

**ESTUDIO PARA ESTABLECER LINEAMIENTOS DE MONITORIZACIÓN,
CONSERVACIÓN Y MANEJO EN TRES CASOS PRIORITARIOS DE
MAMÍFEROS MARINOS EN AGUAS MEXICANAS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA**

REPORTE FINAL PARA EL

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA – SEMARNAT

ENSENADA, B.C., 28 DE SEPTIEMBRE DE 2009

1. DISEÑO MUESTRAL DE MONITORIZACIÓN POBLACIONAL DE LA VAQUITA

1.1. Resumen Ejecutivo

La vaquita es el pequeño cetáceo en mayor peligro de extinción, debido a su captura en redes pesqueras utilizadas en el Alto Golfo de California, único lugar del mundo en que habita esta especie, lo que la hace el único cetáceo endémico en aguas mexicanas. Durante la pasada década la tendencia de la población fue estudiada con base en técnicas de detección acústica, sin embargo hoy día su densidad es tan baja que el diseño utilizado ya no es útil. En este trabajo se analizaron datos oceanográficos y acústicos para entender el ambiente acústico en que habita la vaquita, con el fin de estudiar los parámetros que permitirán un control sobre nuevos esquemas de monitorización basados en equipos de detección acústica. El estudio también pretende comparar el desempeño de dos tipos de equipo acústico, uno de tipo autónomo y otro de tipo semiautónomo, dado que requiere de la presencia de un operador. La zona de distribución de la vaquita es una cuenca somera altamente influenciada por corrientes mareales. Desde el punto de vista acústico y oceanográfico resulto ser una zona homogénea, en la que se generan ruidos ambientales a varias frecuencias, incluyendo la que utiliza la vaquita. Aunque en general el contenido espectral en los sonidos generados en la zona no parece ser muy problemático para la identificación de la vaquita, si se generan ruidos esporádicos que podría serlo, tal como los generados por invertebrados. Se concluye que ambos tipos de detectores acústicos son comparables en la información que generan y que los de tipo autónomo son adecuados para incrementar el esfuerzo de muestreo que disminuya la varianza muestral, paso necesario para detectar cambios en la tendencia poblacional de la vaquita.

The vaquita is the small cetacean in greatest danger of extinction around the globe, due to its bycatch is fishing nets used in the Upper Gulf of California, only place inhabited for the species, which in turn make it the only endemic cetacean in Mexican waters. During the past decade population trend was studied through the use of acoustic detection techniques, however nowadays the population density is so low that the sampling design used is not effective any more. In this work it was analyzed oceanographic and acoustic data to get insight in the acoustic environment of vaquita, in order to study control parameters for new monitoring schemes based on acoustic detectors. The study was addressed also to compare the performance of two kinds of acoustic detectors, one autonomous and other semi autonomous because requires the presence of an operator. The distribution area of vaquita is a shallow basin highly influenced by tidal regime. Since the acoustic and oceanographic point of view is a homogeneous zone, with background noises generated at several frequencies, included the band used by vaquitas. Although in general the spectral contents of noise in the area don not seem to be problematic for vaquita identification, some transient noises could be, as the ones generated by invertebrates. It is concluded that both type of acoustic detectors are comparable in detection capabilities and the autonomous ones are reliable to increase sampling effort and diminish the sampling variance, step required to reliably detect changes in population trends of vaquita.

1.2. Introducción

La actual abundancia estimada de la población de la vaquita, en el Alto Golfo de California, es de apenas unos 150 individuos (Jaramillo-Legorreta *et al.*, 2007). En la última década la población se redujo en aproximadamente 75%, con base en la estimación realizada en 1997 de alrededor de 567 individuos (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999). Bajo tal nivel de abundancia y, por ende, muy baja densidad, la probabilidad de detectar acústicamente individuos o grupos se reduce drásticamente. De tal forma, la confiabilidad para seguir estimando la tendencia de la población, aplicando las técnicas acústicas pasivas tal como se ha hecho hasta ahora, se ha reducido drásticamente. Es necesario implementar mejoras en la toma de datos acústicos que incrementen esta confiabilidad, lo que se puede lograr incrementando el esfuerzo de muestreo.

Esto se puede lograr de dos formas. Incrementando el número de barcos que realizan la actividad utilizando detectores acústicos semi-autónomos. La otra forma incluye la utilización de detectores acústicos autónomos, los cuales pueden ser utilizados en el diseño de una red de muestreo. La primera opción resulta inviable, dado que mantener otras embarcaciones es prácticamente imposible dada la cantidad de recursos necesarios. La segunda opción, en cambio, no requeriría de tal cantidad de recursos, pero exige adquirir información relevante para el adecuado ajuste e instalación de los equipos de detección.

Este proyecto de investigación pretende colaborar en la adquisición de la información necesaria para la implementación de un esquema de monitorización acústica con base en detectores acústicos autónomos. Dicho esquema de monitorización es necesario para evaluar las acciones de recuperación tomadas por el Gobierno Mexicano a través del PACE Vaquita, dada la cantidad de recursos públicos que se están aplicando para eliminar el esfuerzo pesquero con redes agalleras y de enmalle (artes en que mueren vaquitas) así como en acciones de inspección y vigilancia.

1.2.1. Objetivos

- 1 Realizar una evaluación de detección acústica de vaquitas a largo plazo con equipo autónomo (T-POD, C-POD y A-Tag) montado en una boya instalada en la zona de mayor concentración de la especie.
 - 1.1 Evaluar el efecto del crecimiento de fauna y flora marinas en el cuerpo del equipo sobre sus capacidades de almacenamiento de información acústica.
 - 1.2 Evaluar el desempeño de los equipos bajo las diferentes condiciones oceanográficas y climáticas que se tendrán a lo largo del muestreo.
 - 1.3 Evaluar la capacidad de trabajo del equipo a largo plazo de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías.
- 2 Estudiar los parámetros necesarios para comparar las tasas de detección acústica entre equipos autónomos y semi-autónomos.
- 3 Investigar con equipos autónomos y semi-autónomos la extensión geográfica necesaria para monitorizar a la población de vaquita, con el fin de apoyar en el diseño muestral del esquema de monitorización a largo plazo.
- 4 Obtener información oceanográfica comparada entre temporadas que permita evaluar el ambiente acústico y movimientos de la vaquita.

1.3. Metodología

1.3.1. Área de Estudio

En la Figura 1.1 se presenta un mapa de la cuenca del Alto Golfo de California, única región del mundo en la que habita la vaquita (Rojas Bracho y Jaramillo Legorreta, 2002). Los puertos de embarque y refugio que se utilizaron se ubican en Puerto Peñasco (Sonora) y San Felipe (Baja California). Dado el conocimiento previo sobre distribución de la especie con que se cuenta (Gerrodette *et al.*, 1995; D'Agrosa *et al.*, 2000; Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; Jaramillo Legorreta, 2008) el estudio se restringió a la zona en la que se han encontrado vaquitas previamente, tanto de forma visual como acústica.

En el mapa también se muestra el polígono que delimita el Refugio para la Vaquita decretado en el año 2005. Dicho polígono ha sido marcado recientemente por la PROFEPA con dos tamaños de boyas. Las boyas grandes se utilizaron para marcar los vértices del polígono y las chicas los puntos intermedios. Boyas adicionales se usaron

para marcar la línea imaginaria que delimita la Zona Núcleo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

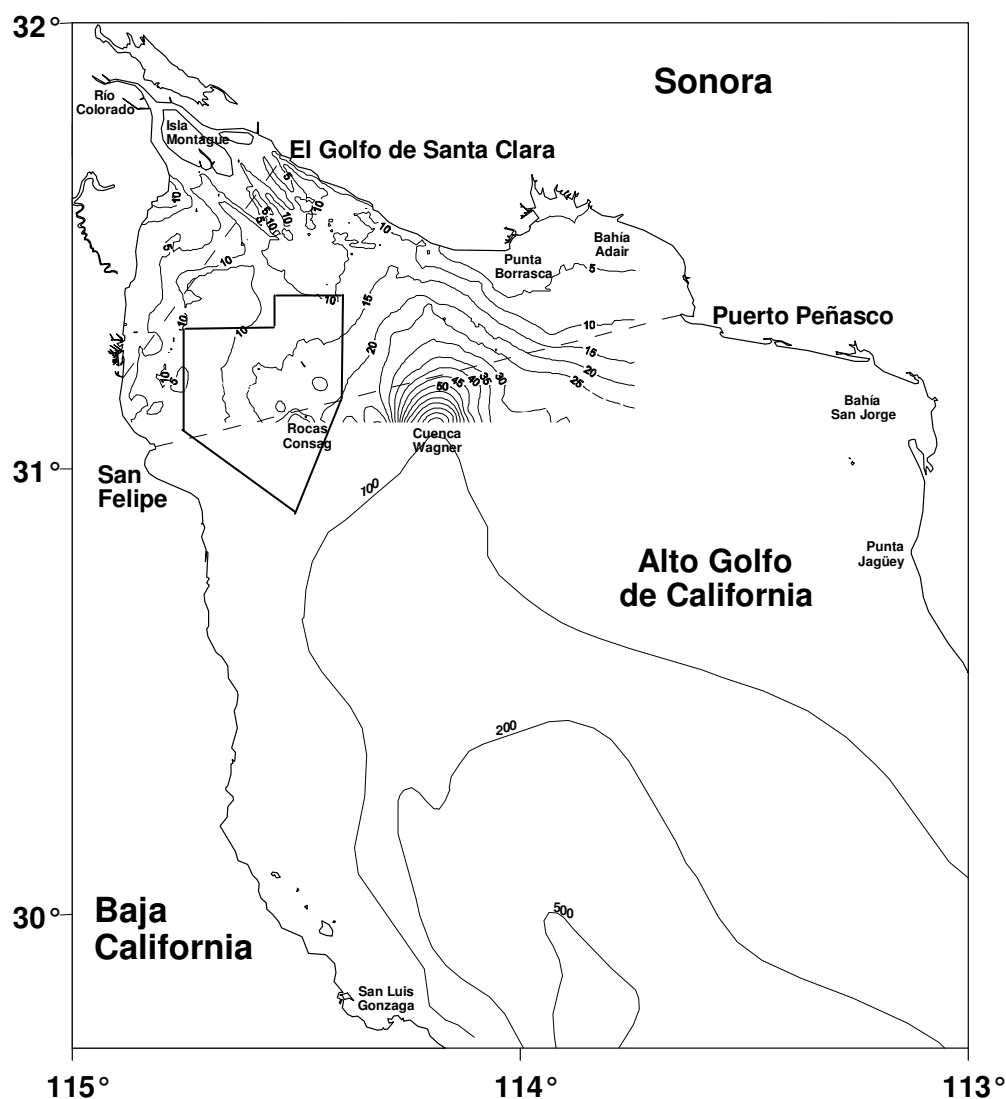


Figura 1.1 Área de estudio. La batimetría entre 0 y 80 m proviene del Instituto Nacional de la Pesca. El contorno costero y las isóbatas entre 100 y 500 m fueron extraídas de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans Digital Atlas. British Oceanographic Data Centre. 1994). Las líneas quebradas representan los límites acuáticos de la reserva de la Biósfera. La línea más al sur delimita la zona de amotiguamiento. La línea más al norte delimita la zona núcleo, que incluye al Delta de Río Colorado. El polígono irregular frente a las costas de Baja California delimita el Refugio para la Vaquita decretado en 2005.

1.3.2. Esquema de muestreo

Se utilizaron dos esquemas de muestreo, uno para la obtención de registros acústicos con equipos autónomos y otro con el equipo de detección acústica semi-autónomo.

1.3.2.1. Muestreo autónomo

El equipo autónomo consiste de equipos electrónicos contenidos en estructuras herméticas e impermeables. La parte electrónica consiste de un hidrófono conectado a una unidad de procesamiento (amplificadores y filtros de frecuencia) y almacenamiento (flash ram), así como un compartimiento de baterías y de conexiones (para interfase con computadora para inicialización, selección de parámetros y recuperación de datos).

Los equipos fueron instalados para operar con ayuda de una boya. La profundidad de muestreo se mantuvo fija a aproximadamente 5 metros de profundidad, dado que a mayores profundidades se saturaba la señal acústica con altos niveles de ruido físico y biológico. Los equipos pudieron ser montados en 5 diferentes localidades así como en algunos sitios en los que se ancló el barco de investigación (Figura 1.10).

Los equipos pudieron operar por períodos continuos de entre 3.6 a 18.6 horas continuas.

1.3.2.2. Muestreo semi-autónomo

El equipo acústico semi-autónomo consiste de varios elementos:

- a) Un arreglo de dos hidrófonos con preamplificador instalados en una manguera llena de aceite con densidad similar al agua de mar. El arreglo cuenta con un cable de conexión de 100 metros de largo.
- b) Una caja de adecuación de señal, almacenamiento temporal y amplificación. A esta caja se conecta el arreglo de hidrófonos y se encarga de corregir la señal acústica por diferencias en tiempos, así como de una amplificación adicional. Además, cuenta con un espacio de memoria que permite agilizar la transferencia de datos hacia una computadora.

- c) Una unidad de digitalización (National Instruments NI-USB-6251) la cual se encarga de convertir los valores analógicos de la señal acústica a valores binarios adecuados para su transferencia a computadora.
- d) Una computadora portátil con la velocidad suficiente para procesar la información acústica recibida. Esto se hace a través del software “Rainbow Click Detector” desarrollado y distribuido gratuitamente por IFAW.

Una vez que el equipo acústico descrito es inicializado y puesto en marcha puede trabajar de forma autónoma. Sin embargo, es necesaria la presencia de un operador para corregir errores en la ejecución del programa, cuidar el estado de las baterías y realizar anotaciones pertinentes para el posterior análisis de datos. De esto se desprende la calificación del equipo como “semi-autónomo”. El apunte de información se realizó electrónicamente en el programa “Logger 2000”, también desarrollado por IFAW.

El muestreo se realizó en puntos seleccionados al azar dentro del área de estudio. En cada punto de muestreo se ancló la embarcación y se apagaron todas las maquinas, con el fin de generar el menor ruido posible. Solamente se encendieron las máquinas para cargar baterías y realizar algunas funciones de mantenimiento. En cada estación se intentó permanecer por períodos mínimos de 12 horas, con el fin de completar un ciclo mareal, aunque siempre se intentó completar un día.

Durante el tiempo de estancia en cualquiera de las estaciones de muestreo el detector acústico permaneció en constante operación. Durante horas luz, cuando el estado del mar lo permitió (Beaufort máximo de dos) se realizó esfuerzo visual para avistar mamíferos marinos o cualquier otro rastro de actividad biológica, así como una cuantificación de actividad pesquera en los alrededores.

Se usó un CTD Sea-Bird Electronics SBE 37-SI Microcat para obtener datos sobre salinidad, temperatura y presión en la columna de agua. Cada hora se cambió la profundidad de posicionamiento del CTD a tres profundidades (5, 15 y 20 metros). De esta forma se obtuvieron series de tiempo que representen la variabilidad temporal a lo largo de la columna de agua.

También se usó una unidad de grabación digital para obtener grabaciones acústicas a una tasa de muestreo de 330 KHz. Esto, junto con la obtención de datos de CTD, con el fin de entender el ambiente acústico de la zona de estudio. De esta forma se pudo obtener un mejor entendimiento de los parámetros acústicos que determinan la dispersión de este tipo de señales en la columna de agua. Básicamente lo que se realizó fue la extracción de los espectros de frecuencias representativos a diversas horas del día y ciclos de marea, que permitió analizar la variabilidad a la que se puede enfrentar un sistema de registro acústico. Las grabaciones se realizaron durante los primeros 15 minutos de cada hora, dado el largo espacio de almacenamiento que requieren.

1.3.3. Análisis de datos

1.3.3.1. Identificación de señales acústicas de vaquitas

Los archivos generados por los detectores acústicos autónomos y semi-autónomos fueron cuidadosamente analizados para identificar el registro de señales acústicas, tanto de vaquitas como de otras fuentes. Dichas señales (chasquidos) pueden ser identificadas por su contenido de energía en bandas de frecuencia seleccionadas. Así mismo, los chasquidos son emitidos en grupos o series, las cuales permiten identificar la fuente de emisión a través del estudio de su arreglo en tiempo e intensidad.

Las señales de vaquitas contienen alta potencia en la banda entre los 110 a 160 KHz y baja en el resto de las frecuencias más bajas. Las series presentan tiempo entre chasquidos muy regulares y patrones definidos para las intensidades entre chasquidos consecutivos. Es decir, conforman patrones que claramente no son el resultado del azar.

La unidad de almacenamiento básica fue un chasquido, que es una señal acústica intensa de muy corta duración (en el orden de micro a milisegundos). Las comparaciones entre detectores y zonas geográficas se realizaron a través de la cuantificación de chasquidos almacenados por períodos de 10 minutos.

1.3.3.2. Procesamiento de datos de CTD

Los archivos generados por el CTD fueron, en un primer término, filtrados para eliminar datos extremos o anómalos y suavizados por promedio móvil para obtener series de tiempo más tratables y comparativas.

Los datos obtenidos se graficaron en forma de profundidad contra tiempo con el fin de entender la variabilidad circadiana de la temperatura, salinidad y presión. Así mismo, la velocidad del sonido será obtenida con la formulación aceptada internacionalmente por la UNESCO (Chen y Millero, 1977) y graficada junto con las otras variables. La altura de la marea, así como la tasa de cambio vertical de la marea, serán un par de variables más que serán incluidas en el análisis, con el fin de entender la dinámica de los parámetros oceanográficos muestreados.

Por último, se hará una comparación gráfica entre las diferentes zonas en que se hayan tomado registros con CTD, lo cual se hará de manera gráfica y con la ayuda de un mapa. En caso de que se obtengan datos en un número suficiente de zonas se podrá confeccionar un mapa de contornos para cada una de las cuatro variables y para las profundidades muestreadas.

1.3.3.3. Procesamiento de grabaciones acústicas de alta frecuencia

Cada archivo acústico generado fue procesado en una rutina escrita en MatLab para obtener espectros de frecuencias con base en transformadas de Fourier de 4,194,304 puntos. Con ello se obtuvieron espectros entre 0 a 165 KHz con resolución de 0.08 Hz. Posteriormente se realizó una comparación entre los espectros generados para grabaciones a diversas horas que coincidieron con los períodos de altas, medias y bajas fuerzas de la corriente mareal. Para ello se utilizaron los datos generados por el Programa MAR (Área de Oceanografía Física del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada) para la zona de San Felipe, B.C.

1.3.3.4. Evaluación del desempeño de detectores acústicos

Efecto del crecimiento de fauna y flora en los equipos acústicos autónomos. Dado que los equipos permanecen en el agua por lapsos extendidos, están sujetos al crecimiento de biota sobre su superficie. En particular, es posible el crecimiento de organismos sobre la

superficie que cubre al hidrófono, lo que puede ocasionar un decremento en la sensibilidad del equipo. Esto se evaluó analizando gráficas de intensidad de señales acústicas almacenadas contra tiempo, suponiendo que el tiempo es proporcional a la cantidad de biota acumulándose en los contenedores. Una reducción notable, de alrededor de 10%, indicaría la necesidad y tiempos en que los equipos debieran ser sometidos a mantenimiento para registrar datos adecuados.

Efecto de condiciones oceanográficas y climáticas. Factores como temperatura, salinidad y presión determinan la velocidad del sonido. Por otro lado, factores como oleaje y mareas determinan en parte la intensidad del ruido ambiental y, por ende, la cantidad de chasquidos que son generados. Estos factores fueron utilizados en un análisis del desempeño de los detectores para almacenar señales acústicas en forma de chasquidos. El análisis consistió en analizar series de tiempo lo suficientemente prolongadas para contener diversas condiciones ambientales que permitieran hacer comparaciones. Datos sobre condiciones ambientales fueron obtenidos de fuentes disponibles en la red, tal como series de viento disponibles en la NOAA y mareas disponibles en CICESE.

Capacidad de trabajo de los detectores respecto a la vida de las baterías. Durante las rutinas de mantenimiento de los equipos se registró el nivel de voltaje de las baterías. Por otro lado, se analizó el volumen de datos almacenados, que depende de los niveles de ruido ambiental y actividad acústica biológica durante el periodo de muestreo. Esto permitió identificar la capacidad en tiempo en que los equipos pueden operar de forma continua.

1.3.3.5. Tasa de encuentro acústico

Para cada sitio y periodo de muestreo (la unidad es un detector, trabajando en una boya o sitio determinado, por un espacio de tiempo definido) se calculó la tasa de encuentro acústico de vaquitas como el número de detecciones certeras por el tiempo efectivo de muestreo. Las detecciones certeras fueron aquellas que cumplieron con parámetros de número de chasquidos y tiempo entre chasquidos. El tiempo efectivo de muestreo fue el tiempo total menos los períodos en que no se pudieron registrar señales.

Las tasas calculadas fueron comparadas entre equipos autónomos y semi-autónomos, con el fin de comparar el desempeño entre ambos. Para disminuir el efecto de la potencial variabilidad en la distribución y movimientos de la vaquita, la comparación se hizo utilizando el agregado de todos los datos colectados.

1.3.3.6. Extensión geográfica de las zonas de actividad acústica de la vaquita y movimientos de la especie

Cuando fue posible se instalaron equipos de detección acústica en las partes más extremas de la zona de estudio para entender el nivel de presencia de vaquitas en esas zonas. Adicionalmente se usó el equipo semi-autónomo en estas zonas. Hacia zonas de mayor concentración se tomaron datos en el mayor número posible de puntos con el fin de maximizar la obtención de señales acústicas de vaquitas. Esto, por supuesto, es información necesaria para calcular el número de detectores que serán necesarios para establecer una red de monitorización adecuada de acuerdo a la distribución de la especie.

1.4. Resultados

1.4.1. Datos obtenidos

En total se obtuvieron 2,618 horas de grabaciones con detectores acústicos autónomos (repartidas en nueve anclajes y 4 grabaciones realizadas junto con el detector semi-autónomo) y 270 horas con el detector semi-autónomo (repartidas en 16 estaciones de muestreo). La distribución de anclajes y estaciones de muestreo se muestra en la Figura 1.10. Además en 5 estaciones de muestreo se obtuvieron cerca de 40 horas de grabaciones a alta frecuencia y más de 100 horas de datos de CTD.

1.4.2. Análisis de datos oceanográficos

En la Figura 1.2 se muestra una serie de cerca de 24 horas de datos de temperatura, salinidad y velocidad del sonido. La marea se muestra como el cambio vertical de altura de marea. El muestreo se realizó dejando el CTD por espacio de una hora a cada una de tres profundidades (5, 15 y 25 metros). No hay una clara señal de la marea en los valores de salinidad y temperatura. En consecuencia lo mismo ocurre con la velocidad del sonido,

ya que está se determina principalmente por estas variables (Richardson *et al.*, 1995). A las mayores profundidades la salinidad tendió a ser más alta mientras que la temperatura tendió a los menores valores. Ello se entiende pues un agua con estas características es más densa y, por ende, tiende a hundirse. Hacia la superficie se dio el patrón contrario. Es apreciable cierta disrupción de estos parámetros durante el período de flujo de la marea, pero es muy clara. La relación de la salinidad con la velocidad del sonido parece más estable que con la temperatura. De hecho, debido a la disrupción mencionada, la relación entre velocidad del sonido y temperatura parece tener una relación dicotómica que quizá opere en relación con la marea.

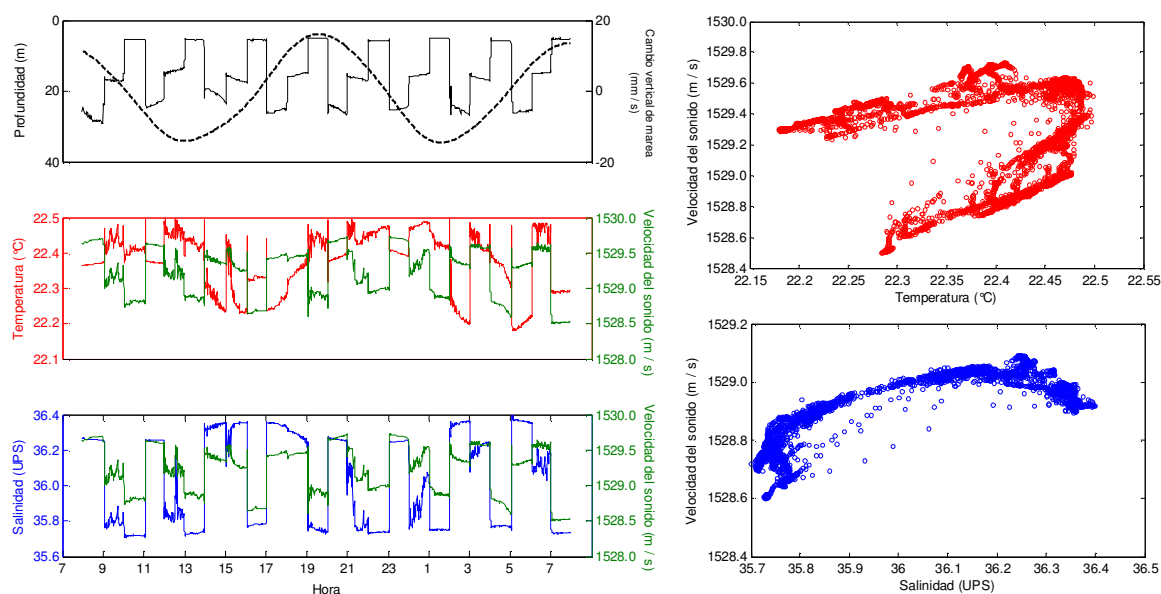


Figura 1.2 Serie de tiempo de salinidad, temperatura y velocidad del sonido. El CTD fue cambiado de profundidad cada hora a profundidades de 5, 15 y 25 metros. En el gráfico de profundidad se incluye el cambio vertical de la marea por minuto. A la derecha se presentan relaciones de la velocidad del sonido contra temperatura y salinidad.

Para evidenciar el patrón de las variables analizadas respecto a la profundidad se graficaron los datos todos en conjunto (Figura 1.3). Es claro que los valores de salinidad son bajos en superficie y altos en las mayores profundidades. Sin embargo, a media agua la salinidad tendió a tomar todo el rango de valores encontrados a lo largo de la columna de agua. La temperatura, en cambio, tendió a valores elevados en superficie y bajos en profundidad. Sin embargo, hay una porción de valores altos también a profundidad y

media agua, así como una pequeña porción de datos con valores bajos en superficie. Aunque es de remarcar que el rango de variación de la temperatura es muy pequeño, de menos de medio grado centígrado. De igual forma, la salinidad sólo varía menos de una unidad. La velocidad del sonido sigue un patrón muy parecido al de la salinidad, con lo que se puede concluir que en la cuenca la salinidad es el factor que determina en mayor proporción a este parámetro. El rango de variación de la velocidad del sonido apenas alcanza 1.3 unidades.

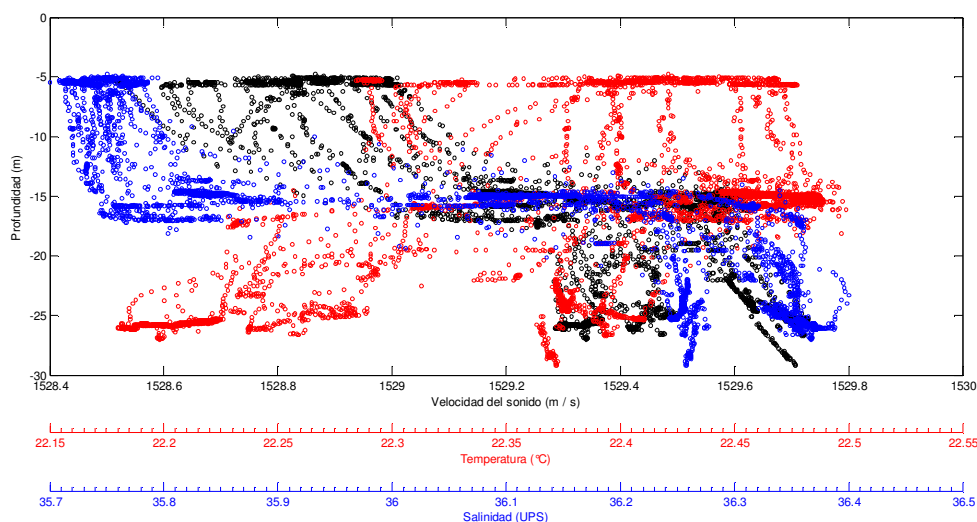


Figura 1.3 Perfiles de salinidad, temperatura y velocidad del sonido para el agregado de datos presentados en la Figura 1.2.

En la Figura 1.4 se muestra el comportamiento de estas variables a tres diferentes latitudes del área de estudio. Hacia el sur la temperatura tendió a ser más alta que al norte. En la zona intermedia y al norte la temperatura mostró su valores más bajos, aunque hay una fracción de datos al norte que tendieron a temperaturas más elevadas. Hacia el sur y la parte intermedia se distingue una cierta estratificación pero con patrones invertidos. En la zona intermedia la temperatura aumenta hacia la profundidad y se nota una tendencia inversa hacia el sur. En cambio, en la zona al norte se distingue una clara mezcla a lo largo de la columna de agua, con valores estables de temperatura.

La salinidad hacia el sur y zona intermedia tiene un claro comportamiento estratificado, con salinidades bajas en superficie y altas en profundidad. No se distingue ningún comportamiento claramente caótico, a excepción de una serie de datos en la zona

intermedia que parece indicar un periodo de mezcla quizá guiado por efectos mareales. En la zona norte, tal como con la temperatura, las condiciones se reflejan bien mezcladas.

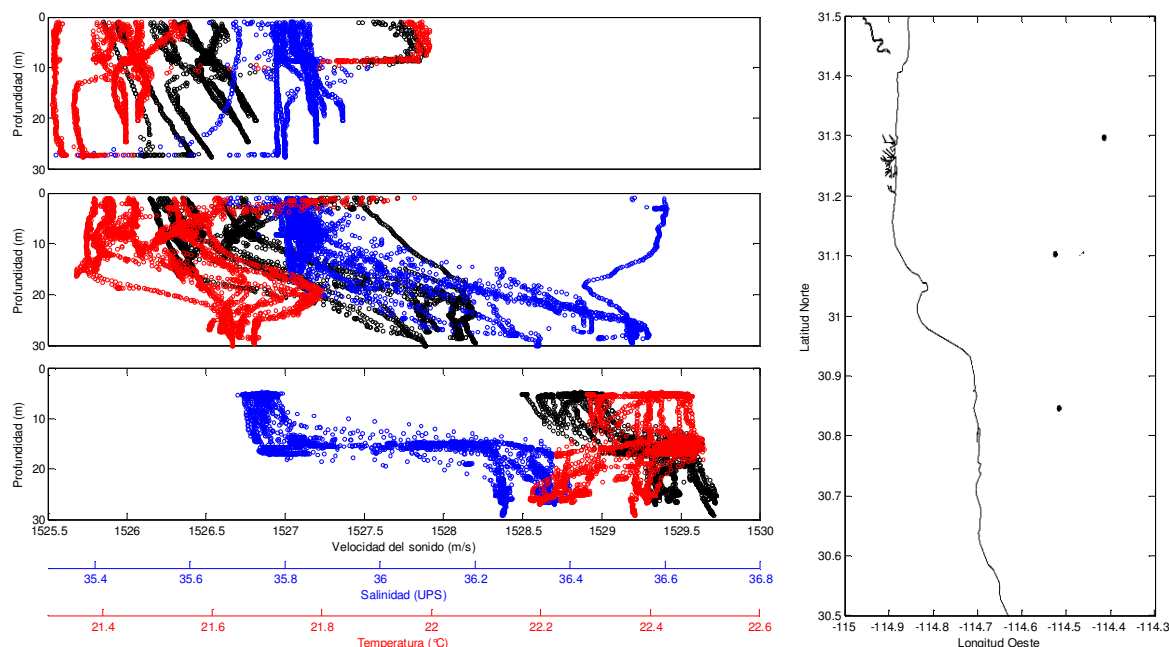


Figura 1.4 Perfiles de salinidad, temperatura y velocidad del sonido a tres diferentes latitudes del área de estudio. Los perfiles están acomodados de norte a sur y su ubicación se muestra con puntos negros en el mapa ubicado a la derecha.

Es claro a partir de la observación de estos gráficos que la velocidad del sonido sigue el patrón de la salinidad, lo que refuerza la evidencia de que es este parámetro en el que controla en mayor medida esta velocidad. En conjunto, la velocidad del sonido varió entre 1525.7 a 1529.8 m/s.

1.4.3. Grabaciones acústicas de alta frecuencia

En la Figura 1.5 se presenta un agregado de la información generada. Se distingue que en la banda entre 60 a 80 KHz hay una alta incidencia de ruido. Así mismo, la intensidad aumenta de forma constante hacia frecuencias más bajas pero no se presentan picos como en la banda entre 60 y 80. Cuando la marea se halla en su menor tasa de cambio tienden a presentarse algunos picos de intensidad en la banda entre 20 y 60 KHz, así como en la banda entre 80 a 120 KHz.

En la banda entre 120 a 160 KHz, banda en la cual se emiten las señales de la vaquita, se presentan dos picos claros aunque de relativa media intensidad y banda estrecha. Dichos picos se presentan aproximadamente a 128 y 138 KHz y algunas combas de más amplia banda aproximadamente a 150 KHz. Este patrón es muy regular independientemente del estado de la marea.

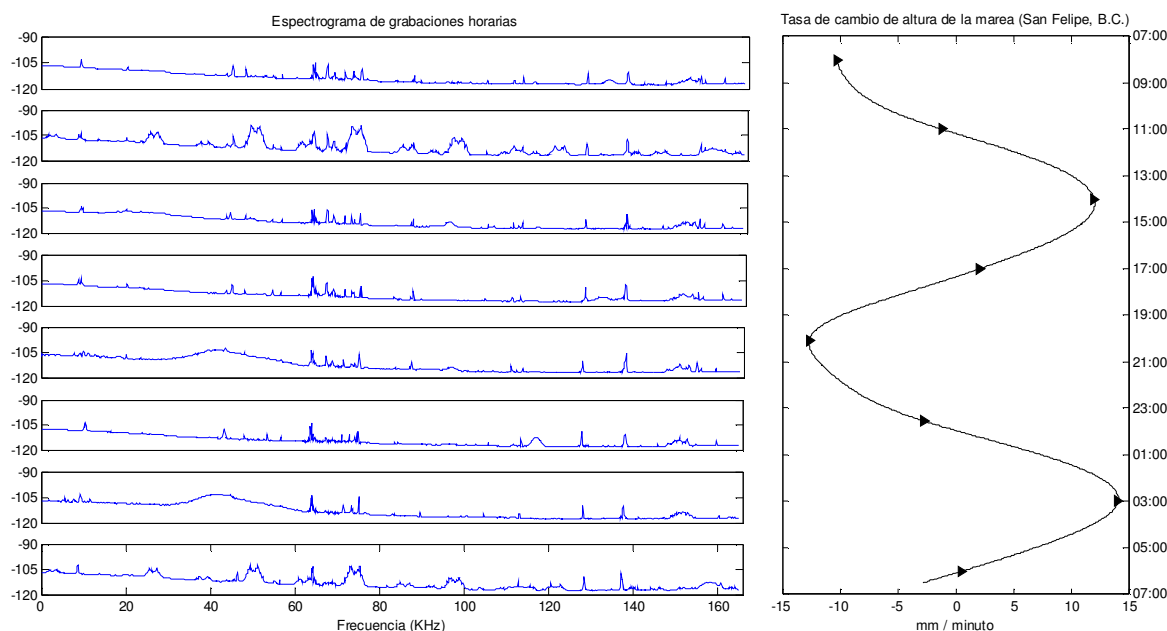


Figura 1.5 Espectrogramas generados con transformada de Fourier de las grabaciones de alta frecuencia que muestran el contenido de frecuencias. Cada uno de los espectros se corresponde con el período mareal mostrado a la derecha, indicado por un triangulo a la altura en que se ubica el gráfico correspondiente. Se analizaron los momentos de más alta tasa de cambio mareal así como de nula fuerza mareal.

Las señales de la vaquita se emiten entre 110 a 160 KHz en banda estrecha, de manera que la presencia de picos de ruido podría ser problemática sólo para ciertos chasquidos emitidos justo a las frecuencias de estos picos, lo cual debe presentarse en la minoría de chasquidos recibidos. De cualquier forma se debe remarcar que las señales de vaquitas son identificadas con base en series de chasquidos, no chasquidos individuales.

Los espectros presentados también son similares entre los sitios en que se registraron datos (Figura 1.10), por lo que se puede concluir que el ambiente acústico de la zona estudiada es muy estable y homogéneo.

1.4.4. Información sobre almacenamiento de información acústica en detectores autónomos y semiautónomos

En la Figura 1.6 se presentan datos de un poco menos de 17 días de almacenamiento de datos acústicos en un detector autónomo. Los datos se presentan como promedios de intensidad de señales acústicas en intervalos de seis horas para cada una de cinco bandas de frecuencias filtradas: en rojo para la banda entre 1 a 15 KHz, azul para la banda entre 16 a 50 KHz, verde para la banda entre 51 a 100 KHz, azul marino para la banda entre 101 a 150 KHz y violeta para la banda entre 151 a 200 KHz. La línea negra quebrada representa la altitud de la marea a lo largo del período presentado, la línea anaranjada representa el número de chasquidos almacenados en cada hora de muestreo, y la línea amarilla representa el promedio diario de la velocidad del viento superficial según datos del “SeaWinds Scatterometer” a bordo del satélite QuickSCAT (<http://manati.orbit.nesdis.noaa.gov/doc/oceanwinds1.html>), con valores mínimo de 4 y máximo de 16 nudos.

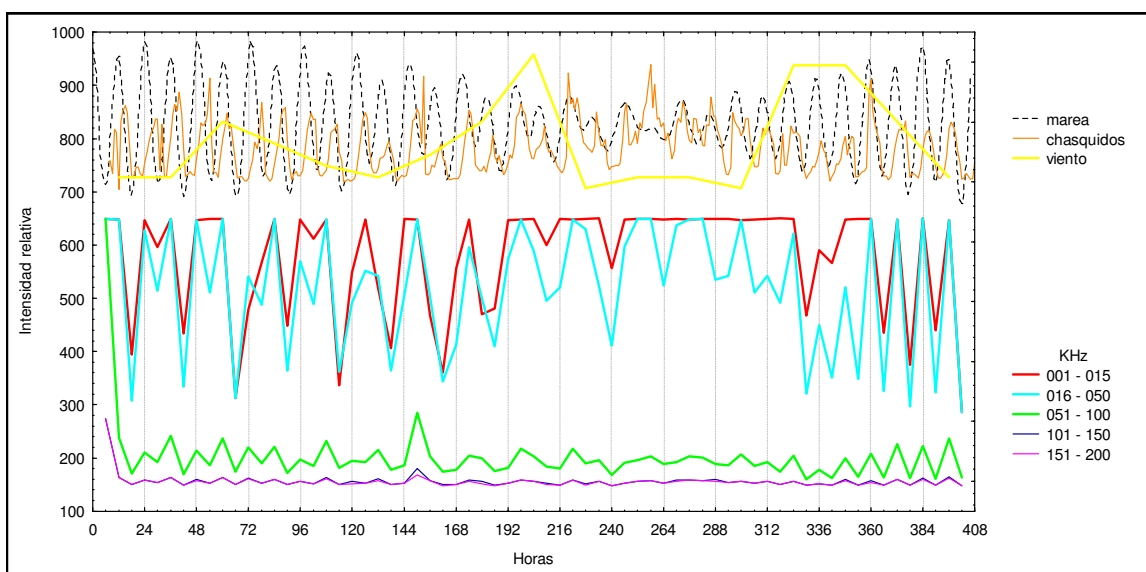


Figura 1.6 Serie de tiempo de cerca de 17 días de almacenamiento de señales acústicas en un detector acústico autónomo en cinco bandas de frecuencia entre 1 a 200 KHz. La información se presenta como intensidad en unidades relativas. También se presenta información sobre número de chasquidos almacenados por hora. Se muestran datos correspondientes en tiempo para altura de la marea y velocidad del viento (para este último parámetro un dato promedio por día).

En primer término se puede apreciar que las bandas de frecuencias con mayor intensidad de señales acústicas son las dos más bajas (entre 1 a 50 KHz). La banda intermedia, entre 51 a 100 KHz, presentó intensidades más bien bajas, aunque ligeramente superiores a las dos bandas de más alta frecuencia entre 101 a 200 KHz. Esto es un reflejo de lo que se obtuvo con grabaciones de alta frecuencia, tal como se explicó en el apartado anterior. Es decir, el detector autónomo está reflejando fielmente la gama de frecuencias que ocurren de forma natural en la zona de estudio, lo que da una evidencia de un correcto funcionamiento.

La vaquita emite señales entre 122 a 160 KHz (Silber, 1991), por lo que sus chasquidos serían detectados en las dos bandas en las que se obtuvieron señales con menor intensidad. De hecho, es sabido que la banda de alta frecuencia (por encima de 100 KHz) es de las más silenciosas en medio marino, dado que los la mayoría de los fenómenos físicos que provocan ruido lo hacen a menor frecuencia y las actividades humanas, tal como navegación y construcción marítima, invaden bandas de baja frecuencia (Au, 1993; Richardson *et al.*, 1995). Sin embargo, aún hay fenómenos físicos (*e.g.* generación de microburbujas) y actividad biológica (*e.g.* chasquidos producidos por artrópodos y otros cetáceos aparte de la vaquita) que invaden la banda de alta frecuencia en la que emite la vaquita (Au, 1993; Richardson, 1995).

El ciclo de mareas vivas y muertas al parecer tiene un efecto sobre la adquisición de señales acústicas. Se puede notar que durante el pequeño período de mareas muertas, entre las 192 a 312 horas de muestreo, la variabilidad en la intensidad de las señales acústicas recibidas fue menor en las cinco bandas de frecuencia. Respecto al almacenamiento de chasquidos, se nota un incremento, aunque poco significativo, durante el período de mareas muertas. Al parecer, durante el período de mareas muertas, la intensidad del viento disminuyó a los menores valores del período muestreado. Será necesario obtener mayor información para entender si la disminución en la variabilidad de señales acústicas recibidas está relacionada con el ciclo mareal o con los efectos del viento.

Sin embargo, es de remarcar que los ciclos diurnos de marea pueden dictar la intensidad de señales recibidas, dado que estas señales parecen seguir ciclos harmónicos similares, con un par de ciclos por día, de acuerdo al período mareal semidiurno que impera en la región del Alto Golfo de California. Ciclos muy similares se distinguen para el número de chasquidos almacenados por tiempo de grabación (Figura 1.7). Hay una mayor tasa de almacenamiento durante el momento en que la marea se halla entre sus extremos, es decir, cuando la corriente mareal alcanza sus máximos valores, lo cual podría estar relacionado tanto con factores físicos de transporte de material particulado (que choque contra el hidrófono provocando ruido) como con actividad acústica biológica (que podría incrementarse durante estos períodos). De hecho se percibe en la gráfica que la mayor cantidad de chasquidos se almacenan en los momentos de alta velocidad de reflujó (cuando la marea va hacia abajo) y hay picos más pequeños durante el flujo (cuando la marea va hacia arriba). Esto puede estar relacionado con el hecho de que cuando la marea baja arrastra sedimentos de las zonas más someras al norte de la zona de estudio, lo que pudiera ocasionar un mayor número de choques de sedimento contra el hidrófono y por ende mayor generación de chasquidos. Durante el flujo no habría tal cantidad de sedimentos provenientes del sur, por tal la baja de detección de chasquidos.

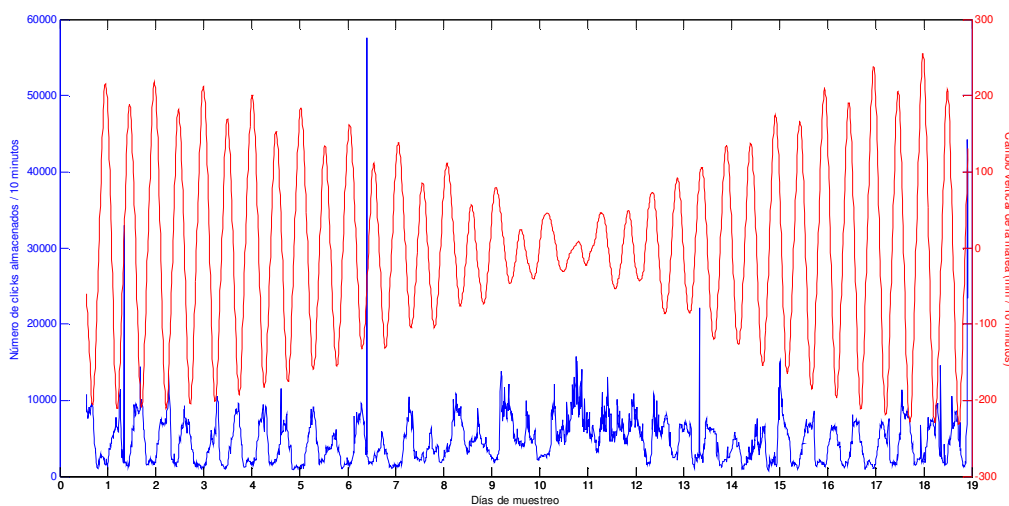


Figura 1.7 Serie de tiempo de almacenamiento de chasquidos en un detector autónomo por cada 10 minutos y ciclo mareal correspondiente, expresado en tasa de cambio mareal por cada 10 minutos. Se aprecia que los periodos de alto almacenamiento de chasquidos están acoplados con la marea, principalmente durante los periodos de alta corriente durante el reflujó.

Los datos de viento con que se cuenta (promedios diarios) no parecen explicar de forma significativa la adquisición de datos acústicos en número de chasquidos. Sin embargo, será necesario analizar esto con datos de viento más precisos y extendidos. El patrón de almacenamiento de información indica que un buen esquema de muestreo podría consistir en permitir que los equipos trabajen durante los períodos de marea en que no se provocan altas cantidades de chasquidos. Esto podría permitir el uso de menor cantidad de espacio de almacenamiento, una mayor vida de las baterías y una mayor probabilidad de identificación de vaquitas al haber menos ruido en la información almacenada.

A lo largo de los casi 17 días de muestreo, flora y fauna se fue acumulando en el equipo acústico. Esto no pareció tener un efecto apreciable en la capacidad del equipo para almacenar información. Después del período de mareas muertas la variabilidad en la intensidad de señales se recuperó, así como el ciclo de almacenamiento de chasquidos. Esto indica que la acumulación de biota no ocasionó efectos en la detección de señales acústicas. Por otro lado, la vida de las baterías fue suficiente para este periodo. Será necesario analizar períodos de muestreo más largos para determinar si ambos factores (biota y baterías) son limitantes para un adecuado almacenamiento de información. Así mismo, será necesario determinar el tiempo máximo permisible de crecimiento de biota, que torne difícil la limpieza y mantenimiento de los equipos. Con base en este tipo de información se podrá recomendar el período ideal para realizar los mantenimientos rutinarios a los equipos una vez implementado el esquema de monitorización.

Entre zonas del área de estudio se aprecia un patrón similar de almacenamiento de chasquidos (Figura 1.8). En todos los casos se sigue apreciando un patrón de almacenamiento acoplado a los ciclos de marea. Para las tres estaciones más al norte se distingue una tasa de almacenamiento base de menos de 10,000 chasquidos por cada diez minutos, con eventos acoplados a mareas con mayor intensidad, así como con periodos de aún mayor tasa debidos quizá a sucesos como los explicados anteriormente.

Es de notar que para la estación cercana a San Felipe la tasa base de almacenamiento supera los 20,000 chasquidos por cada 10 minutos. Esto quizá se deba al hecho de que la

actividad de navegación es alta en esa zona, al ser un sitio muy cercano al puerto de San Felipe en donde reside la flota pesquera de esta zona.

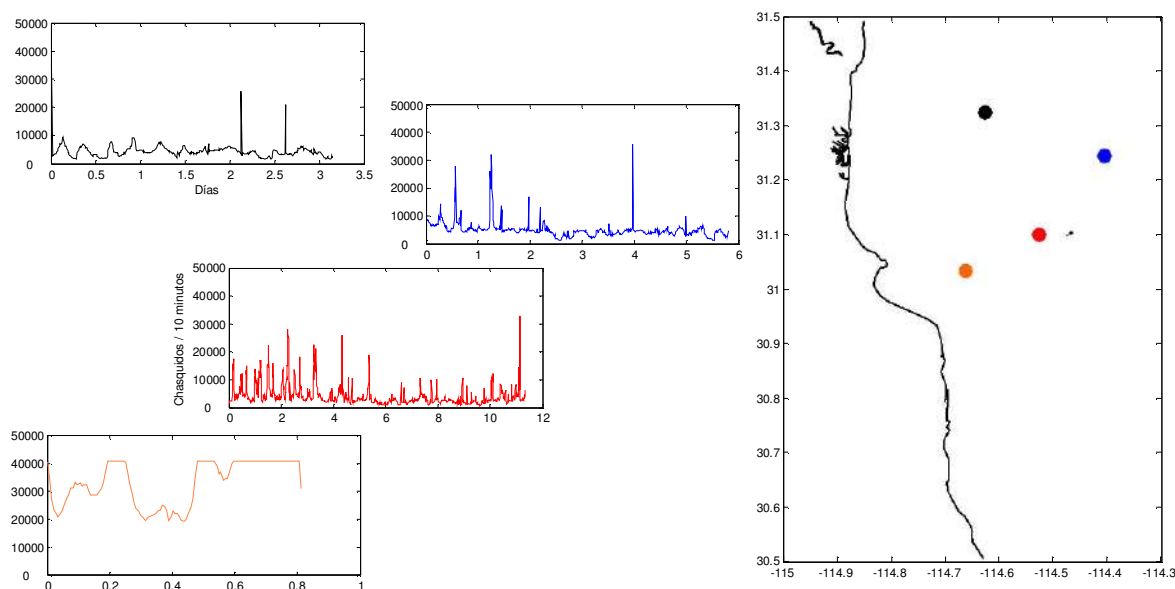


Figura 1.8 Series de tiempo de almacenamiento de chasquidos en cuatro localidades del área de estudio. La posición en que se registro cada serie se identifica con el color de su línea y el correspondiente punto en el mapa a la derecha. Es notable que en la serie hacia el sur hay una mayor tasa de almacenamiento.

1.4.5. Comparación entre detectores autónomos y semiautónomos

En la Figura 1.9 se muestran series de almacenamiento de chasquidos para un detector autónomo y el semiautónomo. La serie tiene una duración de cerca de 20 horas y, para los datos mostrados, los detectores trabajaron en el mismo punto. Se incluye en el gráfico el cambio en la altura de marea por minuto. Es claro que la tasa de almacenamiento de chasquidos aumenta durante los periodos de flujo y reflujo, aunque también se observa que durante el segundo flujo no hay una relación muy estrecha con la marea. Se debe considerar que hay otros eventos en la zona de estudio que pueden afectar la tasa de almacenamiento de chasquidos, tal como la presencia de actividad pesquera en las cercanías, sobre todo de la flota arrastrera. Eventos de alta generación de oleaje provocan la formación de microburbujas que también generan chasquidos a altas intensidades. Es probable que eventos de este tipo hayan ocurrido, lo que genero una tasa alta y constante de almacenamiento de chasquidos.

Por otro lado, se observa que el patrón de almacenamiento de chasquidos es muy similar para ambos tipos de detectores. Sin embargo, un menor número de chasquidos fueron almacenados en el equipo semiautónomo. Se debe aclarar que ambas tecnologías difieren tanto en sus sistemas de filtros y amplificadores, como en sus sistemas y algoritmos de identificación y almacenamiento. Por tal estas diferencias pueden presentarse, lo importante es que el patrón de almacenamiento es similar y por ende se puede concluir que su operación refleja un mismo tipo de ambiente acústico.

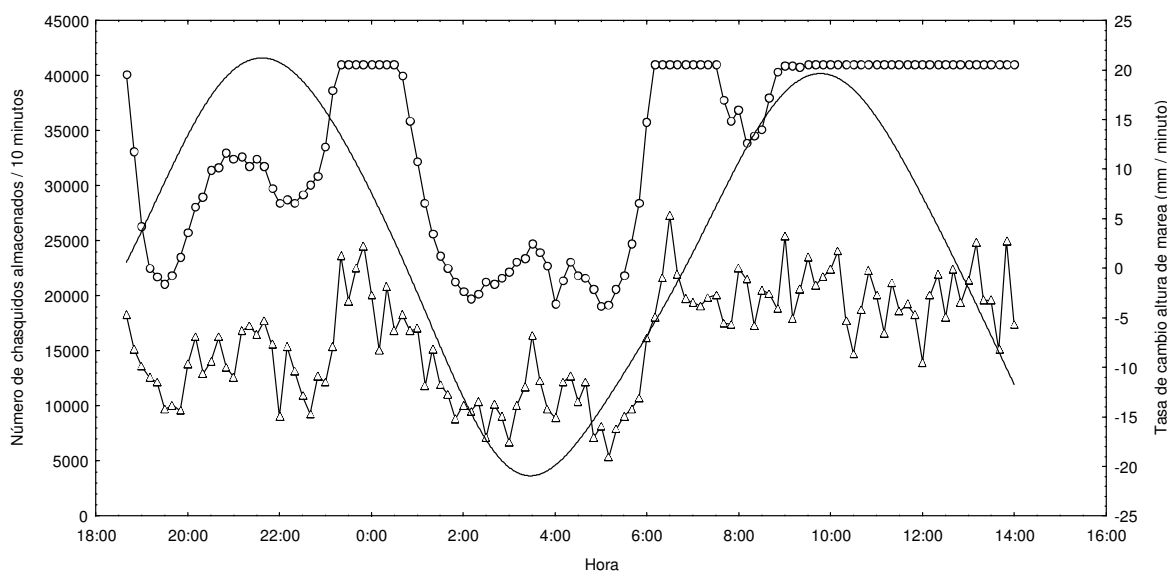


Figura 1.9 Serie de tiempo de almacenamiento de chasquidos para un detector autónomo (círculos) y otro semiautónomo (triángulos). Se acompaña con el ciclo mareal (línea continua) en forma de tasa de cambio por minuto. Se aprecia la similitud entre los patrones de almacenamiento de chasquidos, aunque en valores absolutos más bajos para el detector semiautónomo.

1.4.6. Tiempos de autonomía

Como se mencionó antes, los detectores autónomos trabajaron hasta por periodos de más de 18 días. En todos los casos las baterías aún tenían buena cantidad de carga en las baterías. Es muy probable que la vida útil de las baterías alcance un mes de duración, aún cuando se presenten períodos de alta generación de ruido y almacenamiento de chasquidos. De tal forma, un esquema de monitorización podría contemplar en su diseño un programa de mantenimiento mensual de aparatos.

1.4.7. Identificación de señales acústicas de vaquitas y tasas de encuentro

En total se logró identificar 32 eventos de detección de vaquitas, 6 con el equipo semiautónomo y los restantes 26 con equipos autónomos. En total se obtuvieron 2,218 horas de grabaciones con detectores acústicos autónomos y 235 horas con el detector semi-autónomo en la zona de concentración acústica definida por Jaramillo Legorreta (2008). Esto resulta en una tasa de detección de 0.027 eventos por hora con el equipo semiautónomo y 0.016 eventos por hora con los equipos autónomos. La desviación estándar es de 0.052 y 0.025 respectivamente, lo que resulta en la ausencia de una diferencia significativa ($t = 2.1$, $p = 0.52$). Es decir, se puede suponer que no hay diferencia en las capacidades de detección entre ambos equipos. Sin embargo, como es de suponer, la mayor cantidad de muestra generada con los detectores autónomos resultó en una menor varianza proporcional a la media. Un esfuerzo similar sería casi imposible con los equipos semiautónomos, debido a que requieren de la participación de un equipo científico a bordo de una embarcación, por lo que parece adecuado instaurar un esquema de monitorización basado en detectores autónomos, quizá apoyado con la operación del equipo semiautónomo. Esto porque con este tipo de equipo se puede obtener información adicional proveniente de la observación directa de vaquitas.

1.4.8. Extensión geográfica de la detección de vaquitas

En la Figura 1.10 se muestra un mapa con la distribución de las estaciones de muestreo con equipo semiautónomo y los sitios en donde se realizaron anclajes para la instalación de equipos autónomos. Así mismo, se indican los sitios en los que se logró identificar señales acústicas emitidas por vaquitas.

Se aprecia como se cubrió buena parte de la zona de distribución de la vaquita (Jaramillo Legorreta, 2008) y que los encuentros acústicos se restringieron a una línea en dirección noreste – suroeste. Los encuentros logrados hacia la zona sur coinciden con la zona de alta concentración acústica definida por Jaramillo Legorreta (2008), aunque todos los encuentros también coinciden con la zona de actividad acústica definida también por Jaramillo Legorreta.

La información generada sobre encuentros con vaquitas muestra cierto grado de agrupamiento, tal como se espera de lo descrito sobre distribución de la especie (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; Jaramillo Legorreta, 2008). Sin embargo, esta distribución no coincide con la resultante del uso de instrumentos ópticos de alta potencia para avistar vaquitas, tal como la aplicada en los años 1993, 1999 y el pasado 2008 (Gerrodette *et al.*, 1995; Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; Jaramillo Legorreta *et al.*, 2009).

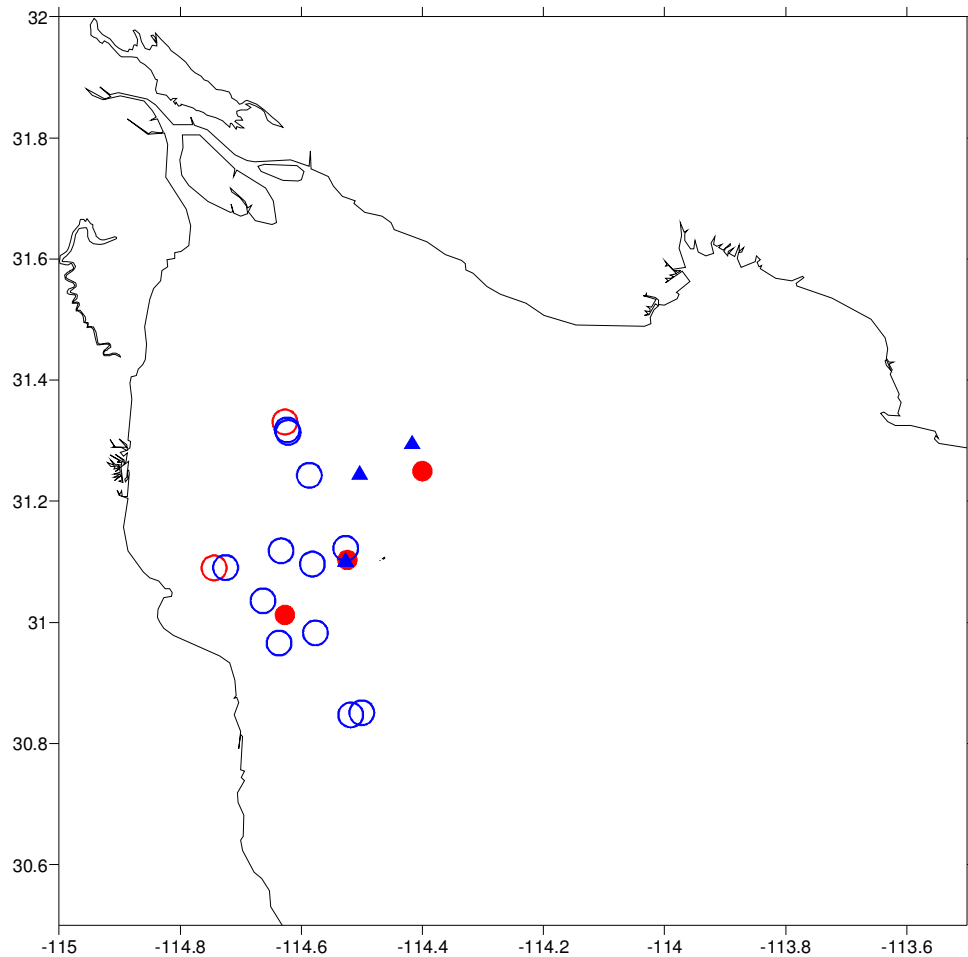


Figura 1.10 Mapa que muestra los sitios en donde se anclaron detectores acústicos autónomos (círculos rojos) y en donde se ancló el barco para trabajar con el detector semiautónomo y ocasionalmente con un detector autónomo (círculos y triángulos azules). En los puntos señalados por los triángulos y los círculos rojos rellenos se obtuvieron encuentros acústicos de vaquitas.

1.5. Discusión

Las condiciones oceanográficas del Alto Golfo de California delinean a una cuenca altamente influenciada por corrientes mareales y con periodos de alta influencia de vientos. Aunque parecería que una porción del área de estudio, hacia el sur, presenta una columna de agua estratificada a juzgar por los perfiles de temperatura y salinidad, los rangos de variación de estos parámetros son tan cortos (menos de 1°C y una unidad práctica de salinidad) que se evidencia que las mareas mantienen la columna de agua mezclada en el área de estudio.

La velocidad del sonido, determinada principalmente por la salinidad y la temperatura, puede variar un máximo de 4 a 4.5 m/s. En el caso que se implemente el uso de detectores acústicos con más de un hidrófobo, con el fin de medir dirección de las fuentes sonoras, será necesario revisar la influencia de la variación de la velocidad del sonido en las mediciones de ángulos y calibrar en caso de necesidad.

El contenido espectral analizado en grabaciones de alta frecuencia de muestreo refleja un ambiente acústico homogéneo en la escala espacial y temporal. La marea no parece ser determinante en el contenido de energía en las diferentes bandas de frecuencia analizadas. Se presentan dos picos a aproximadamente 128 y 138 KHz con relativa media potencia y banda muy estrecha, a manera de tonos. Estas frecuencias se hallan dentro de la banda de frecuencias en que emite la vaquita, por lo que podrían ser problemáticas. Sin embargo, dada su estrechez y relativa media potencia, se estima que podrían representar un problema sólo en algunos casos. Dado que las vaquitas se identifican por el análisis de series de chasquidos, dentro de la cuales se pueden emitir chasquidos con diferente contenido espectral, se cree que hay elementos técnicos suficientes para poder solventar este fenómeno.

La marea si parece influenciar periodos de alto almacenamiento de chasquidos, debido seguramente al arrastre de sedimentos que provocan ruido al impactar con los hidrófonos. Esto podía ser muy problemático sobre todo en las zonas más turbias conocidas de la región, lugar en los que se sabe hay mayor concentración de vaquitas (Jaramillo Legorreta, 2008). Una forma de subsanar esto podría ser programar a los equipos

acústicos para que estén activos sólo durante los periodos de bajas corrientes mareales, lo cual extendería la capacidad de almacenamiento, ahorraría baterías y permitiría quizá obtener datos más homogéneos y limpios.

Los equipos autónomos y semiautónomos registran chasquidos en patrones similares aunque a valores absolutos distintos. Esto depende de los algoritmos de identificación de cada equipo, que a su vez es dependiente de su diseño acústico y electrónico. Todo indica que se podrían utilizar ambos equipos en un programa de monitorización, dado que almacenan cantidad suficiente y variada de información para hacer comparaciones cuantitativas a posteriori. De hecho no se hallaron diferencias significativas entre las tasas de detección de vaquitas, aunque si se evidenció la disminución de la varianza a través del incremento de esfuerzo de detección que se pudo aplicar con detectores autónomos. Esto permite recomendar que la implementación de un esquema de monitorización debe incluir una red de detectores autónomos, quizá complementada con un programa de muestreo con base en el equipo semiautónomo, con el fin de obtener otro tipo de información por medio de la observación directa de vaquitas que permite realizar este tipo de equipo.

Dada la baja densidad poblacional que hoy día presenta la vaquita, la probabilidad de detectar animales en una estación particular es baja. Será necesario realizar estimaciones del esfuerzo de muestreo necesario para medir con precisión las tendencias poblacionales. La distribución de los encuentros acústicos refleja que la vaquita se puede encontrar a lo largo y ancho de la zona conocida previamente con concentración acústica, pero será necesario instalar los equipos suficientes para evidenciarlo.

En conclusión, se estima que ambos tipos de equipo acústico pueden ser utilizados en un esquema de monitorización acústica, pero se requerirá de un esfuerzo de detección, medido en número de estaciones y horas de muestreo suficiente para disminuir la varianza muestral significativamente para estar en capacidad de detectar los pequeños cambios en las tendencias poblacionales que se esperan en los años siguientes.

2. ECOLOGÍA DE BALLENA JROBADA (*Megaptera novaeangliae*) EN EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS ISLAS MARIÁS”.

2.1. Resumen Ejecutivo

La actividad turística de observación de ballenas representa un problema potencial de impacto directo sobre la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), principalmente en la zona de Bahía de Banderas, Nay. y Los Cabos, B.C.S. Para investigar el efecto del ecoturismo sobre esta ballena es necesario, como un primer paso, conocer su distribución, abundancia y conducta en una zona prístina tal como lo es el Archipiélago de las Islas Mariás, Nay. Durante 21 días (febrero-marzo, 2009) se llevaron a cabo observaciones desde puntos fijos en tierra (binoculares y teodolito). Además, se realizaron navegaciones en embarcaciones menores para foto-identificar a las ballenas. El total de avistamientos fue de 214 y la tasa de encuentro (avistamientos/hora de navegación) fue de 0.99. Las ballenas se observaron a una distancia a la costa de entre 100 m y 16 km. Durante los avistamientos se foto-identificaron 72 ballenas, las cuales se compararon con el catálogo de Bahía de Banderas (1996-2006). Adicionalmente, las 40 ballenas foto-identificadas en 2008 se compararon con los catálogos fotográficos de México (2004-2006). A partir de estas comparaciones se encontró que cuatro ballenas de las Islas Mariás se fotografiaron en años anteriores en el Archipiélago de Revillagigedo, cuatro en Baja California y una en Bahía de Banderas. También nueve ballenas, de las foto-identificadas en 2009, fueron encontradas en Bahía de Banderas. La presencia de hembras con cría, de grupos en cortejo y el intercambio de ballenas entre las diferentes zonas de reproducción de México indican que este archipiélago es una zona importante para la reproducción y crianza de la ballena jorobada. Estos resultados, junto a la escasa actividad humana llevada a cabo en las inmediaciones del archipiélago, la hacen una de las pocas áreas prístinas, a nivel mundial, de distribución de la ballena jorobada, lo que provee la oportunidad de diseñar experimentos para evaluar el impacto del turismo en las ballenas.

Whale watching represents a potential problem of direct impact on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*), mainly in Banderas Bay, Nay. and Los Cabos, B.C.S. To assess the impact of whale watching on this whale is necessary to know their distribution, abundance and behavior in a pristine zone, like is the Marias Islands, Nay. During 21 days (February-March, 2009) shore-based surveys (theodolite and binoculars) and small-boats (pangas) photo-identification surveys were conducted. The total of sightings was 214 and the encounter rate (No. sightings/hour of photo-identification surveys) was 0.99. Whales were observed between 100 m to 16 km off shore. A total of 72 whales were photo-identified and compared with the Banderas Bay catalogue (1996-2006). Additionally, the 40 whales photo-identified during 2008 were compared with the Mexican catalogues (2004-2006). As result of these comparisons, we found that four whales of the Marias Islands were photographed in previous years in the Revillagigedo Archipelago, four in Baja California and one in Banderas Bay. As well, nine of the whales photo-identified in 2009 were photographed previously in Banderas Bay. The presence of females with calf, courtship groups, and the interchange of whales between the different Mexican breeding grounds indicate that this archipelago is an important zone for the reproduction and breeding of the humpback whale. These results, together with the scarce human activity conducted in the surrounding area of the archipelago, made of this place one of the few pristine areas, in the world, of distribution of humpback whales and provide the opportunity to design experiments to assess the whale watching impact on whales.

2.2. Introducción

La ballena jorobada o rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) se encuentra en todos los océanos del mundo y presenta un ciclo migratorio anual. Durante el verano se alimenta en latitudes altas en zonas de gran productividad y durante el invierno migra a regiones subtropicales de aguas someras cerca de costas continentales, islas y bancos en donde se reproducen y crían a sus recién nacidos (Carwardine, 1995).

En el Pacífico mexicano se han definido tres subregiones de concentración invernal: 1) Costa occidental de México, desde el sur de Sonora hasta la frontera con Guatemala, principalmente en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Islas Mariás y en la Bahía de Banderas, en Nayarit y Jalisco; 2) extremo sur de la Península de Baja California con una ocurrencia mayor en la región de Los Cabos, B.C.S. y 3) el Archipiélago de Revillagigedo, Colima (Rice, 1974; Urbán y Aguayo, 1987; Urbán *et al.*, 1999).

La presencia de la ballena jorobada en aguas de Nayarit fue reportada primeramente por Scammon (1874) quien las observó durante el mes de diciembre en Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco. Para el archipiélago de las Islas Mariás, Van Gelder (1960) reportó la presencia de esta especie a principios de abril de 1957 en la vecindad de Puerto Balleto. Posteriormente se tienen numerosos registros de esta ballena en las costas de Nayarit (Álvarez, 1987; Urbán y Aguayo; 1987, Salinas y Bourillón, 1988; Ladrón de Guevara, 1995, entre otros).

El hecho de que la ballena jorobada tenga hábitos costeros ha facilitado el estudio de diferentes aspectos de su biología, pero al mismo tiempo la expone a los impactos producidos por las actividades humanas. Entre estos impactos se encuentran los relacionados con las pesquerías, el tránsito marítimo, la contaminación química, los desarrollos urbanos y el turismo. La actividad turística de observación de ballenas representa un problema potencial de impacto directo sobre las ballenas jorobadas, principalmente en la zona de Bahía de Banderas, Nay. y Los Cabos, B.C.S. Cambios en distribución, tasas de nacimiento, mortalidad, conducta y gasto energético podrían ser los efectos potenciales que esta actividad podría ocasionar. Los estudios realizados hasta ahora muestran que las ballenas jorobadas presentan algunas modificaciones en su conducta por la presencia y aproximación de embarcaciones (Medrano y Urbán 2002), sin embargo, hasta el momento, no se ha determinado el efecto que a corto, mediano y largo plazo se pueda ocasionar a la salud poblacional de esta especie (Leyva, 2000).

La existencia del Penal Federal en las Islas Marías y las restricciones que impone a la navegación y a ciertas actividades humanas en la zona del archipiélago propicia un nivel de impacto bajo, y constituye una de las pocas áreas prístinas, a nivel mundial, de distribución de la ballena jorobada.

Desde el punto de vista del manejo de los recursos naturales es deseable conocer si un cambio en la distribución y conducta de los organismos se debe a fluctuaciones u oscilaciones naturales o a un efecto antropogénico (BjØrge, 2002). El hecho de que en las aguas adyacentes a las Islas Marías la actividad humana sea mínima ofrece una excelente oportunidad para llevar a cabo estudios sobre la biología de estos mamíferos marinos en su hábitat natural. Un estudio a mediano plazo sobre distribución, densidad, fidelidad y conducta de las ballenas jorobadas en esta zona se conforma como información de línea base, la cual podrá ser comparada con sitios impactados para evaluar afectaciones potenciales o deterioros. Esto aportará elementos para la conservación y manejo de la ballena jorobada.

2.2.1. Objetivos

1. Ubicar e identificar la fauna cetológica del Archipiélago de las Islas Marías.
2. Estandarizar la metodología para la obtención de datos sobre comportamiento y gasto energético de la ballena jorobada.
3. Identificar los diferentes tipos de agrupaciones sociales de la ballena jorobada y su comportamiento.
4. Obtener un catálogo fotográfico de individuos de ballena jorobada mediante la técnica de foto-identificación.
5. Conocer el stock poblacional al cual pertenecen las ballenas jorobadas que están presentes en el Archipiélago de las Islas Marías.

2.3. Metodología

2.3.1. Área de Estudio

El archipiélago de las Islas Marías se ubica a 130 km de San Blas, Nayarit y a 175 km al sur de Mazatlán, Sinaloa, y corresponde la Unidad de Gestión Ambiental Costera UG01 (SEMARNAT, 2006). Al quiebre de la plataforma continental, el eje de las islas divide la Unidad en una región noreste de profundidad somera y plana, y en una región sureste con una pendiente

pronunciada que alcanza los 1000 m de profundidad. La Unidad se encuentra en una zona de transición oceanográfica entre la provincia subtropical y la provincia del Pacífico norte (SEMARNAT, 2006). El 27 de noviembre del año 2000 el archipiélago de las Islas Marías se estableció como un área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera (D.O.F., 2000). El archipiélago también forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California.

El archipiélago de las Islas Marías lo constituyen las islas San Juanito, María Cleofás, María Magdalena y María Madre (Figura 2.1.), de las cuales esta última es la de mayor tamaño. Mide 20 km de largo y 10 km de ancho y su altura máxima es de 620 metros sobre el nivel del mar (Santos del Prado *et al.*, 2006). Su superficie total es de 4862 km² (SEMARNAT, 2006). La plataforma continental que rodea a la isla es amplia y somera (200 m) en el lado este, mientras que en el lado oeste el talud es más pronunciado, alcanzando profundidades de alrededor de 1000 m.

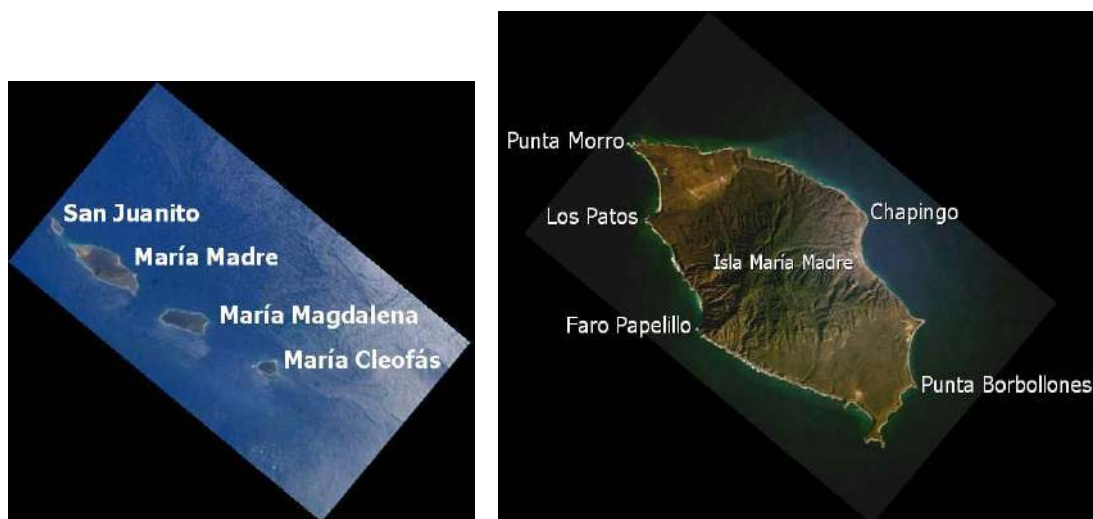


Figura 2.1. Archipiélago de las Islas Marías y puntos de observación en la Isla María Madre.

2.3.2. Trabajo de campo

Del 20 de febrero al 17 de marzo de 2009 se realizaron observaciones de ballenas jorobadas desde cinco puntos fijos de la isla María Madre (Figura 2.1. y Tabla 2.1.). La observación y el seguimiento de las ballenas se hicieron con la ayuda de un teodolito y de binoculares 7X50 (Figura 2.2.). Las observaciones se iniciaban entre las 8:00 y 9:00 a.m. y terminaban usualmente entre 15:00 y 16:00 p.m.

Después de detectar un grupo de ballenas, uno de los observadores seguía sus movimientos con el teodolito, una segunda persona registraba los datos del avistamiento mientras que un tercer observador continuaba observando con los binoculares el resto del área en busca de otros grupos de ballenas. Los datos de ángulos, tiempos, tamaño de grupo y comportamiento de las ballenas se registraron directamente en la computadora a través de un programa diseñado para tal efecto y en otras ocasiones se anotaron en bitácoras de campo. Posteriormente, todos los datos se capturaron en una base de datos computarizada. Además, se registró el número y tipo de embarcaciones presentes en el área inspeccionada.

Con el teodolito se midieron ángulos verticales y horizontales que posteriormente se transformaron en coordenadas geográficas, las cuales se ubicaron en un mapa digitalizado de la zona de estudio. Los cálculos de las coordenadas tomaron en cuenta la declinación magnética (INEGI, 1999), los cambios en el nivel de mar debido a las mareas y la curvatura terrestre. Los datos de las mareas se obtuvieron a partir del mareógrafo ubicado en Puerto Balleto y del programa Mar V0.7 del Departamento de Oceanografía Física del CICESE.

Tabla 2.1. Ubicación de los puestos de observación en la Isla María Madre.

Puesto de Observación	Coordenadas	Ángulo de visión (grados)	Altura m.s.n.m.	Fecha de observación
Punta Borbollones	21.5726° N 106.5123° W	202-357°	50	20 febrero 09 6 marzo 09
Punta Morro	21.6965° N 106.6586° W	86-244°	16	24 febrero 09 7 marzo 09
Faro Papelillo	21.6016° N 106.6302° W	140 - 326°	21	22 febrero 09 11 marzo 09
Los Patos	21.6557° N 106.6538° W	150 - 258°	35	3 marzo 09
Chapingo	22.1012° N 106.8991° W	140 - 310°	25	28 febrero 09 13 marzo 09

En todos los días de observación se contó con el apoyo de la Secretaría de Seguridad Pública para el traslado del campamento de Balleto a los diferentes puntos de observación.

También se contó con la ayuda del personal de la Secretaría de Marina-Armada de México durante las horas de observación en los lugares donde se encontraba un destacamento de la marina.

Durante 12 días, se realizaron navegaciones en embarcaciones menores (pangas) de la Secretaría de Seguridad Pública (Figura 2.3.). Las horas de navegación variaron de acuerdo al recorrido (Tabla 2.2.) y a las condiciones ambientales. Por razones de seguridad, el esfuerzo de observación cesaba cuando el viento excedía de 3 en la escala de Beaufort (velocidad del viento = 5.4 m/s y olas ≥ 1 m).



Figura 2.2. Equipo empleado durante las observaciones de las ballenas. Fotografías de Eduardo Lugo (a) y Paloma Ladrón de Guevara P. (b y c).

Durante las navegaciones, se foto-identificó a las ballenas con el objetivo de diferenciarlas individualmente. Las fotografías se obtuvieron con cámaras digitales y lentes zoom de 75 – 300 y 80 – 200 mm. Para el caso particular de la ballena jorobada, la técnica de foto-identificación consiste en fotografiar la cara ventral de su aleta caudal y ambos lados de la aleta dorsal. La aleta caudal presenta un patrón de coloración que varía desde completamente blanco

hasta completamente negro. Puede tener cicatrices, rayas, manchas y muescas que en conjunto con el borde posterior de la aleta y la forma y tamaño de la muesca central le proporcionan características distintivas (Katona y Whitehead, 1981). Es el equivalente a su huella digital. La forma y cicatrices de la aleta dorsal también pueden proporcionar información sobre la identidad de una ballena.

De cada individuo se trató de obtener al menos una fotografía de la aleta caudal y posteriormente se procuró fotografiar ambos lados de la aleta dorsal. En el caso de las hembras con cría se tomó siempre la fotografía de la aleta dorsal ya que es raro que muestren la aleta caudal antes de sumergirse (Figura 2.4.).

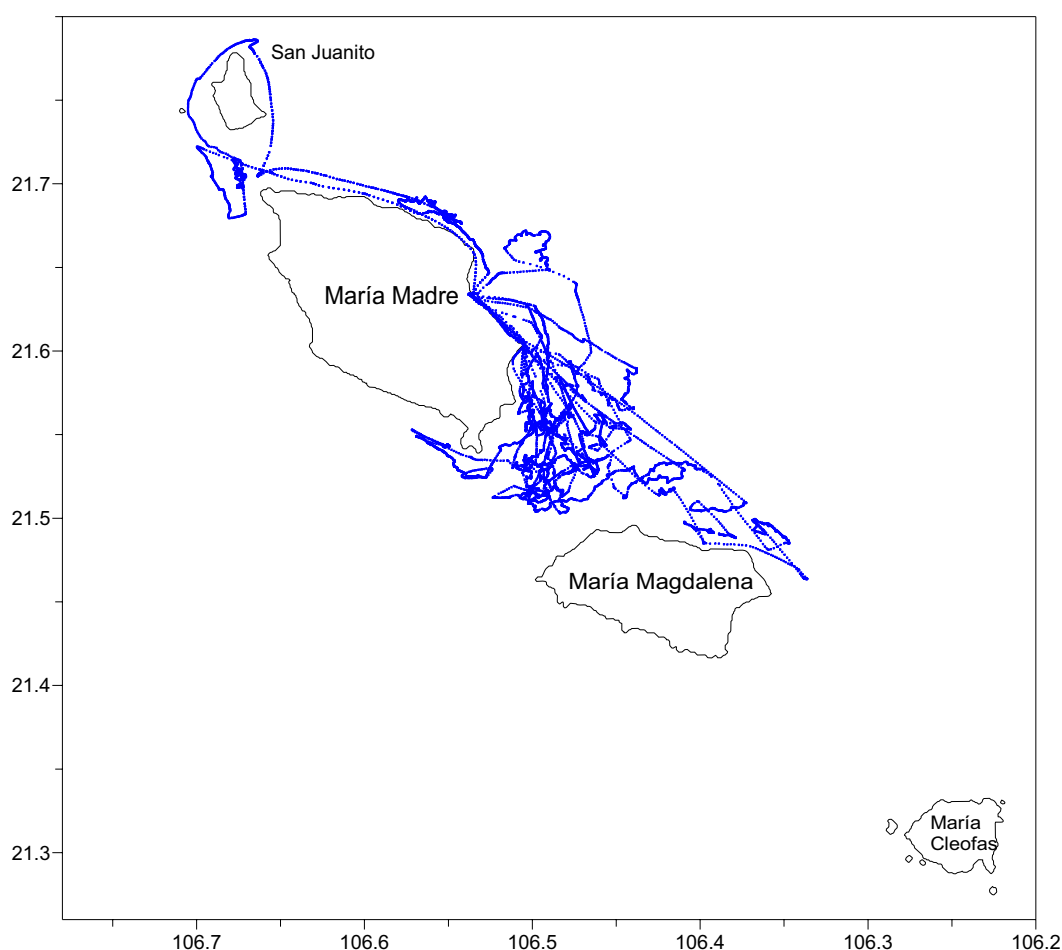


Figura 2.3. Navegaciones realizadas en las inmediaciones del archipiélago.



Figura 2.4. Aleta dorsal de una hembra y su cría de ballena jorobada. Fotografía de E. Nieto.

2.3.3. Trabajo de gabinete

Las fotografías de las aletas caudales se compararon y se seleccionaron todas aquellas que por presentar la misma morfología y patrón de coloración fueron consideradas como un mismo individuo. Del grupo de fotografías de cada ballena se escogió la mejor para ser incluida en el catálogo fotográfico. El total de 72 ballenas foto-identificadas en 2009 en las Islas Marías se comparó con las 40 fotografías obtenidas durante 2008 (Anexo 2.6).

Las 40 ballenas foto-identificadas durante 2008 se compararon con los catálogos fotográficos de México ubicados en el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Estos catálogos comprenden 1658 fotografías y abarcan los años 2004-2006 para la región de Bahía de Banderas y del Archipiélago de Revillagigedo y de 2004-2008 para Baja California Sur. Las 72 ballenas foto-identificadas en 2009 se compararon con los catálogos de Bahía de Banderas 1996-2006 (Frisch, 2006) y 1991-2003 (Conexión con la Vida Silvestre, A.C.).

Esta comparación permitió conocer en que otros años y zonas de reproducción de ballena jorobada en el país se habían observado las ballenas foto-identificadas en las Islas Marías.

Las cinco parejas de hembra-cría foto-identificadas durante 2009 se compararon con las tres hembras con cría foto-identificadas en 2008 en las Islas Marías.

2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante todos los días de trabajo se observaron ballenas jorobadas desde los diferentes puestos de observación, el esfuerzo de observación en tierra fue de 58.8 horas y de 55.5 horas de navegación (Tablas 2.2. y 2.3.). En total se registraron 159 avistamientos desde tierra y 55 durante las navegaciones. Desde ambas plataformas de observación, las hembras con cría se ubicaron principalmente en el canal entre la isla María Madre y San Juanito.

En general, las ballenas se observaron a una distancia a la costa de entre 100 m y 10 km (Figuras 2.5. y 2.6.), siendo 16 km la distancia máxima registrada. Se registró la presencia de todos los tipos de agrupaciones sociales: cantores, solitarios, parejas, tríos, grupos en actividad de cortejo, hembra-cría, hembras-cría y escolta. La presencia de los cantores en las inmediaciones de María Magdalena se registró mediante un hidrófono y una grabadora.

El tiempo de seguimiento, con teodolito, de los diferentes grupos de ballenas varió entre 20 y 130 minutos, dependiendo del tipo y comportamiento de cada agrupación social, así como de las condiciones ambientales. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo de la trayectoria que siguió una pareja de hembra-cría. Los datos corresponden a la hembra (avistamiento 11 del 24 de febrero), la cual recorrió una distancia de 3 km durante las dos horas que duró la observación, tiempo durante el cual la ballena realizó inmersiones de 9 minutos (± 3 min DS) en promedio.

Las pangas que se registraron desde los puestos observación en tierra correspondieron a las empleadas por la SSP para los recorridos de vigilancia o para realizar actividades de pesca. En ningún caso las ballenas parecieron modificar su rumbo de navegación por la presencia de las pangas, las cuales por lo general, navegaban muy cerca de la costa de la isla. Los barcos observados correspondieron a dos cargueros que pasaron a más de 6 km de la isla.

Durante las navegaciones, la tasa de encuentro de ballenas (avistamientos/hora de navegación) fue de 0.99, la cual es menor comparada con la de 1.21 obtenida para 2008 (29 avistamientos/24 horas de navegación).

Adicionalmente, se registró la presencia de cuatro especies de delfines (Tablas 2.2. y 2.3. y Figura 2.8). El tamaño de grupo de los tursiones o toninas fluctuó entre 3 y 20 individuos en contraste con las manadas del delfín moteado cuyo tamaño de grupo varió entre 16 y 700

individuos. Los delfines tornillo o girador se observaron en un grupo de 200 individuos. Se observó desde tierra un grupo de cinco orcas falsas y también durante una navegación una manada de 80 a 100 animales.

Tabla 2.2. Total de avistamientos de ballena jorobada y delfines realizados desde los diferentes puestos de observación en la Isla María Madre.

Fecha de observación	No. de avistamientos	Especie identificada	Nombre Común	Horas de observación
20 febrero 09	43	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	6.8
22 febrero 09	5 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Tursiops truncatus</i>	Ballena jorobada Tursión	6.2
24 febrero 09	14	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	6.3
28 febrero 09	8	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	6.7
3 marzo 09	5	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	7.1
6 marzo 09	16 1 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Tursiops truncatus</i> <i>Pseudorca crassidens</i>	Ballena jorobada Tursión Orca falsa	7.1
7 marzo 09	8 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Tursiops truncatus</i>	Ballena jorobada Tursión	6.9
11 marzo 09	3	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	6.1
13 marzo 09	3 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Stenella longirostris</i>	Ballena jorobada Delfín moteado	5.3

Tabla 2.3. Navegaciones en las aguas adyacentes a las Islas Marías y avistamientos de ballena jorobada y delfines.

Fecha de navegación	No. de avistamientos	Especie identificada	Nombre Común	Horas de navegación
21 febrero 09	2	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	3.5
23 febrero 09	7 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Stenella attenuata</i>	Ballena jorobada Delfín moteado	4.8
25 febrero 09	6 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Stenella attenuata</i>	Ballena jorobada Delfín moteado	6.2
27 febrero 09	6	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	4.6
2 marzo 09	3	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	6.1
4 marzo 09	6	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	5.6
9 marzo 09	8	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	5.3
10 marzo 09	5 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Tursiops truncatus</i>	Ballena jorobada Tursión	5.1
14 marzo 09	2 1 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Stenella attenuata</i> <i>Pseudorca crassidens</i>	Ballena jorobada Delfín moteado Orca falsa	3.6
15 marzo 09	5	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	5.1
16 marzo 09	3	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	3.8
17 marzo 09	2 1	<i>Megaptera novaeangliae</i> <i>Stenella attenuata</i>	Ballena jorobada Delfín tornillo	1.8

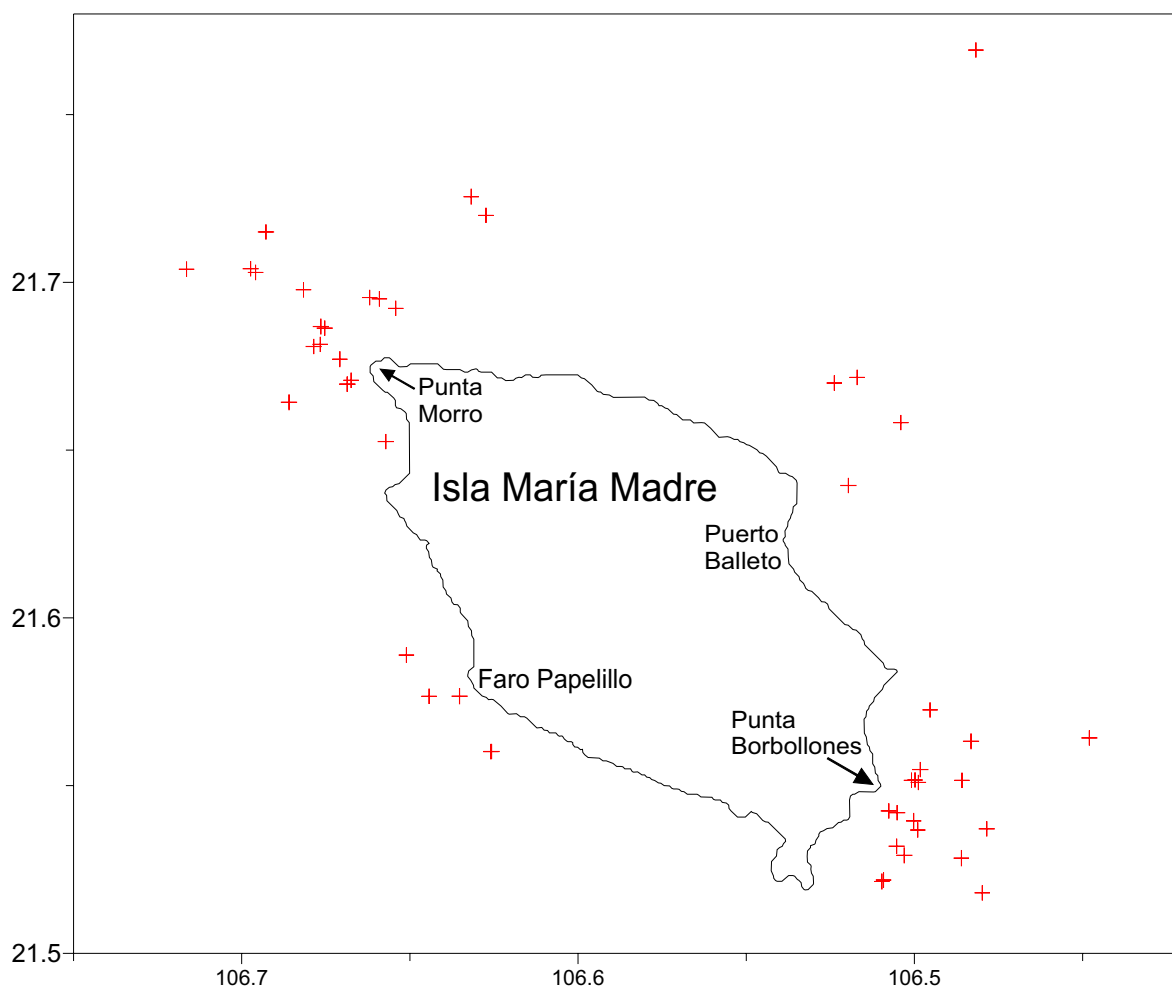


Figura 2.5. Distribución de los avistamientos de ballena jorobada registrados desde diferentes puntos de observación en la Isla María Madre.

Si bien es cierto que desde todos los puestos de observación se pudo registrar la presencia de las ballenas jorobadas, fue en Punta Borbollones donde se tuvo un mejor ángulo de visión y mejores condiciones de observación. Este lugar se ubica en la porción sur de la isla María Madre por lo que queda protegido en una amplia zona de la influencia del viento del NW. Esto facilitó la observación y ubicación de las ballenas ya que el soplo de los organismos permanecía durante más tiempo visible al ojo humano. De igual forma fue más fácil distinguir el dorso, o cualquier otra parte del cuerpo de las ballenas, al no presentarse un oleaje intenso o marejadas fuertes.

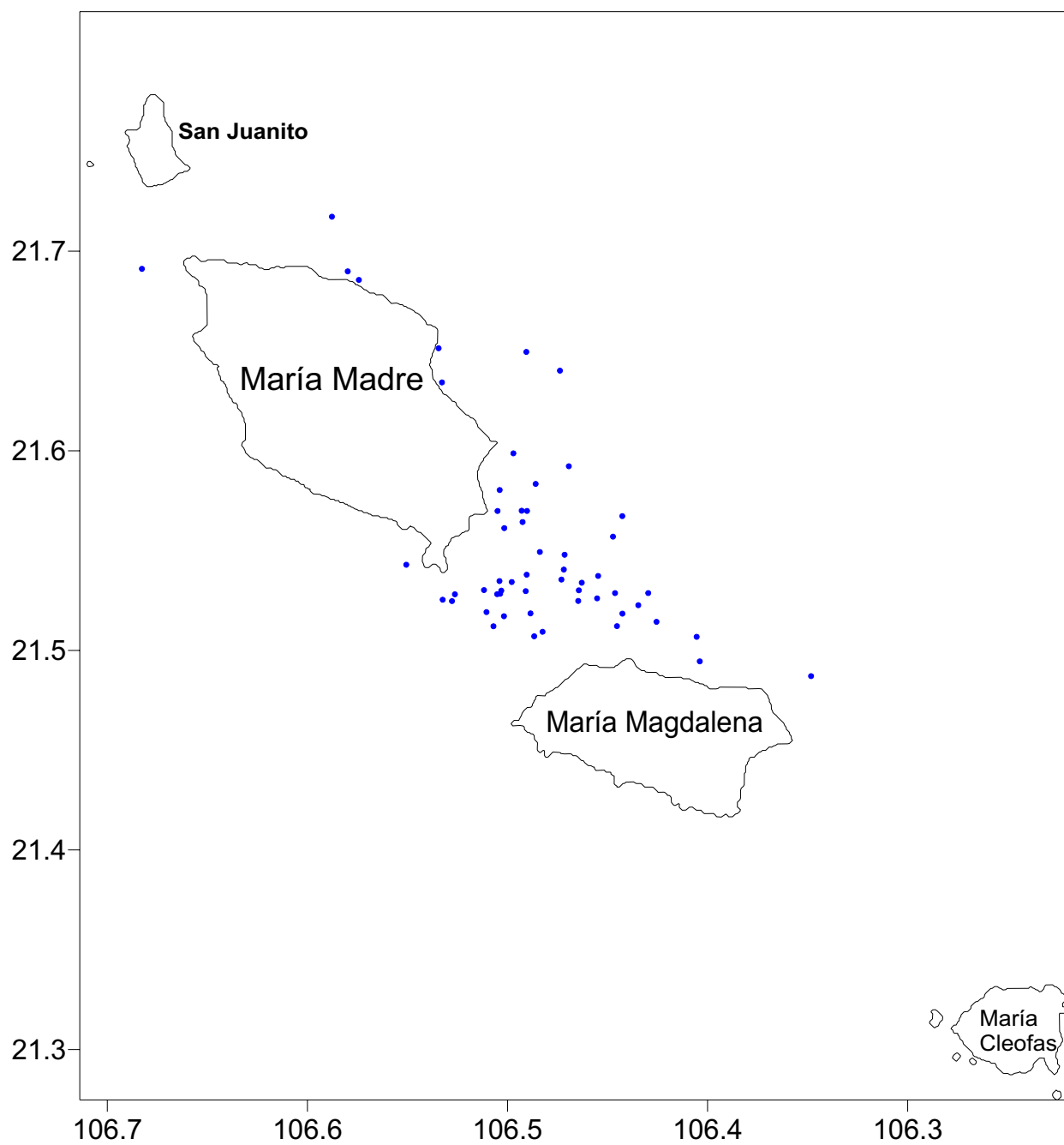


Figura 2.6. Distribución de los 55 avistamientos de ballena jorobada registrados durante las navegaciones.

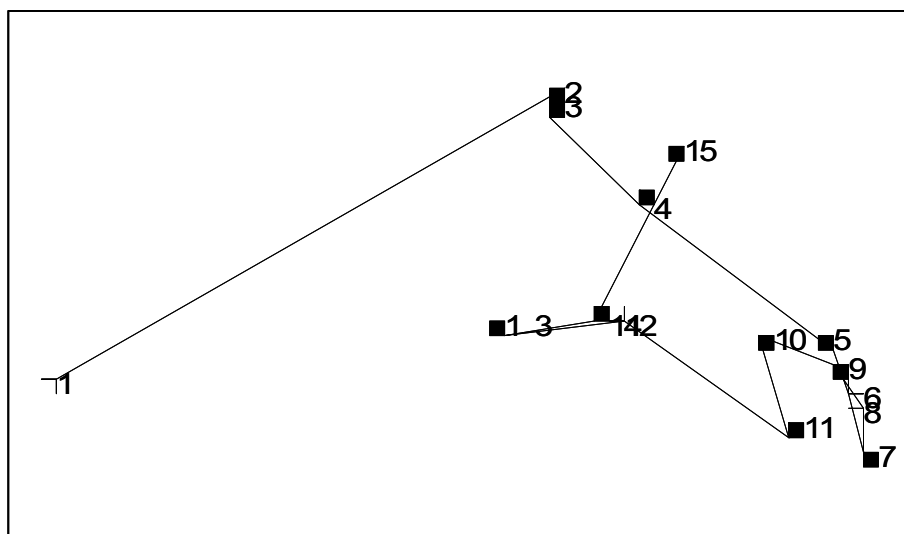


Figura 2.7. Trayectoria seguida por una hembra y su cría durante dos horas de observación. El número 1 representa el punto de inicio del desplazamiento y el 15 el punto final.

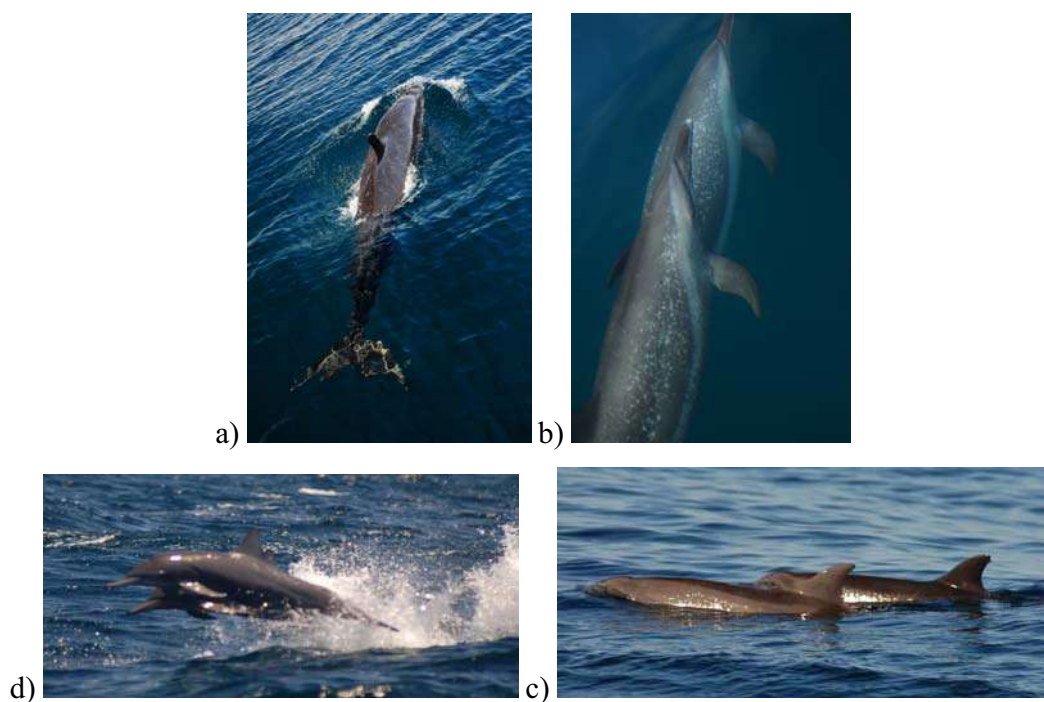


Figura. 2.8. Delfines registrados en las inmediaciones de las Islas Marías. a) orca falsa, b) delfín moteado, c) delfín tornillo o girador y d) tursión. Fotografías de E. Lugo.

A partir de la comparación fotográfica se encontró que una ballena que había sido fotografiada en las Islas Marías el 10 de 2008 se registró nuevamente el 16 de marzo de 2009. Además, cuatro ballenas de las Islas Marías (2008) se fotografiaron en años anteriores en el Archipiélago de Revillagigedo, cuatro en Baja California (Figura 2.9) y una en Bahía de Banderas. Nueve de las ballenas foto-identificadas en 2009 fueron encontradas en el catálogo de Bahía de Banderas (1996-2006).



Bahía de Banderas 2002



Islas Marías 2009



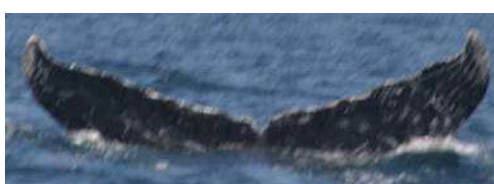
Bahía de Banderas 2006



Islas Marías 2009



Bahía de Banderas 1997



Islas Marías 2009

Figura 2.9. Ejemplo de ballenas jorobadas foto-identificadas en Bahía de Banderas y fotografiada en 2009 en las Islas Marías (catálogos fotográficos Frisch, 2006 y CICMM-INE, respectivamente).

Del historial de reavistamientos de las ballenas, considerando las 111 ballenas que conforman el catálogo, destaca una fotografiada por primera vez hace 21 años (1987) en Baja California Sur y observada nuevamente el 15 de marzo de 2008 en las Islas Marías (Figura 2.10). Esta ballena se ha fotografiado en cinco años diferentes en la zona de Los Cabos, B.C.S. y a través del registro fotográfico se puede observar que la coloración, las marcas y las muescas distintivas de este individuo han permanecido a lo largo de al menos 21 años.

No se encontró ninguna recaptura entre las cinco parejas de hembra-cría foto-identificadas en 2009 y las tres foto-identificadas en 2008, por lo que hasta el momento en el catálogo hay diferenciadas ocho hembras. Cabe destacar que en ambos años la mayoría de los avistamientos en los que hubo una cría, se observaron en el canal entre la isla María Madre y San Juanito y entre Puerto Balleto y Punta Morro. Esto podría deberse en parte a lo favorable de las condiciones ambientales los días que se realizaron las observaciones en tierra desde Punta Morro. El viento ligero y la escasa marejada facilitaron la ubicación de las crías las cuales a menudo se pueden perder de vista al incrementarse el oleaje. Sin embargo, los datos de las navegaciones también señalan a la zona norte como el lugar con más registros de agrupaciones con cría. Aun cuando en la zona sur de la Isla María Madre fue donde mayor esfuerzo de navegación se realizó (Figura 2.3), sólo se observaron dos grupos diferentes de hembra-cría. A diferencia de lo anterior, cada día de navegación al norte de la isla se observaron grupos con cría, llegando incluso a foto-identificar tres hembras con cría diferentes en un sólo día de navegación.

La ubicación de los diversos puestos de observación en tierra y la distribución de las ballenas en aguas cercanas a la costa, permitió hacer un seguimiento del comportamiento de las ballenas en un ambiente natural sin la interacción con actividades humanas.

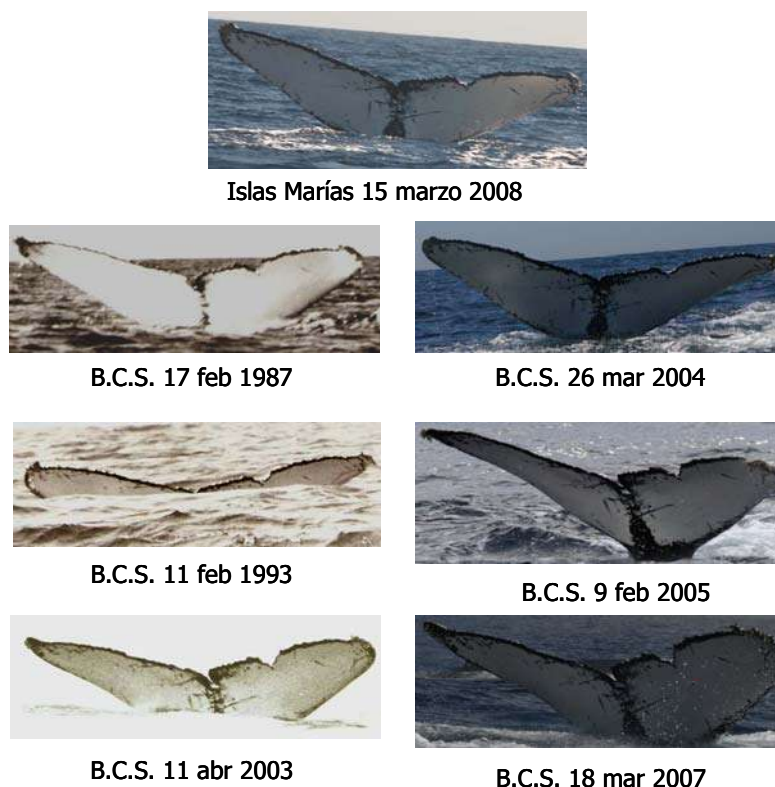


Figura 2.10. Ballena jorobada fotografiada por primera vez en 1987, así como en otros años, en Baja California Sur y durante 2008 en las Islas Marías. (Catálogos fotográficos CICMM-INE y PRIMMA-UABCS).

2.5. COMENTARIOS FINALES

La presencia de hembras con cría, de grupos en cortejo y el intercambio de ballenas entre las diferentes zonas de reproducción de México indican que este archipiélago es una zona importante para la reproducción y crianza de la ballena jorobada.

Estos resultados, y la escasa actividad humana llevada a cabo en las inmediaciones del archipiélago, la hacen una de las pocas áreas prístinas, a nivel mundial, de distribución de la ballena jorobada y provee la oportunidad única de diseñar experimentos para evaluar el impacto de la actividad turística de observación de ballenas, la cual se espera sea económica y ecológicamente sustentable.

2.6. Anexo.

Catálogo del Instituto Nacional de Ecología (INE) de Ballena jorobada

Islas Marías, 2008-2009.



MX M-NE-2008-016



MX M-NE-2008-39



MX M-NE-2008-006



MX M-NE-2008-007



MX M-NE-2008-014



MX M-NE-2008-016



MX M-NE-2008-018



MX M-NE-2008-019



MX M-NE-2008-021



MX M-NE-2008-025



MX M-NE-2008-026



MX M-NE-2008-032



MX M-NE-2008-034



MX M-NE-2008-036



MX M-NE-2008-001



MX M-NE-2008-010



MX M-NE-2008-011



MX M-NE-2008-013



MX M-NE-2008-015



MX M-NE-2008-020



MX M-NE-2008-022



MX M-NE-2008-023



MX M-NE-2008-027



MX M-NE-2008-028



MX M-NE-2008-029



MX M-NE-2008-030



MX M-NE-2008-031



MX M-NE-2008-037



MX M-NE-2008-038



MX M-NE-2008-040



MX M-NE-2008-002



MX M-2008-INE-003



MX M-NE-2008-004



MX M-NE-2008-005



MX M-NE-2008-008



MX M-NE-2008-009



MX M-NE-2008-012



MX M-NE-2008-024



MX M-NE-2008-033



MX M-NE-2008-035



MX M-NE-2009-001



MX M-NE-2009-002



MX M-NE-2009-005



MX M-NE-2009-022



MX M-NE-2009-041



MX M-NE-2009-047



MX M-NE-2009-016



MX M-NE-2009-024



MX M-NE-2009-025



MX M-NE-2009-029



MX M-NE-2009-065



MX M-NE-2009-067



MX M-NE-2009-071



MX M-NE-2009-004



MX M-NE-2009-009



MX M-NE-2009-015



MX M-NE-2009-018



MX M-NE-2009-020



MX M-NE-2009-028



MX M-NE-2009-030



MX M-NE-2009-034



MX M-NE-2009-045



MX M-NE-2009-046



MX M-NE-2009-055



MX M-NE-2009-059



MX M-NE-2009-060



MX M-NE-2009-021



MX M-NE-2009-023



MX M-NE-2009-027



MX M-NE-2009-031



MX M-NE-2009-035



MX M-NE-2009-038



MX M-NE-2009-039



MX M-NE-2009-049



MX M-NE-2009-050



MX M-NE-2009-052



MX M-NE-2009-053



MX M-NE-2009-054



MX M-NE-2009-055



MX M-NE-2009-057



MX M-NE-2009-058



MX M-NE-2009-062



MX M-NE-2009-066



MX M-NE-2009-070



MX M-NE-2009-003



MX M-NE-2009-005



MX M-NE-2009-007



MX M-NE-2009-008



MX M-NE-2009-010



MX M-NE-2009-011



MX M-NE-2009-012



MX M-NE-2009-013



MX M-NE-2009-014



MX M-NE-2009-017



MX M-NE-2009-019



MX M-NE-2009-025



MX M-NE-2009-032



MX M-NE-2009-033



MX M-NE-2009-035



MX M-NE-2009-037



MX M-NE-2009-040



MX M-NE-2009-043



MX M-NE-2009-044



MX M-NE-2009-048



MX M-NE-2009-042



MX M-NE-2009-051



MX M-NE-2009-052



MX M-NE-2009-063



MX M-NE-2009-064



MX M-NE-2009-068



MX M-NE-2009-069

3. PROSPECCIÓN DE ZÍFIDOS EN ISLA GUADALUPE

3.1. REPORTE FINAL

3.1.1. RESUMEN EJECUTIVO

Los zífidos son las especies menos conocidas de todas las familias de cetáceos. Esto se debe a la dificultad de observarlos y a que se distribuyen principalmente en aguas oceánicas profundas. Recientemente, se ha documentado que estos animales pueden ser susceptibles y verse afectados por ruido antropogénico relacionado a prospecciones geológicas y ejercicios navales. La Isla Guadalupe (IG), por estar lejos de la masa continental es un área poco alterada por actividades antropogénicas. Esto, aunado a que por carecer casi en su mayoría de plataforma continental permite la presencia de zífidos cerca de sus costas. En esta investigación se analizó el potencial de la IG para llevar a cabo estudios sobre zífidos a mediano y largo plazo. En junio y agosto de 2009, se realizaron expediciones a IG y no hubo complicaciones logísticas. La búsqueda de los animales fue hecho en embarcaciones tipo panga y desde un sitio en tierra. Se registraron 16 avistamientos del zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) cerca a la costa. Al comparar la tasa de encuentro de este estudio *versus* otros, se confirmó que IG tiene el potencial para ser un laboratorio natural para la investigación de zífidos, a mediano y largo plazo. El costo económico para hacer un avistamiento de zífidos en IG fue 4 veces menor que el estimado para un proyecto de investigación realizado en el suroeste del Golfo de California. La información obtenida de este proyecto contribuirá potencialmente ubicar a IG como una de las pocas zonas a nivel mundial para llevar a cabo estudios de línea base sobre ecología y conducta de los zífidos y así poder evaluar los impactos potenciales por actividades humanas.

Beaked whales are the least known of all cetacean families. This is due to the difficulty in observing them, and because they generally inhabit deep ocean waters. Recently, have been documented serious injuries in these animals due to anthropogenic noise caused by geological research and naval maneuvers. Guadalupe Island (GI) is poorly disturbed by anthropogenic activities because its remote distance from mainland. Besides, as it lacks mostly of a continental shelf, the GI allows the presence of beaked whales close to shore. In this research, we analyze the potential of GI to do studies about beaked whales for long and medium research periods. During June and August 2009, we undertook surveys to GI and no logistics complications were presented. The beaked whale search effort was done in small boats and from a site in land. We recorded 16 sightings of Cuvier's beaked whale (*Ziphius cavirostris*) and they were founded close to shore. We compare the encounter rate of this study *versus* other ones, and it helped to confirm that GI has the potential as natural laboratory of beaked whales for long and medium research periods. The economic cost of a single beaked whale sighting in GI was four times less than a single sighting in a research project done in the southwest Gulf of California. The information gathered of this project will contribute to consider IG as one of the few areas over the world to do research on ecology and behavior of beaked whales to increase the scientific knowledge of this cetacean family to evaluate the potential impacts caused by human activities.

3.1.2. INTRODUCCIÓN

La Familia Ziphiidae (zífidos o ballenas picudas) pertenece al Suborden Odontoceti (odontocetos ó cetáceos dentados), del Orden Cetacea (Rice, 1988). Los odontocetos son un grupo mucho más diverso y numeroso que los misticetos (cetáceos con barbas), con 10 familias, 40 géneros, y al menos 70 especies; incluyen a los delfines, monodóntidos (beluga y narval), marsopas, cachalotes, delfines de río, y zífidos ó ballenas picudas (Rice, 1998; Reeves *et al.*, 2002). En la Familia Ziphiidae se incluyen 21 especies pertenecientes a seis géneros. En el Pacífico Mexicano se tienen registros de seis especies pertenecientes a cuatro géneros: *Ziphius cavirostris*, *Berardius bairdii*, *Indopacetus pacificus*, *Mesoplodon peruvianus*, *M. densirostris* y *M. ginkgodens*.

Estas especies se distribuyen principalmente en aguas oceánicas, en donde realizan inmersiones largas y profundas para buscar alimento. Es quizá esta conducta la causa por la que se ven afectadas, con mayor incidencia, por actividades relacionadas con la investigación geológica que utiliza técnicas de prospección sísmicas como con las pistolas neumáticas. También se han registrado afectaciones por el uso de sonares de alta potencia.

En México existe el interés de realizar prospecciones de este tipo, tanto por investigadores nacionales como extranjeros. De hecho ya se han realizado algunos, como los de PEMEX para la exploración de mantos petrolíferos. En el 2002 un grupo de investigadores de los Estados Unidos realizó un crucero con pistolas neumáticas en el Golfo de California. Durante tal crucero se registró la muerte de dos zífidos de Cuvier, hecho que pudo muy probablemente estar asociado a las actividades del crucero (Taylor *et al.* 2004).

Dada la importancia de la investigación y exploración geológica, es necesario diseñar medidas que permitan la realización de este tipo de actividades sin que dañen a la fauna cetológica. Para ello es necesario entender de mejor forma los hábitos de cetáceos, principalmente de zífidos, de manera que se puedan diseñar estrategias de mitigación.

Al igual que en muchas partes del mundo, la información acerca de los zífidos es muy pobre y, la que se tiene, ha sido originada al trabajar con otros grupos de cetáceos o con otras especies. En el caso de IG, durante un estudio sobre lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), realizado en febrero, junio, julio-agosto y noviembre de 1991 a 1993, se reportaron 13 especies de cetáceos (11 de odontocetos y 2 de mysticetos). Los zífidos fueron los más comúnmente encontrados (16 avistamientos en total). El zífido de Baird (*Berardius bairdii*) representó el 7.92%, el zífido nariz de botella sin identificar a nivel especie (*Hyperoodon* sp.) el 4.95%, el zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) el 1.98% y la categoría de zífido sin identificar el 0.99%. Además, los avistamientos de los zífidos y demás cetáceos fueron encontrados principalmente en verano cerca de la costa, debido probablemente a que en esa época del año es cuando mayor horas de observación se hicieron (más del 50%) (Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 1998). En otra campaña de este mismo estudio se hicieron observaciones durante 41 días en 2000. De igual manera, reportaron zífidos y estos fueron encontrados cerca de la costa oriental en dos localidades y en una zona de cañones submarinos (Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 2005).

Recientemente se registraron avistamientos cercanos a la costa de Isla Guadalupe de octubre a diciembre de 2006, 2007 y 2008 durante una investigación con tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*). A diferencia de los reportes anteriores, únicamente se observaron zífidos de Cuvier durante los tres meses de estudio de cada uno de esos años. Fueron registrados principalmente en la parte noreste de la Isla, en aguas profundas con cañones submarinos (entre Punta Costilla y Punta Norte). Cabe mencionar que algunos de los avistamientos fueron inusuales, dado que fueron realizados en horas de obscuridad. En uno de los encuentros los animales se estaban alimentando. Durante los encuentros algunos zífidos se acercaron a la embarcación de forma inusual para estas especies (Hoyos y Cárdenas-Hinojosa, 2009).

Los reportes anteriores nos permiten suponer que la Isla Guadalupe podría ser un sitio ideal para el estudio de zífidos en aguas de nuestro país. Por lo que este estudio piloto tuvo como objetivo evaluar las posibilidades que brinda IG, tanto biológicas como

logísticas, para implementar un programa de investigación a mediano y largo plazo sobre ballenas picudas.

3.1.3. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que los zífidos o ballenas picudas están presentes en todos los océanos del mundo y son los más diversos, después de la familia de los delfines (Delphinidae), es aún el grupo de cetáceos del que se tiene el conocimiento más escaso. Esto es debido a la dificultad de observarlos e identificarlos y por habitar aguas profundas que generalmente están lejos de la costa (IWC, 1989; Hooker y Baird, 1999). Sin embargo, estudios recientes han revelado que estos animales también pueden encontrarse cerca de la costa, en áreas con una plataforma continental estrecha, el talud continental empinado o en zonas con ocurrencia de cañones submarinos. Estas preferencias batimétricas se pueden encontrar en los alrededores de Isla Guadalupe y, por lo tanto, el área presenta condiciones apropiadas como hábitat de zífidos.

Aunado a esto, en los últimos años se ha incrementado el interés por conocer acerca de la distribución, migración y hábitat de los zífidos, debido a numerosos varamientos atípicos y masivos que han ocurrido en todo el mundo. Se ha culpado de ello específicamente al ruido de origen antropogénico, como el generado por el uso de detonaciones con cañones de aire comprimido en exploraciones sísmicas y por maniobras navales militares con sonares de alta potencia (Balcomb y Claridge, 2001; Peterson, 2003; Cox *et al.*, 2006). Como se mencionó antes, este tipo de hechos ya ha ocurrido en México, por lo que se deben hallar estrategias para responder adecuadamente ante tal fenómeno.

La Isla Guadalupe, por estar lejos de la masa continental, brinda una condición especial comparada con otras áreas en el mundo: es una zona poco alterada por actividades antropogénicas. Esto, aunado a sus características batimétricas y a los avistamientos de zífidos registrados oportunísticamente, promete ser un importante sitio de distribución de zífidos. La información obtenida de este proyecto contribuirá a incrementar el conocimiento científico de esta familia y permitirá sentar las bases para

estudios futuros más específicos, incluidos aquellos enfocados a diseñar estrategias de mitigación de impactos provocados por la generación de ruido.

Además, este estudio es importante debido a IG es un Área Natural Protegida (DOF, 2005), por lo que los resultados obtenidos, los primeros centrados en cetáceos en esta área, serán importantes para el manejo de de la Reserva de la Biosfera de Isla Guadalupe, así como para contribuir a su inventario biológico.

3.1.4. OBJETIVOS

1. Analizar el potencial de la presencia de zífidos (Cetacea: Ziphiidae) en Isla de Guadalupe para estudios a mediano y largo plazo.
2. Analizar la viabilidad logística de la Isla Guadalupe como zona de estudio de zífidos a mediano y largo plazo.

3.1.5. ÁREA DE ESTUDIO

La Isla Guadalupe esta ubicada en los 29°00' N, 118°26' W en el océano Pacífico, en la parte más occidental de la republica Mexicana (García-Gutiérrez *et al.* 2005) a unos 260 km de las costas de Baja California. La isla es un cuerpo volcánico desarrollado sobre la dorsal meso-oceánica del Pacífico oriental; su estructura es producto de múltiples derrames basálticos intercalados con volcanes cineríticos. Presenta al norte una caldera cuyo diámetro es del orden de 10 km, en su porción meridional una zona de fracturamiento, Esther, a partir de la cual, aparecen con mayor frecuencia centros volcánicos y una estructura de caldera similar a la parte norte pero cuya actividad aparentemente es más reciente (García-Gutiérrez *et al.* 2005). La isla es entonces, la cima de una montaña submarina de origen oceánico ubicada sobre el eje y el borde de una cresta oceánica fósil (Batiza, 1977); con dimensiones aproximadas de 37 de longitud y

6.5 a 9.5 km de ancho y su topografía varia desde el nivel del mar hasta 1.3 km de altitud (Castro *et al.* 2005).

Por lo anterior, la isla no posee una plataforma costera y esta rodeada en todas partes por profundidades de 3,600 m ó más, a excepción de la punta sur donde existe una plataforma de 4 km de ancho y 200 m de profundidad que corre de la Punta Sur a la Caleta Melpómene, entre Isla Guadalupe, Islote Toro e Islote Zapato, en donde la profundidad se incrementa abruptamente hacia el sur. La fisiografía de la zona costera está compuesta por rocas basálticas sueltas y bloques, diques de lava y acantilados (Pierson, 1987). La batimetría esta caracterizada por una serie de cañones profundos en diferentes partes de la costa este, tal como la gran bahía de Campo Norte, zonas situadas en la porción media de la isla y hacia la zona de los Corrales (Figura 1). El lado oeste de la isla, al igual que el lado norte, se ven constantemente golpeados por el oleaje y los vientos dominantes del noroeste que viene sin obstáculos del océano Pacífico (a excepción de la Caleta del Oeste). En el lado este el mar es más tranquilo, protegido de los vientos y oleajes dominantes del noroeste por la cordillera montañosa que recorre la isla (Berdegú, 1957).

Isla Guadalupe se encuentra orientada norte-sur y actúa como una barrera contra la Corriente de California, por lo que produce una serie de corrientes ascendentes o surgencias y remolinos en diferentes áreas de la isla, aportando aguas frías y ricas en nutrientes (Berdegú, 1957). La temperatura superficial del mar en la costa, fluctúa entre 17° y 20° C, bajando a 15° C en febrero-marzo durante el invierno y aumentando a 21°-22° C en septiembre-octubre durante el verano. Las mareas son semidiurnas y presentan una amplitud de casi 3 metros durante los meses de invierno (Stewart y Stewart, 1984). El agua de mar en la isla es muy clara, alcanzando una visibilidad vertical (disco de secchi) de 25 a 30 m (Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 2005).

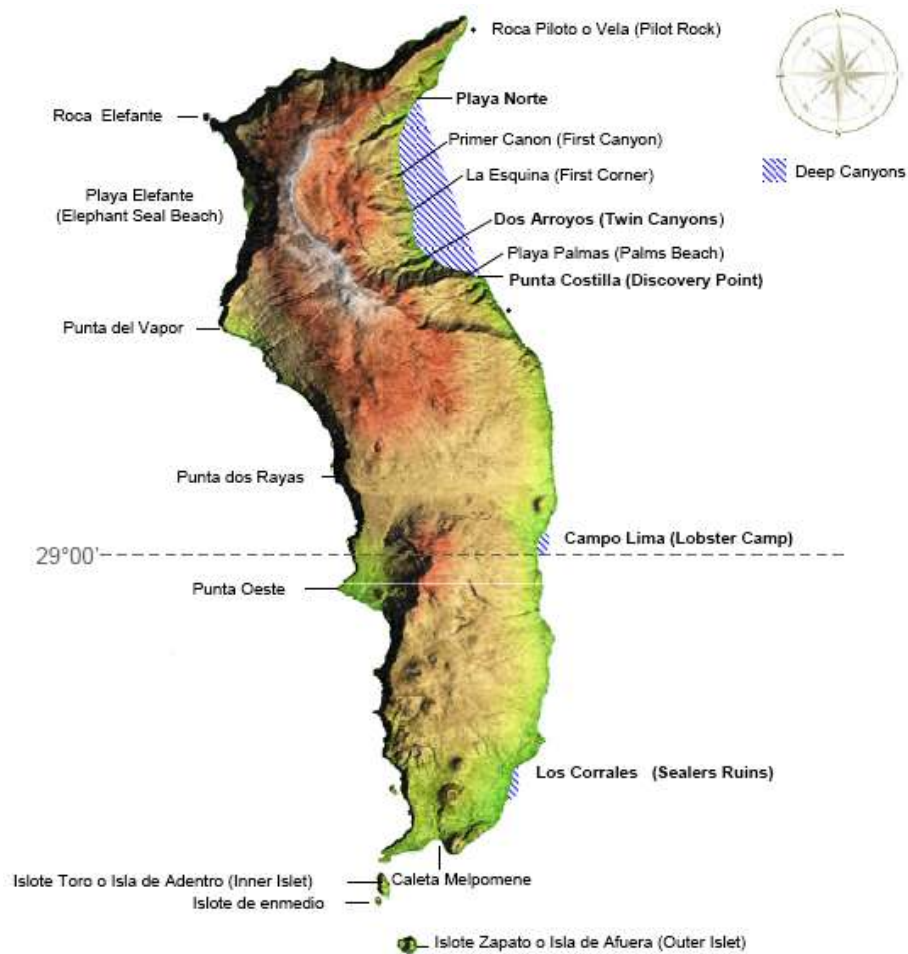


Figura 1. Isla de Guadalupe, Baja California, México. Ilustración tomada de Hoyos y Cárdenas-Hinojosa, (2009).

3.1.6. MÉTODOS

3.1.6.1. Esfuerzo de búsqueda.

En Isla Guadalupe, el esfuerzo de búsqueda de zífidos se realizó en dos plataformas de observación diferentes: desde un sitio alto (15.49 m) en tierra a través de un teodolito y desde el mar con embarcaciones tipo panga.

Esfuerzo de búsqueda de zífidos desde el mar (navigaciones)

Las navegaciones se realizaron en 3 embarcaciones tipo panga. En la expedición de junio se rentó una panga de 17 pies a los pescadores locales y se contó con el apoyo de la II Región Naval para realizar navegaciones en su embarcación de 25 pies de eslora. En la expedición de agosto, se contó con el apoyo de un investigador del CICIMAR para realizar navegaciones en su panga (21 pies de eslora).

Durante las navegaciones, se utilizó la metodología estándar de búsqueda de zífidos, con tres observadores a bordo. Las observaciones se realizaron a simple vista y con binoculares (7 x 50). El diseño de muestreo consistió en realizar transectos paralelos a la costa. Sin embargo, la búsqueda de zífidos se hizo exclusivamente en la costa oriental de la isla, debido a que los capitanes de las pangas no aceptaron navegar en la costa occidental porque es una zona menos protegida con condiciones de vientos y oleajes intensos. En la Bahía Norte de Isla Guadalupe, los transectos se hicieron a diferentes distancias a la costa, con el fin de que los transectos abarcarán diferentes gradientes de profundidad y de pendiente del mar. Los datos de esfuerzo (tiempo y distancia) se registraron cada minuto mediante un geoposicionador satelital (GPSmap 76 de Garmin).

Durante los avistamientos de zífidos y otros cetáceos se realizó la toma de fotografías necesarias para su identificación (dorsal y cabeza), se registraron las especies, número y actividad de los animales observados, la posición geográfica mediante un GPS, hora, fecha, y algunas condiciones ambientales (Beaufort, dirección del viento, altura de las olas y visibilidad).

Esfuerzo de búsqueda de zífidos desde un sitio alto en tierra

En dos días de navegaciones de la expedición de junio, también se tuvo como objetivo identificar sitios altos en tierra donde se pudiera acceder fácilmente y con probabilidades bajas de un accidente para los observadores y para los instrumentos científicos. Con el mismo objetivo, en la primera expedición se contó también con el apoyo de transporte terrestre de la II Región Naval para recorrer la costa este de la isla.

El mejor sitio de observación desde tierra fue identificado en Bahía Norte (29.15331° N y -118.28459° W) a una altura de 15.49 m. En el sitio se pernoctó algunos días de junio y agosto para proceder a buscar los zífidos desde tierra con la ayuda de un teodolito marca SOKKIA DT510A y con unos binoculares (7x50) West Marine. Cuando se avistó un grupo de zífidos y otros cetáceos, uno de los observadores registró sus movimientos con el teodolito, mientras que otra persona anotó los datos del avistamiento y un segundo observador continuó observando con los binoculares los animales para auxiliar al observador con el teodolito para evitar perder a los cetáceos. Los datos de ángulos, tiempos, tamaño de grupo y comportamiento de los animales se registraron en la bitácora de avistamientos con teodolito, y posteriormente se capturaron en una base de datos computarizada. Además, se registro el número y tipo de embarcaciones presentes en el área inspeccionada.

Con el teodolito se midieron ángulos verticales y horizontales en grados, tomando como referencia el norte verdadero. Los ángulos se trasformaron a coordenadas x , y y las cuales se ubicaron en un mapa digitalizado de la zona de estudio. Para la localización de los avistamientos se requirió conocer la altitud del sitio de observación. Esta altitud se obtuvo con la ayuda del teodolito y de un localizador de rangos con mira láser marca Ranging Bushnell. Adicionalmente, los cálculos de las coordenadas tomaron en cuenta la declinación magnética (INEGI, 1999) y los cambios en el nivel de mar debido a las mareas. Los datos de las mareas se obtuvieron a partir programa Mar V0.7 del Departamento de Oceanografía Física del CICESE.

3.1.6.2. Análisis de datos

Integración de la base de datos

Los registros de los avistamientos obtenidos en el mar y desde tierra se vaciaron en una base digital de datos (Anexo 1). La base se complementó con datos batimétricos y oceanográficos durante el periodo de estudio. Los datos de las variables oceanográficas se obtuvieron de imágenes satelitales semanales (valores promedio) de temperatura superficial del mar y de concentración superficial de clorofila a con 4 Km. de resolución espacial, obtenidas a partir de sensores remotos montados en satélites (Aqua-MODIS) y

suministradas por el JPL (Jet Propulsión Laboratory), de la NASA, en formato HDF (Hierarchical Data Format). Este tipo de imágenes son ampliamente utilizadas para la caracterización de la productividad primaria en el mar a diferentes escalas espaciales y temporales. La lectura y extracción de los datos de las imágenes satelitales se hizo con el programa Windows Image Manager (de libre acceso en <http://www.wimsoft.com>).

Distribución de los zífidos y esfuerzo de búsqueda realizado en el mar.

Para conocer las características batimétricas y visualizar en mapas la distribución de los zífidos y el esfuerzo de búsqueda en Isla Guadalupe se utilizaron los SIG ArcView GIS 3.2 y MapSource 6.0. Los registros de los avistamientos se adquirieron de las bitácoras generales de registro y los caminos de las navegaciones se obtuvieron vaciando los datos del GPS al SIG MapSource 6.0, de donde se exportaron como archivos de texto a Excel. Este último tipo de archivo se guardó con el formato dBASE IV y posteriormente se importaron como tablas al SIG ArcView 3.2 para visualizarlos en los mapas con la línea de costa de Isla Guadalupe.

Además, los datos de los caminos de las navegaciones se utilizaron para obtener estimaciones en esfuerzo de búsqueda de zífido en tiempo y distancia. Esto se pudo hacer discriminando los datos de las navegaciones donde no se realizó esfuerzo de búsqueda.

Foto-identificación de zífidos

Con las fotografías obtenidas de los animales, se realizó la comparación con los zífidos foto-identificados en el catálogo de Isla Guadalupe elaborado por Mauricio Hoyos Padilla y Gustavo Cárdenas Hinojosa (datos de 2006 a 2008), para determinar aquellos animales vistos en más de una ocasión (recapturas).

La técnica de foto-identificación es una forma de “marcar” animales para su estudio y está basada en el reconocimiento individual de los mismos, utilizando marcas permanentes o de larga duración sobre su piel (pudiendo ser el patrón de coloración, cicatrices de heridas o de parásitos, lunares, etc.) o bien aprovechando la forma que tiene alguna parte específica de su cuerpo como la cabeza, la aleta dorsal, la cola, etc. Esta

técnica es particularmente útil cuando se estudian cetáceos, debido a la gran dificultad que existe para acercarse a ellos y sobre todo para marcarlos, con lo cual la foto-identificación es un método confiable para un estudio de este tipo.

3.1.7. RESULTADOS

3.1.7.1. Esfuerzo de búsqueda.

Se realizó un esfuerzo de búsqueda total de 15 días durante junio y agosto 2009. Del total, 11 días correspondieron a navegaciones y se recorrió una distancia de 336.32 km durante 46.21 horas de esfuerzo de búsqueda. Las observaciones desde tierra se hicieron el 19 y 20 de junio y el 23 y 24 de agosto de 2009 con un esfuerzo total de 26.4 horas (Tabla I).

Tabla I. Información referente al esfuerzo (distancia y tiempo) de búsqueda de zífidos.

Plataforma de búsqueda	Fecha y días	Distancia (Km.)	Tiempo (horas)
Navegaciones	16, 18, 22-24/junio/09	137.13	16.71
Navegaciones	17-22/agosto/09	199.19	29.5
Total:	11 días	336.32	46.21
Observaciones desde tierra	19 y 20/junio/09		14.9
Observaciones desde tierra	23 y 24/agosto/09		11.5
Total:	4 días		26.4
Total esfuerzo búsqueda	15 días	336.32	72.61

Como se puede ver en la Figura 2, en general, las navegaciones fueron hechas cercanas a la línea de costa y en el oriente de la isla debido a que los capitanes de las embarcaciones no aceptaron navegar en la costa occidental de la isla por estar menos protegidas de las condiciones del océano Pacífico (vientos y oleaje intenso). Además, el esfuerzo de búsqueda en las navegaciones estuvo mayormente concentrado entre Punta Costilla y al sur de Punta del Norte, esta área conocida como Bahía Norte, por estar

protegida de los vientos del noroeste, por previos reportes de zífidos en esa área y por que en la expedición de agosto se pernoctó en Campo Norte (Figura 1). Cabe mencionar, que a pesar de que los recorridos fueron cercanos a la costa, se pudo navegar en aguas profundas debido a que la plataforma continental de la isla es muy estrecha.

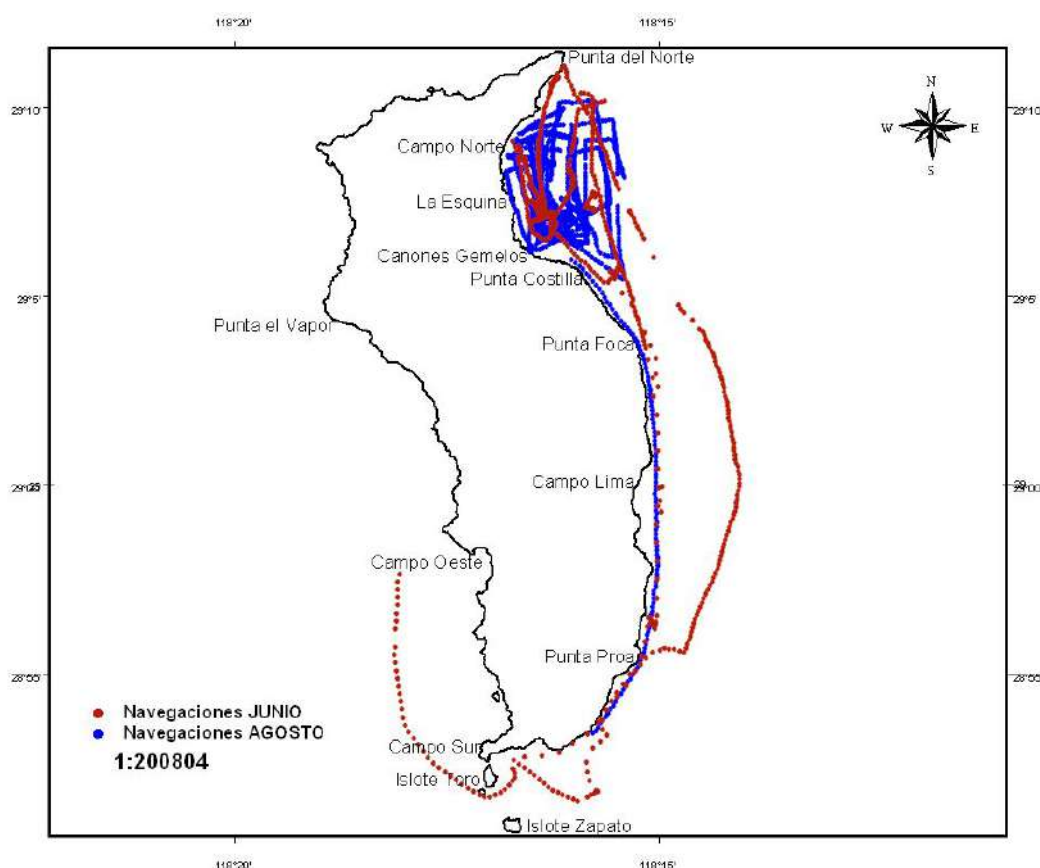


Figura 2. Navegaciones realizadas en el área de estudio en junio y agosto de 2009 en embarcaciones tipo panga. Solo se muestran los caminos de las navegaciones cuando las condiciones del mar fueron adecuadas para la búsqueda de zífidos (Beaufort < 4).

3.1.7.2. Registro y distribución de zífidos (y cetáceos) en Isla Guadalupe.

Se registraron 2 especies de odontocetos en un total de 41 avistamientos; una especie fue el zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) que pertenece a la Familia Ziphiidae y la otra especie fue el delfín tursiún (*Tursiops truncatus*) de la Familia Delphinidae. Ambas especies se registraron en junio y agosto de 2009 (Tabla II). El zífido de Cuvier

fue avistado 9 veces en junio y 7 en agosto y el promedio del tamaño del grupo fue de 2.25 individuos. De igual manera, el mayor número de avistamientos del tursión fue en junio, pero la cantidad de individuos fue casi el doble en agosto (Tabla II).

Los resultados obtenidos en este estudio son muy importantes, ya que el zífido de Cuvier pudo ser encontrado desde un sitio en tierra con binoculares y teodolito. Inclusive, el número de avistamientos registrados durante las navegaciones y las observaciones desde tierra fue similar (Tabla II) y los animales fueron encontrados en un promedio de 1.28 Km. de distancia a la línea de costa. Cabe mencionar, que hay pocos lugares en el mundo donde se puedan avistar zífidos desde tierra.

Tabla II. Registro de los avistamientos de cetáceos en Isla Guadalupe durante 2009.

<u>Navegaciones:</u>		Junio		Agosto	
		No. Avists.	No. Inds.	No. Avists.	No. Inds.
Especie	Nombre común				
<i>Z. cavirostris</i>	Zífido de Cuvier	3	5	5	10
<i>T. truncatus</i>	Tursión	6	57	8	210
Total:		9	62	13	220
<u>Observaciones desde tierra:</u>					
<i>Z. cavirostris</i>	Zífido de Cuvier	6	14	2	4
<i>T. truncatus</i>	Tursión	8	59	3	14
Total:		14	73	5	18
Total de avistamientos		23	135	18	238

En la Figura 3, se puede observar que los avistamientos durante las navegaciones principalmente fueron registrados entre Punta Costilla y Campo Norte. Sin embargo, los recorridos de las navegaciones fueron concentrados entre esas áreas (Bahía Norte). En junio y agosto, el zífido de Cuvier fue encontrado principalmente en Bahía Norte, específicamente en las aguas enfrente de Cañones Gemelos y entre el área de Campo Norte y La Esquina. Además, otro avistamiento de *Ziphius* fue registrado al sur de Punta del Norte y otro avistamiento al sur de Campo Lima. Este último registro de *Ziphius* fue el único que no fue avistado en ó cerca de Bahía Norte. En general, los animales se

distribuyeron muy cercanos a la costa, ya que se encontraron en un promedio de 1.47 Km. de distancia a la línea de costa.

A pesar de que las navegaciones se hicieron principalmente en Bahía Norte, los tursiones también fueron encontrados al sur de la isla. Dos avistamientos de tursiones fueron registrados cerca de Punta Proa y otros tres en las inmediaciones de Campo Sur (Figura 3). En Bahía Norte, los delfines fueron avistados principalmente en frente de cañones Gemelos (Figura 3). Cabe mencionar, que entre Punta Costilla y Campo Lima no se encontraron cetáceos.

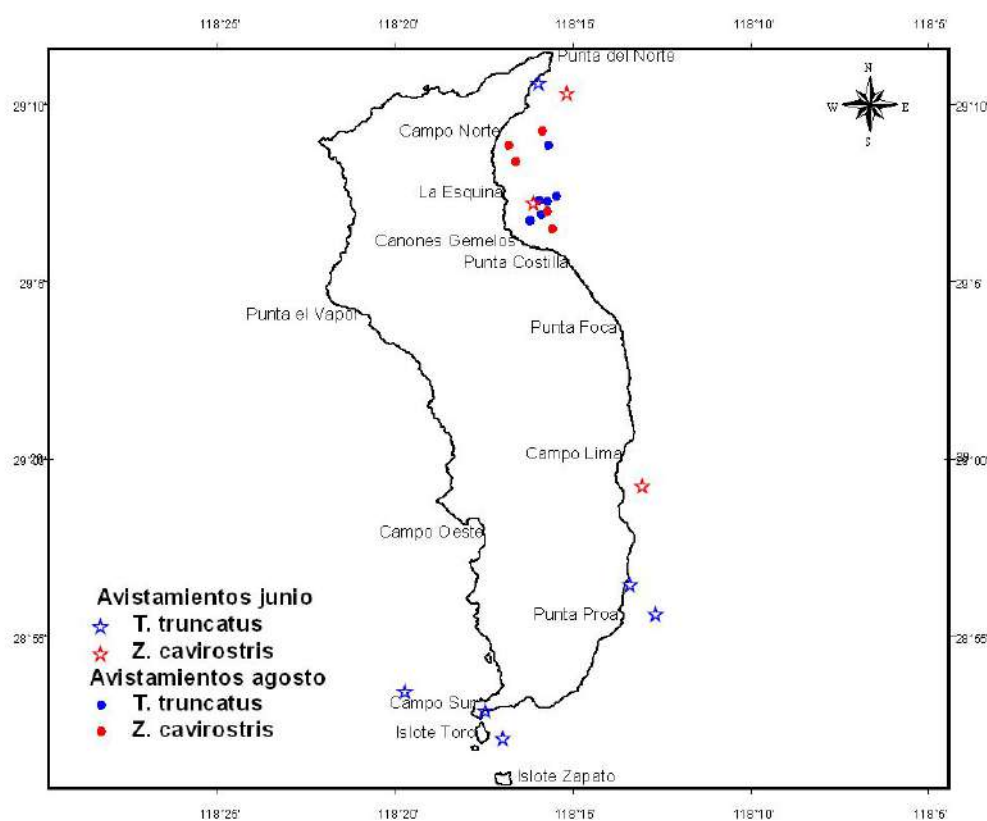


Figura 3. Distribución de los avistamientos de cetáceos registrados durante las navegaciones en junio y agosto de 2009.

Las observaciones desde tierra fueron exitosas, ya que en las dos expediciones se encontraron zífidos y delfines. En la Figura 4, se puede observar que los avistamientos de los animales solo abarcaron desde La Esquina hasta el norte de Campo Norte. Las

ubicaciones de los avistamientos, debido al campo de visión con que se cuenta, no incluyó el área de cañones Gemelos. Por lo que se recomienda ubicar un segundo sitio en tierra desde el cual se pueda cubrir toda el área de Bahía Norte (incluyendo cañones Gemelos) ó, en su defecto, encontrar cerca de Campo Norte otro sitio más alto de observación. La distancia promedio de donde se encontraron los animales con el teodolito a la línea de costa fue de 1.07 Km.

Los avistamientos de *Ziphius* en junio fueron hechos principalmente al norte y sur del sitio de observación (Campo Norte). En agosto, los dos avistamientos de esta especie fueron localizados enfrente de La Esquina, siendo los avistamientos más lejanos encontrados del sitio de observación. Los registros de los tursiones fueron hechos principalmente muy cercanos de la costa y del sitio de observación (Figura 4).

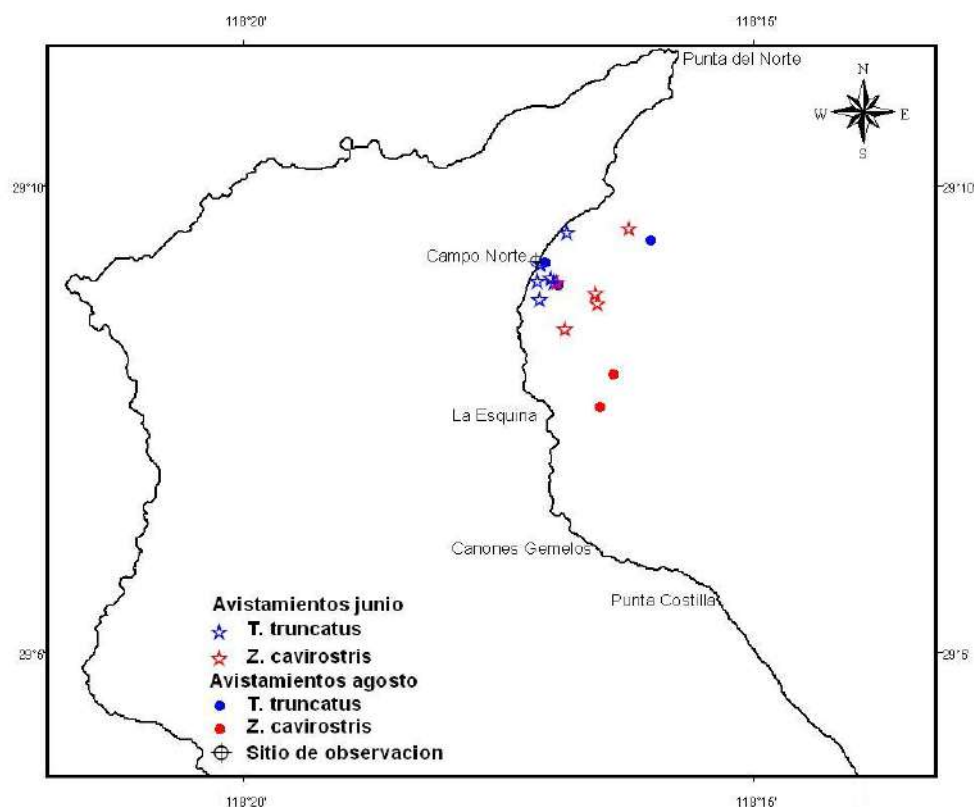


Figura 4. Distribución de los avistamientos de cetáceos registrados durante las observaciones desde tierra en junio y agosto de 2009. **Nota:** no se pudo tomar la posición geográfica de un avistamiento de zífido de Cuvier y otro del delfín tursión el 20 de junio de 2009.

3.1.7.3. Foto-identificación de zífidos.

Durante los avistamientos de zífidos se pudieron tomar 173 fotografías. Siete de las cuáles tuvieron las características apropiadas para poderse comparar con el catálogo de Mauricio Hoyos ($n = 9$ Inds.). No se encontró alguna recaptura entre los individuos de *Ziphius cavirostris*. Por lo tanto, con los datos generados por Mauricio Hoyos y este estudio se tienen al menos 16 animales foto-identificados. Estas fotografías posteriormente se compararan con el catálogo de foto-identificación de *Ziphius* existente del área de Isla San Clemente, California E.U.A. para determinar si hay movimientos entre estas dos islas del océano Pacífico.

Cabe mencionar, que una de las características de los zífidos, es que reaccionan fácilmente a la presencia de las embarcaciones. Por lo que no fue sencillo acercarse lo suficiente para obtener fotografías de buena calidad.



Figura 5. Fotografías de un par de individuos machos foto-identificados de *Ziphius*. La fotografía de la izquierda muestra lo cercano que fueron encontrados los zífidos de la costa.

3.1.7.4. Comparación de nuestros resultados *versus* otros estudios sobre distribución y hábitat de zífidos.

En general, los resultados acerca de la distribución y hábitat coinciden con los obtenidos en escasos estudios de los miembros de la Familia Ziphiidae a nivel mundial. En estos trabajos, la presencia de zífidos ha sido vinculada a la topografía del fondo del mar, especialmente a características como pendientes, cañones submarinos, paredes, e islas oceánicas (MacLeod y D'Amico, 2006). En Isla Guadalupe la mayoría de los avistamientos fueron hechos en aguas profundas con cañones submarinos o con pendientes pronunciadas. De manera similar en otras partes del mundo, como en Nueva

Escocia, la distribución del calderón gigante del norte fue asociada al cañón submarino el Gully (Hooker *et al.*, 2002). De igual manera, MacLeod y Zuur (2005), reportan que el mesoplodonte de Blainville se encontró en cuadrantes cercanos del cañón de Little Abaco, en Bahamas. Además, en la Bahía de Vizcaya, el zífido de Cuvier se encontró principalmente en los alrededores del cañón Cap Breton (Williams *et al.*, 1999). También, en el Golfo de Génova, el hábitat del zífido de Cuvier fue asociada a un cañón submarino (D'Amico *et al.*, 2003). Como ya se menciono, Isla Guadalupe además de presentar cañones submarinos es una isla de origen oceánica. Esta característica hace que la isla no presente una plataforma continental y que haya aguas profundas con pendientes pronunciadas. En las islas Canarias (Aguilar *et al.*, 2004) e islas de Hawai'i (Baird *et al.*, 2006) también se reporta con frecuencia avistamientos del zífido de Cuvier y del mesoplodonte de Blainville (Tabla III). Además, en Isla Guadalupe se tienen previos registros de zífidos en las mismas áreas donde se reportan en este estudio (Bahía Norte y Campo Lima) e inclusive en el estudio de Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza (1998) realizado en febrero, junio, julio-agosto y noviembre de 1991 a 1993, los zífidos fueron los más comúnmente encontrados (16 avistamientos en total). En el reporte de Hoyos y Cárdenas Hinojosa (2009), durante el periodo 2006-2008, el zífido de Cuvier fue encontrado 24 veces en Bahía Norte y principalmente fue registrado en las aguas enfrente de cañones Gemelos.

Por lo tanto, las características batimétricas, los registros de zífidos previos y nuestros resultados indican que Isla Guadalupe es un hábitat potencial para zífidos en México y representa un sitio ideal para el desarrollo de estudios a mediano y largo plazo enfocados en el uso de hábitat y la ecología de esta especie.

Además, para confirmar lo anterior, se realizó una comparación del esfuerzo de búsqueda y número avistamientos obtenidos en este trabajo con resultados de investigaciones orientados a cetáceos y zífidos en otras áreas de estudio calculando la tasa de encuentro de avistamientos de zífidos. La tasa de encuentro se estimó como el número de avistamientos dividido entre las horas de esfuerzo de búsqueda (inds/hr). En algunos estudios no fue posible estimar la tasa de encuentro ya que no reportan las horas de esfuerzo. Es importante mencionar que las plataformas de búsqueda, los diseños de muestreo y las especies de zífidos son algunas veces diferentes en los estudios y que este

ejercicio fue hecho únicamente con un fin comparativo para analizar el potencial de la presencia de zífidos en Isla Guadalupe.

En la Tabla III se puede observar que la tasa de encuentro obtenida en este trabajo (0.22 inds/hr) fue más alta que los estudios hechos en Isla San Clemente (0.04 inds/hr), en el suroeste del Golfo de California (0.06 inds/hr), en las islas de Hawái (0.03 inds/hr) y que en el de Great Abaco (0.12 inds/hr) en Bahamas. En el estudio en Bahía de Banderas no se pudo calcular la tasa de encuentro, pero se registraron 4 avistamientos menos que el de este trabajo (Tabla III). En otros estudios como los realizados en Bahía de Vizcaya-Canal Inglés, el de Tenerife y el del Mar Mediterráneo se reportan más avistamientos de zífidos que nuestro estudio, pero el período en las 3 investigaciones fue de al menos 5 años (ver Tabla III).

Solamente en el cañón submarino del Gully se calculó la tasa de encuentro más alta (0.49 inds/hr) que el de nuestro estudio. En la investigación de las Islas Canarias (El Hierro) no fue posible determinar la tasa de encuentro, pero únicamente en 2003 se registraron más de 70 avistamientos de zífidos (Tabla III). A pesar de esto, con los resultados obtenidos en este ejercicio se confirma el alto potencial de la presencia de zífidos en Isla Guadalupe.

Tabla III. Comparación del esfuerzo de búsqueda y número de avistamientos de este estudio contra los realizados en otras áreas de estudio. ND = No Disponible

Área de estudio	Período	Esf. Km	Esf. hrs	Avist	Spp	Tasa de encuentro	Fuente
Isla Guadalupe	2009	336.32	72.61	16	1	0.22	Este estudio
Isla San Clemente, E. U. A.	2006-2008	ND	775.8	37	1	0.04	Falcone <i>et al.</i> (2009)
Bahía Vizcaya y Canal Ingles	1998-2002	28,596	ND	55	4		Walker <i>et al.</i> (2003)
Suroeste Golfo de California	2004-2006	6,110	497	31	3	0.06	Cárdenas-Hinojosa (2008)
Tenerife, Islas Canarias	1995-2002	ND	ND	66	3		Carrillo, (2003)
Hawái	2002-2005	13,769	922	30	2	0.03	Baird <i>et al.</i> (2006)
Great Abaco, Bahamas	1998-2001	ND	227.41	29	2	0.12	MacLeod <i>et al.</i> (2004)
Bahía de Banderas, G.C.	1988-2003	ND	ND	12	2		Romo, (2004)
Mar Mediterráneo, España	1992;1995-01	14,409	ND	33			Cañadas <i>et al.</i> (2002)
El Gully, Canadá	1988-1998	ND	1,446	715	1	0.49	Hooker <i>et al.</i> (2002)
El Hierro, Islas Canarias	2003	ND	ND	71	1		Aguilar <i>et al.</i> (2004)

3.1.7.5. Análisis de viabilidad logística y económica para el establecimiento de un estudio de zífidos en Isla Guadalupe a mediano y largo plazo.

Viabilidad logística

Realizar un estudio marino en Isla Guadalupe tiene ciertas complicaciones logísticas complejo debido a la lejanía de la isla de la Península de Baja California y a las pocas opciones de rentar pangas. Sin embargo, el transporte de Ensenada a Isla Guadalupe se puede hacer a mediados de cada cuando mes zarpa una embarcación de la II Región Naval para suplir con alimentos y víveres a la tropa que habita Isla Guadalupe. Por lo que se aprovechó este medio de transporte mediante una solicitud a la II Región Naval. De igual manera, el transporte de Isla Guadalupe a Ensenada se pudo resolver rentando una avioneta bimotor tipo Cessna. Cabe mencionar, que para el traslado terrestre de la base naval (Campo Sur) a la pista aérea se contó nuevamente con el apoyo de la II Región Naval y del Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Por lo tanto, el transporte ida y regreso de Ensenada a Isla Guadalupe es un problema logístico que se puede resolver. También se puede aprovechar para el traslado a Ensenada, durante la temporada de avistamiento de tiburón blanco en la isla (de finales de agosto a diciembre), los viajes que realizan las embarcaciones de empresas ecoturísticas.

Con respecto a la renta de una embarcación tipo panga en Isla Guadalupe también fue un problema logístico que se pudo resolver. Es posible rentarlas (se debe incluir los honorarios del Capitán) a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Participación Estatal Abuloneros y Langosteros, S. C. L. En el mes de agosto no se rentó panga, pues mediante apoyo conjunto con el investigador de tiburón blanco de CICIMAR, Mauricio Hoyos Padilla, fue posible utilizar la panga de su proyecto para realizar las navegaciones en Bahía Norte. Además, también existe la posibilidad, como en el caso de junio y agosto, de contar el apoyo de la II Región Naval para realizar recorridos en el este de la isla en su embarcación. Sin embargo, lo más apropiado para un estudio a mediano y largo plazo de zífidos es contar con una embarcación propia (del proyecto) en Isla Guadalupe. Esto debido a que durante la temporada de pesca de abulón y langosta se ocupan todas las embarcaciones de la Sociedad y es más difícil poderlas rentar. También se debe considerar que, a pesar del apoyo de la II Región Naval, sólo

cuenta con una sola embarcación. Esta puede averiarse u ocuparse en las tareas de vigilancia en Isla Guadalupe.

Viabilidad económica

Para analizar la viabilidad económica se hizo un ejercicio comparativo entre el costo de los avistamientos de zífidos de este estudio con un estudio de zífidos en el suroeste del Golfo de California. Se pudo contar con la información presupuestal ya que se participó en ambos proyectos de investigación.

En el proyecto del suroeste del Golfo de California se realizaban al menos 8 expediciones al año para la búsqueda de zífidos y cada una duraba como mínimo 5 días. El costo anual aproximado de las expediciones del proyecto fue de 220,000 pesos (Tabla IV). El periodo del proyecto fue de 3 años, pero en el primero, no se conocieron los costos ya que fueron cubiertos por otra institución de investigación. De tal manera, el total de los costos para dos años fue de 440,000 pesos aproximadamente. Si dividimos el número total de avistamientos registrados en el proyecto (31) entre el costo total del proyecto (440,000 pesos) nos da un resultado de 14,193.54 pesos por avistamiento de zífido en el suroeste del Golfo de California. De igual manera, este ejercicio se hizo con los resultados (16 avistamientos de zífidos) y los costos totales (57,500 pesos) del estudio prospectivo en Isla Guadalupe y nos arrojó un resultado de 3593.75 pesos por avistamiento de zífido. Este ejercicio nos indica que el establecimiento de un estudio de zífidos en Isla Guadalupe a mediano y largo plazo es viable económicamente por los bajos costos que representa el avistar a zífidos en comparación con el suroeste del Golfo de California (Tabla IV).

Además, cabe recordar que los zífidos habitan aguas profundas y por lo tanto, generalmente alejados de la costa y que para estudiarlos se requiere de importantes recursos económicos (renta embarcaciones mayores para navegar en aguas alejadas de la costa). En cambio, la gran ventaja de la Isla Guadalupe, al carecer de una plataforma continental, es que se alcanzan las aguas profundas, cerca de la costa, donde se encuentran los zífidos. Lo que permite estudiar a estas ballenas desde embarcaciones menores, como las pangas, las cuáles su renta es de bajo costo en comparación a una

embarcación mayor. Por otro lado, también permite estudiarlos desde tierra con un teodolito y binoculares. Esto último, se puede hacer en pocos lugares en el mundo.

Tabla IV. Costos aproximados en moneda nacional del proyecto del suroeste del Golfo de California y el de Isla Guadalupe.

<u>SUROESTE DEL G. C.</u>	<i>Renta</i>	<i>Viáticos</i>	<i>Combustibles</i>	<i>Hospedaje</i>	<i>Subtotal</i>	<i>Total</i>
Expedición en barco*	45,000	5,000	1,500	0	51,500	154,500
Renta embarcación pesca deportiva	12,000	5,000	2,000	2,500	21,500	21,500
Expedición en panga del proyecto ⁺	0	5,000	3,500	2,500	11,000	44,000
<i>Total al año</i>						<i>220, 000</i>
<u>ISLA GUADALUPE</u>	<i>Renta panga</i>	<i>Viáticos</i>	<i>Combustibles</i>	<i>Honorarios Capitán</i>	<i>Renta avioneta</i>	<i>Total</i>
Junio	15,000	5,000	0	0	19,000	39,000
Agosto	0	5,000	3,500	3,000	7,000**	18,500
<i>Total dos expediciones</i>						<i>57,500</i>

NOTAS: * Se multiplicó el subtotal por 3 ya que en promedio eran las expediciones que se hicieron al año. ⁺ Se multiplicó el subtotal por 4 ya que en promedio eran las expediciones que se hicieron en la embarcación del proyecto. ** Fue más barato la renta de la avioneta por que se compartió el gasto con otros investigadores.

3.1.8. CONCLUSIONES

- Se realizaron las dos expediciones de prospección planeadas a Isla Guadalupe y se encontraron zífidos de Cuvier cercanos a la línea de costa.
- Se encontró al zífido de Cuvier desde el sitio alto en tierra. Este resultado es importante debido a que se puede estudiar la conducta natural de los zífidos en un área poco alterada por actividades humanas como Isla Guadalupe. También es importante mencionar que hay pocos lugares en el mundo donde se puedan observar zífidos desde tierra.
- Se registraron un total de 16 avistamientos del zífido de Cuvier durante junio y agosto de 2009. De los cuales, 8 avistamientos fueron hechos desde tierra y los otro 8 durante las navegaciones.
- Isla Guadalupe es viable logísticamente y económicamente para realizar un estudio a mediano y largo plazo.
- Los registros previos de zífidos, las características batimétricas de la isla, nuestros resultados y el ejercicio comparativo entre el número de avistamientos y el esfuerzo de búsqueda con otras áreas de estudio confirman que Isla Guadalupe tiene el potencial de la presencia de zífidos para estudios a mediano y largo plazo.
- La información obtenida de este proyecto contribuirá potencialmente a ubicar a IG como una de las pocas zonas a nivel mundial para llevar a cabo estudios de línea base sobre ecología y conducta de los zífidos y así poder evaluar los impactos potenciales por actividades humanas.

3.1.9. AGRADECIMIENTOS

Nuestro mas sincero agradecimiento al Vicealmirante C. G. Dem. Santos Humberto Gómez Leyva, Comandante de la II región Naval, por el apoyó que nos brindo para el traslado del personal de Ensenada a Isla Guadalupe, para el transporte marítimo y terrestre en Isla Guadalupe y por permitirnos alojarnos en las instalaciones de la II Región Naval en la isla. Se agradece por igual a la M. en C. Nadia Olivares Ontiveros por la asesoría dada para cuestiones de logística en la isla.

También queremos agradecer a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Participación Estatal Abuloneros y Langosteros, S. C. L. y al Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. por el apoyó y compañerismo dado en Isla Guadalupe. De igual manera, se agrade a Mauricio Hoyos Padilla por habernos facilitado su embarcación para realizar navegaciones y por su ayuda como observador en los recorridos de agosto. Por último y no menos importante, se agradece al Dr. Oscar Sosa de CICESE y a sus estudiantes (Erick Oñate, Cesar Guerrero, Omar Santana y Miguel Escobedo) por haber ayudado a buscar zífidos en la panga y desde el sitio en tierra.

Este estudio se llevó a cabo con la autorización por parte de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales con oficio núm. SGPA/DGVS/05828/08 con fecha 01 de Septiembre del 2008, con el permiso de uso o aprovechamiento con fines de investigación científica por mexicanos en territorio insular federal por parte de la Secretaria de Gobernación con oficio Núm. DICOPPU/211/1023/09 y con la no-objeción de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe para realizar actividades de investigación sin colecta o manipulación de ejemplares de especies de zífidos y demás cetáceos en la isla con oficio Núm. F00.RPBCPN.RBIG.-096/09.

3.1.11. ANEXOS.

3.1.11.1. ANEXO 1. Base de datos de los avistamientos del zífido de Cuvier y del tursión.

No. avist.	Plataforma	Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Beauf	Olas	Viento	Nub.	Dist. costa	Cla	Prof.	Temp. (°C)	Especie	No. inds.
1	Panga	28.89093	-118.32833	16-Jun-09	12:35:52	1	0.7	NE	40		0.11		18.72	<i>T. truncatus</i>	10
2	Panga	28.86910	-118.28264	16-Jun-09	12:55:52	1	0.7	NE	40		0.11		18.75	<i>T. truncatus</i>	2
3	Panga	28.92715	-118.21111	18-Jun-09	9:18:18	2	0.3	N	50		0.11		19.77	<i>T. truncatus</i>	1
4	Panga	29.17670	-118.26569	18-Jun-09	12:02:55	1	0.3	N	15		0.11		19.75	<i>T. truncatus</i>	20
5	Panga	29.12016	-118.26827	18-Jun-09	12:51:55	1	0.3	N	15	1.40	0.11		19.7	<i>Z. cavirostris</i>	1
6	Tierra	29.15907	-118.26823	19-Jun-09	14:10:00	1	0	N	30	0.79	0.11		19.72	<i>Z. cavirostris</i>	6
7	Tierra	29.15029	-118.28215	19-Jun-09	15:11:00	1	0	N	35		0.11		19.75	<i>T. truncatus</i>	8
8	Tierra	29.14644	-118.28408	19-Jun-09	18:14:00	1	0.3	SE	100		0.11		19.7	<i>T. truncatus</i>	6
9	Tierra	29.14957	-118.28159	19-Jun-09	18:18:00	1	0.3	SE	100		0.11		19.7	<i>T. truncatus</i>	8
10	Tierra	29.14558	-118.27371	20-Jun-09	10:15:00	1	0	N	100	1.48	0.12		19.8	<i>Z. cavirostris</i>	1
11	Tierra	29.14946	-118.28101	20-Jun-09	11:15:00	1	0	N	75	0.55	0.12		19.8	<i>Z. cavirostris</i>	3
12	Tierra	29.14111	-118.27951	20-Jun-09	14:48:00	1	0	NW	30	0.88	0.12		19.75	<i>Z. cavirostris</i>	1
13	Tierra	29.15028	-118.28216	20-Jun-09	15:20:00	1	0	NW	30		0.12		19.7	<i>T. truncatus</i>	6
14	Tierra	29.14745	-118.27416	20-Jun-09	16:25:00	1	0	NW	40	1.35	0.12		19.7	<i>Z. cavirostris</i>	1
15	Tierra	29.15271	-118.28402	20-Jun-09	18:20:00	1	0	NW	35		0.12		19.75	<i>T. truncatus</i>	9
16	Tierra	29.15842	-118.27918	20-Jun-09	18:27:00	1	0	NW	35		0.12		19.8	<i>T. truncatus</i>	6
17	Tierra	29.14958	-118.28450	20-Jun-09	18:29:00	1	0	NW	35		0.13		19.8	<i>T. truncatus</i>	11
18	Tierra			20-Jun-09	13:25:00	1	0	N	30					<i>Z. cavirostris</i>	2
19	Tierra			20-Jun-09	17:37:00	1	0	NW	30					<i>T. truncatus</i>	5
20	Panga	28.88210	-118.29091	24-Jun-09	9:10:00	1	0.25	N	30		0.12		19.3	<i>T. truncatus</i>	2
21	Panga	28.94122	-118.22276	24-Jun-09	9:29:52	1	0.25	N	30		0.12		19.4	<i>T. truncatus</i>	22
22	Panga	29.17203	-118.25261	24-Jun-09	10:59:52	2	0.25	N	35	2.00	0.12		19.5	<i>Z. cavirostris</i>	1
23	Panga	28.98769	-118.21703	24-Jun-09	2:43:32	2	0.25	N	40	1.11	0.13		19.5	<i>Z. cavirostris</i>	3
24	Panga	29.14694	-118.28044	18-Aug-09	9:05:37	1	0.25	NE	75	0.70	0.12	120	21	<i>Z. cavirostris</i>	2
25	Panga	29.13929	-118.27683	18-Aug-09	9:33:37	1	0.25	NE	75	1.11	0.12		20.9	<i>Z. cavirostris</i>	2
26	Panga	29.10803	-118.25972	18-Aug-09	4:57:23	1	0.2	S	20	1.24	0.12	444	21.8	<i>Z. cavirostris</i>	4
27	Panga	29.11459	-118.26486	19-Aug-09	9:11:24	1	0.1	NE	80		0.12		20.7	<i>T. truncatus</i>	30
28	Panga	29.11887	-118.25741	19-Aug-09	10:07:33	1	0.1	NE	80		0.12		21.1	<i>T. truncatus</i>	6
29	Panga	29.12059	-118.26213	19-Aug-09	4:34:56	1	0	NE	80		0.12		21	<i>T. truncatus</i>	25
30	Panga	29.12256	-118.26528	19-Aug-09	5:23:03	1	0	NE	80		0.12		21.3	<i>T. truncatus</i>	35
31	Panga	29.12099	-118.26577	20-Aug-09	2:34:31	3	0.3	N	30		0.12		21	<i>T. truncatus</i>	45
32	Panga	29.11180	-118.27019	21-Aug-09	9:29:13	1	0.3	N	30		0.12		20.5	<i>T. truncatus</i>	3
33	Panga	29.12299	-118.25782	21-Aug-09	3:50:51	3	0.5	N	30		0.12		20.7	<i>T. truncatus</i>	26
34	Panga	29.14711	-118.26166	21-Aug-09	5:10:51	2	0.3	N	20		0.12		25.3	<i>T. truncatus</i>	40
35	Panga	29.11581	-118.26213	22-Aug-09	10:05:56	1	0.2	NE	80	2.12	0.12		24.5	<i>Z. cavirostris</i>	2
36	Panga	29.15372	-118.26458	22-Aug-09	15:29:00	1	0.1	NE	40	2.05	0.12		23.9	<i>Z. cavirostris</i>	3
37	Tierra	29.15688	-118.26439	23-Aug-09	13:06:09	1	0.3	NW	10		0.12		21.5	<i>T. truncatus</i>	7
38	Tierra	29.14892	-118.28081	23-Aug-09	15:28:23	1	0.3	NW	10		0.12		22	<i>T. truncatus</i>	3
39	Tierra	29.13288	-118.27103	23-Aug-09	17:32:55	1	0.3	NW	10	1.48	0.12		22	<i>Z. cavirostris</i>	2
40	Tierra	29.15291	-118.28315	24-Aug-09	11:25:54	1	0.2	NW	10		0.12		21	<i>T. truncatus</i>	4
41	Tierra	29.12709	-118.27333	24-Aug-09	12:12:23	1	0.2	NW	10	0.94	0.12		21.5	<i>Z. cavirostris</i>	2

4. LITERATURA CITADA

- Aguilar, N., M. Johnson., C. Aparicio., I. Domínguez., F. Díaz., A. Hernández., M. Guerra., A. Bocconcelli., A. Padrón., A. Brito. y P. Tyack. 2004. High concentrations of beaked whales observed close to the shore of El Hierro (Canary Islands). **18th European Research on Cetaceans**. Suecia.
- Álvarez F., C. 1987. *Fotoidentificación del Rorcual jorobado, Megaptera novaeangliae (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nayarit. (Cetacea: Balaenopteridae)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 107 pp.
- Au, W.W.L. 1993. *The Sonar of Dolphins*. Springer-Verlag, New York. 292 pp.
- Baird, R. W., D. L. Webster., D. J. McSweeney., A. D. Ligon., G. S. Schorr. y J. Barlow. 2006. Diving behavior and ecology of Cuvier's (*Ziphius cavirostris*) and Blainville's beaked whales (*Mesoplodon densirostris*) in Hawai'i. **Can. J. Zool.** 84:1120-1128.
- Balcomb, K. C. y D. E. Claridge. 2001. A mass stranding of cetaceans caused by naval sonar in the Bahamas. **Bahamas Journal of Science**. 5:1-12.
- Batiza, R. 1977. Petrology and chemistry of Guadalupe Island: An alkalic seamount on a fossil ridge crest. **Geology** 5:760-764.
- Berdegúe, A. J. 1957. **La isla Guadalupe, México: Contribución al conocimiento de los recursos naturales renovables**. Secretaría de Marina. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. México 67 pp.
- Bjørge, A. 2002. How persistent are marine mammal habitats in an ocean of variability? Habitat use, home range and site fidelity in marine mammals. En: P.G.H. Evans y J.A. Raga (eds.). *Marine mammals: biology and conservation*. Plenum Press/Kluwer Academic, London, pp. 63-91.
- Cañadas, A., R. Sagarminaga y S. García-Tiscar. 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. **Deep-Sea Research I**. 49: 2053-2073.
- Cárdenas-Hinojosa, G. 2008. Distribución y hábitat de zífidos en la costa sudoccidental del Golfo de California (Cetacea: Ziphiidae). **Tesis de Maestría**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 74pp.
- Carrillo, M. 2003. Presence and distribution of the Ziphiidae family in the south west coast of Tenerife. Canary Islands. **17th Conference of the European Cetacean Society**. Las Palmas de Gran Canaria.
- Carwardine, M. 1995. *Ballenas, delfines y marsopas*. Omega. Barcelona. 256 pp.
- Castro, R., A. Mascarenhas, A. Sánchez-Barba, R. Durazo y E. Gil-Silva. 2005. Condiciones meteorológicas en el sur de Isla Guadalupe. En: K. Santos del Padro y E. Peters (comps.). **Isla Guadalupe. Restauración y conservación**. SEMARNAT, INE, CICESE, GECI, SEMAR, México.
- Chen, C.T. y F.J. Millero. 1977. Speed of Sound in Seawater at High Pressures. *Journal of the Acoustical Society of America* 32(10):1357.

- Cox, T. M., T. J. Ragen., A. J. Read., E. Vos., R. W. Baird., K. Balcomb., J. Barlow., J. Caldwell., T. Cranford., L. Crum., A. D'Amico., G. D'Spain., A. Fernández., J. Finneran., R. Gentry., W. Gerth., F. Gulland., J. Hildebrand., D. Houser., T. Hullar., P. D. Jepson., D. Ketten., C. D. MacLeod., S. Moore., D. Mountain., D. Palka., P. Ponganis., S. Rommel., T. Rowles., B. Taylor., P. Tyack., D. Wartzok., R. Gisiner., J. Mead. y L. Benner. 2006. Understanding the impacts of anthropogenic sound on beaked whales. **J. Cetacean Res. Manage.** 7(3): 177–187.
- D'Agrosa, C., C.E. Lennert y O. Vidal. 2000. Vaquita by-catch in Mexico's Artisanal Gillnets Fisheries: Driving a small population to Extinction. *Conservation Biology* 15(4): 1110-1119.
- D'Amico, A., A. Bergamasco., P. Zanasca., S. Carniel., E. Nacini., N. Portunato., V. Teloni., C. Mori y R. Barbanti. 2003. Qualitative correlation of marine mammals with physical and biological parameters in the Ligurian Sea. **IEEE Journal of Oceanic Engineering.** 28:29-43.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2005. Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la zona marina y terrestre que incluye a la Isla Guadalupe, de jurisdicción federal, así como a las demás superficies emergidas que se encuentran dentro de la misma, localizada en el Océano Pacífico, frente a la costa de la Península de Baja California, con una superficie total de 476,971-20-15.79 hectáreas. 25 de abril de 2005. 9-15 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, el archipiélago conocido como Islas María, ubicado en el mar territorial mexicano del Océano Pacífico, con una superficie total de 641,284-73-74.2 hectáreas. Martes 27 de noviembre de 2000.
- Falcone, A. E., Schorr, S. G., Douglas, B. A., Calambokidis, J., Henderson, E., McKenna, F. M., Hildebrand, J. and D. Moretti. Sighting characteristics and photo-identification of Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*) near San Clemente Island, California: a key area for beaked whales and the military? **Mar. Biol.** 10pp.
- Gallo-Reynoso, J. P. y A. L. Figueroa-Carranza. 1998. Cetaceans of Isla de Guadalupe, Baja California, México. **Bull. Southern California Acad. Sci.** 33-38pp
- Gallo-Reynoso, J. P. y A. L. Figueroa-Carranza. 2005. Los cetáceos de Isla Guadalupe. 203-217pp En: K. Santos del Prado, K. y E. Peters (comps). **Isla Guadalupe, Restauración y Conservación.** SEMARNAT-INE, CICESE, GECI, SEMAR, México.
- García-Gutiérrez, C., Hinojosa-Corona, A., Franco-Viazcaíno, E., Riggan, R. J., Bocco, G., Luna-Mendoza, L., Aguirre-Muñoz, A., Maytorena-López, J., Keitt, B., Tershy, B., Rodríguez-Malagón, M. y N. Biavaschi. 2005. Cartografía base para la conservación de Isla Guadalupe. Avances, perspectivas y necesidades. En: **Isla Guadalupe Restauración y Conservación**, Santos del Prado, K. y E. Peters (compiladores). INE-SEMARNAT. México. 19-25pp.
- Gerrodette, T., L.A. Fleischer, H. Pérez-Cortés y B. Villa-Ramírez. 1995. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, based on sightings from systematic surveys. 273-281 In: Bjørge, A. y G.P. Donovan (eds) *Biology of the Phocoenids*. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K.

- Hooker, S. K. y R. W. Baird. 1999. Observations of Sowerby's beaked whales, *Mesoplodon bidens*, in the Gully, Nova Scotia. **The Canadian Field-Naturalist**, 113:273-277.
- Hooker, S. K., H. Whitehead., S. Gowans y R. W. Baird. 2002. Fluctuations in distribution and patterns of individual range use of northern bottlenose whales. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 225:287-297.
- Hoyos, P. M. y G. Cárdenas-Hinojosa. 2009. Nuevos registros de zífidos de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) en Isla Guadalupe, México. Trabajo en extenso de la presentación oral presentado en el **Encuentro Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de las Islas de México**. SEMARNAT-INE, CICESE, GECI, SEMAR, CONANP, TNC, UC Mexus, SEGOB. México. 9 páginas.
- INEGI. 1999. Carta topográfica Isla María Madre F13C25-24-15-14. Nayarit. 1:50 000.
- International Whaling Commission. 1989. Report of the sub-committee on small cetaceans. **Report of the IWC**, 39: 117-129.
- Jaramillo Legorreta, A.M. 2008. Estatus actual de una especie en peligro de extinción, la vaquita (*Phocoena sinus*): una aproximación poblacional con métodos acústicos y bayesianos. Tesis de Doctorado. Posgrado en Oceanografía Costera. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California – Campus Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 115 pp.
- Jaramillo Legorreta, A.M., B. Taylor, T. Gerrodette, S. Rankin, René Swift y L. Rojas Bracho. 2009. Report of Vaquita Expedition 2008 and Current Conservation Actions. Document SC/61/SM23 presented to the 61st Meeting of the Scientific Committee of the International Whaling Commission (unpublished). 5 pp.
- Jaramillo Legorreta, A.M., L. Rojas Bracho y T. Gerrodette. 1999. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. *Marine Mammal Science* 15(4):957-973.
- Jaramillo-Legorreta, A.M., L. Rojas-Bracho, R.L. Brownell Jr, A.J. Read, R.R. Reeves, K. Ralls y B.L. Taylor. 2007. Saving the vaquita: immediate action, not more data. *Conservation Biology* 21(6): 1653-1655.
- Katona, S.K. y H.P. Whitehead. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar Record*, 20 (128): 330-444.
- Ladrón de Guevara P.,P. 1995. *La ballena jorobada Megaptera novaeangliae (Borowski, 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. (Cetacea: Balaenopteridae)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 181 pp.
- Leyva G., F.A. 2000. *Hacia un análisis de la investigación y conservación de los mamíferos marinos en México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 233 pp.
- MacLeod, C. D. y A. D'Amico. 2006. A review of beaked whale behaviour and ecology in relation to assessing and mitigating impacts of anthropogenic noise. **J. Cetacean Res. Manage.** 7(3):211–221.

- MacLeod, C. D. y A. F. Zuur. 2005. Habitat utilization by Blainville's beaked whales off Great Abaco, northern Bahamas, in relation to seabed topography. **Marine Biology**. 147:1-11.
- MacLeod, C. D., N. Hauser y H. Peckham. 2004. Diversity, relative density and structure of the cetacean community in summer months east of Great Abaco, Bahamas. **J. Mar. Biol. Ass. U. K.** 84:469-474.
- Medrano González L., y Urbán Ramírez J., 2002. *La ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, 2000*. Ficha de la especie, categorización de riesgo y propuesta para un plan nacional de investigación y conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto W024. 69 pp.
- Peterson, G. 2003. Whales beach seismic research. **Geotimes**. Jan 2003:8-9. (Disponible en www.geotimes.org/jan03/NNwhales.html).
- Pierson, M. O. 1987. Breeding behavior of the Guadalupe fur seal, *Arctocephalus townsendi*. En: J. P. Croxall y R.L. Gentry (eds.). **Status, Biology, and Ecology of fur seals**. NOAA Tech. Rep. NMFS. 51:83-94.
- Reeves, R. R., B. S. Stewart., P. J. Clapham, y J. A. Powell. 2002. **Guide to Marine Mammals of the World**. National Audubon Society/Alfred A. Knopf, Inc., New York. 528pp.
- Rice, D. W. 1998. **Marine Mammals of the World. Systematics and Distribution**. The Society for Marine Mammalogy, Special Publication No. 4, Allen Press Inc, Lawrence, Kansas. 231pp.
- Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pp. 17-195. En: W.E. Aschevill (ed.). *The whale problem*. Harvard University Press.
- Richardson, W.J., C.R. Greene Jr., C.I. Malme y D.H. Thomson. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA. 576 pp.
- Rojas-Bracho, L. y A.M. Jaramillo-Legorreta. 2002. Vaquita *Phocoena sinus*. 1277-1280 In: W.F. Perrin, B. Würsig y J.G.M. Thewissen (eds.) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Romo, S. F. 2004. Riqueza, distribución y taxonomía de cetáceos pertenecientes a las Familias Kogiidae y Ziphiidae en Bahía de Banderas Nayarit-Jalisco, México. **Tesis de Licenciatura**. Instituto Tecnológico del Mar No. 6. Nayarit. 56p.
- Salinas Z., M.A. y L. Bourillón M. 1988. *Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 211 pp.
- Santos del Prado G., K., G. Negrete Fernández y J. Gabriel Morales. 2006. Diagnóstico ambiental participativo en la Colonia Penal Federal Islas Mariás. Hacia la conservación y el manejo sustentable de su territorio. *Gaceta Ecológica* 81(2006):5-18.
- Scammon, C.M. 1874. *The Marine Mammals of the North-western coast of North America described and illustrated: together with an account of the American whale-fishery*. John

- H. Carmany and Co., San Francisco. 319 pp. (Reprinted in 1968 by Dover Publications Inc., New Cork).
- SEMARNAT, 2006. *Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California*. 140 pp.
- Silber, G.K. 1991. Acoustic signals of the vaquita (*Phocoena sinus*). *Aquatic Mammals* 17:130-133.
- Stewart, J.G. y J.R. Stewart. 1984. Algas marinas de Isla Guadalupe, México, incluyendo una lista de verificación. **Ciencias Marinas** 10(2):135- 148.
- Taylor, B., J. Barlow., R. Pitman., L. Ballance., T. Klinger., D. DeMaster., J. Hildebrand., J. Urbán., D. Palacios. y J. Mead. 2004. A call for research to assess risk of acoustic impact on beaked whale populations. **Artículo SC/56/E36 presentado al comité científico de la Comn. Ballenera Inter.**, Sorrento, Italia. 4pp.
- Urbán R., J. y A. Aguayo L. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science* 3(4):333-344.
- Urbán, R.J., C. Alvarez F., M. Salinas Z., J. Jacobsen, K.C. Balcomb III, A. Jaramillo L., P. Ladrón de Guevara P. y A. Aguayo L. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. *Fishery Bulletin*, 97:1017-1024.
- Van Gelder, R.G. 1960. Results of the Puritran-American Museum of Natural History Expedition to Western Mexico. 10. Marine Mammals from the coasts of Baja California and the Tres Marías Islands, Mexico. *American Museum Novitates* No. 1992: 1-27.
- Walker, D., M. Telfer. y G. Cresswell. 2003. The status and distribution of beaked whales (Ziphiidae) in the Bay of Biscay. **Report to the Organisation Cetacea (ORCA)**. 6pp.
- Williams, A. D., T. M. Brereton, y R. Williams. 1999. Seasonal variation in the occurrence of beaked whales in the southern Bay of Biscay. pp. 275-280. **13th Annual Conference of the European Cetacean Society**.