



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EFFECTO DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA  
ESTRUCTURA GRUPAL DE LAS MANADAS DE DELFÍN  
TORNILLO (*Stenella longirostris*) EN LA COSTA KONA,  
HAWAII**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**PRESENTA:**

**DIANA CARINA LÓPEZ ARZATE**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. MARÍA DEL CARMEN BAZÚA DURÁN**

**2011**





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.

## HOJA DE DATOS DEL JURADO

### 1. Datos del alumno

López  
Arzate  
Diana Carina  
56 61 92 26  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Facultad de Ciencias  
Biología  
303031822

### 2. Datos del tutor

Dra  
María del Carmen  
Bazúa  
Durán

### 3. Datos del sinodal 1

Dr  
Luis  
Medrano  
González

### 4. Datos del sinodal 2

Biól  
Rita Virginia  
Arenas  
Rosas

### 5. Datos del sinodal 3

Dra.  
Alejandra  
Valero  
Méndez

### 6. Datos del sinodal 4

Dr.  
Javier  
Carmona  
Jiménez

### 7. Datos del trabajo escrito

Efecto de las actividades antropogénicas en la estructura grupal del delfín tornillo (*Stenella longirostris*) de la costa Kona, Hawaii  
Número de páginas: 107 p  
2011

## Agradecimientos

La realización de este trabajo y la asistencia a dos congresos fueron apoyados por una beca y por viáticos del proyecto **PAPIIT-UNAM IN-120609-3** a través de la Dra. María del Carmen Bazúa Durán. La recolección de datos fue posible gracias al apoyo económico de la “Seed Money Grant” de la Universidad de Hawai`i otorgada a Whitlow W. L. Au y a Jeff Bearman en la isla de Hawai`i por su apoyo logístico. El trabajo de campo fue realizado bajo una carta de autorización del “National Marine Fisheries Service” otorgado a Carmen Bazúa a través de Whitlow W. L. Au.

Quiero agradecer a mis padres por todo su amor, enseñanzas y apoyo. Gracias por la fortaleza que han mostrado a lo largo de mi vida, y por la familia tan bonita en la que me han criado. Asimismo, a mi hermana Angélica por el tiempo que hemos compartido, su cariño y madurez y porque todavía nos falta mucho por recorrer juntas. A mi abuela Lori por sus enseñanzas y por reafirmarme el deseo de superación. A todos mis familiares que han sido tan importantes a lo largo de mi vida en los pequeños y grandes momentos que hemos compartido. A Dan Frank, porque me ha acompañado durante esta etapa de mi vida, instándome en cada paso a seguir adelante. Gracias por todo.

También quiero agradecer a todas aquellas personas que me ayudaron con la realización de mi tesis ya que sin ellos no hubiera sido posible este trabajo. En especial, quiero agradecer a la Dra. Carmen Bazúa Durán por permitirme ser su alumna, por su guía, apoyo y paciencia. Muchas gracias a los sinodales Dr. Luis Medrano, Dr. Javier Carmona, Biol. Rita Arenas y Dra. Alejandra Valero por su disposición a aceptar ser parte de mi comité y por sus valiosas aportaciones a mi tesis. De igual manera agradezco a los M. en C. Rodrigo Macip, Margarito Álvarez, y Victor López por su colaboración. A Mónica Bolton, por su dulzura, apoyo y por ser un ejemplo de vida a seguir. A mis compañeros de cubículo July, Daniel, Alejandro V., Alejandro S., Leslie, Brenda y Lakshmi, gracias por su amistad y por todos los momentos agradables que compartimos. Un agradecimiento muy especial a Ana, Abryl, María, Cris, Chema, Tlacaelel, Itzchel, Hugo y Carlos por su valiosa amistad y por seguir formando parte de mi vida.

*Gracias Señor por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida,  
por ser mi guía y mi fortaleza, y por todas tus bendiciones.*

# Contenido

Página

Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	x
1. Introducción.....	1
1.1 Sitio de estudio.....	1
1.2 Descripción del delfín tornillo <i>Stenella longirostris</i> .....	3
1.2.1 Descripción general.....	3
1.2.2 Delfines tornillo de las islas del Archipiélago de Hawai`i.....	5
1.3 La conducta del delfín tornillo en su medio natural.....	9
1.4 Las actividades antropogénicas y los mamíferos marinos.....	11
2. Antecedentes: efectos antropogénicos sobre la conducta de los delfines.....	16
2.1 Presencia de nadadores y de embarcaciones no motorizadas o kayaks.....	17
2.2 Presencia de embarcaciones motorizadas y del ruido que producen.....	19
2.3 Cambios en el estado conductual.....	25
2.4 Cambios en la coordinación grupal.....	26
2.5 Cambios en el intervalo entre respiraciones.....	27
3. Objetivos.....	28
4. Justificación.....	29
5. Método.....	31
5.1 Muestreo.....	31
5.2 Tratamiento de datos.....	34
5.3 Análisis estadístico.....	37
5.4 Índice de actividad.....	40
6. Resultados.....	43
6.1 Descripción del tiempo muestreado.....	43
6.2 Relaciones entre actividades antropogénicas.....	46

6.3 Análisis de la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo.....	48
6.3.1 <i>Estado conductual</i> .....	48
6.3.2 <i>Coordinación grupal</i> .....	56
6.3.3 <i>Intervalo entre respiraciones</i> .....	64
6.3.4 <i>Índice de actividad</i> .....	72
7. Discusión.....	78
7.1 Sitios de descanso de las manadas de delfín tornillo.....	78
7.2 Estructura grupal de las manadas de delfín tornillo.....	79
7.3 Actividades antropogénicas en las bahías muestreadas.....	81
7.3.1 <i>Presencia de nadadores y de kayaks</i> .....	82
7.3.2 <i>Presencia de embarcaciones y de ruido de motor cercano</i> .....	85
7.3.3 <i>Presencia de ruido de motor lejano</i> .....	89
7.4 Consideraciones sobre el índice de actividad.....	90
7.5 Consideraciones sobre el efecto de las actividades antropogénicas en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo.....	92
7.6 Recomendaciones.....	95
8. Conclusiones.....	98
9. Bibliografía.....	100

## Índice de tablas

Tabla		Página
1	Distribuciones asociadas a los distintos valores del PPCC Tukey lambda, $\lambda$ .....	39
2	Tiempo analizado para cada una de las tres bahías de la costa Kona de acuerdo a las actividades antropogénicas.....	44
3	Tiempo y porcentaje de ocurrencia de las actividades antropogénicas en presencia de las manadas de los delfines tornillo.....	45
4	Tiempo y porcentaje de ocurrencia de la combinación de las distintas actividades antropogénicas.....	47
5	Número de minutos observados para cada estado conductual en ausencia y presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	52
6	Resultados de la prueba $X^2$ y residuos estandarizados, $R$ del estado conductual ante la presencia de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	53
7	Estadística descriptiva de la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.....	60
8	Valores de $\lambda$ obtenidos a partir del coeficiente de correlación de la probabilidad gráfica (PPCC) en presencia de cada actividad humana estudiada cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.....	62
9	Resultados de la prueba Mann-Whitney de la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.....	63
10	Estadística descriptiva del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.....	68
11	Resultados de la prueba Mann-Whitney del intervalo entre respiraciones de la manada de delfín tornillo en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.....	71
12	Estadística descriptiva de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia única de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	73

13	Resultados de la prueba t de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo bajo el efecto de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando sólo existieron esas actividades.....	74
14	Estadística descriptiva de los índices de actividad correspondientes a los estados conductuales de reposo, social y tránsito de las manadas de delfín tornillo en ausencia de cualquier actividad antropogénica .....	75
15	Resultados de la prueba t de la comparación de los índices de actividad de los estados conductuales (reposo, social y tránsito) de las manadas de delfín tornillo cuando estuvieron en ausencia de cualquier actividad antropogénica.....	76
16	Resultados de la prueba t de la comparación de los índices de actividad de los tres estados conductuales de las manadas de delfín tornillo cuando estuvieron en ausencia de cualquier actividad antropogénica con los índices de actividad de las manadas cuando se tenía la presencia de únicamente cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	77

## Índice de figuras

Figura		Página
1	Mapa de la costa Kona, Isla grande de Hawai`i mostrando la localización de las bahías Kailua-Kona, Keauhou y Kealahou.....	2
2	Imagen del delfín tornillo ( <i>Stenella longirostris</i> ).....	4
3	Mapa de la distribución del delfín tornillo en los océanos del mundo.....	5
4	Mapa de las ubicaciones de los avistamientos de delfines tornillo a lo largo de la costa de las islas del Archipiélago de Hawai`i para muestreos entre 1993-2000.....	6
5	Esquema de la clasificación de la coordinación de la manadas de delfines.....	32
6	Espectrogramas del ruido de motor de banda ancha o cercano y ruido de motor de banda estrecha o lejano.....	34
7	Diagrama de bloques con todas las actividades antropogénicas estudiadas.....	35
8	Histogramas del número de minutos de cada categoría del estado conductual de las manadas de delfín tornillo en ausencia de actividades antropogénicas y presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	49
9	Histogramas del número de minutos de cada categoría del estado conductual de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	50
10	Gráfica de mosaico del estado conductual en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	51
11	Análisis de correspondencia entre los estados conductuales y las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando eran la única actividad antropogénica presente.....	55
12	Histogramas del número de minutos de cada categoría de la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	57
13	Histogramas del número de minutos de cada categoría de coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	58
14	Gráfica de mosaico de la coordinación grupal en presencia de cada una de las actividades antropogénicas.....	59

15	Estadística descriptiva de la coordinación grupal de las manadas de delfines tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas.....	61
16	Gráfica de mosaico del intervalo entre respiraciones en presencia de cada una de las actividades antropogénicas.....	65
17	Histogramas del número de minutos de cada categoría del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	66
18	Histogramas del número de minutos de cada categoría del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en ausencia de actividades antropogénicas y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	67
19	Estadística descriptiva del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfines tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.....	69
20	Estadística descriptiva de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo en ausencia y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas.....	73
21	Estadística descriptiva de los índices de actividad correspondientes a los estados conductuales de reposo, social y tránsito en ausencia de cualquier actividad antropogénica.....	75

## Resumen

La observación de cetáceos es una actividad turística que puede tener efectos dañinos para el organismo blanco ya que estudios sobre las respuestas conductuales en animales han demostrado que se provocan perturbaciones a nivel grupal. Debido a que la costa Kona en la isla grande de Hawai`i es una zona de descanso para el delfín tornillo (*Stenella longirostris*), ésta se ha convertido en una zona muy concurrida por los turistas. El objetivo de este estudio fue determinar si la presencia de cinco actividades antropogénicas cambiaban la estructura grupal del delfín tornillo, en particular el estado conductual, la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones de las manadas. El muestreo se realizó durante cuatro días, del 22 al 25 de marzo de 1999, empleando una embarcación pequeña y registrando eventos cada 25 a 30 min. La presencia de actividades antropogénicas a menos de 200 m del delfín se registró simultáneamente al muestreo de los parámetros conductuales y se clasificó en presencia de nadadores, kayaks, embarcaciones motorizadas, ruido cercano o de banda ancha (con energía a más de 8 kHz) y ruido lejano o de banda estrecha (con energía sólo a menos de 8 kHz). Se realizaron 64 sesiones de registro, cuya duración osciló entre 1 y 29 minutos y fue de  $9:32 \pm 5:35$  minutos en promedio, dando un total de 610.41 minutos muestreados. Los delfines estuvieron expuestos a actividades antropogénicas el 71% del tiempo muestreado. Estas actividades ocurrieron generalmente de manera simultánea, siendo la presencia del ruido de motor cercano la más frecuente (37.9%), seguido por los kayaks (29.5%), las embarcaciones motorizadas (25.3%), los nadadores (19.5%) y, por ultimo, el ruido de motor lejano (10.1%). La presencia de nadadores y kayaks no tuvieron un efecto significativo en la estructura grupal de las manadas cuando se presentaron solos, aunque su combinación con otras actividades antropogénicas sí tuvo un efecto significativo negativo: la coordinación grupal fue más dispersa. El ruido de motor lejano fue la única actividad para la cual se encontró un efecto significativo positivo, teniéndose una estructura grupal similar a aquella que presentaron las manadas cuando se encontraban solas, pero en un estado de mayor reposo: un estado

conductual de reposo, una coordinación grupal compacta con algunos elementos dispersos y con un intervalo entre respiraciones entre dos y tres minutos. La actividad con mayor efecto negativo en la estructura grupal de los delfines fue la combinación única de embarcaciones con ruido de motor cercano seguido por la presencia única del ruido de motor cercano, así como la presencia única de embarcaciones. Los delfines mostraron un estado conductual o social o de tránsito con una coordinación grupal dispersa y con un intervalo entre respiraciones menor a un minuto. Entonces, la presencia de ruido de motor cercano y/o embarcaciones provocaron que los delfines cambiaran los tres parámetros de estructura grupal utilizados en este estudio negativamente, mientras que la presencia de nadadores con kayaks únicamente modificó uno de los parámetros negativamente, y la presencia de ruido de motor lejano hizo que los delfines logaran un descanso más profundo, modificando positivamente un parámetro conductual. Esto indica que los delfines, ante una situación amenazadora que les puede causar lesiones provocadas por una colisión con las embarcaciones y/o por el enmascaramiento de sus fonaciones con el ruido del motor, tuvieron una respuesta mayor y ésta fue negativa, es decir, los delfines se alejaron del estado de reposo. Por ello, la clasificación del ruido de motor planteada por Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b) permitió comprobar que el ruido de motor emitido por las embarcaciones puede ser una perturbación o no dependiendo de la distancia de la fuente con respecto a las manadas de delfines. A pesar de que este estudio fue muy breve, los cambios encontrados en la estructura grupal de los delfines indican que las manadas fueron capaces de detectar y discriminar las distintas actividades antropogénicas presentes de la misma manera que Luna-Valiente y Bazúa-Durán (2006 a,b) lo encontraron cuando estudiaron los cambios en la actividad aérea y acústica de los mismos delfines tornillo. Las actividades que provocaron mayor perturbación en las manadas podrían ser perjudiciales para la especie debido a que interrumpen sus actividades de descanso. Estudios como éste son necesarios para evaluar el impacto que los humanos tenemos sobre la vida silvestre.

# 1. Introducción

## 1.1 Sitio de estudio

El Archipiélago de Hawai`i forma parte de una vasta región biogeográfica conocida como la región Tropical Indo-Pacífico. Sus arrecifes de coral tienen el nivel más alto de biodiversidad en comparación con otras regiones biogeográficas (Beletsky, 2000). El clima dominante del Archipiélago de Hawai`i es tropical, con una variación en la temperatura entre el día y la noche de uno o dos grados centígrados y una temperatura promedio en verano de 26.6 °C y de 23.8 °C en invierno (NOAA, 2010b). La lluvia es frecuente y la precipitación anual total puede llegar a ser alta en algunas áreas. La costa de barlovento de las islas (la costa este) es más húmeda y lluviosa, y la costa de sotavento, al lado opuesto de las islas (la costa oeste), es más cálida y seca. La humedad es por lo general de 50% a 80% (Beletsky 2000). El invierno es la época más lluviosa del año con vientos del noroeste, mientras que, en general, los meses de junio y julio son los más secos.

La isla grande de Hawai`i es la isla de mayor extensión del Archipiélago de Hawai`i, con 10,450 km<sup>2</sup> (Beletsky, 2000). El rango estacional de la temperatura superficial del mar cerca de la isla grande de Hawai`i es de sólo cuatro grados centígrados, desde un mínimo de 22.7 °C a finales de febrero a un máximo de cerca 26.6 °C a finales de septiembre. El gran tamaño de la isla grande de Hawai`i otorga una línea de costa variada donde las manadas de delfines pueden encontrar lugares adecuados para descansar y parece anclar a los delfines a una región específica del océano debido a los recursos alimenticios que provee (Norris *et al.*, 1994). Las aguas profundas alrededor de la isla contribuyen a la productividad general de la zona debido a que las corrientes profundas chocan contra la isla y son desviadas hacia arriba. Este movimiento, junto con los vientos alisios, provoca las surgencias que son determinantes en la distribución de las presas del delfín tornillo (Norris *et al.*, 1994). Las presas que sirven de alimento para los delfines tornillo se concentran durante el día en o debajo de la termoclina y

se mueven hacia la superficie en series de bandas durante la noche (comunidad mesopelágica), algunos de los cuales alcanzan la superficie y algunos permanecen a una profundidad variada debajo de la superficie (Benoit-Bird, 2004), volviéndose accesibles a los delfines tornillo que se alimentan en la superficie o mediante inmersiones (Norris *et al.*, 1994; Benoit-Bird & Au, 2003).

La costa Kona se encuentra ubicada en la costa suroeste de la isla (Fig. 1), en la costa de sotavento donde la isla es más seca y el factor más influyente en el clima es la orografía, ya que recibe en promedio 76.2 cm de lluvia al año. De la bahía Kailua-Kona hasta la bahía Kealakekua se extiende una plataforma poco profunda con una extensión de 4.6 km. Estas aguas poco profundas albergan a las manadas de delfín tornillo durante el día (Norris *et al.*, 1994). Estas bahías se caracterizan por presentar aguas someras, protegidas, sin oleaje y con corrientes mínimas, particularmente durante las horas matutinas (<http://www.hawaii.stateparks.org>).

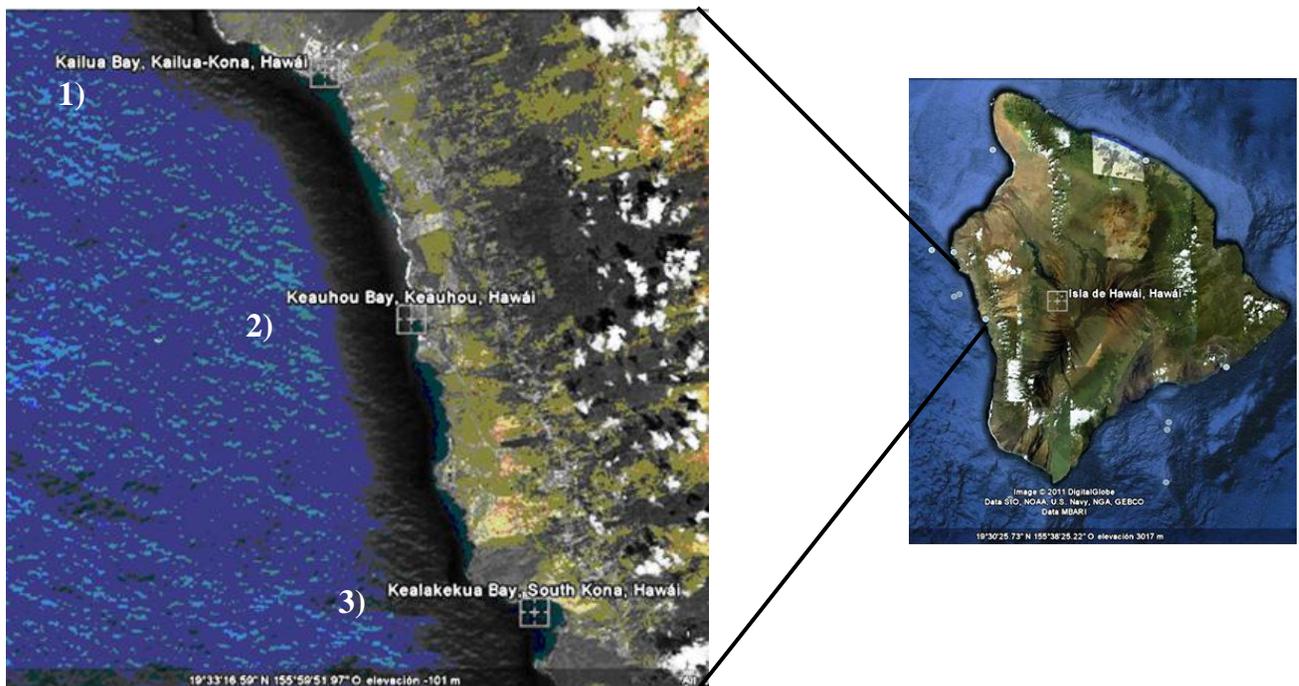


Figura 1. Mapa de la costa Kona, isla grande de Hawái i mostrando la localización de las bahías

1) Kailua-Kona, 2) Keauhou y 3) Kealakekua (tomados de Google Earth)

Es importante resaltar que la bahía Kaelakekua en la isla grande de Hawai`i es un distrito de conservación de vida marina y, debido a que es la bahía natural más grande de la isla grande de Hawai`i (127.47 ha), siempre ha sido un sitio de anclaje importante para embarcaciones y canoas ([http://www: hawaii.stateparks.org](http://www.hawaii.stateparks.org)).

## **1.2 Descripción del delfín tornillo *Stenella longirostris***

### ***1.2.1 Descripción general***

El delfín tornillo, *Stenella longirostris* Gray, 1828 es un cetáceo perteneciente al suborden Odontoceti, familia Delphinidae. Su nombre se debe a su singular conducta aérea, ya que rota hasta 4 revoluciones sobre su eje al salir del agua (denominado “spin” en inglés), además de realizar otras conductas aéreas como los saltos diversos (e.g., lateral, dorsal, ventral, todo el cuerpo, parte del cuerpo), el golpe de la superficie del agua con diversas partes de su cuerpo o el mostrar en aire alguna parte de su cuerpo (Norris *et al.*, 1994). Son delfines pequeños que miden de 120 cm a 210 cm y pesan entre 45 y 75 kg; tienen cuerpos delgados, un melón relativamente plano y un rostro largo y delgado (NOAA, 2010a). Su patrón de coloración varía de gris oscuro en el dorso a gris claro o blanco en la zona ventral con una franja oscura lateral desde la boca hasta el pedúnculo caudal (Fig. 2) (Perrin, 2002).

La gestación de esta especie es de 10 meses aproximadamente, la lactancia dura de 1-2 años (Perrin, 2002) y el intervalo entre partos es de tres años. Las hembras alcanzan su madurez sexual entre los 4-7 años y pueden parir cada 3 años, mientras que los machos son sexualmente maduros entre los 7-10 años. Los delfines tornillo con mayor edad que se han capturado han sido de 26 años (Larese & Chivers, 2008).

Sus depredadores incluyen a los tiburones (principalmente los tiburones tigre-*Galeocerdo cuvier* (Péron & Lesueur, 1822) y los tiburones gris de Galápagos-*Carcharhinus galapagensis* (Snodgrass &

Heller, 1905)), las orcas (*Orcinus orca* (Linnaeus, 1758)) y posiblemente las orcas falsas (*Pseudorca crassidens* (Owen, 1846)), las orcas pigmeas (*Feresa attenuata* (Gray, 1874)) y el calderón de aleta corta (*Globicephala macrorhynchus* (Gray, 1846)). Los parásitos también pueden causar su mortandad directa o indirecta (Perrin 2002).



Figura 2. Imagen del delfín tornillo (*Stenella longirostris*) (tomado de NOAA, 2010a)

Ésta es una especie gregaria que viaja frecuentemente en manadas de hasta miles de individuos y puede llegar a viajar con otras especies de delfines (Perrin, 2002). A nivel global se distribuye entre las aguas tropicales y subtropicales, y también frecuenta las costas de los continentes, islas oceánicas y arrecifes (Norris *et al.*, 1994). Su mayor densidad poblacional se encuentra entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio (Fig. 3) (Perrin, 2002).

Se han reconocido cuatro sub-especies de delfín tornillo, que incluyen el delfín tornillo oriental (*S.l. orientalis* (Perrin 1990)), el delfín tornillo centroamericano (*S.l. centroamericana* (Perrin, 1990)), el delfín tornillo enano (*S.l. roseiventris* (Wagner, 1846)) y el delfín tornillo del suroeste o “barriga blanca” (*S.l. longirostris* (Perrin *et al.* 1999)) (NOAA, 2010a). Éste último se encuentra distribuido en los trópicos a nivel mundial y es la subespecie a la cual pertenece el delfín tornillo hawaiiano (Forest,

2001). Dicha sub-especie se encuentra listada en el Apéndice II del CITES (Convention on International Trade in Endangered Species, por sus siglas en inglés) como especie no amenazada, pero vulnerable si no se toman medidas de protección (Beletsky, 2000).

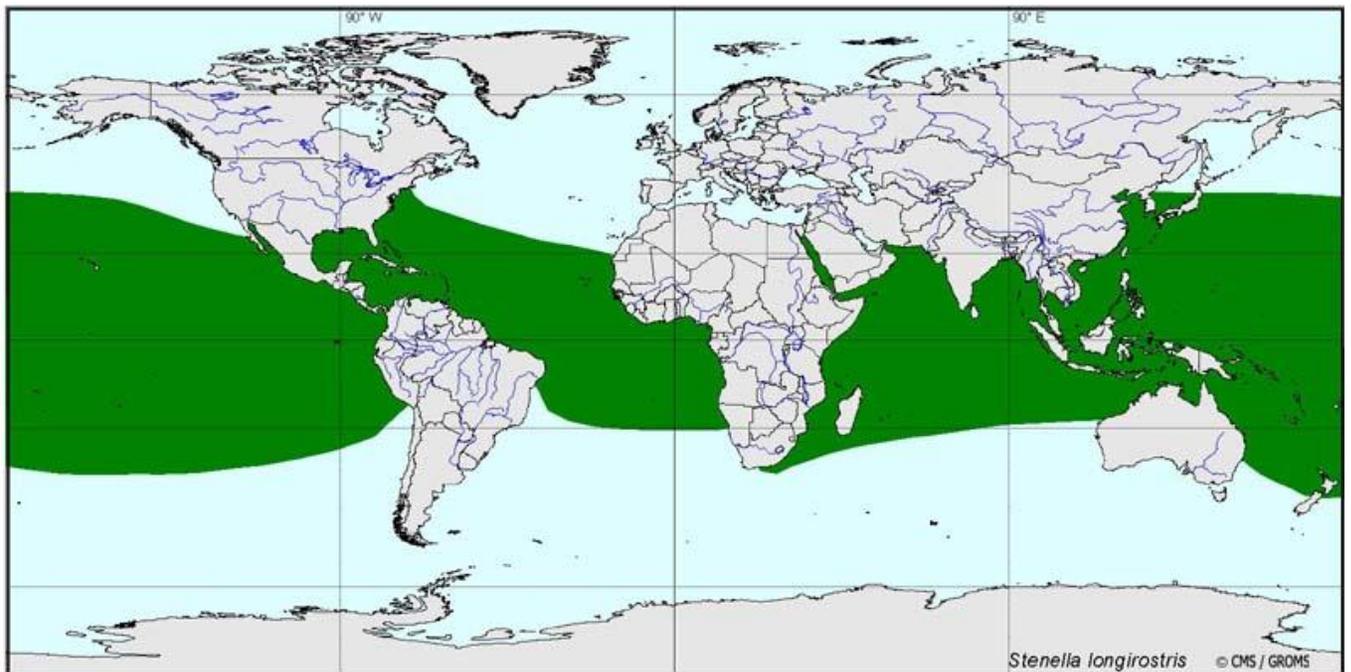


Figura 3. Mapa de la distribución (en verde) del delfín tornillo *Stenella longirostris* en los océanos del mundo (tomado de CMS, 2010)

### ***1.2.2 Delfines tornillo de las islas del Archipiélago de Hawai`i***

Los delfines tornillo se encuentran en todo el Archipiélago Hawai`iano (Fig.4) (Bazúa-Durán, 2001). Se cree que entre 2000 y 3000 delfines tornillo viven a lo largo de las pendientes de las islas principales hawai`ianas (Ni`ihau, Kaua`i, O`ahu, Moloka`i, Lana`i, Kaho`olawe, Maui y la isla grande de Hawai`i) y que otros 400 delfines tornillo viven en las islas hawai`ianas del noroeste (Bazúa-Durán, 2001; NOAA, 2010a).

De acuerdo a Norris *et al.* (1985), el uso de las islas por los delfines tornillo es debido a una serie de conductas flexibles en respuesta a las condiciones geográficas locales y no indica una gran diferencia conductual entre los delfines tornillo hawai`ianos y sus parientes más oceánicos. Su presencia tanto en el Archipiélago de Hawai`i como en otros archipiélagos del Océano Pacífico se debe al efecto de las islas, donde las corrientes de agua ricas en nutrientes son llevadas a la superficie del mar por las laderas del talud de las islas (Norris *et al.*, 1994). Estas corrientes concentran las comunidades mesopelágicas a partir de las cuales se alimentan los delfines (Benoit-Bird *et al.*, 2001; Lammers, 2004). Otros atributos importantes de las islas que frecuentan los delfines son costas que ofrecen refugios adecuados y la disponibilidad de aguas profundas a corta distancia (Norris *et al.*, 1994).

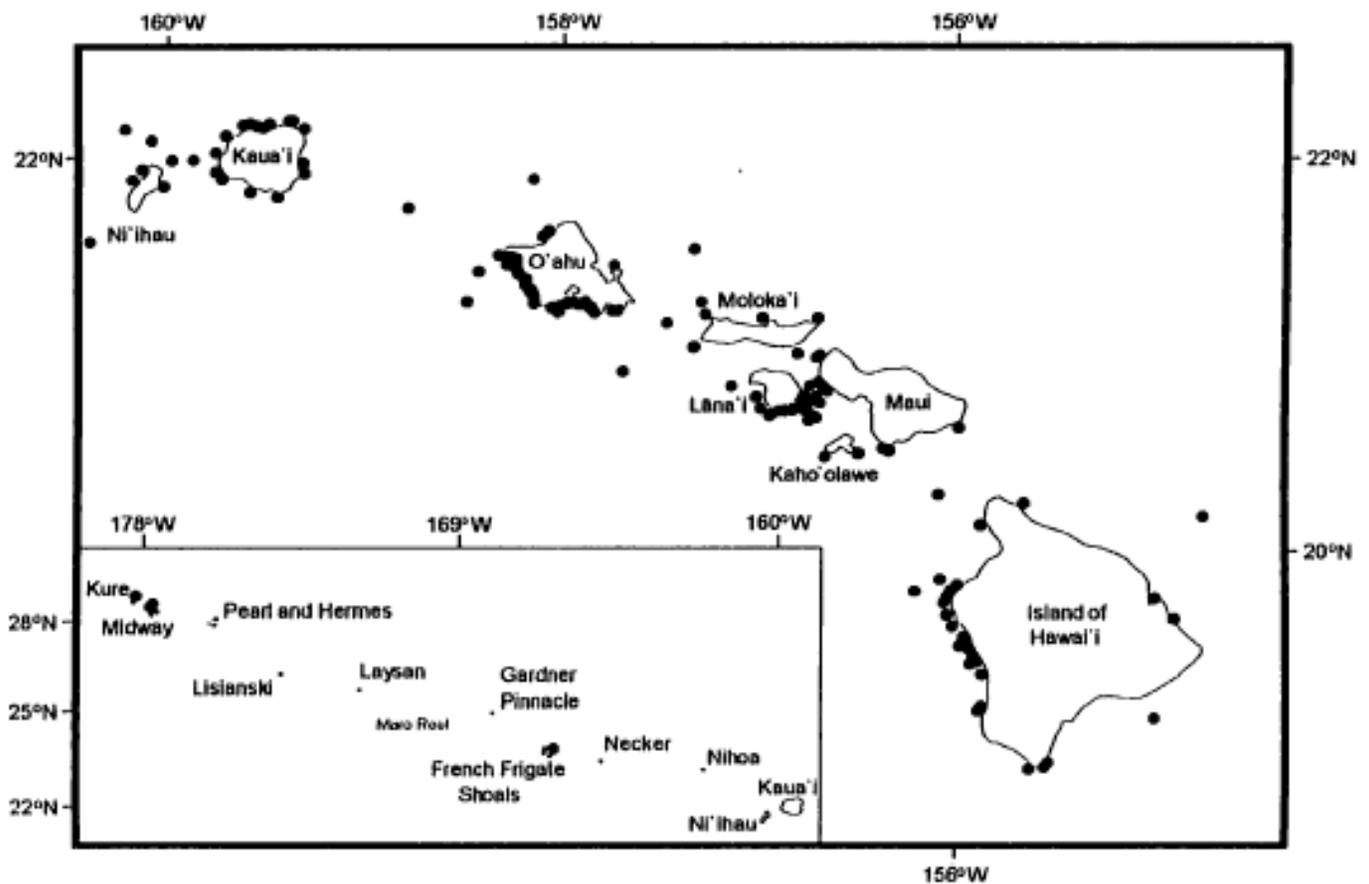


Figura. 4. Mapa de las ubicaciones de los avistamientos de delfines tornillo a lo largo de la costa de las islas del Archipiélago de Hawai`i para muestreos entre 1993-2000 (tomado de Bazúa Durán, 2001)

Así, las poblaciones costeras son tan comunes como las pelágicas y generalmente están asociadas a archipiélagos como el hawai`iano, debido a los recursos tróficos y de hábitat vinculados con la costa (Norris *et al.*, 1994).

Los delfines tornillo del Archipiélago de Hawai`i se han encontrado en grupos de tamaños variables (de 4 a 250 individuos, Bazúa-Durán, 2001). Norris *et al.* (1994) documentaron que, en la isla grande de Hawai`i, los grupos de mayor tamaño se forman cuando los animales se desplazan lejos de la costa y por lo regular se encuentran en áreas costeras abiertas. Los grupos pequeños generalmente se hallan en bahías y refugios durante la mañana (Norris *et al.*, 1994). Asimismo, Norris *et al.* (1994) sugirieron que el tamaño actual de la población está determinada por la cantidad de alimento disponible en la isla y secundariamente por el número de grupos ocupando dichos refugios y bahías.

La sociedad del delfín tornillo en el Archipiélago de Hawai`i está conformada por individuos que utilizan la costa con distinta frecuencia. Esta frecuencia con que ciertos individuos utilizan la costa podría estar relacionada con la crianza e instrucción de las crías y los jóvenes, ya que los delfines que frecuentan las bahías representan esta parte de la estructura social de la población (Norris *et al.*, 1994).

Los grupos de delfines tornillo de la isla grande de Hawai`i utilizan cualquier punto a lo largo de la línea de costa sólo por un par de días o semanas a la vez, pero se ha registrado que algunos individuos han mostrando residencia y fidelidad de sitio (Norris *et al.*, 1994). A lo largo de la costa oeste de O`ahu los delfines muestran una fuerte preferencia por lugares específicos y usan muy poco la costa sur de la isla (Lammers, 2004). Algunos delfines pueden permanecer juntos por días, semanas o incluso años, en lo que Östman-Lind *et al.* (2004) denominaron “grupos núcleo”, donde los individuos se agrupan y se dispersan formando agrupaciones mayores basadas en la cantidad y distribución de comida.

Los delfines tornillo viven en una sociedad de fisión-fusión en el Archipiélago de Hawai`i, donde la composición grupal puede cambiar drásticamente día con día (e.g., en la isla grande de Hawai`i, Lana`i y Maui; posiblemente en Kaua`i y O`ahu; Ligon y Gorgone 1999, comun. pers. en Bazúa-Durán, 2001), lo cual sugiere que los delfines tornillo del Archipiélago de Hawai`i presentan dos modelos de estructuras poblacionales. El primero asume que la mayoría de los delfines tornillo que frecuentan las aguas de cualquier isla son más o menos residentes, con sólo algunos pocos individuos moviéndose entre las islas. El segundo modelo asume que la población entre islas es muy fluida: más individuos se mueven entre las islas que aquellos que residen en las costas de una sola isla (Bazúa Durán, 2001). De acuerdo a las observaciones de Bazúa-Durán (2001), el segundo modelo poblacional (más animales moviéndose entre islas que aquellos que son residentes) parece ser la representación más cercana de los movimientos de los delfines tornillo dentro y entre las islas hawai`ianas estudiadas. Se ha observado que existe un flujo entre Lanai`i y Maui (Bazúa-Durán, 2010 comun. pers.), entre O`ahu y el conjunto Moloka`i, Lana`i y Maui (Bazúa-Durán, 2010 comun. pers.), entre Kure y Midway (Karczmarski *et al.*, 2005) y posiblemente entre Lana`i-Maui y Kaho`olawe y entre Lana`i-Maui y la isla grande de Hawai`i (Bazúa-Durán, 2001). Cabe mencionar que la población de delfines tornillo del atolón Midway, en el extremo noroeste del archipiélago hawai`iano, muestra una estructura social completamente cerrada debido a que, al parecer, es más seguro permanecer cerca del atolón que buscar nuevos sitios de descanso y socialización por la gran distancia que separa al atolón Midway de cualquier otro atolón y/o isla del archipiélago hawai`iano (Karczmarski *et al.*, 2005), por el mayor riesgo de depredación (Bazúa Durán, 2001).

La población asociada a la isla grande de Hawai`i presenta una distribución estacional (Norris *et al.*, 1994). Toda la población se mueve alrededor de la isla en relación con el clima, ya sea que entre a las bahías o posiblemente permanezca en el grupo pelágico (de mar abierto). Durante la primavera, verano y otoño la mayoría de los animales se encuentran en la costa Kona, pero en invierno se localizan en la

costa Hamakua (del otro lado de la isla). El efecto es más pronunciado durante el periodo de tormentas del suroeste en febrero, lo cual causa turbulencia en el mar del área de Kona (Norris *et al.*, 1994).

### **1.3 La conducta del delfín tornillo en su medio natural**

Los delfines tornillo asociados a las costas llevan a cabo un ciclo diario, el cual desempeñan tanto en mar abierto como en las bahías (Norris *et al.*, 1994). El desplazamiento de mar abierto a las costas se caracteriza por una gran dispersión de las manadas y se observa la formación de subgrupos cuyos miembros se encuentran muy sincronizados. Conforme entran a aguas más someras, los subgrupos coalescen de tal manera que, ya dentro de las bahías, se mueven como un solo grupo con forma discoidal y con movimientos lentos y sincronizados. Esto indica que están entrando en descanso. Pueden tardar dos o más horas para alcanzar el estado total de descanso. Dentro de las bahías, los delfines pasan la mayoría del tiempo bajo el agua y emergen de manera subrepticia antes de sumergirse nuevamente. Las inmersiones son más profundas y más lentas que cuando se encuentran viajando y los delfines descienden justo arriba del fondo, tomando la “formación de alfombra”. Una vez que están descansando, éstos nadan pasivamente de ida y vuelta dentro de la zona de descanso durante 4-5 horas. Entonces, los estados conductuales de reposo y social están vinculados principalmente a la hora del día y no a un sitio específico a lo largo de la costa (Lammers, 2004).

En las bahías hay poca actividad social entre los delfines, aunque la manada cambia de forma en respuesta a objetos en el ambiente (Würsig, 2000). Ningún individuo está muy alerta, pero el estado de alerta combinado permite a todos desviar su curso y que la manada cambie de forma alrededor del objeto encontrado para que luego vuelvan a coalescer una vez que han pasado la obstrucción. Para esto pueden estar empleando “un sistema sensorial integrado” con el cual prestan atención entre ellos. Ningún individuo parece ser dominante o líder en la manada. Esta fase de descanso alternada con

periodos de mayor actividad (cuando los animales se “despiertan periódicamente”) es sumamente importante para la salud de los delfines tornillo después de haber estado cazando durante la noche (Würsig, 2000).

Durante el descanso, los delfines suprimen sus sistemas de orientación acústica, dependiendo totalmente de su visión, por lo que los delfines nadan más cercanos entre sí para tener contacto visual (Norris *et al.*, 1994). De igual manera, se vuelven más vulnerables a un ataque de tiburón, por lo que al restringir sus movimientos a áreas de agua translúcida y con fondo de arena, pueden distinguir con mayor facilidad la presencia de un tiburón (Norris *et al.*, 1994). Se cree que estas áreas de descanso han sido utilizadas por generaciones (Marten & Psarakos, 1999).

Las horas que intervienen entre el término del descanso y la hora de partida hacia las zonas de alimentación se usan como periodos de movimiento y socialización (Norris *et al.*, 1994). Si el alimento se encuentra más cercano a la línea de costa durante una temporada, se requiere de menor tiempo para cazar, por lo tanto, los delfines disponen de más tiempo para estar en las bahías. Se ha visto que el tiempo que pasan las manadas en las bahías está relacionado con el atardecer y la duración del día, por lo que pasan entre 4 y 5 horas por día en invierno y de 7 a 9 horas por día en verano. Asimismo, se ha visto que los periodos cortos de ocupación de la bahía están generalmente relacionados con el hecho de que ya había alguna manada de delfines en la bahía al llegar otra manada (Norris *et al.*, 1994). Por ello, no todos los delfines tornillo que viven asociados a la costa entran diariamente a estas zonas de descanso. Hay un número desconocido de delfines que permanecen costa afuera durante el día (Norris *et al.*, 1994).

Una vez que el descanso termina, los delfines comienzan un nuevo patrón que se denomina “nado en zigzag”, el cual consiste en grandes cambios en la velocidad y dirección del movimiento, hay mayor

dispersión y, por ende, son más evidentes los subgrupos (Norris *et al.*, 1994). Se cree que este periodo permite una facilitación social, asegurando la sincronía entre los miembros de la manada antes de salir a mar abierto. Asimismo, aumenta la frecuencia de las conductas aéreas y la manada comienza a desplazarse hacia la entrada de la bahía. Conforme salen de la bahía las manadas adoptan una formación de línea y se separan en subgrupos que se dispersan en muchas direcciones para ubicar las fuentes de alimento antes de volverse a agregar para alimentarse. Durante la noche, la manada va y viene a lo largo de la costa, así como alejándose de la costa, buceando y alimentándose (Norris *et al.*, 1994; Benoit-Bird & Au, 2003).

Las manadas de delfín tornillo se alimentan durante la noche debido a que las comunidades mesopelágicas (peces, camarones y calamares que son sus presas) migran vertical y horizontalmente (Benoit-Bird *et al.*, 2001; Benoit-Bird & Au, 2003). Los delfines pueden llegar a hacer inmersiones de 200 m o más, aunque sus presas llegan a la superficie (Norris *et al.*, 1994; Benoit-Bird & Au, 2003). Los delfines tornillo hacen inmersiones para encontrar la capa en ascenso de los organismos mesopelágicos. Una vez que localizan la capa en ascenso, los delfines forrajea cooperativamente para concentrar los organismos dispersos que se encuentran en esta capa mesopelágica con el fin de alimentarse (Benoit-Bird & Au, 2003).

#### **1.4 Las actividades antropogénicas y los mamíferos marinos**

El turismo de observación de cetáceos es presentado como una alternativa benigna que promueve actitudes públicas hacia el ambiente marino y apoya economías locales (Bejder *et al.*, 2006). Esta actividad turística, a veces denominada ecoturística, se encuentra enfocada en al menos 56 especies en todos los océanos e involucra más de mil millones de dólares y 9 millones de personas al año en 87 países (Hoyt, 2001; Constantine *et al.*, 2004). La industria del “nado con delfines” y la observación de

delfines se están incrementando rápidamente en varios países debido al deseo de la gente de interactuar con los cetáceos en su hábitat natural (Scarpaci *et al.*, 2003). Esta industria se basa en la observación desde tierra, viajes en embarcaciones para la observación de ballenas, programas de “nado con delfines” silvestres y programas de alimentación de delfines (Würsig 1996, Bejder *et al.*, 1999). Sin embargo, dada la naturaleza de este turismo, las comunidades de cetáceos son repetidamente acosadas, existiendo un potencial considerable de consecuencias dañinas para los organismos (Bejder *et al.*, 2006). De acuerdo a la MMPA (Acta de Protección de Mamíferos Marinos, por sus siglas en inglés) “acoso” se define como cualquier actividad que tiene el potencial de lastimar o perturbar la conducta normal de un mamífero marino (Berta *et al.*, 2006).

En el caso de los delfines, sus hábitos costeros los exponen a mayores niveles de actividades antropogénicas en comparación con otros cetáceos (Nowacek *et al.*, 2001). Dicha exposición se debe en gran parte al incremento exponencial de la actividad turística denominada “nado con delfines”, la cual tiene efectos contraproducentes, causando la perturbación de la sociedad de los delfines cuando éstos están alimentándose, resolviendo interrelaciones sociales y sexuales, cuidando a sus crías o simplemente tratando de descansar (Würsig, 1996). Para reducir este impacto es necesaria la regulación de dichas actividades, ya que aunque puede presentarse un ecoturismo respetuoso y no invasivo, generalmente se da el ecoturismo agresivo y no regulado (Würsig, 1996). Entonces, uno de los mayores retos del turismo marino es la protección y la conservación del hábitat y de la vida silvestre, así como la regulación de las necesidades de los turistas (Constantine *et al.*, 2004).

Las actividades antropogénicas que de manera potencial afectan a los cetáceos se pueden clasificar en:

1) las que provocan una reacción debido a su presencia física, como son las embarcaciones y los nadadores, y 2) las que generan ruido bajo el agua (Luna-Valiente, 2005).

De acuerdo a Würsig y Richardson (2002), las actividades antropogénicas que provocan una reacción debido a su presencia producen una serie de reacciones conductuales, dentro de las cuales sobresalen:

- Tolerancia: donde los animales continúan con sus actividades normales sin retirarse aunque haya estrés u otros efectos inconspicuos, como en el caso de la preferencia por ciertas áreas para la alimentación.
- Respuestas conductuales y fisiológicas diversas: donde los animales tienen cambios sutiles en sus patrones de superficie y respiración y en su emisión de vocalizaciones (National Research Council, 2003), debido a la alteración auditiva a cualquier otra actividad antropogénica.
- Reacciones de evasión: donde los animales interrumpen sus actividades “normales”, como la alimentación e interacción social, y se alejan.

Muchas de las reacciones conductuales en los mamíferos marinos son una respuesta a la amenaza que representan las embarcaciones (Nowacek *et al.*, 2001), como lo son:

1. Las lesiones y cicatrices en el cuerpo causados por la hélice y casco de las embarcaciones (e.g., pangas, jet skis y lanchas inflables) y por el enmallamiento en las redes de pesca.
2. Hostigamiento por parte de los turistas en el agua que nadan para observarlos y tocarlos.
3. Hostigamiento causado por el amontonamiento de las embarcaciones alrededor de los mamíferos marinos, restringiendo sus movimientos.

Las actividades antropogénicas que generan ruido bajo el agua parecen tener un potencial de perturbación elevada (Nowacek *et al.*, 2001). En general, las embarcaciones son los mayores contribuyentes al ruido en el mar debido a su gran número, amplia distribución y movilidad (Richardson *et al.*, 1995). Los niveles y frecuencia de los sonidos que se generan se encuentran relacionados al tamaño de la embarcación y a su velocidad (Richardson *et al.*, 1995), porque dependen de la cavitación de la propela (fuente de sonido dominante), el sonido de la hélice u otras maquinarias (Richardson *et al.*, 1995).

Las respuestas conductuales de los mamíferos marinos al ruido son altamente variables y dependen de factores internos y externos. De acuerdo al Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (National Research Council, 2003), los factores internos incluyen:

- La sensibilidad auditiva individual, los patrones de actividad y los estados conductual y motivacional al momento de la exposición.
- La exposición pasada del animal al ruido, que pudo haber guiado a la habituación o sensibilización.
- La tolerancia individual al ruido.
- Factores demográficos como la edad, sexo y presencia de crías.

Los factores externos abarcan:

- Las características no acústicas de la fuente de ruido (si es estacionaria o está en movimiento).
- Los factores ambientales que influyen la transmisión del ruido.
- La ubicación tanto de la fuente de ruido como de los animales, tales como la proximidad a la costa.

Aparentemente, los animales sólo responden directamente a los sonidos que pueden detectar. Sin embargo, solamente se conocen las sensibilidades auditivas de algunos individuos en un número selecto de especies (National Research Council, 2003, Richardson *et al.*, 1995), por lo que esta generalización puede no ser precisa. Se ha observado que algunos delfines parecen distinguir a las embarcaciones basándose en sus sonidos y reaccionan de manera diferente a las que habitualmente acosan a los animales, como las operaciones turísticas agresivas o los investigadores que marcan o colectan muestras de biopsia, en comparación con los que se acercan lenta y cautelosamente (Richardson *et al.*, 1995). Asimismo, se ha documentado que algunas veces los mamíferos marinos se acercan y toleran fuentes de estrés para su propio beneficio (Würsig & Richardson, 2002).

La costa Kona en la isla grande de Hawai`i es una zona turística muy concurrida. Sin embargo, también es una zona de protección y descanso para la especie del delfín tornillo. Se ha observado que los delfines tornillo de esta zona presentan un alto nivel de tolerancia ante la actividad turística de “nado con delfines” (Forest, 2001). Sin embargo, estudios recientes indican que algunas actividades antropogénicas tales como la observación de delfines mediante el empleo de embarcaciones y kayaks han promovido ciertas respuestas conductuales anómalas en las poblaciones del delfín tornillo (Forest, 2001; Courbis, 2007; Courbis & Timmel, 2009).

De acuerdo al estudio realizado por Forest (2001), la respuesta de los delfines tornillo a las actividades antropogénicas varió de acuerdo a la hora del día y al tipo de actividad antropogénica. En general, los delfines tornillo presentaron mayor actividad aérea y asincronía grupal durante la tarde, cuando descansan, lo cual puede ser considerado como una conducta de evasión. Estos cambios conductuales podrían ser perjudiciales para la especie debido a que se interrumpen las actividades de descanso y socialización entre individuos (Forest, 2001).

## **2. Antecedentes: efectos antropogénicos sobre la conducta de los delfines**

La cuantificación de los impactos del turismo es especialmente importante debido a que el turismo de observación de cetáceos está aumentando exponencialmente (Notarbartolo-di-Sciara *et al.*, 2008) y las expectativas económicas y educativas que se generan a partir del turismo de observación de cetáceos podrían verse comprometidas por impactos perjudiciales en los organismos (Bejder *et al.*, 1999). Esto ha dado lugar a un incremento en el número de estudios de los efectos que las actividades turísticas tienen en los mamíferos marinos a nivel mundial.

Por razones de practicidad, la mayoría de los estudios enfocados a los impactos del turismo sobre los cetáceos se han centrado en las reacciones de conducta a corto plazo, tales como cambios en las direcciones de viaje, las velocidades de viaje, la composición del grupo y los tiempos de inmersión (Au & Perryman, 1982; Bejder *et al.*, 1999; Forest, 2001; Nowacek *et al.* 2001; Hastie *et al.*, 2003). Hasta ahora, los investigadores sólo han descrito los efectos observados y no han sido capaces de evaluar el significado biológico de estos impactos debido a que la mayoría de los estudios realizados han sido a corto plazo (Kruse, 1991; Janik & Thompson, 1996; Bejder *et al.*, 1999; Nowacek *et al.*, 2001).

Debido a que la zona de estudio es turística, el enfoque en este trabajo fue en aquellas actividades antropogénicas que ocurren en las bahías Kailua-Kona, Keauhou y Kealahou en la costa Kona de la isla grande de Hawai'i, como los nadadores, las embarcaciones no motorizadas o kayaks, las embarcaciones motorizadas y el ruido subacuático de las embarcaciones motorizadas.

## 2.1 Presencia de nadadores y de embarcaciones no motorizadas o kayaks

Las respuestas conductuales de los delfines ante la presencia de nadadores son difíciles de separar de las reacciones a las embarcaciones o a varios tipos de maquinaria (Richardson *et al.*, 1995). Además, generalmente es imposible determinar a partir de observaciones aleatorias si los animales están reaccionando a los sonidos provocados por los humanos o por la presencia, movimiento u olor de los humanos y/o sus accesorios (Richardson *et al.*, 1995).

Sin embargo, de acuerdo con Würsig (1996), los odontocetos son menos susceptibles a la presencia de nadadores que otros mamíferos marinos. En varios lugares, pequeños grupos de delfines se han habituado a la presencia de nadadores y generalmente se acercan a ellos (Würsig, 1996; Bejder *et al.*, 1999). La habituación de las manadas de delfín tornillo a la presencia de nadadores en la isla grande de Hawai`i puede deberse a que el turismo, en general, ha ido en incremento desde 1960 (Courbis, 2007).

Courbis (2007) encontró que cuando había más delfines en una bahía también había un mayor número de nadadores y de kayaks. Por ello, al parecer no existe una alteración significativa en la conducta de los delfines tornillo en presencia de los nadadores (Courbis & Timmel, 2009). Sin embargo, el tiempo y el tipo de interacción entre los nadadores y los delfines varía, como reportó Forest (2001): algunos días los delfines tornillo se mostraban más receptivos a la presencia de nadadores y de kayaks que otros días. También, los nadadores tenían más dificultades en acercarse a los delfines tornillo durante las tardes (Forest, 2001). Delfour (2007) observó que los delfines tornillo en una bahía al noroeste de O`ahu tendían a cambiar su dirección de nado ante la presencia de nadadores y que, con el paso del tiempo, dicha respuesta incrementó, talvez debido a una posible sensibilización, como la que reportaron Constantine *et al.* (2004) en toninas.

Danil *et al.* (2005) observaron que cuando la cantidad de nadadores en la bahía Maku`a en O`ahu era muy alta los delfines tornillo cambiaban la hora de salida de la bahía a horas más tempranas, realizaban periodos de buceo más cortos y posiblemente se desplazaban a otros sitios de descanso de la costa noroeste de O`ahu. Estas reacciones podrían estar retrasando y comprimiendo el periodo de descanso de las manadas de delfines tornillo (Danil *et al.*, 2005). Entonces, aunque los delfines pueden mostrarse curiosos hacia los nadadores, los mantiene en un constante estado de alerta, impidiendo que los delfines tornillo completen su etapa diaria de descanso (Danil *et al.*, 2005).

Generalmente, se ha visto que las reacciones conductuales ante los kayaks o las embarcaciones no motorizadas no son tan marcadas como cuando los delfines se encuentran ante la presencia de embarcaciones motorizadas (Forest 2001; Goodwin & Cotton, 2004; Courbis & Timmel, 2009). Forest (2001) y Courbis & Timmel (2009) reportaron que la presencia de los kayaks no alteró significativamente la conducta de los delfines tornillo de las bahías Kealakekua, Honaunau y Kauhako de la isla grande de Hawai`i. De hecho, sus respuestas se asemejan bastante a aquellas que presentan con los nadadores. Sin embargo, debido a que los kayaks son más veloces y pueden localizar mejor a los delfines que los nadadores, es probable que provoquen una mayor perturbación a los delfines, ya que es más difícil para los delfines evadir a los kayaks (Forest, 2001).

Courbis & Timmel (2009) observaron que los delfines tornillo en la isla grande de Hawai`i aumentaban su actividad aérea cuando los nadadores y los kayaks seguían al grupo. En una bahía de O`ahu, Delfour (2007) también reportó un incremento en el número de despliegues aéreos de los delfines tornillo y un decremento en el número de avistamientos de delfines tornillo durante la época en que más kayaks hubieron, en parte porque el número de kayaks había aumentado durante dicho intervalo de tiempo y porque probablemente los delfines se sensibilizaron a las actividades antropogénicas con el paso del tiempo. Samuels & Bejder (2004) mostraron un decremento en la presencia de delfines en ciertos

lugares con el tiempo, lo que podría estar relacionado con la presencia de kayaks u otras embarcaciones no motorizadas. Adicionalmente, la sensibilidad que pueden llegar a tener los delfines ante los nadadores y kayaks depende de la hora del día. Al parecer los kayaks y los nadadores no afectan durante la mañana la frecuencia de las actividades aéreas de los delfines tornillo ni tampoco su sincronidad grupal, pero al atardecer los delfines nadan asincrónicamente después de la perturbación (Forest, 2001). Cabe mencionar que Würsig (1996) enfatizó que los delfines tienden a huir cuando se acercan buzos con equipo SCUBA y emiten burbujas, pero se mantienen calmados y curiosos cuando los nadadores se acercan con aletas y visor. Esto se debe en parte a que, dentro de sus sociedades, los delfines emiten burbujas cuando se muestran agresivos o intolerantes; de igual manera, los movimientos rápidos los incomodan debido a que también pueden ser vistos como agresiones potenciales o de amenaza (Würsig, 1996).

## **2.2 Presencia de embarcaciones motorizadas y del ruido que producen**

Las embarcaciones motorizadas representan amenazas tanto directas como indirectas para los cetáceos (Richardson *et al.*, 1995). Se ha visto que la presencia de embarcaciones motorizadas puede alterar los patrones de sus movimientos (Au & Perryman, 1982), ya que diferentes especies de delfines mostraron evasión al cambiar su dirección de nado. También se ha encontrado una alteración en la conducta de las toninas expuestas a embarcaciones motorizadas, como lo son los cambios en el intervalo entre respiraciones, la distancia entre animales y la dirección y velocidad de nado (Nowacek *et al.*, 2001). Además, al parecer, en *Tursiops* spp. los machos incrementan el tiempo que pasan sumergidos cuando las embarcaciones están presentes, mientras que las hembras sólo lo hacen cuando las interacciones son intrusivas (Lusseau, 2003a). Otros efectos provocados por las embarcaciones son posibles colisiones, influencia en el movimiento de las presas, degradación de la calidad del ambiente o evasión de áreas críticas de alimentación o reproducción (Richardson *et al.*, 1995). Esto no solo se ha visto en estudios

a corto plazo. Al parecer, aún después de estar expuestos a la presencia de embarcaciones durante un largo periodo, las toninas pueden seguir presentando cambios en su conducta (Janik & Thompson, 1996).

Estudios recientes de delfines tornillo hawaïianos han demostrado que los acercamientos de las embarcaciones motorizadas a los delfines pueden evocar respuestas conductuales que afecten potencialmente la adecuación de los organismos (Lammers, 2004; Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a,b). Courbis & Timmel (2009) mencionan que aunque no encontraron una relación significativa entre el tráfico de embarcaciones motorizadas y el comportamiento aéreo de las manadas de delfines tornillo en la bahía Kealakekua, pero que hubieron casos concretos de comportamiento aéreo que parecían estar estrechamente relacionados con la presencia de las embarcaciones motorizadas. Forest (2001) y Luna-Valiente (2005), sí observaron que la presencia de embarcaciones motorizadas fue la actividad humana en las bahías de la isla grande de Hawai'i que causó el mayor incremento en el comportamiento aéreo de las manadas de delfines tornillo, interrumpiendo su descanso. Además, Luna-Valiente (2005) observó que la presencia de ruido de motor cercano también fue una actividad que provocó un mayor número de comportamientos aéreos.

Otro efecto observado de las embarcaciones motorizadas ha sido el desplazamiento temporal de las manadas de los delfines tornillo en las bahías al norte de la bahía Kailua-Kona de un sitio primario de descanso (la bahía Makako) a sitios de descanso secundarios (Östman-Lind *et al.*, 2004). Delfour (2007) reportó para una bahía de O`ahu un decremento en el número de avistamientos de delfines tornillo durante la época en que más embarcaciones motorizadas y no motorizadas hubo. Sin embargo, se ha encontrado que los delfines tornillo del Archipiélago de Hawai'i, a pesar del tráfico de embarcaciones motorizadas, muestran cierta fidelidad a sus sitios de descanso, como es el caso de las poblaciones de delfines que frecuentan la costa Kona en la isla grande de Hawai'i (Norris & Dohl,

1980; Norris *et al.*, 1994; Östman-Lind *et al.*, 2004) y la costa noroeste de O`ahu (Marten & Psarakos, 1999).

Finalmente, la alteración de la estructura social es otro resultado de las embarcaciones motorizadas debido a que los animales agregados pueden alejarse en diferentes direcciones al momento de que una embarcación ruidosa a alta velocidad se les acerca (Richardson *et al.*, 1995; Würsig & Richardson, 2002). Esto puede tener afecciones en el orden social, la conducta sexual, el cuidado de las crías o en las actividades de cooperación (Richardson *et al.*, 1995; Würsig & Richardson, 2002).

Entonces, de acuerdo a Leung & Leung (2003), la mayoría de los estudios registraron respuestas negativas. Pero, Leung & Leung (2003) observaron respuestas positivas asociadas a las embarcaciones turísticas, donde los delfines jóvenes tendían a acercarse con mayor frecuencia en comparación con los adultos. De igual manera, Sini *et al.* (2005) observaron acercamientos o seguimientos, así como surfear de la ola de la quilla y diversos saltos. En la bahía Kealakekua, Forest (2001) observó que las embarcaciones motorizadas que se acercaron de manera lenta a los delfines tornillo provocaron una menor perturbación de las embarcaciones motorizadas que viajaban más rápido. Varios autores coinciden en que las embarcaciones grandes y de movimiento lento causan poca a ninguna respuesta obvia (Forest, 2001; Leung & Leung, 2003; Mattson *et al.*, 2005), mientras que embarcaciones con movimientos rápidos y erráticos provocan reacciones de evasión más marcadas (Forest, 2001; Leung & Leung, 2003; Mattson *et al.*, 2005; Sini *et al.*, 2005). En la mayoría de los casos, los delfines responden positivamente ante las embarcaciones grandes o pesqueras porque su movimiento facilita la obtención de sus presas (Leung & Leung, 2003; Goodwin & Cotton, 2004). Entonces, las reacciones a las embarcaciones motorizadas varían considerablemente y probablemente dependan del tipo de embarcación, el tipo de acercamiento (Constantine *et al.*, 2004) y el número de embarcaciones cercanas

a los delfines (Williams, *et al.*, 2002; Leung & Leung, 2003; Sini *et al.*, 2005; Courbis & Timmel, 2009).

Los odontocetos son muy sensibles a los sonidos con energía por arriba de ~10 kHz, ya que sus límites superiores de sensibilidad auditiva van de ~65kHz hasta a más de 100 kHz en la mayoría de las especies (Richardson *et al.*, 1995). La sensibilidad a sonidos de alta frecuencia está relacionada con el uso de pulsos de alta frecuencia para la ecolocalización. El límite inferior de sensibilidad auditiva de los delfines va de 40-125 Hz (Richardson *et al.*, 1995). La diferencia entre especies generalmente es pequeña para los delfines. Por ejemplo, las toninas tienen un intervalo audible de frecuencias que va de 0.2 a 160 kHz, mientras que el delfín de Risso (*Grampus griseus*) tiene un intervalo de 2 a 110 kHz (Au *et al.*, 2000). Entonces, los odontocetos en general tienen una buena habilidad de discriminación de frecuencia e intensidad, así como buenas capacidades de localización direccional (Richardson *et al.*, 1995).

El ruido antropogénico subacuático tiene el potencial de afectar al animal que pueda escucharlo y que enmascare sus fonaciones (Würsig & Richardson, 2002). Se ha visto que los sonidos de frecuencias medias y altas producidas por embarcaciones pequeñas afectan a los delfines, marsopas, pinnípedos y sirenios (Würsig & Richardson, 2002). Dentro de los efectos particulares que provoca el ruido antropogénico se encuentran: la interrupción de la ecolocalización, el enmascaramiento de la comunicación acústica, cambios en el patrón de conducta, deterioro temporal o permanente de la audición con cambios en el umbral auditivo (lo cual puede ser dañino para los animales que dependen grandemente de sus habilidades para detectar el sonido y está relacionado con la duración de la exposición), daños fisiológicos (i.e., sentido del equilibrio, senos de aire y tejidos adyacentes, transmisión neural) y cambios en sus funciones reproductivas (Würsig & Richardson, 2002). El estrés también es un posible efecto ante la exposición a sonidos que perturban a los animales. El estrés podría,

en teoría, inhibir las interacciones sociales normales, la alimentación, la reproducción y la longevidad, así como otras funciones vitales importantes (Curry, 1999).

Los mamíferos marinos generalmente reaccionan más fuertemente cuando los niveles de sonido recibidos son altos (indicadores de una fuente cercana) o cuando van en incremento (indicativo de una fuente aproximándose). Como ya se mencionó, las reacciones pueden volverse más intensas dependiendo del tipo de embarcación y ante exposiciones repetidas al mismo estímulo (Bejder *et al.*, 1999; Würsig & Richardson, 2002; Krieb & Rahadi, 2004; Mattson *et al.*, 2005). Algunos delfines parecen distinguir a las embarcaciones basándose en los sonidos que emiten y reaccionan de manera diferente a embarcaciones que los acosan habitualmente que a aquellas embarcaciones que se acercan de manera lenta y cuidadosa (Lusseau, 2003b; Nowacek *et al.*, 2001; Williams *et al.*, 2002; Würsig & Richardson, 2002).

La variabilidad en las respuestas conductuales de los delfines en parte también depende de los factores físicos, específicamente a las características del ruido producido, su tasa de atenuación y el nivel de ruido de fondo (Richardson *et al.*, 1995). Las embarcaciones medianas a grandes y que se desplazan de manera lenta causan una perturbación acústica menor debido a que el motor y la hélice producen ruido de menos de 150 Hz, cuyos tonos dominantes oscilan alrededor de los 50 Hz (Richardson *et al.*, 1995). Por el contrario, los buques que se desplazan a alta velocidad y sus máquinas auxiliares, tales como bombas y compresores, puede producir un conjunto de ruidos de hasta 100 kHz (Richardson *et al.*, 1995). Conforme la embarcación acelera para interceptar a los cetáceos, el ruido de motor se incrementa 14 dB, por lo que se necesitaría estar a 500 m del cetáceo para que el nivel de ruido fuese equivalente al que emite una embarcación en movimiento lento a 100 m (Williams *et al.*, 2002). Aunque el ruido de alta frecuencia se disipa rápidamente en el agua, se cree que es muy perjudicial

para los delfines cuando la distancia entre el delfín y la embarcación es pequeña (Richardson *et al.*, 1995).

Una reacción común al ruido es la reducción o cese de las vocalizaciones que, de acuerdo al estudio realizado en orcas por Erbe (2002), es una respuesta de evasión que puede ser considerada como una disgregación social debido a que los cetáceos emplean este medio para comunicarse, mantener la cohesión grupal y, asimismo, utilizan las vocalizaciones para localizar a sus presas y para navegar (empleando la ecolocalización; Lusseau & Higham, 2004). Es decir, se da una interferencia en la comunicación producto de la presencia de las embarcaciones turísticas. Esta reducción en la emisión de vocalizaciones para las manadas de delfines tornillo de la costa Kona fue reportado por Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006b). Sin embargo, en el estudio realizado por Buckstaff (2004) con toninas se encontró que cuando incrementaba el sonido producido por las embarcaciones también incrementaba la repetición de silbidos de los delfines para contrarrestar el enmascaramiento por el ruido y mantener la comunicación entre los individuos.

Las reacciones al ruido de las embarcaciones también se relacionan con la actividad que está desempeñando el delfín: los delfines en descanso tienden a evitar a las embarcaciones que generan el ruido, mientras que aquellos alimentándose las ignoran; aquellos socializando tienden a aproximarse (Richardson *et al.*, 1995; Lusseau & Higham, 2004). También se ha comprobado que algunas clases de edad y sexo son más sensibles a la perturbación causada por ruido; dicha perturbación puede ser más perjudicial en animales jóvenes (National Research Council, 2003; Lusseau, 2003b).

Además, muchas de las respuestas específicas de los mamíferos marinos al sonido son dependientes del nivel del sonido. Morisaka *et al.* (2005) documentaron que en ambientes con menor ruido ambiental los delfines producen silbidos de frecuencias variables con mayores modulaciones; cuando el ruido

ambiental es mayor, los delfines producen silbidos de menor frecuencia con menos modulaciones. Esto sugiere que las señales de comunicación son adaptativas y son emitidas para evitar su enmascaramiento y su atenuación (Morisaka *et al.*, 2005).

Sin embargo, a pesar de que el ruido muy intenso puede llegar a causar que los cetáceos se alejen, se ha visto que algunos mamíferos marinos se acercan y toleran una fuente de sonido para su propio beneficio como por ejemplo, al reducir su esfuerzo de caza (Würsig & Richardson, 2002), como ya se mencionó.

### **2.3 Cambios en el estado conductual**

Los cambios en el estado conductual están fuertemente relacionados con el tipo de actividad humana que se aproxime a las manadas de delfines y generalmente están asociados a la presencia de embarcaciones motorizadas. En general, el descanso tiende a ser menos profundo en presencia de las embarcaciones motorizadas (Forest, 2001; Lusseau, 2003b; Constantine *et al.*, 2004), incrementando significativamente el comportamiento aéreo de las manadas de delfines tornillo (Forest, 2001) y la probabilidad de viajar después de dicha interacción (Lusseau, 2003b). Conforme incrementa el número de embarcaciones, el descanso se ve más afectado (Constantine *et al.*, 2004) y el estado conductual de merodeo (“milling” en inglés) generalmente es más frecuente al aumentar el número embarcaciones (Constantine *et al.*, 2004). Cuando las manadas se encuentran viajando, la presencia de las embarcaciones generalmente provoca que cambien su dirección de viaje para alejarse de dicha actividad antropogénica. Cuando la embarcación motorizada desaparece del área y el ruido de la embarcación cesa, los delfines tienden a regresar a su estado conductual previo, especialmente viajando en la dirección original (Lemon *et al.*, 2006).

Si se considera el comportamiento aéreo de las manadas de delfines tornillo únicamente, la presencia de embarcaciones motorizadas (Forest 2001; Luna-Valiente, 2005) y de ruido de motor cercano (Luna-Valiente, 2005) incrementó significativamente el número de despliegues aéreos. La presencia de kayaks (Forest 2001; Luna-Valiente, 2005) y de ruido de motor lejano (Luna-Valiente, 2005) incrementaron únicamente los despliegues de mediana energía, probablemente atribuido a la presencia de otras actividades antropogénicas simultáneas a los kayaks y al ruido de motor lejano (Luna-Valiente, 2005). La presencia de nadadores no provocó ningún cambio significativo en el comportamiento aéreo de los delfines tornillo (Forest, 2001; Luna-Valiente, 2005). Sin embargo, Forest (2001) reportó que la presencia de los nadadores, los kayaks y las embarcaciones aumentaron significativamente la frecuencia de comportamientos aéreos por la tarde. Entonces, los cambios en el comportamiento aéreo de los delfines tornillo también dependen de la hora del día en que se cuantifiquen ante la presencia de distintas actividades antropogénicas (Forest 2001).

## **2.4 Cambios en la coordinación grupal**

Estudios recientes han documentado la relación entre la estructura grupal de los delfines y la presencia de embarcaciones turísticas. Se ha observado que, ante la presencia de embarcaciones, los subgrupos en tránsito tienden a formar una estructura lineal o agrupaciones significativamente más comprimidas cuando hay embarcaciones cercanas a la manada (Au & Perryman, 1982; Bejder *et al.*, 1999). De acuerdo a Nowacek *et al.* (2001), entre más acosador sea el acercamiento de las embarcaciones, menor será la distancia entre individuos, es decir, la manada estará más compacta.

Hastie *et al.* (2003) estudiaron el efecto del tráfico de embarcaciones sobre la sincronía de los movimientos en la superficie de las toninas, encontrando una relación entre la presencia de embarcaciones y la sincronía de las manadas. Además, existe una unión intrínseca entre el

espaciamiento entre los individuos en la superficie y su sincronía; conforme la sincronía incrementa, la distancia interindividual decrecerá, por lo que Hastie *et al.* (2003) sugieren que el decremento observado en el espacio interindividual en estudios anteriores sea debido a la sincronización de los movimientos en la superficie como respuesta a la presencia de las embarcaciones y puede ser perjudicial debido a que es un estado predecesor de otros estados conductuales que requieren mayor gasto energético de los delfines, como la alimentación.

Richardson *et al.* (1995) explican que los animales agregados pueden alejarse en diferentes direcciones al momento de que una embarcación ruidosa a alta velocidad se acerca, es decir, dispersarse de manera no coordinada, lo cual puede tener afectaciones en el orden social, conducta sexual, cuidado de crías o en las actividades de cooperación (Richardson *et al.*, 1995; Würsig & Richardson, 2002). Esto mismo fue observado por Forest (2001) para los delfines tornillo de la bahía Kealakekua, los cuales tendían a presentar movimientos superficiales asincrónicos en presencia de nadadores, kayaks y embarcaciones. Esta tendencia se observó en mamíferos marinos que se encontraban en descanso o alimentándose.

## **2.5 Cambios en el intervalo entre respiraciones**

Se ha documentado que los delfines que se encuentran en descanso profundo pueden incrementar su tiempo de inmersión como resultado de la presencia de humanos que están en busca de contacto (Würsig, 1996; Nowacek *et al.*, 2001; Lusseau, 2003b; Leung & Leung, 2003). Janik & Thompson (1996) reportaron que en el Mar de Escocia el decremento en el intervalo entre respiraciones después de que llegara una embarcación sólo fue significativo en los casos que involucraban embarcaciones turísticas (de observación de delfines), que correspondía al 50% del tráfico. El decremento en el número de animales que desplegaban conductas en la superficie mostró que al menos algunos delfines o realizaban inmersiones más largas y/o se alejaban cuando la embarcación se acercaba, iniciando el

estado conductual de viaje, lo cual implicaba que las manadas de delfines salieran a respirar más frecuentemente (Richardson *et al.*, 1995). Tanto el aumento en el intervalo entre respiraciones como el alejamiento de las embarcaciones motorizadas se atribuyen a que disminuye la probabilidad de ser golpeados por una embarcación (Janik & Thompson, 1996). Sin embargo, los cetáceos expuestos al tráfico de navíos se habitúan, de tal manera que muchas manadas aún permanecen en las zonas de perturbación, como es el caso presentado por Janik & Thompson (1996).

### **3. Objetivos**

El objetivo principal de este estudio fue evaluar los efectos de las actividades antropogénicas en la estructura grupal de los delfines tornillo (*Stenella longirostris*) en la costa Kona, isla grande de Hawai`i; en particular, en el estado conductual, la coordinación grupal y el tiempo entre respiraciones de las manadas con el fin de:

- Determinar si cada una de las actividades antropogénicas (nadadores, kayaks, embarcaciones, ruido de motor cercano y ruido de motor lejano) provocaban cambios en la estructura grupal.
- Determinar cuál actividad antropogénica provocaba el mayor cambio en la estructura grupal.
- Proporcionar información para un manejo adecuado para la conservación del delfín tornillo en la costa Kona, en particular para las bahías Kailua-Kona, Keauhou y Kealakekua.
- Generar una base de datos sobre la estructura grupal de esta especie que sirva de referente para estudios posteriores en la costa Kona.

## 4. Justificación

La biología de los cetáceos, especialmente la fisiológica, conductual y poblacional, tiene el potencial de proveer información sobre la funcionalidad de los ecosistemas marinos en diferentes escalas espaciales y de complejidad fenomenológica (L. Medrano González, 2008 comun. pers.). Asimismo, los cetáceos son de gran importancia ecológica debido a que regulan los tamaños poblacionales de sus presas. Su ausencia incrementaría el número de poblaciones de otras especies que se alimentan de las mismas presas (i.e., pájaros y pinnípedos), y provocaría que sus depredadores (i.e., tiburones) se alimenten en mayor cantidad de otras presas, desequilibrando de esta manera la red trófica (Nybakken & Bertness, 2005). Por ello, aun cuando su ausencia pueda tener muy pocos efectos en la productividad primaria, habría una alteración en algunos sistemas tróficos (Nybakken & Bertness, 2005).

Debido a que las bahías de la costa Kona son una área turística popular (Courbis & Timmel, 2009), es necesario determinar si las actividades antropogénicas causan cambios en el patrón de descanso de las manadas de delfines tornillo porque se podría dar una reducción del uso de las bahías (Reynolds & Braithwaite, 2001) e impactar su supervivencia como individuos y, por ende, como poblaciones (Würsig & Richardson, 2002). Las actividades “normales” de los delfines tornillo en el Archipiélago de Hawai`i, como ya se mencionó, implican que los delfines entren a las bahías a tempranas horas de la mañana, para llegar a un periodo de descanso alrededor de las 12:00 y las 16:00 horas, caracterizado por agrupaciones coordinadas de todos los miembros, con intervalos entre respiraciones largos (Norris *et al.*, 1994; Perrin, 1998; Forest, 2001; Lammers, 2004).

Entonces, en este estudio se utilizó el estado conductual diseñado por Bazúa Durán (2001), la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones diseñados por Lammers (2004) y modificados por Bazúa Durán (2001) para determinar si estos parámetros de la estructura grupal de los delfines

tornillo cambiaban ante la presencia de actividades antropogénicas. Se utilizaron estos parámetros porque el estado conductual utilizado para el delfín tornillo es similar al descrito en estudios previos de delfines (Constantine *et al.*, 2004; Lusseau & Higham, 2004; Cope Mattson *et al.*, 2005). La coordinación grupal descrita por Lammers (2004) evalúa tanto la dispersión como la sincronía en los movimientos de los individuos de las manadas de delfines descritas por Au & Perryman (1982), Bejder *et al.* (1999) y Forest (2001), ya que se ha visto que ambas son dependientes (Hastie *et al.*, 2003). El intervalo entre respiraciones en la mayoría de los estudios con delfines no fue clasificado en categorías, sino que se determinó como el tiempo real entre respiraciones (Janik & Thompson, 1996; Hastie *et al.*, 2003; Kreb & Rahadi, 2004; Leung & Leung, 2003). Sin embargo, en el delfín tornillo, Bazúa Durán (2001) y Lammers (2004) clasificaron el intervalo entre respiraciones. En el delfín tornillo se ha notado que existen intervalos de tiempo entre respiraciones, por lo que la clasificación era más adecuada para determinar cambios en este parámetro de la estructural grupal de los delfines tornillo.

Además, debido a que la exposición frecuente a embarcaciones motorizadas es ahora parte de la vida cotidiana de muchos animales marinos silvestres, era necesario realizar una clasificación del ruido de motor que permitiera obtener información con respecto a qué tipo de ruido perturba más la estructura grupal de los delfines. Por ello, se utilizó la clasificación de Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b), que considera la posible cercanía de la embarcación que produce el ruido de motor, clasificando el ruido de motor en cercano si contiene energía por arriba de los 8 kHz y en lejano si contiene energía únicamente por debajo de los 8 kHz.

## 5. Métodos

### 5.1 Muestreo

El muestreo lo realizó C. Bazúa Durán en tres bahías de la costa Kona: Kailua-Kona (19°38'N, 155°59'O), Keauhou (19°33'N, 155°58'O) y Kealakekua (19°29'N, 155°56'O). La captura de datos se realizó durante cuatro días entre marzo 22 y 25 de 1999, empleando una embarcación pequeña con un motor de 20 HP. El muestreo se llevó a cabo entre las 7:30 y las 14:30 hrs, registrándose eventos cada 25 a 30 min por una duración de 1 a 29 min. Se obtuvieron 64 sesiones en total. Las actividades se registraron en formatos de campo y mediante la grabación simultánea de comentarios verbales y del ruido de motor subacuático con una grabadora audiodigital (DAT).

Una vez identificada la manada se evaluaron los siguientes parámetros conductuales: 1) el estado conductual general (Bazúa Durán, 2001), 2) la coordinación grupal y 3) el intervalo entre respiraciones (Lammers, 2004).

El estado conductual general se clasificó como reposo (R), social (S) o tránsito (T) (Bazúa Durán, 2001). Un grupo se consideraba en reposo cuando el intervalo entre respiraciones era mayor de 2 minutos y los animales coordinaban sus movimientos. Se consideraba social si los delfines de una manada se encontraban interactuando entre ellos. Se consideraba en tránsito si la manada de los delfines se desplazaba en una dirección específica sin detenerse. Cabe mencionar que los delfines tornillo son depredadores nocturnos (Norris *et al.*, 1994), por lo que en este estudio diurno no se tomó en cuenta el estado conductual de alimentación.

La coordinación grupal de la manada se categorizó en **I** cuando la manada se encontraba más dispersa y sin coordinación, mientras que **II** representaba un estado de agregación menos disperso pero con ciertos elementos de coordinación y **III** cuando la manada se encontraba muy agregada y todos los individuos coordinaban sus movimientos (Fig. 5) (Lammers, 2004).

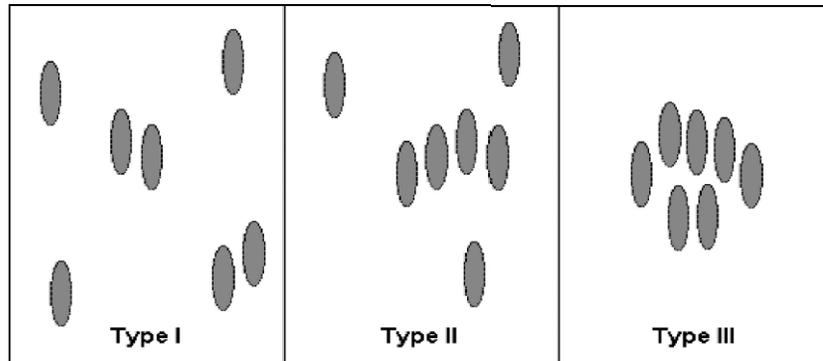


Figura 5. Esquema de la clasificación de la coordinación de la manada de delfines en I, II y III (tomado de Lammers, 2004).

El tiempo entre respiraciones se definió como el tiempo transcurrido entre la aparición del primer delfín, incluyendo la inmersión de toda la manada, y hasta la reaparición nuevamente del primer delfín. Es necesario aclarar que el primer delfín que apareció probablemente no era el mismo individuo las dos veces, por lo que el tiempo entre respiraciones no representa la tasa entre respiraciones para un individuo, sino para toda la manada (Lammers, 2004). El tiempo entre respiraciones se clasificó en tres categorías: siendo **uno** cuando el tiempo transcurrido era menor de un minuto, **dos** cuando el tiempo transcurrido era entre uno y dos minutos y **tres** cuando tardaban más de dos minutos en aparecer nuevamente en la superficie (Lammers, 2004).

De manera simultánea se registró la presencia de actividades antropogénicas cuando éstas se encontraban a menos de 200 m de las manadas de delfín tornillo, ya que se considera que los cetáceos en general detectan y reaccionan ante estímulos acústicos a una distancia de aproximadamente 200 m

(equivalente al radio de respuesta; Au & Perryman, 1982, Richardson *et al.*, 1995). Estas actividades se clasificaron en: nadadores, embarcaciones motorizadas, kayaks, ruido de banda ancha (ruido de motor cercano) y ruido de banda estrecha (ruido de motor lejano).

Para determinar el tipo de ruido de las embarcaciones se emplearon las grabaciones acústicas subacuáticas obtenidas con una grabadora digital portátil marca Sony modelo TCD-8 (conocida como DAT) y un hidrófono omnidireccional. Las grabaciones digitales en las cintas se transfirieron a formato \*.wav con la ayuda del programa de computo **Cool Edit** al disco duro de una computadora del Laboratorio de Acústica de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Este mismo programa se utilizó para calcular el espectrograma para cada una de las sesiones de grabación acústica con una FFT de 512 puntos, 50% de traslape y una ventana Hamming. Con base en el espectrograma se clasificaron los sonidos emitidos por los motores de las embarcaciones en banda estrecha cuando tenían energía únicamente a menos de 8 kHz y en banda ancha cuando tenían energía a más de 8 kHz (Fig. 6) (Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a,b).

El ruido de motor de banda estrecha corresponde al ruido de motor lejano, mientras que el ruido de motor de banda ancha corresponde al ruido de motor cercano. Esta clasificación del ruido de motor no se había hecho antes de Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b). Su importancia radica en que es una manera de comprobar qué tipo de ruido tiene el mayor efecto, si el ruido de motor lejano a la manada (o que emiten las embarcaciones que generalmente pasan por fuera de la bahía) o el ruido de motor cercano a los delfines (o que emiten las embarcaciones que están dentro de la bahía). El ruido de las embarcaciones grabado es dependiente de la distancia de ésta con respecto al hidrófono, ya que si la embarcación se encuentra cerca las emisiones de banda ancha enmascaran las emisiones de banda estrecha. También es necesario tomar en cuenta que las emisiones de sonido ocurren únicamente cuando el motor está encendido. Por lo general, una vez que las embarcaciones turísticas se han

aproximado lo suficiente a la manada, apagan el motor para realizar las observaciones e interacciones, por lo que a partir de ese momento, la actividad antropogénica influyente es la mera presencia de la embarcación.

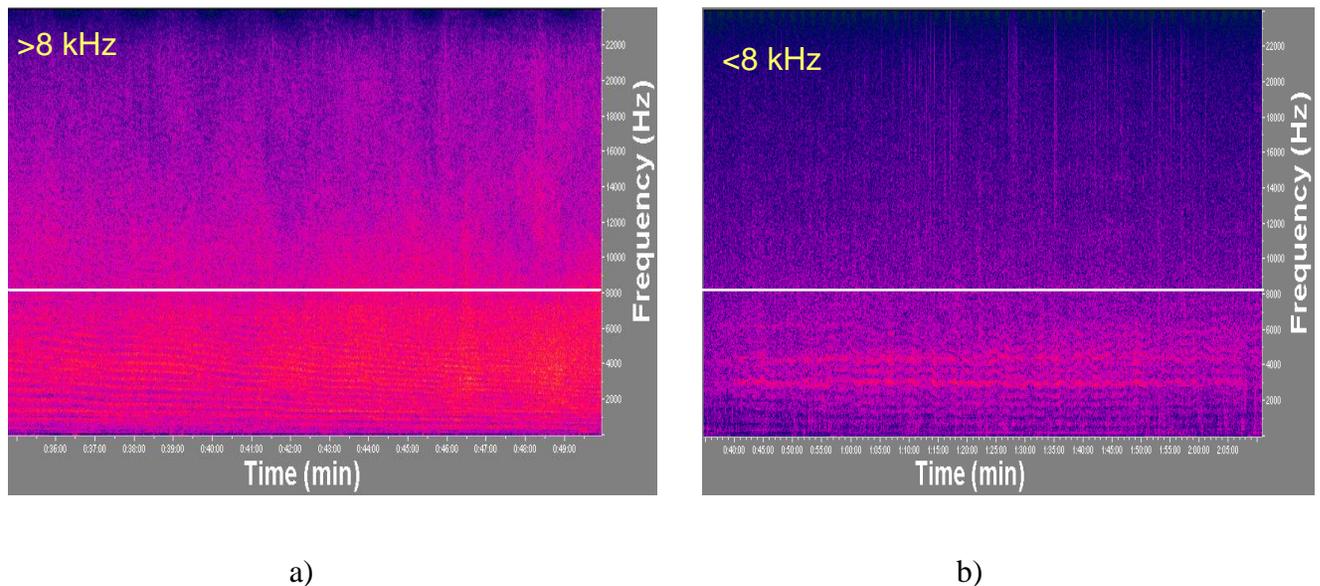


Figura 6. Espectrogramas del ruido de motor de banda ancha o cercano (a) y ruido de motor de banda estrecha o lejano (b), mostrando con una línea la frecuencia de 8 kHz utilizada para diferenciar el tipo de ruido producido por las embarcaciones (tomado de Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a)

## 5.2 Tratamiento de los datos

En el presente estudio se utilizaron los datos registrados por C. Bazúa Durán para calcular el tiempo al cual estuvieron expuestos los delfines a las diversas actividades antropogénicas mediante un diagrama de bloques por intervalos para cada sesión (Fig. 7). De esta manera fue posible visualizar los periodos de inicio y fin de la presencia de cada actividad antropogénica, cuáles actividades estuvieron presentes durante el periodo de registro y el traslape de las distintas actividades, si es que ocurrió (Fig.7).

**Grabación KB061-22 de marzo de 1999**

**Sesión # 3: 0:33:30-0:45:20**

**Duración: 11 min 55 s = 11.91 min**

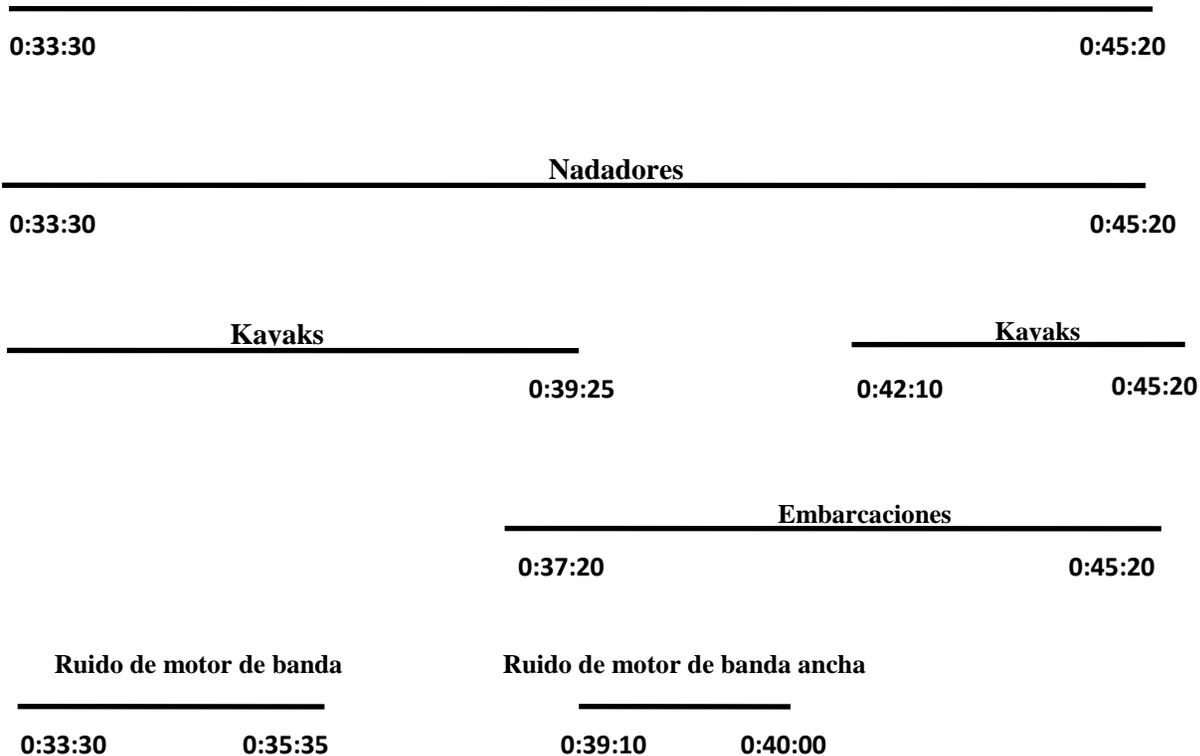


Figura 7. Diagrama de bloques con todas las actividades antropogénicas estudiadas

Para obtener el total de la presencia de las actividades antropogénicas estudiadas se sumó la duración de cada una de ellas por sesión. El total se dividió en el tiempo en que se traslaparon con las otras actividades y en el tiempo en que sólo se encontraba esa actividad presente. Cuando hay traslape de actividades antropogénicas, la sumatoria del tiempo total de la sesión puede ser más del 100% de la duración de la sesión. El tiempo en que se traslaparon las actividades antropogénicas fue desglosado en todas las combinaciones encontradas de actividades para saber cuál fue la combinación predominante,

debido a que hubo actividades que generalmente ocurrían simultáneamente, como fueron los casos del ruido de motor cercano con las embarcaciones y los nadadores con los kayaks.

Los datos obtenidos de la presencia de actividades humanas y la conducta de los delfines se vaciaron a una base de datos con el programa **Excel**. Debido a que el muestreo no se llevó a cabo de manera sistemática, se planteó un intervalo de un minuto para darle el mismo peso a todo el muestreo. De esta manera, no fue necesario ponderar el peso relativo de cada actividad, lo que hubiera sesgado los resultados.

Para determinar el estado conductual, la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones en presencia de cada una de las actividades antropogénicas se asignó la categoría correspondiente a cada intervalo con una duración de un minuto. Se consideró todo el tiempo de grabación para usar la mayor cantidad de datos posibles en vez de eliminar los segundos que no completaban un minuto. Por ello, en el caso de que en una sesión hubiera menos de 20 segundos sobrantes se añadía al intervalo anterior, pero en el caso de que fueran más de 20 segundos se consideraba como un intervalo nuevo. El valor de 20 segundos se consideró porque era necesario poner un límite para determinar los intervalos de 1 minuto, de tal manera que se obtuvieron intervalos desde 0.35 minutos hasta 1.33 minutos.

Al igual que Lemon *et al.* (2006), la investigación se enfocó específicamente en entender el efecto de las actividades antropogénicas sobre la conducta de los delfines tornillo usando el método “control-impacto” (del inglés, “control-impact”), donde el estado de control fue aquel que se presentó cuando los animales estuvieron sin presencia de actividades antropogénicas. Este tipo de muestreo es ampliamente utilizado en investigaciones de impactos ambientales. El principio de este muestreo es que una perturbación antropogénica causará un cambio de la situación control (Underwood, 1992).

Entonces, para evaluar si cada actividad humana tenía algún efecto en la estructura grupal de las manadas de delfines tornillo se utilizó la información obtenida del tiempo en que solamente había una actividad humana presente y el tiempo en que no había presente ninguna actividad humana. Por ello, es necesario enfatizar que las actividades antropogénicas y el tiempo en que no había presente ninguna actividad humana son independientes entre sí.

Debido a que el tiempo de muestreo fue muy pequeño y a que algunas actividades antropogénicas frecuentemente ocurrían de manera simultánea, también se empleó todo el tiempo en que una actividad se traslapaba con cualquier otra actividad (sin incluir el tiempo en que sólo había una actividad humana presente) para comparar los resultados obtenidos a partir de la información de cuando sólo había una actividad presente.

Además, se comparó la información obtenida de la estructura grupal en presencia de nadadores con kayaks y de embarcaciones con ruido de motor cercano con la información de cuando sólo había una actividad presente con el fin de evaluar si estas combinaciones de actividades antropogénicas tenían un efecto en el comportamiento de los delfines tornillo porque fueron las actividades antropogénicas que se traslaparon más frecuentemente.

### **5.3 Análisis estadístico**

Los datos que se usaron para clasificar el estado conductual fueron datos nominales, por lo que para evaluar si existía una relación general entre el estado conductual (reposo, social o tránsito) y la presencia de las actividades antropogénicas estudiadas de acuerdo a cada actividad antropogénica se utilizó la prueba  $X^2$  (prueba de homogeneidad). La prueba  $X^2$  se utiliza para determinar si las desviaciones entre los totales observados y los esperados (o frecuencias observadas y esperadas o

probabilidades reales e hipotéticas) son demasiado grandes para atribuir las al azar (Pagano & Gauvreau, 2001). La hipótesis nula fue que la distribución de frecuencias era la misma para los dos grupos a comparar (en presencia y en ausencia de actividades antropogénicas), mientras que la hipótesis alternativa fue que la distribución de frecuencias fue diferente en los grupos.

Posteriormente, se utilizó una prueba *post hoc* de residuos estandarizados para determinar si las frecuencias de los estados conductuales observados eran significativamente mayores o menores a los datos esperados. De esta manera se evaluó qué tanto cambiaba la respuesta conductual en presencia de cada actividad antropogénica estudiada en comparación con la respuesta conductual de las manadas cuando estaban solas. Esto permitió determinar cuál(es) actividad(es) antropogénica(s) provocó(aron) el mayor cambio en el estado conductual de las manadas de delfines.

Finalmente, con base en las probabilidades estimadas para calcular los residuos estandarizados, se realizó un análisis de correspondencia para visualizar mejor la relación entre el estado conductual y la presencia de las distintas actividades antropogénicas cuando eran la única presencia humana. Con el análisis de correspondencia del estado conductual y la presencia de las actividades antropogénicas se agrupan los tratamientos (i.e., presencia de las actividades antropogénicas) y respuestas (i.e., estado conductual) por cuadrantes permitiendo una mejor visualización de las correspondencias con base en las probabilidades estimadas del estado conductual en presencia de cada actividad antropogénica estudiada. El análisis de correspondencia se realizó utilizando el paquete estadístico **JMP v.9**.

Para determinar el procedimiento de inferencia estadística adecuada para el análisis de los datos de la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones se utilizó el coeficiente de correlación de la probabilidad gráfica (PPCC) mediante el programa de cómputo **PAST v. 2.09**. El PPCC es una técnica que determina la forma en que se distribuye un conjunto de datos al estimar parámetros de localización

y escala para proporcionar una evaluación gráfica del tipo de distribución que presenta este conjunto de datos. Entonces, dependiendo del valor del PPCC o lambda ( $\lambda$ ) obtenido se determinó el tipo de distribución (simétrica o asimétrica) de los datos para la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones en presencia de cada una de las actividades antropogénicas al compararlos con los valores establecidos en la gráfica PPCC Tukey Lambda (Tabla 1) (Croarkin & Tobias, 2010). Aunque los valores de la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones corresponden a una categoría, el valor numérico de la categoría representa un gradiente en estos dos parámetros de la estructura grupal de los delfines tornillo y por ello es que se hizo la prueba de distribución.

Tabla 1. Distribuciones asociadas a los distintos valores del PPCC Tukey lambda,  $\lambda$   
(tomado de Croarkin & Tobias, 2010)

$\lambda$	<b>Distribución</b>
-1	La distribución es aproximadamente de Cauchy
0	La distribución es exactamente logística
0.14	La distribución es aproximadamente normal
0.5	La distribución es en forma de U
1	La distribución es exactamente uniforme

De acuerdo al tipo de distribución obtenida se determinó qué tipo de prueba estadística sería la más adecuada. Si la distribución era normal o simétrica, se utilizarían pruebas paramétricas, mientras que para cualquier otra distribución asimétrica, una prueba no paramétrica sería la más adecuada. En el caso de que fuera una prueba paramétrica la adecuada, la prueba estadística ANOVA sería la pertinente para analizar los datos de la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones. En el caso de que fuera una prueba no paramétrica lo adecuado, la prueba estadística de Mann-Whitney sería la pertinente para analizar los datos de la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones. Ambas pruebas comparan si dos poblaciones o grupos independientes tienen la misma distribución de probabilidades.

La hipótesis nula fue que la presencia de cualquier actividad antropogénica no tiene efecto sobre la coordinación grupal e intervalo entre respiraciones de las manads de delfín tornillo, mientras que la hipótesis alternativa fue que la actividad antropogénica estudiada sí tuvo efecto. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico **STATISTICA v.7**.

Al realizar las comparaciones para la presencia de las cinco actividades antropogénicas con la ausencia de toda actividad antropogénica tanto para el estado conductual como para la coordinación grupal y para el intervalo entre respiraciones se incrementa la probabilidad de cometer un error de tipo I (cuando se rechaza la hipótesis nula siendo ésta verdadera en la población) (Pagano & Gauvreau, 2001). Por ello, se consideró la prueba de Bonferroni, la cual reduce el nivel de significancia de acuerdo al número de pruebas que se efectúen. Si se reducen los niveles individuales  $\alpha$  se asegura de que el nivel total de significancia se mantenga en un nivel predeterminado (Pagano & Gauvreau, 2001). Mientras más grande sea la cantidad de pruebas, menor debe ser el nivel de significancia. Esto implica que si cada prueba se realiza para que tenga una tasa de error tipo I  $\alpha/n$ , la tasa de error total no excederá de  $\alpha$  (Pagano & Gauvreau, 2001). Por lo que al ser 5 actividades antropogénicas las que se compararon con la ausencia de cualquier actividad antropogénica, se dividió  $0.05/5=0.01$ , de tal manera que para considerar si un tratamiento tuvo un efecto significativo sobre la estructura grupal, el valor de  $\alpha$  obtenido debió ser más pequeño que 0.01.

#### **5.4 Índice de actividad**

Para evaluar los cambios conductuales en presencia de las cinco actividades antropogénicas también se utilizó el índice de actividad, IA desarrollado por Lammers (2004):

$$IA = CG + IR - IS$$

donde, CG se refiere a la coordinación grupal, IR al intervalo entre respiraciones e IS el índice de superficie. El índice de superficie de acuerdo a Lammers (2004) se calcula utilizando el número de comportamientos aéreos observados en cada intervalo de un minuto:  $IS = A + 0.5 M + 0.5 S$ , donde M y A corresponden a los comportamientos aéreos de mediana y alta energía, mientras que S se refiere a los comportamientos sociales. Debido a que los comportamientos aéreos de mediana energía y los comportamientos sociales son distintos en cuanto a la cantidad de energía que los delfines requieren para llevarlos a cabo, se decidió modificar el índice de superficie de Lammers (2004) para incluir los comportamientos aéreos de baja energía y considerar a los comportamientos sociales como comportamientos aéreos de baja energía. Además, estos comportamientos de baja energía tendrían un menor peso en el IS que los de mediana energía, de tal manera que el IS se calculó como:

$$IS = A + 0.75 M + 0.25 B$$

donde, A, M y B representan el número de comportamientos aéreos de alta, mediana y baja energía desplegados durante un minuto, respectivamente. Los datos del comportamiento aéreo fueron tomados del trabajo de Luna-Valiente (2005), quien analizó los datos utilizando los mismos intervalos de un minuto que los utilizados en este estudio.

De acuerdo a Lammers (2004) el índice de actividad fue desarrollado para que los valores promedio oscilaran entre cero y seis, aunque los valores para cada minuto fueran menores a cero. Los valores entre cero y dos representan grupos en estado de alerta y socialmente activos, mientras que índices mayores a 4 representan grupos con menor estado de alerta (e.g., en reposo). El valor máximo de seis simboliza grupos fuertemente agrupados, con inmersiones por periodos mayores de dos minutos, y con una coordinación sincronizada, es decir, en reposo profundo.

Entonces, primero se calculó el índice de actividad de las manadas de delfines tornillo para cada intervalo de un minuto en presencia y en ausencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas. Luego se obtuvo un promedio de los índices de actividad por minuto tanto en presencia como en ausencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas. Estos promedios se compararon subjetivamente para evaluar si existían diferencias en los valores del índice de actividad de acuerdo a la presencia de las cinco actividades antropogénicas estudiadas y de cuando los delfines tornillo se encontraban solos. Luego, se determinó si existía un efecto significativo en el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo ante la presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas utilizando una prueba de t, la cual compara si las medias de los tratamientos experimentales son iguales o si difieren significativamente. Para considerar si alguna actividad antropogénica tuvo un efecto significativo sobre el índice de actividad, el valor de  $\alpha$  obtenido debió ser más pequeño que 0.01.

También se calculó el índice de actividad para cada estado conductual de las manadas de delfín tornillo cuando se encontraban solas, es decir, correspondientes al estado conductual de reposo, social o tránsito para, mediante una prueba de t, evaluar si existía una relación general entre el estado conductual (i.e., reposo, social o tránsito) y el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo cuando éstas se encontraban solas.

Finalmente, se determinó la relación entre los índices de actividad ante la presencia de cada una de las actividades antropogénicas y el de los estados conductuales de las manadas de delfín tornillo en ausencia de cada actividad humana estudiada mediante una prueba de t.

## 6. Resultados

### 6.1 Descripción del tiempo muestreado

Se realizaron 64 sesiones de registro entre las 7:30 y las 14:30 horas, pero la mayoría de los datos fueron tomados alrededor de las  $11:09 \pm 1:52$  horas, con un coeficiente de variación del 16.7%. Las sesiones tuvieron una duración que osciló entre 1 a 29 minutos, siendo de  $9:32 \pm 5:35$  minutos en promedio y dando un total de 610.41 minutos muestreados, que equivalen a 652 intervalos de un minuto (con una duración real entre 0.33 y 1.33 min). La duración promedio de los intervalos de un minuto fue de  $56.2 \pm 12.9$  s, con un coeficiente de variación de 22.9%, ya que los intervalos más frecuentes fueron aquellos con una duración de 60 s (438 intervalos o 67.0% del total de las observaciones). El número de los intervalos con una duración menor a 60 s (22.1% del total de observaciones) y mayor a 60 s (10.9% del total de observaciones) fue de aproximadamente un tercio del total de minutos consideraciones pero, como ya se mencionó, debido a que el tamaño de la muestra era muy pequeño, no se excluyeron del análisis.

Aunque las interacciones de las manadas de delfines con las actividades antropogénicas fueron tomadas en tres bahías de la costa Kona, la mayoría de las observaciones se realizaron en la bahía Kealakekua, además de que fue en la bahía Kealakekua donde los delfines estuvieron solos (sin la presencia de ninguna actividad antropogénica) la mayor parte del tiempo (Tabla 2). Sin embargo, en la bahía Kealakekua los kayaks y los nadadores fueron las actividades antropogénicas predominantes (66.4% del tiempo muestreado en la bahía Kealakekua), mientras que en las bahías Keauhou y Kailua-Kona predominó la presencia de embarcaciones y la de ruido de motor cercano (97.3% y 90.0% respectivamente).

Tabla 2. Tiempo analizado para cada una de las tres bahías de la costa Kona de acuerdo a las actividades antropogénicas presentes. Los valores entre paréntesis son los respectivos porcentajes del total.

	Bahía			Total
	Kailua-Kona	Keahou	Kealakekua	
	<b>Tiempo muestreado (min)</b>			
	156.25 (25.6)	136.83 (22.4)	317.33 (52.0)	610.41 100.0
	<b>Intervalos de un minuto</b>			
Solos (sin actividad)	34 (18.9)	38 (21.1)	108 (60.0)	180
Sólo nadadores	0	0	8 (100.0)	8
Sólo kayaks	2 (5.5)	0	34 (94.4)	36
Sólo embarcaciones	16 (72.7)	6 (27.3)	0	22
Sólo ruido de motor cercano	43 (36.7)	41 (35.0)	33 (28.3)	117
Sólo ruido de motor lejano	9 (36)	2 (8)	14 (56.0)	25
Sólo nadadores con kayaks	0	0	58 (100.0)	58
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	40 (58.0)	26 (37.7)	3 (4.3)	69
<b>SUBTOTAL</b>	<b>144 (28.0)</b>	<b>113 (21.9)</b>	<b>258 (50.1)</b>	<b>515</b>
Nadadores con otras actividades	10 (8.3)	0	110 (91.7)	120
Kayaks con otras actividades	8 (4.4)	20 (11.1)	152 (84.4)	180
Embarcaciones con otras actividades	69 (43.9)	56 (35.7)	32 (20.4)	157
Ruido de motor cercano con otras actividades	92 (39.0)	83 (35.2)	61 (25.8)	236
Ruido de motor lejano con otras actividades	23 (33.3)	0	46 (66.7)	69
Nadadores con kayaks y otras actividades	0	0	51 (100.0)	51
Embarcaciones con ruido de motor cercano y otras actividades	8 (21.0)	18 (47.4)	12(31.6)	38
<b>SUBTOTAL</b>	<b>20 (14.6)</b>	<b>30 (21.9)</b>	<b>87 (63.5)</b>	<b>137</b>
<b>TOTAL</b>	<b>164</b>	<b>143</b>	<b>345</b>	<b>652</b>

En las tres bahías los delfines interactuaron con las cinco actividades antropogénicas estudiadas durante la mayor parte del tiempo (70.8%), quedando sólo un 29.2% de tiempo en el que los delfines se encontraron en ausencia de toda actividad antropogénica (Tabla 3). En los 432.16 min en que se presentaron las actividades antropogénicas, éstas ocurrieron tanto de manera aislada como en conjunto. El ruido de motor cercano fue el que tuvo mayor ocurrencia (37.9%), seguido por los kayaks (29.5%), las embarcaciones motorizadas (25.3%), los nadadores (19.6%) y, por último, el ruido de motor de motor lejano (10.1%).

Tabla 3. Tiempo y porcentaje de ocurrencia de las actividades antropogénicas en presencia de las manadas de los delfines tornillo

Actividad antropogénica presente		Tiempo muestreado		
		(min)	Porcentaje de ocurrencia	Intervalos de un minuto
Nadadores	Con otras actividades	111.50	18.3	120
	Sólo esta actividad	7.67	1.3	8
Kayaks	Con otras actividades	144.42	23.7	180
	Sólo esta actividad	35.58	5.8	36
Embarcaciones	Con otras actividades	132.82	21.8	157
	Sólo esta actividad	21.58	3.5	22
Ruido de motor cercano	Con otras actividades	118.50	19.4	236
	Sólo esta actividad	112.75	18.5	117
Ruido de motor lejano	Con otras actividades	41.42	6.8	69
	Sólo esta actividad	20.33	3.3	25
una sola actividad		197.91	32.4	208
más de una actividad		234.25	38.4	264
<b>Subtotal</b>		432.16	70.8	472
sin actividad		178.25	29.2	180
<b>Total</b>		610.41	100.0	652

Entonces, en este estudio el análisis se realizó para las tres bahías de la costa Kona en conjunto y no en cada bahía por separado porque la presencia de las diversas actividades antropogénicas en cada bahía se complementó. Además la residencia de los delfines tornillo en el Archipiélago de Hawai`i es por isla y no por bahía (Norris *et al.*, 1994; Lammers, 2004), por lo que durante el muestreo de este estudio probablemente se documentaron a los mismos individuos en distintos días en las diferentes bahías.

## **6.2 Relaciones entre actividades antropogénicas**

Como las actividades antropogénicas ocurrieron tanto de manera aislada como simultáneamente, se tenían 18 posibles combinaciones de actividades antropogénicas, de las que sólo se obtuvieron 16 (Tabla 4; no se consideraron aquellas combinaciones que tuvieran ruido de motor cercano y lejano porque el ruido de motor cercano enmascara al ruido de motor lejano). Sin embargo, algunas actividades antropogénicas ocurrieron simultáneamente más frecuentemente que otras. Tal fue el caso de las embarcaciones con el ruido de motor cercano, los cuales compartieron 63.83 minutos, representando un 41.3% para las embarcaciones y 27.6% para el ruido de motor cercano, mientras que la presencia de las embarcaciones motorizadas con el ruido de motor lejano compartieron solamente 13 minutos, lo cual representó 8.4% para la presencia de embarcaciones motorizadas y 21.1% para el ruido de motor lejano. La presencia de los nadadores con los kayaks también fue muy frecuente, los cuales compartieron 55.27 min, representando un 46.4% del tiempo total en que se presentaron los nadadores y un 30.7 % del tiempo total de la presencia de los kayaks.

Tabla 4. Tiempo y porcentaje de ocurrencia de la combinación de las distintas actividades antropogénicas. El porcentaje de ocurrencia representa la fracción de tiempo de la presencia de una actividad antropogénica con respecto al tiempo total de ocurrencia de esa actividad antropogénica.

	Actividades antropogénicas sin ninguna otra actividad y su combinación	Tiempo (min)	Porcentaje de ocurrencia					
			TOTAL	N	K	E	RMC	RML
1	Sólo nadadores (N)	7.67	1.8	6.4				
2	Sólo kayaks (K)	35.58	8.2		19.8			
3	Sólo embarcaciones (E)	21.58	5.0			14.0		
4	Sólo ruido de motor cercano (RMC)	112.75	26.1				48.8	
5	Sólo ruido de motor lejano (RML)	20.33	4.7					32.9
1	Embarcaciones con RMC	63.83	14.8			41.3	27.6	
2	Nadadores con kayaks	55.27	12.8	46.4	30.7			
3	Kayaks, Embarcaciones y RMC	21.92	5.1		12.2	14.2	9.5	
4	Nadadores, Kayaks y RML	20.42	4.7	17.1	11.3			33.1
5	Embarcaciones y RML	13.00	3.0			8.4		21.1
6	Kayaks y RMC	12.58	2.9		7.0		5.4	
7	Nadadores, Kayaks y Embarcaciones	8.98	2.1	7.5	5.0	5.8		
8	Kayaks y Embarcaciones	7.08	1.6		3.9	4.6		
9	Nadadores, Kayaks, Embarcaciones y RMC	6.83	1.6	5.7	3.8	4.4	3.0	
10	Nadadores, Embarcaciones y RMC	6.75	1.6	5.7		4.4	2.9	
11	Nadadores, Kayaks y RMC	6.58	1.5	5.5	3.7		2.8	
12	Kayaks y RML	3.33	0.8		1.9			5.4
13	Nadadores y RML	3.25	0.8	2.7				5.3
14	Nadadores y Embarcaciones	3.00	0.7	2.5		1.9		
15	Kayaks, Embarcaciones y RML	1.00	0.2		0.6	0.6		1.6
16	Nadadores, Kayaks, Embarcaciones y RML	0.42	0.1	0.4	0.2	0.3		0.7
	<b>TOTAL</b>		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

	<b>Tiempo total muestreado (min)</b>	432.16		119.17	180.00	154.40	231.25	61.75
--	--------------------------------------	--------	--	--------	--------	--------	--------	-------

## **6.3 Análisis de la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo**

### ***6.3.1 Estado conductual***

La tendencia general del estado conductual de las manadas en ausencia de cualquier actividad humana fue el reposo, R (Fig. 8a), mientras que ante la presencia de actividades antropogénicas el estado conductual social, S fue tan frecuente como el de reposo (Fig. 8b). En particular, en presencia de sólo kayaks y sólo ruido de motor lejano los delfines siguieron en reposo, pero en presencia de sólo nadadores y sólo ruido de motor cercano los delfines socializaron más y en presencia de sólo embarcaciones viajaron más T, y en presencia de sólo nadadores con kayaks los delfines siguieron en reposo (Fig. 9). En presencia de sólo embarcaciones con ruido de motor cercano las manadas presentaron casi el mismo número de observaciones en reposo que en tránsito.

La proporción del número de observaciones del estado conductual de reposo de las manadas en presencia de cualquiera de cuatro de las cinco actividades antropogénicas estudiadas fue menor que cuando estaban las manadas solas, con excepción de la presencia única del ruido de motor lejano donde fue semejante (Figs. 9 y 10). En cuanto al estado conductual social hubo una mayor proporción de observaciones de dicho estado en presencia de cualquiera de las actividades antropogénicas en comparación con las observaciones de cuando las manadas estaban solas, con excepción de la presencia única de ruido de motor lejano y de sólo las embarcaciones con ruido de motor cercano. Para el estado conductual de tránsito se obtuvo una mayor proporción de observaciones ante la presencia de sólo embarcaciones, sólo ruido de motor cercano y sólo embarcaciones con ruido de motor cercano con respecto a cuando las manadas se encontraban solas.

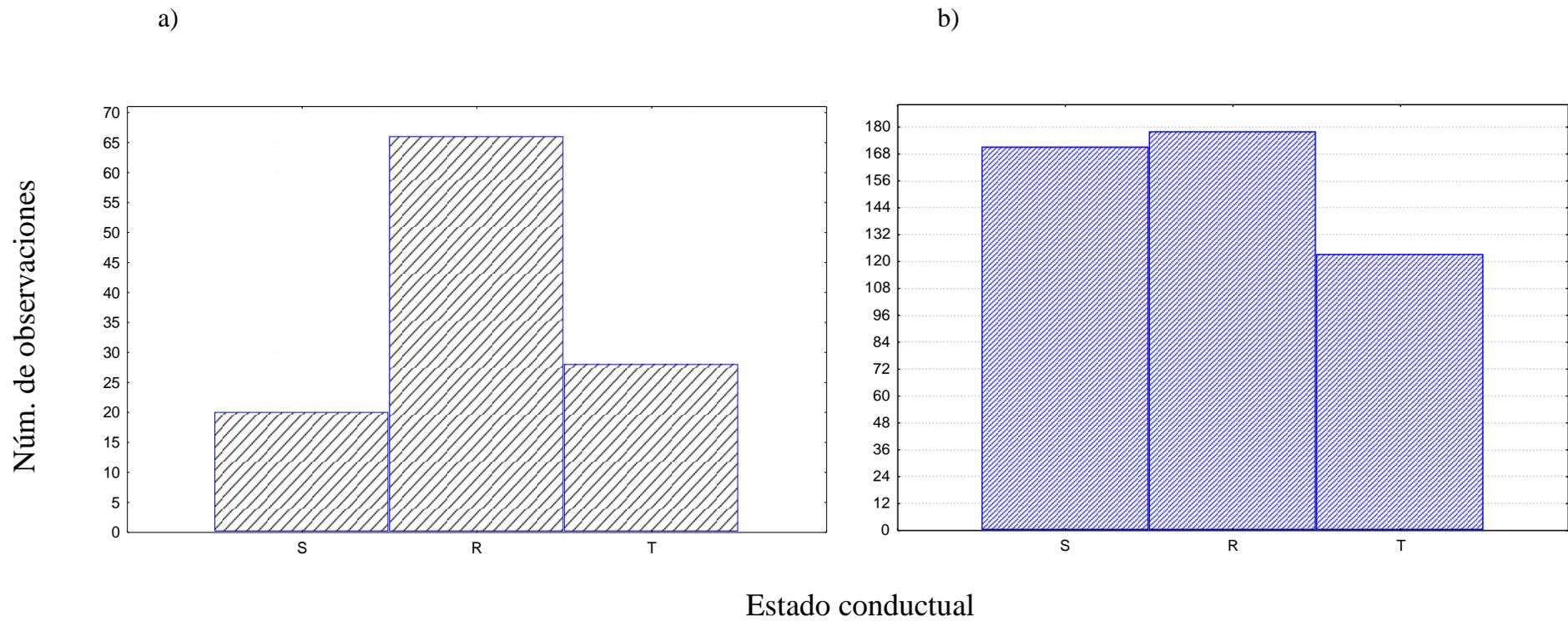


Figura 8. Histogramas del número de minutos de cada categoría del estado conductual de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia (solos) y (b) presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas. El estado conductual se clasificó en S-social, R-reposo o T-tránsito.

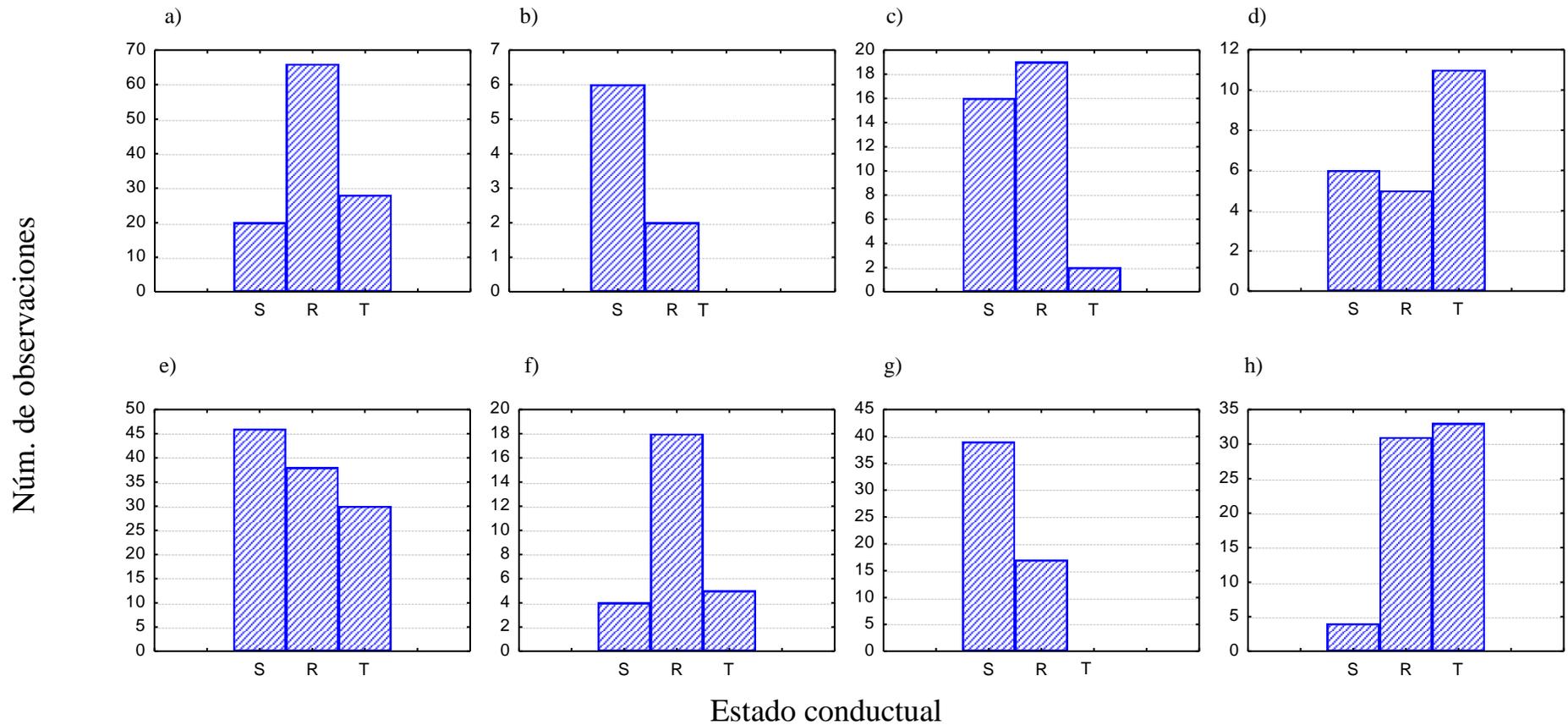


Figura 9. Histogramas del número de minutos de cada categoría del estado conductual de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia de actividades antropogénicas (solos) y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas: (b) sólo nadadores, (c) sólo kayaks, (d) sólo embarcaciones, (e) sólo ruido de motor cercano, (f) sólo ruido de motor lejano, (g) sólo nadadores con kayaks y (h) sólo embarcaciones con ruido de motor cercano. El estado conductual se clasificó en S-social, R-reposo o T-tránsito.

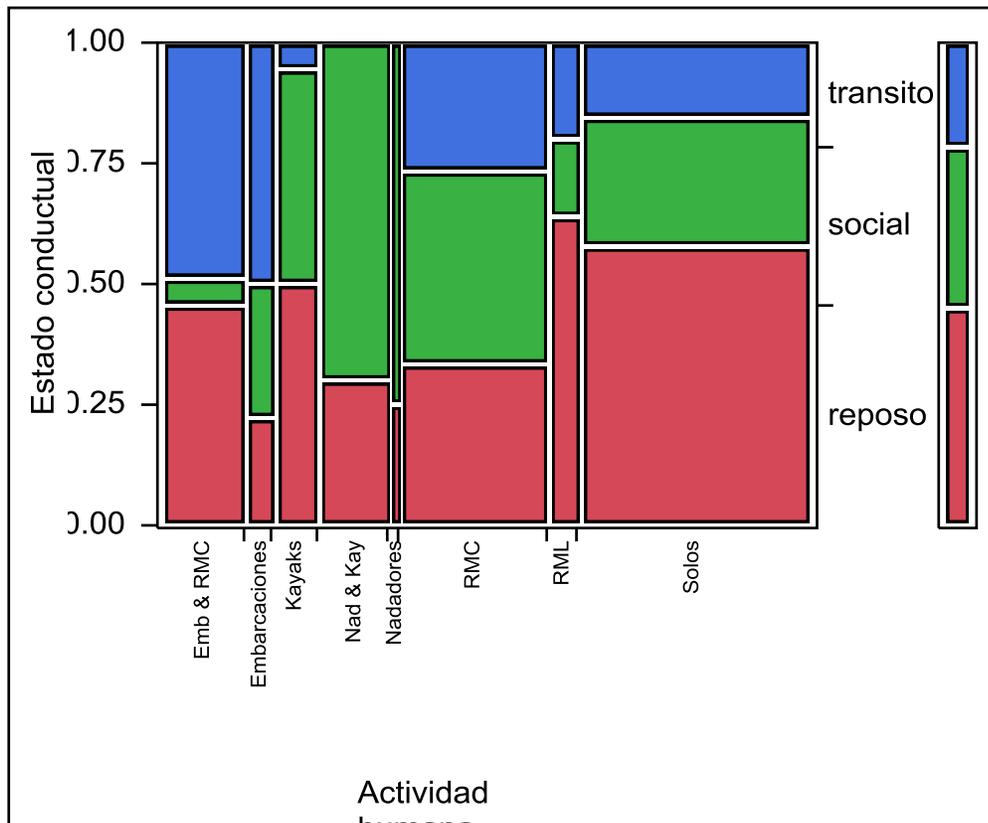


Figura 10. Gráfica de mosaico del estado conductual (R-reposo, S-social o T-tránsito) en presencia de cada una de las actividades antropogénicas. El ancho de cada mosaico es proporcional al número de minutos que cada actividad antropogénica estuvo presente por sí sola y cuando no había presencia de ninguna actividad antropogénica (solos). RMC=ruido de motor cercano, RML=ruido de motor lejano.

Cuando se comparó estadísticamente la frecuencia de los tres estados conductuales en ausencia y en presencia de las actividades antropogénicas (Tabla 5) se obtuvo un valor de  $X_o^2 = 23.01$  y, considerando que el valor crítico de  $X^2$  con 2 grados de libertad y  $\alpha=0.05$  ( $X_{0.05, 2}^2$ ) es de 5.99, se concluyó que el estado conductual de las manadas de delfín tornillo dependió de la ausencia o presencia de cualquier actividad antropogénica.

Tabla 5. Número de minutos observados para cada estado conductual en ausencia (solos) y presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas (conocida como tabla de contingencia, Pagano & Gauvreau, 2001). Los valores entre paréntesis son el número de minutos esperados para cada estado conductual.

<b>Manadas de delfín tornillo</b>	<b>Estado conductual de las manadas de delfín tornillo</b>			
	<b>Reposo</b>	<b>Social</b>	<b>Tránsito</b>	<i>Totales por renglón</i>
En ausencia de actividades antropogénicas	105 (78)	48 (61)	28 (42)	181
En presencia de actividades antropogénicas	178 (205)	171 (158)	123 (109)	472
<i>Totales por columna</i>	283	219	151	<i>Total general 653</i>

Al comparar el estado conductual de las manadas en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas consideradas, los valores de  $X^2$  fueron significativos (tomando en cuenta la corrección de Bonferroni) para la presencia única de nadadores, embarcaciones, ruido de motor cercano, nadadores con kayaks y embarcaciones con ruido de motor cercano, mientras que en presencia de sólo kayaks y sólo ruido de motor lejano el estado conductual permaneció similar a cuando las manadas estaban solas (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de la prueba  $X^2$  y residuos estandarizados,  $R$  del estado conductual ante la presencia de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.  $o < E$ : la frecuencia observada es significativamente menor a la frecuencia esperada.  $O > e$  = la frecuencia observada es significativamente mayor a la frecuencia esperada. R-reposo, S-social, T-tránsito.

Actividad humana	Estado conductual	Núm. de minutos	Probabilidad estimada	Probabilidad hipotética (sin presencia)	$R$	Frecuencia observada con respecto a la esperada	$X^2$
Sólo nadadores	R	2	0.25	0.69	-0.53	$o < E$	11.22*
	S	6	0.75	0.31	0.79	$O > e$	
	T	0	0.00	0.00	0	-	
Sólo kayaks	R	18	0.50	0.58	-0.11	$o < E$	5.14
	S	16	0.44	0.27	0.36	$O > e$	
	T	2	0.06	0.15	-0.24	$o < E$	
Sólo embarcaciones	R	5	0.23	0.58	-0.46	$o < E$	18.23*
	S	6	0.27	0.27	0.02	$O > e$	
	T	11	0.50	0.15	0.90	$O > e$	
Sólo ruido de motor cercano	R	39	0.33	0.58	-0.32	$o < E$	18.37*
	S	47	0.40	0.27	0.28	$O > e$	
	T	31	0.27	0.15	0.30	$O > e$	
Sólo ruido de motor lejano	R	16	0.64	0.58	0.08	$O > e$	1.09
	S	4	0.16	0.27	-0.20	$o < E$	
	T	5	0.20	0.15	0.13	$O > e$	
Sólo nadadores con kayaks	R	17	0.30	0.58	-0.47	$o < E$	36.16*
	S	39	0.70	0.27	0.69	$O > e$	
	T	0	0.00	0.15	0	-	
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	R	31	0.46	0.69	-0.16	$o < E$	29.38*
	S	4	0.06	0.31	-0.39	$o < E$	
	T	33	0.49	0.00	0.87	$O > e$	

\*Pruebas significativas a  $p < 0.01$  (considerando  $X^2_{0.01, 2} = 9.21$ )

Mediante la prueba *post hoc* de residuos estandarizados R, al comparar los valores de R obtenidos para cada categoría del estado conductual en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas, se encontró que la presencia única de embarcaciones ( $R=0.90$ ) y de embarcaciones con ruido de motor cercano ( $R=0.87$ ) fueron las actividades que provocaron la respuesta significativa de mayor valor en cuanto al estado conductual de tránsito de las manadas de delfín tornillo (Tabla 6). Para el estado conductual social la presencia única de nadadores ( $R=0.79$ ) y de nadadores con kayaks ( $R=0.69$ ) fueron las actividades que provocaron la respuesta significativa de mayor valor, y para el estado conductual de reposo la presencia de sólo nadadores, de sólo embarcaciones y de sólo nadadores con kayaks los valores de R obtenidos fueron mucho menores con respecto a cuando las manadas estaban solas, lo cual indicó que los delfines descansaron menos en presencia de estas actividades antropogénicas (Tabla 6). Cuando se tuvo la presencia de sólo ruido de motor lejano ( $R=0.08$ ) el estado conductual de reposo fue el que más se asemejó al estado conductual cuando las manadas se encontraron solas, por ende, la presencia única de ruido de motor lejano fue la que menor efecto tuvo sobre el estado conductual de los delfines (Tabla 6).

Finalmente, del análisis de correspondencia se puede observar claramente que el reposo de las manadas de delfín tornillo se presentó sobre todo cuando las manadas estuvieron solas y en mayor grado cuando estuvieron en presencia del ruido de motor lejano (Fig. 11). Los estados conductuales de tránsito y social no estuvieron fuertemente relacionados con ninguna actividad antropogénica. Sin embargo, las embarcaciones probablemente se relacionan con el estado conductual de tránsito al aumentar su frecuencia de ocurrencia (Fig. 11).

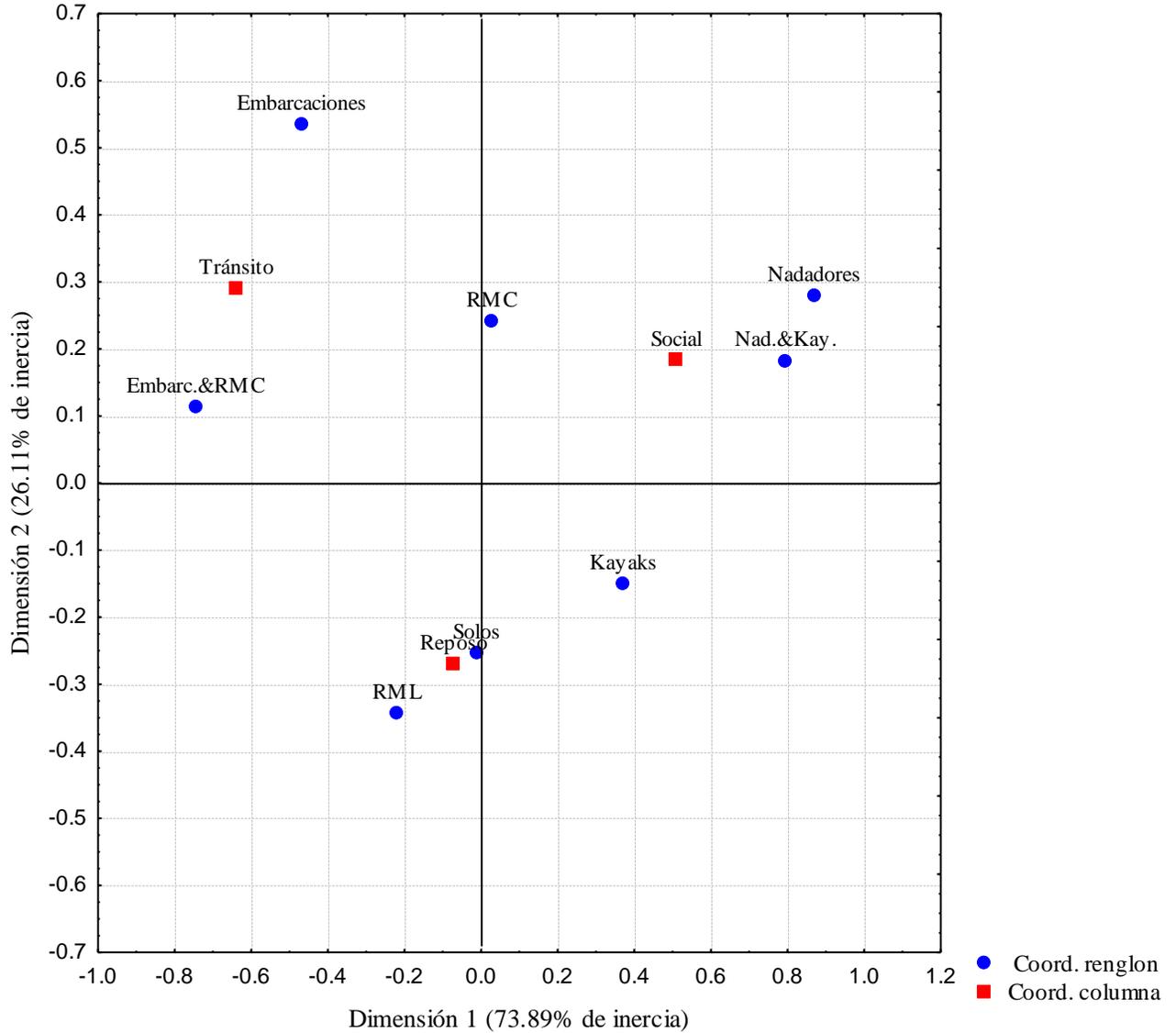


Figura 11. Análisis de correspondencia entre los estados conductuales de las manadas de delfín tornillo (R-reposo, S-social o T-tránsito) y la presencia de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando eran la única actividad presente. Nad = presencia de nadadores, Kay = presencia de kayaks, Embarc = presencia de embarcaciones, RMC = presencia de ruido de motor cercano, RML= presencia de ruido de motor lejano.

### ***6.3.2 Coordinación grupal***

La coordinación grupal de las manadas cuando los delfines estuvieron solos mostró una tendencia hacia las categorías II (individuos agrupados con elementos dispersos y algo coordinados) y III (todos los elementos de la manada agrupados y coordinados) (promedio de  $2.1 \pm 0.7$ ; Tabla 7, Figs. 12, 14, 15). Esto indica que los delfines en ausencia de actividades antropogénicas tendieron a estar coordinados con algunos elementos dispersos. Cuando había presencia de actividades antropogénicas, los delfines mostraron una coordinación grupal menos coordinada (promedio de  $1.8 \pm 0.7$ ; Tabla 7, Figs. 13, 14, 15). La presencia única de embarcaciones (promedio de  $1.5 \pm 0.5$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15), embarcaciones con ruido de motor cercano (promedio de  $1.5 \pm 0.5$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15), nadadores con kayaks (promedio de  $1.7 \pm 0.8$ ; Tabla 5, Figs. 13, 15) y ruido de motor cercano (promedio de  $1.8 \pm 0.6$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15) provocaron que las manadas tendieran a tener una mayor dispersión sin elementos coordinados (categoría I). Esta misma tendencia se observó para las mismas actividades mencionadas cuando eran simultáneas a cualquier otra actividad. (Tabla 7),

La presencia única de nadadores (promedio de  $1.7 \pm 1.0$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15), kayaks (promedio de  $1.9 \pm 0.9$ , Tabla 7, Figs. 13, 15) y nadadores con kayaks (promedio de  $1.7 \pm 0.8$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15) provocó la mayor variación en la coordinación grupal lo cual indicó respuestas más variables ante dichas actividades, por lo que probablemente no afectaron la coordinación grupal de las manadas. La coordinación grupal en presencia única del ruido de motor lejano mostró una “mayor similitud” con la coordinación grupal en ausencia de actividades antropogénicas (promedio de  $2.6 \pm 0.6$ ; Tabla 7, Figs. 13, 15), por lo que probablemente tampoco afectó la coordinación grupal. Esta misma tendencia se observó cuando los nadadores, los kayaks y el ruido de motor lejano eran simultáneos a cualquier otra actividad (Tabla 7).

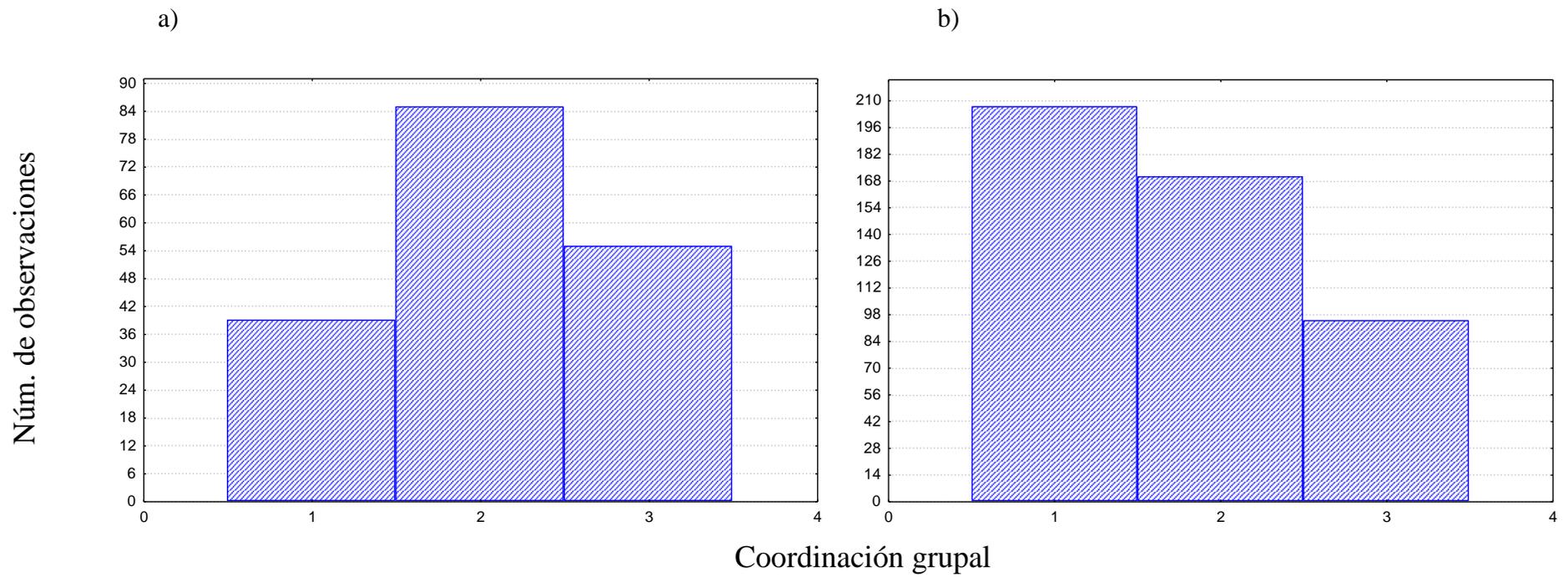


Figura 12. Histogramas del número de minutos de cada categoría de la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia (solos) y (b) presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.

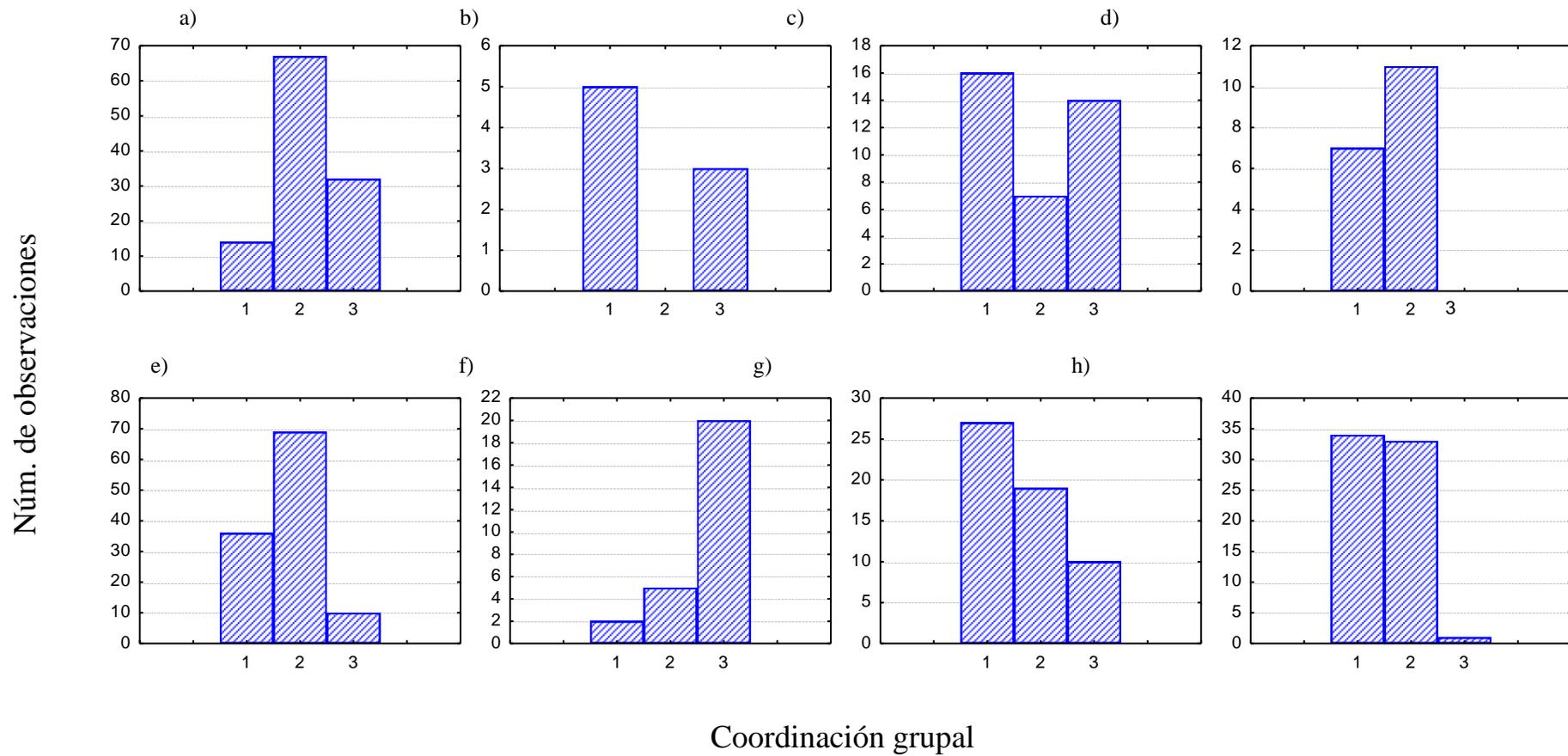


Figura 13. Histogramas del número de minutos de cada categoría de coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia de actividades antropogénicas (solos) y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas: (b) sólo nadadores, (c) sólo kayaks, (d) sólo embarcaciones, (e) sólo ruido de motor cercano, (f) sólo ruido de motor lejano, (g) sólo nadadores con kayaks y (h) sólo embarcaciones con ruido de motor cercano.

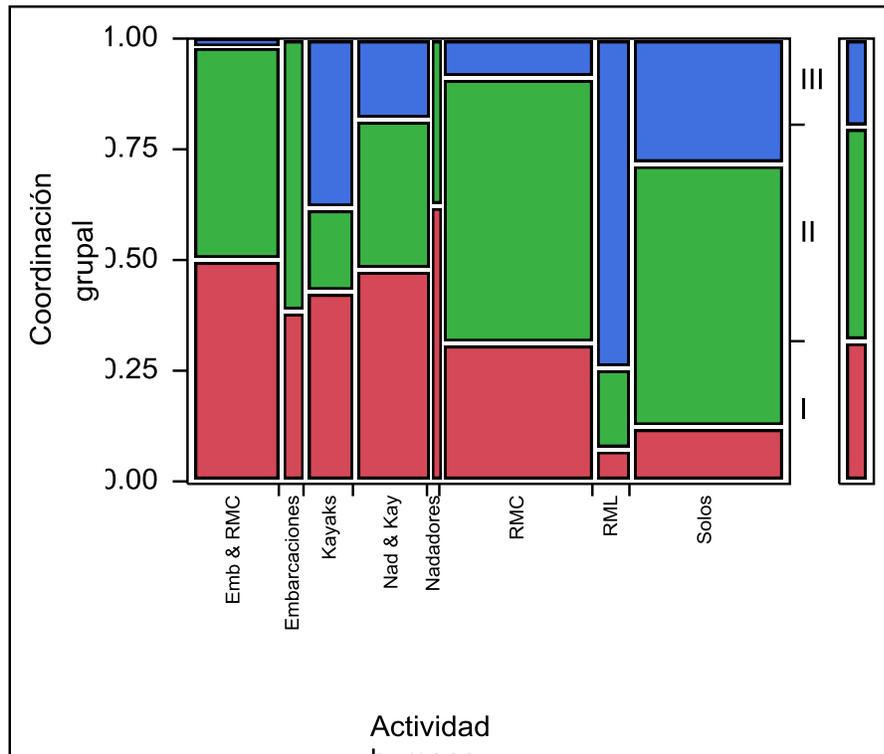


Figura 14. Gráfica de mosaico de la coordinación grupal en presencia de cada una de las actividades antropogénicas. El ancho de cada mosaico es proporcional al número de minutos que cada actividad antropogénica estuvo presente por si sola y cuando no había presencia de ninguna actividad antropogénica (solos). El eje Y corresponde a la coordinación grupal clasificada como: 1-dispersos y sin coordinación (I), 2-menos dispersos con ciertos elementos coordinados (II) y 3-agregados y todos los elementos coordinados (III). Emb=embarcaciones, RMC=ruido de motor cercano, Nad=nadadores, Kay=Kayaks y RML=ruido de motor lejano.

Tabla 7. Estadística descriptiva de la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad. D.E.=Desviación estándar, C.V= Coeficiente de variación (D.E./Media \*100), N= número de minutos.

<b>Actividad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>C.V.</b>	<b>N</b>
Solos	1	3	2	2.1	0.7	34.4	180
Sólo nadadores	1	3	1	1.7	1.0	59.1	8
Sólo kayaks	1	3	1	1.9	0.9	47.3	36
Sólo embarcaciones	1	2	1	1.5	0.5	34.1	22
Sólo ruido de motor cercano	1	3	2	1.8	0.6	33.9	117
Sólo ruido de motor lejano	1	3	3	2.6	0.6	24.2	25

Sólo nadadores con kayaks	1	3	1	1.7	0.8	44.8	56
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	1	3	1	1.5	0.5	35.1	68

<b>Actividad simultánea con alguna otra actividad (es)</b>							
Nadadores	1	3	1	1.8	0.8	44.1	119
Kayaks	1	3	1	1.8	0.8	45.7	181
Embarcaciones	1	3	1	1.6	0.7	44.3	157
Ruido de motor cercano	1	3	2	1.7	0.7	39.4	238
Ruido de motor lejano	1	3	1	2.0	0.9	43.6	69

Nadadores con kayaks	1	3	2	2.0	0.7	37.0	52
Embarcaciones con ruido de motor cercano	1	3	1	1.7	1.0	55.9	38

Presencia de cualquier actividad humana	1	3	1	1.8	0.8	44.4	472
---	---	---	---	-----	-----	------	-----

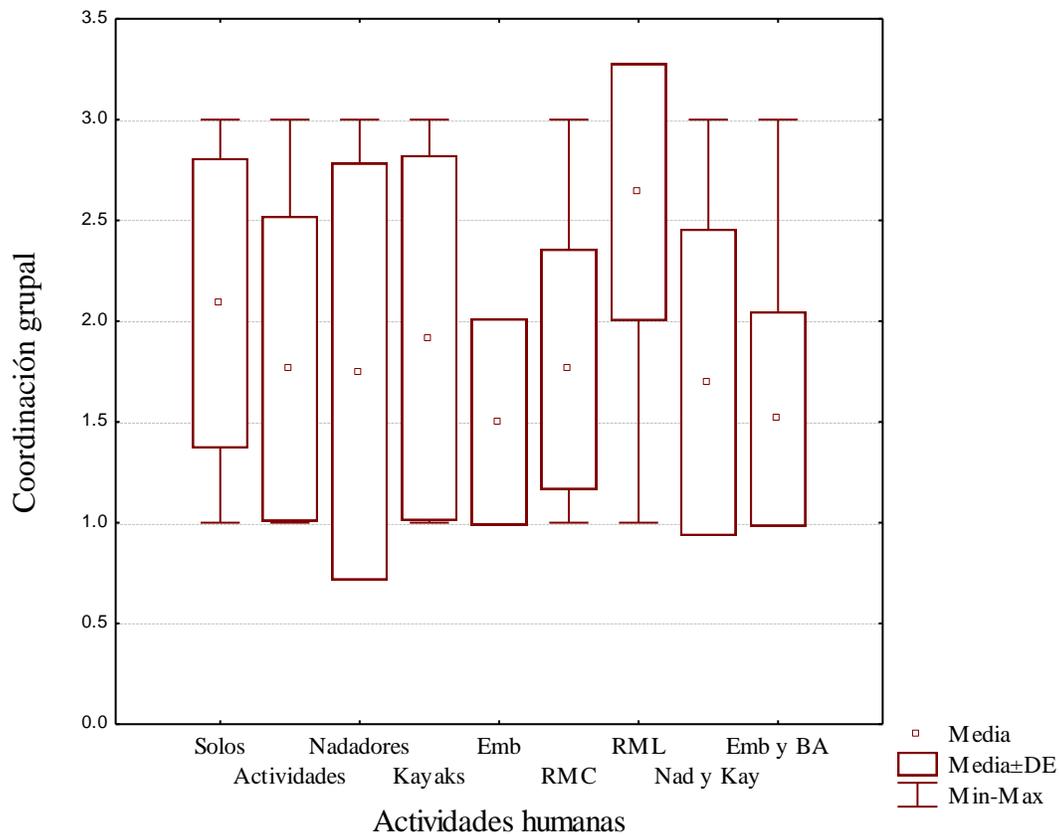


Figura 15. Estadística descriptiva de la coordinación grupal de las manadas de delfines tornillo en ausencia (solos) y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad. El eje Y corresponde a la coordinación grupal clasificada como: 1-dispersos y sin coordinación (I), 2-menos dispersos con ciertos elementos coordinados (II) y 3-agregados y todos los elementos coordinados (III). Emb=embarcaciones, RMC=ruido de motor cercano, RML=ruido de motor lejano, D.E.=Desviación estándar, Min=valor mínimo, Max= valor máximo.

Mediante el coeficiente de correlación de la probabilidad gráfica (PPCC) se obtuvieron los valores de  $\lambda$  (Tabla 8) que indicaron que los datos de la coordinación grupal presentaron una distribución asimétrica, por lo que se determinó que la prueba no paramétrica de Mann-Whitney sería la más adecuada para analizar estadísticamente los cambios en la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo de acuerdo a la actividad antropogénica presente.

Los resultados obtenidos indicaron que sí existió una diferencia significativa en la coordinación grupal dependiendo de si había presencia o ausencia de cualquier actividad antropogénica (Tabla 9) y, cuando se evaluó el efecto de cada actividad antropogénica por separado sobre la coordinación grupal de las manadas de delfines tornillo se encontró que ésta se vio influenciada por la presencia de sólo las embarcaciones, de sólo el ruido de motor cercano, de sólo las embarcaciones con ruido de motor cercano, de sólo el ruido de motor lejano y de la presencia única de los nadadores con kayaks, mientras que no se vio influenciada por la presencia única de nadadores o de kayaks (Tabla 9).

Tabla 8. Valores de  $\lambda$  obtenidos a partir del coeficiente de correlación de la probabilidad gráfica (PPCC) en presencia de cada actividad antropogénica estudiada cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.

Actividad humana	PPCC	
	Coordinación grupal	Intervalo entre respiraciones
Solos	0.90	0.88
Sólo nadadores	0.82	N/A
Sólo kayaks	0.88	0.87
Sólo embarcaciones	0.82	0.56
Sólo ruido de motor cercano	0.87	0.78
Sólo ruido de motor lejano	0.78	0.91
Sólo nadadores con kayaks	0.88	0.79
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	0.83	0.76
Actividad simultánea con alguna otra actividad (es)		
Nadadores	0.89	0.87
Kayaks	0.88	0.88
Embarcaciones	0.86	0.80
Ruido de motor cercano	0.88	0.79
Ruido de motor lejano	0.89	0.89
Nadadores con Kayaks	0.91	0.90
Embarcaciones con ruido de motor cercano	0.80	0.83
Presencia de cualquier actividad humana	0.89	0.85

Tabla 9. Resultados de la prueba Mann-Whitney de la coordinación grupal de las manadas de delfín  
tornillo en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su  
presencia fue única o simultánea a otra actividad.

Actividades	Suma de rangos	N válido	Suma de rangos (solos)	N válido (solos)	U	Z	Valor p
Sólo nadadores	591.0	8	17175.0	180	555.0	-1.09	0.27
Sólo kayaks	3534.5	36	19901.5	180	2868.5	-1.08	0.28
Sólo embarcaciones	1369.5	22	19133.5	180	1116.5	-3.33	<b>0.0003*</b>
Sólo ruido de motor cercano	14827.0	117	29426.0	180	7924.0	-3.60	<b>0.0003*</b>
Sólo ruido de motor lejano	3519.0	25	17596.0	180	1306.0	3.39	<b>0.0002*</b>

Sólo nadadores con kayaks	5205.5	56	22760.5	180	3609.5	-3.20	<b>0.001*</b>
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	5867.5	68	25008.5	180	3521.5	-5.16	<b>0.00001*</b>

Actividad simultánea con alguna otra actividad (es)							
Nadadores	15348.0	120	29502.0	180	8208.0	-3.42	<b>0.0006*</b>
Kayaks	29572.0	180	35769.0	180	13101.0	-3.22	<b>0.0013*</b>
Embarcaciones	21304.0	157	35649.0	180	8901.0	-5.86	<b>0.00001*</b>
Ruido de motor cercano	43681.0	236	43890.0	180	15240.0	-5.05	<b>0.00001*</b>
Ruido de motor lejano	8210.5	69	22914.5	180	5795.5	-0.81	0.41

Nadadores con kayaks	5780.0	52	21481.0	180	4402.0	-0.71	0.44
Embarcaciones con ruido de motor cercano	3287.0	38	20803.0	180	2546.0	-2.51	<b>0.0074*</b>

Presencia de cualquier actividad humana	143912.0	472	68314.0	180	32284.0	-4.65	<b>0.00001*</b>
---	----------	-----	---------	-----	---------	-------	-----------------

\*Pruebas significativas a  $p < 0.01$  (considerando la corrección de Bonferroni)

Al evaluar el efecto de la presencia de las cinco actividades antropogénicas cuando ocurrieron simultáneamente con otras actividades los resultados obtenidos indicaron que la presencia de nadadores, kayaks, embarcaciones y ruido de motor cercano simultánea a cualquier otra actividad humana tuvieron un efecto significativo en la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo, mientras que la presencia de ruido de motor lejano y de nadadores con kayaks simultánea a cualquier otra actividad no afectaron la coordinación grupal de las manadas de delfines (Tabla 9). Entonces, la interacción entre actividades antropogénicas sí tuvo un efecto sobre determinar si una actividad cambiaba o no la coordinación grupal de los delfines tornillo, por lo que se sugiere que para evaluar el efecto de una actividad antropogénica se debe considerar el tiempo en que hubo únicamente esa actividad. El realizar el análisis sin importar que una actividad humana estuviera acompañada de cualquier otra actividad humana no es un método confiable.

### ***6.3.3 Intervalo entre respiraciones***

El intervalo entre respiraciones de las manadas cuando los delfines estuvieron solos mostró una tendencia hacia la categoría 2 (intervalo entre respiraciones de uno a dos minutos) y 1 (intervalo entre respiraciones menor a un minuto) (promedio de  $1.7 \pm 0.7$ ; Tabla 10, Figs. 16, 17, 19), lo cual indica que los delfines tendieron a presentar un intervalo entre respiraciones de uno a dos minutos en ausencia de actividades antropogénicas. Cuando había presencia de actividades antropogénicas, los delfines mostraron un intervalo entre respiraciones menor (promedio de  $1.5 \pm 0.7$ ; Tabla 10, Figs. 17).

La presencia única de embarcaciones (promedio de  $1.1 \pm 0.3$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19), embarcaciones con ruido de motor cercano (promedio de  $1.3 \pm 0.4$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19) y ruido de motor cercano (promedio de  $1.3 \pm 0.6$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19) provocaron que las manadas tendieran a tener un

intervalo entre respiraciones de 0 a 1 minutos. Esta misma tendencia se observó para las mismas actividades mencionadas cuando eran simultáneas a cualquier otra actividad.

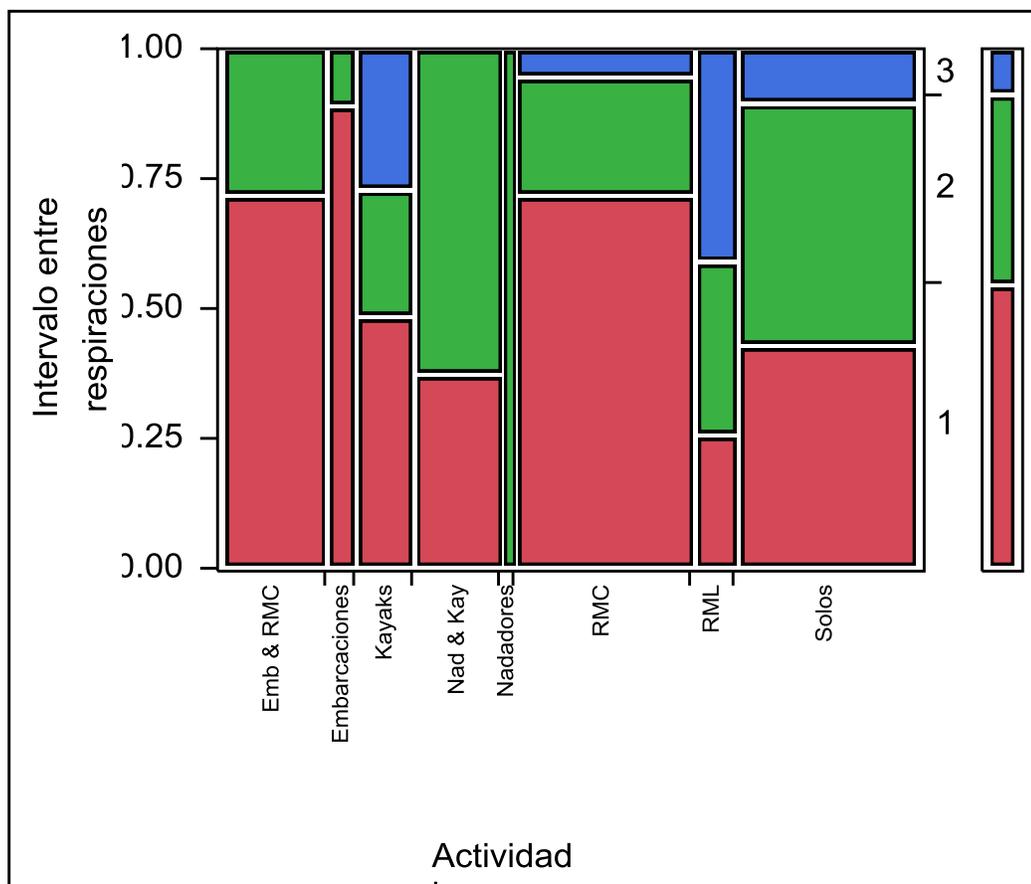


Figura 16. Gráfica de mosaico del intervalo entre respiraciones en presencia de cada una de las actividades antropogénicas. El ancho de cada mosaico es proporcional al número de minutos que cada actividad antropogénica estuvo presente por si sola y cuando no había presencia de ninguna actividad antropogénica (solos). El eje Y corresponde al intervalo entre respiraciones clasificado como: 1-duración del ciclo menor a 1 min, 2-duración de entre 1 y 2 min, y 3-duración mayor a 2 min. Emb= embarcaciones, RMC=ruido de motor cercano, Nad= nadadores, Kay= kayaks, RML=ruido de motor lejano.

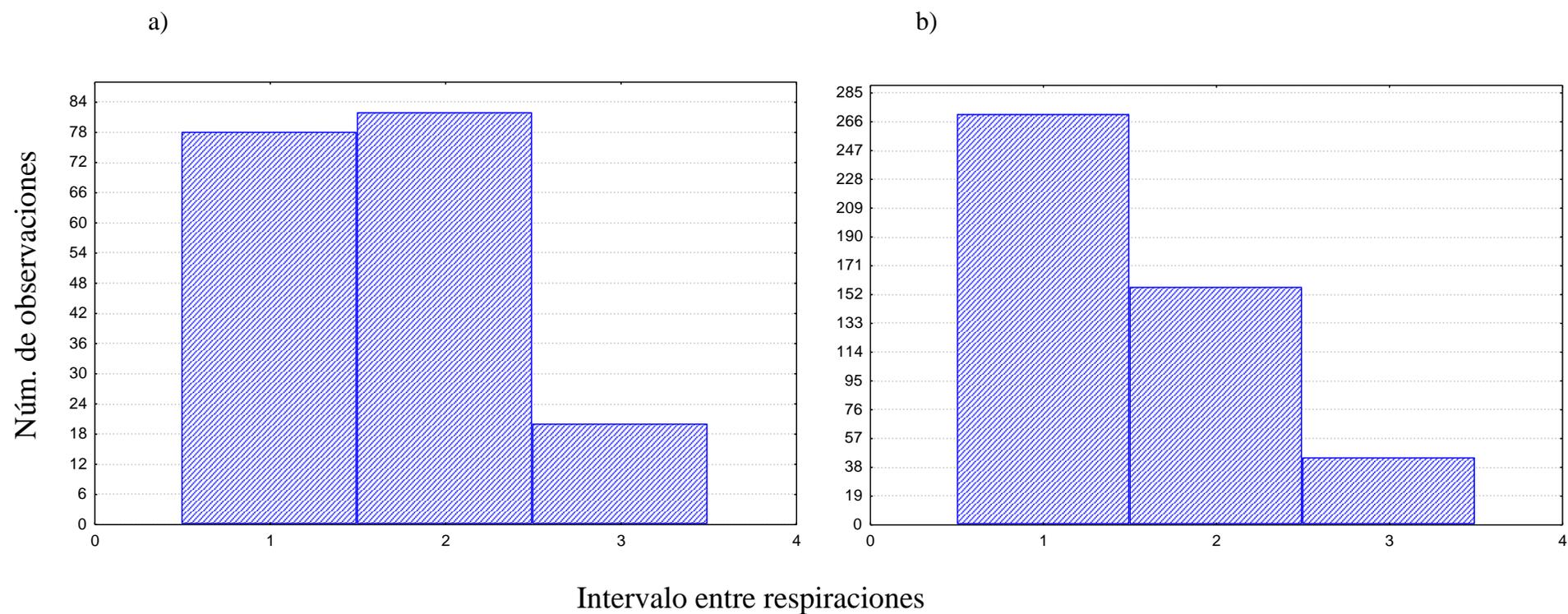


Figura 17. Histogramas del número de minutos de cada categoría del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia (solos) y (b) presencia de cualquiera de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.

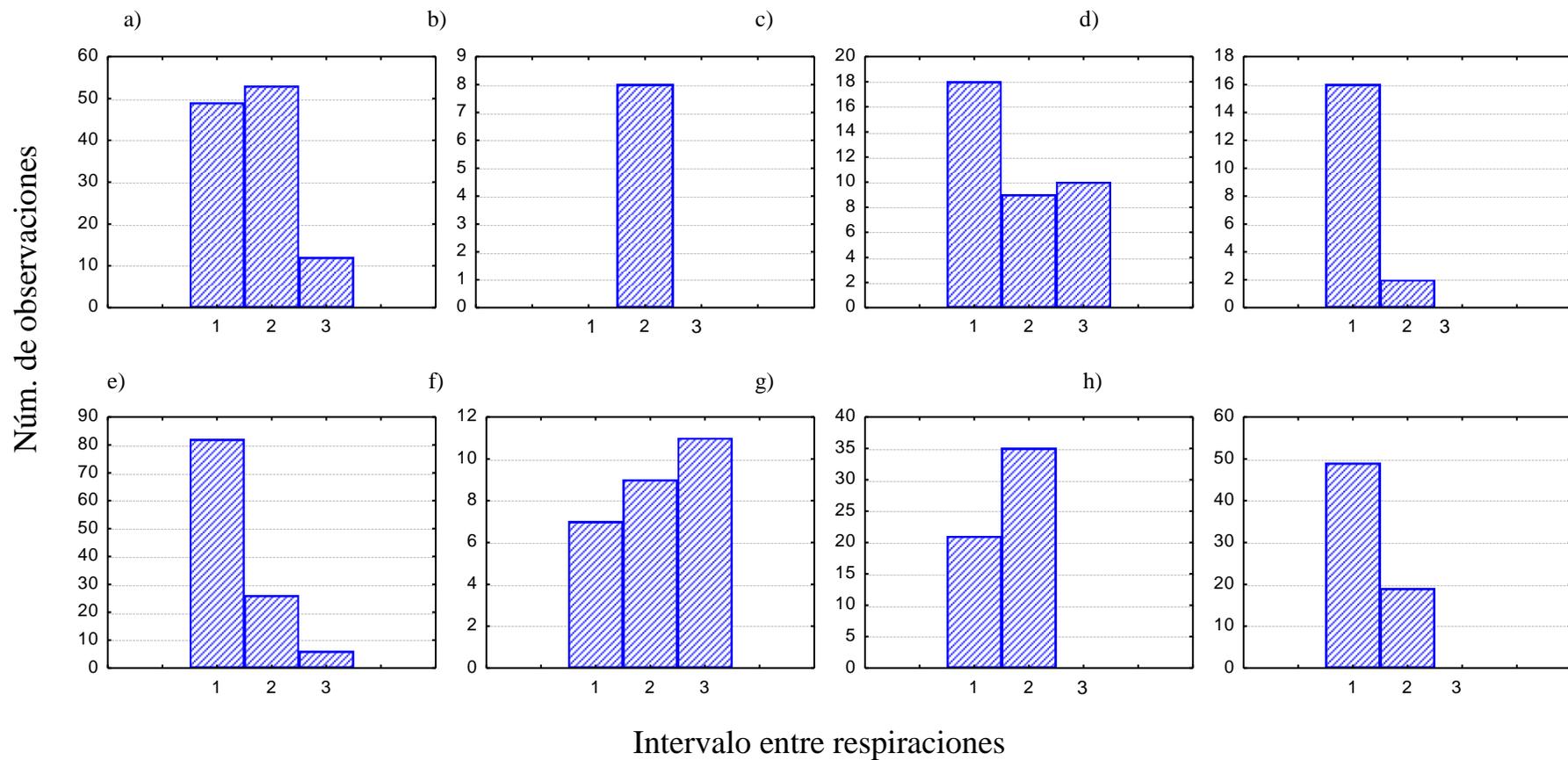


Figura 18. Histogramas del número de minutos de cada categoría del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en (a) ausencia de actividades antropogénicas (solos) y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas: (b) sólo nadadores, (c) sólo kayaks, (d) sólo embarcaciones, (e) sólo ruido de motor cercano, (f) sólo ruido de motor lejano, (g) sólo nadadores con kayaks y (h) sólo embarcaciones con ruido de motor cercano.

Tabla 10. Estadística descriptiva del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) y en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad. D.E.=Desviación estándar, C.V.= Coeficiente de variación, N= número de minutos.

<b>Actividad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>C.V.</b>	<b>N</b>
Solos	1	3	2	1.7	0.7	39.6	181
Sólo nadadores	2	2	2	2.0	0.0	0.00	8
Sólo kayaks	1	3	1	1.8	0.8	48.1	36
Sólo embarcaciones	1	2	1	1.1	0.3	27.0	22
Sólo ruido de motor cercano	1	3	1	1.3	0.6	42.9	116
Sólo ruido de motor lejano	1	3	2	2.1	0.8	39.1	25

Sólo nadadores con kayaks	1	2	2	1.6	0.5	30.1	56
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	1	2	1	1.3	0.4	35.3	68

<b>Actividad simultánea con alguna otra actividad (es)</b>							
Nadadores	1	3	2	1.7	0.6	36.9	120
Kayaks	1	3	1	1.7	0.7	41.8	180
Embarcaciones	1	3	1	1.4	0.7	48.4	157
Ruido de motor cercano	1	3	1	1.3	0.6	41.5	236
Ruido de motor lejano	1	3	1	1.7	0.8	43.1	69

Nadadores con kayaks	1	3	2	1.9	0.7	35.4	52
Embarcaciones con ruido de motor cercano	1	3	1	1.5	0.8	49.9	38

Presencia de cualquier actividad humana	1	3	1	1.5	0.7	46.6	472
---	---	---	---	-----	-----	------	-----

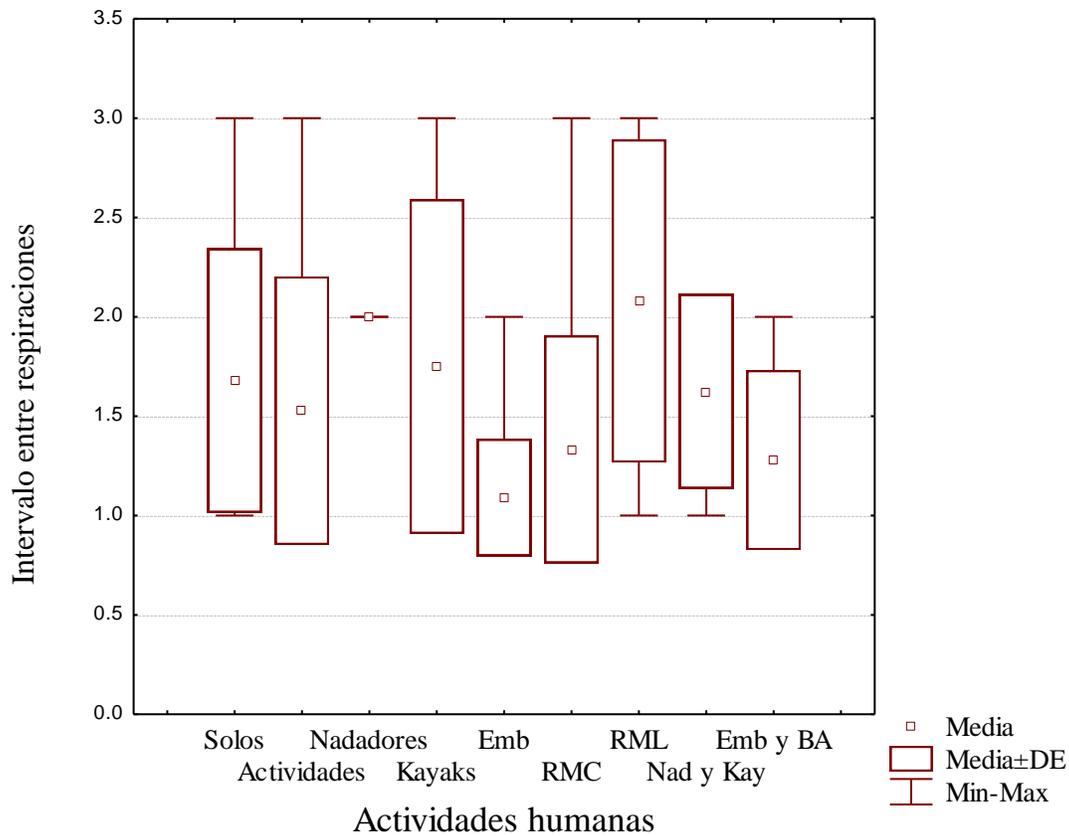


Figura 19. Estadística descriptiva del intervalo entre respiraciones de las manadas de delfines tornillo en ausencia (solos) y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad. El eje Y corresponde al intervalo entre respiraciones clasificado como: 1-duración del ciclo menor a 1 min, 2-duración de entre 1 y 2 min, y 3-duración mayor a 2 min. Emb=embarcaciones, RMC=ruido de motor cercano, RML=ruido de motor lejano. D.E.=Desviación estándar, Mín= valor mínimo, Max= valor máximo.

La presencia de sólo nadadores (promedio de  $2.0 \pm 0.0$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19), sólo kayaks (promedio de  $1.7 \pm 0.8$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19), sólo nadadores con kayaks (promedio de  $1.6 \pm 0.5$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19) y sólo ruido de motor lejano (promedio de  $2.1 \pm 0.8$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19) fueron las actividades durante las cuales, al parecer, el intervalo entre respiraciones permaneció similar cuando las manadas estaban solas. En presencia de sólo embarcaciones y en presencia de sólo

ruido de motor lejano las manadas salían a respirar cada 2 o más minutos (promedio de  $2.1 \pm 0.8$ ; Tabla 10, Figs. 16, 18, 19). Esta misma tendencia se observó cuando los nadadores, los kayaks y el ruido de motor lejano eran simultáneos a cualquier otra actividad (promedio de  $1.7 \pm 0.8$ , Tabla 10).

Mediante el coeficiente de correlación de la probabilidad gráfica (PPCC) se obtuvieron los valores de  $\lambda$  (Tabla 8) que indicaron que los datos del intervalo entre respiraciones presentaron una distribución asimétrica, por lo que se determinó que la prueba no paramétrica de Mann-Whitney sería la más adecuada para analizar estadísticamente los cambios en el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo de acuerdo a la actividad antropogénica presente.

Los resultados obtenidos indicaron que sí existió una diferencia significativa en el intervalo entre respiraciones dependiendo de si había presencia o ausencia de cualquier actividad antropogénica (Tabla 11) y cuando se evaluó si el efecto de cada actividad antropogénica por separado sobre el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo se encontró que ésta se vio influenciada por la presencia única de las embarcaciones, del ruido de motor cercano y de las embarcaciones con ruido de motor cercano, mientras que no se vio influenciada por la presencia única de nadadores, de kayaks, de nadadores con kayaks o de ruido de motor lejano (Tabla 11).

Al evaluar el efecto de la presencia de las cinco actividades antropogénicas cuando ocurrieron simultáneamente con otras actividades los resultados obtenidos indicaron que la presencia de embarcaciones y de ruido de motor cercano simultánea a cualquier otra actividad tuvieron un efecto significativo en el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo, mientras que la presencia de nadadores, kayaks, ruido de motor lejano, nadadores con kayaks y embarcaciones con ruido de motor cercano simultánea a cualquier otra actividad no afectaron el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfines (Tabla 11). Entonces, la interacción entre actividades

antropogénicas no tuvo un efecto sobre determinar si una actividad cambiaba o no el intervalo entre respiraciones de los delfines tornillo. Sin embargo, se sugiere que para evaluar el efecto de una actividad antropogénica se debe considerar el tiempo en que hubo únicamente esa actividad. Como ya se mencionó, el realizar el análisis sin importar que una actividad humana estuviera acompañada de cualquier otra actividad humana probablemente no es un método confiable.

Tabla 11. Resultados de la prueba Mann-Whitney del intervalo entre respiraciones de la manada de delfín tornillo en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única o simultánea a otra actividad.

Actividades	Suma de rangos	N válido	Suma de rangos (solos)	N válido (solos)	U	Z	Valor p
Sólo nadadores	992.0	8	16963.0	181	492.0	-1.53	0.12
Sólo kayaks	3982.5	36	19670.5	181	3199.5	0.17	0.86
Sólo embarcaciones	1272.0	22	19434.0	181	1019.0	-3.73	<b>0.0002*</b>
Sólo ruido de motor cercano	14195.0	117	30058.0	181	7409.0	-4.27	<b>0.00002*</b>
Sólo ruido de motor lejano	3212.5	25	18108.5	181	1637.5	2.24	0.02
Sólo nadadores con kayaks	6597.5	56	21605.5	181	5001.5	-0.15	0.88
Sólo embarcaciones con ruido de motor cercano	6527.5	68	24597.5	181	4181.5	-3.89	<b>0.0001*</b>
<b>Actividad simultánea con alguna otra actividad (es)</b>							
Nadadores	27200.0	120	18251.0	181	10729.0	-0.18	0.86
Kayaks	32354.5	180	32986.5	181	16064.5	0.23	0.82
Embarcaciones	23397.5	157	33893.5	181	10994.5	3.59	<b>0.00006*</b>
Ruido de motor cercano	43561.5	236	43591.5	181	15595.5	4.72	<b>0.00001*</b>
Ruido de motor lejano	8915.0	69	22460.0	181	5989.0	-0.50	0.62
Nadadores con kayaks	6980.0	52	20281.0	181	3810.0	0.036	0.02
Embarcaciones con ruido de motor cercano	3659.0	38	20431.0	181	2918.0	-1.47	0.14
Presencia de cualquier actividad humana	148360.0	472	64518.0	181	36732.0	-2.67	<b>0.002*</b>

\*Pruebas significativas a  $p < 0.01$  (considerando la corrección de Bonferroni)

#### ***6.3.4 Índice de actividad***

Al evaluar el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo en ausencia de cualquier actividad antropogénica se encontró que el valor promedio fue de  $3.2 \pm 2.1$  (Tabla 12, Fig. 20), lo cual indicó que las manadas de delfín tornillo probablemente no se encontraban en descanso profundo durante la realización de este estudio cuando estuvieron en ausencia de cualquier actividad antropogénica.

Ante la presencia de ruido de motor lejano el índice de actividad fue mucho mayor que cuando las manadas estaban solas (promedio de  $4.5 \pm 1.4$ ; Tabla 12, 13, Fig. 20), por lo que los delfines estuvieron en un descanso más profundo en presencia de ruido de motor lejano que cuando estaban solas. La presencia única de nadadores no cambió el índice de actividad de los delfines (promedio de  $3.2 \pm 1.7$ ; Tabla 12, 13, Fig. 20).

El índice de actividad ante la presencia única de embarcaciones (promedio de  $0.9 \pm 2.5$ ; Tabla 12, Fig. 20), de ruido de motor cercano (promedio de  $2.3 \pm 2.2$ ; Tabla 12, Fig. 20) y de kayaks (promedio de  $2.8 \pm 3.2$ ; Tabla 12, Fig. 20) fue menor a cuando las manadas estuvieron solas, es decir, los delfines estaban en mayor estado de alerta y socialmente más activos ante la presencia de embarcaciones, de ruido de motor cercano y de kayaks. Cuando se realizó la prueba estadística t se encontraron diferencias significativas en el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo solamente para la presencia única de embarcaciones y ruido de motor cercano, más no para la presencia únicamente de kayaks (Tabla 13).

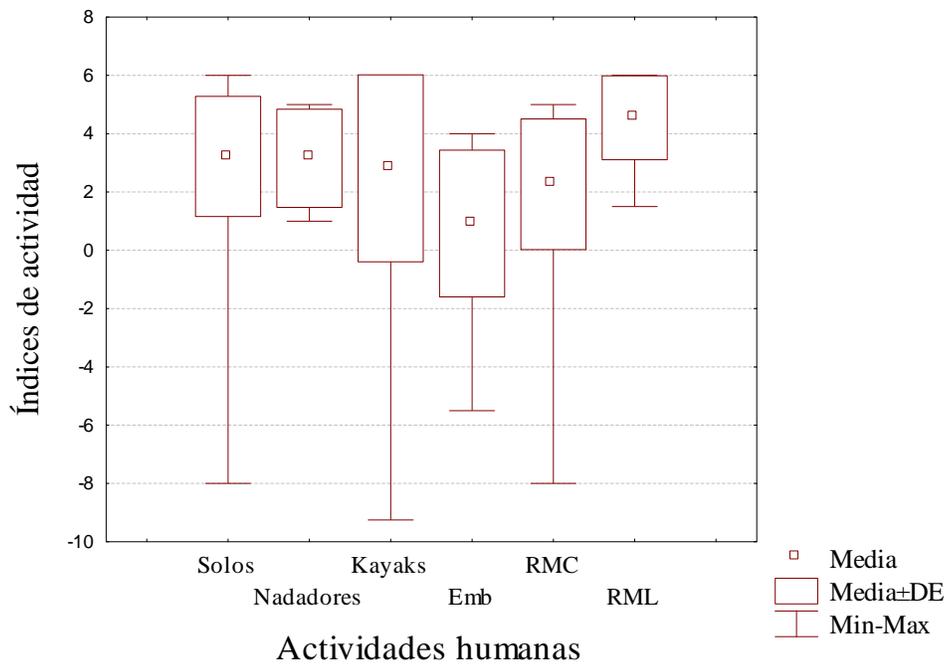


Figura 20. Estadística descriptiva de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única. D.E.=Desviación estándar, Min=Valor mínimo, Max=Valor máximo.

Tabla 12. Estadística descriptiva de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) y presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando su presencia fue única. D.E.=Desviación estándar, C.V= Coeficiente de variación, N= número de minutos.

Actividad	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D.E.	C.V.	N
Solos	-8.0	6	4	3.2	2.1	64.0	180
Sólo nadadores	1.0	5	5	3.2	1.7	53.4	8
Sólo kayaks	-9.2	6	5	2.8	3.2	114.0	36
Sólo embarcaciones	-5.5	4	2	0.9	2.5	273.5	22
Sólo ruido de motor cercano	-8.0	5	3	2.3	2.2	98.9	116
Sólo ruido de motor lejano	1.5	6	6	4.5	1.4	31.6	25

Tabla 13. Resultados de la prueba t de los índices de actividad de las manadas de delfín tornillo bajo el efecto de cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas cuando sólo existieron esas actividades.

<b>Actividades</b>	<b>Valor t</b>	<b>g.l.</b>	<b>Valor p</b>
Sólo nadadores	-0.09	186	0.93
Sólo kayaks	-0.97	214	0.33
Sólo embarcaciones	-4.82	200	<b>0.000003*</b>
Sólo ruido de motor cercano	-3.76	295	<b>0.0002*</b>
Sólo ruido de motor lejano	3.12	203	<b>0.002*</b>

\*Pruebas significativas a  $p < 0.01$  (considerando la corrección de Bonferroni)

Al relacionar el índice de actividad con el estado conductual de las manadas de delfín tornillo cuando no había presencia de ninguna actividad antropogénica, se encontró que las manadas en reposo presentaron un índice de actividad promedio de  $3.8 \pm 2.0$ , en estado social de  $1.7 \pm 1.4$  y en estado de tránsito de  $3.6 \pm 2.1$  (Tabla 14, Fig. 21). Lammers (2004) menciona que el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo debe cambiar de acuerdo a su estado conductual, ya que el estado conductual de reposo debe estar caracterizado por un índice de actividad cuando las manadas están en descanso (entre cuatro y seis) y el estado social por un índice cuando las manadas tienen mayor estado de alerta y están socialmente activas (entre cero y dos). Entonces, el índice de actividad de las manadas de delfín tornillo estudiadas no alcanzó el valor de cuatro para el estado de reposo, pero si un valor entre cero y dos para el estado social, confirmando que los delfines no mostraron un descanso profundo, como ya se mencionó. Además, el índice de actividad del estado conductual social fue significativamente distinto del de los otros dos estados conductuales y no se observaron diferencias significativas en el índice de actividad de los estados conductuales de reposo y tránsito (Tabla 15).

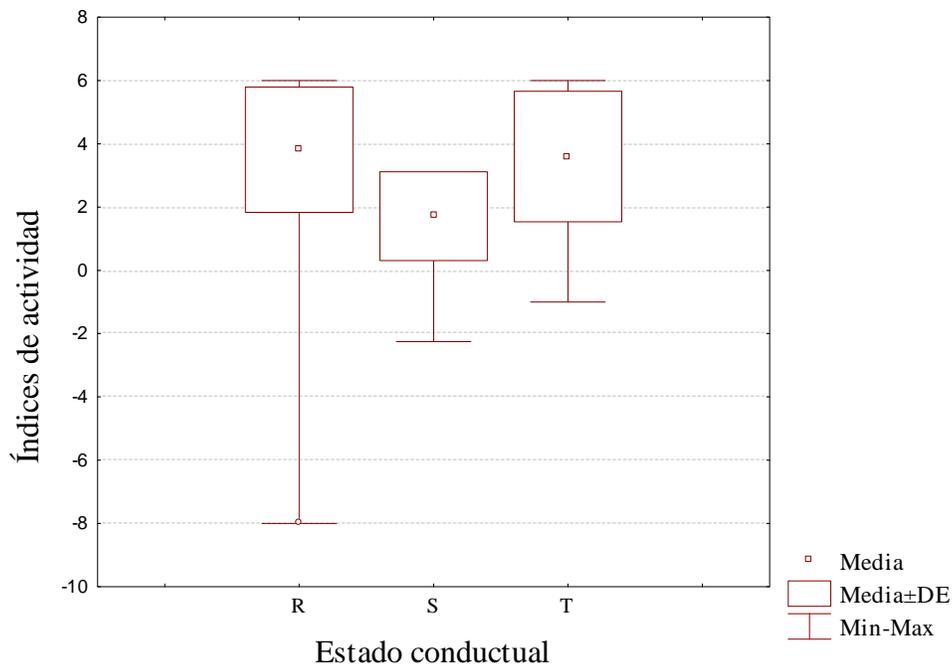


Figura 21. Estadística descriptiva de los índices de actividad correspondientes a los estados conductuales de reposo, social y tránsito de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) de cualquier actividad antropogénica.

Tabla 14. Estadística descriptiva de los índices de actividad correspondientes a los estados conductuales de reposo, social y tránsito de las manadas de delfín tornillo en ausencia (solos) de cualquier actividad antropogénica. D.E.=Desviación estándar, C.V= Coeficiente de variación, N= número de minutos.

Estado conductual	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D.E.	C.V.	N
Reposo	-8.0	6	4	3.8	2.0	51.9	104
Social	-2.2	3	3	1.7	1.4	81.9	48
Tránsito	-1.0	6	5	3.6	2.1	57.3	28

Tabla 15. Resultados de la prueba t de la comparación de los índices de actividad de los tres estados conductuales (reposo, social y tránsito) de las manadas de delfín tornillo cuando estuvieron en ausencia de cualquier actividad antropogénica.

<b>Actividades</b>	<b>Valor t</b>	<b>g.l.</b>	<b>Valor p</b>
Reposo vs social	6.62	150	<b>0.0000*</b>
Reposo vs tránsito	0.50	130	0.62
Social vs tránsito	-4.74	74	<b>0.00001*</b>

\*Pruebas significativas a  $p < 0.025$  (considerando la corrección de Bonferroni)

Lammers (2004) no describe cómo sería el índice de actividad cuando las manadas de delfín tornillo están en el estado conductual de tránsito y en este estudio el índice de actividad del estado de tránsito tuvo un valor semejante al del estado de reposo, pero mucho mayor al del estado social (Tabla 14, 15, Fig. 21). Entonces, con el índice de actividad únicamente fue posible diferenciar el estado social de los otros dos estados conductuales utilizados en este estudio.

Al comparar los índices de actividad de los tres estados conductuales cuando las manadas de delfín tornillo se encontraban solas (Tabla 14) con aquellos ante la presencia de las cinco actividades antropogénicas estudiadas (Tabla 12) se encontró que existió una semejanza entre los valores del estado de reposo y cuando había presencia de únicamente ruido de motor lejano (Tabla 16). También se encontró semejanza entre los valores del estado social y cuando había presencia de únicamente embarcaciones y de ruido de motor cercano. Ante la presencia de únicamente nadadores o kayaks el índice de actividad fue semejante al de los estados de tránsito y reposo. Estos resultados utilizando el índice de actividad confirman el efecto que cada actividad antropogénica tuvo sobre la estructura grupal de los delfines tornillo.

Tabla 16. Resultados de la prueba t de la comparación de los índices de actividad de los tres estados conductuales (reposo, social y tránsito) de las manadas de delfín tornillo cuando estuvieron en ausencia de cualquier actividad antropogénica con los índices de actividad de las manadas cuando se tenía la presencia de únicamente cada una de las cinco actividades antropogénicas estudiadas.

<b>Reposo</b>	<b>Valor t</b>	<b>g.l.</b>	<b>Valor p</b>
Sólo nadadores	-0.91	110	0.36
Sólo kayaks	-2.19	138	0.03
Sólo embarcaciones	-5.92	124	<b>0.0001*</b>
Sólo RMC	-5.40	219	<b>0.0001*</b>
Sólo RML	1.75	127	0.08

<b>Social</b>	<b>Valor t</b>	<b>g.l.</b>	<b>Valor p</b>
Sólo nadadores	2.62	54	<b>0.01*</b>
Sólo kayaks	2.12	82	<b>0.04*</b>
Sólo embarcaciones	-1.69	68	0.09
Sólo RMC	1.58	163	0.11
Sólo RML	8.12	71	<b>0.0000*</b>

<b>Tránsito</b>	<b>Valor t</b>	<b>g.l.</b>	<b>Valor p</b>
Sólo nadadores	-0.55	34	0.58
Sólo kayaks	-1.13	62	0.26
Sólo embarcaciones	-4.14	48	<b>0.0001*</b>
Sólo RMC	-2.86	143	<b>0.005*</b>
Sólo RML	1.92	51	<b>0.06*</b>

\*Pruebas significativas a  $p < 0.01$  (considerando la corrección de Bonferroni)

## 7. Discusión

### 7.1 Sitios de descanso de las manadas de delfín tornillo

Las tres bahías muestreadas fueron frecuentadas por los delfines tornillo en la costa Kona de la isla grande de Hawai`i (ver sección 5.1). Éstas se encuentran cercanas a aguas con profundidad mayor a 1000 m, por lo que a los delfines no les es energéticamente costoso nadar hacia y desde las bahías a las zonas de alimentación, además de que tienen una menor probabilidad de ser atacados por los tiburones (Norris *et al.*, 1994). Sin embargo, la mayoría del muestreo se realizó en la bahía Kealakekua (Tabla 2) debido a que los delfines ocuparon esta bahía el 75% de los cuatro días muestreados, mientras que en la bahía Kailua-Kona únicamente se observaron durante el 25% de los días y en la bahía Keauhou durante el 50% de los días. Por ello, los avistamientos de delfín tornillo a lo largo de la costa Kona indican que la bahía Kealakekua es un importante sitio de descanso y cuidado parental para las manadas de delfines, siendo un sitio de descanso primario (Norris *et al.*, 1994; Östman-Lind *et al.*, 2004), mientras que las bahías Kailua-Kona y Keauhou son sitios de descanso secundarios (Östman-Lind *et al.*, 2004).

Dichos sitios de descanso primario (Kealakekua) y secundarios (Kailua-Kona y Keauhou) deben estar determinados por ciertas características del ambiente, dentro de las cuales se cree que la principal es el área de fondo de arena clara a disposición de los delfines para el descanso (Norris *et al.*, 1994), así como por la presencia de actividades antropogénicas. Las manadas de delfines tornillo tienden a evitar el fondo oscuro de coral para eludir posibles incidentes con los tiburones (Norris *et al.*, 1994). Esto se observa claramente en la bahía Kealakekua, donde el área de descanso preferente es sobre un banco de arena que se extiende como una banda angosta cercana a la playa del parque Napo`opo`o (Norris *et al.*,

1994). Además, la extensión del banco de arena determina la capacidad de “carga” de la bahía, es decir, el número de delfines que ocupan la bahía (Norris *et al.*, 1994).

Durante la realización de este estudio, la bahía Kailua-Kona fue el sitio donde los delfines se observaron únicamente 25% de los días y fue donde las actividades antropogénicas tales como las embarcaciones, el ruido de motor cercano y su presencia simultánea fueron más frecuentes. La bahía Keahou fue utilizada por las manadas de delfines un 50% de los días muestreados, y, aunque también fue un sitio donde la presencia de embarcaciones, ruido de motor cercano y su presencia simultánea fueron frecuentes, estas actividades antropogénicas se observaron en menor proporción que en la bahía Kailua-Kona. En la bahía Kealakekua las manadas de delfines fueron observados un 75% de los días muestreados y fue donde nunca se observaron únicamente embarcaciones, aunque si ruido de motor cercano. Entonces, es posible que los delfines ocuparon las bahías de la costa Kona de acuerdo a la presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano más que por el fondo arenoso: los delfines probablemente evitaron utilizar las bahías con mayor tráfico marítimo cercano, como lo fue la bahía Kailua-Kona y Kealakekua.

## **7.2 Estructura grupal de las manadas de delfín tornillo**

Cuando las manadas de delfín tornillo entran en descanso profundo tienden a pasar la mayor parte de su tiempo bajo el agua con poca o ninguna actividad aérea y los individuos se agrupan y coordinan para procurarse mayor protección mientras descansan (Norris *et al.*, 1994). En este estudio, la tendencia general del estado conductual de las manadas en ausencia de cualquier actividad antropogénica fue el reposo, la coordinación grupal de las manadas fue principalmente de categoría II (Tabla 7), donde los individuos de la manada se encontraban agrupados con algunos elementos dispersos, y el intervalo

entre respiraciones se encontró que fue de 2 (Tabla 10), con un intervalo entre respiraciones entre uno y dos minutos.

Los resultados sobre la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfines en ausencia de actividades antropogénicas no alcanzaron valores que correspondan a lo descrito por Norris *et al.* (1994) como el estado de reposo, es decir, una coordinación de III y un intervalo entre respiraciones de 3. Esto probablemente se deba a que el tiempo en que las manadas se encontraron solas fue pequeño (29.2%, Tabla 3) y correspondía a intervalos de tiempo muy cortos, por lo que los delfines no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar el reposo completo, aunque sí entraron en un estado de mayor reposo cuando estaban solos que cuando existía la presencia de alguna actividad antropogénica. Los resultados confirman que los delfines tornillo en las bahías de la costa Kona de la isla grande de Hawai`i principalmente descansan cuando no son afectados.

Según Norris *et al.* (1994), los delfines de la bahía Kealakekua descansan durante la mañana y el medio día. En la tarde es cuando comienzan a entrar en estado de alerta antes de partir a mar abierto a alimentarse. Entonces, según Norris *et al.* (1994), cuando se realizó el muestreo, los delfines debieron haber estado principalmente en reposo. Y, efectivamente, el reposo fue el estado conductual predominante (58%) durante el tiempo en que las manadas se encontraron solas, aunque las manadas manifestaron tres estados conductuales: reposo, social o tránsito. Debido a que únicamente se muestreó hasta las 14:30 horas (mucho antes de oscurecer), no fue posible determinar la probable variación en la conducta de los delfines a lo largo de todo el día como lo hicieron Norris *et al.* (1994) en la bahía Kealakekua.

### 7.3 Actividades antropogénicas en las bahías muestreadas

Las grabaciones se realizaron entre las 7:30 y las 14:30 horas, con un promedio de las 11:09±1:52 horas, donde los delfines interactuaron con las actividades antropogénicas estudiadas (nadadores, kayaks, embarcaciones motorizadas y ruido de motor) la mayor parte del tiempo (70.8%, Tabla 3). Esto confirma la observación de Östman-Lind *et al.* (2004) que es a media mañana cuando se observa el mayor disturbio antropogénico. Sin embargo, las actividades antropogénicas fueron diferenciales entre bahías (Tabla 2). La bahía Kailua-Kona es abierta y frontal a la población más grande de la costa Kona, la ciudad de Kailua-Kona, por lo que el tráfico de embarcaciones provenientes del embarcadero principal en esta bahía es independiente de la presencia de delfines (Bazúa-Durán, 2010 comun. pers.). En la bahía de Keauhou se encuentra la rampa para que las embarcaciones tengan acceso al mar, por lo que el tráfico de embarcaciones en esta bahía también es independiente de la presencia de delfines (Bazúa-Durán, 2010 comun. pers.). De hecho, en las bahías Kailua-Kona y Keauhou, las embarcaciones motorizadas cercanas a las manadas de delfines mantuvieron el motor encendido a toda potencia la mitad del tiempo muestreado en dichas bahías, a diferencia de la bahía Kealakekua donde las actividades antropogénicas predominantes fueron los kayaks y nadadores (Tabla 2). Esto se debe a que la mayoría de los nadadores en la bahía Kealakekua utilizaron los kayaks para acercarse y convivir con los delfines.

Por lo tanto, el muestreo en las tres bahías fue complementario. Al utilizar los datos obtenidos en las tres bahías en conjunto se pudo ver el efecto individual y en conjunto de las actividades antropogénicas consideradas en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo. Si exclusivamente se hubiera realizado el estudio en la bahía de Kealakekua no hubiera sido posible evaluar el efecto de la presencia única de embarcaciones o de ruido de motor cercano.

Se ha descrito que las actividades antropogénicas que se desempeñan en torno a las manadas de delfín tornillo en descanso despiertan al menos una porción del grupo, cuyos integrantes entonces oscilan entre el descanso y altos niveles de actividad (Würsig, 2000), lo cual se confirmó con los resultados del presente estudio. Se encontraron diferencias significativas en el estado conductual de los delfines en presencia de cada una de las actividades antropogénicas estudiadas. Es decir, la conducta de los delfines dependió de la actividad antropogénica que se estuviera desarrollando. Además, cuando estaban en presencia de cualquier actividad antropogénica la tendencia de la coordinación grupal fue hacia la categoría I, donde los individuos de la manada se encontraban dispersos y sin coordinar (Tabla 7) y el intervalo entre respiraciones fue más corto, entre cero y un minuto (Tabla 10).

### ***7.3.1 Presencia de nadadores y de kayaks***

En presencia única de nadadores el estado conductual dominante fue la socialización (Fig. 9) y, en cuanto a los otros dos parámetros de la estructura grupal estudiados, se observó que la presencia única de nadadores no provocó ningún cambio significativo ni en la coordinación grupal (Tabla 9) ni en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11) de las manadas de delfín tornillo porque la coordinación grupal tuvo los tres valores posibles casi en igual proporción ( $1.8 \pm 1.0$ , C.V.=59.2, Tabla 7) y el intervalo entre respiraciones fue de uno a dos minutos ( $2.0 \pm 0.0$ , C.V.=0.0, Tabla 10).

Aunque el tamaño de la muestra para la presencia única de nadadores fue la más pequeña de este estudio, los efectos encontrados coinciden con lo reportado por otros estudios (Forest, 2001; Courbis & Timmel, 2009). El intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo fue similar al reportado por Bejder *et al.* (1999) para delfines de Hector ante la presencia de nadadores. La gran variabilidad en la coordinación grupal de las manadas de delfines puede atribuirse al tipo de acercamiento que realizaron los nadadores. Si los nadadores se acercan de manera rápida y acosadora,

los delfines podrían sentirse vulnerables (Forest, 2001) y tenderán a dispersarse, mientras que si se acercan de manera lenta y cuidadosa, los delfines se mantienen tranquilos e incluso se muestran curiosos (Würsig, 1996; Bejder *et al.*, 1999), y los delfines tenderán a agruparse. Los delfines se muestran curiosos y se han habituado a la presencia humana, por lo que generalmente se acercan a los nadadores y se considera que están en un estado conductual de socialización (Würsig, 1996; Bejder *et al.*, 1999; Courbis, 2007).

Cuando se analizó la presencia de los nadadores con otra actividad antropogénica simultánea sí se encontró un efecto significativo, pero únicamente para la coordinación grupal (Tabla 9). Esto demuestra que los nadadores no provocaron una perturbación en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo por sí solos y que el efecto encontrado probablemente es atribuible a la presencia de alguna otra actividad antropogénica, la cual al parecer fue más evidente en la coordinación grupal que en el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo.

La presencia única de kayaks también provocó que las manadas socializaran más (Tabla 6) que cuando estaban solas y, en cuanto a los otros dos parámetros de la estructura grupal, se observó que la presencia única de kayaks tampoco provocó ningún cambio significativo ni en la coordinación grupal (Tabla 9) ni en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11); lo cual fue semejante a lo reportado por Courbis & Timmel (2009). Ante la presencia única de kayaks la coordinación grupal tuvo los tres valores posibles casi en igual proporción ( $1.9 \pm 0.9$ , C.V.=47.3, Tabla 7) y el intervalo entre respiraciones también fue variable ( $1.8 \pm 0.8$ , C.V.=48.1, Tabla 10). La respuesta de los delfines ante la presencia única de kayaks podría estar ligada al tipo de acercamiento que realizaron los kayaks.

Cuando se analizó la presencia de kayaks con otra actividad antropogénica simultánea se encontró un efecto significativo en la coordinación grupal (Tabla 9). Esto demuestra que los kayaks no provocaron

una perturbación en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo por sí solos y que este efecto encontrado probablemente es atribuible a la presencia de alguna otra actividad antropogénica y fue más evidente en la coordinación grupal que en el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo.

La presencia simultánea de únicamente nadadores con kayaks fue muy frecuente, el estado conductual dominante fue la socialización (Tabla 6) y no se encontró ningún cambio significativo en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11); aunque se registraron cambios en la coordinación grupal de las manadas de delfín tornillo (Tabla 9). La combinación única de estas dos actividades hizo que los individuos de las manadas se dispersaran. Sin embargo, cuando se analizó la presencia simultánea de estas dos actividades con alguna otra actividad humana no se encontró un cambio significativo ni en la coordinación grupal (Tabla 9) ni en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11) de las manadas.

Estas respuestas conductuales observadas coinciden con lo reportado por Luna-Valiente (2005) y Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b): la presencia única de nadadores y de kayaks no modificó el comportamiento aéreo, pero se incremento la cantidad de sonidos producidos por las mismas manadas de delfines tornillo de este estudio, lo cual coincide con el estado conductual dominante de “socialización” en presencia de nadadores y kayaks obtenido en este estudio.

En resumen, la presencia única de nadadores y/o kayaks no provocó un cambio significativo en la estructura grupal de las manadas de delfines tornillo pero, cuando la presencia de nadadores o kayaks era simultánea con cualquier otra actividad, se encontraron cambios en la coordinación grupal tal vez porque la mayoría de las veces estuvieron acompañadas por embarcaciones. Cuando la presencia de nadadores con kayaks era simultánea a alguna otra actividad antropogénica no se encontraron cambios en la estructura grupal porque la mayoría de las veces estuvieron acompañados por ruido de motor

lejano. Entonces, los efectos encontrados cuando se analizó la estructural grupal de las manadas de delfines tornillo para la presencia de nadadores y/o kayaks cuando era simultánea a otra actividad humana probablemente se debieron al efecto de la presencia de la(s) otras actividades antropogénicas. Así, los delfines respondieron de manera semejante ante la presencia de nadadores, kayaks o ambos simultáneamente, por lo que probablemente han aprendido a asociar la presencia de kayaks con la presencia de nadadores.

### ***7.3.2 Presencia de embarcaciones motorizadas y de ruido de motor cercano***

Las embarcaciones siempre provocaron cambios conductuales significativamente diferentes a cuando las manadas se encontraron solas (Tabla 6, 9 y 11): el estado conductual dominante fue de viaje (Tabla 6), la coordinación grupal fue de I (todos los elementos dispersos y sin coordinación,  $1.5 \pm 0.5$ , C.V.=34.1, Tabla 7) y el intervalo entre respiraciones fue de 1 (tardando menos de un minuto en completar el ciclo,  $1.1 \pm 0.3$ , C.V.=27.0, Tabla 10).

La presencia de ruido de motor cercano indujo a que las manadas socializaran y viajaran más que cuando estuvieron solas, pero no tanto como ante la presencia de embarcaciones (Tabla 6). El ruido de motor cercano, ya fuera la única actividad presente o estuviera acompañado de cualquier otra actividad antropogénica, también indujo un cambio significativo tanto en la coordinación grupal (Tabla 9) como en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11). El ruido de motor cercano ocasionó una alta dispersión de las manadas de delfín tornillo ( $1.8 \pm 0.6$ , C.V.=33.9, Tabla 7) con intervalos entre respiraciones más cortos ( $1.3 \pm 0.6$ , C.V.=42.9, Tabla 10).

La presencia simultánea de estas dos actividades provocó que las manadas viajaran significativamente más que cuando las manadas se encontraron solas y que cuando se presentaban estas actividades

separadas (Tabla 6). Las manadas de delfín tornillo mostraron mayores cambios tanto para la coordinación grupal (Tabla 9) como para el intervalo entre respiraciones (Tabla 11) al estar en la presencia simultánea de únicamente embarcaciones con ruido de motor cercano. Cuando las manadas estuvieron en presencia simultánea de embarcaciones con ruido de motor cercano y de cualquier otra actividad antropogénica también se presentó un cambio significativo para la coordinación grupal (Tabla 9), más no en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11). Considerando que ambas actividades provocaron un alto nivel de disturbio, es posible que no se haya observado un cambio en el intervalo entre respiraciones debido a que el cambio en esta conducta no es tan obvio como en el caso de la coordinación grupal o que el efecto fue compensado por la presencia de alguna otra actividad antropogénica que tuvo el efecto inverso, como ya se mencionó para el caso de los nadadores y kayaks. Entonces, la presencia simultánea de ambas actividades fue más perturbadora que cuando las embarcaciones y el ruido de motor cercano estuvieron separados.

El encontrar que el estado conductual, coordinación grupal e intervalo entre respiraciones de las manadas de delfines tornillo cambiaron en presencia de las embarcaciones y el ruido de motor cercano coincide con los resultados obtenidos por Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b). Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006 a,b) estudiaron a las mismas manadas de delfines tornillos pero considerando otros dos parámetros de la estructura grupal de los delfines tornillo, el comportamiento aéreo y la emisión de fonaciones, y encontraron que el número de comportamientos aéreos aumentó, pero el de fonaciones disminuyó. Entonces, los delfines tornillo de las tres bahías estudiadas en la costa Kona que se consideraron en estos dos estudios cambiaron cinco parámetros de su estructura grupal ante la presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano. Forest (2001) también encontró que en presencia de embarcaciones motorizadas los delfines tornillo de la bahía Kealakekua desplegaron un mayor número de comportamientos aéreos, pero Courbis & Timmel (2009) no encontraron un cambio

significativo en el comportamiento aéreo de los delfines relacionado con la presencia de embarcaciones motorizadas.

Estas respuestas conductuales coinciden con la alteración de la estructura social mencionada por Richardson *et al.* (1995), donde los animales agregados pueden alejarse en diferentes direcciones al momento de que una embarcación ruidosa a alta velocidad se acerca, lo cual puede tener afectaciones en el orden social, conducta sexual, cuidado de crías o en actividades de cooperación (Richardson *et al.*, 1995; Würsig & Richardson, 2002). Lima (2002) explica que si los animales perciben una situación amenazadora es posible que adopten tácticas de evasión similares a aquellas observadas cuando escapan de un depredador. En otros estudios se ha observado la reacción inversa. Bejder *et al.* (1999) y Nowacek *et al.* (2001) reportaron un alto nivel de agrupamiento de las manadas de toninas en presencia de embarcaciones.

Esta diferencia podría atribuirse a que los mamíferos marinos muestran distintos niveles de sensibilidad ante cualquier actividad antropogénica dependiendo de la actividad que estén realizando (Richardson *et al.*, 1995; Würsig, 1996). Cuando los delfines descansan muestran claras respuestas de evasión (Würsig, 1996), así como se observó en este estudio en presencia de las embarcaciones y el ruido de motor cercano; al contrario de cuando están cazando o alimentándose, lo cual se observa en el estudio de Acevedo (1991), donde las toninas mostraron poca reacción excepto cuando la embarcación se acercaba a menos de 5 m aproximadamente. Esta diferencia en las actividades desempeñadas por los delfines tiene que ver con las diferencias que existen entre las distintas especies, debido a que durante el día los delfines tornillo descansan, mientras que las toninas realizan todo tipo de actividades, pero principalmente se alimentan.

Asimismo, se ha visto que el ruido de motor afecta la habilidad auditiva, trastornando la comunicación, detección y respuesta apropiada a depredadores, ubicación de presas, percepción de su entorno y ubicación de otras fuentes de sonido (Richardson *et al.*, 1995). La habilidad auditiva de cualquier mamífero es una función compleja de al menos seis habilidades y procesos específicos (umbral absoluto, variación individual, motivación, enmascaramiento, localización y discriminación; Richardson *et al.*, 1995). Considerando que los odontocetos son muy sensibles a los sonidos de alta frecuencia (Richardson *et al.*, 1995), la distorsión de la habilidad auditiva puede ser el factor fundamental por el que las manadas se alejen del ruido de motor cercano: si el ruido ambiental es lo suficientemente fuerte puede enmascarar una señal acústica y obstaculizar su detección (Au *et al.*, 2000).

Así, la presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano provocaron cambios en la estructura grupal de las manadas de delfines porque éstas posiblemente pueden verse afectadas directa (colisiones y/o lesiones causadas por la propela) o indirectamente (enmascaramiento de fonaciones) con su presencia induciendo a que viajen, al igual que en los estudios reportados por Au & Perryman (1982), Bejder *et al.* (1999) y Luna-Valiente & Bazúa-Durán (2006a,b). Además, los delfines tal vez sean capaces de detectar y ubicar las embarcaciones en acercamiento dependiendo del nivel de sonido que reciban y, de acuerdo a ésto, adapten su comportamiento o planeen sus movimientos subsecuentes (Nowacek *et al.*, 2001; Luna Valiente, 2005; Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a,b). De acuerdo a Norris *et al.* (1994), la socialización es una conducta que puede ser previa al viaje debido a que asegura la movilización de todos los miembros de la manada, lo cual explicaría el alto nivel de socialización observado en presencia de ruido de motor cercano.

### *7.3.3 Presencia de ruido de motor lejano*

La presencia única del ruido de motor lejano fue la actividad antropogénica que menor cambio negativo provocó en la estructura grupal de los delfines. La mayoría de las veces que se observaron a las manadas en presencia de esta actividad estaban en reposo (Tabla 6) y no se observó un cambio significativo en el intervalo entre respiraciones (Tabla 11) de las manadas de delfín tornillo, mas sí en la coordinación grupal (Tabla 9), pero de manera contraria a las otras actividades antropogénicas. Se encontró que ante la presencia única de ruido de motor lejano la coordinación grupal tuvo valores frecuentes de III ( $2.6 \pm 0.6$ , C.V.=24.2, Tabla 7) y el intervalo entre respiraciones fue principalmente de uno a dos minutos ( $2.1 \pm 0.8$ , C.V.=39.1, Tabla 10).

El que las manadas tuvieran mayor coordinación grupal ante la presencia de ruido de motor lejano que cuando estaban solas indica que probablemente se encontraban en un descanso más profundo ante la presencia de ruido de motor lejano. La mayor parte tiempo en que se presentó únicamente el ruido de motor lejano estuvo antecedido por la ausencia de actividades antropogénicas, lo que les permitió a las manadas de delfín tornillo entrar en una etapa de descanso más profundo, mientras que la mayoría del tiempo en que estuvieron solos estuvieron antecidos por otras actividades antropogénicas que no eran el ruido de motor cercano y/o eran intervalos de tiempo muy pequeños (generalmente de dos minutos), por lo que los delfines no lograban alcanzar el descanso profundo, como ya se mencionó.

Cuando se analizó la presencia del ruido de motor lejano con alguna otra actividad antropogénica simultánea no se encontró un efecto significativo en ninguno de los tres parámetros de estructura grupal analizados porque la mayoría de las veces estuvo acompañado de nadadores y kayas, que como se mencionó anteriormente, son actividades que tampoco provocaron cambios significativos en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo. Esto probablemente también se deba a que el efecto

positivo del ruido de motor lejano en la coordinación grupal fue compensado por el efecto negativo o nulo de la presencia de alguna otra actividad antropogénica.

Los niveles de sonido, tanto en agua como en aire, disminuyen al aumentar la distancia a la fuente (Richardson *et al.*, 1995), por lo que es probable que el que las manadas de delfines no hayan cambiado su estructura grupal se deba a que han correlacionado el ruido de motor lejano con la distancia a la que se encuentra la embarcación que lo produce y asocien que no representa peligro alguno (Richardson *et al.*, 1995). Además, debido a que el ruido de motor lejano no influye significativamente en su habilidad auditiva al no enmascarar sus fonaciones (Richardson *et al.*, 1995) y no producir cambios en su emisión de fonaciones (Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006b), hubo una mayor tolerancia hacia esta actividad antropogénica.

Finalmente, cabe mencionar que la mayor parte del tiempo la presencia de ruido de motor lejano fue independiente a la presencia de embarcaciones (Tabla 4). Es decir, pocas embarcaciones que se encontraron a menos de 200 m de las manadas de los delfines tuvieron el motor en neutral o lo apagaban al probablemente detenerse a observar a los delfines. La mayoría del ruido de motor lejano probablemente fue emitido por embarcaciones motorizadas encendidas que se encontraban fuera de las bahías, ya que la distancia a la que las embarcaciones motorizadas consideraban que estaban a una distancia razonable para observar a los delfines fue menor a 200 m (generalmente de 50 m).

#### **7.4 Consideraciones sobre el índice de actividad**

Cuando se evaluó el efecto de la presencia de cada actividad antropogénica utilizando el índice de actividad se encontraron resultados similares a los obtenidos cuando se utilizaron los tres parámetros de la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo usados en este estudio, el estado conductual, la

coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones. La presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano tuvieron un efecto negativo, haciendo que las manadas estuvieran más en un estado social; ante la presencia de únicamente embarcaciones y ruido de motor cercano los delfines tuvieron una coordinación grupal promedio de  $1.6 \pm 0.5$  (Tabla 7) y un intervalo entre respiraciones de  $1.2 \pm 0.4$  (Tabla 10), lo cual se reflejó en un índice de actividad de  $2.5 \pm 1.6$  (Tabla 12). La presencia de ruido de motor lejano provocó que las manadas lograran un reposo más profundo; ante la presencia de únicamente ruido de motor lejano los delfines tuvieron una coordinación grupal promedio de  $2.6 \pm 0.6$  (Tabla 7) y un intervalo entre respiraciones de  $2.1 \pm 0.8$  (Tabla 10), lo cual se reflejó en un índice de actividad de  $4.5 \pm 1.4$  (Tabla 12). Esto indica que el índice de actividad es un parámetro adecuado para analizar la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo cuando el estado conductual social es el predominante.

Sin embargo, con el índice de actividad utilizado en este estudio, el cual fue modificado del reportado por Lammers (2004), sólo fue posible distinguir el estado conductual social de los de reposo y tránsito. Lammers (2004) describe que el índice de actividad diferencia los estados conductuales de reposo y cuando los delfines están activos, por lo que se esperaba que el estado conductual de tránsito también debió tener un valor de índice de actividad distinto al de los estados conductuales de reposo y social, ya que es un estado de actividad de los delfines intermedio entre los estados conductuales social y de reposo, además de que se cuantifica como el estado conductual de tránsito cuando los delfines se alejan de la fuente de perturbación. Entonces, es necesario evaluar el cálculo del índice de actividad para que también diferencie los estados conductuales de tránsito y reposo y sea posible evaluar el efecto de cualquier actividad antropogénica sobre la estructura grupal de los delfines tornillo utilizando el índice de actividad únicamente.

## **7.5 Consideraciones sobre el efecto de las actividades antropogénicas en la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo**

Es necesario tomar en cuenta que las respuestas conductuales no son instantáneas, a menos de que el evento que los provoque sea significativo (Mattson *et al.*, 2005). Generalmente, los cambios son paulatinos y por ende podrían tener algún tipo de efecto en los resultados obtenidos. A pesar de ello, los resultados que se obtuvieron en este estudio fueron bastante obvios de acuerdo al tipo de actividad antropogénica presente a pesar de representar únicamente cuatro días de muestreo. Los resultados de este estudio indican que los delfines tornillo de la costa Kona de la isla grande de Hawai`i distinguen que no todas las actividades antropogénicas son iguales y, por ende, que no todas son perjudiciales.

Cuando cada actividad antropogénica se encontraba en presencia simultánea de cualquier otra actividad humana la respuesta conductual de las manadas de delfines observada dependió de si la presencia de embarcaciones y/o ruido de motor cercano era frecuente o no. Si era frecuente, se observó un cambio en la estructura grupal de los delfines. Si no era frecuente, no se observó ningún cambio. Entonces, la presencia de embarcaciones y/o ruido de motor cercano tuvieron efectos significativos negativos. Además, la coordinación grupal de las manadas se vió más afectada que el intervalo entre respiraciones, por lo que es probable que los cambios en la coordinación grupal son más obvios que en el intervalo entre respiraciones de las manadas de delfín tornillo.

Así, en este estudio se encontró que los tres parámetros de la estructura grupal de los delfines tornillo estudiados cambiaron por la presencia de alguna de las cinco actividades antropogénicas estudiadas. Otros estudios han encontrado que los delfines sujetos al tráfico de embarcaciones cambian su actividad normal al momento del contacto, pero siguen frecuentando la zona de estudio (Wilson *et al.*, 1997; Sini *et al.*, 2005). Se ha propuesto que como el turismo es una actividad que ha ido en

incremento durante los últimos años (Würsig 1996, Bejder *et al.*, 1999; Scarpaci *et al.*, 2003), los delfines han creado cierta habituación a la presencia de los humanos con el tiempo. Sin embargo, los delfines probablemente sigan utilizando ciertos hábitats debido al valor del hábitat más que por una adecuación a la presencia antropogénica (Gill *et al.*, 2001). Ejemplo de esto se da en el estudio de Sini *et al.* (2005), donde los delfines toleran las fuentes de estrés porque utilizan el área para alimentarse. Aunque la zona de uso represente peligro, si es muy beneficiosa, las manadas de delfines tolerarán a los humanos, incorporando su presencia a su vida cotidiana (Leung & Leung, 2003).

Otros estudios indican que los delfines tienden a evitar las zonas donde el tráfico de embarcaciones es intenso (Lusseau, 2005) porque se han cuantificado algunos riesgos a la posible “habituación” (Richardson *et al.*, 1995); existe un incremento en el riesgo de una perturbación de los lazos sociales o la generación de estrés (Richardson *et al.*, 1995), así como que las crías o los delfines inmaduros sean heridos o se les ocasione la muerte (Samuels & Bejder, 2004). Dentro de los efectos a largo plazo de mayor preocupación están el decremento en el éxito reproductivo y la supervivencia (Richardson *et al.*, 1995; Lusseau & Bejder, 2007). Entonces, probablemente antes de llegar a un punto donde se vea afectada la supervivencia de la especie, es probable que los delfines se habitúen y que muchas veces puedan obtener beneficios a partir de ellas, por ejemplo, cuando minimizan su esfuerzo de caza al seguir embarcaciones grandes (Leung & Leung, 2003).

En la isla grande de Hawai`i, los estudios que datan de los 1960s a los 2000s indican un incremento en el número de embarcaciones y nadadores con el tiempo en la bahía Kealakekua (Norris *et al.*, 1994; Forest, 2001). En respuesta a este incremento en el tráfico de embarcaciones se han observado cambios en la preferencia de las áreas utilizadas dentro de la bahía Kealakekua (Norris *et al.*, 1994; Courbis, 2007; Courbis & Timmel, 2009), los cuales podrían ser precursores al abandono de la bahía (Courbis & Timmel, 2009). Esta deducción está sustentada por Östman-Lind *et al.* (2004), quienes

reportaron evidencias de cambios en el uso de dos bahías al norte de la bahía Kailua-Kona, con un incremento en la presencia de delfines en una bahía de poco uso (la siguiente bahía al norte de la bahía Makako) y un decremento en la presencia de una bahía muy frecuentada anteriormente por los delfines (bahía Makako).

Un estudio reciente sobre las poblaciones de odontocetos en aguas del Archipiélago de Hawai'i mostró que los delfines tornillo presentan una distribución en profundidad más superficial en comparación con otras especies de cetáceos, como las toninas o los delfines manchados pantropicales (*Stenella attenuata*) (Baird *et al.*, 2003). Esto hace a los delfines tornillo particularmente sensibles a las actividades antropogénicas costeras (Delfour, 2007).

Por ello, se requiere una evaluación del impacto potencial de las actividades antropogénicas sobre la biología y ecología de las especies de delfines, sobre todo del tráfico de embarcaciones, para una comprensión más completa, en primer lugar, de los cambios a corto plazo en el comportamiento y, segundo, sobre las consecuencias a largo plazo de cualquier reacción con el fin de minimizar los impactos del tráfico de embarcaciones (Janik & Thompson, 1996; Hastie *et al.*, 2003). Así, el desarrollo del turismo de “observación de cetáceos” o aumentos en general del tráfico de embarcaciones deben ser manejados con cuidado y debe promoverse la difusión de información sobre las consecuencias de las actividades antropogénicas sobre los animales (Janik & Thompson, 1996).

Otro factor importante a resaltar es que la conducta de un momento puede ser dependiente de la conducta predecesora (Mattson *et al.*, 2005). Debido al tipo de muestreo utilizado en este estudio, fue muy difícil determinar si las conductas observadas no fueron influenciadas por las conductas predecesoras ante distintas actividades antropogénicas de las que se estuvieran desarrollando al momento de muestrear. La observación de que los delfines no alcanzaron el reposo total en los

intervalos de tiempo en que estaban solos sugiere que la estructura de las manadas de delfín tornillo sí se ve influenciada por los efectos predecesores, como ya se mencionó.

## **7.6 Recomendaciones**

El manejo efectivo del turismo de mamíferos marinos requiere de escoger entre prácticas que maximicen el beneficio de las personas y aquellas que minimicen la perturbación a los cetáceos (Reynolds & Braithwaite, 2001). Son pocos los países que tienen una legislación que protege a los cetáceos de las perturbaciones antropogénicas (Constantine *et al.*, 2004). Una posible causa es que el manejo de poblaciones protegidas se vuelve muy difícil cuando se trata de animales altamente migratorios cuya distribución geográfica puede cambiar con el tiempo (Sini *et al.*, 2005). Sin embargo, cuando se trata de zonas de descanso y alimentación es posible tomar algunas medidas.

Algunas de ellas serían trazar una ruta de navegación, ya que como se observó en el estudio de Sini *et al.* (2005), cuando las embarcaciones seguían una ruta estandarizada todas las reacciones ocurrían con la misma frecuencia porque probablemente había adaptación. Pero cuando maniobraban en la zona donde generalmente sólo pasaban de largo, los delfines exhibían respuestas negativas con más frecuencia. Entonces, las embarcaciones con movimientos erráticos y a altas velocidades pueden ser percibidas como una mayor amenaza por los delfines y provocar cambios más notorios en la conducta de los delfines (Nowacek *et al.*, 2001; Sini *et al.*, 2005). Por ello, es necesario implantar una velocidad máxima de las embarcaciones motorizadas cuando éstas se encuentran transitando por las zonas comúnmente usadas por los delfines tornillo en la costa Kona de la isla grande de Hawai`i, así como en otras zonas del Archipiélago de Hawai`i.

Aunado a esto, también hay que considerar la distancia a la que se encuentran las embarcaciones motorizadas de las manadas de delfín tornillo, ya que las manadas se vieron significativamente afectadas por el ruido de motor cercano, así como por la sola presencia de las embarcaciones cuando se encontraron a menos de 200 m de las manadas. Es decir, la distancia a la que se encuentran las embarcaciones motorizadas fue un factor fundamental. Por ello, se recomienda que para el caso de la observación de delfines en las bahías de la costa Kona preferentemente se haga uso de kayaks ya que su efecto sobre la estructura grupal de los delfines en este estudio no fue significativo, pero de manera no intrusiva para evitar que los delfines se sientan vulnerables.

También es importante considerar la duración de la exposición, ya que se ha mencionado que podría ser determinante en el impacto sobre la conducta de los delfines (Richardson *et al.*, 1995; Nowacek, *et al.*, 2001). Para los delfines tornillo hawaianos el regular la duración de la exposición es particularmente importante en el verano, que es cuando se tiene el pico reproductivo (época de apareamiento, crianza y lactancia; Norris *et al.*, 1994). Janik & Thompson (1996) recomiendan estudios más detallados para determinar si ciertos individuos o clases de edad son más sensibles que otros a las actividades antropogénicas, considerando la supervivencia individual, así como realizar estudios enfocados a las tasas de mortalidad y reproducción y a los movimientos de los individuos para conocer el impacto a nivel poblacional.

De acuerdo a los estudios realizados por Forest (2001) y Courbis (2007), existe una relación estrecha entre la presencia de manadas de delfines en las zonas de estudio y el incremento en las actividades turísticas de observación de delfines. De acuerdo a Courbis (2007), el turismo marino en la isla grande de Hawaiki ha incrementado dramáticamente en las últimas décadas, por lo que se debe controlar la cantidad de actividades antropogénicas en las bahías. Una opción sería limitar la cantidad de embarcaciones en las zonas de descanso, ya que se ha observado que entre mayor sea el número de

embarcaciones más obvias son las respuestas conductuales del delfín jorobado del Pacífico (*Sousa chinensis*, Leung & Leung, 2003) y del delfín tornillo (Courbis, 2007). Además, se debería restringir la estancia de cualquier actividad antropogénica con los delfines en las tres bahías estudiadas para minimizar sus efectos sobre la conducta. Sin embargo, considerando que las bahías Kailua y Keahou son las que mayor presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano presentaron, por ser un muelle y un embarcadero, probablemente sea más difícil aplicar dichas medidas.

Los EE.UU. tienen regulaciones estrictas de no molestar o cambiar intencionadamente el comportamiento de los mamíferos marinos como parte de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de 1972. Las personas que voluntariamente rompen las reglas, incluso sin la intención de hacerles daño, pueden ser multadas o incluso enviadas a la cárcel. Sin embargo, en la isla grande de Hawai`i hay individuos y hasta algunas organizaciones sin licencia que voluntariamente violan las leyes, ya sea porque creen tener el derecho de acercarse a los delfines de manera libre o porque quieren hacer dinero del turismo, o ambos (Würsig, 2000). Por lo tanto, es necesaria una regulación más rigurosa por las entidades correspondientes en la isla grande de Hawai`i, como se sugiere para Australia (Scarpaci *et al.*, 2003).

En este estudio, los tres parámetros de la estructura grupal que se estudiaron en estos mamíferos marinos fueron aquellos que las manadas de delfines tornillo mostraron en la superficie. Se sugiere que para realizar un estudio más completo del comportamiento de los delfines es necesario obtener observaciones subacuáticas de los delfines (Würsig, 2002). En la isla grande de Hawai`i esto es posible porque la visibilidad bajo el agua es muy grande. De hecho, Norris *et al.* (1994) diseñaron una embarcación con una adaptación en la quilla que permitía la visualización subacuática en 360 grados. Pero el realizar observaciones subacuáticas implica que los investigadores tienen que estar muy cerca de los delfines y, por ende, también son una actividad antropogénica que los perturba (Bazúa-Durán,

2010 comun. pers). Entonces, hay que evaluar con detalle el tipo de estudio que se quiere realizar para obtener los resultados esperados.

## **8. Conclusiones**

Los delfines de la costa Kona durante el muestreo de este estudio estuvieron expuestos a actividades antropogénicas la mayor parte del tiempo (71%), siendo la presencia del ruido de motor cercano la más frecuente (37.9%).

Al analizar la respuesta conductual de las manadas de delfín tornillo en presencia de cada una de las cinco actividades antropogénicas que se estudiaron (presencia de nadadores, kayaks, embarcaciones motorizadas, ruido de motor cercano y ruido de motor lejano) se encontró que la estructura grupal de las manadas de delfín tornillo cambió mayormente por la presencia del ruido de motor cercano y de las embarcaciones. Una mayor dispersión, un menor intervalo entre respiraciones y una conducta de viaje o socialización de las manadas de delfines tornillo fue la respuesta conductual observada ante la presencia de embarcaciones y ruido de motor cercano. La presencia del ruido de motor cercano y de las embarcaciones fueron también las actividades antropogénicas que aumentaron significativamente el número de comportamientos aéreos y de fonaciones de las mismas manadas de delfines tornillo que se analizaron en este estudio (Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a,b).

Estos resultados indican que los delfines probablemente utilizaron tácticas de evasión ante una situación amenazadora que puede consistir de posibles lesiones provocadas por una colisión con las embarcaciones y/o por el enmascaramiento de sus fonaciones con el ruido del motor (Luna-Valiente & Bazúa-Durán, 2006a,b). Entonces, la clasificación de ruido de motor planteada por Luna Valiente (2005) fue un método exitoso para comprobar que el ruido de motor cercano fue, junto con la presencia

de las embarcaciones, la actividad antropogénica que mayor perturbación provocó en la estructura grupal de los delfines tornillo de las bahías Kailua-Kona, Keauhou y Kealakekua de la costa Kona de la isla grande de Hawai`i. El ruido de motor lejano fue la actividad antropogénica que menos perturbó la estructura grupal de las manadas.

A pesar de que este estudio fue muy breve, los cambios encontrados en la estructura grupal de los delfines indican que las manadas fueron capaces de detectar y discriminar las distintas actividades antropogénicas presentes. Las actividades que provocaron mayor perturbación en las manadas podrían ser perjudiciales para esta población debido a que interrumpen sus actividades de descanso. Por ello, es fundamental implementar regulaciones con respecto a la distancia de la embarcación turística con respecto a las manadas. Estudios como éste son necesarios para evaluar el impacto que los humanos tenemos sobre la vida silvestre.

Finalmente, cabe mencionar que el análisis de cada uno de los parámetros en presencia de cada una de las actividades antropogénicas permitió ver que existe una unión intrínseca entre el espaciamiento de los individuos y su sincronidad en la superficie (Hastie *et al.*, 2003), por lo que al comparar los resultados obtenidos de la coordinación grupal con el intervalo entre respiraciones se observó que existió una concordancia entre ambos: entre menor espaciamiento, mayor sincronidad. Asimismo, se observó que cada uno de los estados conductuales utilizados en este estudio estuvo caracterizado por categorías específicas de la coordinación grupal y el intervalo entre respiraciones, es decir, el descanso se reflejó en una coordinación grupal alta con un bajo nivel de dispersión e intervalos entre respiraciones largos, mientras que el viaje se caracterizó por una coordinación grupal baja, alta dispersión e intervalos entre respiraciones cortos. Por ello, el generar ecuaciones como la propuesta por Lammers (2004) es importante para cuantificar adecuadamente el estado conductual de los delfines sin tener ambigüedades debidas a la interpretación del observador.

## 9. Bibliografía

- Acevedo, A. 1991. Interactions between boats and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the entrance to Ensenada De La Paz, Mexico. *Aquatic Mammals*, 17(3): 120-124.
- Au, D. & Perryman, W. 1982. Movement and speed of dolphin schools responding to an approaching ship. *Fishery Bulletin*, 80(2): 371-379.
- Au, W.W.L., Popper, A.N. & Fay, R.R. 2000. Hearing by whales and dolphins. Springer/Verlag, EE.UU. 485 pp.
- Baird, R.W., McSweeney, D.J., Webster, D.L., Gorgone, A.M., & Ligon, A.D. 2003. Studies of odontocete population structure in Hawaiian waters: results of a survey through the main Hawaiian Islands in May and June 2003. Report prepared under Contract No. AB133F-02 CN-0106 from the National Oceanic and Atmospheric Administration, Western Administrative Support Center, Seattle, EE.UU. 25 pp.
- Bazúa Durán, M.C., 2001. The whistles of Hawai`ian spinner dolphins (*Stenella longirostris*): description and geographic variations. Tesis de doctorado. University of Hawai`i. 422 pp.
- Bejder, L., Dawson, S.M. & Harraway, J.A. 1999. Responses by Hector's dolphins to boats and swimmers in Porpoise bay, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 15(3):738-750.
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C., & Krutzen, M. 2006. Decline in Relative Abundance of Bottlenose Dolphins Exposed to Long-Term Disturbance. *Conservation Biology*, 20(6):1791-1798.
- Beletsky, L. 2000. Hawai`i: The ecotravellers' wildlife guide. Academic Press. Hong Kong. 416 pp.
- Benoit-Bird, K.J. 2004. Prey caloric value and predator energy needs: foraging predictions for wild spinner dolphins. *Marine Biology*, 145:435-444.

- Benoit-Bird, K.J. & Au, W.W.L. 2003. Prey dynamics affect foraging by a pelagic predator (*Stenella longirostris*) over a range of spatial and temporal scales. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 53:364-373.
- Benoit-Bird, K.J. Au, W.W.L., Brainard, R.E., & Lammers, M.O. 2001. Diel horizontal migration of the Hawaiian mesopelagic boundary community observed acoustically. *Marine Ecology Progress Series*, 217:1-14.
- Berta, A., Sumich, J.L. & Kovacs, K.M. 2006. *Marine Mammals Evolutionary Biology*. 2a ed. EE.UU. 569 pp.
- Buckstaff, K. 2004. Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 20(4): 709-725.
- CMS (Convention on Migratory Species). 2010. [http://www.cms.int/reports/small\\_cetaceans/data/S\\_longirostris/stenella\\_longirostris\\_lg.jpg](http://www.cms.int/reports/small_cetaceans/data/S_longirostris/stenella_longirostris_lg.jpg)
- Constantine, R., Brunton, D. & Dennis, T. 2004. Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour. *Biological Conservation*, 117: 299-307.
- Cope Mattson, M., Thomas, J.A. & Aubin, D. St. 2005. Effects of Boat Activity on the Behavior of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Waters Surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals*, 31(1): 133-140.
- Courbis, S. 2007. Effect of spinner dolphin presence on level of swimmer and vessel activity in Hawai`ian bays. *Tourism in Marine Environments*, 4(1):1-14.
- Courbis, S. & Timmel, G., 2009. Effects of vessels and swimmers on behavior of Hawai`ian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) in Kealakekua, Honaunau and Kauhako bays, Hawai`i. *Marine Mammal Science*, 25(2): 430-440.
- Croarkin, C. & Tobias, P. 2010. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.

- Curry, B.E., 1999. Stress in mammals: The potential influence of fishery-induced stress in dolphins in the Eastern Tropical Pacific Ocean. NOAA Technical Memo, National Marine Fisheries Service, SWFSC, La Jolla, EE.UU. 121 pp.
- Danil, K., Maldini, D. & Marten, K. 2005. Patterns of Use of Maku`a Beach, O`ahu, Hawai`i by Spinner Dolphins (*Stenella longirostris*) and Potential Effects of Swimmers on Their Behavior. *Aquatic Mammals*, 31(4): 403-412.
- Delfour, F. 2007. Hawaiian spinner dolphins and the growing dolphin watching activity in Oahu. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87: 109-112.
- Erbe, C. 2002. Underwater Noise of Whale-Watching Boats and Potential Effects on Killer Whales (*Orcinus Orca*), Based on an Acoustic Impact Model. *Marine Mammal Science*, 18(2): 394-418.
- Forest, A.M. 2001. The Hawai`ian spinner dolphin, *Stenella longirostris*: effects of tourism. Tesis de maestría. Texas A&M University. 90 pp.
- Gill, J.A., Norris, K. & Sutherland, W.J. 2001. Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. *Biological Conservation*, 97: 265-268.
- Goodwin, L. & Cotton, P.A. 2004. Effects of Boat Traffic on the Behaviour of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Aquatic Mammals*, 30(2), 279-283.
- Hastie, G.D., Wilson, B., Tufft L.H. & Thompson, M.P. 2003. Bottlenose dolphin increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Marine Mammal Science*, 19(1):74-84.
- Hoyt, E. 2001. Whale Watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits. International Fund for Animal Welfare, EE.UU. 4 pp.
- Irving, A.B., Scott, M.D., Wells, R.S. & Kaufmann, J.H. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin*, 79(4):671-688.

- Janik, V.M. & Thompson, P.M. 1996. Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Marine Mammal Science*, 12(4):597-602.
- Karczmarski, L., Wursig, B., Gailey, G., Larson, K., W. & Vanderlip, C. 2005. Spinner dolphins in a remote Hawaiian atoll: social grouping and population structure. *Behavioral Ecology*, 16(4):675-685.
- Kreb, D. & Rahadi, D.K. 2004. Living Under an Aquatic Freeway: Effects of Boats on Irrawaddy Dolphins (*Orcaella brevirostris*) in a Coastal and Riverine Environment in Indonesia. *Aquatic Mammals*, 30(3):363-375.
- Kruse, S. 1991. *The interactions between killer whales and boats in Johnstone Strait, B.C.* Pp. 149-159 in: Pryor, K. & Norris, K.S., eds. *Dolphin societies: Discoveries and puzzles*. University of California Press. EE.UU.
- Lammers, M. 2004. Occurrence and Behavior of Hawai`ian Spinner Dolphins (*Stenella longirostris*) Along Oahu's Leeward and South Shores. *Aquatic Mammals*, 30(2):237-250.
- Larese, J.P. & Chivers S.J. 2008. Age estimates for female eastern and whitebelly spinner dolphins (*Stenella longirostris*) incidentally killed in the eastern tropical Pacific tuna purse-seine fishery from 1973-82. *Journal of Cetacean Research and Management*, 10:169-177.
- Lemon, M., Lynch, T.P., Cato, D.H., & Harcourt, R.G. 2006. Response of travelling bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) to experimental approaches by a powerboat in Jervis Bay, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 127(4):363-372.
- Leung, S., & Leung, S. 2003. Behavioral response of Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) to vessel traffic. *Marine Environmental Research*, 56(5):555-567.
- Lima, S.L. 2002. Putting predators back into behavioral predator-prey interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(2):70-75.

- Luna-Valiente, N.V. 2005. Valoración del impacto antropogénico sobre el comportamiento aéreo del delfín tornillo (*Stenella longirostris*) en el archipiélago de Hawai`i. Informe final de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 46 pp.
- Luna-Valiente, N.V. & Bazúa-Durán, C. 2006a. Behavioral response of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) to human activities in the archipelago of Hawai`i. *European Research on Cetaceans*, 20:1-5.
- Luna-Valiente, N.V. & Bazúa-Durán, C. 2006b. Impacto antropogénico sobre el comportamiento aéreo y fonaciones del delfín tornillo (*Stenella longirostris*) en el archipiélago de Hawai`i. 1ª reunión internacional sobre el estudio de los mamíferos acuáticos SOMEMMA-SOLAMAC, Mérida-México, 5 al 9 de noviembre. P. 120.
- Lusseau, D. 2003a. Male and female bottlenose dolphins *Tursiops* spp. have different strategies to avoid interactions with tour boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, 257:267-274.
- Lusseau, D. 2003b. Effects of Tour Boats on the Behavior of Bottlenose Dolphins: Using Markov Chains to Model Anthropogenic Impacts. *Conservation Biology*, 17(6):1785-1793
- Lusseau, D. 2005. Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops* spp. in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress series*, 295:265-272.
- Lusseau, D. & Bejder, L. 2007. The Long-term Consequences of Short-term Responses to Disturbance Experiences from Whalewatching Impact Assessment. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2):228-236.
- Lusseau, D. & Higham, J.E.S. 2004. Managing the impacts of dolphin-based tourism through the definition of critical habitats: the case of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in Doubtful Sound, New Zealand. *Tourism Management*, 25:657-667.

- Marten, K. & Psarakos, S. 1999. Long-term site fidelity and possible long-term associations of wild spinner dolphins (*Stenella longirostris*) seen off Oahu, Hawai'i. *Marine Mammal Science*, 15(4): 1329-1336.
- Mattson, M.C., Thomas, J.A. & Aubin, D. St. 2005. Effects of boat activity on the behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in waters surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals*, 31(1):133-140.
- Morisaka, T., Shinhara, M., Nakahara, F., & Akamatsu, T. 2005. Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin populations. *Journal of Mammalogy*, 86(3):541-546.
- National Research Council. 2003. Ocean noise and marine mammals. National Academic Press. Washington. EE.UU. 192 pp.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2010a. <http://www.fpir.noaa.gov/Library/PRD/Spinner%20Dolphin/BiologyAbundanceDistribution.pdf>.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2010b. [http://www.prh.noaa.gov/hnl/pages/climate\\_summary.php](http://www.prh.noaa.gov/hnl/pages/climate_summary.php)
- Norris, K.S. & Dohl, T.P. 1980. Behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. *Fishery Bulletin*, 77(4): 821-849.
- Norris, K. S., Würsig, B., Wells, R.S. & Würsig, M. 1994. The Hawai`ian Spinner Dolphin. University of California Press. EE.UU. 422 pp.
- Norris, K.S., Würsig, B., Wells, R.S. Würsig, M., Brownlee, S.M., Johnson, C. & Solow, J. 1985. The behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. Rep. LJ-85-06C. Southwest Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, La Jolla, EE.UU. 213 pp.
- Notarbartolo-di-Sciara G., Hanafy, M.H., Fouda, M.M., Afifi, A. & Corsta, M. 2008. Spinner dolphin (*Stenella longirostris*) resting habitat in Samadai Reef (Egypt, Red Sea) protected through tourism management. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89:211-216.

- Nowacek, S., Wells, R. & Solow, A. 2001, Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17(4): 673-688.
- Nybakken, J. & Bertness, M. 2005. *Marine biology: an ecological approach*. 6a ed. Pearson Education. EE.UU. 579 pp.
- Östman-Lind, J., Driscoll-Lind, A.D. & Rickards, S.H. 2004. Delphinid abundance, distribution and habitat use off the western coast of the island of Hawai`i. Report from the National Oceanic and Atmospheric Administration, Western Administration Support Center. Seattle, EE.UU. 28 pp.
- Pagano, M., & Gauvreau, K. 2001. *Fundamentos de Bioestadística*. 2ª ed. Thomson Learning, México. 525 pp.
- Perrin W.F. 1998. *Stenella longirostris*. *Mammalian Species*, 599:1-7.
- Perrin, F.W. 2002. *Spinner Dolphin*. Pp. 1100-1113 en: Perrin, W.F., Würsig, B. & Thewissen, J.G.M., eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*, Academic Press. EE.UU.
- Reynolds, P.C. & Braithwaite, D., 2001. Towards a conceptual framework for wildlife tourism. *Tourism Management*, 22: 31-42.
- Richardson W.J., Greene C.R., Malme C.I. & Thomson D.H. 1995. *Marine mammals and noise*. Academic Press. EE.UU. 576 pp.
- Samuels, A. & Bejder, L. 2004. Chronic interaction between humans and free-ranging bottlenose dolphins near Panama City Beach, Florida, USA. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(1): 69-77.
- Scarpaci C., Nuggeoda, D. & Corkeron, P.J. 2003. Compliance with Regulations by “Swim-with-Dolphins” Operations in Port Phillip Bay, Victoria, Australia. *Environmental Management*, 31(3):342-347.
- Sini M.I., Canning, S.J., Stockin, K.A. & Pierce, G.J. 2005. Bottlenose dolphins around Aberdeen harbour, north-east Scotland: a short study of habitat utilization and the potential effects of boat traffic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(6):1547-1554.

- Underwood, A.J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161:145-178.
- Williams R., Bain, E.D., Ford, J.K.B., & Trites, W. 2002. Behavioural responses of male killer whales to a “leapfrogging” vessel. *Journal of Cetacean Research Management*, 4(3): 305-310.
- Wilson, B., Thompson, P.M. & Hammond, P.S. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 34(6):1365-1374.
- Würsig, B. 1996. Swim-With-Dolphin Activities in Nature: Weighing the Pros and Cons. *Whalewatcher, the Journal of the American Cetacean Society*, 30:11-15.
- Würsig, B. 2000. *Spinners in Paradise: Sleepy Dolphins and Pesky People*. Pp.184-186 en: Beletsky, L. Hawai`i: The ecotravellers´ wildlife guide. Academic Press. Hong Kong, 416 pp.
- Würsig, B., & Richardson, W. 2002. *Effects of noise*. Pp. 765-773 en: Perrin, W.F., Würsig, B. & Thewissen, J.G.M, eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*, Academic Press. EE.UU.