de monitoreo equivale a 2 TB, y es almacenada en una colección de archivos individuales en formato X.WAV (que a diferencia del formato general de archivos acústicos .WAV, no es compatible con todos los programas de análisis de sonidos disponibles en el mercado). Para acelerar el proceso en cuestión, TRITON transforma los datos a un formato denominado LTSA (*Long Term Spectral Average*), generando así espectrogramas (frecuencia vs tiempo) secuenciales de largos períodos de tiempo (más de 30 min), lo que facilita y agiliza la búsqueda de sonidos puntuales en estos conjuntos de datos de gran tamaño (Fig.12).

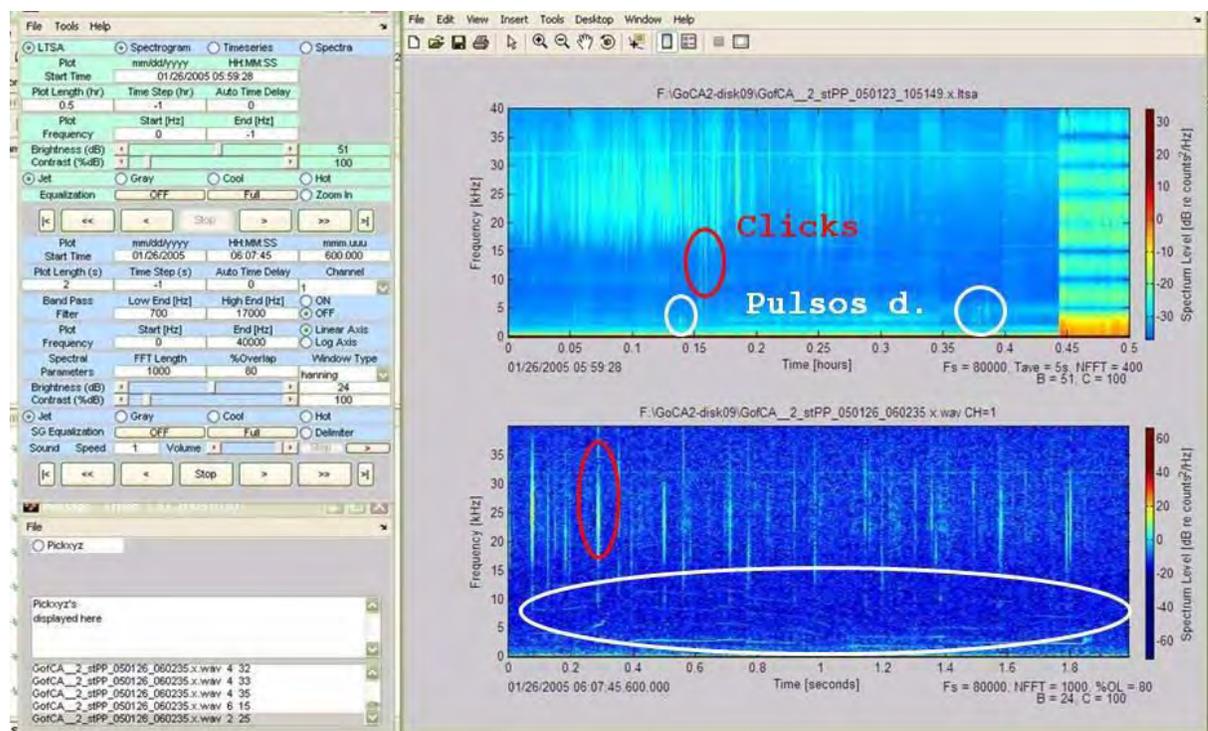


Fig.12. Ventana de TRITON. En el extremo superior derecho se observa el espectrograma en formato LTSA, con una longitud de 30 min y la frecuencia de 0 a 40 KHz. Se observan clicks menores a los 20 KHz (característicos en *O. orca* y *G. macrorhynchus*) y “pulsos discretos”. El espectrograma inferior representa un aumento del espectrograma superior a las 0.14 horas de éste. Se observan clicks y una vocalización discreta. Los parámetros elegidos para generar ambos espectrogramas se muestran del lado izquierdo de la ventana: ventana Hanning, FFT de 1000, y solapamiento del 80%.

Como las señales acústicas consisten en ondas con cambios de presión, el instrumento acústico (hidrófono) que las capta produce cambios de voltaje eléctrico a lo largo del tiempo, proporcionales a los cambios de presión que constituyen dichas señales. Para poder representar una señal en la forma de un espectro de frecuencia, se utiliza una función matemática denominada *transformación discreta de Fourier* (TDF) mediante un algoritmo

llamado transformación rápida de Fourier (FFT). En general, los programas acústicos disponibles producen los espectrogramas mediante un procedimiento llamado *transformación corta de Fourier* (STFS), que divide a la señal acústica en segmentos de tiempo cortos definidos como *ventanas*. Estas ventanas constituyen funciones matemáticas que evitan discontinuidades en cada una de las sucesivas divisiones pequeñas de la señal acústica analizada. Dependiendo de la calidad del espectro que se desea obtener en la frecuencia de la señal, se escoge una función ventana diferente, y un porcentaje de solapamiento entre éstas.

Los espectrogramas de TRITON para la búsqueda de las vocalizaciones de interés fueron generados con una frecuencia de 0 a 40 KHz, una FFT de 1000 (número de muestras digitalizadas para crear cada espectro individual), y una ventana *Hanning* (Hann) con un 80% de solapamiento. La búsqueda de las vocalizaciones objetivo empleó más de 450 horas de trabajo de dedicación, ya que se generaron espectrogramas sucesivos de 30 min a partir de todos los archivos X.WAV del total del conjunto de datos (Cuadro 1). A continuación se observó el tipo de vocalizaciones en formato LTSA; se aumentó en diferentes puntos del mismo; y se generaron espectrogramas. La primera parte de esta etapa fue realizada durante una estancia en el *Whale Acoustic Lab* (SIO) y continuó posteriormente en el Laboratorio del Programa de Investigación de mamíferos marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (PRIMMA-UABCS).

ii) Selección de sonidos en carpetas

A partir del trabajo descrito en el punto anterior, se seleccionaron los archivos X.WAV en los que se encontraron posibles vocalizaciones de orca, y junto a éstos todos los correspondientes al mismo día. De esta forma se organizaron en carpetas (ver Anexo I) para ser posteriormente examinados uno a uno en su totalidad, de forma tal de obtener todas las vocalizaciones disponibles en la grabación, y a su vez minimizar las posibilidades de haber pasado por alto vocalizaciones en el paso i).

iii) Revisión manual de archivos X.WAV

Del total de información seleccionada, se analizaron cada uno de los archivos disponibles de forma exhaustiva. Para esto, se generaron espectrogramas con un espacio temporal de 1 segundo, y al observar posibles vocalizaciones se procedía a la escucha, y se registraba la ubicación de la misma en una hoja de datos. Se revisaron 215 archivos durante la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas, sumando un total de 139 GB de información y 128.7 horas de datos acústicos (ver Anexo I).

ETAPA II

Esta etapa involucra el análisis de las vocalizaciones propiamente dichas, y para esto se utilizaron tres programas acústicos diferentes: *Audacity 1.3*, *Adobe Audition 1.5*, y *Raven Pro 1.3*. La primer parte de este trabajo fue realizado en el laboratorio acústico del Dr. John Ford (Marine Mammal Laboratory, Pacific Biological Station at Nanaimo, Fisheries and Oceans, Canadá).

iv) Como los programas de análisis acústicos trabajan con formato de archivo .WAV, primero se tuvo que transformar los archivos X.WAV en .WAV. Para esto se generaron archivos de 30 segundos de duración en TRITON, con un tiempo de conversión promedio de entre 5 y 10 minutos.

v) Una vez realizada la transformación de los archivos, se procedió a su visualización en *Audacity 1.3* y se eliminaron las áreas sin vocalizaciones usando *Audition 1.5* (Adobe).

vi) Posteriormente se generaron espectrogramas de cada una de las vocalizaciones usando *Raven Pro 1.3*, se categorizaron utilizando el método basado en las características audibles distintivas de cada vocalización, así como las diferencias estructurales observadas en los espectrogramas de cada una de éstas (Ford & Fisher, 1982, 1983; Yurk *et al.*, 2002), y se agruparon en diferentes carpetas.

vii) Si bien ya ha sido demostrado que no existen diferencias significativas entre la categorización de vocalizaciones basada en las características audibles y los espectrogramas

de las mismas, frente a la categorización basada en la comparación estadística de parámetros de los sonidos (Ford, 1987; Deecke *et al.*, 1999; Yurk *et al.*, 2002), se realizó la estadística descriptiva de las vocalizaciones. Para esto se observó el número de componentes de las mismas, definido como un cambio abrupto en la frecuencia entre las bandas de los armónicos (Moore *et al.*, 1982; Ford, 1987). Con base en ello, se definieron los componentes de cada vocalización (señalados en los resultados con la letra "C" y un número en orden consecutivo, Fig.13-21), y utilizando *Raven Pro 1.3* se efectuó la medición de la duración de cada uno de los anteriores, así como también del intervalo entre armónicos [el que refleja la tasa de repetición de pulsos (Ford, 1991)] en la porción central de la banda de mayor energía. Se elaboraron planillas en EXCEL de los parámetros medidos de cada uno de los pulsos discretos encontrados, se construyeron matrices de datos, y se elaboró una rutina de estadística descriptiva para cada vocalización (media, desvío estándar, y coeficiente de variación) con el fin de correrlas en MATLAB (2006a) (ver rutinas en Anexo III).

II. 3.2.2 Hidrófono de arrastre y sonoboyas

El procedimiento de análisis de los archivos de estos instrumentos fue el mismo que para los datos obtenidos por el HARP, con la diferencia de que como el formato era .WAV no fue necesaria la conversión de los mismos para el análisis detallado de las vocalizaciones con los programas acústicos mencionados en la sección 3.2.1.

i) Se revisaron 41 archivos que comprendían un total de 19.2 GB de información (ver Anexo II) y se generaron los espectrogramas con una ventana temporal de 1 segundo de duración con TRITON, seleccionándose así manualmente los archivos que efectivamente contenían pulsos discretos.

ii) Se visualizaron los archivos .WAV en *Audacity 1.3* y se eliminaron tanto las áreas con ruido como las que no presentaron vocalizaciones usando *Audition 1.5* (Adobe).

Se generaron espectrogramas de cada vocalización con *Raven Pro 1.3*, se categorizaron utilizando el método descrito anteriormente (Ford & Fisher, 1982, 1983; Yurk *et al.*, 2002) y se agruparon en diferentes carpetas.

iii) Se realizaron los mismos análisis estadísticos y siguiendo idéntico protocolo descrito en el apartado vii del inciso 3.2.1.

II. 3.3 CATEGORIZACIÓN DE VOCALIZACIONES DISCRETAS

A pesar de que las orcas emiten pulsos repetitivos, el oído humano los percibe como tonos audibles. Al visualizarlos en espectrogramas, se observan como estructuras armónicas que reflejan el patrón de emisión de los pulsos, el que puede variar en una misma vocalización, y que permite la división de ésta en partes o componentes. Para la selección inicial de las vocalizaciones, el escrutinio de datos se realizó entre 0 y 40 KHz de frecuencia, teniendo en cuenta que la mayor energía de las vocalizaciones discretas de la especie se encuentra comprendida entre 0 y 25 KHz. Para la categorización propiamente dicha, se utilizó el método alfa-numérico descrito por Ford (1991), en el cual a las vocalizaciones discretas se le asignan números arbitrariamente en el orden en que son identificadas, sin importar qué grupo de animales las produjo. Dichos números son precedidos por una letra que afilia al individuo a una determinada área, en este caso *GoCa* por Golfo de California.

II. 3.4 MUESTREOS DE CAMPO

II. 3.4.1 Esfuerzo para la obtención de grabaciones *in situ*

En un intento para poder dilucidar la identidad de los emisores de algunas de las vocalizaciones registradas por el HARP y que fueron encontradas en la selección primaria, se tomó la decisión de realizar salidas de campo para incrementar la tasa de encuentro tanto con *Orcinus orca* como con *Globicephala macrorhynchus*. El área de trabajo elegida para esto fue el Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) (Fig. 13), no sólo porque constituye una de las áreas con mayor número de avistamientos de orcas en el Golfo de California (Guerrero-Ruiz *et al.*, 1998), sino porque la actividad náutica allí es importante, factor relevante para la realización de embarques oportunistas.

Desde el 14 de Diciembre de 2008 al 06 de Marzo de 2009 se efectuaron 27 salidas en panga, con la colaboración del Parque Nacional Bahía de Loreto y del Grupo Ecologista Antares

(GEA), comprendiendo un total de 202 horas y 36 minutos de esfuerzo de muestreo (Cuadro 4) en condiciones del mar apropiadas para la búsqueda de cetáceos (*Beaufort* ≤ 3).

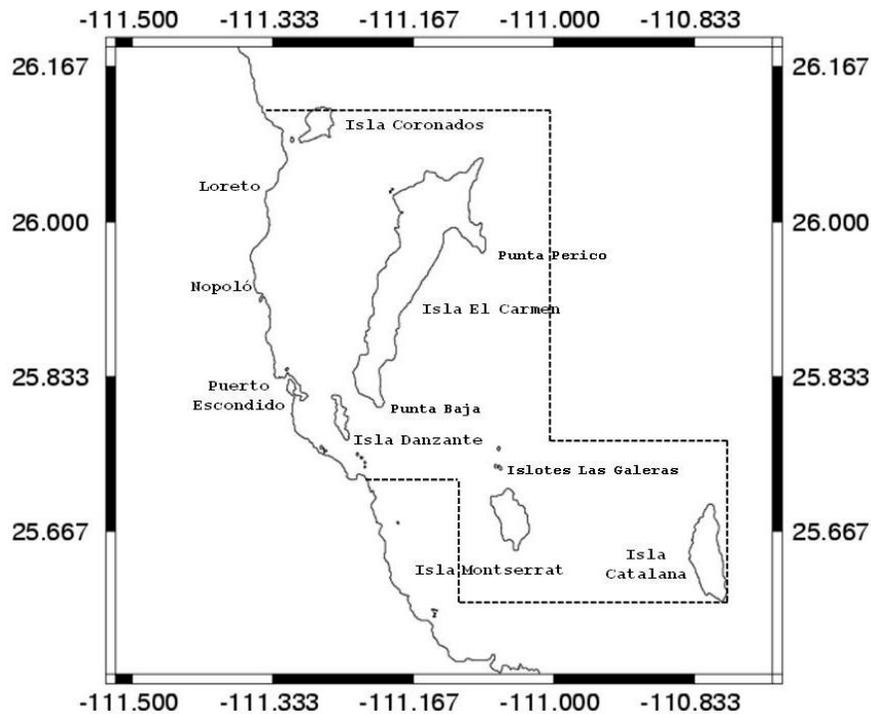


Fig.13. Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL). Se señalan sus límites y las Islas y áreas costeras que lo conforman. Mapa generado con *Coastline Extractor/NOAA*.

El esfuerzo de búsqueda consistió en observar el mar a ojo descubierto desde unos 100m de la embarcación hacia el horizonte, en un ángulo de 180°, estando atento a características conspicuas de la presencia de cetáceos (soplidos, movimientos en la superficie del agua, presencia de aletas dorsales). En el caso de detectar alguna pista se utilizaban binoculares (si estaban disponibles), o se cambiaba el curso de la embarcación. Sumado a esto, aproximadamente cada 30 minutos se suspendía la marcha, se apagaba el motor de la panga, y se monitoreaba acústicamente el entorno acuático a 8 m de profundidad con un hidrófono omnidireccional *Sea Phone* (Sensor Technology Limited) y un audífono estéreo (Sony MDR-XD100) por un tiempo mínimo de 60 segundos.

Cuadro 4. Salidas de campo en el PNBL. Se indica la fecha de cada salida, embarcación, zona recorrida y horas de esfuerzo

<i>Fecha</i>	<i>Embarcación</i>	<i>Zona recorrida</i>	<i>Esfuerzo (horas)</i>
14/12/08	Rebelde II (GEA)	Islas Danzante y Montserrat	8:10'
16/12/08	Rebelde II (GEA)	Islas El Carmen y Montserrat	8:11'
18/12/08	Galeras (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen y Danzante	3:19'
24/12/08	Rebelde II (GEA)	Este de Isla Coronado/Punta Pulpito	9:48'
30/12/08	Galeras (PNBL)	Isla Danzante	6:26'
04/01/09	Rebelde II (GEA)	El Carmen, Galeras, e Isla Montserrat	9:73'
09/01/09	Galeras (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	10:26'
15/01/09	Rebelde II (GEA)	Islas Coronado y El Carmen	10:27'
21/01/09	Rebelde II (GEA)	Islas El Carmen y Montserrat	11:18'
25/01/09	Rebelde II (GEA)	Este de Isla Coronado/ Punta Pulpito	9:35'
27/01/09	Danzante (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat (Galeras)	5:36'
01/02/09	Rebelde II (GEA)	Islas El Carmen y Montserrat	11:03'
03/02/09	Danzante (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat (Galeras)	5:31'
04/02/09	Catalana (PNBL)	El Carmen, Danzante, Nopoló, Puerto Escondido	10:34'
06/02/09	Catalana (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	7:08'
09/02/09	Danzante (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	5:35'
12/02/09	Rebelde II (GEA)	Este de El Carmen y Montserrat/Galeras	9:48'
13/02/09	Galeras (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat	4:20'
16/02/09	Galeras (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	6:30'
23/02/09	Danzante (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	6:12'
24/02/09	Danzante (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat	5:01'
25/02/09	Danzante (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	7:06'
26/02/09	Galeras (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat	5:38'
27/02/09	Rebelde II (GEA)	Islas Coronado y El Carmen	11:01'
28/02/09	Galeras (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	6:29'
04/03/09	Galeras (PNBL)	Islas Coronado, El Carmen, Montserrat, y Danzante	6:35'
04/03/09	Danzante (PNBL)	Islas El Carmen y Montserrat (Galeras)	5:33'
06/03/09	Galeras (PNBL)	Islas Danzante, Catalana, y Montserrat	7:54'
Total:			202:36'

II. 4 RESULTADOS

II. 4.1 Vocalizaciones discretas

A partir del análisis de los datos obtenidos por los tres instrumentos acústicos (HARP, hidrófono de arrastre, y sonoboyas), se encontraron y categorizaron nueve vocalizaciones discretas diferentes correspondientes a *O. orca*, con base en las características de los pulsos discretos definidos para la especie (Ford, 1991) (ver disco compacto anexo a la tesis). En el conjunto total de datos analizados se encontraron 156 vocalizaciones, las que fueron primeramente clasificadas en diez tipos. Sin embargo, como dos de ellas están altamente relacionadas por sus características audibles y espectrográficas, se las consideró como dos tipos de una misma vocalización (GoCa4_i y GoCa4_ii). De las nueve vocalizaciones categorizadas, cinco correspondieron a datos del hidrófono de arrastre, mientras que las restantes cuatro correspondieron al HARP (Cuadro 5). Los datos de las sonoboyas contenían un alto grado de ruido, además de vocalizaciones no discretas, por lo que su análisis no contribuyó a los resultados aquí presentados. Es importante mencionar que de las vocalizaciones encontradas sólo una de ellas estuvo presente en los datos de ambos instrumentos acústicos (GoCa1), mientras que una de las vocalizaciones registradas por el HARP (GoCa7) fue previamente registrada en Canal de Ballenas (NO del Golfo de California) en el año 1985 (Fig.24; Cuadro 16) (grabación de Bernie Tershy; proporcionadas por J.K.B. Ford).

Cuadro 5. Vocalizaciones categorizadas a partir de todos los datos acústicos analizados. Se indica el nombre de cada vocalización y su número, fecha de registro, instrumento, y profundidad de éste.

<i>Vocalización</i>	<i>Fecha de registro</i>	<i>Instrumento</i>	<i>n</i>	<i>Prof. (m)</i>
GoCa1	26/12/05	HARP	1	840
	11/08/05	HARP	5	659
	30/05/06	HA	14	0
	31/05/06	HA	9	0
			29	
GoCa2	30/05/06	HA	14	0
	31/05/06	HA	4	0
			18	
GoCa3	30/05/06	HA	5	0
	31/05/06	HA	1	0
			6	0
GoCa4	30/05/06	HA	5	0
GoCa5	31/05/06	HA	7	0
GoCa6	31/05/06	HA	2	0
GoCa7	04/01/06	HARP	6	840
GoCa8	26/12/05	HARP	30	840
GoCa9	10/08/05	HARP	19	659
	21/12/05	HARP	34	840
			53	

De los resultados obtenidos (Cuadro 5), solamente se conoce la composición de grupo y comportamiento de los individuos avistados en dos días consecutivos en Mayo de 2005. Este grupo de tres individuos (hembra, cría, macho juvenil) fue observado en el sur del Golfo de California alimentándose de mantas y con comportamiento vocal importante, contribuyendo con seis vocalizaciones al presente trabajo (GoCa1, GoCa2, GoCa3, GoCa4, GoCa5, GoCa6). Cabe mencionar que las vocalizaciones GoCa1, GoCa2 y GoCa3 fueron registradas en los dos avistamientos (30 y 31 de Mayo de 2005). En cuanto a los dos subtipos GoCa4 (GoCa4_i y GoCa4_ii) únicamente fueron registrados en el primer avistamiento, mientras que las vocalizaciones GoCa5 y GoCa6 fueron registrados sólo en el segundo. Tanto la identidad del emisor (o emisores) de la vocalización GoCa1 registrada por el HARP previamente al avistamiento de Mayo de 2005, así como el grado de relación con esos tres individuos identificados, permanece desconocida. En cuanto a la presencia de la orca en el área de estudio, existieron registros del HARP tanto en la estación seca como en la lluviosa, lo que coincide con los datos previamente presentados por Guerrero-Ruiz y colaboradores (1998).

II. 4.2 Descripción de las vocalizaciones

II. 4.2.1 GoCa1

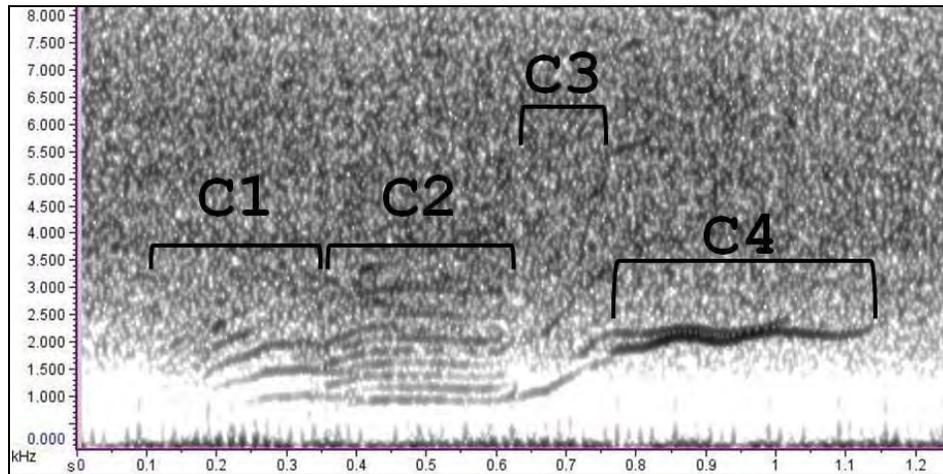


Fig.14. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa1. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096, y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 6. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa1 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V.=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)					Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)			
	Total	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
GoCa1									
\bar{x} =.....	0.6470	0.1540	0.2889	0.1149	0.2238	386.5667	213.3867	742.2700	1553
s =.....	0.1782	0.0695	0.0735	0.0387	0.1159	31.2388	75.8778	303.9328	625.5018
n =.....	2	3	15	14	10	3	15	10	10
C.V.=.....	0.2754	0.4516	0.2545	0.3368	0.5180	0.0808	0.3556	0.4095	0.4028

GoCa1 es una vocalización formada por cuatro componentes (C1, C2, C3, C4) cuyas frecuencias son relativamente bajas, y su mayor energía se encuentra en C4, aproximadamente a 2000 Hz de frecuencia. De las 15 muestras analizadas, solamente 2 presentaron los cuatro componentes con suficiente definición para realizar las mediciones pertinentes. En consecuencia, los resultados de los estadísticos calculados (media, desvío estándar, y coeficiente de variación) para la duración total de la vocalización no son representativos. Sin embargo, si se toma en cuenta la duración en segundos de C2, C3, y C4

por separado, a partir de **S** se puede observar que ésta prácticamente no varía y que porcentualmente su desviación con respecto a los valores medios (**C.V**) también es muy baja. Con respecto al ancho de banda de **C2**, **C3** y **C4**, también se observa que los desvíos expresados como un porcentaje de los valores medios, son bajos. Estos resultados coinciden con las características audibles de **GoCa1**, las que fueron constantes y contundentes para el proceso de categorización (ver disco compacto anexo a la tesis).

II. 4.2.2 GoCa2

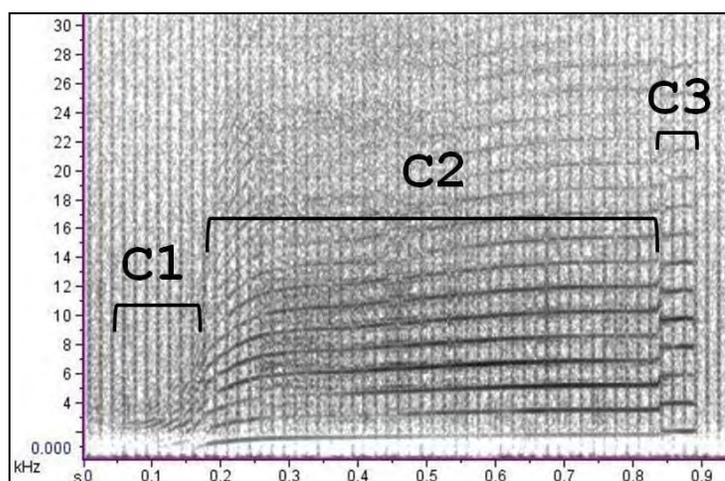


Fig.15. Espectrograma de la vocalización discreta **GoCa2**. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 2825, y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 7. Estadística descriptiva de la vocalización **GoCa2** (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, **C.V**=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)				Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)		
	Total	C1	C2	C3	C1	C2	C3
GoCa2							
\bar{x} =.....	0.7988	0.1256	0.5777	0.1241	616.6100	1347.3	1673.3
s =.....	0.0985	0.0231	0.0900	0.0333	236.5551	139.8735	153.5405
n =.....	10	10	18	18	10	18	18
C.V =.....	0.1233	0.1842	0.1558	0.2685	0.3836	0.1038	0.0918

GoCa2 presenta tres componentes (C1, C2, y C3), su frecuencia se extiende hasta unos 30 KHz, y su mayor energía se encuentra entre los 3 y 8 KHz. De las 18 muestras analizadas, 10 presentaron los tres componentes bien definidos para realizar las mediciones. A partir de los estadísticos, se puede observar que la longitud media de la vocalización es de 0.79 segundos y puede variar de este valor en unos 0.09 segundos, implicando un 0.12% de desviación con respecto al valor medio. Esto indica que los valores en la duración de las 18 vocalizaciones GoCa2 fueron prácticamente iguales; lo mismo para los anchos de banda de cada uno de los tres componentes (ver disco compacto anexo a la tesis).

II. 4.2.3 GoCa3

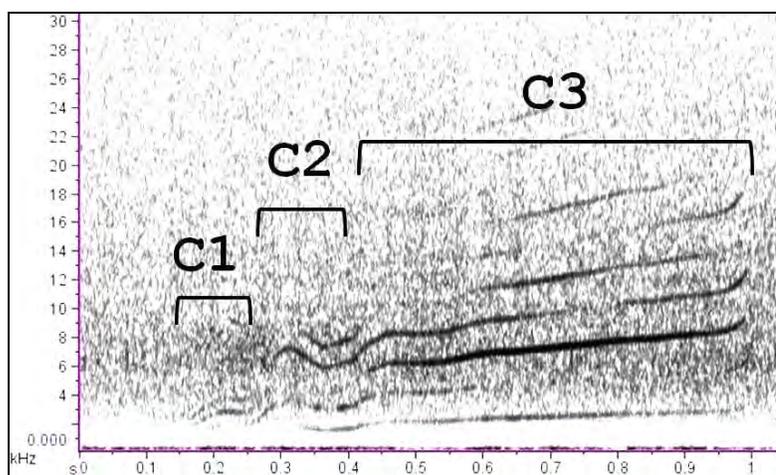


Fig.16. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa3. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 2048 y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 8. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa3 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, $C.V$ =coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)				Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)		
	Total	C1	C2	C3	C1	C2	C3
GoCa3							
\bar{x} =.....	0.6993	0.1090	0.1184	0.5218	1235.4	1499.1	2997.2
s =.....	0.1250	0.0433	0.0327	0.2153	378.2190	275.7084	1633
n =.....	3	3	5	5	3	5	5
$C.V$ =.....	0.1787	0.3974	0.2762	0.4126	0.3062	0.1839	0.5448

Al igual que GoCa2, Goca3 es una vocalización formada por tres componentes (C1, C2, C3) cuya mayor energía se encuentra entre los 6 y 8 KHz. De las 5 vocalizaciones analizadas, solamente dos presentaron los cuatro componentes. A pesar de ser una vocalización discreta, la muestra es pequeña debido a que solamente se registró cinco veces en el segundo avistamiento de los tres individuos de Mayo de 2005, además de que las grabaciones no fueron de buena calidad. En consecuencia, los resultados de todos los estadísticos calculados (media, desvío estándar, y coeficiente de variación) no son representativos. Sin embargo, las características audibles de GoCa3 fueron constantes y permitieron su categorización y diferenciación de otras vocalizaciones (ver disco compacto anexo a la tesis).

II. 4.2.4 GoCa4

GoCa4_i

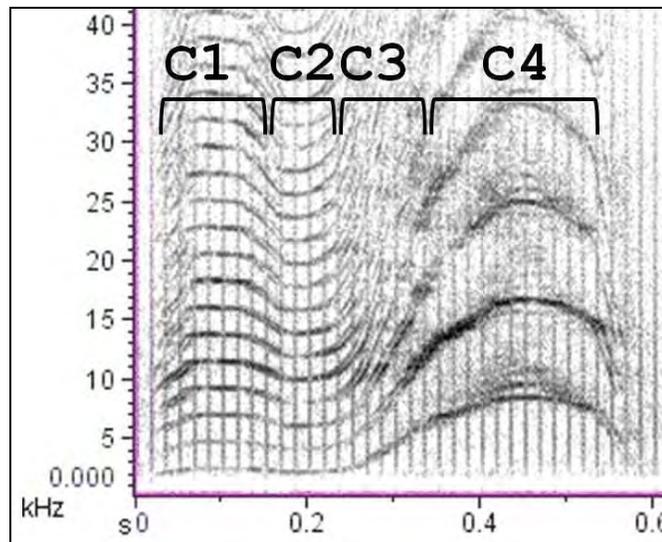


Fig.17. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa4_i. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 2048 y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 9. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa4_i (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)					Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)			
	Total	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
GoCa4_i									
\bar{x} =.....	0.5120	0.1377	0.0660	0.0850	0.2203	2134	1650.8	1142.9	8326
s =.....	0	0.0186	0	0	0.0040	304.3577	0	0	660.7234
n =.....	1	3	1	1	3	3	1	1	3
C.V=.....	0	0.1350	0	0	0.0183	0.1426	0	0	0.0794

GoCa4_ii

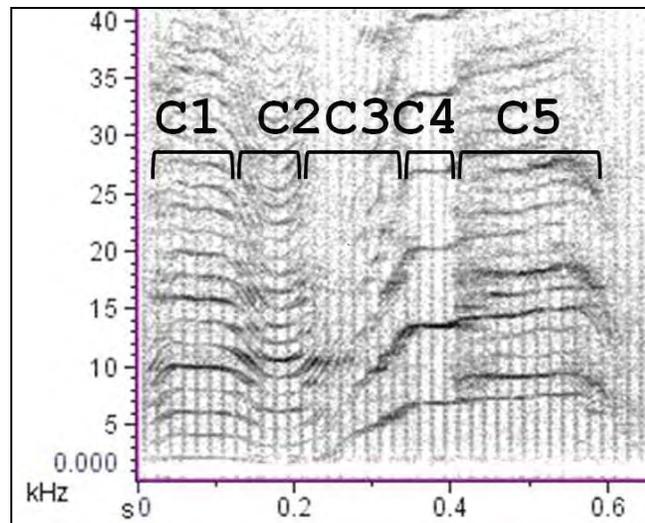


Fig.18. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa4_ii. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 2048 y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 10. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa4_ii (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)					Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)					
	Total	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
GoCa4_ii											
\bar{x} =.....	0.589	0.1305	0.0835	0.1185	0.0655	0.1915	1611.6	1197.8	3819.5	6308.8	1360.2
s =.....	0.004	0.0035	7.07×10^{-4}	7.07×10^{-4}	0.0021	7.07×10^{-4}	24.9609	29.9106	230.375	38.0423	131.66
n =.....	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2
C.V=.....	0.0084	0.0271	0.0085	0.0060	0.0324	0.0037	0.0155	0.0250	0.0603	0.0060	0.0968

GoCa4 es una vocalización interesante ya que fue la única que presentó variantes. GoCa4_i está conformada por cuatro componentes, mientras que GoCa4_ii presenta cinco componentes. Si bien las características audibles son exactamente iguales (ver disco compacto anexo a la tesis), en los espectrogramas la diferencia principal entre ambas radica en la porción final de la vocalización, lo que ya se ha descrito para subtipos de vocalizaciones de la especie en otras partes del mundo (Ford, 1991; Strager, 1995). A pesar de que la muestra de ambas fue muy pequeña, a partir de los valores presentados se puede observar la similitud entre la duración media en segundos de los tres primeros componentes de los dos subtipos, mientras que las comparaciones en los anchos de banda no pueden efectuarse debido a las diferencias estructurales de los dos subtipos.

II. 4.2.5 GoCa5

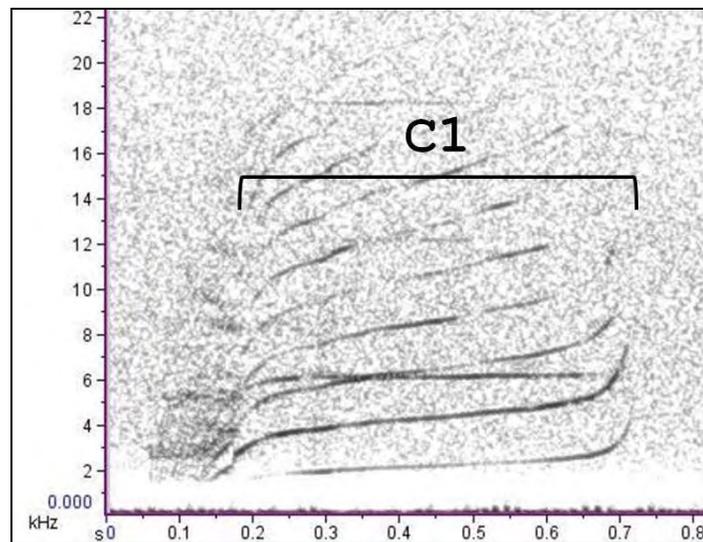


Fig.19. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa5. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096 y un solapamiento del 85%. Se indica el componente medido en el análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 11. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa5 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central del componente.

Vocalización	Duración (seg)	Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)
GoCa5	Total C1	C1
\bar{x} =.....	0.5730	1816.3
s =.....	0.0328	162.5542
n =.....	6	6
C.V=.....	0.0573	0.0895

GoCa5 es la primera de tres vocalizaciones que presentaron un solo componente. En los 6 registros se encontró asociada a GoCa1, siendo emitida siempre luego de ésta. Es una vocalización que presenta un componente independiente superpuesto (con banda de mayor energía aproximadamente a los 6 KHz), y se ha postulado que este tipo de vocalizaciones presentan un “espacio de actividad alto”, por lo que juegan un papel fundamental en la comunicación a larga distancia (Miller, 2006). Las 6 muestras analizadas presentaron características espectrográficas prácticamente idénticas. La media de la duración de la vocalización fue de 0.57 segundos, con un desvío de dicho valor de 0.03 segundos. El desvío de la duración de la vocalización en función de la media fue de 0.05%, mientras que para el ancho de banda fue del 0.08%.

II. 4.2.6 GoCa6

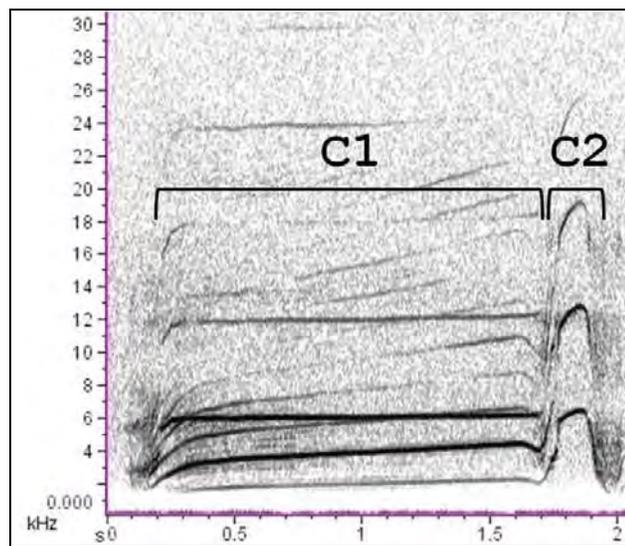


Fig.20. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa6. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096 y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 12. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa6 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)			Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)	
	Total	C1	C2	C1	C2
GoCa6					
\bar{x} =.....	1.8210	1.5240	0.2970	2034.6	6091.9
s =.....	0.0509	0.0141	0.0368	21.6375	108.9652
n =.....	2	2	2	2	2
C.V=.....	0.0280	0.0093	0.1238	0.0106	0.0179

GoCa6 es la vocalización con menor tamaño de muestra ($n=2$) pero cuyos registros fueron de alta calidad. Está formada por dos componentes (C1 y C2), su mayor energía se encuentra entre los 2 y los 6 KHz, y al igual que GoCa5, presenta un componente de alta frecuencia. Los valores estadísticos de ambas muestras fueron muy similares, aunque no son representativos.

II. 4.2.7 GoCa7

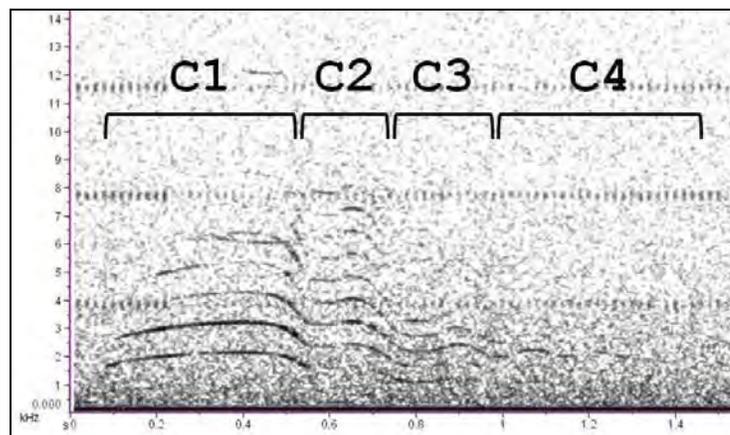


Fig.21. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa7. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096 y un solapamiento del 85%. Se indican los componentes medidos en los análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 13. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa7 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, $C.V$ =coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)					Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)			
	Total	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
GoCa7									
\bar{x} =.....	1.2460	0.5015	0.1707	0.1533	0.4313	984.5750	533.8333	594.2333	544.6667
s =.....	0.0490	0.0886	0.0673	0.0346	0.1290	55.0277	187.8682	43.1634	20.7165
n =.....	3	4	3	3	3	4	3	3	3
$C.V$ =.....	0.0393	0.1766	0.3946	0.2260	0.2991	0.0559	0.3519	0.0726	0.0380

GoCa7 es la vocalización cuyas grabaciones presentaron la calidad más baja, con una alta tasa de ruido y muy poca definición. Solamente hubo seis registros de la misma, pero al comparar con grabaciones previas del Golfo de California, se encontró que GoCa7 fue registrada en Canal de Ballenas en 1985. La vocalización está formada por cuatro componentes y su mayor energía está localizada entre 1.5 y 3 KHz. Como el tamaño de muestra fue pequeño y de muy mala calidad, los valores de los estadísticos no son representativos. Si comparamos estos valores con los calculados para los registros de 1985 (Cuadro 16), existen diferencias entre ambos. Esto podría deberse por un lado a la baja calidad de los datos, y por otro a que si bien las características audibles de los registros son prácticamente iguales (ver disco compacto anexo a la tesis), aparentemente en 21 años la duración de la vocalización fue ligeramente prolongada.

II. 4.2.8 GoCa8

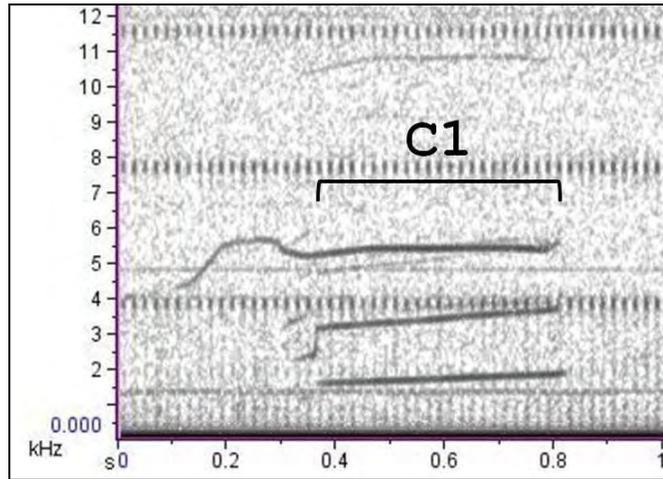


Fig.22. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa8. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 8192 y un solapamiento del 85%. Se indica el componente medido en el análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 14. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa8 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central del componente.

Vocalización	Duración (seg)	Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)
GoCa8	Total C1	C1
\bar{x} =.....	0.4430	1636.4
s =.....	0.0409	42.1447
n =.....	21	21
C.V=.....	0.0922	0.0258

GoCa8 es la tercera vocalización formada, aparentemente, por un solo componente y presenta además un componente de alta frecuencia. Aunque fue la vocalización con el segundo mayor número de registros ($n=30$), estos fueron de baja calidad. Los estadísticos realizados a partir de mediciones de 21 muestras indican que al igual que las demás vocalizaciones, las características de los espectrogramas tanto en duración en segundos como el ancho de banda en KHz fueron prácticamente constantes y muy poco variables.

II. 4.2.9 GoCa9

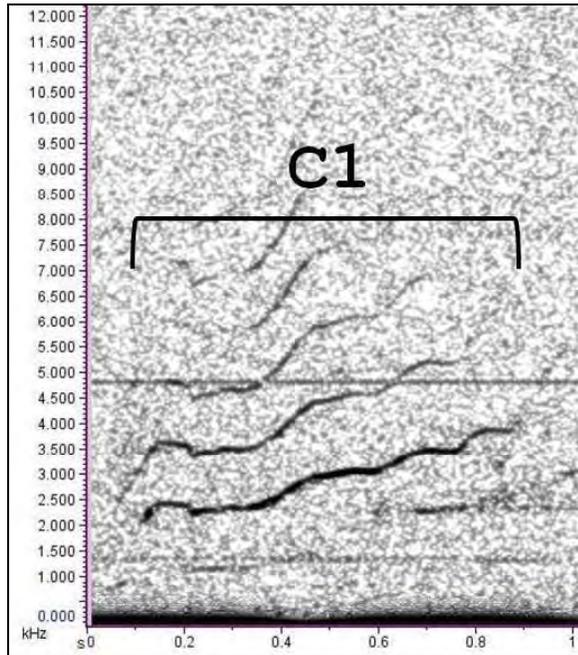


Fig.23. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa9. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 8192 y un solapamiento del 85%. Se indica el componente medido en el análisis de estadística descriptiva.

Cuadro 15. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa9 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V.=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central del componente.

Vocalización	Duración (seg)	Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)	
		Total C1	C1
GoCa9			
\bar{x} =.....	0.6061		1784.5
s =.....	0.1634		69.6014
n =.....	8		9
C.V.=.....	0.2695		0.0390

GoCa9 es la vocalización con mayor número de registros ($n=53$), presenta su mayor energía entre los 1500 y 4500 Hz, y constituye la tercer vocalización formada por un solo componente. Como las grabaciones presentaban mucho ruido y reverberación, solamente se efectuaron mediciones en nueve de ellas. A pesar de que los datos no son representativos debido a la baja calidad de las señales y al bajo número de muestras con calidad suficiente para efectuar mediciones, aparentemente las características de GoCa9 fueron similares en todas las vocalizaciones analizadas.

II. 4.3 Estabilidad de las vocalizaciones

Aunque algunas de las vocalizaciones categorizadas hayan estado presentes en el área de estudio tanto para el año 2005 como para el 2006 (Cuadro 5), los datos no son suficientes para concluir que éstas han permanecido por varias generaciones en grupos de orcas que frecuentan el Golfo de California, o para poder suponer alguna característica de la estructura social de la especie para la zona. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, la vocalización GoCa7 fue previamente registrada en Canal de Ballenas en el año 1985 (Fig.24, Cuadro 16) (grabación de Bernie Tershy; proporcionada por J.K.B Ford), lo que indica no sólo que dicha vocalización ha permanecido estable durante un período de 21 años en el Golfo de California, sino que además refleja movimientos entre el *Golfo Superior* y el *Golfo Inferior*, lo que coincide con los datos publicados por Guerrero-Ruiz y colaboradores (1998).

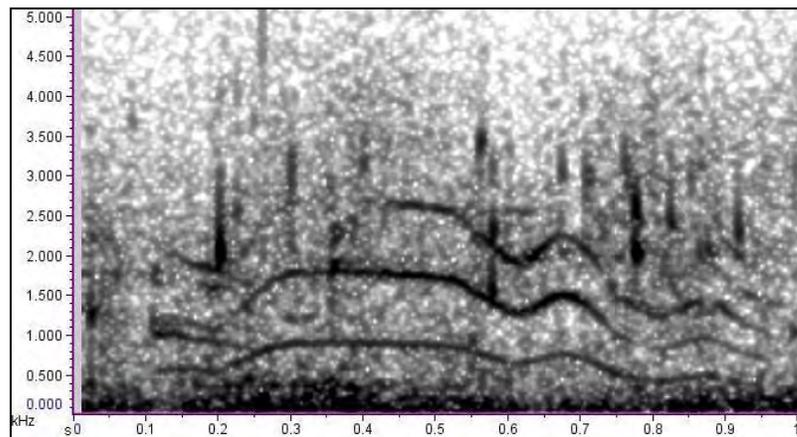


Fig.24. Espectrograma de la vocalización discreta GoCa7 registrada el 26 de Septiembre de 1985 en Canal de Ballenas, *Golfo Superior*. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096 y un solapamiento del 85%.

Cuadro 16. Estadística descriptiva de la vocalización GoCa7 para Canal de Ballenas, 1985 (\bar{x} =media, s =desvío estándar, n =tamaño de la muestra, C.V=coeficiente de variación). Las frecuencias medidas se tomaron a partir de la porción central de cada componente.

Vocalización	Duración (seg)					Ancho de banda de intervalos entre armónicos (Hz)			
	Total	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
GoCa7_CB1985									
\bar{x} =.....	1.3590	0.1310	0.4233	0.2203	0.6580	444.6750	842.7500	698	630.5000
s =.....	0	0.0377	0.0329	0.0416	0	49.3275	14.5498	67.1349	0
n =.....	1	4	4	3	1	4	4	3	1
C.V=.....	0	0.2881	0.0778	0.1890	0	0.1109	0.0173	0.0962	0

II. 4.4 Esfuerzo para la obtención de grabaciones *in situ*

A pesar del esfuerzo descrito en el inciso II. 3.3.1, y de que se reportaron 6 avistamientos de *Orcinus orca* en el Parque Nacional Bahía de Loreto durante el período de muestreo (Cuadro 17), no existieron avistamientos de la especie durante las salidas en panga. Si bien las zonas transitadas cubrieron gran parte del área protegida, su extensión (206.580, 75 Há), así como la amplia capacidad de desplazamiento de la orca, disminuyeron la probabilidad de encuentro.

Cuadro 17. Reportes de avistamientos de *O. orca* en las adyacencias de Loreto para los meses de Enero y Febrero de 2009.

Fecha	Lugar de avistamiento	Fuente
24/01/09	San Juanico (Norte de Loreto)	ONG Global Classroom
31/01/09	Las Galeras	Embarcación Iemanjá
01/02/09	Al Oeste de El Carmen	Turista pescador
06/02/09	Lobera de Isla Coronados	Guía de kayak
08/02/09	SE de Isla Montserrat	Linblad Expeditions
12/02/09	Punta Perico	Fernando Arcas (GEA)

En cuanto a las *Globicephala*, se avistó solamente una unidad matrilineal de 8 individuos en una ocasión (25 de Enero de 2009), y se realizaron registros acústicos (217 MB/00:39:36 minutos de duración) con una grabadora digital (Microtrack 24/96) a una tasa de muestreo de 48 KHz. Aunque las grabaciones fueron de buena calidad, los individuos no emitieron

vocalizaciones discretas, por lo que solamente se registraron *clicks* y silbidos. Teniendo en cuenta la similitud de las vocalizaciones de *Orcinus* y *Globicephala*, los registros de campo no contribuyeron a la diferenciación de pulsos discretos obtenidos por el HARP y que podrían pertenecer a cualquiera de las dos especies.

II. 5 DISCUSIÓN

Las vocalizaciones GoCa1-GoCa9 presentadas en la sección anterior constituyen los primeros datos acústicos obtenidos para la especie en el sur del Golfo de California. A pesar de que el instrumento de grabación autónomo estuvo colocado allí por un período de 25 meses y que se analizó una gran cantidad de información, la cantidad y calidad de los datos correspondientes a la especie de interés fueron menores a lo esperado.

II. 5.1 Ocurrencia y comportamiento vocal de los individuos

Como se menciona en el Capítulo I, el conocimiento sobre la presencia de la especie para el área de estudio es escasa, existiendo registros no sistemáticos (Guerrero-Ruiz *et al.*, 1998; Urbán *et al.*, 2008). Estos mismos autores señalan al *Golfo Inferior* como una de las zonas con mayor cantidad de avistamientos de orcas, aunque éstos estén sesgados por el esfuerzo de muestreo sobre otras especies, principalmente ballena azul *Balaenoptera musculus* y ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, las que han sido reportadas como parte de la dieta de la orca en el Golfo de California (Jefferson *et al.*, 1991; Guerrero, 1997).

En el presente estudio se obtuvieron vocalizaciones de la especie tanto para la estación lluviosa como para la seca de los años 2005 y 2006, siendo mayor el registro concerniente al hidrófono de arrastre (Cuadro 5). La presencia de orcas en Cuenca Pescadero durante el período de actividad del HARP es desconocida, aunque existieron avistamientos de los objetos de estudio durante el mismo (SONO_190505, distancia al HARP GofCA_3 = 34.75 Km; HA_300506, distancia al HARP GofCA_5 = 10.45 Km) pero que no fueron captados por el instrumento autónomo (Cuadros 2 y 3). Esto podría deberse a los hábitos alimenticios de los individuos que frecuentan la zona, siendo importante mencionar la presencia estacional de *M. novaeangliae* en la misma (Urbán *et al.*, 1999) y la alta tasa de ataques de orcas sobre dicha especie de ballena registrada para aguas mexicanas (Steiger *et al.*, 2008). Además, estudios en otras partes del mundo indican que las orcas que depredan sobre mamíferos marinos raramente emiten vocalizaciones (tanto *clicks* como pulsos discretos), debido a que su estrategia de forrajeo consiste en la escucha pasiva (Baird *et al.*, 1992; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Deecke *et al.*, 2005). Como los requerimientos nutricionales diarios de este delfín son altos (Baird & Dill, 1995, 1996), el vocalizar durante la búsqueda de alimento alertaría a las

posibles presas, con su consecuente escape. En consecuencia, el costo de la emisión de sonidos por parte de la orca que se alimenta de otros mamíferos marinos se vería reflejado en un incremento en el tiempo de búsqueda y captura de alimento (Barrett-Lennard *et al.*, 1996). A pesar de que durante las instancias de forrajeo los animales no vocalicen, esto no afectaría la coordinación y los movimientos de grupo debido a que generalmente la distancia entre individuos es muy estrecha y dentro del rango visual de los mismos (Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Deecke *et al.*, 2005). Entonces, la emisión de vocalizaciones ocurriría estrictamente en contextos con bajo costo para las orcas, como luego de un evento de caza (Guinet, 1992; Barrett-Lennard *et al.*, 1996), situación que ha sido observada en Loreto, B.C.S (*Golfo Inferior*), luego de un ataque exitoso sobre una cría de rorcual común *Balaenoptera physalus* en Marzo de 2008 (Fernando Arcas, Grupo Ecológico Antares, *com. pers*).

Si bien la identidad de los individuos cuyas vocalizaciones fueron registradas por el HARP es totalmente desconocida, así como el tamaño de grupo, para el Golfo de California se han observado eventos de depredación sobre diferentes clases y órdenes de presas, no existiendo ninguna asociación exclusiva de individuos o grupos a cierta clase de alimento (Mercedes Guerrero, *com. pers*). Aunque con base en la literatura disponible se podría suponer que la dieta de la orca en el Golfo de California sería oportunista, teniendo en cuenta la gran diversidad y abundancia de mamíferos marinos en la zona, y a partir de lo anteriormente mencionado, se podría sugerir que el bajo número de vocalizaciones registradas por el HARP podría deberse a que el comportamiento de los individuos en cuestión habría incluido la búsqueda activa de alimento auditivamente susceptible a las frecuencias de su comportamiento vocal (mamíferos marinos); a que los animales transitaran por fuera del área de captación del instrumento autónomo (distancia promedio de ubicación del HARP a la costa = 13.12 km; distancia de SONO_190505 al HARP GofCA_3 = 34.75 Km; Cuadro 1); o simplemente a que las vocalizaciones emitidas no presentaran un “espacio de actividad” alto, es decir que éstas fueran de propagación corta (entre 5-9 Km con estado del mar *escala Beaufort* cero) (Miller, 2006).

Esto último es coincidente con el hecho de que las vocalizaciones GoCa1, GoCa2, GoCa3, GoCa4_i, y GoCa4_ii, registradas por el hidrófono de arrastre el 30 de Mayo de 2006 no fueron captadas por el HARP GofCA_5, el cual estaba ubicado a 10.45 km del sitio de grabación *in situ*. Cabe mencionar que ninguna de éstas vocalizaciones presenta un componente solapado independiente de alta frecuencia, característica de las señales

estereotipadas intensas de comunicación de larga distancia de la especie objetivo (entre 10-16 Km con estado del mar *escala Beaufort* cero) (Miller, 2006). Sin embargo, las vocalizaciones GoCa5, GoCa6, y GoCa8 sí lo presentan, aunque la estructura del espectro de esta última no es clara debido a la baja calidad de las grabaciones.

II. 5.2 Direccionalidad de las vocalizaciones y profundidad del HARP

Para los seis conjuntos de datos analizados la profundidad del instrumento estuvo comprendida entre 659 y 840 m (Cuadro 1). La emisión de sonidos de alta frecuencia (tanto *clicks* de ecolocalización y silbidos, como los componentes de alta frecuencia de los pulsos discretos de comunicación) en odontocetos presenta una mayor direccionalidad en comparación con los de frecuencias más bajas (Schevill & Watkins, 1966; Miller, 2002) debido a que los tejidos animales son más efectivos para absorber, reflejar, y/o enfocar longitudes de onda pequeñas (Miller, 2002).

Como no se conocen las variables físicas oceanográficas imperantes en las instancias de ocurrencia de la especie objetivo durante las cuales fueron registradas las vocalizaciones por parte del HARP, es imposible estimar la velocidad de propagación del sonido en dichos momentos, y por ende tener una idea concreta de si la gran profundidad a la que se encontraba el instrumento autónomo podría ser la causa fundamental de la baja cantidad de registros acústicos de la especie. Cabe destacar que durante el análisis de datos surgieron problemas para reconocer pulsos discretos debido a que los sonogramas presentaban baja calidad espectral y auditiva, además de una alta tasa de ruido. Varias vocalizaciones mostraban solamente el componente de baja frecuencia de mayor intensidad, por lo que al no tener disponible un catálogo acústico pre-existente de referencia (*e.g.* de grabaciones *in situ*), no pudieron ser categorizadas.

La captación de vocalizaciones por un instrumento acústico depende fuertemente de la orientación del individuo emisor con respecto a éste y de la intensidad vocal (Schevill & Watkins, 1966; Miller, 2006; Miller *et al.*, 2007), además de la atenuación intrínseca a las condiciones ambientales y a las interferencias antropogénicas (Medwin & Clay, 1998; Erbe, 2002; Miller, 2002; Wiggins *et al.*, 2004; Holt *et al.*, 2009). Si bien la capacidad de buceo de la orca a partir de su interacción con pesquerías de palangre de profundidad se estima de ser entre 300-600 m (Yano & Dahlheim, 1995) y que se han registrado buceos de hasta 265 m en individuos del ecotipo *residente* (Baird *et al.*, 2005), se sabe que durante la mayor parte del

tiempo los individuos utilizan principalmente aguas superficiales (<60m) porque allí obtienen los requerimientos energéticos necesarios, aunque regularmente efectúen buceos por encima de los 150 m (realizando buceos profundos en promedio una vez cada 5 h) (Baird *et al.*, 2005).

Aunque se analizaron grabaciones de *O. orca* obtenidas por un hidrófono de arrastre y por sonoboyas, el grueso de los datos analizados en el presente estudio provienen de un instrumento de grabación autónomo. Dicho instrumento fue ubicado en el área de estudio (Cuenca Pescadero, *Golfo Inferior*) con el fin de investigar la ocurrencia de zífidos (familia Ziphiidae) en la zona. Estos cetáceos son principalmente teutófagos (es decir que se alimentan de calamar y por ende son buceadores profundos) y vocalizan a gran profundidad (> 200m) cuando transitan hacia sus áreas de alimentación y durante el forrajeo (Johnson *et al.*, 2004); de ahí la gran profundidad de colocación del instrumento. La posición de éste fue en las adyacencias al paralelo 24 (ver Fig. 1), donde existen cañones submarinos (Shepard, 1973), los cuales de alguna forma constituyen un hábitat clave para moluscos cefalópodos, y por lo cual han sido vinculados en diferentes partes del mundo a la presencia de cetáceos teutófagos como zífidos (*e.g.* géneros *Hyperoodon*, *Ziphius*, *Berardius*, *Mesoplodon*), cachalotes *Physeter macrocephalus*, y calderones *Globicephala spp.* (Hooker *et al.*, 1999; Cañadas *et al.*, 2002; Yen *et al.*, 2004; MacLeod & Zuur, 2005; Aguilar Soto *et al.*, 2008; Praca & Garnier, 2008).

Entonces, teniendo en cuenta los factores anteriormente mencionados, se podría concluir que efectivamente la alta profundidad a la que se encontraba el HARP constituyó un factor relevante adicional tanto para el bajo número de registros de vocalizaciones de orca como para su escueta calidad.

II. 5.3 Vocalizaciones de *Orcinus* vs *Globicephala*

Como se señaló en el inciso 3.2.2 del presente Capítulo, durante la primera etapa del análisis de datos se seleccionaron los archivos del HARP que contenían posibles grabaciones de vocalizaciones de *O. orca*. La confirmación de la identidad de la especie ocurrió durante la segunda porción del análisis, y fue realizada con la asistencia del Dr. John Ford (Marine Mammal Laboratory, Pacific Biological Station at Nanaimo, Fisheries and Oceans, Canadá). De 32 archivos seleccionados, 7 correspondieron a *O. orca*, 18 al calderón de aletas cortas

Globicephala macrorhynchus, y 2 a “posiblemente *O. orca*”; mientras que los 6 restantes fueron desconocidos (e.g. podría ser cualquiera de las dos especies) (Cuadro 18). Es importante mencionar que un estudio reciente señala que no existen diferencias substanciales entre las vocalizaciones discretas de orcas y el calderón de aletas largas *Globicephala melas*, y subraya la dificultad de diferenciar y categorizar vocalizaciones de ambas especies provenientes de instrumentos de grabación autónomos (Nemiroff, 2009).

La confusión para distinguir entre pulsos discretos de orcas y calderones radicó en la similitud estructural de las vocalizaciones, la pérdida de calidad de los registros debido a la profundidad del instrumento autónomo (Fig.25), y en la ausencia de datos acústicos previos de estos dos delfines para el Golfo de California. A pesar de esto, algunas de las grabaciones presentaron un número importante de silbidos altamente estereotipados en forma de “V”, los que fueron fundamentales para concluir que se trataba de *G. macrorhynchus* y no *O. orca* (Fig.26). Sin embargo, debido a que la propagación de los silbidos en el agua es corta, la mayor parte de las grabaciones dudosas no los presentaron, por lo que su diagnóstico permanecerá pendiente.

Cuadro 18. Archivos HARP con presuntas vocalizaciones de *O. orca* seleccionados en la *Etapa I* y la posterior confirmación de especie realizada durante la *Etapa II* del análisis.

<i>Archivo HARP</i>	<i>Especie</i>	<i>Archivo HARP</i>	<i>Especie</i>
GofCA_5_stPP_060802_135230.x.wav	?	GofCA_2_stpp_050103_213608.x.wav	Gm
GofCA_5_stPP_060802_171121.x.wav	?	GofCA_2_stpp_050104_105108.x.wav	Gm
GofCA4A4_stA4_060104_195730.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_050104_120941.x.wav	Gm
GofCA4A4_stA4_060105_013500.x.wav	Gm	GofCA_2_stpp_050108_092452.x.wav	Oo
GoC4A7_stA7_051221_080000.x.wav	?	GofCA_2_stpp_050124_093339.x.wav	Gm
GoC4A7_stA7_051221_113230.x.wav	Gm	GofCA_2_stpp_050125_093928.x.wav	Gm
GofCA4A4_stA4_051221_095500.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_050126_060235.x.wav	Gm
GofCA4A4_stA4_051221_091730.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_041208_124000.x.wav	?
GofCA4A4_stA4_051226_111230.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_041213_180000.x.wav	Gm
GofCA3A5_050810_224115.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_041213_204000.x.wav	Gm
GofCA3A5_050811_013845.x.wav	Oo	GofCA_2_stpp_041225_100307.x.wav	Gm
GofCA3A5_050831_040944.x.wav	Pos. Oo	GofCA_2_stpp_041225_122922.x.wav	Gm
GofCA3A5_050831_072615.x.wav	Pos. Oo	GofCA_2_stpp_041116_022000.x.wav	Gm
GofCA_2_stpp_050227_010543.x.wav	Gm	GofCA_2_stpp_041116_044339.x.wav	Gm
GofCA_2_stpp_050217_011928.x.wav	Gm		
GofCA_2_stpp_050206_064235.x.wav	Gm		
GofCA_2_stpp_050205_123928.x.wav	Gm		
GofCA_2_stpp_050101_231203.x.wav	Gm		

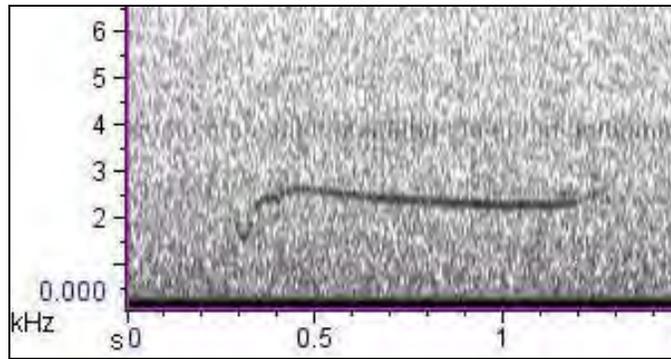


Fig.25. Espectrograma de vocalización discreta no categorizada de *O. orca* registrada el 21/12/05 por el HARP. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 4096 y un solapamiento del 85%. Nótese la presencia de solamente la banda de baja frecuencia de mayor intensidad y la ausencia total de armónicos.

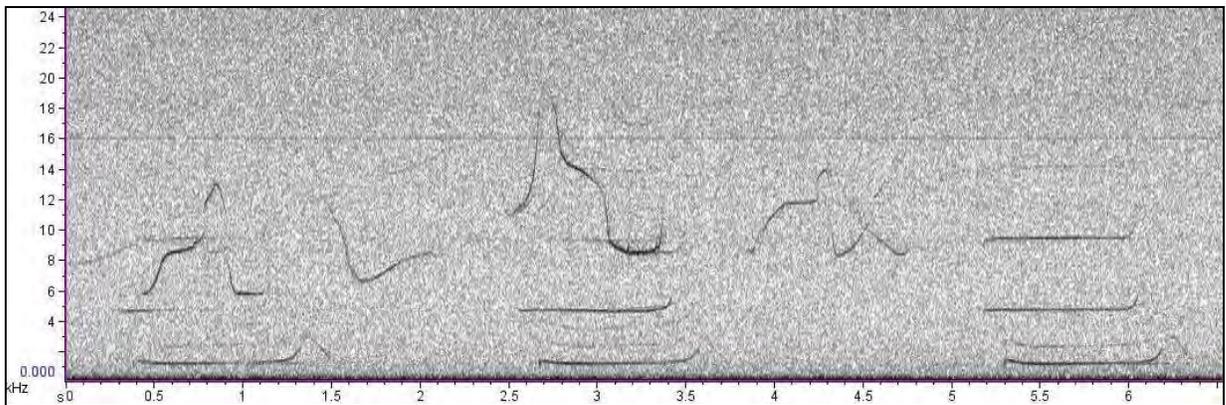


Fig.26. Espectrograma secuencial de una vocalización discreta de *G. macrorhynchus* registrada el 03/01/05 por el HARP. El espectrograma fue generado con una ventana Hann, una TDF de 1024 y un solapamiento del 85%. Nótese la terminación diferencial en los pulsos discretos I y III, y la presencia de armónicos de las bandas de baja y alta frecuencia. La presencia y forma de los silbidos estereotipados fueron cruciales para el diagnóstico de la especie.

II. 5.4 Vocalizaciones de la orca en el Golfo de California

Las nueve vocalizaciones discretas presentadas aquí constituyen la primera información disponible sobre el comportamiento acústico de la orca en el Golfo de California. A pesar de que los datos son pocos, de baja calidad, y que debido a esto varios sonidos no pudieron ser caracterizados con base en sus espectrogramas, constituyen un primer paso para futuras investigaciones sobre la estructura social de la especie en el área.

Si bien no se realizó una comparación formal de las vocalizaciones GoCa1-GoCa9 con los catálogos disponibles para el Pacífico Noreste, aparentemente ninguna de ellas corresponde o está relacionada con éstas (John K.B. Ford, *com. pers*). Sin embargo, durante el proceso de análisis, se encontró que las características audibles de una vocalización que no se pudo caracterizar (debido a que en su espectrograma sólo aparecía la banda de mayor energía, Fig.25), eran muy similares a las de una vocalización perteneciente a la matrilinea A30 (John K.B Ford, *com. pers*). Esta matrilinea es una de las tres pertenecientes al *pod* A1, grupo de *residentes del norte* más frecuentemente observado en aguas adyacentes a la Isla de Vancouver, Columbia Británica (Weiß *et al.*, 2007), y el que junto a otros nueve *pods*, es miembro de un clan acústico ("A").

Evidentemente este hallazgo no relaciona directamente a grupos ancestrales o individuos actuales del Pacífico Norte con los del Golfo de California, sino que señala una convergencia evolutiva no sólo entre poblaciones diferentes (John K.B. Ford, *com. pers*), sino posiblemente también entre ecotipos diferentes.

En este estudio se compararon las nueve vocalizaciones obtenidas con una grabación del "L.A pod", grupo de por lo menos 13 individuos no perteneciente ni al tipo *residente* ni al *transeúnte*, que entre los años 1982 y 1990 fue observado en el área de Los Ángeles (California, EE.UU) (Black *et al.*, 1997). En Enero de 1985 parte del grupo fue avistado en Canal de Ballenas (NO del Golfo de California), y en Marzo del mismo año fue encontrado en la Bahía de Monterey (California, EE.UU), ocasión en la que se efectuó un registro acústico (realizada por Randy Wells y Greg Silber; grabación proporcionada por J.K.B Ford). Estos animales fueron reconocidos varias veces en la costa oeste de la Península de Baja California, y su último avistamiento fue en La Jolla (California) en Diciembre de 1997, por lo que se presumen

muertos/desaparecidos (Alisa Schulman-Janiger, *com. pers*). De tres vocalizaciones discretas del L.A pod, ninguna coincidió con las vocalizaciones GoCa1-GoCa9.

Datos actuales generados a partir de un estudio de foto-identificación de la orca en el Golfo de California (Mercedes Guerrero, *com. pers*) señalan la posible existencia de grupos de animales con relaciones muy fluidas, pero que no se desplazarían por fuera del Golfo. Además, existirían otros grupos no relacionados a los anteriores y que entrarían al Golfo pero que se desplazarían por el Pacífico hasta Orange County (California, EE.UU), lo que ya ha sido reportado anteriormente (Black *et al.*, 1997).

A partir de esto, se podría suponer que los animales residentes dentro del Golfo de California constituirían un clan acústico, formado por distintos grupos de orcas con diferentes dialectos, pero vinculados entre sí en mayor o menor grado según el número de vocalizaciones discretas compartidas. Sin embargo, debido a la fluidez de los movimientos de animales entre el Océano Pacífico y el Golfo de California, seguramente exista más de uno de estos clanes.

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, Y PERSPECTIVAS

III. 1 Conclusiones

- Las nueve vocalizaciones discretas presentadas aquí constituyen la primer información sistemática disponible sobre el comportamiento acústico de la orca para el Golfo de California, y a pesar de que los datos obtenidos fueron pocos y de baja calidad, son importantes para tomar como referencia en la elaboración y diseño de muestreo de futuros estudios.
- El uso de datos provenientes de instrumentos de grabación autónomos colocados fuera de la zona mayormente frecuentada por la especie en la columna de agua no es apropiado, además de no ser útiles para la diferenciación práctica de vocalizaciones de *O. orca* y *G. macrorhynchus*; especialmente en áreas donde la distribución de las dos especies está superpuesta y donde el repertorio vocal de ambas permanece totalmente desconocido.
- La vocalización GoCa7 ha permanecido estable (con respecto a sus características audibles y estructurales) en el Golfo de California por lo menos durante 21 años, lo que podría indicar la existencia de linajes acústicos en el área.

III. 2 Recomendaciones

- Es necesario que se incremente el esfuerzo para obtener grabaciones *in situ* de *Orcinus orca* y *Globicephala macrorhynchus* con el fin de conocer su repertorio vocal en el Golfo de California y si es posible, establecer pautas para la diferenciación de las vocalizaciones discretas de ambas especies en el área.
- De existir futuros estudios con instrumentos autónomos, es importante que el diseño de muestreo sea planeado adecuadamente en tiempo y espacio tridimensional, y que la ubicación de los mismos esté dentro de la capa de mezcla.
- Es necesario complementar los estudios de foto-identificación con seguimientos focales de los grupos con el fin de elaborar un etograma de la orca para el Golfo de California.
- En el caso de obtenerse muestras genéticas, es importante obtener la mayor cantidad de individuos hembra, con el fin de dilucidar la estructura social de la especie para el Golfo, e integrarla a datos acústicos.

III. 3 Perspectivas

Actualmente es de conocimiento general que las actividades antropogénicas han impactado tanto directa como indirectamente sobre la vida marina en general (Norse & Crowder, 2005), y los mamíferos marinos enfrentan diversos tipos de amenazas, entre éstas la contaminación acústica (Hooker & Gerber, 2004). Estudios recientes indican que el nivel de ruido en los océanos se ha incrementado drásticamente en los últimos 30 años (McDonald *et al.*, 2006), y en respuesta a esto se han observado, entre otros: a) cambios en la frecuencia de vocalizaciones de ballena franca del Atlántico Norte *Eubalaena glacialis* y del Atlántico Sur *Eubalaena australis*, b) abandono temporal de un área de cría por parte de la ballena gris *Eschrichtius robustus* en Baja California (Tyack, 2008), c) modificación en la duración del canto de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en Hawaii durante actividades de sonar de baja frecuencia (Miller *et al.*, 2000), d) cambios en el uso de hábitat por parte de orcas y foca común *Phoca vitulina* en adyacencias a granjas de acuicultura en la Columbia Británica (Morton & Symonds, 2002), y e) modificación en la amplitud de pulsos discretos de orcas en respuesta al incremento de tráfico marítimo (Holt *et al.*, 2009). Además, se han registrado varamientos de zífidos y otros cetáceos relacionados con actividades militares de sonar activo (Barlow & Gisiner, 2006; Wang & Yang, 2006; Weilgart, 2007), y se han planteado y discutido estrategias para minimizar los impactos principalmente en los primeros (Taylor *et al.*, 2004; Barlow & Gisiner, 2006), ya que es una de las familias de cetáceos menos conocida, así como el establecimiento de un marco legal internacional (Scott, 2007).

Al igual que las áreas costeras a nivel global, en los últimos 100 años el Golfo de California ha tenido un crecimiento urbano importante y esto se ha reflejado en cambios en las comunidades biológicas marinas (Sáenz-Arroyo *et al.*, 2006; Sagarin *et al.*, 2008). Si bien todavía no se han realizado estudios acústicos para evaluar el impacto del aumento de las embarcaciones sobre las poblaciones de cetáceos en el área, es importante destacar que los sonidos de alta frecuencia de los delfínidos presentan una mayor atenuación por pérdida de energía que los de baja frecuencia (Medwin & Clay, 1998), y esto podría afectar la comunicación a largas distancias (10-30 km).

Los procesos de cambio climático global que están ocurriendo actualmente serán evidenciados entre otros, por un cambio substancial en las comunidades marinas tropicales y subtropicales (Whitehead *et al.*, 2008). Se sabe que la percepción ambiental humana de un área natural cambia con base en la degradación del mismo y va de la mano con las nuevas generaciones (Sáenz-Arroyo *et al.*, 2005; Lozano-Montes *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta la fascinante estructura social y el comportamiento de la orca, su rol en la cadena trófica, su imagen icónica, la individualidad vocal de sus poblaciones y el rol de ésta para la conservación (Terry *et al.*, 2005), se espera que el presente trabajo despierte el interés de jóvenes investigadores y contribuya al desarrollo de futuros estudios interdisciplinarios en el área para dejar atrás el escaso conocimiento que hoy en día se tiene sobre la especie en el Golfo de California.

ANEXO I

Cuadro I.1. Selección primaria de archivos XWAV efectuado a partir de la revisión de los datos en bruto del HARP. La agrupación de los mismos se hizo con base en el mes y año de registro. Se detalla también la cantidad de información analizada.

<i>Mes</i>	<i>Info</i>
Noviembre 2004	6.24 GB
Diciembre 2004	19.3 GB
Enero 2005	95.4 GB
Febrero 2005	32.4 GB
Agosto 2005	19.2 GB
Diciembre 2005	134 GB
Enero 2006	63.7 GB
Agosto 2006	6.72 GB
	<u>377.7 GB</u>

Cuadro I.2. Archivos XWAV correspondientes a Noviembre de 2004 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA_2_stPP_041116_022000.x.wav	01:19:08	724 MB
GofCA_2_stPP_041116_044339.x.wav	01:19:08	724 MB
GofCA_2_stPP_041116_074307.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_041116_102615.x.wav	01:15:64	694 MB
GofCA_2_stPP_041116_130000.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_041116_154000.x.wav	01:18:05	714 MB
GofCA_2_stPP_041116_180615.x.wav	01:15:54	694 MB
GofCA_2_stPP_041116_204000.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_041116_230615.x.wav	01:15:64	694 MB

Cuadro I.3. Archivos XWAV correspondientes a Diciembre de 2004 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA_2_stPP_041208_020615.x.wav	01:15:64	694 MB
GofCA_2_stPP_041208_044000.x.wav	01:18:08	715 MB
GofCA_2_stPP_041208_070615.x.wav	01:18:08	715 MB
GofCA_2_stPP_041208_100615.x.wav	01:15:64	694 MB
GofCA_2_stPP_041208_124000.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_041208_150615.x.wav	01:15:64	694 MB
GofCA_2_stPP_041208_174000.x.wav	01:18:08	715 MB
GofCA_2_stPP_041213_180000.x.wav	01:19:05	724 MB
GofCA_2_stPP_041213_204000.x.wav	01:18:08	715 MB
GofCA_2_stPP_041225_100307.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_041225_122922.x.wav	01:18:08	715 MB

Cuadro I.4. Archivos XWAV correspondientes a Enero de 2005 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA_2_stPP_050101_215136.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050101_231203.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050103_201541.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050103_213608.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050104_093041.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050104_105108.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050104_120941.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050104_133008.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050108_080425.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050108_092452.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050121_012413.x.wav	01:19:08	724 MB
GofCA_2_stPP_050121_024215.x.wav	01:17:55	715 MB
GofCA_2_stPP_050124_093339.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050124_110130.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050125_040840.x.wav	01:19:05	724 MB
GofCA_2_stPP_050125_064850.x.wav	01:15:47	693 MB
GofCA_2_stPP_050125_093928.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050126_060235.x.wav	01:18:07	715 MB

Cuadro I.5. Archivos XWAV correspondientes a Febrero de 2005 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

GofCA_2_stPP_050205_123928.x.wav	01:18:08	715 MB
GofCA_2_stPP_050206_064235.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050217_011928.x.wav	01:18:05	714 MB
GofCA_2_stPP_050219_222543.x.wav	01:15:54	694 MB
GofCA_2_stPP_050227_010543.x.wav	01:15:53	694 MB
GofCA_2_stPP_050227_033928.x.wav	01:18:07	715 MB
GofCA_2_stPP_050227_084543.x.wav	01:15:53	694 MB

Cuadro I.6. Archivos XWAV correspondientes a Agosto de 2005 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA3A5_050810_101115.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_033115.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_062845.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_101115.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_130845.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_162615.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_192345.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050810_224115.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_013845.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_045615.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_075345.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_140845.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_140845.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_172615.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050811_202345.x.wav	00:37:48	865 MB
GofCA3A5_050811_234115.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_011115.x.wav	00:37:41	862 MB
GofCA3A5_050831_040944.x.wav	00:37:36	860 MB
GofCA3A5_050831_072615.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_102345.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_134118.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_170230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_202000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA3A5_050831_231730.x.wav	00:37:30	858 MB

Cuadro I.7. Archivos XWAV correspondientes a Diciembre de 2005 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

Cuadro I.7. (continuación).

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA4_stA7_051221_040230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_203230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_080000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_211000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_113230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_214730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_153000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_222500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_190230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_230230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_003000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051221_234000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA7_051221_230000.x.wav	00:37:30	858 MB	GoCA4_stA7_051221_113230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_003230.x.wav	00:37:30	858 MB	GoCA4_stA7_051221_080000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_011000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_000730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_014730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_004500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_022500.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_012230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_030230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_020000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_034000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_023730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_041730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_031500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_045500.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_035230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_053230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_043000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_061000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_050730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_064730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_054500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_072500.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_062230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_080230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_070000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_084000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_073730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_091730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_081500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_095500.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_085230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_103230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_093000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_111100.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_100730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_114730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_104500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_122500.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_112230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_130230.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_120000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_134000.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_123730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_141730.x.wav	00:37:30	858 MB	GofCA4_stA4_051224_131500.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_145500.x.wav	00:37:30	858 MB	GoCA4_stA4_051226_111230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA4_stA4_051221_153230.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_161000.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_164730.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_172500.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_180230.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_184000.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_191730.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_195500.x.wav	00:37:30	858 MB			
GofCA4_stA4_051221_195500.x.wav	00:37:30	858 MB			
GoCA4_stA4_051227_225000.x.wav	00:37:30	858 MB			

Cuadro I.8. Archivos XWAV correspondientes a Agosto de 2006 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GofCA_5_stPP_060802_012230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_044000.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_073730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_105621.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_135230.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_171121.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_200730.x.wav	00:37:30	858 MB
GofCA_5_stPP_060802_232621.x.wav	00:37:30	858 MB

Cuadro I.9. Archivos XWAV correspondientes a Enero de 2006 y revisados manualmente para la búsqueda puntual de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
GoCA4_stA4_060104_195730.x.wav	00:37:30	858 MB
GoCA4_stA4_060105_013500.x.wav	00:37:30	858 MB

ANEXO II

Cuadro II.1. Archivos WAV correspondientes a grabaciones efectuadas con sonoboyas durante avistamientos de orcas en Marzo de 2004 y Mayo de 2005 en el sur del Golfo de California, los que fueron revisados manualmente para la búsqueda de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Tamaño</i>
GoCA0403-SB02-040304-2206.wav	163 MB
GoCA0403-SB02-040304-2236.wav	239 MB
Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-011842.wav	7,07 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-012000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-013000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-014000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-015000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-020000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-021000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-022000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-023000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-024000.wav	54,9 MB
S-Q-MdOoPm-GoC0505-SB46-050520-025000.wav	24,1 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-223043.wav	50,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-224000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-225000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-230000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-231000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-232000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-233000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-234000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050519-235000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-000000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-001000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-002000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-003000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-004000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-005000.wav	47,4 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-005933.wav	2,40 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-010000.wav	54,9 MB
S-Q-OoPmZc-GoC0505-SB45-050520-011000.wav	47,6 MB

Cuadro II.2. Archivos WAV correspondientes a grabaciones efectuadas con un hidrófono de arrastre durante avistamientos de orcas en Mayo y Septiembre de 2006 en el sur del Golfo de California, los que fueron revisados manualmente para la búsqueda de vocalizaciones discretas.

<i>Nombre archivo</i>	<i>Duración</i>	<i>Tamaño</i>
B08h14m34s28sep2006y_Zc_Dc_Oo.wav	01:02:05	3,99 GB
B08h44m42s31may2006y_Oo.wav	00:00:42	44,2 MB
B08h54m17s31may2006y_Oo.wav	00:04:44	312 MB
B09h02m20s31may2006y_Oo.wav	00:03:32	232 MB
B09h04m53s30may2006y_Oo.wav	00:31:01	1,99 GB
B09h07m20s31may2006y_Oo.wav	00:02:26	161 MB
B09h12m01s31may2006y_Oo.wav	00:01:44	114 MB
B09h19m08s28sep2006y_Zc_Dc_Oo.wav	01:02:05	3,99 GB
B10h26m05s28sep2006y_Zc_Dc_Oo.wav	01:02:05	3,99 GB
B11h57m56s28sep2006y_Zc_Dc_Oo.wav	00:38:14	2,46 GB

ANEXO III: RUTINAS DE MATLAB

Para los análisis de estadística descriptiva se elaboró una rutina básica, la que fue adaptada para cada una de las vocalizaciones. A continuación, y a modo de ejemplo, se presenta la rutina para la vocalización GoCa1.

1) Rutina GoCa1

```
clear
close all
%Estadística descriptiva de la vocalización GoCaX (media, desvío
estándar, Coeficiente de variación)

%I) Duración total de la vocalización GoCa1 (tiempo en segundos)

x=[0.773 0.521]
n=length(x)
m=mean(x)
s=std(x)
cv=s/m

%II) Componente 1 de la vocalización GoCa1 (tiempo en segundos)

C1GoCa1=[0.225 0.151 0.086]
n1=length(C1GoCa1)
m1=mean(C1GoCa1)
s1=std(C1GoCa1)
cv1=s1/m1

%III) Componente 2 de la vocalización GoCa1 (tiempo en segundos)

C2GoCa1=[0.282 0.43 0.313 0.182 0.129 0.332 0.208 0.276 0.358 0.281
0.333 0.329 0.314 0.267 0.3]
n2=length(C2GoCa1)
m2=mean(C2GoCa1)
s2=std(C2GoCa1)
```

```
cv2=s2/m2
```

```
%IV) Componente 3 de la vocalización GoCal (tiempo en segundos)
```

```
C3GoCal=[0.13 0.091 0.106 0.159 0.207 0.136 0.136 0.127 0.057 0.093  
0.09 0.117 0.069 0.091]
```

```
n3=length(C3GoCal)
```

```
m3=mean(C3GoCal)
```

```
s3=std(C3GoCal)
```

```
cv3=s3/m3
```

```
%V) Componente 4 de la vocalización GoCal (tiempo en segundos)
```

```
C4GoCal=[0.401 0.338 0.333 0.334 0.218 0.091 0.139 0.134 0.125 0.125]
```

```
n4=length(C4GoCal)
```

```
m4=mean(C4GoCal)
```

```
s4=std(C4GoCal)
```

```
cv4=s4/m4
```

```
%VI) Ancho de banda de los armónicos en el componente 1 (frecuencia  
en Hertz)
```

```
abC1GoCal=[422 374.7 363]
```

```
n5=length(abC1GoCal)
```

```
m5=mean(abC1GoCal)
```

```
s5=std(abC1GoCal)
```

```
cv5=s5/m5
```

```
%VII) Ancho de banda de los armónicos en el componente 2 (frecuencia  
en Hertz)
```

```
abC2GoCal=[168.8 373 386.6 128.7 165.3 165.8 238.2 193.9 216 184.2  
182.1 188.4 146.5 269 194.3]
```

```
n6=length(abC2GoCal)
```

```
m6=mean(abC2GoCal)
```

```
s6=std(abC2GoCal)
```

```
cv6=s6/m6
```

```
%VIII) Ancho de banda de los armónicos en el componente 3  
(frecuencia en Hertz)
```

```
abC3GoCa1=[135 896.9 923.5 617.1 316.6 816.8 1006.8 1095.9 805.6
808.5]
n7=length(abC3GoCa1)
m7=mean(abC3GoCa1)
s7=std(abC3GoCa1)
cv7=s7/m7
```

%IX) Ancho de banda de los armónicos en el componente 4 (frecuencia en Hertz)

```
abC4GoCa1=[67.5 1933 1645.6 1724.6 1922.1 1905.8 2005 1096 1140.4
2089.7]
n8=length(abC4GoCa1)
m8=mean(abC4GoCa1)
s8=std(abC4GoCa1)
cv8=s8/m8
```

REFERENCIAS

- Aguilar Soto, N., Johnson, M.P., Madsen, P.T., Díaz, F., Domínguez, I., Brito, A., y Tyack, P. (2008). Cheetahs of the deep sea: deep foraging sprints in short-finned pilot whales off Tenerife (Canary Islands). *J. Animal. Ecol.*, 77:936-947.
- Alvarez-Borrogo, S. (2008). Oceanografía de las grandes islas. Pp. 45-65. En: Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007. Danemann, G.D. y Ezcurra, E. (eds.). INE, México.
- Awbrey, F.T., Thomas, J.A., Evans, W.E., y Leatherwood, S. (1982). Ross Sea killer whale vocalizations: preliminary description and comparison with those of some Northern Hemisphere killer whales. *Rep. Int. Whal. Commn.* 32:667-670.
- Bain, D.E. (1986). Acoustic behaviour of *Orcinus*: sequences, periodicity, behavioral correlates and an automated technique for call classification. Pp. 335-371. En: *Behavioral Biology of Killer Whales*. Kirkevold, B.C. y Lockard J. S. (eds). Alan R. Liss, Inc., New York.
- Bain, D.E. (1989). An evaluation of evolutionary processes: studies of natural selection, dispersal, and cultural evolution in killer whales (*Orcinus orca*). Ph.D. Dissertation. University of California, Santa Cruz.
- Baird, R.W. (2001). Status of killer whales in Canada. *Can. Field. Nat.*, 115(4): 676-701.
- Baird, R.W. (2000). The killer whale. Pp. 127-153. En: *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. Mann, J., Connor, R.C., Tyack, P.L., y Whitehead, H. (eds). The University of Chicago Press, Ltd., London.
- Baird, R.W. (2002). Killer whales of the world: natural history and conservation. Voyageur Press, Stillwater, U.S.A.
- Baird, R.W., Abrams, P.A., y Dill, L.M. (1992). Possible interactions between transient and resident killer whales: implications for the evolution of foraging specializations in the genus *Orcinus*. *Oecol.*, 89: 125-132.
- Baird, R.W. y Dill, L.M. (1995). Occurrence and behavior of transient killer whales: seasonal and pod-specific variability, foraging behavior, and prey handling. *Can. J. Zool.*, 73: 1300-1311.
- Baird, R.W. y Dill, L.M. (1996). Ecological and social determinants of group size in *transient* killer whales. *Behav. Ecol.*, 7(4): 408-416.
- Baird, R.W. y Whitehead, H. (2000). Social organization of mammal-eating killer whales: group stability and dispersal patterns. *Can. J. Zool.*, 78: 2096-2105.
- Baird, R.W., Hanson, M.B., y Dill, L.M. (2005). Factors influencing the diving behaviour of fish-eating killer whales: sex differences and diel and interannual variation in diving rates. *Can. J. Zool.*, 83: 257-267.
- Baird, R.W., Mc Sweeney, D., Bane, C., Barlow, J., Salden, D.R., La'Ren, K.A., Le Duc, R.G., y Webster, D.L. (2006). Killer whales in Hawaiian waters: information on population identity and feeding habits. *Pacif. Sci.*, 60(4): 523-530.
- Barlow, J. y Gisiner, R. (2006). Mitigating, monitoring and assessing the effects of anthropogenic sound on beaked whales. *J. Cetacean. Res. Manag.* 7(3):239-249.
- Barrett-Lennard, L.G. (2000). Population structure and mating patterns of killer whales (*Orcinus orca*) as revealed by DNA analysis. Ph.D Thesis, University of British Columbia.
- Barrett-Lennard, L.G, Ford, J.K.B., y Heise, K.A. (1996). The mixed blessing of echolocation: differences in sonar use by fish-eating and mammal-eating killer whales. *Anim. Behav.*, 51: 553-565.
- Bigg, M.A. (1982). An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 32: 655-666.

- Bigg M.A., Olesiuk P.F., y Ellis G.M. (1990). Social organization and genealogy of resident killer whales in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Rep. Int. Whal. Commn.* (special issue) 12: 383-405.
- Bisther, A. (2002). Intergroup interactions among killer whales in Norwegian coastal waters; tolerance vs. aggression at feeding grounds. *Aquat. Mamm.*, 28.1: 14-23.
- Black, N.A., Schulman-Janiger, A., Ternullo, R.L., y Guerrero-Ruiz, M. (1997). Killer whales of California and Western Mexico: a catalog of photo-identified individuals. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-247. *Technical Memorandum*.
- Boughman, J.W. y Moss, C.F. (2003). Social sounds: vocal learning and development of mammal and bird calls. Pp. 138-224. En: *Acoustic Communication*. Simmonds, A.M., Fay, R.R., y Popper, A.N. (eds.). Springer Handbook of Auditory Research, Vol. 16. Springer, New York.
- Burdin, A.M., Hoyt, E., Filatova, O.A., Ivkovich, T., Tarasyan, K., y Sato, H. (2007). Status of the killer whale in eastern Kamchatka. SC/59/SM4. IWC Scientific Committee.
- Burtenshaw, J.C., Oleson, E.M., Hildebrand, J.A., McDonald, M.A., Andrew, R.K., Howe, B.M., y Mercer, J.A. (2004). Acoustic and satellite remote sensing of blue whale seasonality and habitat in the Northeast Pacific. *Deep-Sea Res. II*, 51: 967-986.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R., y García-Tiscar, S. (2002). Cetacean distribution with depth and slope in the Mediterranean Waters off southern Spain. *Deep-Sea Res. I*, 49:2053-2073.
- Condy, P.R., van Aarde, R.J., y Bester, M.N. (1978). The seasonal occurrence and behaviour of killer whales *Orcinus orca*, at Marion Island. *J. Zool. Lond.*, 184: 449-464.
- Constantine, R. y Visser, I. (1998). Killer whale (*Orcinus orca*) predation on dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*) in Kaikoura, New Zealand. *Mar. Mamm. Sci.*, 14(2): 324-330.
- Dahlheim, M.E. y Awbrey, F. (1982). A classification and comparison of vocalizations of captive killer whales (*Orcinus orca*). *J. Acoust. Soc. Am.* 72(3): 661-670.
- Dahlheim, M.E., Leatherwood, S., y Perrin, W.F. (1982). Distribution of killer whales in the warm temperate and Tropical Eastern Pacific. *Rep. Int. Whal. Commn.* 32:647-653.
- Dahlheim, M.E. y Heyning, J.E. (1999). *Orcinus orca*. Pp. 281-322. En: *Handbook of Marine Mammals*. Ridgway y Harrison, F.R.S (eds). Academic Press INC. (London) Limited.
- Dalla Rosa, L., Hoyt, E., Iñíguez, M., Morcillo Moreno, M., Morrice, M., Taylor, M., Tossenberger, V., Visser, I., Prideaux, M., Simmonds, y M., Dolman, S. (2002). *Orcinus orca*: a species complex. Whale and Dolphin Conservation Society (WDCS) Report.
- Deecke, V.B. (1998). Stability and change of killer whale (*Orcinus orca*) dialects. Master of Science Thesis. University of British Columbia.
- Deecke, V.B., Ford, J.K.B., y Spong, P. (1999). Quantifying complex patterns of bioacoustic variation: use of a neural network to compare killer whale (*Orcinus orca*) dialects. *J. Acoust. Soc. Am.* 105(4):2499-2507.
- Deecke, V.B., Ford, J.K.B., y Slater, J.B. (2005). The vocal behaviour of mammal-eating killer whales: communicating with costly calls. *Anim. Behav.*, 69: 395-405.
- De la Lanza Espino, E.G. (1991). Oceanografía de los mares mexicanos. AGT. Editor S.A. Primera Edición.
- Duignan, P.J., Hunter, J.E.B., Visser, I.N., Jones, G.W., y Nutman, N. (2000). Stingray spines: a potential cause of killer whale mortality in New Zealand. *Aquat. Mamm.*, 26.2: 143-147.
- Erbe, C. (2002). Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Mar. Mamm. Sci.*, 18(2):394-418.

- Filatova, O.A., Fedutin, I.A., Burdin, A.M., y Hoyt, E. (2007). The structure of the discrete call repertoire of killer whales *Orcinus orca* from Southeast Kamchatka. *Bioacoust.*, 16: 261-280.
- Ford, J.K.B. (1987). A catalogue of underwater calls produced by killer whales (*Orcinus orca*) in British Columbia. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.*
- Ford, J.K.B. (1989). Acoustic behaviour of resident killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia. *Can. J. Zool.* 67: 727-745.
- Ford, J.K.B. (1991). Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. *Can. J. Zool.* 69: 1454-1483.
- Ford, J.K.B. y Fisher, H.D. (1982). Killer whale (*Orcinus orca*) dialects as an indicator of stocks in British Columbia. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 32:671-679.
- Ford, J.K.B. y Fisher, H.D. (1983). Group-specific dialects of killer whales (*Orcinus orca*) in British Columbia. Pp. 129-161. En: *Communication and behavior of whales*. Roger Payne (ed.). AAAS Sel. Symp.
- Ford, J.K.B., Ellis, G.M., Barrett-Lennard, L.G., Morton, A., Palm, R.S., y Balcomb, K.C. (1998). Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. *Can. J. Zool.*, 76: 1456-1471.
- Ford, J.K.B. y Ellis, G.M. (1999). *Transients: mammal-hunting killer whales*. University of British Columbia Press.
- Ford, J.K.B. y Ellis, G.M. (2006). Selective foraging by fish-eating killer whales *Orcinus orca* in British Columbia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 316: 185-199.
- Gill, P.C. y Thiele, D. (1997). A winter sighting of killer whales (*Orcinus orca*) in Antarctic sea ice. *Polar Biol.*, 17: 401-404.
- Guerrero-Ruiz, M.E. (1997). Conocimiento actual de la orca *Orcinus orca* en el Golfo de California, México. Tesis de Biólogo Marino. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Guerrero-Ruiz, M., Gendron, D., y Urbán, R. (1998). Distribution, movements and communities of killer whales (*Orcinus orca*) in the Gulf of California, Mexico. *Rep. Int. Whal. Commn.* 48: 537-543.
- Guerrero-Ruiz, M., García-Godos, I., y Urbán, J.R. (2005). Photographic match of a killer whale (*Orcinus orca*) between Peruvian and Mexican waters. *Aquat. Mamm.*, 31(4):438-441.
- Guinet, C. (1990). Behavioral ecology of killer whales off Crozet Archipelago. Document for the Third Orca Symposium, Victoria, B.C, Canada.
- Guinet, C. (1991). L'orque (*Orcinus orca*) autour de l'archipel Crozet-comparaison avec d'autres localités. *Revue D'Ecologie la Terre et la Vie*, 46(4): 321-337. (Traducido al inglés : Marine Mammal Research Group, Victoria, Canada).
- Guinet, C. (1991a). Intentional stranding apprenticeship and social play in killer whales (*Orcinus orca*). *Can. J. Zool.*, 69: 2712-2716.
- Guinet, C. (1992). Hunting behaviour of killer whales (*Orcinus orca*) around Crozet Islands. *Can. J. Zool.*, 70: 1656-1667.
- Guinet, C. y Bouvier, J. (1995). Development of intentional stranding hunting techniques in killer whale (*Orcinus orca*) calves at Crozet Archipelago. *Can. J. Zool.*, 73: 27-33.
- Heckel, G., Ladrón de Guevara, P., y Rojas-Bracho, L. (2008). Ballenas y delfines. Pp. 563-601. En: *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007*. Danemann, G.D. y Ezcurra, E. (eds.). INE, México.

- Heimlich-Boran, J.R. (1988). Behavioral ecology of killer whales (*Orcinus orca*) in the Pacific Northwest. *Can. J. Zool.*, 66: 565-578.
- Heyning, J.E. y Dahlheim, M.E. (1988). *Orcinus orca*. *Mamm. Species*, 304: 1-9.
- Hoelzel, A.R. (1989). Behavioural ecology and population genetics of the killer whale. Ph.D. Dissertation. University of Cambridge.
- Hoelzel, A.R. (1991). Killer whale predation on marine mammals at Punta Norte, Argentina; food sharing, provisioning and foraging strategy. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 29: 197-204.
- Hoelzel, A. R. y Osborne, R. W. (1986). Killer whale call characteristics: implications for cooperative foraging strategies. Pp. 373-403. En: *Behavioral Biology of Killer Whales*. Kirkevold, B.C. y Lockard J. S. (eds). Alan R. Liss, Inc., New York.
- Hoelzel, A.R., Dahlheim, M., y Stern, S.J. (1998). Low genetic variation among killer whales (*Orcinus orca*) in the eastern North Pacific and genetic differentiation between foraging specialists. *Jour. Hered.*, 89: 121-128.
- Hoelzel, A.R., Natoli, A., Dahlheim, M.E., Olavarria, C., Baird, R.W., y Black, N.A. (2002). Low worldwide genetic diversity in the killer whale (*Orcinus orca*): implications for demographic history. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 269: 1467-1473.
- Holt, M.M., Noren, D.P., Veirs, V., Emmons, C.K., y Veirs, S. (2009). Speaking up: killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 125 (1). DOI: 10.1121/1.3040028.
- Hooker, S.K., Whitehead, H., y Gowans, S. (1999). Marine protected area design and the spatial and temporal distributions of cetaceans in a submarine canyon. *Conserv. Biol.*, 13(3):592-602.
- Hooker, S.K. y Gerber, L.R. (2004). Marine reserves as a tool for ecosystem-based management: the potential importance of megafauna. *BioSci.*, 54(1):27-39.
- Iñíguez, M.A. (2001). Seasonal distribution of killer whales (*Orcinus orca*) in Northern Patagonia, Argentina. *Aquat. Mamm.*, 27.2: 154-161.
- Janik, V. y Slater, P. (1997). Vocal learning in mammals. *Advanc. Stud. Behav.*, 26: 59-99.
- Janik, V.M., Sayigh, L.M., y Wells, R.S. (2006). Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. *PNAS*, 103(21):8293-8297.
- Jaramillo Legorreta, A.M. (2008). Estatus actual de una especie en extinción, la vaquita (*Phocoena sinus*): una aproximación poblacional con métodos acústicos y bayesianos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Jarvis, E.D. (2006). Selection for and against vocal learning in birds and mammals. *Ornithol. Sci.*, 5:5-14.
- Jefferson, T.A., Stacey, P.J., y Baird, R.W. (1991). A review of killer whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence. *Mammal Rev.*, 21(4): 151-180.
- Jefferson, T.A., Leatherwood, S., y Webber, M.A. (1993). *Marine mammals of the world*. FAO Species Identification Guide. UN Environment Programme. Food and Agriculture Organization.
- Jiménez-Perez, L.C. y Lara-Lara, J.R. (1998). Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño event. *CalCOFI Rep.*, Vol.XXIX.
- Johnson, M., Madsen, P.T., Zimmer, W.M.X., Aguilar de Soto, N., y Tyack, P.L. (2004). Beaked whales echolocate on prey. *Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.)*. 271: S383-386.
- Johnson, M., Madsen, P.T., Zimmer, W.M.X., Aguilar de Soto, N., y Tyack, P.L. (2006). Foraging Blainville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*) produce distinct click types matched to different phases of echolocation. *Jour. Experiment. Biol.*, 209:5038-5050.

- Keith, M., Bester, M.N., Bartlett, P.A., y Baker, D. (2001). Killer whales (*Orcinus orca*) at Marion Island, Southern Ocean. *African Zool.*, 36(2): 163-175.
- Krützen, M., Mann, J., Heithaus, M.R., Connor, R.C., Bejder, L., y Sherwin, W.B. (2005). Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. *PNAS*, 102(25): 8939-8943.
- Lavín, M.F. y Marinone, S.G. (2003). A review of the physical oceanography of the Gulf of California. Pp. 173-204. En: *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. O.U Velasco Fuentes *et al.* (eds). Kluwer Academic Publishers.
- Le Boeuf, B.J. y Peterson, R.S. (1969). Dialects in elephant seals. *Science New Ser.* 166(3913): 1654-1656.
- Lodi, L. y Hetzel, B. (1998). *Orcinus orca* (CETACEA; DEPLPHINIDAE) em águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. *Rev. Bioikos*, PUC-Campinas, 12(1): 46-54.
- López, J.C y López, D. (1985). Killer whales of Patagonia and their behaviour of intentional stranding while hunting nearshore. *J. Mamm.*, 66(1): 181-183.
- López, M., Candela, J., y Argote, M. L. (2006). Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California?. *Geophys. Res. Lett.*, 33: 1-5.
- Lozano-Montes, H.M., Pitcher, T.J., y Haggan, N. (2008). Shifting environmental and cognitive baselines in the upper Gulf of California. *Front. Ecol. Environ.*, 6. doi: 10.1890/070056.
- Lluch-Cota, S.E., Aragón-Noriega, E.A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J.J., Brusca R.C., Cervantes-Duarte, R., Cortés-Altamirano, R., Del Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrickx, M.E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., López-Martínez, J., Marinone, S.G., Nevárez-Martínez, M.O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Parés-Sierra, A., Ponce-díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C.A., Schwartlose, R.A., y Sierra-Beltrán, A.P. (2007). The Gulf of California: review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progr. Oceanogr.*, 73:1-26.
- MacLeod, C.D. y Zuur, A.F. (2005). Habitat utilization by Blainville's beaked whales off Great Abaco, northern Bahamas, in relation to seabed topography. *Marine Biol.*, 147:1-11.
- Medwin, H. y Clay, C. (1998). *Fundamentals of acoustical oceanography*. Academic Press, San Diego, CA.
- Mellinger, D.K., Stafford, K.M., Moore, S.E., Dziak, R.P., y Matsumoto, H. (2007). An overview of fixed passive acoustics observation methods for cetaceans. *Oceanography*, 20(4):36-45.
- Mellinger, D.K., Nieukirk, S.L., Matsumoto, H., Heimlich, S.L., Dziak, R.P., Haxel, J., y Fowler, M. (2007). Seasonal occurrence of North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) vocalizations at two sites on the Scotian shelf. *Mar. Mamm. Sci.*, 23(4):856-867.
- McCauley, R.D. y Cato, D.H. (2003). Acoustics and marine mammals: introduction, importance, threats and potential as a research tool. Pp. 344-365. En: *Marine Mammals, Fisheries, tourism and management issues*. Gales, N., Hindel, M., Kirkwood, R. (eds.). CSIRO Publishing, Melbourne.
- McDonald, M.A y Fox, C.G. (1999). Passive acoustic methods applied to fin whale population density estimation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 105(5): 2643-2651.
- McDonald, M.A., Hildebrand, J.A., y Wiggins, S.M. (2006). Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *J. Acoust. Soc. Am.*, 120(2): 711-718.
- Mikhalev, Y.A., Ivashin, M.V., Savusin, V.P., y Zelenaya, F.E. (1981). The distribution and biology of killer whales in the Southern Hemisphere. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 31: 551-566.
- Miller, P. J. O. (2000). Maintaining contact: design and use of acoustic signals in killer whales, *Orcinus orca*. Ph.D Thesis. Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution.

- Miller, P. J. O. (2002). Mixed-directionality of killer whale stereotyped calls: a direction of movement cue?. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 52: 262-270.
- Miller, P.J.O. (2006). Diversity in sound pressure levels and estimated active space of resident killer whale vocalizations. *J. Comp. A.*, 192: 449-459.
- Miller, P.J.O. y Bain, D.E. (2000). Within-pod variation in the sound production of a pod of killer whales, *Orcinus orca*. *Anim. Behav.*, 60: 617-628.
- Miller, P.J.O., Biassoni, N., Samuels, A., y Tyack, P.L. (2000). Whale songs lengthen in response to sonar. *Nature*, 405: 903-903.
- Miller, P.J.O., Samara, F.I.P., y Perthuison, A.D. (2007). Caller sex and orientation influence spectral characteristics of "two-voice" stereotyped calls produced by free-ranging killer whales. *J. Acoust. Soc. Am.*, 121(6): 3932-3937.
- Mobley, J.R., Mazzuca, L., Craig, A.S., Newcomer, M.W., y Spitz, S.S. (2001). Killer whales sighted off Ni'ihau, Hawai'i. *Pacif. Sci.*, 55(3): 301-303.
- Moore, S.E., Francine, J.K., Bowles, A.E., y Ford, J.K.B. (1982). Analysis of calls of killer whales, *Orcinus orca*, from Iceland and Norway. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 32: 225-249.
- Morton, A. B., Gale, J. C., y Prince, R.C. (1986). Sound and behavioral correlations in captive *Orcinus orca*. Pp. 303-333. En: *Behavioral Biology of Killer Whales*. Kirkevold, B.C. y Lockard J. S. (eds). Alan R. Liss, Inc., New York.
- Morton, A.B. y Symonds, H.K. (2002). Displacement of *Orcinus orca* (L.) by high amplitude sound in British Columbia, Canada. *ICES Jour. Mar. Sci.*, 59: 71-80.
- Nemiroff, L. (2009). Structural variation and communicative functions of long-finned pilot whales (*Gobicephala melas*) pulsed calls and complex whistles. Master of Sciences Thesis. Dalhousie University, Canada.
- Nicholls, J.A. (2008). Site specificity in advertisement calls and responses to playbacks of local and foreign call variants in satin bowerbirds, *Ptilonorhynchus violaceus*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62: 831-841.
- Norse, E.A. y Crowder, L.B. (2005). Why marine conservation biology?. Pp. 1-18. En: *Marine conservation biology: the science of maintaining the sea's biodiversity*. (Norse y Crowder, eds.). Island Press, Washington D.C.
- Nosal, E.M. y Frazer, L.N. (2007). Sperm whale three-dimensional track, swim orientation, beam pattern, and click levels observed on bottom-mounted hydrophones. *J. Acoust. Soc. Am.*, 122(4): 1969-1978.
- Nybakken, J.M. (1997). *Marine Biology: an ecological approach*. Addison Wesley Longman Inc. USA.
- Olesiuk, P.F., Bigg, M.A., y Ellis, G.M. (1990). Life history and population dynamics of resident killer whales in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Rep. Int. Whal. Commn.* (special issue) 12: 209-243.
- Oleson, E.M., Wiggins, S.M., y Hildebrand, J.A. (2007a). Temporal separation of blue whale call types on a southern California feeding ground. *Anim. Behav.*, 74: 881-894.
- Oleson, E.M., Calambokidis, J., Burguess, W.C., McDonald, M.A., LeDuc, C.A., y Hildebrand, J.A. (2007b). Behavioral context of call production by Eastern Pacific blue whales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 330: 269-284.
- Oswald, J.N., Barlow, J., y Norris, T.F. (2003). Acoustic identification of nine delphinid species in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Mar. Mamm. Sci.*, 19(1): 20-37.
- Parsons, E.C.M., Wright, A.J., y Gore, M.A. (2008). The nature of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) song. *Jour. Mar. Anim. Ecol.*, 1(1): 22-31.
- Payne, R.S. y McVay, S. (1971). Songs of humpback whales. *Science*, 173(3997): 585-597.

- Praca E. y Gannier, A. (2008). Ecological niches of three teuthophageous odontocetes in the northwestern Mediterranean Sea. *Ocean Sci.*, 4:49-59.
- Price, J.J. (1998). Family-and sex-specific vocal traditions in a cooperatively breeding songbird. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 265: 497-502.
- RAE (2009). Versión en internet del Diccionario de la Real Academia Española. www.rae.org.
- Rendell, L. y Whitehead, H. (2001). Culture in whales and dolphins. *Behav. Brain Sci.*, 24: 309-382.
- Riesch, R., Ford, J.K.B., Thomsen, F. (2006). Stability and group specificity of stereotyped whistles in resident killer whales, *Orcinus orca*, off British Columbia. *Anim. Behav.*, 71: 79-91.
- Risch, D., Clark, C.W., Corkeron, P.J., Elepfandt, A., Kovacs, K.M., Lydersen, C., Stirling, I., y Van Parijs, S. (2007). Vocalizations of male bearded seals, *Erignathus barbatus*: classification and geographical variation. *Anim. Behav.*, 73:747-762.
- Rogers, T.L. y Brown, S.M. (1999). Acoustic observations of Arnoux's beaked whale (*Berardius arnuxii*), off Kemp Land, Antarctica. *Mar. Mamm. Sci.*, 15(1): 192-198.
- Sáenz-Arroyo, A., Roberts, C.M., Torre, J., Cariño-Olvera, M., y Enríquez-Andrade, R.R. (2005). Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proc. R. Soc. B.*, 272: 1957-1962.
- Sáenz-Arroyo, A., Roberts, C.M., Torre, J., Cariño-Olvera, M., y Hawkins, J.P. (2006). The value of evidence of past abundance: marine fauna of the Gulf of California through the eyes of 16th to 19th century travelers. *Fish. Fisher.*, 7: 128-146.
- Sagarin, R.D., Gilly, D.F., Baxter, C.H., Burnett, N., y Christensen, J. (2008). Remembering the Gulf: changes to the marine communities of the Sea of Cortez since the Steinbeck and Ricketts expedition of 1940. *Front. Ecol. Environ.*, 6. Doi: 10.1890/070067.
- Samuels, A. y Tyack, P. (2000). Flukeprints: a history of studying cetacean societies. Pp. 9-44. En: *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. Mann, J., Connor, R.C., Tyack, P.L., y Whitehead, H. (eds). The University of Chicago Press, Ltd, London.
- Santamaría del Ángel, E., Alvarez Borrego, S., y Muller Karger, F.E. (1994). Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Jour. Geoph. Res.*, 99(C4): 7411-7421.
- Sanvito, S., Galimberti, F., y Miller, E.H. (2007). Observational evidences of vocal learning in southern elephant seals: a longitudinal study. *Ethology*, 113:137-146.
- Saulitis, E., Matkin, C., Barrett-Lennard, L., Heise, K., y Ellis, G. (2000). Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound, Alaska. *Mar. Mamm. Sci.*, 16(1): 94-109.
- Schevill, W.E. y Watkins, W.A. (1966). Sound structure and directionality in *Orcinus* (killer whale). *Zoologica*, 51: 71-76.
- Schusterman, R.J (2008). Vocal learning in mammals with special emphasis on pinnipeds. Pp. 41-70. En: *The evolution of communicative flexibility: complexity, creativity, and adaptability in human and animal communication*. D.K. Oller y U. Gribel (eds.). MIT Press: Cambridge, MA.
- Scott, K.N. (2007). Sound and cetaceans: a regional response to regulating acoustic marine pollution. *Jour. Internat. Wild. Law Pol.*. 10: 175-199.
- Shepard, F.P. (1973). *Submarine Geology*. Harper Collins Publishers.
- Siciliano, S., J.Lailson Brito Jr., y A. De F. Azevedo (1999). Seasonal occurrence of killer whales (*Orcinus orca*) in waters of Rio de Janeiro, Brazil. *Z. Saugetierkunde*, 64: 251-255.

- Similä, T. y Ugarte, F. (1993). Surface and underwater observations of cooperatively feeding killer whales in northern Norway. *Can. J. Zool.*, 71: 1494-1499.
- Širović, A. (2006). Blue and fin whale acoustics and ecology off Antarctic Peninsula. PhD Dissertation. Scripps Institution of Oceanography, University of California in San Diego.
- Soldevilla, M.S., Wiggings, S.M., Calambokidis, J., Douglas, A., Oleson, E.M., y Hildebrand, J.A. (2006). Marine mammal monitoring and habitat investigations during CALCOFI surveys. *CalCOFI Rep.*, (47): 79-91.
- Stafford, K.M., Mellinger, D.K., Moore, S.E., y Fox, C.G. (2007). Seasonal variability and detection range modeling of baleen whale calls in the Gulf of Alaska, 1999-2002. *J. Acoust. Soc. Am.*, 122(6): 3378-3390.
- Steiger, G.H., Calambokidis, J., Straley, J.M., Herman, L.M., Cerchio, S., Salden, D.R., Urbán-R, J., Jacobsen, J.K., von Ziegesar, O., Balcomb, K.C., Gabriele, C.M., Dahlheim, M.E., Uchida, S., Ford, J.K.B., Ladrón de Guevara-P, P., Yamaguchi, M., y Barlow, J. (2008). Geographic variation in killer whale attacks on humpback whales in the North Pacific: implications for predation pressure. *Endang. Species. Res.*, 4: 247-256.
- Strager, H. (1995). Pod-specific call repertoires and compound calls of killer whales, *Orcinus orca* Linnaeus, 1758, in the waters of northern Norway. *Can. J. Zool.*, 73: 1037-1047.
- Tarasyan, K.K., Filatova, O.A., Burdin, A.M., Hoyt, E., y Sato, H. (2005). Keys for the status of killer whales in Eastern Kamchatka, Russia: foraging ecology and acoustic behaviour. *Biosph. Conserv.*, 6(2): 73-83.
- Taylor, B.L., Barlow, J., Pitman, R., Ballance, L., Klinger, T., DeMaster, D., Hildebrand, J., Urbán, J., Palacios, D., y Mead, J. (2004). A call for research to assess risk of acoustic impact on beaked whale populations. SC/56/E36. Reporte sometido a la 56a Reunión Anual de la Comisión Ballenera Internacional (IWC).
- Terry, A.M.R., Peake, T.M., y McGregor, P.K. (2005). The role of vocal individuality in conservation. *Front. Zool.*, 2: 10. Doi: 10.1186/1742-9994-2-10.
- Tershy, B.R., Breese, D., y Alvarez-Borrego, S. (1991). Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 69: 299-302.
- Tyack, P.L. (2008). Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Jour. Mamm.*, 89(3): 549-558.
- Urbán R., J., Alvarez F.C., Salinas Z.M., Jacobsen, J., Balcomb, K.C., Jaramillo, A.L., Ladrón de Guevara P. P., y Aguayo, A.L. (1999). Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. *Fish. Bull.*, 97: 1017-1024.
- Urbán R., J., Guerrero-Ruiz, M., Gendron, D., Cárdenas H.G., y Rojas B.L. (2008). Current knowledge of killer whales in the Gulf of California. SC/59/SM15. Reporte sometido a la 59a Reunión Anual de la Comisión Ballenera Internacional (IWC).
- Visser, I. (1999a). Antarctic orca in New Zealand waters?. *New Zeal. Jour. Mar. Fresh. Res.*, 33: 515-520.
- Visser, I. (1999b). A summary of interactions between orca (*Orcinus orca*) and other cetaceans in New Zealand waters. *New Zeal. Nat. Sci.*, 24: 101-112.
- Visser, I. (1999c). Benthic foraging on stingrays by killer whales (*Orcinus orca*) in New Zealand waters. *Mar. Mamm. Sci.*, 15(1): 220-227.
- Visser, I. (2000). Orca (*Orcinus orca*) in New Zealand waters. Ph.D. Dissertation, University of Auckland.
- Visser, I.N. y Fertl, D. (2000). Stranding, resighting and a boat strike of a killer whale (*Orcinus orca*) off New Zealand. *Aquat. Mamm.*, 26.3: 232-240.
- Waite, J.M. (1988). Alloparental care in killer whales (*Orcinus orca*). M.Sc. Thesis. University of California, Santa Cruz.

- Wang, J.Y. y Yang, S.C. (2006). Unusual cetacean stranding events of Taiwan in 2004 and 2005. *J. Cetacean Res. Manage.*, 8(3): 283-292.
- Weilgart, L.S. (2007). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Can. J. Zool.*, 85: 1091-1116.
- Weiß, B.M., Symonds, H., Spong, P., y Ladich, F. (2007). Intra and intergroup vocal behavior in resident killer whales, *Orcinus orca*. *J. Acoust. Soc. Am.*, 122(6): 3710-3716.
- Whitehead, H. y Glass, C. (1985). Orcas (killer whales) attack humpback whales. *J. Mamm.*, 66(1): 183-185.
- Whitehead, H. y Weilgart, L. (2000). The sperm whale: social females and roving males. Pp. 154-172. En: *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. Mann, J., Connor, R.C., Tyack, P.L., y Whitehead, H. (eds.). The University of Chicago Press, Ltd, London.
- Whitehead, H., Christal, J., y Tyack, P.L. (2000). Studying cetacean social structure in space and time. Pp. 65-87. En: *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. Mann, J., Connor, R.C., Tyack, P.L., y Whitehead, H. (eds.). The University of Chicago Press, Ltd., London.
- Whitehead, H. y Rendell, L. (2004). Movements, habitat use and feeding success of cultural clans of South Pacific sperm whales. *Jour. Anim. Ecol.*, 73: 190-196.
- Whitehead, H., McGill, B., y Worm, B. (2008). Diversity of deep-water cetaceans in relation to temperature: implications for ocean warming. *Ecol. Lett.*, 11: 1198-1207.
- Wiggings, S.M., McDonald, M.A., Munger, L.M., Moore, S.E., y Hildebrand, J.A. (2004). Waveguide propagation allows range estimates for Northern Pacific right whales in the Bering Sea. *Canad. Acoust.*, 32(2): 146-154.
- Wiggings, S.M., Oleson, E.M., McDonald, M.A., y Hildebrand, J.A. (2005). Blue whale (*Balaenoptera musculus*) diel call patterns offshore of southern California. *Aquat. Mamm.*, 31(2): 161-168.
- Wiggings, S.M. y Hildebrand, J.A. (2007). High-frequency Acoustic Recording Package (HARP) for broad-band, long-term marine mammal monitoring. Pp. 551-557. En: *symposium on underwater technology and workshop on scientific use of submarine cables and related technologies*.
- Williams, A.J., Dyer, B.M., Randall, R.M., y Komen, J. (1990). Killer whales *Orcinus orca* and seabirds: "play", predation and association. *Mar. Ornithol.*, 18: 37-41.
- Würsig, B. (1986). Delphinid foraging strategies. En: *Dolphin cognition and behavior: a comparative approach*. Schusterman, R.J., Thomas, J.A., y Wood, F.G. (eds.). Laurence Elbaum Associates, New Jersey.
- Yano, K. y Dahlheim, M.E. (1995). Behavior of killer whales *Orcinus orca* during longline fishery interactions in the Southeastern Bering Sea and adjacent waters. *Fisher. Sci.*, 61(4): 584-589.
- Yen, P.P.W., Sydeman, W.J., y Hyrenbach, K.D. (2004). Marine bird and cetacean associations with bathymetric habitats and shallow-water topographies: implications for trophic transfer and conservation. *Jour. Mar. Syst.*, 50:79-99.
- Yurk, H., Barrett-Lennard, L., Ford, J.K.B., y Matkin, C.O. (2002). Cultural transmission within maternal lineages: vocal clans in resident killer whales in southern Alaska. *Anim. Behav.*, 63: 1103-1119.
- Zimmer, W.M.X., Johnson, M.P., Madsen, P.T., y Tyack, P.L. (2005). Echolocation clicks of free-ranging Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*). *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(6): 3919-3927.