

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



**MAMÍFEROS MARINOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA:
MACROECOLOGÍA, IMPACTO HUMANO Y SU
PERSPECTIVA HACIA LA CONSERVACIÓN**

T E S I S

que para obtener el grado académico de
Maestra en Ciencias del Mar y Limnología
(Biología Marina)

p r e s e n t a

VERÓNICA ARACELI ARELLANO PERALTA

Director de tesis: DR. LUIS MEDRANO GONZÁLEZ

Comité Tutorial:

DR. FEDERICO PÁEZ OSUNA
DR. JORGE URBÁN RAMÍREZ
DRA. ANDREA SÁENZ ARROYO
DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI
DRA. GISELA HECKEL DZIENDZIELEWSKI

Ciudad Universitaria, México D.F. 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Moisés y Carmen



Mamíferos marinos en el Golfo de California:
macroecología, impacto humano y su
perspectiva hacia la conservación

CONTENIDO

	Página
1. SUMARIOS.....	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Abstract.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	5
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Particulares.....	7
3. EL GOLFO DE CALIFORNIA.....	8
3.1. Ubicación.....	8
3.2. Características morfológicas.....	8
3.3. Origen geológico.....	8
3.4. Topografía, batimetría y masas de agua.....	10
3.5. Clima.....	12
3.6. Biodiversidad.....	15
4. DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.....	19
4.1. Introducción.....	19
4.2. Métodos.....	25
4.3. Resultados.....	32
4.4. Discusión.....	44
5. HISTORIA DEL IMPACTO HUMANO SOBRE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.....	50
5.1. Época prehispánica (- 1521).....	50
5.2. Época colonial (1521 - 1821.....	54
5.3. México independiente (1821 - 1877).....	63
5.4. Del Porfiriato a la época contemporánea (1877 -).....	66
5.5. Amenazas en la época contemporánea.....	70

6. ACTUALIDAD DEL IMPACTO HUMANO SOBRE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA. CONTAMINACIÓN E INTERACCIÓN CON PESQUERÍAS.....	79
6.1. Introducción.....	79
6.2. Métodos.....	88
6.3. Resultados.....	97
6.4. Discusión.....	115
7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	124
7.1. Conclusiones.....	124
7.2. Perspectivas de investigación.....	128
7.3. Análisis integrativo.....	130
8. AGRADECIMIENTOS.....	133
9. REFERENCIAS.....	137
9.1. Literatura citada.....	137
9.2. Documentos antiguos.....	159
9.3. Proyectos que proveyeron datos al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y que conformaron la base de datos de registros de mamíferos marinos proporcionada por la CONABIO (Apéndice 10.6.).....	159
10. APÉNDICES.....	162
10.1. Programas de cómputo desarrollados en Turbo Pascal.....	162
10.2. Navegaciones de observación de mamíferos marinos.....	163
10.3. Pesquerías ribereñas del Golfo de California.....	164
10.4. Tipos de artes de pesca en el Golfo de California.....	173
10.5. Mamíferos marinos del Golfo de California.....	190
10.6. Autorizaciones institucionales para el uso de las bases de datos.....	208

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas		Página
Tabla 1.	Mamíferos marinos del Golfo de California. Se indican las categorías de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 y a la IUCN (2009).	20
Tabla 2.	Contenidos de las bases de datos examinadas de mamíferos marinos en el Golfo de California.	26
Tabla 3.	Especies de mamíferos marinos registradas en las bases de datos de la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO.	33
Tabla 4.	Porcentajes de consumo de energía y ocurrencia de crías de taxones de mamíferos marinos en el Golfo de California y en el Pacífico mexicano adyacente. En el Golfo de California se distinguen los periodos 1981-2008 y entre paréntesis el periodo 2004-2007.	39
Tabla 5.	Síntesis de los impactos humanos, históricos y contemporáneos, sobre los mamíferos marinos del Golfo de California.	78
Tabla 6.	Pesca ribereña en el Golfo de California de acuerdo con Ulloa <i>et al.</i> (2006, 2007).	84
Tabla 7.	Regiones prioritarias de conservación para los mamíferos marinos del Golfo de California de acuerdo con tres variables de valor biológico (riesgo, crianza y consumo de energía (Cons E) y dos variables de impacto humano (pesca y contaminación SST, CF (Cont SST CF)).	131
Tabla 8.	Prioridad de conservación de 19 mamíferos marinos del Golfo de California identificada por tres variables de valor biológico y el impacto humano histórico en la región.	132
 Figuras		
Figura 1.	Área de estudio, el Golfo de California.	9
Figura 2.	Topografía de algunas regiones del Golfo de California (Modificado de CONANP 2000).	13
Figura 3.	Topografía del Golfo de California. Modificado de Smith & Sandwell (1997).	14
Figura 4.	Productividad primaria del Golfo de California ($g\ C\ m^{-2}\ estación^{-1}$), promedio de las estaciones fría (izquierda) y cálida (derecha) según el modelo de Behrenfeld & Falkowski (1997). Modificado de Ulloa <i>et al.</i> (2006).	17
Figura 5.	Matriz geográfica de 479 cuadrantes a partir del mapa de batimetría de Smith & Sandwell (1997, Figura 3).	27

Figura 6.	Alometría de la tasa metabólica de mamíferos marinos y terrestres con datos de Eckert <i>et al.</i> (1989), Witthow (1987) y Gaskin (1982).	31
Figura 7.	Mapas de 3,788 registros de mamíferos marinos clasificados por taxones, en el periodo 1981-2008 a partir de bases de datos de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.	34
Figura 8.	Riqueza (número de especies) de mamíferos marinos observada en 3,788 registros en el periodo 1981-2008 de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.	35
Figura 9.	Riqueza estimada, con base en las curvas de acumulación del número de especies en 3,788 registros de mamíferos marinos en el periodo 1981-2008 de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.	36
Figura 10.	Clasificación de los mamíferos marinos del Golfo de California de acuerdo a su distribución geográfica y su cobertura de cuadrantes.	38
Figura 11.	Esfuerzo de búsqueda de mamíferos marinos en el periodo 2004-2007 por la UABCS y la UNAM.	40
Figura 12.	Distribución geográfica de la biomasa y el consumo de energía de los mamíferos marinos estimados e interpolados con los datos de la UABCS y la UNAM en el periodo 2004-2007. Nótese que las escalas son logarítmicas.	41
Figura 13.	Distribución de la ocurrencia de crías de mamíferos marinos estimada e interpolada con los datos de la UABCS y la UNAM en el periodo 2004-2007. La ocurrencia de crías se define como la proporción del número de registros en los que hay crías con respecto al número total de registros en cada cuadrante.	42
Figura 14.	Diferentes medidas de riesgo interpolado de los mamíferos marinos registrados en el periodo 1981-2008 por la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO basadas en la IUCN (2009). El tono pálido en el mapa de la mediana indica especies en riesgo con frecuencia menor a 0.5 (> LC, DD). Las abreviaturas de la IUCN están definidas en la Tabla 1.	43
Figura 15.	Dibujo de una embarcación fabricada con haces de tule que usaban los californios para la pesca. Tomado de Ponce Aguilar (2004).	52
Figura 16.	Las Tinajas, Baja California Sur, lugar del hallazgo de huesos de mamíferos marinos aprovechados por comunidades humanas prehistóricas según Porcasi & Fujita (2000). Imagen tomada de Google Earth.	53

Figura 17.	Carte de la Californie Lévé par la Societé des Jesuites. Dédiée du Roy d'Espagne en 1757. (Carta de la California por la Sociedad de Jesuitas, dedicada al Rey de España en 1757). Digitalizado del Fondo Reservado de la UNAM.	57
Figura 18.	Algunas mujeres seris en Sonora cerca de Kino. Tomado de Davis & Dawson (1945).	58
Figura 19.	Territorio Comcáac. Tomado de Luque & Doode (2007).	58
Figura 20.	<i>Peche du Cachalot</i> . grabado original de Garneray (1834). Kendall Whaling Museum, Sharon, Massachussetts.	61
Figura 21.	<i>Scrimshaw</i> en un diente de cachalote aludiendo a la cacería de ballenas (1817). Kendall, Whaling Museum, Sharon, Massachussetts.	61
Figura 22.	Medición del contenido de aceite de ballena en barriles descargados por un buque británico (1860). Colección Bettmann, Corbis.	63
Figura 23.	Sitios de cacería del lobo marino en el Golfo de California desde ca. 1930 hasta principios de la década de 1970. Modificado de Zavala-González & Mellink (2000).	67
Figura 24.	Estaciones de monitoreo con información de sólidos suspendidos totales y coliformes fecales (azul) en el periodo 2004-2007 y regiones definidas por este muestreo (SEMAR 2003).	90
Figura 25.	Función de calidad de agua para los parámetros SST y CF.	91
Figura 26.	Polígonos de pesca de escama originales de Ulloa <i>et al.</i> (2006; izquierda), en formato postcript (centro) y en su forma final mapeada en la matriz geográfica construida con los datos numéricos originales de los contornos (negro) y los pixeles (rojo) en las áreas (derecha).	93
Figura 27.	Contaminación por sólidos suspendidos totales (SST, azul) y por coliformes fecales (CF, rojo) durante el periodo 2004-2007 en el Golfo de California en siete estaciones de monitoreo y sus vecindades estimadas por interpolación.	98
Figura 28.	Contaminación SST, CF interpolada y multiplicada por el consumo de energía de los mamíferos marinos (superior) y adicionalmente ponderada por la frecuencia de las especies en el intervalo de categorías de riesgo 1-4 de la IUCN (inferior).	99
Figura 29.	Intensidad de la pesca ribereña en el Golfo de California medida como la suma de las áreas de actividad de ocho pesquerías y la camaronicultura.	101

- Figura 30.** Esquema de interacciones documentadas entre los mamíferos marinos y las pesquerías en el Golfo de California según los artes empleados. Se indica un dendrograma de los mamíferos marinos de acuerdo a las interacciones que presentan con los artes de pesca, un dendrograma de las pesquerías según los artes que usan así como la diversidad de interacciones por especie y por pesquería. Las cuadrículas indican los artes utilizados por las pesquerías y la ocurrencia de interacción con los mamíferos marinos. 102
- Figura 31.** Área de pesca total interpolada y multiplicada por la abundancia de los mamíferos marinos (superior) y adicionalmente ponderada por la frecuencia de las especies en el intervalo de categorías de riesgo 1–4 de la IUCN (inferior). 103
- Figura 32.** Distribución geográfica y tamaño de las poblaciones humanas en las costas del Golfo de California de acuerdo con el censo del INEGI (2000). 105
- Figura 33.** Relación de la población humana con la contaminación y la pesca en las siete regiones del Golfo de California definidas por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003). Se muestra la relación en términos directos (izquierda) y *per capita* en función de la extensión regional (derecha). Las líneas discontinuas indican las regresiones lineales. 106
- Figura 34.** Impactos interpolados de la pesca y la contaminación, mediados por la abundancia y el consumo, promediados en las 11 regiones definidas por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003). Con áreas de color, se indica la identificación de los grupos de impacto, cinco registrados y dos posibles. Las zonas sin datos de contaminación pero con valores estimados por interpolación se indican en gris y su relocalización posible ante mediciones de contaminación se indica con una flecha. La línea discontinua indica la regresión lineal. 108
- Figura 35.** Impacto de la contaminación y la pesca en conjunto sobre los mamíferos marinos (ICP) mediado por sus interacciones con el consumo de energía y la abundancia y ponderado por el riesgo de las especies medido como la frecuencia relativa de las categorías de riesgo 1-4 de la IUCN. 109

Figura 36.	Impacto conjunto de la contaminación y la pesca sobre la mastofauna marina, mediado por el consumo de energía y la abundancia, comparado al grado de riesgo, la crianza y el consumo de energía en los cuadrantes. Las líneas discontinuas indican la regresión lineal.	110
Figura 37.	Prioridad intrínseca de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.	111
Figura 38.	Prioridad de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California ante el impacto conjunto de la contaminación y la pesca, mediados por el consumo y la abundancia, con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.	112
Figura 39.	Prioridad de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California ante el impacto de la pesca, mediado por la abundancia, con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.	113
Figura 40.	Comparación de los valores de consumo de energía y crianza promedio de 25 cetáceos en el Golfo de California (GC) y Pacífico mexicano adyacente (PM). Las líneas discontinuas indican el nivel en donde las variables de prioridad de conservación son iguales para ambas regiones. La identidad de las especies se indica con una abreviatura formada por la primera letra de su nombre genérico y las tres primeras letras de su nombre específico (Tabla 1).	114

1. SUMARIOS

1.1. Resumen

El Golfo de California es uno de los mares más singulares, biodiversos, dinámicos y productivos del planeta, ha sido habitado por varias culturas desde hace ca. 10,000 años, muchos de sus recursos naturales han sido sobreexplotados desde hace casi cinco siglos y actualmente enfrenta un creciente deterioro ambiental. En este mar habita una mastofauna marina singularmente abundante y diversa que ha sido utilizada por los humanos desde su arribo a esta región y actualmente enfrenta varios impactos algunos de los cuales constituyen problemas de conservación de interés mundial, como es el riesgo crítico de extinción de la vaquita (*Phocoena sinus*). En este trabajo se hizo una revisión de la historia de la relación de los mamíferos marinos con los humanos en el Golfo de California realizando visitas al Archivo General de la Nación y al Fondo reservado de la UNAM y consultando literatura especializada. También se examinó la distribución geográfica de la diversidad de estos animales así como la distribución de su consumo de energía, crianza y riesgo de extinción, medido por la frecuencia de los registros en categorías de riesgo NT, VU, EN y CR de la IUCN (2009). Estas últimas variables se usaron como indicadores de valor biológico, que potencialmente pueden serlo del estado global de los ecosistemas, en relación con los impactos potenciales de la pesca ribereña y la contaminación. La actividad pesquera se midió como la suma de las áreas de operación de pesquerías que interaccionan con mamíferos marinos y la contaminación se determinó como un índice derivado de una función de calidad de agua en dependencia de la concentración de bacterias coliformes fecales y sólidos suspendidos totales. Para ello, se definió una matriz geográfica base con 479 cuadrantes de 0.25 grados de latitud y longitud, se desarrolló un sistema analítico conformado por hojas de cálculo, mapas, gráficas y programas desarrollados *ex profeso* y también se compiló una base de registros de mamíferos marinos con datos de esfuerzo de búsqueda en el periodo 1981-2008 por la UNAM, UABCS, NOAA y CONABIO. Esta información se depuró para examinarla en relación con una base de datos de calidad de agua en el periodo 2004-2007 generada por la SEMAR y con una base de datos de pesquerías de Ulloa *et al.* (2006). Las tres variables de valor biológico y las dos de impacto se combinaron para determinar grados de prioridad de conservación en zonas (cuadrantes) con tres criterios, correspondientes a las variables de valor biológico, por sí mismos así como ante las dos variables de impacto. La investigación histórica reveló que los mamíferos marinos del Golfo de California han sido afectados por los humanos en diferentes formas durante casi todo el Holoceno. En la época prehispánica, el impacto humano fue básicamente la cacería de autoconsumo. A partir de la conquista española y hasta finales del siglo XIX, predominó la explotación comercial de varias especies. Desde fines del siglo XIX, se diversificaron las fuentes de impacto antropogénico siendo relevantes la interacción de los mamíferos marinos con las pesquerías y diversas formas de deterioro de su hábitat. Se registró y estimó la ocurrencia de

34 especies de mamíferos marinos y se documentó el reporte de otras dos. La riqueza de estas especies y sus atributos de consumo, crianza y condición de riesgo se distribuyen heterogéneamente en el golfo sin que puedan identificarse clases diferenciadas de especies según su distribución ni de regiones según las especies que contienen. Esto caracteriza a la mastofauna marina como un metaensamble e indica que el tránsito es un factor ecológicamente importante para la vida de los mamíferos marinos. La productividad marina y el consumo de mamíferos marinos coinciden en lo general y son mayores al Norte de la latitud 23° N, especialmente en la Región de las Grandes Islas. La coincidencia entre altos valores de productividad primaria, consumo de energía de los mamíferos marinos y crianza de estos animales en la Región de las Grandes Islas, es tal vez la condición que permitió el establecimiento de las poblaciones locales de algunos mamíferos marinos. Se observa un paralelismo general entre el estado de riesgo de los mamíferos marinos y el impacto global de la contaminación y la pesca. Las especies en riesgo ocurren predominantemente al Norte de la latitud 23° N y el grado de riesgo se incrementa hacia el Alto Golfo en donde habita la vaquita. La ocurrencia de especies en riesgo es mayor en el Golfo de California que en el Pacífico Oriental y significa que este debe considerarse un refugio para los mamíferos marinos que ahí habitan. Los impactos de la pesca y de la contaminación sobre los mamíferos marinos tienen una relación inversa a nivel regional y esto implica que por lo menos todas las costas del Golfo de California requieren atención de alguna combinación de impactos a los mamíferos marinos. Esto significa también que la conservación de la región debe tener una perspectiva integral y de amplia escala geográfica. La costa de Sonora al Norte de Guaymas, la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo presentan el mayor impacto antropogénico global a los mamíferos marinos y su conservación es la de mayor prioridad también por el criterio del riesgo de las especies que ahí habitan. La costa de Sinaloa y Sur de Sonora presenta prioridad de conservación por un alto impacto al consumo de energía y a la condición de riesgo de los mamíferos marinos. La costa de Baja California Sur es importante para la conservación por su alto valor biológico en los tres criterios analizados. La costa de Jalisco, Nayarit y Sur de Sinaloa presenta una prioridad de conservación menor a las otras regiones mencionadas debido a una baja ocurrencia de especies en riesgo. Sin embargo, esta región tiene un alto valor para la alimentación y la crianza de varios mamíferos marinos y enfrenta una alta afectación por la contaminación que debe remediarse en el mediano plazo. Se identificaron 19 especies de mamíferos marinos como prioritarias para la conservación en el Golfo de California por su valor biológico medido por su condición de riesgo, consumo de energía y crianza así como por la historia del impacto humano en ellos. Estudios futuros deberán aportar información más detallada y cuantificada sobre la interacción de los mamíferos marinos con las actividades humanas, contrastar valores biológicos e impactos en el Golfo de California con las costas Pacíficas de Baja California y continental tropical de México así como desarrollar una geografía sociológica y económica vinculada con la biología.

1.2. Abstract

The Gulf of California is among the most singular, biodiverse, dynamic and productive seas in the planet, it has been inhabited by several cultures since ca. 10,000 years, many of its resources have been overexploited for almost five centuries and currently it faces a growing environmental deterioration. A singularly abundant and diverse marine mammal fauna inhabits this sea and it has been used by humans since their very arrival to this region and nowadays, it faces several impacts some of which are problems of global interest such as the critical extinction risk of the vaquita (*Phocoena sinus*). In this work, the history of the relationship between marine mammals and humans in the Gulf of California has been reviewed by visiting the National General Archive and the Reserved Collection of UNAM as well as by consulting specialized literature. Also, the geographic distribution of these animals has been examined together with the distribution of their energy consumption, calving and extinction risk, measured as the frequency of records in the IUCN (2009) risk categories NT, VU, EN and CR. These later variables were used as biological value indicators, with the potential to be such for the global condition of ecosystems, in relation to potential impacts from coastal fisheries and pollution. Fishing activity was measured as the sum of operative areas of fisheries which interact with marine mammals and pollution was determined as an index derived from a water quality function in dependence of fecal-coliform-bacteria and total suspended-solids concentrations. To achieve that, a base geographic matrix with 479 cells of 0.25 degrees of latitude and longitude, was defined, an analytic system was developed combining calculation sheets, maps, graphics and programs made *ex profeso* and also, a base of marine mammal records with search effort data was compiled from NOAA, UABCS, UNAM and CONABIO for the period 1981-2008. This information was refined to examine it in relation to a water quality database developed by SEMAR for the period 2004-2007 and a fisheries database by Ulloa *et al.*(2006). The three biological-value variables and the two impact variables were combined to determine conservation priority grades among zones (cells) by three criteria corresponding to the biological-value variables, by themselves as well as by the impact variables. The historical investigation revealed that marine mammals in the Gulf of California have been affected by humans in several ways for almost the entire Holocene. In the prehispanic period, human impact was mostly due to consumptive hunting. After the spanish conquest and up to the late 19th century, commercial overexploitation of several species was predominant. Since the late 19th century, the sources of anthropogenic impact have diversified being relevant the interaction of marine mammals with fisheries and different modes of habitat deterioration. The occurrence of 34 marine mammal species was registered and estimated and the report of another two species was documented. The richness of these species as well as their energy consumption, calving and risk condition attributes, are heterogeneously distributed in the gulf but neither species according to their distribution nor regions according to the species they have, can be identified in differentiated classes. This characterizes marine

mammal fauna as a metassemblage and indicates that transit is a factor ecologically important for the life of marine mammals. Marine productivity and energy consumption by marine mammals are coincident in general and they are larger North of latitude 23° N, especially in the Midriff Islands Region. Coincidence among high values of primary productivity, energy consumption of marine mammals and calving of these animals, is perhaps the condition which allowed the settlement of local populations of some marine mammals. A general parallelism is observed for marine mammal risk status and the global impact of pollution and fishing. Species in risk categories occur mostly North of latitude 23° N and risk degree increases to the Upper Gulf where the vaquita is distributed. The occurrence of species in risk categories is higher in the Gulf of California as compared to the East Pacific and this means that this sea must be considered as a refuge for the marine mammals which inhabit there. Impacts of fishing and pollution on marine mammals are inversely related at regional level and this implies that at least all coasts in the Gulf of California require attention for a combination of impacts on marine mammals. This also means that conservation of this region must have an integral perspective of wide geographical scale. The coast of Sonora North of Guaymas, the Midriff Islands Region and the Upper Gulf show the largest global anthropogenic impact on marine mammals and their conservation is the one with greater priority also because of the species-risk criterion. The coast of Sinaloa and southern Sonora shows conservation priority because a high impact to energy consumption and risk condition of marine mammals. The coast of southern Baja California is important for conservation because of its high biological value in the three analyzed criteria. The coast of Jalisco, Nayarit and southern Sinaloa shows a conservation priority of lesser grade as compared to the other regions due to a low occurrence of species in risk. However, this region has a high value for feeding and calving of several marine mammals and faces a high affectation by pollution which needs to be remediated in the mid term. A total of 19 marine mammal species were identified as priority for conservation in the Gulf of California because of their biological value measured by their risk condition, energy consumption, and calving as well as by the history of human impact on them. Future research must achieve more detailed and quantified information about the interaction of marine mammals with human activities, to contrast biological values and impacts in the Gulf of California with those in the Pacific coast of Baja California and the Pacific tropical-continental coast of México as well as to develop a geography of sociology and economy linked to biology.

2. INTRODUCCIÓN

En estos tiempos de crisis ambiental, es fundamental reconocer el papel que el mar ha desempeñado para la humanidad a lo largo de los siglos y la trascendencia de los cambios que hoy día operan en él por causas antropogénicas. Desde épocas remotas, la especie humana ha dependido de los recursos marinos, se ha alimentado de ellos, ha utilizado los océanos para explorar y conquistar y también se ha enfrentado a sus peligros y se ha conmovido ante su belleza y magnificencia. Así, los océanos del mundo han recibido la influencia humana incesantemente trayendo como consecuencia una pérdida de biodiversidad en todos los niveles: genes, especies, ecosistemas y paisajes (Norse & Crowder 2005, CONABIO 2009). En términos generales, la pérdida de la biodiversidad marina puede atribuirse a cinco causas principales: 1) sobreexplotación de los recursos 2) daño y alteraciones físicas del hábitat 3) contaminación 4) especies invasoras y 5) cambio climático global (Norse & Crowder 2005; Halpern *et al.* 2008).

Pocas veces se toma conciencia de que esta pérdida de la biodiversidad conlleva a su vez, al detrimento de bienes, servicios y valores que el mar proporciona a la humanidad. Los ecosistemas marinos son críticos y esenciales para el soporte de la vida en el planeta. Gracias a ellos, existe regulación climática, de nutrientes, de calidad del agua y protección física de las regiones costeras ante huracanes e inundaciones (Costanza *et al.* 1997). Los océanos también son el sustento de una gran parte de las economías de países en desarrollo, particularmente porque el turismo costero es el sector de más rápido crecimiento de la industria del turismo global (Duffy 2006). El mar es un importante y vasto objeto de estudio para construcción de la ciencia y una gran fuente de inspiración para el arte y la espiritualidad humana (Kellert 1996, Duffy 2006, Sáenz-Arroyo 2008).

En México, existe uno de los cinco ecosistemas marinos más biodiversos, singulares, dinámicos y productivos del planeta: el Golfo de California o Mar de Cortés (Álvarez-Borrego 1983, Alles 2003, Enríquez-Andrade *et al.* 2005). En este mar existen 922 islas con 887 especies de flora y fauna, 90 de ellas endémicas; en él habitan 4,854 especies de invertebrados marinos identificadas, 766 de ellas endémicas (Brusca *et al.* 2005), 665 especies de algas y pastos marinos y 891 especies de peces, 90 de ellas endémicas (World Heritage Centre 2005), cinco especies de tortugas marinas, todas en peligro de extinción y 164 especies de aves acuáticas, 17 de ellas con colonias reproductivas en las islas del Golfo de California (Enríquez-Andrade *et al.* 2005).

En el Golfo de California, existen registros de 34 especies de mamíferos marinos, entre ellas el cetáceo más pequeño del mundo, endémico de México y considerado en severo riesgo de extinción: la vaquita marina (*Phocoena sinus*)

cuya población se estima en apenas 150 individuos (Jaramillo-Legorreta *et al.* 2007). Dentro del golfo también se reproducen y alimentan mamíferos marinos como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*, Gendron 1991), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, Medrano González & Urbán Ramírez 2002) la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*, Rojas Bracho 1984, Bérubé *et al.* 2002) y el lobo marino de California (*Zalophus californianus*, Szteren *et al.* 2006, Schramm *et al.* 2009).

Los esfuerzos de conservación que se han llevado a cabo en el Golfo de California son muy importantes pero en la actualidad existe un creciente deterioro de sus ecosistemas debido a causas como la práctica de de pesca con artes no sustentables (Ezcurra 1998, Morgan *et al.* 2005), el incremento desordenado del turismo y del tránsito marítimo (Medrano González & Urbán Ramírez 2002), la transformación y pérdida de manglares (Aburto-Oropeza *et al.* 2007), las alteraciones ambientales y del hábitat de especies, por el desvío de las aguas del Río Colorado (Glenn *et al.* 2001, Lercari & Chávez 2007, Rowell *et al.* 2008, Lozano-Montes *et al.* 2008), las descargas contaminantes de centros urbanos, áreas agrícolas y granjas acuícolas (Ortiz-Lozano *et al.* 2005), el desarrollo de proyectos energéticos (gas natural, combustóleo) y complejos turísticos a gran escala que ocasionan la pérdida de hábitats terrestres y costeros y diferentes niveles de conflictos ambientales y sociales (Nauman 2006).

En general, las actividades humanas que influyen el medio marino pueden tener efectos específicos sobre los mamíferos que ahí habitan y potencialmente, la manifestación de tales efectos en estos animales podría permitir la identificación de alguna tendencia de deterioro en los ecosistemas que advierta sobre las amenazas a la salud humana y a la biodiversidad. Por estas razones, los mamíferos marinos se consideran buenos indicadores de calidad ambiental o buenos “organismos centinela” (Reddy *et al.* 2001, Aguirre & Tabor 2004, Bossart 2006, Moore 2008). Esto es posible gracias a que sus ciclos de vida son largos (pueden vivir algunas decenas de años), se sitúan en niveles medios y altos dentro de las cadenas tróficas y presentan grandes reservas de grasa en sus cuerpos las cuales son depósitos de varios contaminantes derivados de diferentes actividades humanas (Reddy *et al.* 2001, Aguirre & Tabor 2004, Bossart 2006, Moore 2008; Wells *et al.* 2004). Es importante mencionar que los mamíferos marinos, hoy día son parte de la llamada megafauna carismática que goza de la simpatía de varios sectores de la sociedad. Esta condición es muy útil cuando se trata de conseguir apoyo social en los esfuerzos de conservación y por esta razón se les conoce como especies bandera (Ulloa *et al.* 2006).

Los mamíferos marinos han tenido la influencia humana desde épocas antiguas en distintos modos en distintas regiones del mundo y el Golfo de California es un sitio en donde la historia de los mamíferos marinos ha sido muy cercana a

los humanos. Conocer esta historia es importante para vislumbrar la trayectoria de los impactos antropogénicos, comprender cómo ésta ha afectado la situación de las especies a través del tiempo y dilucidar su vulnerabilidad ante las amenazas que enfrentan hoy día así como las perspectivas de su conservación. Dentro de las amenazas que enfrentan los mamíferos marinos en la actualidad en todo el mundo, están la interacción con las pesquerías y la contaminación marina (O'Shea *et al.* 1999, O'Hara & O'Shea 2001, Harwood 2001, O'Shea & Tanabe 2003, Gerpe 2005, Grench *et al.* 2008, Moore *et al.* 2009). La amenaza más importante sobre los mamíferos marinos a nivel global, es la muerte accidental, la cual afecta al 78 % de las especies en el mundo y es causada principalmente por la captura incidental en redes pesqueras. La segunda amenaza más importante es la contaminación, la cual afecta al 60 % de las especies e incluye aspectos de contaminación química y biológica, basura, ruido y cambio climático (Schipper *et al.* 2008).

Esta tesis examina la interacción de los mamíferos marinos del Golfo de California con las pesquerías y con algunos aspectos de la contaminación marina. Se eligieron estos dos temas por su importancia para la conservación en general y porque sobre ellos lograron compilarse bases de datos factibles de analizar y comparar con datos de la mastofauna marina. Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

2.1. Objetivo general

- Analizar la vulnerabilidad de las especies de mamíferos marinos y sus hábitats en el Golfo de California, ante el impacto humano de la pesca y algunos aspectos de contaminación marina identificando especies y regiones que requieran acciones de conservación.

2.2. Objetivos particulares

- Compilar, sistematizar y analizar una base de registros de mamíferos marinos del Golfo de California para conocer su riqueza, distribución, abundancia, zonas de crianza, consumo de energía y riesgo de acuerdo a la normatividad mexicana e internacional.
- Revisar la historia del impacto humano sobre los mamíferos marinos en el Golfo de California desde tiempos prehistóricos hasta la época actual.
- Compilar, sistematizar y analizar datos de contaminación marina y actividades pesqueras en el Golfo de California, examinar su interacción con la mastofauna marina e identificar especies y regiones vulnerables.

3. EL GOLFO DE CALIFORNIA

3.1. Ubicación

El Golfo de California se conoce también como Mar de Cortés y es una porción del Océano Pacífico, que se encuentra ubicada entre la Península de Baja California y la costa continental de México incluyendo Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Su límite Sur es una línea imaginaria que va del Cabo San Lucas, B.C.S. al Cabo Corrientes, Jal. El límite Norte lo constituye el Delta del Río Colorado en el Alto Golfo (Figura 1).

Las coordenadas geográficas que delimitan el golfo son: al Norte en el Delta del Río Colorado, 31° 37' N, 114° 38' W, en el límite peninsular sur en Cabo San Lucas 22° 53' N, 109° 55' W y en el límite Sur continental en Cabo Corrientes 20° 24' N, 105°42' W.

3.2. Características morfológicas

El Golfo de California es una cuenca marina de forma alargada con orientación Noroeste a Sureste, posee una longitud aproximada de 1,531 Km, tomando como extremo Norte el Delta del Río Colorado y como extremo Sur Cabo Corrientes. Posee una anchura mínima aproximada de 116 Km (en la Región de las Grandes Islas en el paralelo 28° 27' N) y una máxima aproximada de 394 Km entre Cabo San Lucas y la costa de Sonora siguiendo la línea del paralelo 22° 49' N (Datos generados a partir de Google Earth).

3.3. Origen geológico

El Golfo de California con sus características actuales se considera geológicamente reciente pues su edad se calcula en 4.5 millones de años (Ma) (Bourillón *et al.* 1988). Durante el Paleozoico, la Península de Baja California se encontraba sumergida en aguas oceánicas. Evidencia de ello es que a 45 Km de Tecate, B.C., existen sedimentos marinos en forma de estratos, depositados hace 480 Ma; en ellos se identificaron fósiles de Conodontos (Gastil 1995) los cuales son organismos marinos con notocordio (cordados primitivos) que vivieron y evolucionaron en el Paleozoico y se extinguieron a finales del Triásico (Briggs 1992). Otra evidencia es que en la Sierra de las Pintas, entre Mexicali y San Felipe, B.C., se encontraron corales, crinoideos y bivalvos en sedimentos cuya edad es 300 Ma (Gastil 1995).

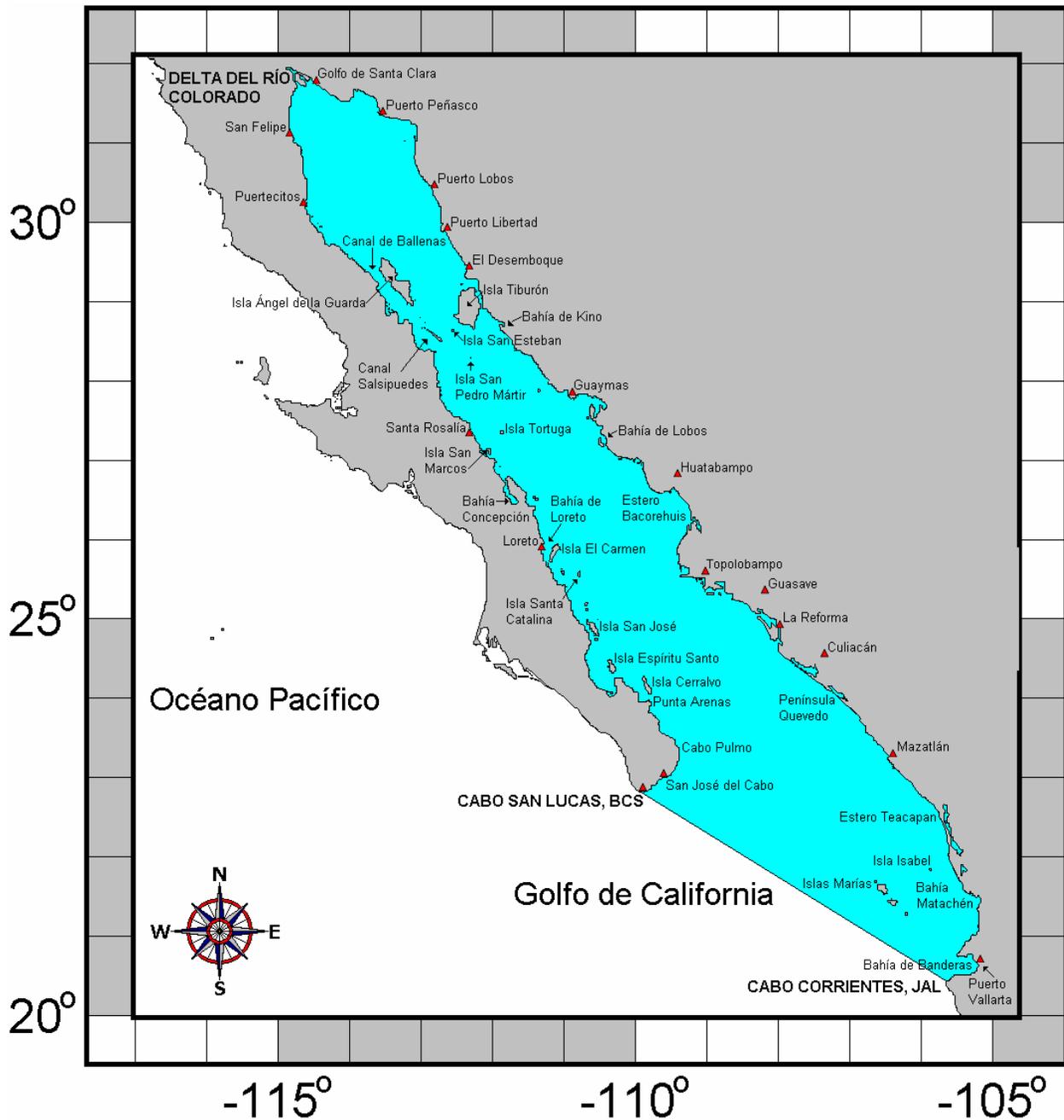


Figura 1. Área de estudio, el Golfo de California.

Hace aproximadamente 160 Ma, durante el Mesozoico, la Península de Baja California se encontraba unida al continente americano haciendo contacto con lo que actualmente es Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. El origen del Golfo de California obedece a una serie de eventos geológicos que comenzaron hace aproximadamente 130 Ma. La península comenzó a separarse lentamente con dirección Noroeste y siguiendo la orientación del sistema de fallas de San Andrés. A principios de la era Cenozoica, la península se hallaba emergida a lo

largo de su costado oriental pero separada muy ligeramente del continente; después en el Mioceno inferior y medio, la península estaba sumergida casi en su totalidad, excepto la plataforma Oeste y la porción Noroeste de Baja California Sur. La mayor actividad tectónica ocurrió durante el Mioceno superior, hace aproximadamente 25 Ma presentándose un levantamiento regional y una intensa actividad volcánica que derivó en la separación parcial de la península del continente y fue entonces cuando se formó la abertura temprana que originó al Golfo de California (Bourillón *et al.* 1988). La Península de Baja California actuó como una microplaca confinada entre las placas de Norteamérica y del Pacífico de tal forma que la abertura temprana del golfo se suma al movimiento total entre estas dos placas (Martín-Barajas *et al.* 2001). Hace 12 Ma, durante el Plioceno, ocurrió la mayor separación de la península respecto al continente, se amplió el mar en la región Norte de la Isla Ángel de la Guarda y se presentaron numerosas explosiones intermitentes y la formación de depósitos minerales. Posteriormente al Plioceno, la península experimentó un hundimiento por causa de la actividad tectónica, convirtiéndose en un archipiélago, acelerando su desplazamiento hacia el noroeste (Bourillón *et al.* 1988). A lo largo de sus historia geológica y aún en la época actual, la Península de Baja California se ha desplazado de su posición original aproximadamente 300 Km al Noroeste, este desplazamiento no se ha detenido y existen predicciones de que en un futuro la península de Baja California será una isla pues se mueve casi completamente con la Placa del Pacífico a una velocidad de 48 mm/año (Lizarralde *et al.* 2007).

En el Golfo de California existen 898 áreas insulares que comprenden islas, islotes, rocas e isletas y representan aproximadamente el 50 % del territorio insular mexicano (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2000). Cada una de estas áreas insulares se originó como resultado de uno o más procesos geológicos diferentes: hundimiento, levantamiento, erosión y/o vulcanismo. Las islas más grandes como Tiburón, Ángel de la Guarda y Espíritu Santo, entre otras, se originaron en el Pleistoceno (hace menos de 2 Ma), otras como San Pedro Mártir, San José y Cerralvo, se originaron durante el Plioceno (hace 2-5 Ma.). También hay islas de origen reciente como Rasa, Las Encantadas y Tortuga cuya edad es menor a 11,000 años (Bourillón *et al.* 1988).

3.4. Topografía, batimetría y masas de agua

El Golfo de California es una cuenca marina de evaporación, la única importante del Océano Pacífico. Su volumen aproximado es de 123,000 Km³ considerando una superficie de 150,000 Km² (De la Lanza 1991). Los rasgos topográficos y batimétricos del Golfo de California son el resultado de un largo proceso de transformación geológica ocurrida durante 12 Ma y por ello, la cuenca que comprende al golfo es bastante compleja y se registran todo tipo de accidentes topográficos, desde los abanicos sedimentarios de pendientes muy

suaves como en el Alto Golfo hasta escarpes con pendientes casi verticales como en el Canal de Ballenas (De la Lanza-Espino 1991). Ya que esta cuenca marina no constituye un sistema homogéneo, algunos autores como Roden & Emilson (1980) y Case & Cody (1983) han hecho una división del golfo basándose en características oceanográficas distintivas, definiendo así cuatro provincias diferentes que se describen a continuación:

A. Golfo Superior (Alto Golfo): Abarca desde la desembocadura del Río Colorado hasta la Isla Tiburón. Posee pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, alta turbidez, temperaturas extremas, gran evaporación, baja precipitación, altas salinidades, grandes amplitudes de marea, corrientes de marea fuertemente rotatorias y escaso oleaje. Los fondos someros (50 a 200 m de profundidad) tienen una ligera pendiente hacia el Suroeste (Figura 2, perfil 1). Cuenta con una gran cantidad de sedimentos de origen continental que en su mayoría fueron acarreados por el Río Colorado. Estos depósitos se extienden un poco al Sur de la Región de las Grandes Islas y en algunos sitios alcanzan un grosor de 5 Km. El mar presenta evaporación alta y precipitación baja, las temperaturas van de 10° C en el invierno a 32° C en el verano y su salinidad superficial es de 35.5 ppm. Las mareas son semidiurnas (dos mareas altas y dos bajas en 24 horas) y presentan una gran amplitud (de las mayores del mundo); en la boca del Río Colorado se han medido fluctuaciones de más de nueve metros.

B. Región de las Grandes Islas: Esta región se extiende desde el Norte de la Isla Ángel de la guarda (29° 34' N) hasta la Isla San Pedro Mártir (28° 23' N). El fondo de esta región está conformado por cinco cuencas en forma de "V". La más norteña, cuenca "Delfin" (Figura 2, perfil 2) tiene un fondo casi plano y en su región Sur alcanza hasta 900 m de profundidad. Al Sur se encuentra la cuenca "Sal Si Puedes", la cual es muy estrecha y tiene profundidades de hasta 1,400 m (Figura 2, perfiles 3 y 4). Las cuencas de "San Esteban", "Tiburón" y "San Pedro Mártir", alcanzan profundidades similares a las de la cuenca "Delfin". Las cuencas funcionan como embudos y restringen la circulación entre el Golfo Norte y la Región Central y actúan como punto de generación de la mezcla intensa de masas de agua por fuertes corrientes de marea. Las surgencias de marea ocurren durante todo el año de acuerdo al régimen de mareas. Las surgencias son un conjunto de procesos oceánicos y atmosféricos generados por el esfuerzo del viento, por las intensas corrientes de frontera oeste u otros factores; que generan movimientos ascendentes del agua subsuperficial próxima a la costa. Este movimiento ascendente lleva consigo las propiedades del agua subsuperficial, incluyendo bajo contenido de oxígeno, alto contenido de nutrientes (fosfatos y nitratos entre otros) y bajas temperaturas (Monreal *et al.* 1999). Las zonas de surgencia tienen importancia biológica y económica pues éstas favorecen la proliferación de fitoplancton mediante el flujo de nutrientes de la capa subsuperficial hacia la zona eufótica haciendo de las regiones de surgencias las más productivas del océano (Cushing 1969).

C. Golfo Central: Se ubica desde el límite Sur de la Región de las Grandes Islas hasta la Bahía de Topolobampo en el lado oriental y hasta la Bahía de La Paz en el lado occidental. Sus cuencas marinas son profundas; la mayor depresión en el Golfo es la cuenca de “Guaymas” (Figura 2, perfil 5) con una longitud cercana a los 220 Km y profundidad de hasta 2,000 m (Figura 3). La amplitud de mareas en el Golfo central es menor que en la parte norteña del golfo con un promedio de 1.5 m en Guaymas, Son. Aquí se localiza el mayor número de islas con importantes zonas de surgencias estacionales en ambas costas. En esta provincia existe una fuerte estacionalidad en la temperatura superficial con valores de 16° C de febrero a marzo y de 31° C en agosto cuando alcanza diferencias de temperatura entre la superficie y los 150 m de profundidad de alrededor de 16° C.

D. Región Sur o boca del golfo: Esta región está en comunicación abierta con el Océano Pacífico tropical oriental a través de una boca de aproximadamente 200 Km de ancho y de cuencas cuyas profundidades exceden 2,000 m (Figura 3). Su estructura hidrográfica es complicada debido a la confluencia de distintas masas de agua y tormentas tropicales en la entrada al golfo que ocasionan entre otras cosas, que ahí ocurran grandes oleajes. La amplitud de las mareas en la zona es de 1 m. En julio y agosto, las tormentas viajan del Oeste al Noreste azotando el Sureste de la Península de Baja California y las Islas Revillagigedo.

3.5. Clima

El Golfo de California es una zona predominantemente árida (Salinas-Zavala *et al.* 1998) y conforma la región o provincia climática del mismo nombre, Golfo de California. El golfo se encuentra bajo la influencia de la faja subtropical de alta presión que se localiza en las proximidades del paralelo 30° N por lo que predominan corrientes de aire descendentes muy estables (Vidal 2004). La característica primordial de la región es la de poseer un régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno; la precipitación anual es escasa (≤ 400 mm) y los meses más secos son abril y mayo (Vidal 2004). La precipitación es escasa porque existen cordilleras con cimas con altitudes mayores a 3,000 m presentes a lo largo de la Península de Baja California; éstas aíslan al Golfo de California del Océano Pacífico y en consecuencia, la humedad proveniente del Pacífico es retenida por las laderas occidentales de las sierras en donde se precipita. La presencia de esta barrera orográfica así como las extensas zonas áridas que rodean al golfo, hacen que este presente un clima más continental que oceánico (Reyes Coca & Vogel 1984).

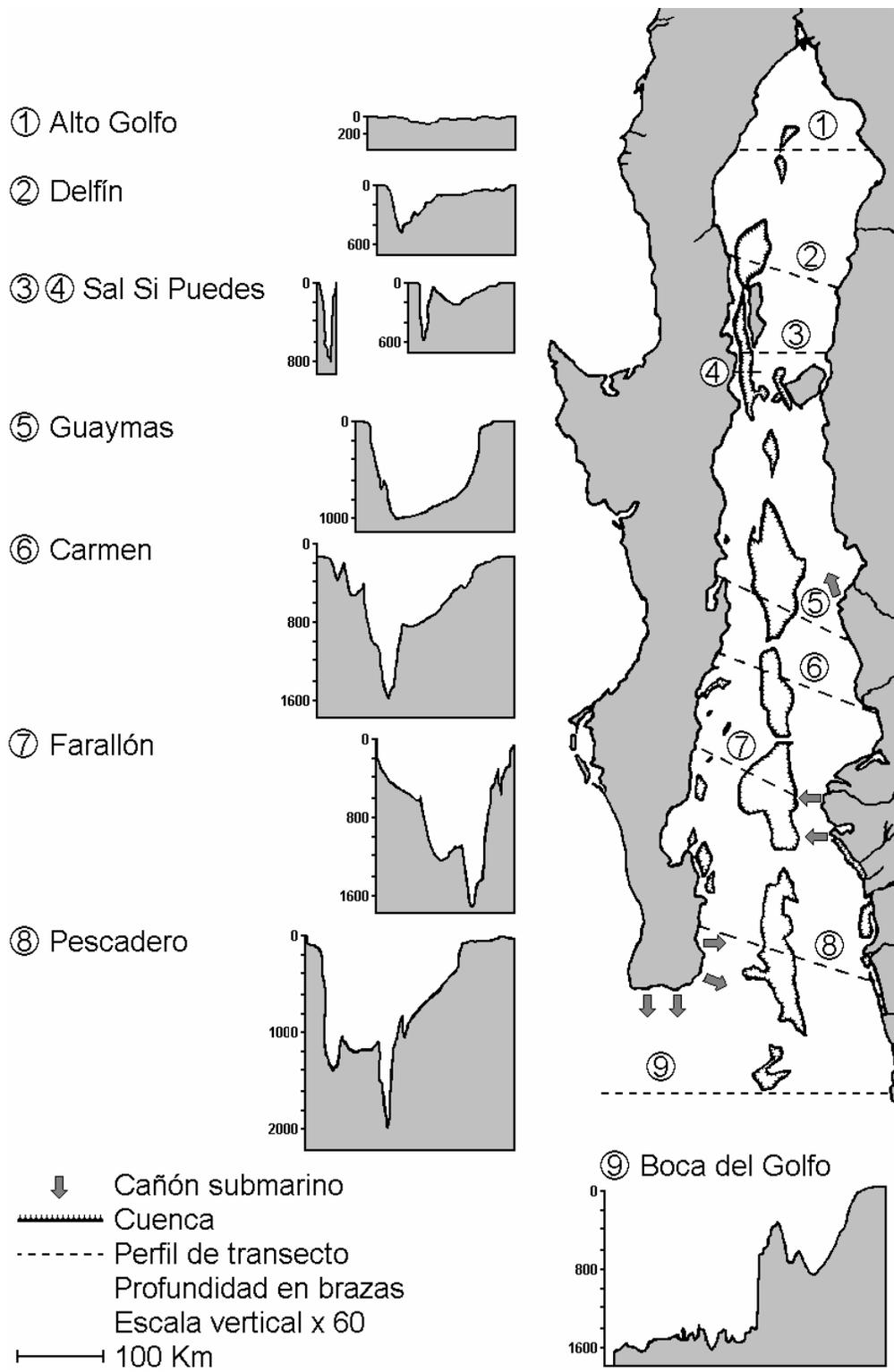


Figura 2. Topografía de algunas regiones del Golfo de California (Modificado de CONANP 2000).

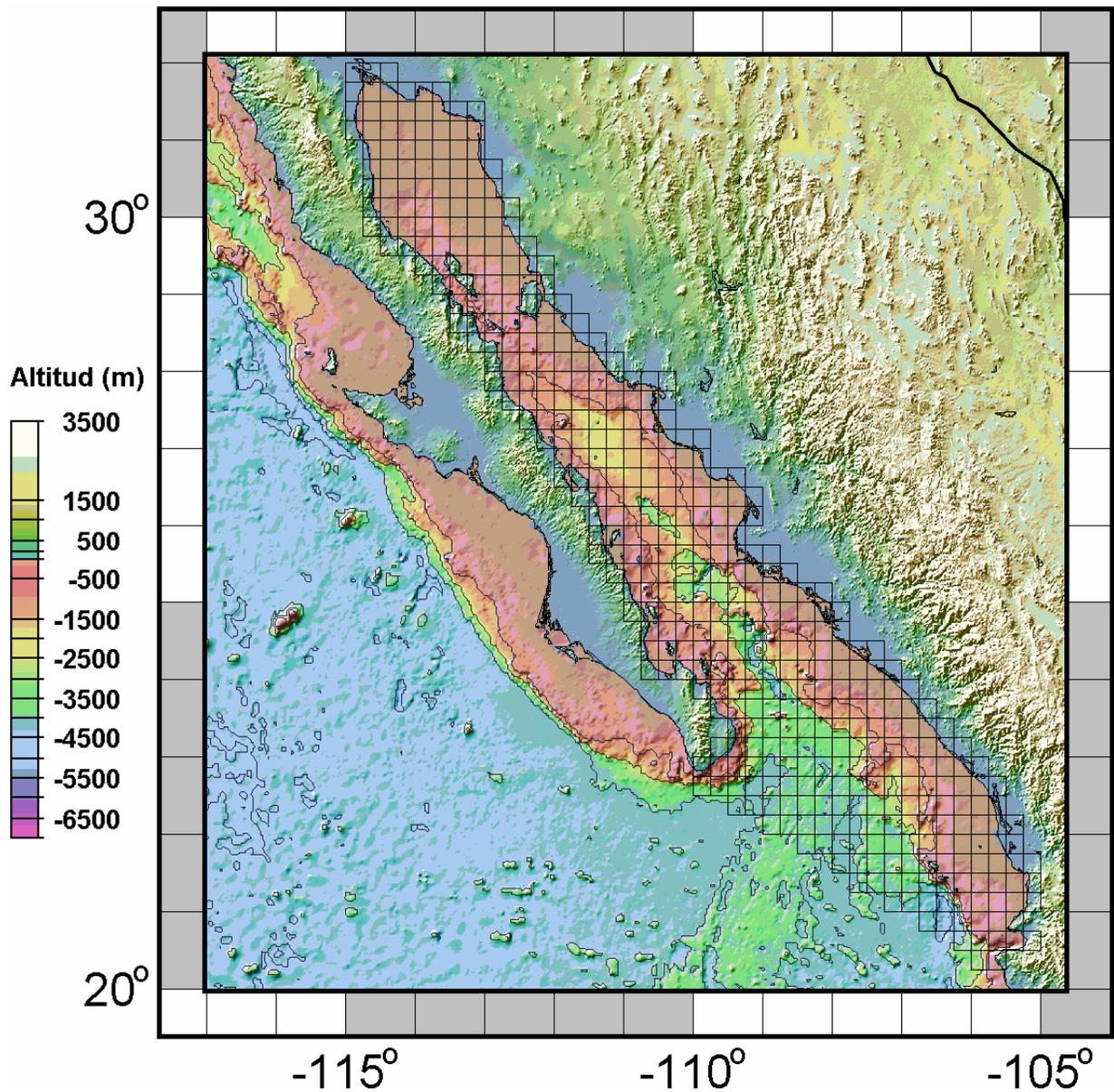


Figura 3. Topografía del Golfo de California. Modificado de Smith & Sandwell (1997).

La conformación y distribución de las masas de agua y tierra dentro del golfo hace que la zona Norte tenga un clima más extremo que la Sur. La temperatura media anual en las costas circundantes del golfo es de 24° C con algunas excepciones como los alrededores de Mazatlán, Culiacán y la zona entre Sonora y Sinaloa donde la temperatura media anual es de 26° C. Hay dos estaciones en el golfo, la seca y la lluviosa. En el verano hacia el Sur, se presentan tormentas tropicales, en la parte Norte las lluvias son muy escasas y suelen ocurrir entre octubre y mayo (Reyes Coca & Vogel 1984).

Durante invierno y primavera, entran los vientos dominantes del Noroeste a través de la zona del lago El Salado; éstos ocasionan en el invierno fuertes descensos de la temperatura en la porción Norte del golfo produciendo heladas, e incluso precipitaciones de nieve. En el resto del año, predominan los vientos del Sureste (alisios) los cuales son cálido-húmedos y traen consigo tormentas tropicales de verano, que afectan a las costas de Sonora, Sinaloa y la parte Sur de la Península de Baja California, principalmente en agosto y septiembre (Reyes Coca & Vogel 1984).

3.6. Biodiversidad

Plancton y macroalgas marinas: Los organismos fitoplanctónicos más comunes registrados en el golfo son, en orden de abundancia: diatomeas, dinoflagelados, cianofitas y euglenofitas. El zooplancton está conformado por representantes de casi todos los grupos zoológicos desde protozoarios hasta vertebrados (larvas de peces). Los copépodos constituyen el grupo más diverso y abundante con más de 130 especies, les siguen los anfípodos planctónicos con 118 especies y los sifonóforos y quetognatos con 18 especies; también son importantes los foraminíferos de los cuales hay por lo menos 16 especies registradas (Manrique 1987). La comunidad zooplanctónica en el golfo muestra cambios en su composición y distribución a lo largo del año. Durante el verano, cuando las temperaturas son más altas, las especies de zonas templadas son sustituidas por otras de origen tropical; en el invierno y primavera, el zooplancton característico de las zonas templadas alcanza mayores densidades, debido a la influencia de las surgencias (Manrique 1987).

Las macroalgas marinas, junto con el fitoplancton, los pastos marinos y los manglares son los productores primarios del mar y la base de las redes tróficas; son la fuente primaria de Carbono para los productores secundarios, productores netos de oxígeno y en el caso de las macroalgas y pastos, son el hábitat de numerosas especies de animales marinos (Zertuche-González *et al.* 2007). En términos de biomasa, el Golfo de California contiene cantidades muy grandes de macroalgas que se comparan con las zonas más ricas del Pacífico templado de México. Sin embargo, a diferencia de los mares templados, la mayoría de las macroalgas del golfo tienen una presencia anual con grandes acumulaciones de algas en primavera que se deterioran por completo en el verano tardío y el otoño y terminan en grandes arribazones sobre las playas. Por ello, más que ser un reservorio relativamente estable de carbono, las macroalgas son como una bomba que retiene y libera carbono en un ciclo anual (Zertuche-González *et al.* 2007). En el golfo existen agregaciones muy densas de algas rojas calcáreas conocidas como rodolitos. Estos mantos se presentan en los ambientes someros, arenosos y submareales, en particular en el Sureste del Golfo de California. Su extensión varía desde unos cuantos metros hasta varios kilómetros y se ha demostrado que los mantos de rodolitos albergan a más de 500 especies en diferentes etapas de su ciclo de vida, algunas de ellas con valor

para la pesca comercial (Riosmena-Rodríguez 2001). En el Golfo de California, las algas del género *Sargassum* forman praderas o mantos extensos en playas con fondos rocosos, ya sea de piedras o de cantos rodados. Este grupo de algas dominan en número y abundancia sobre otras especies (Núñez-López & Casas-Valdez 1996, 1997) y también proveen de hábitat a una gran variedad de organismos marinos como invertebrados, peces, tortugas marinas y aves marinas.

Productividad primaria: La tasa de producción de materia orgánica por unidad de área o volumen por unidad de tiempo que llevan a cabo los organismos fotosintéticos, se denomina producción primaria (Millán-Nuñez & Lara-Lara 1995). El Golfo de California presenta tasas de producción primaria muy altas debido a la combinación de su topografía, latitud y presencia de zonas de surgencias o afloramientos (Ulloa *et al.* 2006) descritas en la sección 2.4. Durante el otoño, el enfriamiento de las capas superficiales de agua y la fuerza del viento se incrementan provocando la ruptura de la termoclina permitiendo que los nutrientes disueltos en las capas de agua más profundas asciendan y enriquezcan el agua superficial. De esta forma, las aguas superiores de la columna de agua permanecen enriquecidas durante el invierno dando lugar al florecimiento del fitoplancton en cuanto llegan las intensas radiaciones solares durante la primavera. Las estaciones de invierno y primavera son las más productivas en el Golfo de California de acuerdo con Ulloa *et al.* (2006) con base en el modelo para estimar productividad primaria propuesto por Behrenfeld & Falkowski (1997), Figura 4. La zona del golfo con los valores máximos de productividad primaria es la Región de las Grandes Islas (Valdéz-Olguín *et al.* 1995); en el Canal de Ballenas, los valores de productividad primaria se incrementan de Norte a Sur (Millán-Nuñez & Lara-Lara 1995). En general, los valores de productividad primaria decrecen de la costa hacia la región pelágica porque es en las costas donde proliferan (además del fitoplancton) las macroalgas, pastos marinos y manglares (Millán-Nuñez & Lara-Lara 1995). Cuando los vientos soplan del Norte, el afloramiento sucede al Sur de la Isla Tiburón y en las Bahías de Guaymas, Yávaros y Topolobampo; con los vientos del Sur, las zonas de afloramiento se presentan en la costa oriental de Baja California. Debido a la predominancia de los vientos del norte, las costas de Sonora y Sinaloa son generalmente muy productivas (Ulloa *et al.* 2006).

Invertebrados marinos: De acuerdo con Brusca *et al.* (2005), en el Golfo de California habitan 4,854 especies de invertebrados marinos; destacan entre éstas, 2,193 especies de moluscos, 1,051 especies de artrópodos, 717 especies de anélidos, 262 especies de equinodermos, 253 especies de cnidarios y 86 especies de poríferos. Del total de 4,854 especies de invertebrados marinos, 766 son endémicas del golfo (16 %).

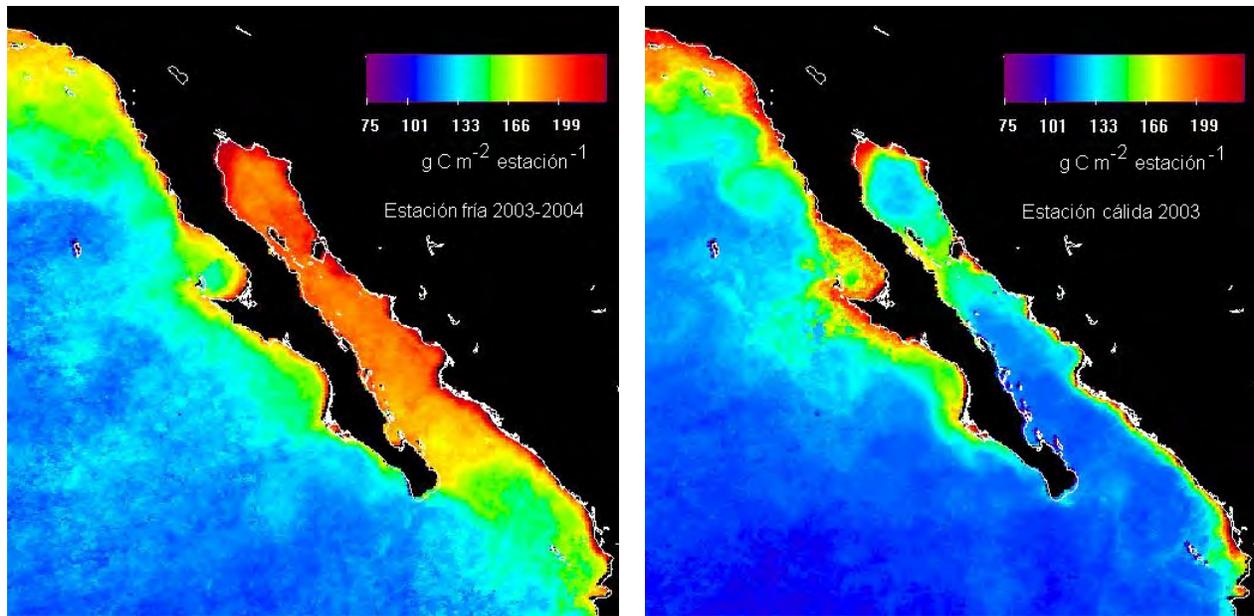


Figura 4. Productividad primaria del Golfo de California (g C m^{-2} estación $^{-1}$), promedio de las estaciones fría (izquierda) y cálida (derecha) según el modelo de Behrenfeld & Falkowski (1997). Modificado de Ulloa *et al.* (2006).

Peces marinos: En el Golfo de California existe un número excepcionalmente alto de peces, ya que alberga por lo menos 891 especies, 90 de ellas endémicas (10 %, World Heritage Centre 2005). Thomson *et al.* (2000) enlistan 276 especies de peces de arrecife y costas rocosas que comprenden 44 familias y 8 órdenes. El Golfo de California es uno de los pocos en el mundo en el que todavía pueden encontrarse concentraciones de megafauna marina, como son los tiburones martillo, mantarrayas y peces espada (Sáenz-Arroyo *et al.* 2005). Entre los peces que aquí existen, destaca una especie endémica y además considerada en peligro de extinción que es la Totoaba (*Totoaba macdonaldi*); esta especie es la más grande de la familia Sciaenidae, alcanza hasta los 135 Kg de peso y llega a medir hasta 2 m de longitud; se encuentra sólo en un tercio de la parte Norte del golfo y generalmente en los 22.5 m superiores de la columna de agua. En el pasado, la totoaba utilizaba el delta del Río Colorado como territorio de desove y crianza. Sin embargo, tanto la merma del caudal del río, causada por la extracción excesiva de agua para la agricultura en los Estados Unidos de América, como la sobrepesca, iniciada alrededor del año 1920, han devastado a la especie la cual está en peligro de extinción (Lercari & Chávez 2007).

Reptiles marinos: Existen cinco especies de tortugas marinas presentes en el Golfo de California: la tortuga caguama, también llamada jabalina, amarilla o perica (*Caretta caretta*), la tortuga prieta o verde del Pacífico (*Chelonia mydas* =

agassizzi), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*). En México, las cinco especies están bajo la categoría En Peligro de Extinción en la lista de especies en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2001). La tortuga prieta utiliza lagunas costeras y bahías de Baja California, Sinaloa y Sonora como sitios de alimentación y se concentra en la Región de las Grandes Islas. La tortuga laúd tiene zonas de anidación en Baja California Sur, las tortugas caguama y carey utilizan las aguas que están frente a este Estado para alimentarse mientras que en el Sur de la península se registra una concentración de nidos de tortuga golfinia (Morgan *et al.* 2005). También se ha registrado en el Golfo de California a la serpiente marina de vientre amarillo, *Pelamis platurus*, en la región de la Baja California y alrededor de las islas (Grismer 2002) así como en la Bahía de Banderas (Dr. Luis Medrano González, comunicación personal, octubre 2009).

Aves marinas: Se han registrado 164 especies de aves acuáticas en el Golfo de California, 56 de ellas marinas en tanto que dependen en alguna forma del mar. De este total de 164 existen, existen 17 especies con colonias reproductivas en las islas del golfo (Enríquez-Andrade *et al.* 2005). Debido a su forma de dispersión, no existen especies de aves endémicas en las islas. Sin embargo, algunas especies como el charrán elegante (*Sterna elegans*) se considera casi endémico ya que 95 % de la población mundial de esta especie anida en la Isla Rasa (Velarde, 1989). Además de Isla Rasa, hay otras islas que son importantes como áreas de anidación de aves como Isla San Pedro Mártir donde se encuentra una de las cuatro colonias de anidación mayores a nivel mundial de pájaros bobos cafés (*Sula leucogaster brewsteri*) y de los pájaros bobos de patas azules (*Sula nebouxii nebouxii*). La Isla Las Ánimas o San Lorenzo Norte, es uno de los sitios en el Golfo de California de mayor importancia para la anidación del pelicano pardo (*Pelecanus occidentalis*). La Isla Alcatraz posee la mayor colonia de anidación del cormorán orejudo (*Phalacrocorax auritus*). En la Isla Salsipuedes anidan grandes colonias del pelicano pardo (*Pelecanus occidentalis*) y del cormorán de Brandt (*Phalacrocorax penicillatus*). La Isla Partida (Norte) es la más importante en el golfo para la anidación del paño negro (*Oceanodroma melania*) y del paño mínimo (*Oceanodroma microsoma*) y posee la colonia más grande de gaviotas de patas amarillas (*Larus livens*) en el golfo. Entre las aves migratorias, algunos individuos de las poblaciones que anidan en la islas permanecen dentro del golfo a lo largo del año como *Larus heermanni* y *Pelecanus occidentalis* (CONANP 2000).

Mamíferos marinos: La conjunción de enlistados parciales (Auriolles-Gamboa *et al.* 1993, Guerrero Ruiz *et al.* 2006, Urbán-Ramírez *et al.* 2005, Vidal *et al.* 1993) y los datos examinados en este trabajo, documentan la ocurrencia de 34-36 especies de mamíferos marinos en el Golfo de California; su identidad, diversidad, distribución, abundancia, hábitat, consumo de energía, crianza y riesgo se tratan en el Capítulo 4 y el Apéndice 10.5.

4. DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

4.1. Introducción

En los mares mexicanos habitan de 45 a 49 especies de mamíferos marinos, siendo los cetáceos el segundo orden de mamíferos más diverso en nuestro país con ca. 40 especies lo cual representa aproximadamente el 50 % de las especies del orden en todo el mundo (Ceballos *et al.* 2005, Medrano González 2006). Esta riqueza obedece en parte a que los mares de nuestro país poseen un fondo con topografía compleja y a que en ellos confluyen diferentes masas de agua que forman ambientes con una alta variación en espacio y tiempo que influye directamente en los mamíferos marinos y/o en su alimento provocando que estos organismos se desplacen buscando hábitats preferidos o en los que puedan aclimatarse. La alta capacidad de dispersión de los mamíferos marinos combinada con su filopatria, hace a estos organismos optimizar los beneficios de la exploración continua de ambientes y la especialización a ambientes particulares y por este motivo, las distribuciones de los mamíferos marinos cambian como expansiones y contracciones más que como desplazamientos en función de condiciones ambientales fijas (Baker & Medrano-González 2002, Medrano González 2006, Medrano González *et al.* 2008a).

La diversidad de mamíferos marinos en México deriva de la mezcla de especies de origen tropical y de aguas frías y templadas en el Océano Pacífico (Medrano González 2000) en forma similar a cómo en el México terrestre concurren organismos de dos grandes zonas biogeográficas: la Neártica con una gran representación de especies de zonas templadas del mundo y la Neotropical de la cual provienen especies de la cuenca Amazónica así como de la costa Pacífica de América del Sur y su cono sur. Tanto en el medio terrestre como en el marino, la mezcla de regiones biogeográficas y la complejidad topográfica que crea numerosos hábitats, hacen de nuestro país la cuarta nación con mayor diversidad biológica en el mundo (Sarukán *et al.* 2009).

El Golfo de California, mar exclusivo de México, es una región con una alta productividad y condiciones oceanográficas particulares que sustentan una extraordinaria diversidad biológica única en el mundo (Sarukán *et al.* 2009, Capítulo 3). La comunidad de mamíferos marinos que aquí habita (Tabla 1, Apéndice 10.5) es diversa y abundante comparada a otros mares como el Mediterráneo y el Rojo (Schipper *et al.* 2008) y también posee características singulares. En este mar, existen establecimientos ecológicamente disímiles como poblaciones locales de mysticetos, de orcas y de especies de niveles tróficos intermedios como pequeños odontocetos y pinnípedos. En la región existe una población residente de rorcuales comunes (*Balaenoptera physalus*), de lobos marinos (*Zalophus californianus*) y una marsopa endémica de la región del Alto Golfo, la vaquita marina (*Phocoena sinus*) la cual se encuentra en peligro de extinción.

Tabla 1. Mamíferos marinos del Golfo de California. Se indican las categorías de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 y a la IUCN (2009).

Especie y nombre común¹	Hábitat²	Presencia en el Golfo de California²	SEMARNAT³	IUCN⁴
Misticetos				
<i>Balaenoptera musculus</i> Ballena azul	Pelágica y costera	Invierno (Loreto y La Paz) también registrada durante primavera, verano y otoño.	Pr No endémica	EN
<i>Balaenoptera physalus</i> Ballena de aleta, Rorcual común	Talud continental, mayormente pelágica	Población pequeña, en la parte centro - norte del golfo, todo el año (residente y aislada genéticamente de la población del Pacífico norte).	Pr No endémica	EN
<i>Balaenoptera borealis</i> Rorcual norteño	Principalmente pelágica	Vista en la parte suroeste del golfo en invierno, primavera y verano.	Pr No endémica	EN
<i>Balaenoptera edeni</i> Ballena sardinera, Rorcual tropical	Pelágica y costera	Común en todo el golfo todo el año.	Pr No endémica	DD
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> Ballena Minke	Costera	Poco común en todo el golfo, todo el año.	Pr No endémica	LC
<i>Megaptera novaeangliae</i> Ballena jorobada	Principalmente costera	Mayormente abundante en invierno pero algunas ballenas están presentes todo el año en el norte del golfo; se ha observado alimentación en invierno y verano. Abundante en el sur del golfo entre la Bahía de Banderas y la región de Los Cabos.	Pr No endémica	LC

Especie y nombre común¹	Hábitat²	Presencia en el Golfo de California²	SEMARNAT³	IUCN⁴
<i>Eschrichtius robustus</i> Ballena gris	Costera, Lagunar	Visitante irregular del golfo Norte; se ha observado alimentación.	Pr No endémica	LC
Odontocetos				
<i>Steno bredanensis</i> Delfín de dientes rugosos	Principalmente pelágica	Poco común, visto mayormente cerca de la boca del golfo.	Pr No endémica	LC
<i>Tursiops truncatus</i> Tonina, tursión	Costera y pelágica	Común en todo el golfo, todo el año.	Pr No endémica	LC
<i>Stenella attenuata</i> Delfín manchado pantropical	Costera y pelágica	Común en la parte sur del golfo hasta aproximadamente la latitud 28° N.	Pr No endémica	LC
<i>Stenella longirostris</i> Delfín tornillo	Costera y pelágica	Común en la parte sur del golfo hasta aproximadamente la latitud 25° N.	Pr No endémica	DD
<i>Stenella coeruleoalba</i> Delfín listado	Principalmente pelágica	Común cerca de la boca del golfo.	Pr No endémica	LC
<i>Delphinus delphis</i> Delfín común de rostro corto	Costera y pelágica	Común todo el año en todo el golfo norte desde aproximadamente la latitud 28° N.	Pr No endémica	LC
<i>Delphinus capensis</i> Delfín común de rostro largo	Costera	Común todo el año en todo el golfo norte desde aproximadamente la latitud 28° N.	Pr No endémica	DD

Especie y nombre común¹	Hábitat²	Presencia en el Golfo de California²	SEMARNAT³	IUCN⁴
<i>Lagenorhynchus obliquidens</i> Delfín de costados blancos del Pacífico	Costera y pelágica	Rara, sólo cerca del extremo sur de la Península de Baja California.	Pr No endémica	LC
<i>Grampus griseus</i> Calderón gris, Delfín de Risso	Principalmente pelágica	Común en la parte sur del golfo, aproximadamente en la latitud 28° N, también en el Canal de Ballenas.	Pr No endémica	LC
<i>Peponocephala electra</i> Delfín cabeza de melón	Pelágica	Cerca de la boca del golfo.	Pr No endémica	LC
<i>Pseudorca crassidens</i> Orca falsa	Principalmente pelágica	Algunos avistamientos en el Canal de ballenas, Bahía de la Paz y Bahía de Banderas.	Pr No endémica	DD
<i>Orcinus orca</i> Orca, Bufeo de máscara	Costera y pelágica	Poco común, en todo el golfo.	Pr No endémica	DD
<i>Globicephala macrorhynchus</i> Calderón de aletas cortas, Ballena piloto	Costera y pelágica	Común desde la Región de las Grandes Islas hasta el extremo sur peninsular.	Pr No endémica	DD
<i>Feresa attenuata</i> Orca pigmea	Pelágica	Cerca de la boca del golfo.	Pr No endémica	DD
<i>Phocoena sinus</i> Vaquita	Costera	Población reducida y aislada en el Alto Golfo.	P Endémica	CR

Especie y nombre común¹	Hábitat²	Presencia en el Golfo de California²	SEMARNAT³	IUCN⁴
<i>Ziphius cavirostris</i> Zífido de Cuvier	Pelágica	Poco común en el sur del golfo, aproximadamente en la latitud 28° N.	Pr No endémica	LC
<i>Berardius bairdii</i> Zífido de Baird	Pelágica	Poco común en el golfo.	Pr No endémica	DD
<i>Mesoplodon peruvianus</i> Zífido pigmeo	Principalmente pelágica	En el sur, aproximadamente hasta la latitud 28° N.	Pr No endémica	DD
<i>Mesoplodon densirostris</i> Zífido de Blainville	Pelágica	En el sur, aproximadamente hasta la latitud 28° N.	Pr No endémica	DD
<i>Mesoplodon sp A</i>	Pelágica	Poco común en el golfo, aproximadamente a los 21° N.	No incluida	No incluida
<i>Kogia breviceps</i> Cachalote pigmeo	Pelágica	Poco común.	Pr No endémica	DD
<i>Kogia sima</i> Cachalote enano	Principalmente pelágica	Común en la parte central y sur del golfo, aproximadamente en la latitud 28° N.	Pr No endémica	DD
<i>Physeter macrocephalus</i> Cachalote	Principalmente pelágica	Común en la parte central y sur del golfo (>200 m de profundidad); área importante de alimentación y, posiblemente también de apareamiento y crianza.	Pr No endémica	VU
Pinnípedos				
<i>Zalophus californianus</i> Lobo marino de California	Costera	Varios sitios de reproducción dentro del golfo sobre todo en la Región de las Grandes Islas.	Pr No endémica	No enlistada

Especie y nombre común¹	Hábitat²	Presencia en el Golfo de California²	SEMARNAT³	IUCN⁴
<i>Arctocephalus townsendi</i> Lobo fino de Guadalupe	Costera	Avistamientos ocasionales, no se conocen áreas de importancia dentro del golfo.	P Endémica	NT
<i>Mirounga angustirostris</i> Elefante marino del norte	Costera y pelágica	Visitante infrecuente (hasta 4 individuos vistos por año) mayormente machos jóvenes, más comúnmente en primavera y en la Región de las Grandes Islas.	A No endémica	No enlistada
<i>Phoca vitulina</i> Foca común	Costera	Avistamientos ocasionales al sur de Baja California Sur, en Los Islotes.	Pr No endémica	LC

¹ Medrano González (2006).

² Gendron (1997), Guerrero Ruiz *et al.* (2006) Breese & Tershy (1993), Mangels & Gerrodette (1994), Medrano González & Urbán Ramírez (2002), Urbán & Guerrero (2002), Silber *et al.* (1994), Jaquet *et al.* (2003), Barbosa Devéze (2006), Salinas-Zacarias & Bourillón Moreno (1988), Urban *et al.* 1997.

³ NOM-059-SEMARNAT-2001. Abreviaciones: P: Peligro de extinción, A: Amenazada, Pr: Sujeta a Protección Especial.

⁴ IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. Abreviaturas: DD: Data Deficient, LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable, NT: Near threatened, CR: Critically Endangered.

Asimismo se encuentran en baja abundancia especies atípicas de mares semicerrados como el zífido pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*), el zífido de Baird (*Berardius bairdii*), el cachalote (*Physeter macrocephalus*), el cachalote enano (*Kogia sima*), el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) y la foca elefante (*Mirounga angustirostris*) (Medrano González 2000, 2006). Al parecer, la última deglaciación generó intercambio de mamíferos marinos entre el Pacífico nororiental y el Pacífico tropical y con expansiones de estas comunidades hacia el Golfo de California (Medrano González 2006).

Una comprensión mínima de la ecología de las especies constituye el primer paso para conocer cualquier aspecto de la diversidad biológica y practicar cualquier análisis de vulnerabilidad encaminado a su conservación. Por ello, se planteó el primer objetivo particular de este trabajo como sigue (Capítulo 2):

- Compilar, sistematizar y analizar una base de registros de mamíferos marinos del Golfo de California para conocer su riqueza, distribución, abundancia, zonas de crianza, consumo de energía y riesgo de acuerdo a la normatividad mexicana e internacional.

4.2. Métodos

Matriz geográfica, bases de datos y sistema de análisis: Para sistematizar todos los análisis, primero se diseñó una matriz geográfica o mapa base con 479 cuadrantes de 0.25 grados de longitud por 0.25 grados de latitud, en Proyección Cilíndrica y Conforme Mercator, usando para ello la base de datos y mapa original de topografía del piso marino con resolución de ca. 3 Km de Smith & Sandwell (1997; Figuras 3, 5). La matriz geográfica se definió con base en la delimitación del Golfo de California por la línea que va de Cabo San Lucas, B.C.S., al Cabo Corrientes, Jal. La resolución en 0.25 grados se estimó como la más adecuada ante la cantidad de registros de mamíferos marinos. Se hizo una base de datos con la numeración y las coordenadas geográficas en latitud Norte y Sur y longitud Este y Oeste de los 479 cuadrantes, la cual se usó para hacer todos los cálculos y asignaciones al espacio geográfico. Cada cuadrante tiene una superficie promedio de 763 Km² por lo que el área total de estudio es aproximadamente 365,636 Km².

Se compilaron bases de datos con un total de 5,503 registros de mamíferos marinos desde 1981 hasta 2008 provenientes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) así como de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Los datos de la NOAA, UABCS y UNAM son un subconjunto de los datos analizados por Rosales Nanduca (en elaboración) para todo el Pacífico mexicano (Tabla 2). Junto con estos registros, se compiló información biológica y ecológica de cada una de las especies de mamíferos marinos presentes en el Golfo de California. Ello incluyó datos de biomasa y metabolismo con los cuales se estimó el consumo de energía como un indicador de actividad alimentaria. En los datos se examinó la ocurrencia de crías como indicador de reproducción. De esta forma, la alimentación y la reproducción constituyen los dos aspectos primarios del uso del hábitat examinados.

Se desarrolló un sistema de cómputo, equivalente a un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual combinó hojas de datos, gráficas, mapas y programas desarrollados *ex profeso* en Turbo Pascal por el Dr. Luis Medrano González (Apéndice 10.1), que permitieron analizar propiedades cualitativas y cuantitativas por especie, por cuadrante y sus respectivos totales.

Tabla 2. Contenidos de las bases de datos examinadas de mamíferos marinos en el Golfo de California.

Institución	Registros	Años	Campos que incluye
 UNAM	1005	1981-2008	Fecha, Hora de inicio, Hora de término, Embarcación, Proyecto, Especie, Evento, Avistamiento, Grupo, Individuos, Crías, Longitud, Latitud, Comentarios; Datos de esfuerzo y de personal; Algunos datos ambientales.
 UABCS	1712	2003-2007	Fecha, Hora, Embarcación, Especie, Individuos, Crías, Longitud, Latitud; Datos de esfuerzo y de personal.
 NOAA	1043	1992-2003	Fecha, Hora, Embarcación, Especie, Individuos, Longitud, Latitud; Datos de esfuerzo y de personal; Algunos datos ambientales.
 CONABIO	1743	1981-2006	Fecha, Proyecto, Restricciones, Responsable, Institución, Clasificación taxonómica, Observado/Colectado, Colección, Número de catálogo, Longitud, Latitud. ¹

¹ No hay datos de esfuerzo ni de ocurrencia de crías ni ambientales, hay registros redundantes y no hay una distinción sistemática entre avistamientos e individuos.

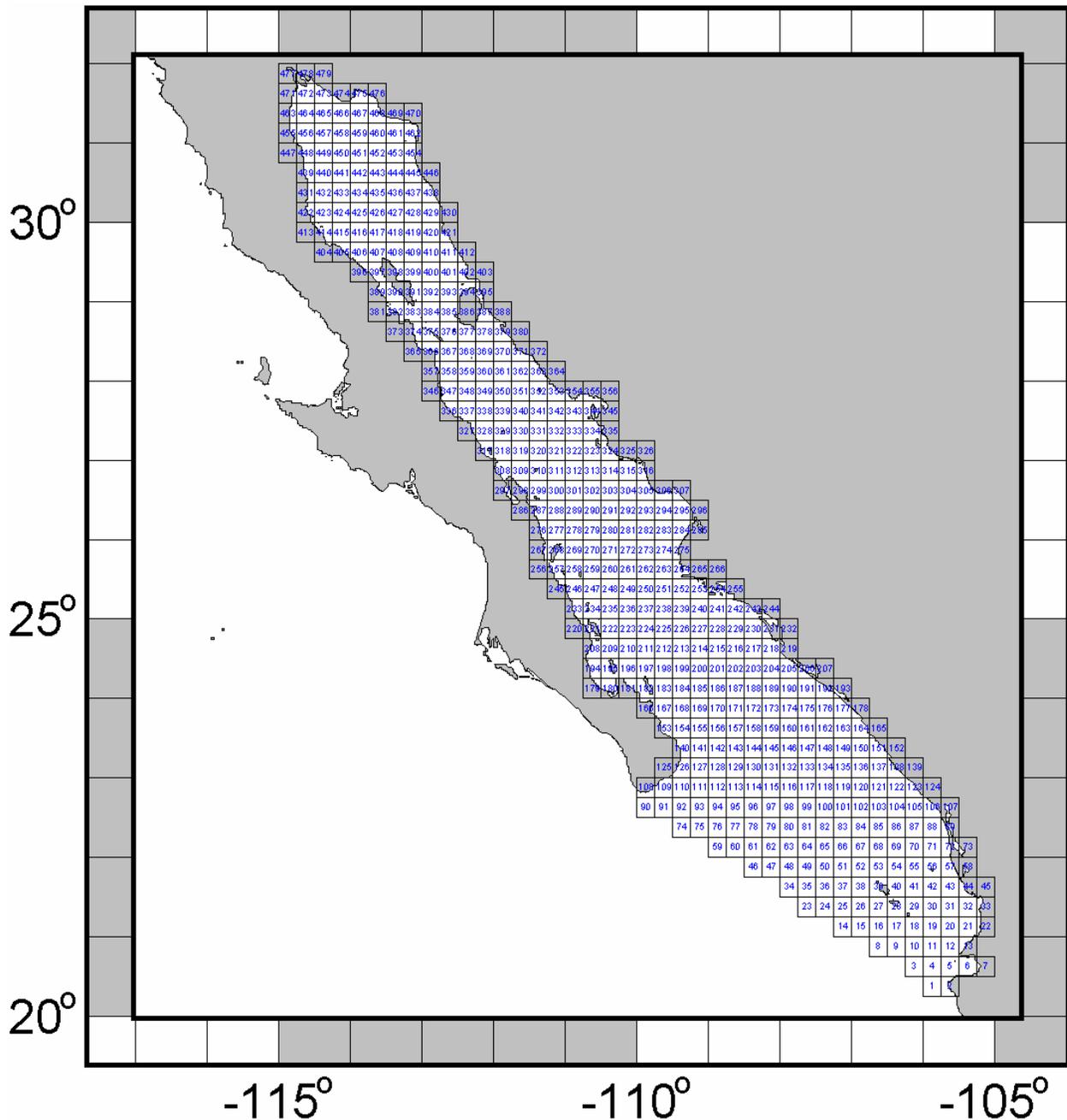


Figura 5. Matriz geográfica de 479 cuadrantes a partir del mapa de batimetría de Smith & Sandwell (1997, Figura 3).

Diversidad: Se revisaron las bases de datos obtenidas de la UNAM, UABCS, NOAA y CONABIO. Con el programa GEOASIGN, desarrollado en Turbo Pascal, cada registro se asignó al cuadrante que le corresponde en la matriz geográfica y se eliminaron todos los registros que estuvieron ubicados fuera de la zona de estudio. Se consideraron como válidos todos aquellos registros en la playa que pudieron ser varamientos o pinnípedos en tierra. Un registro se considera como

el avistamiento de una especie o de un grupo de la misma especie en un lugar y momento determinados. Se depuró una base de datos de 1981 a 2008 de la NOAA, la UABCS y la UNAM con 3,760 registros para los cuales hay datos de esfuerzo de búsqueda. Dicho esfuerzo se define como la distancia recorrida en transectos de navegación, en una zona y un periodo definidos, con el objetivo de avistar mamíferos marinos. A estos datos se agregaron 28 avistamientos de la base de la CONABIO, en la cual no hay información de esfuerzo, de seis especies en 21 cuadrantes no registradas en las otras bases. Sólo se agregó un avistamiento de esas seis especies por cuadrante donde se observó. Este procedimiento rescata información de relevancia cualitativa para la diversidad y la distribución de la mastofauna marina del Golfo de California. Se elaboró una tabla que compara el registro de las especies por cada una de las instituciones que proveyeron datos. Las especies se agruparon en los taxones: Delphinidae, Phocoenidae, Ziphiidae, Kogiidae, Physeteridae, Mysticeti, Otariidae y Phocidae de los cuales se generaron mapas.

La base de datos NOAA-UABCS-UNAM-CONABIO del periodo 1981-2008 se volvió a depurar dejando únicamente 3,067 registros que fueron aquellos que estaban identificados hasta el nivel de especie. Se hizo una tabla comparativa de los registros de las especies por institución. La diversidad de los mamíferos marinos en el Golfo de California se caracterizó entonces como la riqueza, esto es, el número de especies registradas en cada cuadrante y en toda el área de estudio. Esta es la riqueza observada sobre la cual se hizo un mapa de tonos. Como el esfuerzo es muy heterogéneo en el espacio y por lo tanto, la riqueza observada es necesariamente parcial en muchos cuadrantes y probablemente también en toda la zona de estudio; para cada cuadrante y para el total de la zona de estudio, se estimó la riqueza mediante el modelo hiperbólico (Michaelis-Menten) de Soberón & Llorente (1993) el cual ha probado ser el más adecuado para los mamíferos marinos del Pacífico mexicano (Rosales Nanduca, en elaboración). Con el programa CURVAC desarrollado en Turbo Pascal, se crearon curvas de acumulación de riqueza en cada cuadrante y en el total de la zona de estudio. Una curva de acumulación de riqueza se construye enlistando cuántas especies diferentes se acumulan progresivamente con cada avistamiento o registro. La ecuación de Michaelis-Menten aplicada por Soberón & Llorente (1993) establece que la riqueza de especies (R_r) se acumula con los avistamientos o registros (r) como la siguiente función hiperbólica:

$$R_r = R_{\max} \frac{r}{k + r}$$

donde R_{\max} es la riqueza estimada (la máxima acumulada con un número infinito de registros) y k es el número de registros con los cuales se observa la mitad de R_{\max} y caracteriza la pendiente de la curva. Las curvas de acumulación por cuadrante y del total de la zona de estudio se ajustaron a la ecuación de Michaelis-Menten por dos métodos: 1) Ajuste directo de mínimos

cuadrados hecho con el programa ACUMUMM y 2) Regresión lineal de la ecuación de Lineweaver-Burks que es el inverso de la ecuación de Michaelis-Menten, hecha con el programa REGINVMM. Estos dos programas fueron también desarrollados en Turbo Pascal. El ajuste directo por mínimos cuadrados fue mejor estimando los parámetros R_{max} y k en el total de la zona de estudio y en 79 cuadrantes. En términos de la verosimilitud del estimador y de la medida de ajuste, el método de regresión lineal dio mejores resultados en 109 cuadrantes. Ambos métodos dieron exactamente el mismo valor de R_{max} en 42 cuadrantes. En 16 cuadrantes, la riqueza observada fue mayor y por lo tanto preferible que cualquiera de los dos valores R_{max} estimados. De cada especie se determinó una medida de cobertura como la fracción de cuadrantes en los que se encuentra, esto es, el número de cuadrantes en los que se registra una especie, dividido por el número total de cuadrantes del área de estudio (479). Las especies se clasificaron de acuerdo a su distribución geográfica como sigue. Se generó una matriz de ocurrencia (O_{ix}) en la que para cada especie i en un total de especies $k=34$, se indica si está presente (1) o no (0) en cada cuadrante x en un total $n=479$. La disimilitud entre dos especies i e j (D_{ij}), se definió entonces como la siguiente distancia euclidiana que es la desviación estándar entre las ocurrencias de esas especies:

$$D_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^n (O_{ix} - O_{jx})^2}{n}}$$

Las distancias pareadas entre todas las especies se calcularon con el programa EUCLIDES desarrollado *ex profeso* en Turbo Pascal y el cual construyó una matriz que se resolvió en un dendrograma con el algoritmo WPGMA (ligamiento con promedios ponderados, por sus siglas en inglés) con el programa STATISTICA 6.0.

Abundancia, crianza y consumo: Para analizar propiedades cuantitativas de la mastofauna marina, se compiló una base de datos con 1,555 registros de 22 especies de mamíferos marinos para los cuales hay información del esfuerzo de búsqueda en los años 2004-2007 por la UABCS y la UNAM y con la cual fue posible estimar la abundancia de las especies como registros e individuos observados por distancia navegada con observación. Se usaron las bases de las dos instituciones mencionadas en tanto que éstas hacen el registro de la presencia de crías sistemáticamente y el periodo 2004-2007 se eligió en coincidencia con los datos de pesquerías de Ulloa *et al.* (2006) y de contaminación proporcionadas por la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR) para este estudio. Con el programa SECTONAV desarrollado *ex profeso* en Turbo Pascal, se determinó la distancia de navegación con búsqueda en cada cuadrante considerando la esfericidad de la Tierra así como la dependencia del radio terrestre de la latitud (elipsicidad). Tanto los tramos de navegación como el esfuerzo de búsqueda fueron mapeados para visualizar su

heterogeneidad en el área de estudio (Apéndice 10.2). Con el valor de esfuerzo de observación en cada cuadrante (Km), se determinaron la densidad (registros/Km) y a partir de ésta, se calculó la abundancia relativa (individuos/Km) de cada especie en cada cuadrante.

Se estimó la biomasa de cada especie en cada cuadrante (Kg/Km) multiplicando la abundancia por los pesos estándar de machos y hembras de cada especie (Reeves *et al.* 2002, Shirihai & Jarret 2006.). La biomasa total en cada cuadrante se determinó entonces como la suma de las biomásas de todas las especies presentes. Este procedimiento se justifica porque casi todos los animales observados fueron de tamaño adulto. Los valores de masa individual de cada especie se promediaron entre machos y hembras pero en los lobos marinos de California y los cachalotes se utilizó la masa de las hembras porque en estas especies, las hembras constituyen la mayoría de los individuos dentro del Golfo de California. Se hizo una estimación del consumo metabólico buscando reflejar la actividad de alimentación. Para ello, primero se realizó un análisis de la relación alométrica entre la masa y la tasa metabólica en cetáceos, pinnípedos y mamíferos terrestres por separado a partir de datos de Eckert *et al.* (1989), Witthow (1987) y Gaskin (1982) uniformizados en kilogramos para la masa y Watts para la tasa metabólica, considerando el coeficiente respiratorio para carbohidratos (Figura 6).

El consumo de cada especie en cada cuadrante se calculó multiplicando la tasa metabólica individual por la abundancia. Los consumos sumados de cada especie dieron un consumo total en cada cuadrante. A la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y a la jorobada se les asignó un consumo de cero porque estas especies no se alimentan en el Golfo de California. En el caso de la ballena jorobada, esta decisión subestima el consumo pues esta especie ocasionalmente puede alimentarse en el invierno en el Sur del Golfo de California (Gendron & Urbán 1993) y algunos animales asimismo se alimentan en diferentes partes del Golfo de California durante el verano (Rice 1974).

Reproducción: Para cada especie, cada cuadrante y los totales de ambos en los datos 2004-2007, se determinó un índice de crianza como la fracción de registros en los que se observan crías, esto es, el número de registros en los que hay crías dividido por el número total de registros.

Riesgo de las especies: A todos los registros de mamíferos marinos en el periodo 1981-2008, se asignó un valor de riesgo de extinción de la especie en una escala ordinal en el intervalo 0-4, desarrollada a partir de comparar la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la Lista Roja de la IUCN actualizada (2009). El valor asignado se eligió como la categoría de riesgo más alta que en todos los casos, excepto uno, correspondió a la IUCN. La excepción fue el lobo fino de Guadalupe el cual se considera como en *Peligro de extinción* (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2001 y como *Near Threatened* (NT) por la IUCN.

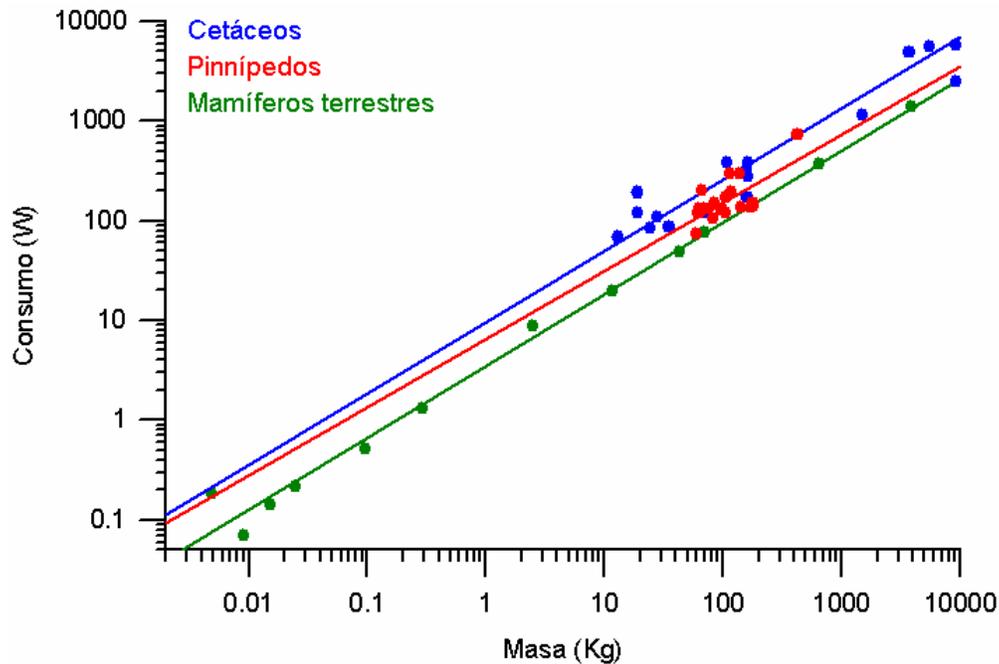


Figura 6. Alometría de la tasa metabólica de mamíferos marinos y terrestres con datos de Eckert *et al.* (1989), Witthow (1987) y Gaskin (1982).

La categoría de la IUCN se consideró más adecuada al estar actualizada. La población de *A. townsendi* se está recuperando, teniendo en la actualidad una abundancia absoluta aproximada de 10,000 a 15,000 individuos; de acuerdo con el Dr. David Auriolles Gamboa (comunicación personal, mayo 2009). En términos de las categorías de la IUCN, la escala de riesgo quedó conformada como sigue: 0) *Least Concern* (LC), *Data Deficient* (DD); 1) *Near Threatened* (NT); 2) *Vulnerable* (VU); 3) *Endangered* (EN) y 4) *Critically Endangered* (CR). En los registros de mamíferos marinos ordenados por grado de riesgo en cada cuadrante, se examinaron la mediana, el valor de riesgo máximo y la frecuencia relativa de los registros con riesgos en los intervalos 1-4, 2-4, 3-4 y 4. Estos cálculos se hicieron con los programas MEDIANA, MAXIMA Y FRECX desarrollados en Turbo Pascal (Apéndice 10.1).

Interpolación: En 83 cuadrantes no hubo registros de mamíferos marinos y en 233 cuadrantes, no se estimó la riqueza al ser el número de registros menor a dos o igual al número de especies observadas. En general, en los cuadrantes con información nula o insuficiente, se estimaron características como la riqueza, el consumo y el riesgo como el promedio de los valores medidos en los cuadrantes en 120 millas náuticas (222 Km) a la redonda ponderado por el inverso de la distancia, esto es, con mayor peso de los cuadrantes más cercanos. Esta estimación se hizo con el programa INTERPOL desarrollado en Turbo Pascal. Importa mencionar que este programa sólo interpola valores faltantes y no modifica los valores existentes para hacer algún suavizado.

4.3. Resultados

El número total de especies que han sido registradas por la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO en el Golfo de California es 34, siendo la CONABIO la que cuenta con el registro más completo de especies en el golfo con un total de 33 (Tabla 3). Si bien la base de datos de la CONABIO carece de información del esfuerzo de búsqueda, posee datos redundantes y es heterogénea en los formatos de información debido a que provienen de diferentes proyectos, esta base provee información de valor cualitativo sobre registros de seis especies que no contienen el resto de las bases de datos; éstas son: el delfín de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*), el delfín cabeza de melón (*Peponocephala electra*), el lobo fino de Guadalupe, el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*), el zífido de Baird (*Berardius bairdii*) y la foca común (*Phoca vitulina*). Todas estas especies son raras y/o de distribución restringida en el golfo (Tabla 1, Figura 10). La única especie que no registra la CONABIO es *Mesoplodon* sp. A que sólo ha sido reportada por la NOAA. La UNAM y la UABCS no proveen registros de especies únicas (Tabla 3).

Se observan diferencias en la distribución de los taxones principales de mamíferos marinos en el Golfo de California. En una primera vista, sin considerar la heterogeneidad del esfuerzo de búsqueda, se observa una mayor abundancia de mamíferos, especialmente de mysticetos y delfines, en 1) el Alto Golfo, 2) la región de las Grandes Islas, 3) el lado occidental del golfo (Los Cabos, Bahía de la Paz, Bahía de Loreto y Canal de Ballenas) y 4) la costa continental sureña (Bahía de Banderas, Bahía Matachén y Parque Nacional Isla Isabel). Los zifidos, kógididos y fisetéridos ocurren más en las aguas pelágicas al extremo Sureste de la Península de Baja California. Los otáridos ocurren en todas las costas continentales y de islas siendo menos abundantes hacia la costa de Nayarit y particularmente más abundantes en la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo. Las focas son raras en todo el golfo. La vaquita (*Phocoenidae*) es la única marsopa en el Golfo de California y tiene una distribución muy reducida en el norte (Figura 7).

En los 3,067 registros depurados de mamíferos marinos de 1981 a 2008, se observó una riqueza total de 34 especies considerando un registro de *Mesoplodon* sp. A. La riqueza total estimada fue asimismo de 34 especies por el método de ajuste directo. En los cuadrantes individuales se observó un máximo de 14 especies al Sureste de Punta Arenas (cuadrante 167) en la costa entre San José y Bahía de la Paz, B.C.S, ca. 24° N. La riqueza máxima estimada en los cuadrantes fue de 24 especies en el cuadrante 169, a 55 Km al Oriente del cuadrante 167. Otras regiones con riqueza relativamente alta de mamíferos marinos son la región pelágica entre las latitudes 23° y 25° N, la región entre La Paz, B.C.S y Loreto, B.C.S. y las cercanías de Guaymas, Son. En general, hay mayor diversidad de mamíferos marinos entre el extremo peninsular y la Región de las Grandes Islas en las latitudes 23° y 29° N (Figuras 8, 9).

Tabla 3. Especies de mamíferos marinos registradas en las bases de datos de la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO.

Especie	NOAA	UABCS	UNAM	CONABIO	Total
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>					3
<i>Balaenoptera edeni</i>					4
<i>Balaenoptera borealis</i>					3
<i>Balaenoptera physalus</i>					4
<i>Balaenoptera musculus</i>					3
<i>Megaptera novaeangliae</i>					4
<i>Eschrichtius robustus</i>					3
<i>Delphinus capensis</i>					4
<i>Delphinus delphis</i>					4
<i>Feresa attenuata</i>					2
<i>Grampus griseus</i>					4
<i>Globicephala macrorhynchus</i>					4
<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>					1
<i>Orcinus orca</i>					3
<i>Pseudorca crassidens</i>					4
<i>Peponocephala electra</i>					1
<i>Stenella attenuata</i>					4
<i>Stenella coeruleoalba</i>					3
<i>Stenella longirostris</i>					4
<i>Steno brenadensis</i>					4
<i>Tursiops truncatus</i>					4
<i>Phocoena sinus</i>					3
<i>Berardius bairdii</i>					1
<i>Mesoplodon densirostris</i>					2
<i>Mesoplodon peruvianus</i>					3
<i>Mesoplodon sp A</i>					1
<i>Ziphius cavirostris</i>					3
<i>Kogia breviceps</i>					3
<i>Kogia sima</i>					4
<i>Physeter macrocephalus</i>					4
<i>Arctocephalus townsendi</i>					1
<i>Zalophus californianus</i>					3
<i>Mirounga angustirostris</i>					1
<i>Phoca vitulina</i>					1
Total	24	22	21	33	34
Únicas	1	0	0	6	7

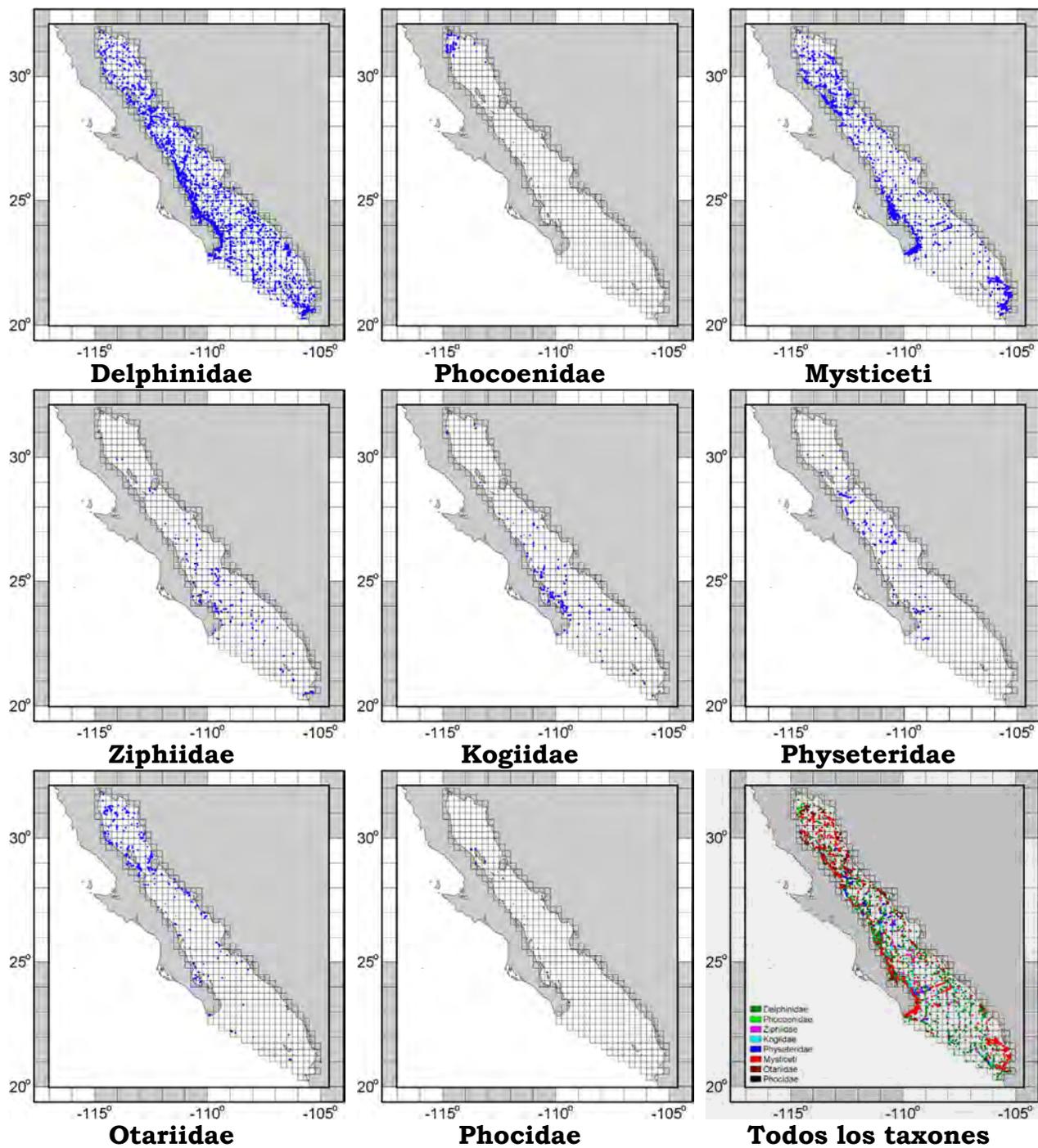


Figura 7. Mapas de 3,788 registros de mamíferos marinos clasificados por taxones, en el periodo 1981-2008 a partir de bases de datos de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.

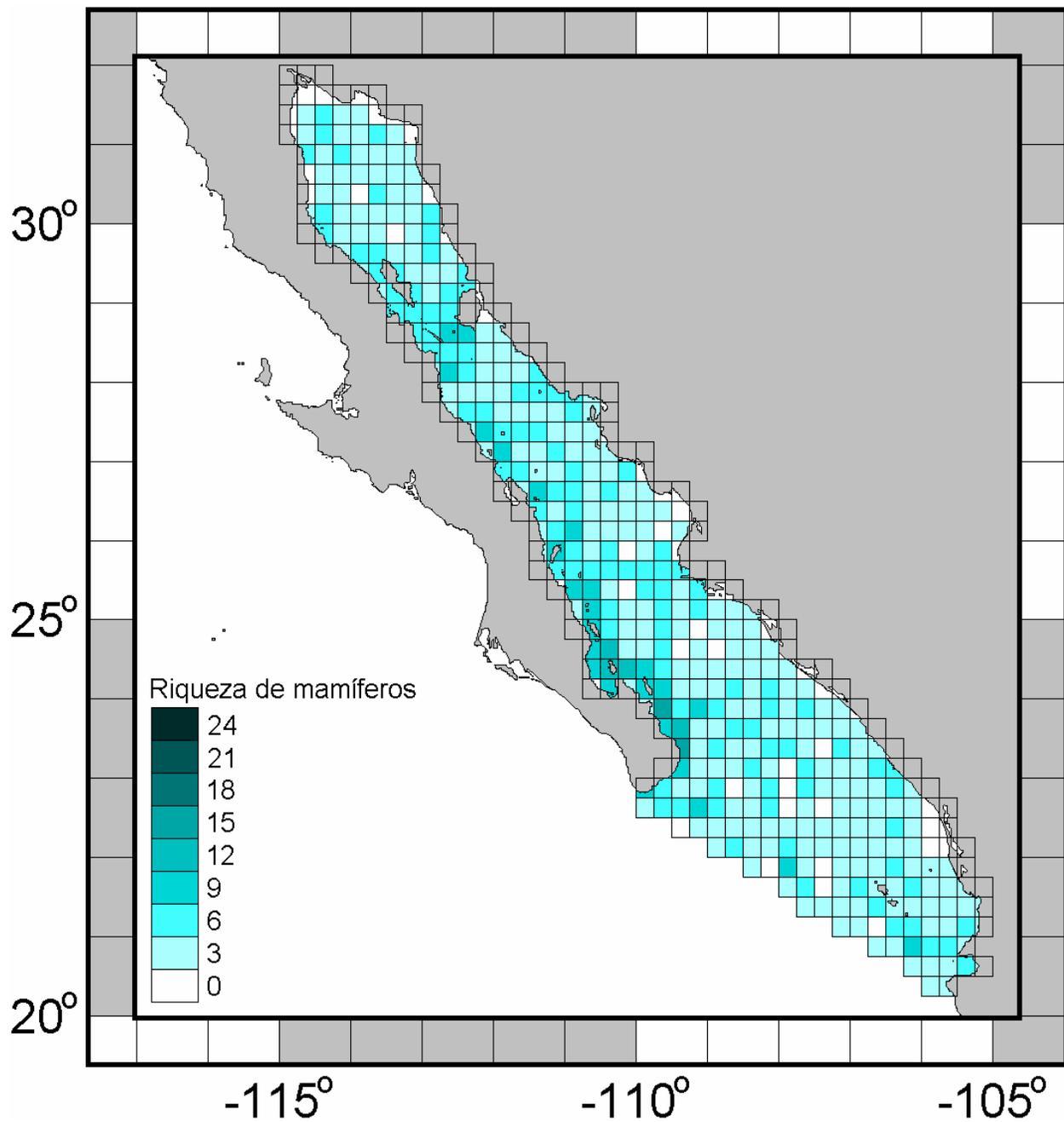


Figura 8. Riqueza (número de especies) de mamíferos marinos observada en 3,788 registros en el periodo 1981-2008 de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.

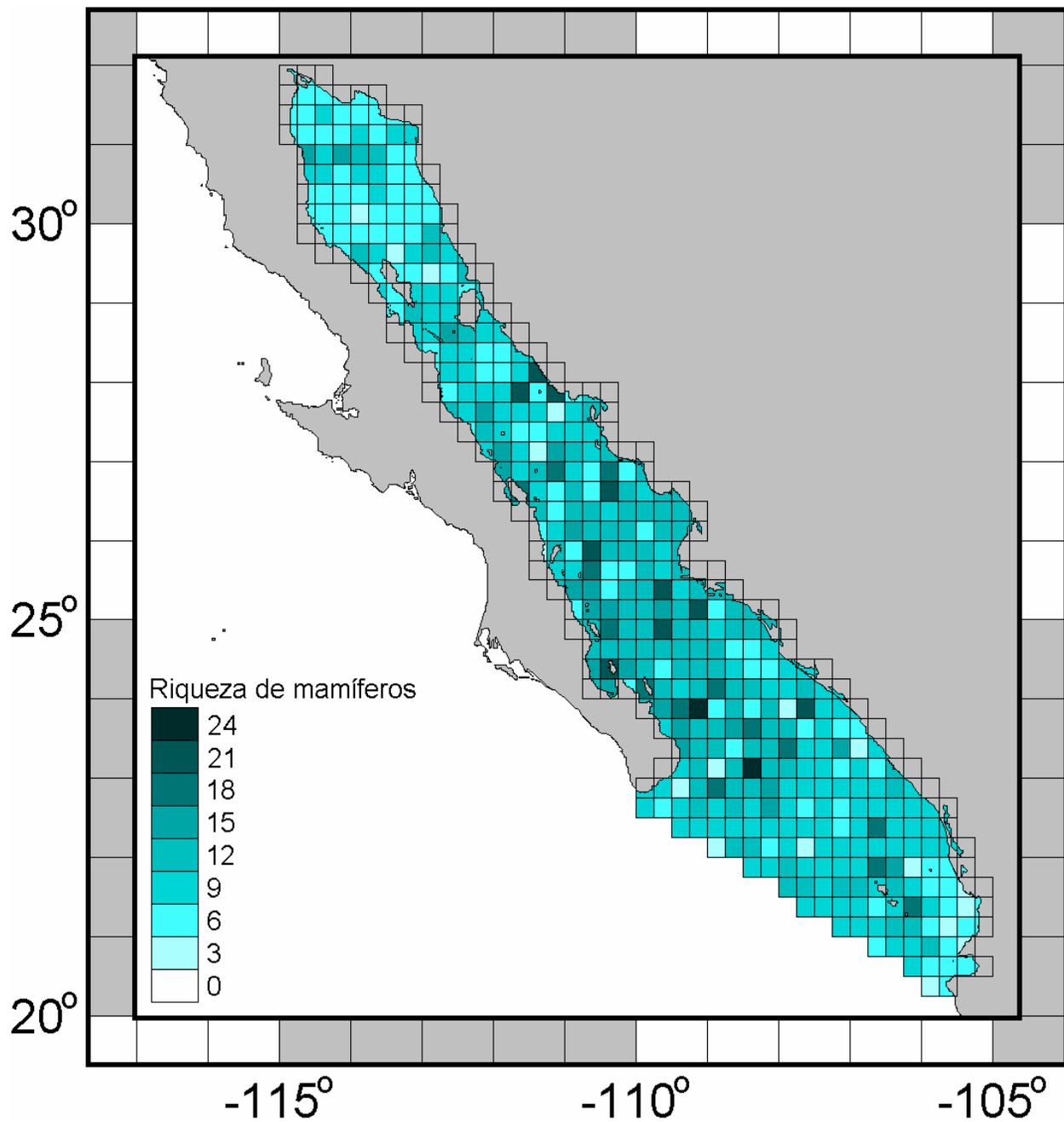


Figura 9. Riqueza estimada, con base en las curvas de acumulación del número de especies en 3,788 registros de mamíferos marinos en el periodo 1981-2008 de la NOAA, la UABCS, la UNAM y la CONABIO.

La zona al Oeste de la Isla Isabel (cuadrante 56) es la que tiene mayor número de registros (88) pero en ella sólo se registraron tres especies y se estimaron cuatro. La riqueza de especies tiende a disminuir hacia los extremos en la boca del golfo y el Alto Golfo pero se observan zonas aisladas de mayor riqueza al lado oriental de las Islas Mariás así como en la franja entre San Felipe, B.C. y Puerto Peñasco, Son. (Figuras 8, 9).

Los mamíferos marinos en el Golfo de California mostraron distribuciones diferentes en un dendrograma con topología anidada, esto es, las distribuciones de las especies individualmente conforman subgrupos de la distribución de toda la comunidad sin formar conjuntos separados (Figura 10). La tonina (*Tursiops truncatus*) es la especie con mayor abundancia y cobertura en el golfo (50 %), seguida de un grupo que incluye a los delfines comunes (*Delphinus* spp), el delfín moteado (*Stenella attenuata*), la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) que muestran una cobertura también alta. Ejemplos de especies de cobertura media son la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*). Otras especies como la vaquita (*Phocoena sinus*) y el zifido pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*) mostraron una cobertura de cuadrantes baja o restringida, todas formando un solo gran conjunto o comunidad (Figura 10). Entre las especies de distribución muy restringida, se debe distinguir aquellas en la parte Norte del golfo (p.ej. *Phocoena sinus*), aquellas en la parte Sur (p.ej. *Mesoplodon peruvianus*) y aquellas raras en todo el golfo (p.ej. *Mirounga angustirostris*).

Se estimó la abundancia, la biomasa, el consumo de energía y la ocurrencia de crías de mamíferos marinos en el Golfo de California en el periodo 2004 – 2007 que es el que corresponde al análisis de contaminación y pesquerías del Capítulo 6. Por el registro de la ocurrencia de crías, se consideró solamente el esfuerzo de la UABCS (36,462 Km) y la UNAM (3,455 Km) que tiene un total de 39,917 Km de navegación con observación. El esfuerzo de búsqueda es heterogéneo siendo la zona entre San José, B.C.S y Loreto, B.C.S la más navegada y la boca del golfo al Norte de la Bahía de Banderas la zona menos observada (Figura 11). La biomasa de mamíferos marinos se distribuye en forma más o menos uniforme siendo un poco menor en el Sur de la boca del golfo así como en la zona pelágica entre las latitudes 24° y 27° N (Figura 12). La estimación del consumo de energía busca reflejar la actividad de alimentación y debe considerarse que este depende del tamaño corporal. Zonas con alta biomasa y consumo relativamente bajo son zonas con alta incidencia de mamíferos de gran tamaño. En el Golfo de California se observaron zonas de consumo bien delimitadas siendo marcadamente menor en las franjas mencionadas para la biomasa en el Sur de la boca del golfo así como en la zona pelágica entre las latitudes 24° y 27° N. Se observa una zona de mayor consumo al Norte de la Bahía de Banderas así como manchones de consumo alto en la costa al Norte de Santa Rosalía ca. 27.5° N, al Sur de la Región de las Grandes Islas en las inmediaciones de la Isla San Pedro Mártir, ca 28° N y en la costa cercana a Puertecitos, B.C., ca. 30.5° N (Figura 12).

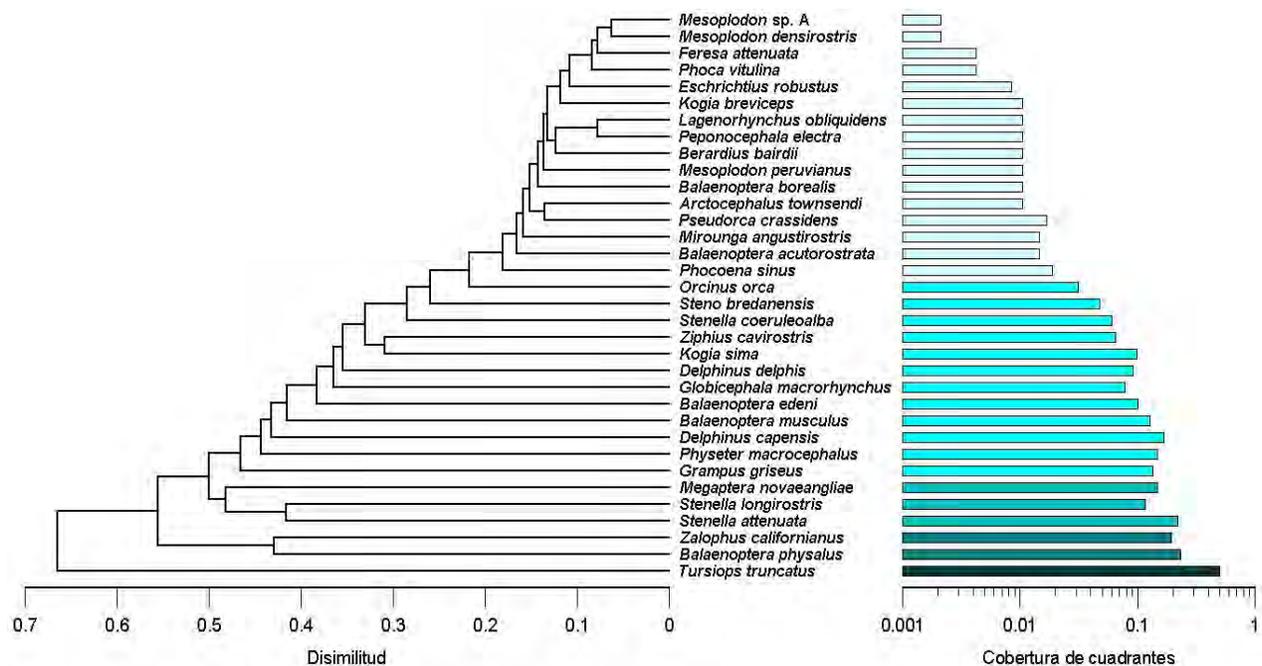


Figura 10. Clasificación de los mamíferos marinos del Golfo de California de acuerdo a su distribución geográfica y su cobertura de cuadrantes.

La composición del consumo de energía de los mamíferos marinos en el Golfo de California es diferente a la del resto del Pacífico mexicano observada por Rosales Nanduca (en elaboración); en el golfo hay un mayor consumo relativo de mysticetos, cachalotes y pinnípedos y menor de delfines y zífidos. Globalmente en el periodo 1981-2008, se observó menor ocurrencia de crías en el Golfo de California (5.2 %) en comparación al resto del Pacífico mexicano (9.3 %). Esto aplica para mysticetos y delfines que constituyen la mayoría de los avistamientos; en los zífidos y la vaquita no se observaron crías en ninguna de las dos regiones y en los cachalotes sólo se registró una baja ocurrencia de crianza en el Golfo de California. Se observaron crías de pinnípedos en el Golfo de California pero no fuera de él. Estos patrones no se modifican ante las diferencias entre el estudio de Rosales Nanduca (en elaboración), que se basa en datos del periodo 1981-2008 y este trabajo, que se basa en datos del periodo 2004-2007 (Tabla 4). La crianza de los mamíferos marinos tiene un patrón diferente al de la alimentación. Se observan dos zonas primarias con ocurrencia de crías: al sur de la boca del golfo desde la Bahía de Banderas hasta la latitud ca. 22° N en la costa y en aguas abiertas habiendo un hiato de crianza entre las Islas Mariás y la Bahía de Banderas. Otra región primaria de crianza es la costa de Baja California desde la Isla Cerralvo hasta las inmediaciones de Puertecitos, B.C. incluyendo el cinturón de las Grandes Islas. Valores bajos de crianza ocurren en la boca Norte del golfo, la costa de Sinaloa y Sonora y el Alto Golfo (Figura 13).

Tabla 4. Porcentajes de consumo de energía y ocurrencia de crías de taxones de mamíferos marinos en el Golfo de California y en el Pacífico mexicano adyacente. En el Golfo de California se distinguen los periodos 1981-2008 y entre paréntesis el periodo 2004-2007.

Taxón	Consumo en el Pacífico mexicano (1981-2008)¹	Consumo en el Golfo de California [1981-2008¹ (2004-2007)]
Mysticeti	12.9	41.1 (29.2)
Delphinidae	77.0	45.1 (65.7)
Phocoenidae	0.00	0.03 (ND ²)
Ziphiidae	2.06	0.39 (0.04)
Physeteroidea	1.72	4.04 (5.00)
Pinnipedia	0.05	0.51 (0.01)

	Ocurrencia de crías en el Pacífico mexicano (1981-2008)¹	Ocurrencia de crías en el Golfo de California [1981-2008¹ (2004-2007)]
Mysticeti	16.3	4.27 (4.26)
Delphinidae	9.38	7.49 (8.64)
Phocoenidae	0.00	0.00 (ND ²)
Ziphiidae	0.00	0.00 (0.00)
Physeteroidea	0.00	2.28 (2.39)
Pinnipedia	ND ²	1.23 (10.0)

¹ Rosales Nanduca (en elaboración).

² ND. No determinable.

Seis especies de mamíferos marinos del Golfo de California se encuentran en alguna categoría de riesgo superior a LC de acuerdo a la IUCN (Tabla 1). Estas especies no se registraron en 211 cuadrantes de los 396 con registros en el periodo 1981-2008. En 154 cuadrantes, las especies en riesgo son menos de la mitad de los avistamientos por lo que su mediana es cero. Esto deja un total de 31 cuadrantes en donde la mediana registra algún grado de riesgo. La mediana por sí sola entonces, subestima el grado de riesgo al reducirse ante los avistamientos más frecuentes de especies sin riesgo determinado. No obstante, en el mapa de la mediana puede observarse que casi todos los cuadrantes en donde hay especies en riesgo están al Norte de la latitud 23° N siendo el riesgo en general mayor hacia el Norte del golfo (Figura 14). Un patrón similar se observa en el mapa del registro con riesgo máximo haciéndose evidente que las especies en valor de riesgo 3 (EN) ocurren un poco más del lado peninsular del golfo y que al sur de la península no se observan especies con riesgo 3. En los mapas con frecuencias relativas de clases de riesgo, se observa el patrón ya descrito siendo los mapas de frecuencia de las clases 1-4 y 2-4 solamente diferentes en el tono de un cuadrante.

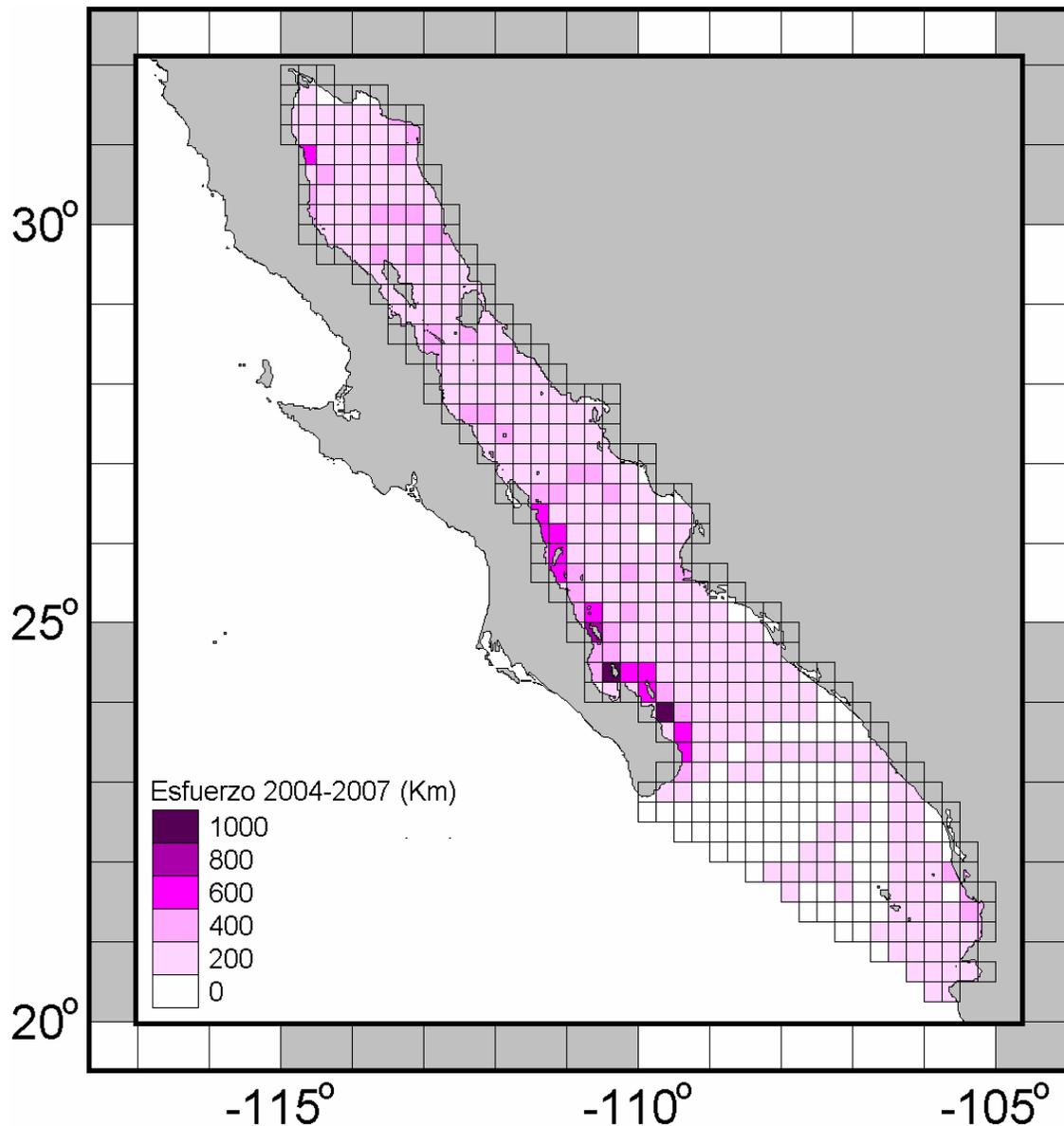


Figura 11. Esfuerzo de búsqueda de mamíferos marinos en el periodo 2004-2007 por la UABCS y la UNAM.

El mapa de frecuencia de las clases 3-4 difiere en una menor ocurrencia de estas clases en la parte pelágica del centro del golfo ca. 26° N. Solamente la vaquita en el Alto Golfo tiene un valor de riesgo 4 (CR) y ocurre mayormente en el lado occidental del golfo al Norte de San Felipe, B.C. En la base de datos del periodo 1981-2008 hay en total 35 registros de vaquitas de los cuales nueve son de la UNAM entre 1982 y 1984 y 26 son de la NOAA en 1993. Dos registros de vaquitas por la UNAM en 1982 al Norte de la Isla Tiburón deben tomarse con cautela pues no existen registros de esta especie en la zona mencionada por otras instituciones (Figura 14).

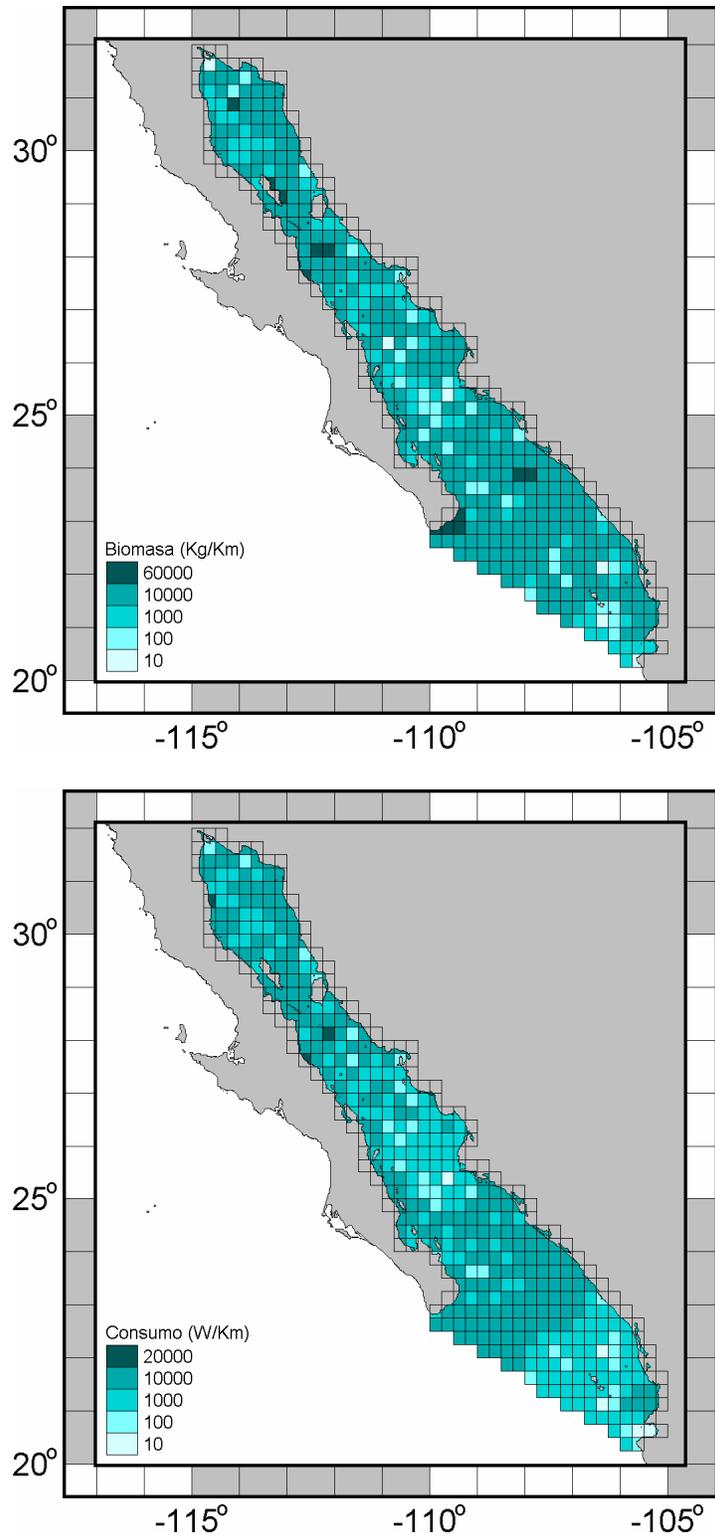


Figura 12. Distribución geográfica de la biomasa y el consumo de energía de los mamíferos marinos estimados e interpolados con los datos de la UABCS y la UNAM en el periodo 2004-2007. Nótese que las escalas son logarítmicas.

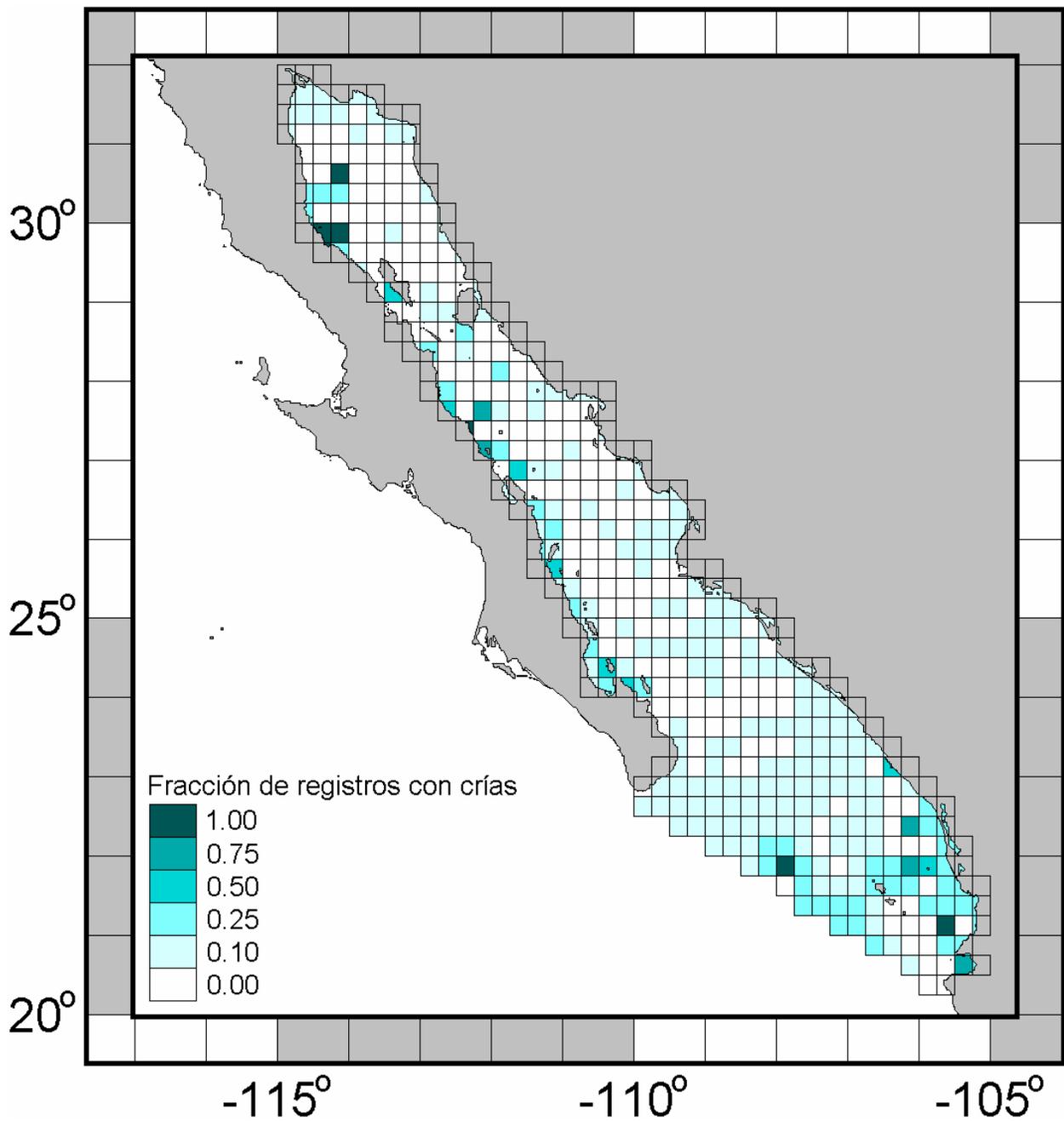


Figura 13. Distribución de la ocurrencia de crías de mamíferos marinos estimada e interpolada con los datos de la UABCS y la UNAM en el periodo 2004-2007. La ocurrencia de crías se define como la proporción del número de registros en los que hay crías con respecto al número total de registros en cada cuadrante.

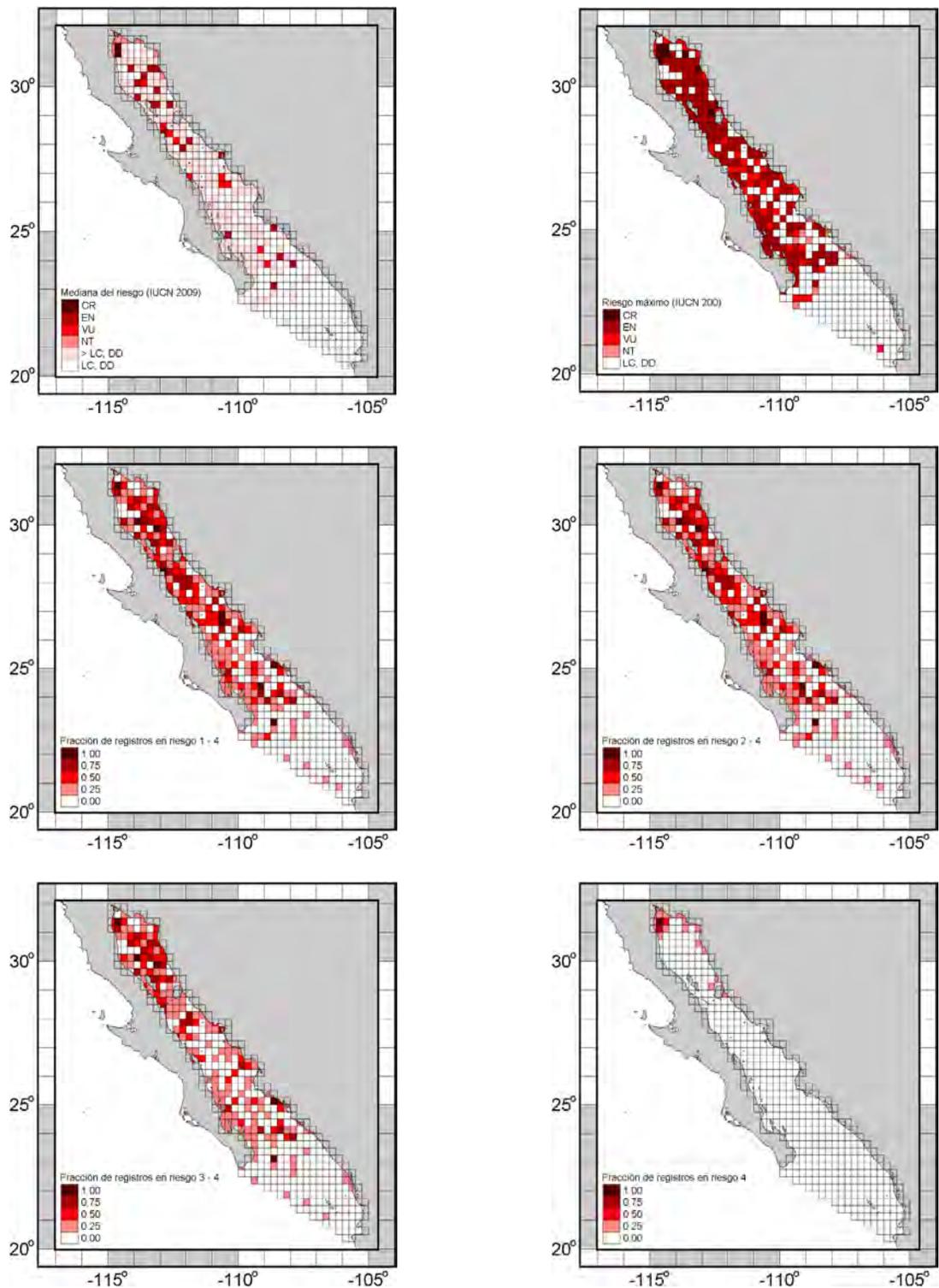


Figura 14. Diferentes medidas de riesgo interpolado de los mamíferos marinos registrados en el periodo 1981-2008 por la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO basadas en la IUCN (2009). El tono pálido en el mapa de la mediana indica especies en riesgo con frecuencia menor a 0.5 (> LC, DD). Las abreviaturas de la IUCN están definidas en la Tabla 1.

4.4. Discusión

A pesar de la intensa investigación mastozoológica marina que se ha desarrollado en el Golfo de California desde la década de 1970, se requiere de un mayor conocimiento formal de los grandes patrones de la diversidad, distribución y atributos de la mastofauna marina que conformen una macroecología básica que sirva de contexto y guía en investigaciones de temas particulares de las especies (Dr. Luis Medrano González, comunicación personal, enero 2007). De acuerdo con Guerrero Ruiz *et al.* (2006), los estudios más frecuentes sobre mamíferos marinos reportados a las reuniones de la Sociedad Mexicana de Mastozología Marina (SOMEMMA) en el periodo 1979-2004, son registros de especies (28 %), varamientos (13 %), distribución (12 %) y abundancia (9 %). Estos estudios se han llevado a cabo en sitios geográficos específicos del Golfo de California sin abarcar su totalidad. Los estudios menos frecuentes son aquellos relacionados con evolución, parásitos y contaminación (0.3%). Se han hecho enlistados de toda la mastofauna marina (p.ej. Vidal *et al.* 1993) así como de cetáceos (p.ej. Urbán-Ramírez *et al.* 2005) y de carnívoros (p.ej. Aurióles-Gamboa *et al.* 1993) y existe un trabajo sobre panbiogeografía de los mamíferos marinos de México que identifica al Golfo de California como un sitio nodal o complejo para estos animales por la presencia de endemismo, ausencia de organismos ampliamente distribuidos en otras regiones y ocurrencia de diferentes afinidades y límites geográficos y taxonómicos (Aguilar-Aguilar & Contreras Medina 2001). Sin embargo, hasta donde conocemos la autora y el director de esta tesis, no se han publicado estudios macroecológicos de la mastofauna marina del Golfo de California. Esto es *sensu* Arita & Rodríguez (2001), análisis de ensamblajes de especies en gran escala geográfica en los que se examine el reparto de alimento y espacio entre las especies así como atributos tales como diversidad taxonómica, diversidad ecológica, área de distribución, densidad poblacional, consumo de energía y reproducción.

En este trabajo se compilaron 5,503 registros de mamíferos marinos de la NOAA, UABCS, UNAM y CONABIO obtenidos en el periodo 1981-2008 y de los cuales se depuraron 3,788 con la información más completa que fue posible de riqueza de especies y esfuerzo de búsqueda. Esta base tuvo avistamientos en 396 cuadrantes del total de 479 definidos para la zona de estudio (83 %). Los datos de la CONABIO carecen de información sobre esfuerzo de búsqueda, son redundantes y no tienen una distinción sistemática entre avistamientos e individuos y por todo ello no es factible un análisis de distribución y abundancia. Sin embargo, los datos de la CONABIO son lo que por sí solos mejor registraron la diversidad de especies con 33 de un total observado y estimado de 34 aportando además datos de seis especies no registradas por las otras tres instituciones. Así, la labor de la CONABIO de integrar información de diferentes investigaciones, ha tenido una aportación de importancia cualitativa e infaltable para este trabajo.

La abundancia de las especies así como la biomasa, el consumo de energía y la ocurrencia de crías totales de la mastofauna marina se estimaron en un subconjunto de 1,555 registros obtenidos en el periodo 2004-2007 por la UABCS y la UNAM. Este periodo se eligió en correspondencia a los datos de contaminación proporcionados *ad hoc* por la Secretaría de Marina y de pesquerías de Ulloa *et al.* (2006) que se analizan en el Capítulo 6. Los datos de la NOAA no se utilizaron para este análisis pues abarcan solamente el periodo 1992-2003 y tampoco contienen información sobre la ocurrencia de crías. Para este análisis, los datos de la UABCS y la UNAM se han integrado en la forma simple de tasa de encuentro, esto es, avistamientos e individuos por distancia navegada con observación. Queda pendiente determinar cómo los datos de ambas instituciones pueden ser comparables y dar estimaciones robustas de abundancia y crianza ante las distintas circunstancias logísticas (p.ej. embarcaciones utilizadas, velocidad de navegación y altura de los sitios de observación) y operativas (p.ej. número y experiencia de los observadores, protocolos de registro y condición general del oleaje) en que se han colectado. Este análisis asimismo aguarda un perfeccionamiento de las modificaciones a los valores de abundancia para estimar la biomasa y el consumo de energía en el que se hagan consideraciones más detalladas del tamaño corporal y la estructura demográfica de las especies así como de la tasa metabólica en vida libre la cual depende de la actividad de los animales y de la temperatura del agua (Eckert *et al.* 1989).

El número total de especies de mamíferos marinos observadas y estimadas en el Golfo de California en este trabajo fue 34, correspondiente a 30 cetáceos y cuatro pinnípedos. En los datos examinados no se registraron la ballena franca del Pacífico Norte (*Eubalaena japonica*) ni un zífido nariz de botella (*Hyperoodon* sp.) referidos por Urbán-Ramírez *et al.* (2005). Estos autores a su vez, no incluyen a la orca pigmea (*Feresa attenuata*) registrada por la UNAM y por la CONABIO en un dato proveniente de la UNAM misma pero no existente en la base de datos examinada. Actualmente, se considera posible que diferentes registros de zífidos nariz de botella en el Pacífico Norte correspondan más bien al zífido de Longman (*Indopacetus pacificus*; Pitman *et al.* 1999). Todo esto haría que la riqueza de especies de mamíferos marinos en el Golfo de California sea de 32 cetáceos y cuatro pinnípedos para un total de 36.

La distribución de los mamíferos marinos en el Golfo de California vista a nivel de taxones muestra diferencias entre éstos y por lo tanto heterogeneidad espacial de esta fauna (Figura 7). En todo el golfo se registraron y estimaron 34 especies de mamíferos marinos pero en los cuadrantes individuales se estimaron cuando mucho 24 observándose mayor diversidad entre el extremo peninsular y la Región de las Grandes Islas en las latitudes 23° y 29° N. La riqueza de especies es mayor en la costa Sureste de Baja California Sur sugiriendo que este es un sitio en el que viven y más seguramente, por el que transitan mamíferos marinos entre el golfo y el mar abierto (Figuras 8, 9).

Esta distribución de la riqueza también indica que la mastofauna marina del Golfo de California es heterogénea espacialmente y que no puede considerarse trivialmente como un conjunto. Las distribuciones de los mamíferos marinos en el Golfo de California varían en su cobertura en más de tres órdenes de magnitud desde 0.2 % para la orca pigmea hasta 50 % para la tonina (Figura 10). Sin embargo, la clasificación de las especies de acuerdo a su distribución geográfica, tiene un arreglo anidado (Figura 10) en el que no hay conjuntos de especies diferenciados en zonas separadas sino más bien distribuciones geográficas de las especies como subconjuntos particulares de toda la zona de estudio ocupando algunas casi toda su extensión. En una topología anidada, la diversidad beta es baja y normalmente se requieren pocos sitios prioritarios para conservar a las especies (Arita & Rodríguez 2001) pero en el caso de la mastofauna marina debe considerarse que el anidamiento deriva de que las especies, diferencialmente, necesitan desplazarse grandes distancias para realizar distintas actividades de su ciclo de vida. Por ejemplo, en el Sureste de la Península de Baja California se encuentra la mayor diversidad de mamíferos marinos en todo el golfo (Figuras 8, 9) pero la ocurrencia de estos animales ahí se debe a diferentes usos de hábitat que complementan transitando a otras regiones, con patrones estacionales propios (p.ej. las migraciones de los misticetos) y los cuales no se examinaron en este trabajo. Con base en Espinosa & Llorente (1993), Aguilar-Aguilar & Contreras Medina (2001) sugieren que el Golfo de California es un posible nodo panbiogeográfico entre otras cosas, por la superposición de distribuciones de organismos con diferentes afinidades geográficas. En el Golfo de California, como en el medio terrestre de México, la flora y la fauna se relacionan con las biotas de una región Norte y otra Sur que en el caso del continente son la Neártica y la Neotropical y en el caso del océano son la región Panámica (o del Pacífico Oriental Tropical) y la del Pacífico Nororiental (Aguilar-Aguilar & Contreras Medina 2001; Contreras-Medina & Eliosa-León 2001, Sarukán *et al.* 2009, Torres *et al.* 1995). En resumen, la mastofauna marina del Golfo de California no puede considerarse como un conjunto uniforme en el espacio pero tampoco en ella pueden identificarse clases diferenciadas (uniformes) de especies de manera que el conjunto de toda la mastofauna debe verse más bien como una unidad heterogénea o metaensamble el cual es conexo con la mastofauna del Pacífico adyacente por modos diversos a través del tránsito.

El patrón anidado de distribuciones geográficas de la mastofauna marina en el Golfo de California sugiere que las distintas especies tienen capacidades diferenciales de aclimatación (*sensu* Eckert *et al.* 1989) a los diferentes ambientes que hay en el golfo. Algunas especies pueden aclimatarse a una alta diversidad de ambientes y ocupar una distribución geográfica amplia (p.ej. la tonina) mientras que otras especies viven en zonas pequeñas con ambientes particulares (p.ej. la vaquita). Este es el patrón que podría esperarse de animales con altas capacidades de regulación fisiológica como los mamíferos, en contraste a organismos fisiocformadores cuya distribución geográfica obedece en general a condiciones ambientales restringidas y fijas (Eckert *et al.*

1989). Las altas capacidades de regulación fisiológica de los mamíferos marinos están relacionadas con sus altas capacidades de dispersión (p.ej. en las migraciones de las ballenas) y las especies con distribuciones geográficas amplias ocupan el espacio desplazándose grandes distancias para realizar diferentes actividades entre las que se distingue principalmente a la alimentación y a la crianza. Esto puede apreciarse en que el consumo de energía, como estimación de actividad alimentaria (Figura 12) y la ocurrencia de crías (Figura 13) de los mamíferos marinos en el Golfo de California no presentan el mismo patrón espacial. Esto significa que los efectos negativos que tenga la perturbación de un lugar (p.ej. contaminación por microorganismos patógenos), pueden propagarse grandes distancias y también, que la conservación de estos animales requiere la protección de zonas amplias. El tránsito tiene pues, gran importancia para los mamíferos marinos al permitirles realizar actividades específicas en ambientes adecuados y en general, optimizar los beneficios de la exploración continua de ambientes y la aclimatación a ambientes particulares (Medrano González *et al.* 2008a) pero también hace de su conservación una labor compleja y de gran escala.

La biomasa y más aún, el consumo de energía de los mamíferos marinos en el Golfo de California (Figura 12) coinciden en general con la productividad primaria (Behrenfeld & Falkowski 1997, Ulloa *et al.* 2006, Figura 4). La productividad y el consumo de mamíferos marinos son mayores al Norte de la latitud 23° N, especialmente en la Región de las Grandes Islas y hay un área de productividad y consumo más bajos al Norte de la boca del golfo. Las diferentes especies y su consumo de energía (Figuras 7, 12) no se distribuyen de la misma forma en el patrón general descrito. Los delfines consumen en todo el golfo pero un poco menos en la parte alta; los misticetos consumen marcadamente al Norte de la latitud 23° N, incrementándose su consumo hacia el Alto Golfo; los zifidos consumen en las regiones pelágicas entre las latitudes 24° y 28° N y los cachalotes en las regiones pelágicas entre las latitudes 26° y 30° N; los carnívoros consumen en la Región de las Grandes Islas y Alto Golfo, más en el lado oriental y la vaquita en el Alto Golfo, más en el lado occidental (Rosales Nanduca, en elaboración). Los misticetos, los cachalotes y los pinnípedos presentan un consumo de energía relativo en el Golfo de California, mayor a su consumo en el resto del Pacífico mexicano sugiriendo que estos animales ocupan el golfo más por la alimentación (Tabla 4). Debe tenerse presente la limitación de que los registros de mamíferos marinos obtenidos en navegaciones, subestiman la abundancia de los carnívoros marinos pues muchos de estos animales se encuentran en tierra y éstos asimismo son menos detectables en el agua que los cetáceos. Los datos de navegaciones tampoco permiten evaluar la ocurrencia de crías de los carnívoros marinos las cuales viven por completo en tierra hasta que se destetan.

Las crías de los mamíferos marinos en el Golfo de California ocurren con una frecuencia global menor a la ocurrencia de crías en el resto del Pacífico mexicano (Rosales Nanduca, en elaboración) y esto mismo se observa a nivel de

taxones con excepción de los cachalotes y los pinnípedos en donde la crianza dentro del golfo es mayor a la del resto del Pacífico mexicano (Tabla 4). La crianza, sin embargo, debe examinarse en una escala menor y considerando el esfuerzo de búsqueda pues ésta se restringe mayormente a zonas costeras e islas en las que hay mucho esfuerzo de búsqueda como es el caso de la costa Pacífica de la Península de Baja California donde cría la ballena gris y la costa continental de México y las Islas Revillagigedo donde cría la ballena jorobada (Rosales Nanduca, en elaboración). En el Golfo de California, se observa alta ocurrencia de crías (mayor a 10 %) en la región de la Bahía de Banderas, en la costa oriental de la Península de Baja California entre las latitudes 24° y 31° N así como en la Región de las Grandes Islas (Figura 13). Llama la atención la ocurrencia de una zona con alta proporción de crías en la zona pelágica de la boca del golfo, la cual parece deberse al tránsito de crías, especialmente de ballenas jorobadas, entre la costa continental y la Península de Baja California. Algunas zonas de crianza, como la Región de las Grandes Islas, coinciden con zonas de alta productividad primaria y alto consumo de energía pero otras no, como la zona Sur de la boca del golfo. Esto indica que la crianza de los mamíferos depende fuertemente de factores físicos (p.ej. la topografía y el régimen de vientos) y biológicos (p.ej. la ausencia de depredadores) que favorecen el cuidado de los recién nacidos. La particular coincidencia entre altos valores de productividad primaria, consumo de energía de los mamíferos marinos y crianza de estos animales en la Región de las Grandes Islas, probablemente ha sido la condición fundamental que permitió el establecimiento de las poblaciones del lobo marino de California, el rorcual común y el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) que están aisladas dentro del golfo (Martínez Villalba 2008, Perrin *et al.* 1985, Pompa Mansilla *et al.* 2010, Rojas Bracho 1984, Schramm *et al.* 2009, Zavala-González 1993).

La aplicación más importante de la ecología geográfica y la macroecología es la de identificar necesidades concretas de protección para regiones y especies y diseñar sistemas eficientes de áreas para maximizar su conservación con criterios también concretos y analizables (Humpries *et al.* 1995, Arita & Rodríguez 2001). En los 396 cuadrantes con registros de mamíferos marinos en el Golfo de California, las especies con alguna categoría de riesgo se observaron en 185 (cobertura 47 %). Los cuadrantes sin registros de especies con categoría de riesgo se encuentran casi todos en la boca del golfo y distintas medidas de riesgo muestran que esta variable ocurre al Norte de la latitud 23° N ocupando todo el golfo, siendo algo mayor en las costas e incrementándose notablemente hacia el Alto Golfo (Figura 14). Esto se debe por un lado a la distribución de misticetos en riesgo, particularmente el rorcual común así como a la vaquita que habita el Alto Golfo y se encuentra en peligro crítico de extinción. El Golfo de California hasta el extremo peninsular y la costa Pacífica de Baja California muestran valores de riesgo de extinción de los mamíferos marinos altos en comparación al resto del Pacífico Nororiental (Rosales Nanduca, en elaboración).

Todo esto indica que prácticamente todo el Golfo de California hasta el extremo peninsular es relevante para la conservación de la mastofauna marina en una escala geográfica amplia. Para lograr tal conservación, la breve geografía de la mastofauna marina descrita aquí, reclama una geografía e historia humanas mínimas que se examinarán en los dos capítulos siguientes.

5. HISTORIA DEL IMPACTO HUMANO SOBRE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Todo lo que existe en nuestro planeta está sujeto a constante cambio, nada se mantiene estático. Las personas tendemos a pensar que lo natural es aquello que observamos en nuestra juventud o al inicio de nuestro primer contacto con la naturaleza (Pauly 1995) pero las transformaciones que los ecosistemas tienen van más allá de lo que alcanzamos a recordar. Algunos ecosistemas han sido estudiados muy en el pasado y existe cierta referencia escrita de las condiciones prevalecientes en otras épocas; estos documentos son muy valiosos cuando se intenta reconstruir la trayectoria histórica de los cambios naturales e impactos que ha experimentado un ecosistema. Los ecosistemas del Golfo de California han cambiado a lo largo de los años y las interacciones que sus habitantes han tenido con el medio ambiente, han influido de diferentes formas sobre los mamíferos marinos. El segundo objetivo particular de esta tesis es:

- Revisar la historia del impacto humano sobre los mamíferos marinos en el Golfo de California desde los tiempos prehistóricos hasta la época actual.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una investigación histórica basada en fuentes documentales originales antiguas y actuales que abarcan desde la época prehispánica hasta la actual. Se tramitaron los permisos correspondientes para consultar el Archivo General de la Nación y el Fondo Reservado de la UNAM. Se obtuvieron copias de documentos originales desde el año 1757 a 1917. En el Fondo Reservado de la UNAM, se obtuvo la digitalización de un mapa antiguo hecho por los misioneros jesuitas del Golfo de California que data de 1757 y que muestra la distribución de las etnias existentes en ese entonces. La historia de los años anteriores y posteriores a estas fechas fue documentada en revistas y libros especializados.

La línea del tiempo se dividió en las siguientes etapas: Época prehispánica (- 1521), Época colonial (1521-1810), México independiente (1810-1877) y El porfiriato y época actual (1877-).

5.1. Época prehispánica (- 1521)

Los vestigios arqueológicos y estudios etnohistóricos existentes para la región Noroeste de México, indican que los primeros habitantes llegaron aproximadamente en el año 10,000 a.C. (Holoceno temprano), después de que los primeros pobladores de América, provenientes de Asia, cruzaron el estrecho de Bering (León-Portilla, 1995). Se cree que los pobladores prehistóricos que habitaron zonas como la Alta California y Arizona se desplazaron hacia el Sur y ocuparon parte de la Península de Baja California. En ésta florecieron tres culturas, la Yumana al Norte del paralelo 30° N, el complejo cultural Comondú en el desierto central y Las Palmas al Sur. En estas culturas, los grupos

indígenas más destacados fueron los cochimíes al Norte, los guaycuras al centro y los pericúes al Sur. En la costa oriental del Golfo de California existieron grupos indígenas como el Mayo, Cocopa, Pápago, Seri, Pima, Yaqui, Guasave y Tahue. De éstos, los yaquis y seris, tuvieron mayor contacto con los recursos marinos (León-Portilla 1983, McGee 1980, Figueroa 1985).

Durante el Holoceno ocurrieron cambios climáticos importantes en la región del Golfo de California, que consistieron en una disminución paulatina de la humedad y una tendencia hacia la elevación de la temperatura con máximos de sequía y calor más severos que los actuales. Esto lleva a pensar en los cambios que necesariamente debieron haber experimentado los ecosistemas y que por consiguiente, debieron haber influido en el modo de vida de las primeras poblaciones humanas ahí asentadas (Rodríguez 2002). Ante este escenario, es probable que la población costera haya desarrollado una mayor dependencia de la explotación de los recursos marinos en un territorio árido con pocas opciones para la obtención de alimento.

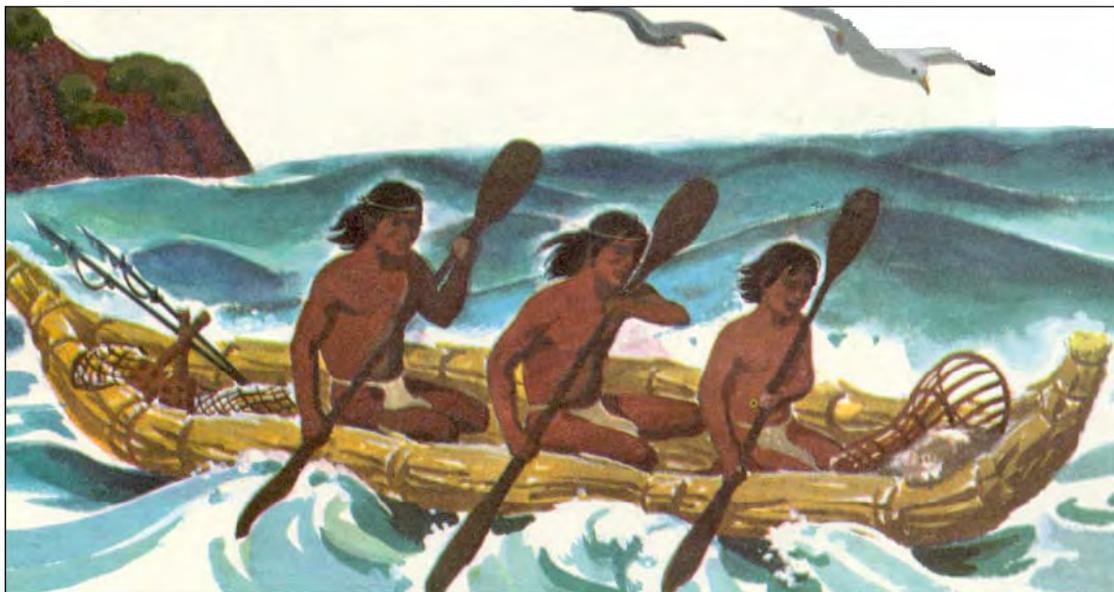
En su mayoría, los primeros pobladores de la Baja California andaban desnudos o sólo cubrían los genitales con pieles o toscos tejidos de fibras; carecían de perros, vivían en cuevas rocosas y no conocían ni la cerámica ni la agricultura, con la única excepción de los que habitaban en las inmediaciones del Río Colorado; sus pocos utensilios eran líticos; sus armas, el arco y la flecha y vivían en una especie de Paleolítico fosilizado (León-Portilla 1993). Los datos más antiguos con los que se cuenta para Sonora y Arizona se refieren al hallazgo de varias puntas de proyectil llamadas clovis que comprueban la existencia de la especie humana cuando ésta cazaba mamuts y otra fauna ahora extinta; la antigüedad de estos hallazgos se remonta a 9,500-9,000 a.C. (Cordell 1984). El Golfo de California permitió a los primeros pobladores de Sonora, como los seris, practicar la pesca y la recolección de moluscos, conchas y caracoles que cambiaban por cerámicas procedentes de Arizona y Chihuahua (Braniff 2009).

En términos generales, existen pocos estudios arqueológicos en la región que reflejen el impacto humano que estos primeros pobladores pudieron haber ejercido sobre los recursos marinos pero es muy probable que debido a la similitud en las estrategias de caza entre las sociedades de cazadores y recolectores, su impacto hacia los animales marinos-costeros vulnerables como lobos marinos, marsopas y tortugas, pudo haber sido semejante al de otras poblaciones de aborígenes americanos como los de la costa del Sur de California que extirparon localmente algunas especies marinas (Sáenz-Arroyo 2008). Los estudios arqueológicos de la costa de California y Oregon indican que los primeros habitantes aprovechaban las poblaciones de mamíferos marinos que se encontraban en las costas (Porcasi *et al.* 2000). Al disminuir la disponibilidad de especies grandes, éstas fueron cronológicamente sustituidas por especies pequeñas. Así, el lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*), el lobo marino de California, el lobo fino de Guadalupe y el lobo fino del Norte

(*Callorhinus ursinus*) fueron sustituidos por especies menores como la nutria marina y la foca común (Porcasi *et al.* 2000).

Importa mencionar el papel que las variaciones climáticas pudieron haber ejercido sobre las poblaciones de mamíferos marinos presentes en el Holoceno medio. Datos paleoambientales sugieren que en las costas de California, existió una considerable variabilidad de los ambientes tanto terrestres como marinos (Colten & Arnold 1998). Algunos estudios muestran la correlación existente entre el incremento prehistórico de la temperatura de la superficie del mar, con la reducción de las poblaciones de mamíferos marinos como pinnípedos, relacionada con una disminución de la importancia de los mamíferos marinos en la dieta de los aborígenes (Colten & Arnold 1998).

La estrategia que siguieron los pobladores antiguos para mitigar el impacto de la escasez y/o agotamiento de los recursos, fue migrar dejando una huella arqueológica de su transformación en el ecosistema (Porcasi *et al.* 2000). Se sabe que los cochimíes, al igual que otros grupos, migraban según las diferentes estaciones del año hacia zonas con mayores recursos que aseguraban la subsistencia basada en el producto de la recolección, caza y pesca; para esta última actividad, los cochimíes y otros californios contaban con balsas hechas de carrizo o haces de Tule con las que solían salir a pescar (León Portilla 1983, Ponce Aguilar 2004, Figura 15.)



Calif. State Dpt. of Educ.

Figura 15. Dibujo de una embarcación fabricada con haces de tule que usaban los californios para la pesca. Tomado de Ponce Aguilar (2004).

Existe una investigación acerca del hallazgo de restos arqueológicos del Holoceno que pone en evidencia la cacería de delfines, tanto en la región del Sur de California como en Baja California. Porcasi & Fujita (2000) plantearon en su estudio que los mamíferos marinos jugaban un papel importante en la dieta de las comunidades cazadoras-recolectoras prehistóricas que se asentaron en las costas del Pacífico y Golfo de California aportando proteínas y grasas en su alimentación. En la localidad de Las Tinajas (Figura 16) en el municipio de Los Cabos (65 Km al Sur de La Paz), Porcasi & Fujita (2000) encontraron 5,383 huesos de animales en una capa estratigráfica perteneciente al Holoceno tardío; de este total, 1,912 huesos fueron identificados como pertenecientes a mamíferos marinos: 1,895 delfines, 15 pinnípedos (lobos marinos y probablemente lobos finos de Guadalupe) y dos cetáceos no identificados. El resto de los huesos se identificaron como pertenecientes a venados, conejos y aves. A pocos metros de distancia de este hallazgo, Porcasi & Fujita documentaron el descubrimiento de un gran sitio de aproximadamente 20 x 40 m y 1.5 m de profundidad con restos de materiales biológicos incinerados, piedras y huesos quemados de delfines. Esto sugiere que este sitio podría haber sido destinado al procesamiento de los mamíferos marinos. En otros sitios de la región, también se encontraron huesos de delfines pero en menores cantidades; estos sitios son El Conchalito, El Medano, Isla Espíritu Santo e Isla Cerralvo.



Figura 16. Las Tinajas, Baja California Sur, lugar del hallazgo de huesos de mamíferos marinos aprovechados por comunidades humanas prehistóricas según Porcasi & Fujita (2000). Imagen tomada de Google Earth.

Se cree que la caza de delfines era de las más valiosas en la prehistoria del Golfo de California e implicaba probablemente un esfuerzo cooperativo que requería organización y participación de varios miembros de la comunidad, principalmente para poder desviar las manadas de cetáceos hasta los sitios favorables para la captura. Esto pudo haberse llevado a cabo con el uso de embarcaciones primitivas y arpones (Porcasi & Fujita, 2000). En las Islas Faroe esta forma de cazar a los cetáceos continúa hasta nuestros días. El procedimiento consiste en la producción de sonidos bajo el agua para desorientar a los cetáceos (ballenas piloto); en la mayoría de los casos toma de dos a cuatro horas guiar a una entera comunidad de cetáceos hasta el sitio en donde se matan utilizando cuchillos (Bloch *et al.* 1990).

Existen otras evidencias arqueológicas que muestran que los antiguos pobladores de la región conocían y/o aprovechaban a los mamíferos marinos. Aranda *et al.* (2003, citado en Guerrero Ruiz *et al.* 2006), reportan la existencia de numerosos huesos de animales en la Cueva El Volcancito ubicada en el Ejido de Eréndira, B.C. Ello incluye nutrias, ballenas, lobos marinos y delfines además de otros vertebrados terrestres y marinos cuya antigüedad data de 9,000 años. Se estima que los yumanos pudieron ser el grupo humano que vivió en ese sitio y que aprovechó la mastofauna marina probablemente para alimentación, fabricación de herramientas y para obtener pieles y usarlas como abrigo (Guerrero Ruiz *et al.* 2006).

Las pinturas rupestres son otro de los vestigios antiguos que constatan el conocimiento aborigen de los mamíferos marinos. Con antigüedad de entre 2,000 y 8,000 años, en sierras como San Francisco, Guadalupe y Sierra de la Laguna en Baja California Sur, se encuentran pinturas que representan cetáceos y pinnípedos (Pacheco-Bribiesca 2006) y en cuevas de Sonora, conocidas como La Pintada, se pueden observar representaciones de diversos animales, entre ellos mamíferos marinos. Esto sugiere la importancia de esta fauna en el pasado (León-Portilla 2003).

5.2. Época colonial (1521 - 1821)

Hernán Cortés y sus huestes conquistadoras tomaron la Ciudad de México-Tenochtitlan en 1521 y desde entonces Cortés manifestó su interés por explorar las costas americanas del Mar de Sur (Océano Pacífico) en busca de islas con gran riqueza cercanas al continente (Del Río & Altable 2000). Por esta razón, se iniciaron las primeras expediciones que llevaron al descubrimiento del Golfo de California. En el año de 1532, Diego de Hurtado partió del puerto de Acapulco y descubrió las Islas Mariás; un año después, Diego De Becerra y Hernando de Grijalva, salieron cada uno en su barco desde Tehuantepec y descubrieron las Islas Revillagigedo. Durante este viaje, Diego de Becerra fue asesinado por Fortún Jiménez quien tomó el mando del barco y se dirigió hacia la Península de Baja California, llegando a lo que hoy se conoce como La Paz. Ahí se

encontraron con los pericúes quienes asesinaron a Fortún Jiménez y a 20 marineros más. Al ver esto, el resto de la tripulación escapó hacia las costas de Sonora donde conocieron de la riqueza de perlas. Esta noticia fue difundida llegando hasta los oídos de Hernán Cortés quien organizó una tercera expedición que tenía como objetivo colonizar estas nuevas tierras descubiertas. Cortés salió de Tehuantepec con tres barcos, tocando tierra el 1 de mayo de 1535 donde fundó el Puerto y la Bahía de Santa Cruz que hoy día es el Puerto de La Paz. La colonización fue un fracaso porque no contaban con víveres y proliferaron varias enfermedades (Del Portillo 1982).

En 1539 se exploró el Golfo de California en una expedición al mando de Francisco de Ulloa quien llegó hasta la desembocadura del Río Colorado en el Alto Golfo y comprobó así la falsedad de la creencia de que la península era una isla. Cuando los primeros exploradores llegaron al golfo, describieron a los lobos marinos de California como increíblemente abundantes. Francisco de Ulloa en 1539 relataba, cuando llegó a la Bahía de San Luis Gonzaga, que los lobos marinos eran tantos que, sin exagerar habían “*cientos de miles*” (Sáenz-Arroyo *et al.* 2006).

Hubo otra expedición en 1540 al mando de Hernando de Alarcón quien llegó también hasta la desembocadura del Río Colorado. Después por alguna razón, el Golfo de California dejó de ser explorado durante 50 años. En 1596 Sebastián Vizcaíno, estimulado por su interés en las perlas, reinició las exploraciones al golfo (Del Portillo 1982). Algunos viajeros escribieron las experiencias de sus viajes en diarios; Antonio de la Ascensión (1602), al referirse al Golfo de California describe textualmente lo siguiente:

“Riquezas que ay en este mar”... le llamaban mar Vermejo... en los mapas antiguos le llamaban ensenada o Seno de las Vallenas y es porque son tantas las que allí ay y las ay por toda la costa hacia el Cabo Mendocino que no se pueden numerar ni lo creera sino quien lo huuiera visto ...” (sic). (de la Ascensión 1602 [1970]).

En este mismo documento, de la Ascensión describe Cabo san Lucas y su riqueza de ballenas de la siguiente forma textual:

“...ay como digo infinitas ballenas muy grandes y grande abundancia de sardinas grandes y pequeñas lindas y gordas que es según dicen en el común sustento de las vallenas y podra ser que por esta causa aya aquí tantas...” (sic). (de la Ascensión 1602 [1970]).

Esta descripción da una idea de las condiciones en el Golfo de California a principios del siglo XVII durante la pequeña glaciación entre los siglos XV y XVIII sugiriendo una extraordinaria productividad marina, en la cual las poblaciones de peces (y seguramente de toda la biodiversidad) eran tan vastas y

extensas que podían sustentar poblaciones tan grandes de mamíferos marinos que por las descripciones parece no era posible cuantificar.

Hubo posteriormente varios viajes de 1612 a 1649 en los cuales se conocieron varias islas del golfo y se elaboraron mapas de este mar. Sin embargo, las tierras que circundan al golfo no se colonizaron aún debido a lo difícil de la navegación, lo agreste del ambiente y la constante presencia de piratas que robaban los cargamentos de perlas las cuales fueron objeto de constante e intenso saqueo. En 1617 se efectuó la conquista religiosa de los yaquis en Sonora por parte de los misioneros jesuitas y con ello inició la de Sonora. Los jesuitas iniciaron su labor misionera en la Península de Baja California en 1697; ellos conocieron en ambas costas del golfo acerca de la vida de los grupos humanos nativos (Del Portillo 1982). En la Figura 17 se muestra un mapa antiguo hecho por los jesuitas, dedicado al Rey de España, y que ilustra las culturas existentes alrededor del Golfo de California en 1757. El original de este mapa se encuentra resguardado en el Fondo Reservado de la UNAM y se solicitó su digitalización y permiso para ser publicado en la presente tesis.

Los mamíferos marinos fueron aprovechados por todas las comunidades humanas costeras que habitaban en la región del Golfo de California; una referencia importante sobre el uso y concepción de los mamíferos marinos es la de la tribu Comcáac o Seri en el territorio de Sonora, que es quizá la etnia más estudiada en la región (Figura 18). Durante más de 2,000 años, esta tribu se ha caracterizado por llevar una vida costera ocupando el litoral del estado de Sonora creando así un estrecho vínculo con el medio marino (Narchi 2003). Los comcáac habitan la costa central del desierto de Sonora, desde al menos los siglos II y III d.C. (Bowen 1983). Conformaban un grupo endogámico bastante aislado, por lo que su cultura permaneció casi intacta durante milenios hasta mediados del siglo XX. Sin embargo, a partir de la llegada de los colonizadores europeos su población fue diezmada sistemáticamente (Luque & Doode 2007); desde el siglo XVII fueron expuestos a una política oficial de exterminio, que los llevó al borde de su extinción ya que para principios del siglo XX tan sólo quedaban unos 130 comcáac quienes se habían refugiado en la Isla Tiburón. Con el inicio del periodo revolucionario de México, las relaciones con el estado se fueron distendiendo lo que propició un aumento demográfico, después de cuatro siglos de persecución (Luque & Doode 2007). Actualmente son 900 comcáac (550 agrupados en Punta Chueca y 350 agrupados en Desemboque Seri) y conservan el 10 % de su antiguo territorio considerado hoy día como zona geográfica núcleo de su cultura (Figura 19, Luque & Doode 2007).

Se conoce que los indios Comcáac han explotado a los lobos marinos con fines de autoconsumo principalmente en las islas Ángel de la Guarda, Tiburón y San Esteban; ellos los mataban en el pasado golpeándolos en la cabeza con piedras (McGee 1980) pero a los delfines y ballenas no los cazaban (Luque & Robles 2006).



Figura 17. Carte de la Californie Lévée par la Société des Jesuites. Dédiée du Roy d'Espagne en 1757. (Carta de la California por la Sociedad de Jesuitas, dedicada al Rey de España en 1757). Digitalizado del Fondo Reservado de la UNAM.



Figura 18. Algunas mujeres seris en Sonora cerca de Kino. Tomado de Davis & Dawson (1945).



Figura 19. Territorio Comcaac. Tomado de Luque & Doode (2007).

McGee (1980) relata que en 1887 en la playa occidental de Rada Ballena en la Isla Tiburón, varó una ballena de unos 24 m de longitud lo cual marcó una etapa especial de la vida Seri: “*La época del gran Pez*” pues dotó a sus clanes por largo tiempo de carne, grasa, cartílagos y huesos. Por otro lado, según las narraciones del Mapa de los Sitios de Valor Cultural de los Comcáac, ellos invocaban con canciones sagradas a ciertas especies como los tiburones y las ballenas para adquirir su fortaleza y destreza. Asimismo, en ocasiones utilizaban técnicas de pesca aprendidas de los delfines (Luque & Robles 2006).

En el Golfo de California, los lobos marinos fueron cazados sin restricción alguna durante largos años y no sólo por los aborígenes. Se tiene noticia de que un personaje llamado Don Vicente Basadre y Vega propuso en 1786 a las autoridades novohispanas establecer comercio recíproco entre la China y las Californias cambiando pieles de nutrias y lobos marinos por *azogue* (nombre antiguo del mercurio) procedente de Asia ya que según su decir, estos animales abundaban en la península (Indiferente Virreinal 1786), Su propuesta dio frutos y no sólo le autorizaron explotar las pieles sino que también le otorgaron un sueldo de cuatro mil pesos anuales por llevar a cabo este proyecto [Indiferente Virreinal 1786].

En ese tiempo, Francisco Xavier Clavijero en su descripción sobre la Antigua o Baja California (1789), describe lo siguiente:

“...pasando a los animales acuáticos cuyo carácter se acerca mas al de los reptiles, hallaremos en los mares de California entre los cetáceos, ballenas, delfines, tiburones, pez espadas y focas...la multitud de ballenas vistas por lo navegantes en el angosto espacio de mar que hay entre la península y la isla del ángel Custodio, dio ocasión à lo que se le llamase canal de las Ballenas; pero como no se ha pescado ninguna, no sabemos à qué especie pertenecen; sin embargo, en atención à lo que de ellas se dice, las creo de la especie llamada Physalus por Lineo” (sic) Clavijero [1789 (1971)].

La explotación de estas especies continuó por varios años más. Un indicio de ello es que en 1792, Don Diego de Pardoquí informó al Rey lo siguiente:

“Llegaron al Puerto de Cavite (Filipinas) las tres mil trescientas cincuenta y seis (3,356) pieles de nutria remitidas en la Balandra, con sólo el menoscabo de setenta averiadas y diecisiete de menos que se habían asoleado” [Reales Cédulas Originales y duplicados (100), 1792].

Esta cifra puede dar una idea de la magnitud en la que se explotaron las nutrias marinas (*Enhydra lutris*) pues después de más de 100 años de explotación, llegaron a considerarse extintas en nuestro país a principios del siglo XX (Gallo Reynoso 1997, Gallo-Reynoso *et al.* 1997). La distribución histórica de la nutria marina en México abarcaba desde las Islas Coronados en

Baja California hasta Punto Morro Hermoso en Baja California Sur (Gallo-Reynoso *et al.* 1997). En la costa de Baja California han habido algunos registros relativamente recientes y esporádicos de esta especie documentados por Gallo-Reynoso *et al.* (1997) que abarcan desde 1965 hasta 1996, algunos de ellos con crías. La NOM-059-SEMARNAT-2001 actualmente considera a esta especie en peligro de extinción en nuestro país.

En el año 1792 también, Don José Longinos, naturalista español, visitó las Californias y se percató de cómo los nativos cazaban nutrias y lobos marinos para aprovechar sus pieles, ballenas para aprovechar aceite y barbas y cachalotes para aprovechar el esperma o espermaceti (grasa) de la cabeza (Bernabéu, 1994).

La cacería comercial de ballenas en las costas de California inició en 1790 con balleneros provenientes de Inglaterra, cuyo objeto de pesca fue el cachalote (Figura 20). Específicamente en Baja California, esta actividad inició con el Capitán John Locke en su barco *Resolution* quien llegó a Baja California en 1795. Locke tomó provisiones en Ensenada de Todos Santos y luego en San José del Cabo. Aquí los españoles se enteraron que el *Resolution* tenía almacenados 500 barriles de aceite de cachalotes (Henderson 1975).

James Colnett, otro ballenero inglés con amplia experiencia en el oficio, relata en su diario (1798) lo siguiente:

“We cruised between the Cape Corrientes, the South cape of the Gulf of California, and the northernmost of María Isles, till the seventh of November, and saw great numbers of spermaceti whales, some of them the largest we had ever seen, but we may be truly said to be unfortunate, as we only killed two of them” (Sáenz-Arroyo *et al.* 2006).

Posteriormente, llegaron a California y Baja California barcos balleneros ingleses armados a fines del siglo XVIII y principios del XIX para cazar cachalotes y asolar a las pequeñas comunidades gobernadas por los españoles. Poco después, los balleneros estadounidenses siguieron el ejemplo de los ingleses de tal manera que para 1815, los primeros superaban a los segundos en número (Henderson 1975). La cacería de cachalotes en América quedó registrada de formas tan singulares como la que aparece en la Figura 21, que constituye una muestra de los inicios del arte conocido como *scrimshaw* el cual consiste en el tallado y grabado en dientes y huesos de cetáceos (Stuart 2002).

La ballena jorobada comenzó a cazarse en la década de 1790 intensificándose esta actividad en la década de 1840 (Urbán 2001). La caza de la ballena jorobada también se llevó a cabo por balleneros estadounidenses y en menor grado por ingleses (Rice 1978). Se estima que más de la mitad de ballenas jorobadas cazadas durante este tiempo fueron capturadas en el Pacífico mexicano (Townsend 1935).



Figura 20. *Peche du Cachalot*. grabado original de Garneray (1834). Kendall Whaling Museum, Sharon, Massachusetts.



Figura 21. *Scrimshaw* en un diente de cachalote aludiendo a la cacería de ballenas (1817). Kendall, Whaling Museum, Sharon, Massachusetts.

Mientras la cacería de ballenas continuaba con toda libertad en nuestro país por parte de los balleneros ingleses y estadounidenses, en 1811 el virreinato promulgó un decreto que vino a incentivar la sobreexplotación de mamíferos marinos y perlas: *“Decreto del buceo de la perla y de la pesca de ballena, nutria y lobo marino en todos los dominios de las Indias”*, cuya cita textual es la siguiente:

“...Que sea absolutamente libre en todos los dominios de las Indias para los súbditos de la monarquía, el buceo de la perla y lo mismo la pesca de ballena y particularmente la de la nutria y lobo marino, en los puertos, ensenadas y surgideros de ambas Californias...que del mismo modo, sea libre de derechos toda especie de alimentos, las perlas, pieles de nutrias, esperma y grasa de ballena de las mismas costas, siempre que la conducción se haga en buques nacionales a fin de dar impulso al comercio de cabotaje que en el día se halla tan desanimado por aquellas riberas...” (Dublán & Lozano 1876).

En apariencia, la intención de este decreto era incentivar las actividades pesqueras pero en 1813 aparece un manuscrito que dice lo siguiente:

“...En consecuencia de la guerra existente entre la Gran Bretaña y los Estados Unidos de América, juzgó conveniente su gobierno, enviar uno o dos navíos de guerra en el Mar Pacífico del Sur para proteger la pesca de ballenas por los ingleses y contra cualquier insulto por parte de los angloamericanos lo que de orden de su corte ponía en noticia de la Regencia de México para evitar cualquier recelo que pudiera darse por esos buques...”[Reales Cédulas Originales y duplicados (100) 1813].

Esto pone en evidencia la permisividad y protección de la caza de ballenas que el virreinato otorgaba a los ingleses en mares nacionales existiendo un rechazo hacia embarcaciones balleneras de origen angloamericano las cuales superaban en número a las inglesas. Esto es explícito en un manuscrito emitido en San Blas en el mismo año:

“...Antonio Quarfara informó sobre la recepción de la Real Orden de la llegada de dos navíos de guerra, para proteger la pesca de la ballena y evitar o contener los ultrajes de buques de los Estados Unidos...” (Marina 1813).

La Nueva España se mostraba amistosa con los buques balleneros británicos desde años atrás. En 1795, se informaba al Marqués de Branciforte, Virrey de la Nueva España, del arribo a San José del Cabo de una fragata británica con 22 hombres de tripulación quienes fueron socorridos con carne. Según Don José Joaquín de Arrillaga, esta fragata tenía por objetivo la pesca de ballena habiendo colectado en ese momento más de quinientos barriles de aceite (Figura 22), muy probablemente cazadas en mares mexicanos (Colección de documentos para la historia de México 1856).

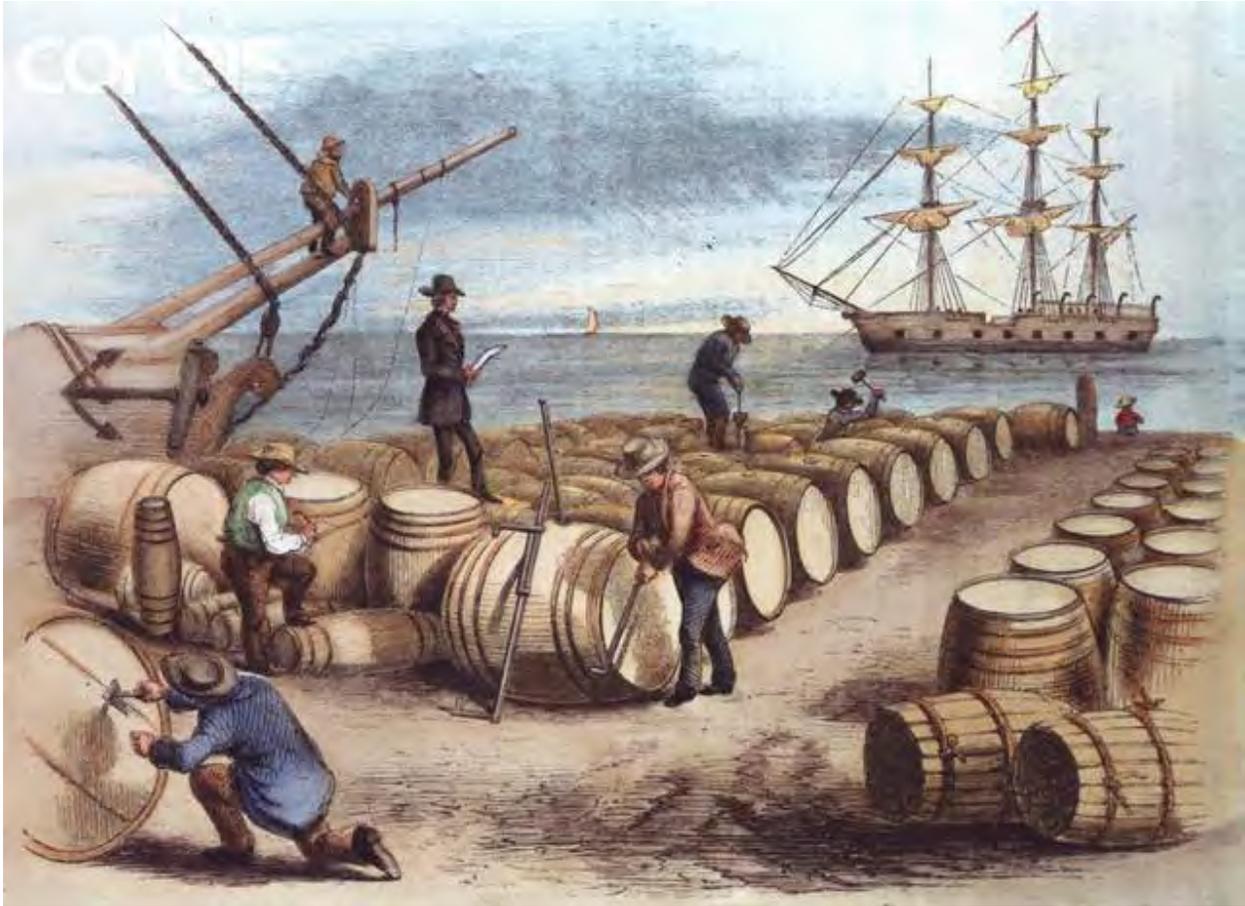


Figura 22. Medición del contenido de aceite de ballena en barriles descargados por un buque británico (1860). [Colección Bettmann, Corbis](#).

5.3. México independiente (1821 – 1877)

Durante la época del México independiente, salieron desde las costas de Baja California los barcos balleneros estadounidenses *Balaena* de New Bedford y *Equator* de Nantucket y llegaron a las Islas Hawaii siendo los primeros balleneros en hacerlo. Desde estas islas, los balleneros del Pacífico llegaron a Japón y otras costas de Asia, a la costa Oeste de América, al Norte de las Californias, al Mar de Bering, al Mar de Okhotsk y al Océano Ártico en 1848. Los balleneros capturaban cachalotes y ballenas francas en el Ártico durante el verano y regresaban a Hawaii en otoño para dirigirse en el invierno a lugares como Nueva Zelanda, Chile, Perú, Ecuador, las Islas Marianas y las costas de Baja California denominando a estas capturas “caza de ballenas entre las estaciones”. De esta manera, los balleneros del Pacífico conocieron las bahías y lagunas donde la ballena gris llegaba cada año a reproducirse en México (Henderson 1972,1975, Sayers 1984).

Los primeros balleneros que cazaron ballenas grises en Bahía Magdalena fueron los capitanes James Smith con su barco *Hiberia* y Josiah Stevens con su barco *United States* en el invierno de 1845-1846 capturando el primero 22 animales y el segundo 10. Las capturas de Bahía Magdalena en el invierno de 1845-1846 y en el invierno de 1873-1874 sumaron unos 2,000 animales. En la Laguna Ojo de Liebre entre la temporada de 1854-1855 y la de 1873-1874, se cazaron unas 600 ballenas grises; en la Laguna San Ignacio y aguas adyacentes se cazaron 400 animales en las mismas temporadas ascendiendo así las capturas en a 3,000 animales. En las plantas terrestres de la Alta y Baja California se capturaron 1,400 y 2,500 animales respectivamente, esto en la costa del Pacífico. En la Baja California, entre 1868 y 1885, operaron tres plantas balleneras terrestres: Punta Banda, Punta Santo Tomás y Punta Eugenia (Sayers 1984). Las capturas en el Golfo de California sumaron 300-400 animales y en las zonas de alimentación unos 500 animales totalizando así una cantidad de 7,800-8,000 ballenas grises (Henderson 1972, 1975, Sayers 1984).

La gran abundancia de los lobos marinos parece haberse mantenido hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando comenzaron a cazarse comercialmente tanto en las costas del Pacífico como en el Golfo de California. El capitán, naturalista y ballenero norteamericano Charles Melville Scammon escribió:

“A few years ago great numbers of Sea Lions were taken along the coast of Upper and Lower California, and thousands of barrels of oil obtained. The number of seals slain exclusively for their oil would appear fabulous, when we realize the fact that it requires on an average, throughout the season, the blubber of three of four Sea Lions to produce a barrel of oil...”[Scammon 1874 (1968)].

Scammon también cazó ballenas grises en las lagunas de reproducción, como Laguna Ojo de Liebre la cual ofrecía un encierro ideal para cazar a las ballenas (Cariño & Zariñán 2008). Se estimó entonces que esta área albergaba una población de 4,000-5,000 ballenas grises. En el periodo 1858-1859 Scammon capturó 47 ballenas que le generaron un cargamento de más de mil barriles de aceite; después, la cacería en Ojo de Liebre fue tan intensa que en tan sólo cinco años ya no fue productiva (Cariño & Zariñán 2008).

El teniente inglés Robert William Hale Hardy, comisionado y enviado de la *“General Pearl and Coral Fishery Association”* de Londres, relata cómo llegó al Golfo de California en 1825 en busca de las perlas. Describe la forma en que él y sus ayudantes mataban “focas” (muy probablemente lobos marinos) en las islas e islotes usando palos para golpearles la cabeza con el fin de conseguir pieles sin orificios y explotar el aceite de la grasa tal como lo hacían los indios Seri o Comcáac [Hardy 1829 (1997)], De hecho, Hardy convivió con los seris quienes lo recibieron afablemente. Hardy cuenta que era relativamente fácil atacar a los lobos pues, según su interpretación, los animales temían arrojarse al agua, la cual estaba plagada de tiburones de tallas enormes cercanas a los 10 metros [Hardy 1829 (1997)].

En 1856, Ignacio Comonfort, Presidente sustituto de México, promulgó un decreto en el que concedió al Sr. Don Manuel Mújica el privilegio exclusivo por ocho años para la caza de la foca o becerro marino (lobo marino) en la costas e islas del Golfo de California, autorizándole que reuniera el capital necesario para establecer un nuevo ramo de la industria con la explotación de estos animales. Los extranjeros podían asociarse con el Sr. Mújica en el entendido de que renunciarían a sus derechos de extranjería. La empresa del Sr. Mújica tenía derecho de situar en todo el Golfo de California los buques y embarcaciones necesarios para la caza y debía pagar al gobierno dos centavos de peso por cada galón de aceite producido del lobo marino (Colección de documentos para la historia de México 1856). Los mismos derechos que se le concedieron al Sr. Mújica se le otorgaron en 1860 al Sr. J.B.C. Isham por diez años para la caza de la ballena en el “Golfo de Cortés” y “Mar de Baja California” (Gobernación y Policía 1860). El decreto fue promulgado por el nuevo Presidente sustituto Don Miguel Miramón quien especificó que el Sr. Isham renunciaba a sus derechos de extranjero y se obligaba a pagar al “Supremo Gobierno” la cantidad de tres centavos por cada galón de aceite extraído de las ballenas. Además, dejaba claro que bajo ninguna circunstancia el Sr. Isham podría reclamar al “Supremo Gobierno” falta de protección a sus buques balleneros o a su empresa por causas políticas o cualesquiera otras (Gobernación y Policía 1860). Durante la década de 1860, el gobierno de Benito Juárez decretó que la cacería de lobos y ballenas debería ser realizada bajo acuerdos y obligaciones formales (Zavala-González & Mellink 2000).

En 1882 se publicó en el Diario Oficial de la Federación un contrato celebrado por la Secretaría de Fomento con un empresario para colonizar las islas Ángel de la Guarda y Tiburón señalando que la empresa podría hacer la pesca y exportación de ostras, lobo marino y ballena, desde Altata, Sinaloa, hasta la desembocadura del Río Colorado debiéndose cubrir al erario cincuenta centavos por tonelada de producto [Movimiento marítimo (129) 1882]. A finales de los 1880 los lobos marinos siguieron siendo objeto de caza en la Región de las Grandes Islas, especialmente al Norte de Ángel de la Guarda y San Pedro Mártir (Bahre 1983). McGee (1980) documenta el hallazgo en rancherías de Isla Tiburón en 1895, de algunos huesos y pieles de “foca” (probablemente lobo marino) y de un viejo cesto con el fondo reparado con piel de “foca”; también se hallaron huesos de marsopa (McGee 1980).

Mientras esto ocurría, la industria ballenera tuvo un giro importante ya que en 1868 el ballenero noruego Svend Foyn inventó un fusil con un arpón el cual tenía en la punta una granada explosiva. Así, la cacería de ballenas considerada en un tiempo por algunos como muy productiva, tiempo después se tornó muy destructiva (Kubli 2003). El desarrollo tecnológico alcanzado en los siglos XIX y XX desató una cacería en tan grande escala en contra de los mamíferos marinos, que en poco tiempo varias especies quedaron al borde de su extinción (Henderson, 1975).

5.4. Del Porfiriato a la época contemporánea (1877 -)

En la segunda mitad del siglo XIX, existían ya barcos rápidos de vapor y el mencionado arpón explosivo que facilitaron la cacería de cualquier ballena en el mundo (Clapham & Baker 2002). En México, Bahía Magdalena y la ballena gris fueron el centro de la cacería en el siglo XX por parte de balleneros noruegos, los cuales obtuvieron alrededor de 200 ejemplares entre 1913 y 1929 (Rice & Wolman 1971). Las capturas de ballena gris y jorobada que se llevaron a cabo en nuestro territorio fueron realizadas bajo autorización del gobierno mexicano. Otros mamíferos marinos también fueron explotados en México en el siglo XX (Townsend 1935); un total de 870 ballenas azules, 74 rorcuales de Sei (*Balaenoptera borealis*), 34 rorcuales tropicales (*Balaenoptera edeni*), ocho rorcuales comunes y ocho cachalotes fueron cazados únicamente por dos barcos factoría entre 1924 y 1929 en la costa occidental de México (Tonnessen & Johnsen 1982).

Con respecto a los pinnípedos, al final del siglo XIX se otorgaron a los ciudadanos mexicanos varias concesiones para cazar lobos marinos. Sin embargo, los concesionarios intentaron vender sus derechos a empresarios norteamericanos, canadienses y japoneses. En las primeras décadas del siglo XX se cancelaron algunos contratos para la explotación de los mamíferos marinos (Sierra & Sierra 1977) y un poco después comenzaron los primeros esfuerzos internacionales por proteger a estos animales. Sin embargo, nuevos empresarios pronto aparecieron en México (Sierra & Sierra, 1977) y la caza del lobo marino de nuevo fue permitida en 1918. Durante el régimen de Álvaro Obregón (1920-1924), la pesca, incluyendo la caza de los lobos marinos, fue declarada libre conforme a una pequeña cuota de explotación.

Durante la década de los 1930, los seris seguían cazando lobos marinos usando rocas pero también empleaban rifles. La mayor parte de la cacería de lobos, efectuada tanto por los seris como por cazadores nativos y extranjeros, fue realizada en las islas e islotes de congregación de estos pinnípedos; esot incluye las islas Granito, San Pedro Nolasco, San Pedro Mártir y algunas playas del la Isla Ángel de la Guarda, especialmente en Los Machos y Los Cantiles (Zavala-González & Mellink 2000, Figura 23).

El aceite era la materia principal obtenida de los lobos marinos, mientras que los *trimmings* (genitales, labios con las vibrisas y vejiga biliar) eran el segundo producto en importancia. Los *trimmings* de los lobos marinos eran molidos para venderse a China como afrodisíacos (Busch 1985). La carne y las pieles de lobos marinos no fueron utilizadas después de los años 1940 en parte por el cierre de una curtiduría existente en Guaymas (Zavala-González 1993).

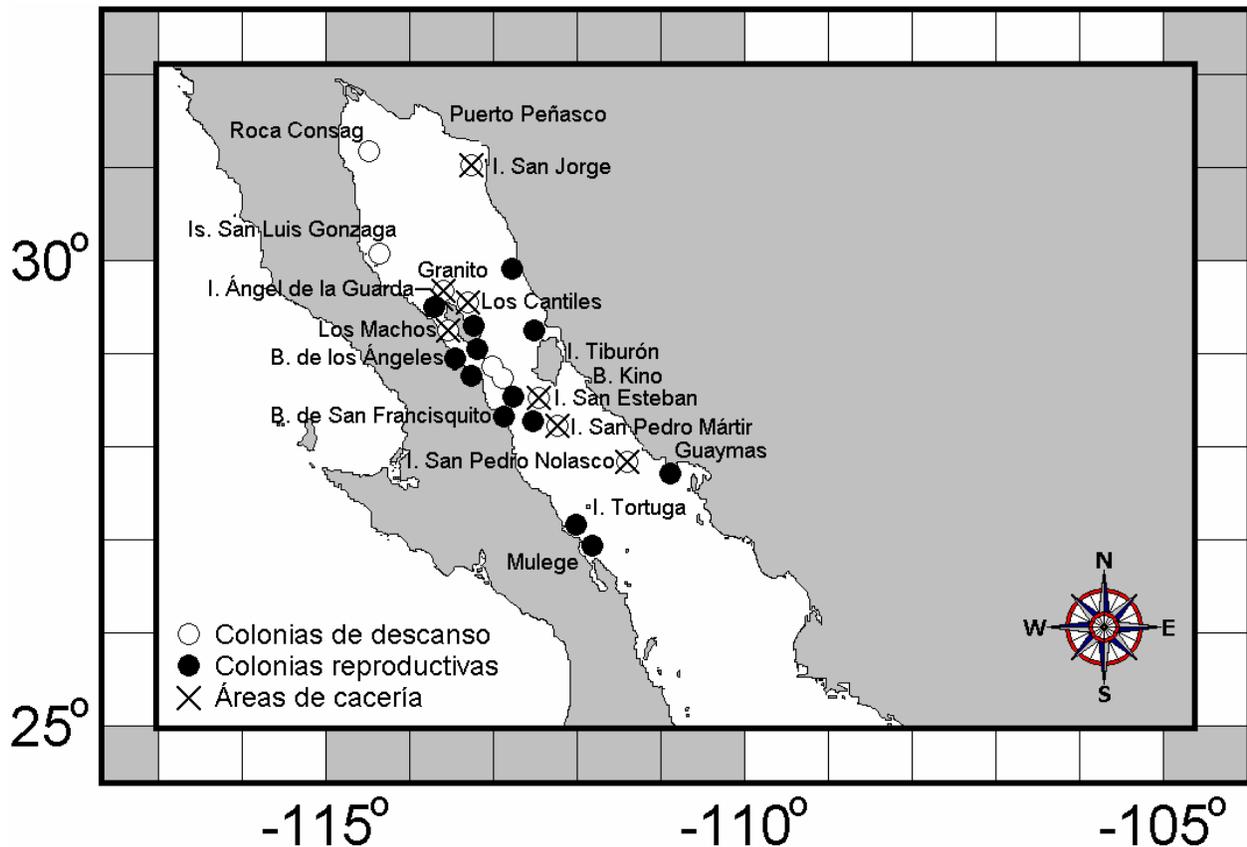


Figura 23. Sitios de cacería del lobo marino en el Golfo de California desde ca. 1930 hasta principios de la década de 1970. Modificado de Zavala-González & Mellink (2000).

Un mercado importante para el aceite de hígado de tiburón se desarrolló después de 1937 incentivando la industria tiburonera con palangre. En consecuencia, los lobos marinos comenzaron a usarse como cebo. El aceite de lobo marino también se usó para diluir el del hígado de tiburón (Zavala-González & Mellink 2000). También en la década de 1930, el calderón o ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*) se cazó intensamente en el Golfo de California con el fin de obtener aceite el cual se vendía a la industria peletera que operaba en la Ciudad de La Paz en ese entonces (Dra. Andrea Sáenz-Arroyo, comunicación personal, febrero 2008, Guerrero Ruiz *et al.* 2006).

La extracción del aceite de lobo marino se elevó en 1951 en 50 toneladas métricas y fue explotado por lo menos hasta 1966 y posiblemente hasta comienzos de los años 1970. A inicios de los años 1970 algunas personas, por lo menos de Guaymas, mataban lobos marinos para hacer chaquetas de uso personal (Zavala-González & Mellink 2000).

En la década de 1920, en México se otorgaron varios permisos de explotación de ballenas cuyos contratos quedaron registrados en el Diario Oficial de la Federación. A continuación se enlistan los contratos otorgados de acuerdo a Kubli (2003):

- *Contrato celebrado entre el C. licenciado Eduardo Tamariz, secretario de Estado y del Despacho de Agricultura y Colonización y el señor Ragnar Fossum (noruego)* (Diario Oficial de la Federación del 23 de febrero de 1914). Este contrato le otorgaba al concesionario autorización para la pesca y explotación de la ballena en aguas territoriales, incluyendo las islas de la zona comprendida entre el límite de México con Estados Unidos de América y el Cabo San Lucas, del litoral occidental de Baja California. Este contrato tuvo una duración de diez años.
- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento C. general Antonio I. Villareal y los CC. Francisco Álvarez y Manuel G. González (mexicanos)* (Diario Oficial de la Federación del 26 de marzo de 1921). Este contrato consistió en el establecimiento de una fábrica de aceites y fertilizantes obtenidos de toda clase de cetáceos. La cláusula 4 autorizaba a los concesionarios para efectuar la caza de la ballena y demás cetáceos.
- *Contrato celebrado entre el subsecretario encargado del Despacho de Agricultura y Fomento, C. Ramón P. Denegri y el señor G. M. Bryde (noruego)* (Diario Oficial de la Federación del 20 de diciembre de 1923). Este contrato restringía la caza a ballenas únicamente y su duración fue de diez años. La caza de la ballena fue en beneficio de un buque-fábrica y territorialmente restringida al litoral occidental de la Península de Baja California, incluyendo islas, islotes, cayos y bajos.
- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento, C. Ramón P. Denegri y el señor Ole Droishammer (noruego)*. (Diario Oficial de la Federación del 11 de abril de 1924). Este contrato restringía la caza a ballenas únicamente y su duración fue de diez años. La caza de la ballena fue en beneficio de un buque-fábrica, y territorialmente restringida al litoral occidental de la Península de Baja California, incluyendo islas, islotes, cayos y bajos.
- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento, C. Ramón P. Denegri y el señor Magnus Konow (noruego)*. (Diario Oficial de la Federación del 25 de junio de 1924). Este contrato restringía la pesca a ballenas únicamente y su duración fue de diez años. La caza de la ballena fue en beneficio de un buque-fábrica, y territorialmente restringida al litoral occidental de la Península de Baja California, incluyendo islas, islotes, cayos y bajos.

- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento, C. Ramón P. Denegri y el C. Gunnar M. Vik (noruego)* (Diario Oficial de la Federación del 16 de agosto de 1924). Bajo los mismos términos del contrato anterior.
- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento, C. Ramón P. Denegri y el C. Manuel Carrillo (mexicano)* (Diario Oficial de la Federación del 7 de enero de 1925). Este contrato autorizaba la caza de la ballena principalmente y secundariamente otros productos de pesca, es decir, era más amplio que los demás. La zona geográfica comprendía Baja California, Sonora y Sinaloa incluyendo islas, islotes, cayos y bajos. Otra diferencia fue su duración de 18 años.
- *Contrato celebrado entre el secretario de Agricultura y Fomento, C. Marte R. Gómez y el C. René Graham Fontaine (estadounidense)* (Diario Oficial de la Federación del 9 de mayo de 1929). Este contrato le otorgaba al concesionario autorización para la caza y explotación de la ballena de forma industrial, es decir, con una flota de embarcaciones balleneras y frente a toda la costa mexicana correspondiente al Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. La duración establecida fue de un año.

Como consecuencia de éstas y otras cacerías en el Océano Pacífico en el siglo XX, muchas de las poblaciones de mamíferos marinos se redujeron hasta ya no ser rentables. Los países balleneros estaban interesados en que la caza volviera a ser sostenible y por lo tanto, se firmaron diversos acuerdos internacionales para regular la caza. Finalmente, se fundó la Comisión Ballenera Internacional en 1946 que inicialmente se ocupaba de asuntos de investigación y conservación de grandes cetáceos y luego creó un comité de pequeños cetáceos (Donovan 2002).

Hoy día, todos los mares mexicanos se han declarado como un refugio para las grandes ballenas y todas las especies de mamíferos marinos están protegidas por la normatividad ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2001 y NOM-131-SEMARNAT -1998). En México está prohibida la cacería o captura de mamíferos marinos con fines comerciales y de subsistencia así como las importaciones y exportaciones comerciales. Así lo especifica el Código Penal Federal [1931 (2009)] en su artículo 420, fracción primera:

“Artículo 420.- Se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y por el equivalente de trescientos a tres mil días multa, a quien ilícitamente:

I. Capture, dañe o prive de la vida a algún ejemplar de tortuga o mamífero marino, o recolecte o almacene de cualquier forma sus productos o subproductos...”

IV. Realice cualquier actividad con fines de tráfico, o capture, posea, transporte, acopie, introduzca al país o extraiga del mismo, algún ejemplar, sus productos o subproductos y demás recursos genéticos, de una especie de flora o fauna silvestres, terrestres o acuáticas en veda, considerada endémica, amenazada, en peligro de extinción, sujeta a protección especial, o regulada por algún tratado internacional del que México sea parte, o:

V. Dañe algún ejemplar de las especies de flora o fauna silvestres, terrestres o acuáticas señaladas en la fracción anterior.

Se aplicará una pena adicional hasta de tres años más de prisión y hasta mil días multa adicionales, cuando las conductas descritas en el presente artículo se realicen en o afecten un Área Natural Protegida, o cuando se realicen con fines comerciales.

A pesar de esta prohibición, en la década de 1990 a 2000 hubo reportes de la caza de pequeños cetáceos y lobos marinos para utilizar su carne como carnada para la pesca de tiburón (Zavala *et al.* 1994, Gallo 2003).

5.5. Amenazas en la época contemporánea

La amplia diversificación de actividades humanas en el mar durante el siglo XX ha significado también una diversificación de impactos antropogénicos en los océanos y consecuentemente en los mamíferos marinos. La contaminación, el ruido, la interacción con pesquerías, la observación turística de vida silvestre, las colisiones con embarcaciones, las especies invasoras y el cambio climático global causan impactos diversos a los mamíferos marinos ocasionados por los humanos que representan amenazas nuevas en la escala de la historia de la biosfera y la historia humana (Anderson 2001, Harwood 2001, Medrano González 2009). A continuación se hace un recuento de ellas.

Contaminación marina: La contaminación marina se define como la introducción directa o indirecta de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios) la cual daña la biota, pone en peligro a la salud humana, altera las actividades marinas, entre ellas la pesca, reduce el valor recreativo y la calidad del agua de mar (SEMAR 2003). La contaminación marina es uno de los riesgos que principalmente enfrentan los mamíferos marinos desde el siglo XX. De acuerdo con Medrano González (2009), existen tres tipos básicos de contaminación que influyen sobre la mastofauna marina: química, biológica y física o mecánica (acústica y basura).

Contaminación química: Muchas de las sustancias tóxicas que son vertidas al océano se incorporan a los mamíferos marinos a través de la red trófica y llegan a tener concentraciones tan elevadas que pueden causar la muerte de los animales directamente por intoxicación o pueden también causar deficiencias

severas en las funciones inmunológicas, endócrinas y de reproducción (Reijnders 1988, Reijnders & Aguilar 2002). Al ser los mamíferos marinos depredadores tope en la red trófica, almacenan contaminantes en sus tejidos que han transitado por gran parte de los ecosistemas donde viven. El sitio de acumulación y la concentración de los contaminantes en el organismo varían de acuerdo con la afinidad de las sustancias por los tejidos, la edad del animal y su sexo. Sustancias como el 1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano (DDT) y los bifenilos policlorados (PCB) que son solubles en grasa, se acumulan en el tejido adiposo, el hígado y el cerebro mientras que los metales pesados se pueden alojar en el hígado, músculos, riñones y tejido óseo. Los animales más viejos tienden a presentar una mayor cantidad de contaminantes en comparación con los jóvenes (Reijnders 1988, Reijnders & Aguilar 2002). Las hembras preñadas transfieren algunos contaminantes al feto por la placenta y durante la lactancia también existe flujo de contaminantes de la madre a la cría a través de la leche. Al ser más larga la lactancia en los odontocetos que en los mysticetos, se presentan mayores niveles de contaminantes en los primeros que en los segundos (Reijnders & Aguilar 2002). El exceso de contaminantes químicos en los tejidos puede tener efectos dañinos en humanos y animales. Por ejemplo, algunas especies de delfines registran una disminución en su fertilidad y en su capacidad de respuesta inmunológica (Dierauf & Gulland 2001). Se ha tratado de establecer bases de datos de los contaminantes bioacumulados en mamíferos marinos para comprender el papel de los contaminantes ambientales en eventos de mortalidad. Particularmente en México, se han detectado concentraciones de metales traza (Cu, Fe, Zn, Mn, Pb y Cd) en tejidos de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) varadas en el Golfo de California (Méndez *et al.* 2001), mercurio en el delfín tornillo (*Stenella longirostris*) (Ruelas-Inzunza *et al.* 2000) y metilmercurio y mercurio en la ballena gris y el delfín tornillo (Ruelas-Inzunza *et al.* 2003) también en el Golfo de California. Sin embargo, no está claro si estas concentraciones provienen de contaminación antropogénica o de una fuente natural ni tampoco si esta contaminación se acumula dentro del golfo o cuando las animales están fuera de él (Ruelas-Inzunza *et al.* 2003).

En el Golfo de California, las actividades del narcotráfico han afectado a algunas especies de cetáceos. En enero de 1995 en el Golfo de California murieron más de 300 delfines y ocho ballenas por intoxicación de un trazador químico altamente tóxico que, utilizado para fines de señalización, generó elevadas concentraciones de cianuro (PROFEPA 1995). Por lo general, (salvo en estos casos de intoxicaciones masivas), los mamíferos marinos no mueren de manera inmediata por su exposición a sustancias tóxicas en el medio marino pero pueden afectarse de manera indirecta. Por ejemplo, si sus presas mueren por intoxicación o hipoxia, habrá una baja disponibilidad de alimento lo que podría afectar la producción de sus crías. En el caso de especies migratorias, la falta de alimento podría disminuir la capacidad de los animales para soportar el costo energético que significa nadar grandes distancias y permanecer en ayuno durante largos periodos. Es importante mencionar que las poblaciones más

afectadas de mamíferos marinos probablemente sean las más costeras y las que presenten fidelidad por ciertos destinos (Reijnders & Aguilar 2002). El estudio de los efectos de la contaminación sobre los mamíferos marinos requiere de un trabajo interdisciplinario que integre la relación de los animales con otros factores ambientales como distribución del alimento, alteración del hábitat y la interacción con pesquerías, entre otros. Esto se debe a que muchas veces los contaminantes no conducen directamente a incrementar la mortalidad de mamíferos marinos, pero sí interfieren con la habilidad de éstos para recuperarse del estrés causado por otros factores ambientales (Reijnders & Aguilar 2002).

Contaminación biológica: La contaminación microbiológica, causada por descargas de aguas negras, propicia que los mamíferos marinos expuestos se conviertan en dispersores potenciales de patógenos en razón de su gran capacidad de desplazamiento. Una multitud de microorganismos y virus patógenos son llevados al océano por desagües urbanos, agrícolas y descargas de sentinas de los barcos que los mamíferos marinos pueden dispersar rápidamente a grandes distancias favoreciendo epizootias y eventos de mortalidad masiva (Gulland & Hall 2005, Harwood & Hall 1990, Medrano González 2009, Medrano González *et al.* 2007a). Dentro de la contaminación biológica, se incluyen a las especies invasoras que se transportan en el agua del lastre y en el casco de los barcos y que son perjudiciales en los ecosistemas en los que se vierten. En las aguas mexicanas se descargan anualmente alrededor de 50 millones de metros cúbicos de agua de lastre (Okolodkob *et al.* 2007) quienes denominan a las especies invasoras como “especies acuáticas no indígenas” (EANI). Okolodkob *et al.* (2007) refieren que la mayoría de estas especies (57 %) ya sean confirmadas o potenciales, ingresaron o ingresarían a aguas mexicanas a través de las embarcaciones debido al agua de lastre e incrustaciones en los cascos de los barcos. Estos autores encontraron que 90 especies (33 %) ingresaron o ingresarían por agua de lastre, 69 (25 %) como parte de las incrustaciones en los cascos de los barcos, 100 (36 %) debido a las actividades de acuicultura y 17 (6.2 %) por otros medios. Las EANI, pueden abarcar organismos tales como bacterias, virus, algas, plantas, cnidarios, platelmintos, anélidos, moluscos, artrópodos como crustáceos, tunicados y peces; con su introducción, surgen enfermedades y patógenos desconocidos y cambia la composición de las comunidades por desplazamiento o extinciones locales o globales de las especies. De acuerdo con Okolodkob *et al.* (2007) existen al menos 94 EANI con potencial de invadir las aguas interiores, lagunas costeras y litorales del país; otras 73 son EANI confirmadas y 16 son criptogénicas. Las EANI podrían ocasionar efectos adversos sobre los mamíferos marinos y los ecosistemas y uno de ellos es la ocurrencia potencial de epizootias que afectarían el tamaño y estructura poblacional de especies abundantes y de amplia distribución como el lobo marino (Dr. Luis Medrano González comunicación personal, enero 2007, Dierauf & Gulland 2001).

Contaminación física (acústica): Los mamíferos marinos y particularmente los cetáceos, dependen del sonido casi por completo para comunicarse, encontrar, atrapar presas, evitar depredadores y en general percibir el medio en el que viven (Richardson *et al.* 1995). El incremento de las actividades industriales, la navegación marítima y otras actividades humanas, contribuyen a incrementar los niveles de ruido marino. Este interfiere los procesos de comunicación y percepción de los cetáceos que son esenciales en su modo de vida, puede causar estrés y patologías asociadas y en ocasiones puede también causar la muerte por daño mecánico directo (Hildebrand 2005, Medrano González 2009). Se ha estimado que los niveles promedio de ruido en los océanos del mundo (al menos en el hemisferio Norte) han aumentado como mínimo 10 dB durante las últimas décadas (Hildebrand 2004). Algunas contribuciones al ruido ambiental antropogénico incluyen embarcaciones comerciales, actividades de defensa, exploración y desarrollos relacionados con la extracción hidrocarburos, actividades de investigación, desarrollos urbanos e industriales cercanos a la costa y actividades recreativas. El ruido ambiental en el océano ha aumentado en los últimos 50 años principalmente en bajas frecuencias (<1000 Hz) y frecuencias medias (de 1 a 20 kHz;) contribuyendo a la degradación del ambiente acústico para los mamíferos marinos (Hildebrand 2004). Cualquier ruido antropogénico que sea lo suficientemente fuerte como para ser oído sobre el ruido de fondo natural, se sumará al ruido ambiental total. Este aumento del ruido de fondo podría interferir con la habilidad de un cetáceo de detectar una señal sonora si la señal fuera débil en relación al nivel total de ruido (Richardson *et al.* 1995). Si un animal está cerca de la fuente del sonido antropogénico, el nivel será alto y el animal será capaz de oír sólo a aquellos animales cuyas llamadas tienen altos niveles de recepción. Para un animal que se encuentre a mayor distancia de la fuente de sonido, el nivel de sonido antropogénico será menor y el animal será capaz de oír llamadas más débiles producidas por animales ubicados a una mayor distancia (Richardson *et al.* 1995). El ruido producido por una embarcación en movimiento podría reducir de manera substancial el umbral de potencia en el cual las ballenas pueden detectar los sonidos producidos por otras ballenas. Además, el ruido producido por una embarcación cercana contiene los suficientes componentes de alta frecuencia como para reducir significativamente el intervalo máximo de frecuencia en el cual los odontocetos pueden utilizar su sistema de ecos para detectar a sus presas u otros objetos en el agua (Aguilar Soto *et al.* 2006). Dado que para los mamíferos marinos y particularmente para los cetáceos, la percepción del sonido es fundamental, todas sus actividades podrían ser impactadas en diversos niveles dependiendo de las características de los ruidos emitidos en sus zonas de distribución (Hildebrand 2004, Richardson *et al.* 1995). Hildebrand (2004) reporta algunos varamientos masivos de cetáceos, principalmente de zífidos de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) asociados con sonidos de alta intensidad emitidos durante operaciones de exploración sísmica y operaciones militares ocurridas en el Archipiélago de Madeira en el Atlántico Nororiental. Para el Golfo de California se reportó el varamiento de dos zífidos de la misma especie relacionados con prospecciones sísmicas usando pistolas

neumáticas; las necropsias realizadas a los organismos mostraron hemorragias internas en los ojos, oído y cerebro (Taylor *et al.* 2004). Guerrero Ruiz *et al.* (2006) señalan que las especies mas vulnerables al ruido en el Golfo de California son el rorcual de minke (*Balaenoptera acutorostrata*), el zifido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) y el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*).

Contaminación física (basura): Otra amenaza importante es la contaminación por basura, particularmente por desechos plásticos. Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos y se inventaron en el siglo XX; su gran versatilidad ha resultado en una producción cada vez mayor en las últimas tres décadas. Los plásticos son ligeros, fuertes, muy durables y baratos pero por sus características químicas son particularmente peligrosos para la vida marina (Laist 1987, Derraik 2002). Se ha estimado que ca. 100,000 mamíferos marinos y tortugas marinas mueren cada año como resultado de la ingesta de residuos plásticos o por quedar atrapados entre ellos. Estos residuos incluyen redes y líneas de pesca plásticas, bandas de empaque y poliestireno (Welch 1988, McGarven 1989). Los residuos plásticos pueden enredarse alrededor del cuello, aletas pectorales y aleta caudal y pueden causar heridas, infecciones, movilidad restringida o total, amputación de miembros e incluso la muerte. Un ejemplo de residuos particularmente dañinos, son las redes de monofilamento, un tipo de línea fina y de apariencia cristalina que es muy difícil de percibir para cualquier animal acuático. El monofilamento no sólo es un problema para los pescadores cuando intentan recuperar una línea perdida o desechada, sino también para los mamíferos marinos porque no pueden detectarla (Hetherington *et al.* 2005). Otro ejemplo de residuos dañinos son las redes fantasma que son rastros grandes de redes de pesca de nylon desechadas o perdidas que pueden formar bolas con peso de hasta el orden de toneladas y llegar a medir hasta 18 m de longitud debajo de la superficie del océano. Al mantenerse a la deriva en el mar, las redes fantasma atrapan a los mamíferos marinos además de otra fauna marina como peces, aves y tortugas (Hetherington *et al.* 2005). Se sabe que pinnípedos, odontocetos y misticetos han ingerido productos plásticos (Martín & Clarke 1986, Barros *et al.* 1990, Walker & Coe 1990). Los objetos extraños pueden obstruir el tracto gastrointestinal y causar inflamación gástrica, náusea o pérdida del apetito lo cual puede tener como resultado la muerte por inanición (Dierauf *et al.* 2001). Los pinnípedos suelen encontrar materiales plásticos y pueden tener más tendencia que los cetáceos a ingerirlos. Se ha documentado que al menos 15 especies de pinnípedos alrededor del mundo han ingerido o se han enredado en materiales plásticos y redes de pesca (Mate 1985). En el Golfo de California, particularmente en la región de Guaymas, Gallo-Reynoso (2003) reporta daños e incluso muerte de algunas especies de odontocetos, misticetos y pinnípedos por causa de redes pesqueras abandonadas.

Turismo de observación de vida marina: La constante y creciente observación turística de los cetáceos constituye una afectación importante directa por el tránsito de embarcaciones que está dirigido específicamente a estos mamíferos marinos y por la degradación general del hábitat causada por el desarrollo urbano asociado (Gales *et al.* 2003, Medrano González 2009). El turismo de observación de mamíferos marinos es una actividad que se desarrolla en las costas mexicanas; Medrano González & Urbán Ramírez (2002), han advertido sobre el efecto adverso que ejerce esta actividad sobre las ballenas jorobadas las cuales habitan el Pacífico mexicano entre finales de octubre y mayo siendo el periodo entre diciembre y marzo el principal para observarlas. Las afectaciones a la ballena jorobada constituyen un problema ya grave en México ya que la Bahía de Banderas está severamente perturbada y esta especie (principal atractivo de la localidad), al acudir a esa zona para reproducirse, encuentra su hábitat transformado y sufre de un intenso acoso (Díaz Gamboa 2005, Medrano González *et al.* 2006, 2007b, 2008bc). Como resultado de esto, se han detectado modificaciones en la distribución de las hembras con cría, es decir, cambios en el hábitat de crianza que en la actualidad también se ven reflejados en efectos negativos directamente hacia los ballenatos como es una mayor depredación natural por orcas (*Orcinus orca*), el enmallamiento en artes de pesca así como mayores colisiones con embarcaciones (Medrano González *et al.* 2006, 2007b, 2008bc). El cachalote enano (*Kogia sima*) también es afectado por influencia antropogénica en la Bahía de Banderas; Pompa Mansilla (2007) ha encontrado que esta especie tiene en la bahía una distribución restringida que parece estarse contrayendo a causa de la creciente perturbación humana. La Bahía de Banderas en general es un hábitat relevante para la crianza de algunos mamíferos marinos y esto tiene implicaciones en una escala geográfica y poblacional amplia al estar en una zona de transición oceanográfica (Medrano González *et al.* 2005, 2007abc).

Colisiones: El tránsito marítimo provoca ruido pero también conlleva el riesgo de colisiones de mamíferos marinos con embarcaciones y esto es actualmente una causa creciente de lesiones, algunas mortales, principalmente para los cetáceos (Laist *et al.* 2001). Los registros históricos muestran que los golpes fatales de embarcaciones contra ballenas comenzaron a darse en los 1800 cuando las embarcaciones comenzaron a alcanzar velocidades de entre 13 y 15 nudos; se mantuvieron poco frecuentes hasta alrededor de 1950 y luego aumentaron durante el período entre 1950 y 1970 a medida que el número y velocidad de las embarcaciones aumentaba (Laist *et al.* 2001). Entre 11 especies de grandes cetáceos (misticetos y cachalotes) de las que se sabe que han sido golpeadas por embarcaciones, las ballenas de aleta o rorcuales comunes son las que son colisionadas con mayor frecuencia en varias partes del mundo. Asimismo, las ballenas francas (*Eubalaena* spp.), ballenas jorobadas, cachalotes y ballenas grises son propensas a colisionar con las embarcaciones (Laist *et al.* 2001). Todas estas especies, con excepción de las ballenas francas, se encuentran en el Golfo de California y por lo tanto se vuelven potencialmente amenazadas por el tránsito de embarcaciones (Guerrero

Ruiz *et al.* 2006). La gran mayoría de las colisiones parecen darse sobre o cerca de la plataforma continental y en el 93 % de los casos de colisión entre ballenas y embarcaciones, los operadores no ven a las ballenas o las ven demasiado tarde para evitar la colisión (Laist *et al.* 2001). En el Golfo de California no son muchos los casos registrados de colisiones entre ballenas y embarcaciones pero se desconoce su frecuencia porque no son reportados a las autoridades por temor a la imposición de sanciones o porque se desconoce a qué instancia deben ser informados. También puede ocurrir que no se registran porque no se les da importancia o porque las colisiones pasan desapercibidas (Guerrero Ruiz *et al.* 2006). En el Golfo de California hay zonas de alimentación y reproducción, hasta donde sabemos únicas, para la ballena azul y la ballena de aleta que son especies globalmente en peligro, así como zonas importantes para otras ballenas como la jorobada cuyas poblaciones se recuperan de la intensa cacería comercial a la que fueron sometidas en el siglo XX y que también son aprovechadas para la industria de observación turística.

Interacción con pesquerías: Las interacciones entre mamíferos marinos y pesquerías pueden ser clasificadas entre operacionales y específicas (ver mayor detalle en el Capítulo 6); las primeras comprenden los daños a la captura, a los artes de pesca y a los mamíferos marinos involucrados (mortalidad incidental) y las segundas involucran las relaciones de competencia por los recursos y la transmisión de parásitos entre mamíferos marinos y presas de interés comercial (Crespo *et al.* 1997, Northridge 1985). En el siglo XX, el desarrollo de las pesquerías ha tenido impactos negativos severos en los pinnípedos y cetáceos y se considera hoy día uno de los principales problemas para su conservación (Northridge 1985, 1991). La interacción con las pesquerías es un riesgo particularmente severo para especies de distribución restringida, es un problema muy cambiante y de difícil análisis y es también un problema que se agravará durante el presente siglo (DeMaster *et al.* 2001; Read 2008). Las interacciones de la mastofauna marina con las pesquerías ocurren accidentalmente al presentarse la superposición de las áreas de alimentación de los mamíferos marinos con las áreas operativas de los pescadores; el enmallamiento en las redes de pesca, puede causar muerte por asfixia en inmersión o por heridas durante el escape (Aurioles *et al.* 2003). En el Golfo de California, las principales industrias pesqueras están basadas en la sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) y en el camarón (*Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*, entre otras especies). Sin embargo, la pesquería artesanal constituye una extensa flota regional de botes pequeños o pangas; estos pescadores artesanales a menudo entran en conflicto con varios mamíferos marinos especialmente con el lobo marino de California el cual se reproduce y se alimenta dentro del Golfo de California (Aurioles *et al.* 2003). El incremento de la captura incidental de esta especie puede estar afectando a su población dentro del golfo (Underwood *et al.* 2008). En la región de Guaymas, siete de 19 especies de mamíferos marinos que ahí habitan, interactúan con las pesquerías ribereñas y presentan capturas incidentales en chinchorros tiburoneros, sufren colisiones con lanchas o se enredan en cimbras

tiburonerías. Algunos ejemplos son la ballena gris, la ballena azul, el cachalote, los delfines comunes y el lobo marino. La tasa de mortalidad por enmallamiento o colisión en la región de Guaymas, con base en nueve años de estudio, es de 2.1/año siendo los mamíferos más afectados el cachalote y el lobo marino (Gallo-Reynoso 2003). Los enmallamientos en diferentes artes de pesca de la vaquita en el Alto Golfo de California representan el mayor riesgo para la extinción de esta especie que se encuentra en un estado crítico (Rojas-Bracho & Taylor 1999).

Cambio climático: En el siglo XX también ha surgido el que se considera el problema ambiental más importante en escala global, el cambio climático producido por el excesivo consumo de energía y emisión de gases con efecto invernadero a la atmósfera. En los mamíferos marinos este problema implica la destrucción del hábitat para las especies de aguas frías y es de particular preocupación la sinergización del cambio climático con otros impactos negativos antropogénicos sobre estos animales (Burns 2001, Harwood 2001, Learmonth *et al.* 2006, Simmonds & Isaac 2007, Medrano González 2009). Harwood (2001), Learmonth *et al.* (2006) y Simmonds & Isaac (2007) anticipan impactos en relación a la distribución y abundancia de las presas lo que afectará los patrones de abundancia, distribución y migración de los mamíferos marinos así como sus estructuras poblacionales y una mayor susceptibilidad a enfermedades y contaminantes. Estos efectos tendrán impacto en el éxito reproductivo y en la supervivencia de las poblaciones siendo especialmente vulnerables especies con distribuciones geográficas restringidas las cuales no tendrán oportunidad de modificar su distribución como respuesta al cambio climático global (Learmonth *et al.* 2006). Un ejemplo es la vaquita, que habita en la región del Alto Golfo de California y cuya problemática es compleja pues involucra también aspectos del deterioro del hábitat e interacciones con pesquerías (Simmonds & Isaac 2007, Learmonth *et al.* 2006). La vaquita enfrenta el gran problema de la sinergización de impactos que mencionan autores como Burns (2001), Harwood (2001), Learmonth *et al.* (2006), Simmonds & Isaac (2007) y Medrano González (2009).

Como puede verse, a lo largo de esta revisión, los mamíferos marinos del Golfo de California han recibido la influencia humana de diferentes formas a través de los años. En la época prehispánica, el impacto humano fue básicamente la cacería de autoconsumo. A partir de la conquista europea y hasta finales del siglo XIX, surgió también la sobreexplotación de consumo y comercial de muchas especies de misticetos, pinnípedos y algunos odontocetos como el cachalote. A partir de los inicios del Porfiriato, que coincide también con el inicio de la segunda etapa de la revolución industrial en el mundo (1870), las estructuras de producción de bienes y de consumo de energía se modificaron dando como resultado gran diversificación del impacto antropogénico hacia los mamíferos marinos (Tabla 5).

Tabla 5. Síntesis de los impactos humanos, históricos y contemporáneos, sobre los mamíferos marinos del Golfo de California.

Taxón	Época prehispanica (-1521)	Época colonial (1521-1821)	México Independiente (1821-1877)	Del Porfiriato a la época contemporánea (1877-)
Mysticeti	?	1,2	1,2	1,2,4,5,6,7,9
Delphinidae	1	1	1	1,2,3,5,7
Phocoenidae	?	?	?	3,7,8,9
Ziphiidae	?	?	?	4
Kogiidae	?	?	?	5
Physeteridae	1	1,2	1,2	1,2,6,7
Otariidae	1	1,2	1,2	5,7,8
Phocidae	1	1,2	1,2	7

1. Cacería de autoconsumo

2. Cacería industrial

8. Contaminación química y biológica

5. Ruido

3. Acoso por turismo

4. Colisiones y daños por propelas

7. Interacciones con pesquerías

9. Modificación física del hábitat

6. Cambio climático

? Información insuficiente

6. ACTUALIDAD DEL IMPACTO HUMANO SOBRE LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA: ALGUNOS ASPECTOS DE CONTAMINACIÓN E INTERACCIÓN CON PESQUERÍAS

6.1. Introducción

Contaminación marina: La contaminación marina en el Golfo de California es un problema ambiental creciente que potencialmente podría ocasionar, en conjunto con otras fuentes de impacto, problemas de conservación en poblaciones de mamíferos marinos que dependen de las costas para alimentarse o para sus actividades de crianza. Dado que los daños se pueden manifestar de formas variadas y algunos de ellos incluso a muy largo plazo, resulta indispensable ubicar geográficamente los sitios de las principales descargas urbanas, agrícolas e industriales de los estados circundantes al Golfo de California, así como averiguar si también hay descargas ilegales, para monitorear los niveles de contaminación en esos lugares. Con base en ello podrán determinarse las zonas que representan un factor de riesgo para los mamíferos marinos que ahí se distribuyen o bien, en aguas circundantes (Guerrero Ruiz *et al.* 2006). De acuerdo con la Secretaría de Marina, Armada de México (SEMAR 2003), los contaminantes son de diversos tipos y se analizan con los siguientes parámetros:

Convencionales: sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, bacterias coliformes fecales (CF), grasas y aceites.

Tóxicos: metales pesados (cadmio, cromo, cobre, fierro, mercurio, manganeso, plomo, níquel y zinc) y diversos compuestos orgánicos.

No convencionales: nutrientes (nitratos, nitritos, amonio y ortofosfatos), cloro, flúor y algunos metales.

El Alto Mando de la SEMAR en 1997 inició un proyecto denominado “*Estudio de la contaminación marina en el mar territorial y zonas costeras de la República Mexicana*” a través de la Dirección General de Oceanografía Naval, el cual se llevó a cabo en cuatro etapas anuales que iniciaron en 1997. De este proyecto surgió el *Atlas de Contaminación Marina* que recaba los datos de calidad del agua de diferentes puntos y estaciones de monitoreo distribuidos en todo el mar territorial. Este atlas contiene también publicados los resultados de una última campaña de monitoreo realizada en 2003. En las diferentes estaciones de monitoreo se analizaron parámetros convencionales y algunos no convencionales (nutrientes) como una primera indicación de la influencia de las aguas negras y residuales sobre los litorales y zona oceánica de nuestro mar territorial (SEMAR 2003). Los resultados de este proyecto permitieron a la SEMAR elaborar un diagnóstico de la calidad del agua en diferentes regiones del Golfo de California cuyos resultados fueron los siguientes.

Puerto Peñasco, Son.: En la última campaña realizada en 2003, las variables físicas y químicas mostraron las condiciones representativas para el Alto Golfo para esas épocas del año (De la Lanza-Espino 2001) y no muestran evidencia de cambios ambientales causados por actividades humanas (SEMAR 2003).

Bahía de Kino, Son.: Los resultados de la última campaña de monitoreo en 2003 muestran parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos sin alteraciones significativas. Sin embargo, la región presenta una continua resuspensión del sedimento debido a que la bahía es somera (hasta 100 m de profundidad, Figura 3) y probablemente por ello, los nutrientes (nitritos, amonio y ortofosfatos) presentaron concentraciones ligeramente superiores al límite establecido en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89); estas concentraciones de nutrientes también pueden deberse al efecto de las áreas agrícolas y granjas camaronícolas aledañas que vierten sus residuos al mar o bien, al efecto de ambos factores (SEMAR 2003).

Guaymas, Son.: Desde la campaña que inició en 1997 hasta la última realizada en 2003, este es uno de los sitios del golfo con mayor contaminación. Guaymas posee gran actividad industrial enfocada principalmente a productos pesqueros. Cuarenta y cinco empresas pesqueras vierten 1,087,311 m³/día, de los cuales 1,070,540 m³ no reciben tratamiento previo a su vertimiento. La Bahía de Guaymas recibe del municipio ca. 100 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST) pero el sector industrial descarga SST en concentraciones mayores. El número más probable (NMP) de coliformes fecales que son aportados por el municipio, fluctúa de 100,000 a 10,000,000/100 mL de agua residual. La contaminación proviene básicamente de los desagües urbanos y las descargas del Parque Industrial General Rodolfo Sánchez Taboada, constituido principalmente por procesadoras de alimentos marinos (SEMAR 2003). En la última campaña de monitoreo (2003), las coliformes fecales (CF) fluctuaron en la bahía entre 30 NMP/100 mL y 24,000 NMP/100mL rebasando notoriamente el máximo permisible que establece la normatividad (CE-CCA-001/89) para uso recreativo que es de 200 NMP/100 mL y el máximo permisible para protección de la vida marina que es de 500 NMP/100 mL. Los SST fluctuaron entre 17 a 53.6 mg/L en las diferentes estaciones de monitoreo de la bahía; el máximo permisible de SST para uso recreativo debe ser menor a 20 mg/L y para protección de vida marina, menor a 30 mg/L. Cuando este límite se rebasa, disminuye la transparencia y por lo tanto se restringe la disponibilidad de luz para los organismos fotosintéticos (SEMAR 2003); esto influye adversamente en toda la red trófica. Los SST en combinación con el color, no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz para la actividad fotosintética en más de 10 % a partir del valor natural (CE-CCA-001/89).

Bahía de Topolobampo, Sin.: Este cuerpo de agua es una laguna costera que a través de un canal artificial, comunica a las bahías de Ohuira y Santa María con el Golfo de California. Esta bahía es receptora de las aguas urbanas e industriales (portuarias y pesqueras) generadas en el puerto de Topolobampo.

La última campaña de monitoreo de 2003 mostró que algunas estaciones de la bahía rebasaron levemente el límite máximo permisible de CF para uso recreativo con valores de hasta 230 NMP/100 mL. Los nutrientes (nitritos, amonio y ortofosfatos) rebasaron los límites permisibles establecidos en la normatividad (CE-CCA-001/89). El resto de los parámetros se encontraron (en general) dentro de los límites permisibles con excepción de los SST debido a que la laguna es somera y el viento y las mareas resuspenden el sedimento (SEMAR 2003).

Mazatlán, Sin.: Desde la campaña que inició en 1997 y hasta la última llevada a cabo en 2003, algunas áreas de la bahía continúan presentando deterioro ecológico causado por las descargas de aguas residuales al mar sin previo tratamiento y de grandes cantidades de basura y de aceites derivados de las actividades de la ciudad. Áreas seriamente afectadas son los esteros La Sirena, Infiernillo y Urías que reciben los aportes industriales, portuarios y de servicios ubicados en las márgenes de los cuerpos de agua. En estos sitios, todos los parámetros evaluados rebasaron los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad (CE-CCA-001/89) en cuanto a la protección de la vida marina (SEMAR 2003). Asimismo, la última campaña de la SEMAR en 2003, mostró que la zona de descarga del emisor submarino de la planta de tratamiento de aguas residuales presentó altas concentraciones de nutrientes, principalmente amonio y ortofosfatos así como altas concentraciones de CF; todos estos parámetros rebasaron los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad para descargas de aguas residuales (NOM-001-SEMARNAT-1996).

San Blas, Nay.: La última campaña de monitoreo (2003), mostró concentraciones de CF dentro de los límites permisibles por la normatividad con excepción de la dársena Estero El Pozo. En este sitio se registraron valores bajos de oxígeno y de pH así como valores altos de ortofosfatos y temperatura.

Bahía de Banderas, Jal.-Nay.: De acuerdo con la última campaña realizada por la SEMAR (2003), se presentan problemas severos de contaminación marina especialmente en las desembocaduras de los ríos. Los valores más altos de CF se encontraron en las desembocaduras de los ríos Ameca, Mismaloya y el Pitillal así como en la Boca de Tomatlán y la dársena; en todos estos sitios se rebasó el límite máximo permisible para uso recreativo (200 NMP/100 mL) y en algunos casos el límite máximo permisible para la protección de vida marina (500 NMP / 100 mL) principalmente entre las desembocaduras de los ríos Ameca y Pitillal. Los SST, se encontraron particularmente altos (71 mg/L) en la dársena en donde, por su naturaleza semicerrada, se retiene por más tiempo el material en suspensión proveniente del Estero El Salado. El resto de las estaciones mostraron valores entre 10 y 65 mg/L, rebasando en la mayoría de los casos, el límite máximo permisible para uso recreativo (20 mg/L) y para la protección de la vida marina (30 mg/L). Las temperaturas del agua son elevadas registrándose hasta 31° C en la zona de la dársena y frente al Hotel

Sheraton entre las desembocaduras de los ríos Pitillal y Cuale. En Bucerías, Nuevo Vallarta y Yelapa, las temperaturas registradas fueron de 30° C. El pH en todas las estaciones de la Bahía de Banderas fluctuó entre 8.34 y 8.54.

Bahía de Cabo San Lucas, B.C.S.: De acuerdo con la campaña de monitoreo realizada por la SEMAR en 2003, esta bahía mostró una calidad del agua aceptable. Esto puede ser reflejo de que los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, generadas principalmente por la industria turística, están funcionando con eficiencia (SEMAR 2003); esto asimismo puede deberse a que Cabo San Lucas se encuentra influenciado por los frentes oceánicos que permiten altas tasas de renovación de sus masas de agua (De la Lanza-Espino 1991). Únicamente los SST, resultaron altos (34-50 mg/mL), rebasando los límites permisibles establecidos en la normatividad (uso recreativo menor a 20 mg/L y protección de vida marina menor a 30 mg/L). Esto no significa que existan aportes antropogénicos que eleven los sólidos suspendidos sino a que, previamente al monitoreo de calidad de agua, se habían realizado operaciones de dragado en la dársena del puerto.

Bahía de la Paz, B.C.S.: Esta bahía recibe las descargas de las aguas municipales de la Ciudad de La Paz que han resultado en una alta concentración de nutrientes (nitratos, nitritos, amonio y ortofosfatos) así como de SST de acuerdo a la última campaña de monitoreo realizada en 2003. Sin embargo, no hay datos elevados de CF por lo que es probable que el sistema de tratamiento de las aguas residuales sea eficiente en este rubro (SEMAR 200). El resto de los valores evaluados se mantuvieron dentro de la normatividad.

Santa Rosalía, B.C.S.: En la campaña de monitoreo de la SEMAR en 2003, la bahía mostró una calidad del agua aceptable en todos los parámetros evaluados los cuales se mantuvieron dentro de los límites permisibles señalados por la normatividad. La excepción fueron los nutrientes (nitritos, nitratos, amonio y ortofosfatos) que rebasaron ligeramente el límite permisible señalado por la normatividad para la protección de la vida marina.

San Felipe, B.C.: Durante la campaña de monitoreo de 2003; esta región mostró en general parámetros con valores cercanos a los que establece de la normatividad. Los SST mostraron un promedio de 30.7 mg/L, el oxígeno disuelto se presentó algo disminuido con un promedio de 5.7mg/L, solo un poco arriba del límite mínimo para protección de la vida marina que es de 5 mg/L. No se detectaron coliformes fecales.

La pesca ribereña en el Golfo de California: La explotación intensiva por flotas pesqueras industriales y ribereñas en el Golfo de California, inició en 1920 cuando el camarón, la totoaba y los grandes tiburones eran abundantes (Rodríguez-Valencia *et al.* 2008). Hoy día, la pesca constituye una de las principales actividades económicas del golfo y genera un alto impacto social tanto directa como indirectamente (Ulloa *et al.* 2006, 2007, Rodríguez-Valencia

& Cisneros-Mata 2006, Rodríguez-Valencia *et al.* 2008). En el golfo se genera el 50 % del volumen total de pesca a nivel nacional, cuenta con más del 50 % de la flota del Pacífico y 13 marinas para la pesca deportiva con más de 13,000 embarcaciones (SAGARPA 2002, Ulloa *et al.* 2006, 2007).

La pesca denominada ribereña o artesanal se practica a lo largo de la costa a profundidades generalmente menores a 50 m y se le denomina así por sus técnicas y formas de operación (Fuentes Castellanos 1996, Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006). Esta es una actividad productiva muy importante en cuanto al valor económico para los habitantes de las comunidades costeras y tiene además una enorme relevancia desde el punto de vista social (Ulloa *et al.* 2006, Ulloa *et al.* 2007). Cerca de 30,000 pescadores producen una pesca anual de 110,000 toneladas constituida de una variedad de recursos, de diferentes especies de peces, crustáceos y moluscos (Conservación Internacional 2005, Ulloa *et al.* 2007). Generalmente la pesca ribereña se considera como de bajo impacto al ecosistema, a diferencia de la pesca industrial, debido a las capturas relativamente reducidas y costo-efectivas por el elevado valor unitario de las especies objetivo (Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006). Sin embargo, la gran variedad de artes de pesca utilizados y la dificultad de controlar el acceso, resulta en un gran número de pescadores artesanales lo cual hace de esta actividad una amenaza a la biodiversidad (WWF 2005, Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006).

En forma sintética, las pesquerías ribereñas en el Golfo de California son las siguientes: En el Alto Golfo las flotas ribereñas se orientan a la pesca de camarón, jaiba, corvina, tiburón y peces de escama predominando el uso de redes de enmalle. En el Golfo Central se captura principalmente calamar gigante, jaiba, peces de escama, manta, camarón, tiburón y almeja; se utilizan poteras, trampas, redes de enmalle y buceo. En el Golfo Sur se pesca camarón con atarrayas y redes además de peces de escama, tiburón y dorado con palangres. En las costas de Baja California y Baja California Sur predomina la pesca de cabrilla, pierna, jurel, dorado, cochito y huachinango (De la Cruz González *et al.* 2005, Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006, Rodríguez Valencia *et al.* 2008, Ulloa *et al.* 2006, 2007). Durante los últimos 10 años, el calamar gigante se ha convertido en un recurso importante para las flotas de la Península de Baja California, Sonora y Sinaloa (Morales-Bojorquez *et al.* 1997). Esta pesquería se realiza con poteras 100 % selectivas (Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006). Información sintética sobre las pesquerías ribereñas y artes de pesca empleados en el Golfo de California, con base en Ulloa *et al.* (2006, 2007) y el Instituto Nacional de la Pesca, se presenta en la Tabla 6 así como en los Apéndices 10.3 y 10.4.

Tabla 6. Pesca ribereña en el Golfo de California de acuerdo con Ulloa *et al.* (2006, 2007).

Pesquerías	Artes de pesca	Entidades de pesca
Camarón		
<i>Litopenaeus stylirostris</i>	Atarraya	Sonora
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Red suripera	Sinaloa
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	Red de arrastre	Nayarit
<i>Sicyonia disdorsalis</i>	Red de enmalle	Baja California Sur
<i>Sicyonia penicillata</i>		
<i>Trachypenaeus pacificus</i>		
Otros crustáceos		
Jaiba		
<i>Callinectes bellicosus</i>	Redes	Sonora
<i>C. arcuatus</i>	Trampas	Sinaloa
	Trampas	Nayarit
	Buceo	Baja California Sur
Langosta		
<i>Panulirus interruptus</i>		
<i>Panulirus inflatus</i>		
Calamar		
<i>Dosidicus gigas</i>	Poteras	Sonora Sinaloa Baja California Sur
Equinodermos		
Pepino de mar		
<i>Isostichopus fuscus</i>	Buceo	Baja California Baja California Sur
<i>Holothuria impatiens</i>		
Peces cartilagosos		
Angelito, cazón, guitarra, manta, tiburón	Palangres Redes de enmalle Buceo	Sonora Sinaloa Nayarit Baja California Sur
Sardina		
<i>Sardinops sagax caerulea</i>	Red de cerco	Sonora Sinaloa
<i>Ophistonema sp.</i>	Red de enmalle	Baja California Sur Baja California

Escama Baqueta, berrugata, botete, cabrilla, chihuil, cochito, constantino, corvina, estacuda, extranjero, garropa, guavina, huachinango, jurel, lenguado, lisa, mojarra, palometa, pámpano, pargo, perico, pierna, robalo, rocote, roncacho, sierra, verdillo.	Buceo Atarraya Red de arrastre Red de cerco Red de enmalle Palangre Curricán Línea de mano	Sonora Sinaloa Nayarit Jalisco Baja California Sur Baja California
Pesca deportiva Marlín, pez vela, dorado, atún, cabrillas, sierra, pargo	Curricán Línea de mano	Sonora Sinaloa Nayarit Jalisco Baja California Sur Baja California

Interacciones de la pesca ribereña con los mamíferos marinos en el Golfo de California:

Hace varias décadas la captura incidental de mamíferos marinos en artes de pesca industriales o artesanales no era un tema relevante pues si bien ocurría, se pasaba por alto debido al desconocimiento del estado de las poblaciones afectadas (Burton 1941). Los mamíferos marinos son susceptibles de ser capturados en la mayoría de los artes de pesca utilizados en el mundo (Alverson *et al.* 1994). De acuerdo con Northridge (1985), la IUCN clasificó en 1981 las interacciones en cinco tipos diferentes:

- 1: Daños causados por los mamíferos marinos a los artes de pesca.
- 2: Daños a las capturas.
- 3: Daños o muerte de los mamíferos marinos por causa de las operaciones pesqueras.
- 4: Transmisión de parásitos de los mamíferos marinos, como hospederos intermedios, a peces de importancia comercial.
- 5: Interacciones de depredación.

Las interacciones 1, 2 y 3 se denominan interacciones operacionales; las interacciones 4 y 5 se consideran interacciones específicas y todas dependen en mayor o menor medida del tipo de arte de pesca que se utilice, de la ecología y comportamiento de los mamíferos marinos en cuestión así como de las especies de peces que se capturen (Northridge 1985).

De acuerdo con Urbán *et al.* (2004), la mortalidad de cetáceos relacionada con la actividad humana en el Golfo de California es provocada principalmente por la pesquería costera. En la región de Guaymas, la flota sardinera suele tender sus redes encerrando delfines y/o rorcuales pues éstos son indicadores de la presencia de sardina. Aunque esporádica, se ha reportado la muerte incidental de estos organismos (Gallo 2004, Gallo-Reynoso 2004). En Guaymas, los lobos marinos suelen destruir los instrumentos de pesca y los pescadores ribereños deben invertir una semana de su tiempo en reparar una red agallera de ca. 300 m de longitud cuando son dañadas por los lobos marinos los cuales además, roban la captura (Fleischer & Cervantes Fonseca 1990). Al encontrar alimento disponible en los artes de pesca, el mamífero marino ahorra la energía que gastaría al ir a buscarla en otro lado. Además, las operaciones pesqueras le permiten también seleccionar alimento con un contenido calórico mayor e incluso alimentarse de presas que normalmente no consume o que no explota tan seguido, debido al gasto de energía que implica capturarlas (Fertl 2002). Cuando un mamífero roba el alimento, lo hace completamente o en pedazos, dejando restos de peces o de otras presas en los artes de pesca las cuales carecen de valor económico. Hay ocasiones en que a pesar de estar saciados, los mamíferos siguen jugando con las presas y éstas pueden terminar con rasguños dejando de ser atractivos en su exterior y disminuyendo por lo tanto su calidad y precio (Fertl 2002).

Las estimaciones de las pérdidas de las capturas oscilan entre el 25 y el 100 % en ciertas pesquerías como en las que se usan líneas y redes agalleras que son depredadas por orcas (Yano & Dahleim 1995). Los pescadores en la región de Guaymas reportan una pérdida de ca. 58 % de su captura, pues el robo del pescado en las redes se lleva a cabo por lobos marinos tanto de día, como de noche (Fleischer & Cervantes Fonseca 1990). Esta situación crea animadversión entre los pescadores quienes llegan a atacar (incluso matar) a los lobos con golpes o armas de fuego, a lo que debe añadirse mortandad de lobos por enmallamiento en redes cuando intentan robar la captura. (Delgado Estrella *et al.* 1994, Vidal *et al.* 1994, SEMARNAP 2000, Underwood 2008). En el caso de que los lobos enmallados no mueran, deben sacrificarse pues su liberación pone en riesgo la integridad física de los pescadores (Zavala González 1999). Zavala & Mellink (1997) y Zavala González (1999) reportaron 237 lobos marinos enmallados en 11 loberas reproductivas del Golfo de California entre 1991 y 1995. La incidencia de enmalle de lobos marinos en redes pesqueras ribereñas para tiburón, sierra, mojarra y corvina ocurre mayormente durante la temporada de pesca de esta última (Auriolles-Gamboa *et al.* 2005). Se ha reportado que algunos pescadores ribereños utilizan carne de lobo marino y delfin como carnada para tiburón (Díaz *et al.* 1985, Ortiz Segura 1993, Zavala González 1999, Zavala-González & Mellink 2000, SEMARNAP 2000). Como ejemplo de esto, en junio de 1993 Thompson & Mesnick (1993) reportan haber encontrado dentro de una cueva en la Isla San Pedro Nolasco 14 lobos marinos en una red agallera los cuales estaban destinados a ser usados como carnada; en la misma isla, en diciembre de 1993, se encontró otra red agallera con 20

lobos marinos destinados presumiblemente, para los mismos fines (Rodríguez-Valencia & Cisneros-Mata 2006).

El incremento de la captura incidental y otras interacciones operacionales de la pesca con lobo marino, puede estar afectando a su población dentro del golfo (Underwood *et al.* 2008). Se considera además, que la interacción directa con las pesquerías representa la amenaza mas grave a la conservación de las poblaciones pequeñas de cetáceos pequeños (Read 2008). A este respecto, la pesca artesanal de escama, camarón y elasmobranchios en el Alto Golfo, causa captura incidental de vaquita en redes agalleras (D'Agrosa *et al.* 1995, Vidal 1995, Rojas-Bracho & Taylor 1999, Jaramillo-Legorreta *et al.* 1999, 2007).

Los delfines al igual que los lobos, también roban la captura de los pescadores y suelen morir enmallados en las redes pesqueras (Delgado Estrella *et al.* 1994). Se han llegado a encontrar animales muertos frescos, principalmente delfines comunes y tursiones en playas de la costa de Sonora y Sinaloa con marcas de redes agalleras en la cabeza y el tronco así como con las puntas de las aletas dorsales y lóbulos de las caudales mutilados, lo cual se hace para ser removidos de las redes de pesca (Guerrero Ruiz *et al.* 2006).

Las redes agalleras en particular, son un arte de pesca muy utilizado y en Sonora y Sinaloa se emplean básicamente en el Golfo de Santa Clara, Puerto Peñasco, Desemboque, Puerto Lobos, Puerto Libertad, Bahía Kino, Guaymas, Bahía Lobos, Tobarí, Bahía Santa Bárbara, Yavaros y Las Bocas para Sonora así como en el Estero de Agiabampo, Topolobampo, Bahía de Navachiste, Bahía Santa María, Altata, Mazatlán y Teacapán, para Sinaloa. También se utilizan estas redes en Los Cabos, La Ribera, La Paz, Loreto y Mulegé en Baja California Sur y en Bahía San Luis Gonzaga y San Felipe, en Baja California. (Gallo-Reynoso 2003). Este autor reporta que siete de las 19 especies de mamíferos marinos registradas para Guaymas, interactúan con las pesquerías ribereñas presentando capturas incidentales en redes tiburoneras. Gallo-Reynoso (2003, 2004) estimó una tasa de mortalidad por enmallamiento (o colisión) de 2.1/año, con base en un estudio de nueve años, siendo los mamíferos más afectados el cachalote y el lobo marino de California debido a que tienen una elevada tasa de encuentro con chinchorros tiburoneros y redes agalleras a la deriva, dando lugar a una mortandad incidental del 100 %. Gallo-Reynoso (2003, 2004) también reporta que del 100 % de las interacciones que ocurren entre un cetáceo y dichas artes de pesca, el 90 % involucran a madres con cría.

La relación de los mamíferos marinos con las pesquerías necesita ser más estudiada para poder determinar los impactos de la actividad sobre la ecología y niveles poblacionales de los animales implicados. Por ello, debe colectarse más información sobre su distribución, abundancia, conducta, alimentación y época reproductiva entre otros tópicos para que de esta manera, se logren identificar y mapear sus hábitats y con ello, evitar su traslape con las zonas de pesca (Gallo-Reynoso 2003). Se considera prioritario entonces reivindicar el

valor de los ecosistemas donde habitan los mamíferos marinos, constatando los impactos negativos que las actividades humanas provocan con elevados costos ecológicos, al destruir o modificar los hábitats de las especies (Guerrero Ruiz *et al.* 2006).

En este capítulo, se analizarán dos fuentes de impacto sobre los mamíferos marinos: la contaminación (medida por la ocurrencia de coliformes fecales y sólidos suspendidos totales) y la interacción con pesquerías ribereñas, para cumplir con el tercer y último objetivo particular (Capítulo 2):

- Compilar, sistematizar y analizar datos de contaminación marina y actividades pesqueras en el Golfo de California, examinar su interacción con la mastofauna marina e identificar especies y regiones vulnerables.

6.2. Métodos

Contaminación marina: Se solicitaron a la SEMAR sus bases de datos sobre contaminación marina actualizadas y georreferenciadas (Apéndice 10.6.) para ser integradas a la matriz geográfica de 479 cuadrantes descrita en el Capítulo 4 con el uso del programa GEOASIGN. Estas bases contienen mediciones durante el periodo 2004–2007 en 11 estaciones de monitoreo, con 8-10 subestaciones cada una, distribuidas a lo largo del Golfo de California. Las estaciones de monitoreo son las siguientes:

- Bahía San Felipe, Baja California.
- Puerto Peñasco, Sonora.
- Bahía Kino, Sonora.
- Bahía de Guaymas, Sonora.
- Bahías de Topolobampo, Sinaloa.
- Altata, Sinaloa.
- Mazatlán, Sinaloa.
- San Blas, Nayarit.
- Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco.
- Bahía de La Paz, Baja California Sur.
- Cabo San Lucas, Baja California Sur.

Los parámetros que se muestrearon en las estaciones fueron los siguientes:

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| • pH | pH |
| • Temperatura superficial | °T |
| • Oxígeno disuelto | OD |
| • Demanda bioquímica de oxígeno | DBO |
| • Sólidos suspendidos totales | SST |
| • Nitratos | NO ₃ |

- Nitritos NO₂
- Amonio NH₄
- Ortofosfatos PO₄
- Coliformes fecales CF
- Salinidad SAL
- *Streptococcus fecales* EstFec

De estos parámetros, se eligieron para el análisis sólo las coliformes fecales (CF) y los sólidos suspendidos totales (SST) ya que estos dos parámetros fueron los mejor muestreados durante los meses de todos los años (2004-2007) en las estaciones de monitoreo y porque estos parámetros representan dos tipos de perturbación antropogénica. Debe tomarse en cuenta que no todos los sólidos suspendidos provienen de actividades humanas. Se examinó un total de 1,019 datos de ambos parámetros localizados en 14 cuadrantes que definieron 11 regiones en el Golfo de California y de las cuales solamente en siete hay información (Figura 24).

Con los parámetros CF y SST se diseñó un índice de contaminación que se basó en el Índice de Calidad de Agua (WQI) de la National Sanitation Foundation (1970) de la siguiente manera. Se definió una función de calidad de cada parámetro y que en el caso de SST y CF es la misma fórmula general (Figura 25):

$$Q_i = 1 - [(P_i - r_i) / (P_{\text{maxi}} - r_i)]$$

con las siguientes definiciones:

- Q_i: Calidad del parámetro i.
- P_i: Valor medio de i en un cuadrante.
- r_i: Valor máximo permisible de i para la vida marina.
 r_{SST} = 30 mg/L de sólidos suspendidos totales.
 r_{CF} = 500 NMP/100 mL de coliformes fecales.
- P_{maxi}: Valor máximo encontrado en todas las muestras.

La definición de la calidad global (Q_{tot}) fue entonces:

$$Q_{\text{tot}} = \sum_i w_i Q_i = (w_{\text{SST}} Q_{\text{SST}}) + (w_{\text{CF}} Q_{\text{CF}})$$

donde las ponderaciones w_i se determinaron a partir de sus valores parciales en el Índice de Calidad de Agua WQI, esto es:

$$w_{\text{SST}} = 0.35$$

$$w_{\text{CF}} = 0.65$$

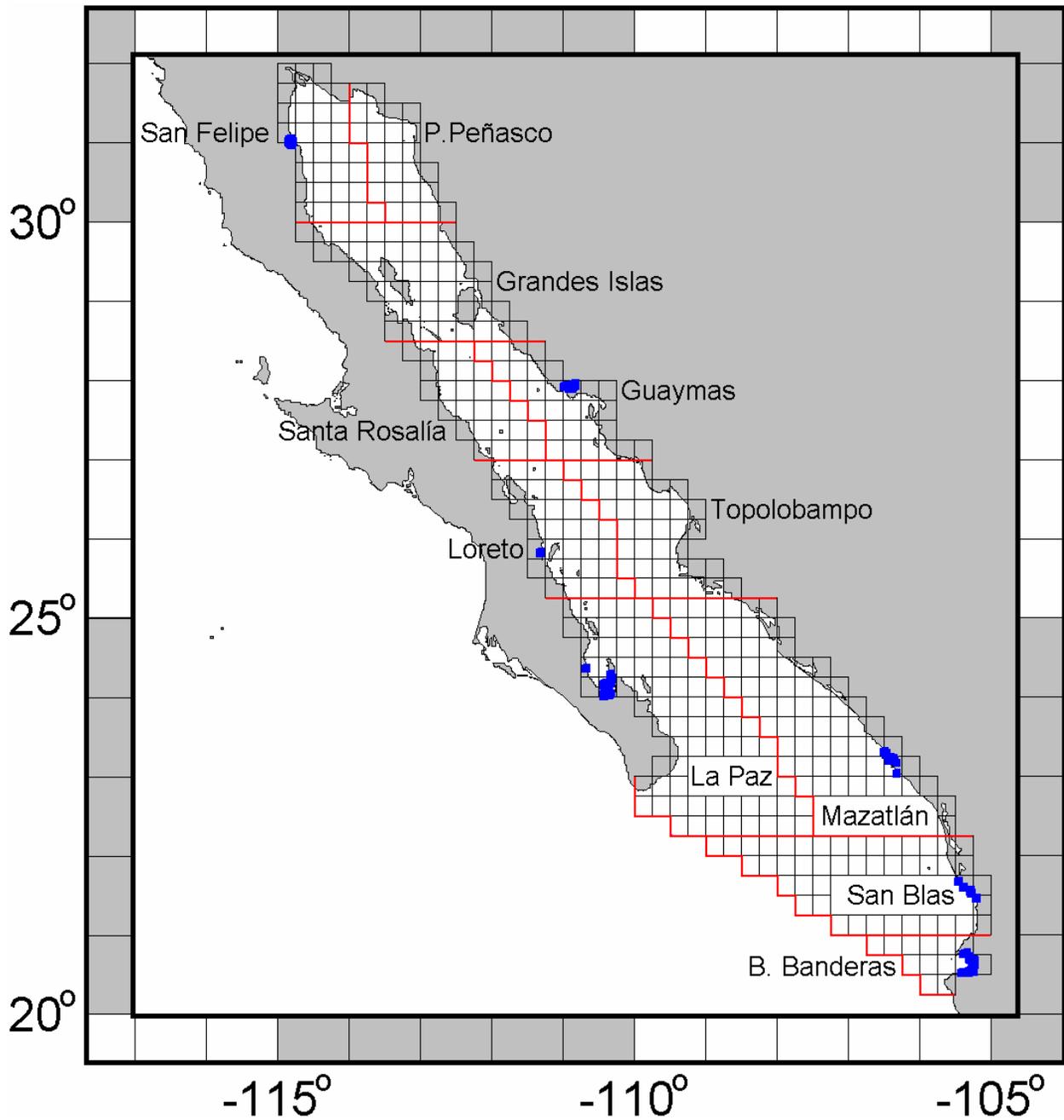


Figura 24. Estaciones de monitoreo con información de sólidos suspendidos totales y coliformes fecales (azul) en el periodo 2004-2007 y regiones definidas por este muestreo (SEMAR 2003).

La contaminación total (C_{tot}) se determinó finalmente como sigue:

$$C_{tot} = 1 - Q_{tot}$$

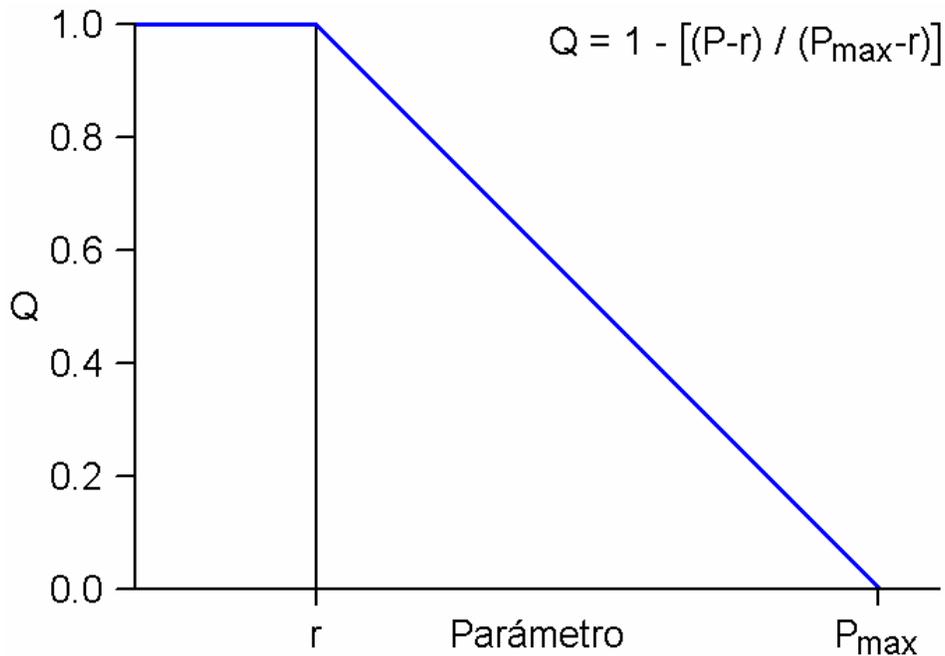


Figura 25. Función de calidad de agua para los parámetros SST y CF.

Con el programa INTERPOL descrito en el Capítulo 4, las medidas de contaminación total así como de los parámetros SST y CF, se interpolaron promediando los valores medidos en los cuadrantes en 60 millas náuticas (111 Km) a la redonda ponderado por el inverso de la distancia. Esta interpolación es de menor alcance que las hechas en el Capítulo 4 porque las estaciones con datos de los parámetros de interés están muy distantes entre sí y se prefirió examinar sólo el patrón de sus vecindades haciendo evidentes los huecos de información. Se construyó un mapa de contaminación por cuadrante definiendo la oscuridad del tono en paralelo al valor de contaminación total y el color en dependencia del peso de los valores de contaminación SST (azul) y contaminación CF (rojo). La escala de tono se definió proporcional al logaritmo de la contaminación total interpolada, considerando que en los resultados hay varias escalas y que asimismo la escala logarítmica se aproxima a la dispersión de los contaminantes como una potencia negativa de la distancia a los focos de contaminación cualesquiera que sean los procesos de transporte.

Se determinó una medida del impacto de la contaminación sobre los mamíferos marinos en cada cuadrante (IC) multiplicando el valor de contaminación en cada cuadrante (C_{tot}) por el consumo de energía de todas las especies, esto es:

$$IC = C_{tot} [\sum_x E_x]$$

donde E_x es el consumo de energía de la especie x . Esta medida de impacto se ponderó entonces por el grado de riesgo medido como la frecuencia relativa de

las especies en las categorías de riesgo IUCN 1-4 en el cuadrante. Los valores de IC e IC ponderado por el riesgo se proyectaron en mapas.

Pesquerías ribereñas: Se obtuvieron las coberturas geográficas de los tipos de pesquerías ribereñas que existen en el Golfo de California de acuerdo con Ulloa *et al.* (2006, 2007). Estas pesquerías son: camarón, otros crustáceos, calamar, equinodermos, peces cartilaginosos, sardina, escama y pesca deportiva. Los mapas de Ulloa *et al.* (2006) no pueden sobreponerse directamente a la matriz geográfica debido a que están en Proyección Cónica Conforme Lambert y la matriz geográfica de este trabajo está diseñada sobre un mapa con Proyección Cilíndrica Conforme Mercator. Para resolver esta incompatibilidad se llevó a cabo el siguiente procedimiento (Figura 26):

- A partir de los archivos dbf de Ulloa *et al.* (2006), se trazaron los puntos del borde de los polígonos de pesca, obteniéndose los datos de longitud y latitud de cada polígono de pesca con ayuda del programa ARCVIEW.
- Estos puntos se graficaron en el mapa base.
- De acuerdo con el Dr. Pedro E. Miramontes Vidal (comunicación personal, junio de 2008), es un problema muy complejo en la geometría computacional, determinar si un punto está dentro o fuera de un polígono cuando sólo se cuenta con los contornos y por ello, cada polígono se rellenó manualmente con color negro con el programa PAINTBRUSH.
- Todos los polígonos de una pesquería en una imagen se exportaron en formato postscript que codificó la imagen como un texto.
- Se identificó la correspondencia de cada carácter en el texto postscript con cada pixel en la imagen y se codificó la imagen como puntos de latitud y longitud de pequeñas áreas definidas por cada píxel negro (formato raster). Esto se hizo con el programa SECTAREA desarrollado *ex profeso* en Turbo Pascal.
- Con este procedimiento se pudo obtener la posición geográfica de los píxeles dentro de los polígonos de pesca y con ellos se determinó el área de pesca y no solamente el contorno.
- Una vez que se tuvieron las posiciones geográficas de cada uno de los píxeles que conforman el interior de los polígonos de pesca, se calcularon las áreas de pesca de cada pesquería por cada cuadrante de la matriz geográfica. Esto lo hizo también el programa SECTAREA.
- Se sobrepusieron en la matriz geográfica los mapas de los contornos (negro) y de las áreas (rojo) y se compararon con los mapas originales de Ulloa *et al.* (2006) para constatar la integridad de la información a través del procesamiento.

Las áreas de cada pesquería en cada cuadrante se sumaron como un índice de intensidad pesquera en el espacio geográfico y para ello se consideró también el área de 7,987 granjas camarónicas en el Golfo de California.

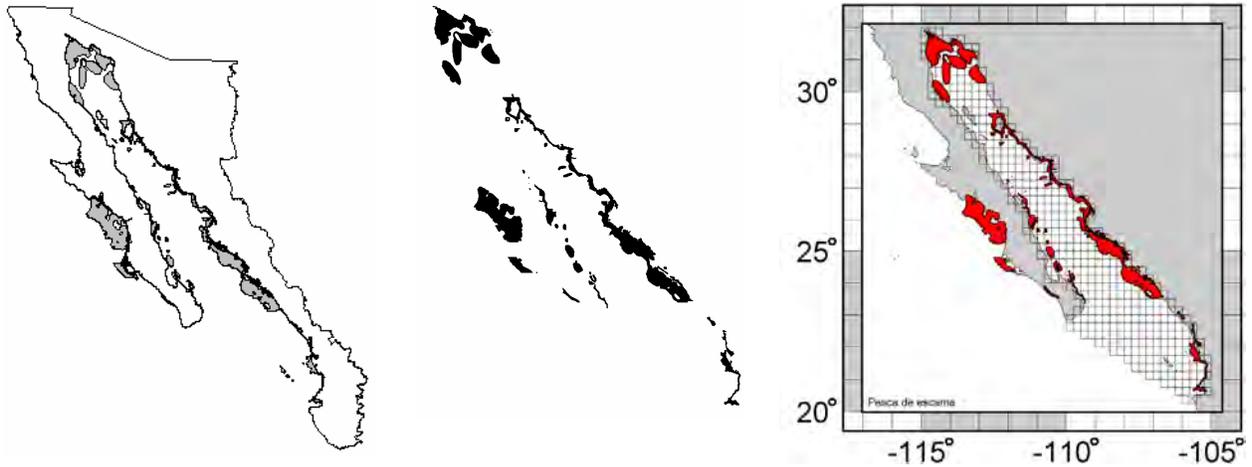


Figura 26. Polígonos de pesca de escama originales de Ulloa *et al.* (2006; izquierda), en formato postscript (centro) y en su forma final mapeada en la matriz geográfica construida con los datos numéricos originales de los contornos (negro) y los pixeles (rojo) en las áreas (derecha).

Las pesquerías se clasificaron de acuerdo a los artes que emplean como sigue. Se generó una matriz de ocurrencia (O_{ix}) en la que para cada pesquería i en un total de $k=8$, se indica si en ella se usa (1) o no (0) el arte x en un total $n=11$. La disimilitud entre dos pesquerías i y j (D_{ij}), se definió entonces como la siguiente distancia euclidiana que es la desviación estándar entre sus empleos de artes de pesca:

$$D_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^n (O_{ix} - O_{jx})^2}{n}}$$

Las distancias pareadas entre todas las pesquerías se calcularon con el programa EUCLIDES descrito en el Capítulo 4 y el cual construyó una matriz que se resolvió en un dendrograma con el algoritmo WPGMA (ligamiento con promedios ponderados, por sus siglas en inglés) con el programa STATISTICA 6.0. Las especies de mamíferos marinos ($k=34$) se clasificaron de la misma forma de acuerdo a si interaccionan o no con cada pesquería ($n=8$). Según los artes empleados, de cada pesquería se determinó si puede o no interaccionar con cada especie de mamífero marino presente en el Golfo de California de acuerdo con los datos de interacciones pesqueras con mamíferos marinos de Northridge (1985, 1991) para el Pacífico Centrorienta. Tanto por especie de mamífero marino como por pesquería, se determinó la suma de interacciones. Para cada cuadrante se determinó un grado de interacción entre mamíferos marinos y pesquerías (IP), sumando para cada especie de mamífero x el área de

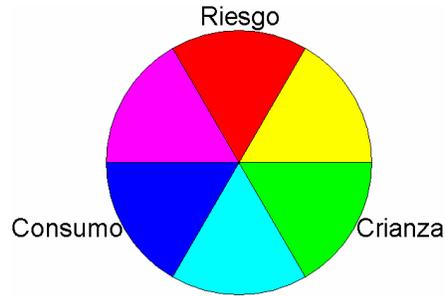
cada pesquería (a_i) con la que puede interaccionar y multiplicando este valor por su abundancia (A_x) en individuos observados por distancia, esto es:

$$IP = \sum_x A_x \left[\sum_i a_i I_{ix} \right]$$

donde I_{ix} es el factor de interacción (1) o no interacción (0) del mamífero x con la pesquería i . Igual que en el caso de la contaminación, el grado de interacción entre mamíferos marinos y pesquerías se ponderó por el riesgo de las especies. Los valores de IP e IP ponderado por el riesgo se proyectaron en el mapa base.

Impactos ambientales y abundancia de la población humana: Se compiló una base de datos de poblaciones humanas costeras de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Baja California Sur y Baja California (INEGI 2000) la cual contiene 1,949 poblaciones que se encuentran dentro de la matriz geográfica de 479 cuadrantes. Se examinaron la densidad de la población humana, la contaminación (SST, CF) y el área total de pesca en relación con la población humana y el área que ocupa en las siete regiones definidas por los datos de contaminación. Para remediar parcialmente la falta de datos de contaminación en cuatro de once regiones, los impactos IC e IP interpolados con corto alcance (111 Km) alrededor de los sitios de muestreo, se promediaron en las 11 regiones y luego se compararon entre sí para tener un panorama grueso de estos impactos en el Golfo de California.

Impacto conjunto de la contaminación y la pesca e identificación de zonas prioritarias para la conservación: Se hizo un mapa del impacto conjunto por la contaminación (IC) y la actividad pesquera (IP) multiplicadas (ICP) ponderado por el estado de riesgo de las especies de mamíferos marinos medido como la frecuencia relativa de las categorías de riesgo IUCN 1-4 en cada cuadrante. El impacto conjunto de la contaminación y la pesca (ICP) en cada cuadrante se relacionó con la frecuencia de las categorías de riesgo IUCN 1-4 (f_{R1-4}), la ocurrencia de crías (f_{Cr}) y el consumo de energía (E) como variables de valor biológico para la conservación. El impacto sólo por la pesca también se relacionó con las variables f_{R1-4} , f_{Cr} y E por tener información geográfica completa a diferencia del impacto por contaminación (IC) y el impacto conjunto (ICP) que cubren siete regiones de un total de 11. Para comparar la posición de los cuadrantes en el espacio de las gráficas de variables de impacto [pesca (IP), contaminación en conjunto con la pesca (ICP)] y variables de valor biológico [riesgo (f_{R1-4}), crianza (f_{Cr}) y consumo (E)], las escalas de todas las variables se uniformizaron en el intervalo [0, 1] como las variables relativas a su valor máximo, esto es, IP/IP_{max} , ICP/ICP_{max} , $f_{R1-4}/f_{R1-4max}$, f_{Cr}/f_{Crmax} y E/E_{max} . Se creó entonces un mapa de prioridad intrínseca de conservación de mamíferos marinos en el cual la oscuridad del tono es paralela al promedio de las variables relativas $f_{R1-4}/f_{R1-4max}$, f_{Cr}/f_{Crmax} y E/E_{max} y el color es la media ponderada por estas variables de la siguiente escala de matices del sistema operativo WINDOWS XP:



Se crearon asimismo mapas de prioridad de conservación de mamíferos marinos ante el impacto de la pesca (IP) y de la pesca en conjunto con la contaminación (ICP) a partir de las gráficas de las variables uniformizadas de impacto y de valor biológico x/x_{max} que en lo sucesivo se denominarán sencillamente x . La prioridad de conservación de cada cuadrante, esto es la oscuridad del tono, se determinó combinando dos criterios: 1) La distancia al origen en el espacio de la gráfica -variable de impacto *vs* variable de valor biológico- (D_{xy}) y 2) La pendiente en el mismo espacio (S_{xy}). La distancia D_{xy} con respecto al impacto conjunto de la contaminación y la pesca (ICP) como ejemplo, es la siguiente para las tres variables de valor biológico:

$$D_{ICP f_{R1-4}} = \sqrt{f_{R1-4}^2 + ICP^2}$$

$$D_{ICP f_{Cr}} = \sqrt{f_{Cr}^2 + ICP^2}$$

$$D_{ICP E} = \sqrt{E^2 + ICP^2}$$

Las pendientes de las tres variables de valor biológico (S_{xy}) son:

$$S_{ICP f_{R1-4}} = \frac{f_{R1-4}}{ICP}$$

$$S_{ICP f_{Cr}} = \frac{f_{Cr}}{ICP}$$

$$S_{ICP E} = \frac{E}{ICP}$$

La prioridad de conservación por las tres variables de valor biológico y con ella la oscuridad del tono, se definió en el intervalo del valor menor y el valor mayor de la siguiente fórmula:

$$Prioridad_{ICP} = \text{Log} \left[\left(\frac{D_{ICP f_{R1-4}} + D_{ICP f_{Cr}} + D_{ICP E}}{3} \right) \left(\frac{S_{ICP f_{R1-4}} + S_{ICP f_{Cr}} + S_{ICP E}}{3} \right) \right]$$

Lo que se hace con este procedimiento es ponderar qué tanto en un cuadrante hay un alto impacto de contaminación y/o pesca en combinación con un alto valor biológico por el riesgo, la crianza y el consumo de energía de los mamíferos marinos. Este procedimiento da prioridad a la conservación en el siguiente orden: 1) Zonas de alto valor biológico con alto impacto, 2) Zonas de alto valor biológico con bajo impacto, 3) Zonas de alto impacto con bajo valor biológico y 4) Zonas de bajo impacto con bajo valor biológico. El uso del logaritmo obedece a la existencia de varias escalas entre los cuadrantes y ello hace también que los cuadrantes sin datos o con valor cero en el promedio D_{xy} ó S_{xy} queden en blanco (prioridad cero). El color de cada cuadrante se determinó entonces como la media ponderada por las pendientes $S_{ICP_{fR1-4}}$, $S_{ICP_{fCr}}$ y S_{ICP_E} de la escala de matices indicada arriba.

Identificación de especies prioritarias para la conservación: Con los datos de Rosales Nanduca (en elaboración) se determinó el consumo de energía y la crianza de los mamíferos marinos en el Golfo de California y en el Pacífico mexicano adyacente. El consumo se determinó como el promedio entre los cuadrantes de cada región en el periodo 1981-2008 con los datos de la NOAA, UABCS y UNAM y la crianza se midió en el mismo periodo sólo con datos de la UABCS y la UNAM, como la proporción de todos los registros con crías con respecto al total de registros en cada región (Capítulo 4, Tabla 4). La prioridad de conservación de cada especie x en el Golfo de California se determinó por su estado de riesgo de acuerdo a la IUCN (2009, Tabla 1) así como por la comparación de los valores promedio de consumo de energía (E) y crianza (f_{Cr}) en los cuadrantes del Golfo de California (GC) y del Pacífico mexicano adyacente (PM) como sigue:

$$\text{Prioridad}_{xE}^{GC} = \frac{E_x^{GC} - E_x^{PM}}{E_x^{GC} + E_x^{PM}}$$

$$\text{Prioridad}_{xfCr}^{GC} = \frac{f_{xCr}^{GC} - f_{xCr}^{PM}}{f_{xCr}^{GC} + f_{xCr}^{PM}}$$

Esta comparación es relativa a cada especie en sí misma y su escala varía desde -1, que significa prioridad total de conservación en la región PM, hasta 1, que significa prioridad total de conservación en la región GC. Esta comparación no se hizo para los pinnípedos, cuya crianza no se registra en los datos usados, ni para la ballena gris que no se alimenta en ninguna de las dos zonas ni se encontró con crías en nuestros datos. Aunque en nuestros datos tampoco hay registro de crías de vaquita, la condición endémica de esta especie permitió hacer la asignación $\text{Prioridad}_{fCr}^{GC}=1$. Cuando el valor de alguna variable fue cero en ambas zonas, la prioridad se definió como cero.

6.3. Resultados

A pesar de no tener datos en cuatro de 11 zonas, el mapa logrado de contaminación refleja bien lo descrito en la introducción (Figura 27) habiendo una contaminación considerablemente mayor en el Sur del Golfo entre Jalisco y el Sur de Sinaloa la cual es predominantemente por coliformes fecales (contaminación CF) aunque en la costa de Nayarit hay también contaminación por sólidos suspendidos (contaminación SST) provenientes de los varios ríos que desembocan en esa zona. Se observan importantes focos de contaminación CF en la Bahía de Banderas, San Blas, Mazatlán, Guaymas y San Felipe. En este último sitio, la contaminación CF se extiende hacia la desembocadura del Río Colorado. La contaminación en el Sur de la Península de Baja California es mayormente por sólidos suspendidos y se concentra alrededor de la Ciudad de La Paz (Figura 27). Se relacionó el nivel de contaminación con el consumo de energía de los mamíferos marinos suponiendo que los efectos de la contaminación marina en general están mediados por la alimentación. El consumo de energía por los mamíferos marinos en el Golfo de California se distribuye con un patrón diferente al de la contaminación habiendo el consumo mayor en la costa de la Península de Baja California, al Norte de la latitud 27° N así como alrededor del extremo peninsular en las latitudes 22-25° N (Figura 12). Al sobreponer ambos patrones en la interacción de la contaminación con el consumo de los mamíferos marinos, se observa un alto nivel de interacción a lo largo de toda la costa de Nayarit así como en la parte occidental del Alto Golfo, interacción de nivel medio en Mazatlán y en todo el centro del Golfo alrededor de la latitud 27° N así como un nivel de interacción bajo alrededor de la Bahía de La Paz (Figura 28).

Al ponderar la interacción de la contaminación con el consumo de los mamíferos marinos por el riesgo de estos animales, se observan alto nivel de interacción en el Alto Golfo, el centro del golfo alrededor de la latitud 27° N y un nivel de interacción medio Bahía de La Paz. En el resto de los cuadrantes el nivel de interacción fue bajo o nulo. (Figura 28).

Las áreas sumadas de las pesquerías individuales, como una medida de la intensidad pesquera, muestran intensidad alta a lo largo de toda la costa continental del golfo, la Región de las Grandes Islas y la costa de Baja California Sur. Se observan intensidades especialmente altas de actividad pesquera en la costa de Sinaloa, los alrededores de la Isla Cerralvo y de Guaymas, la Región de las Grandes Islas y la porción oriental del Alto Golfo (Figura 29).

Para determinar una escala de interacción entre pesquerías y mamíferos marinos, se hizo un análisis de los artes empleados y sus interacciones con cada especie de mamífero marino en el Golfo de California todo lo cual se describió en la introducción (Figura 30).

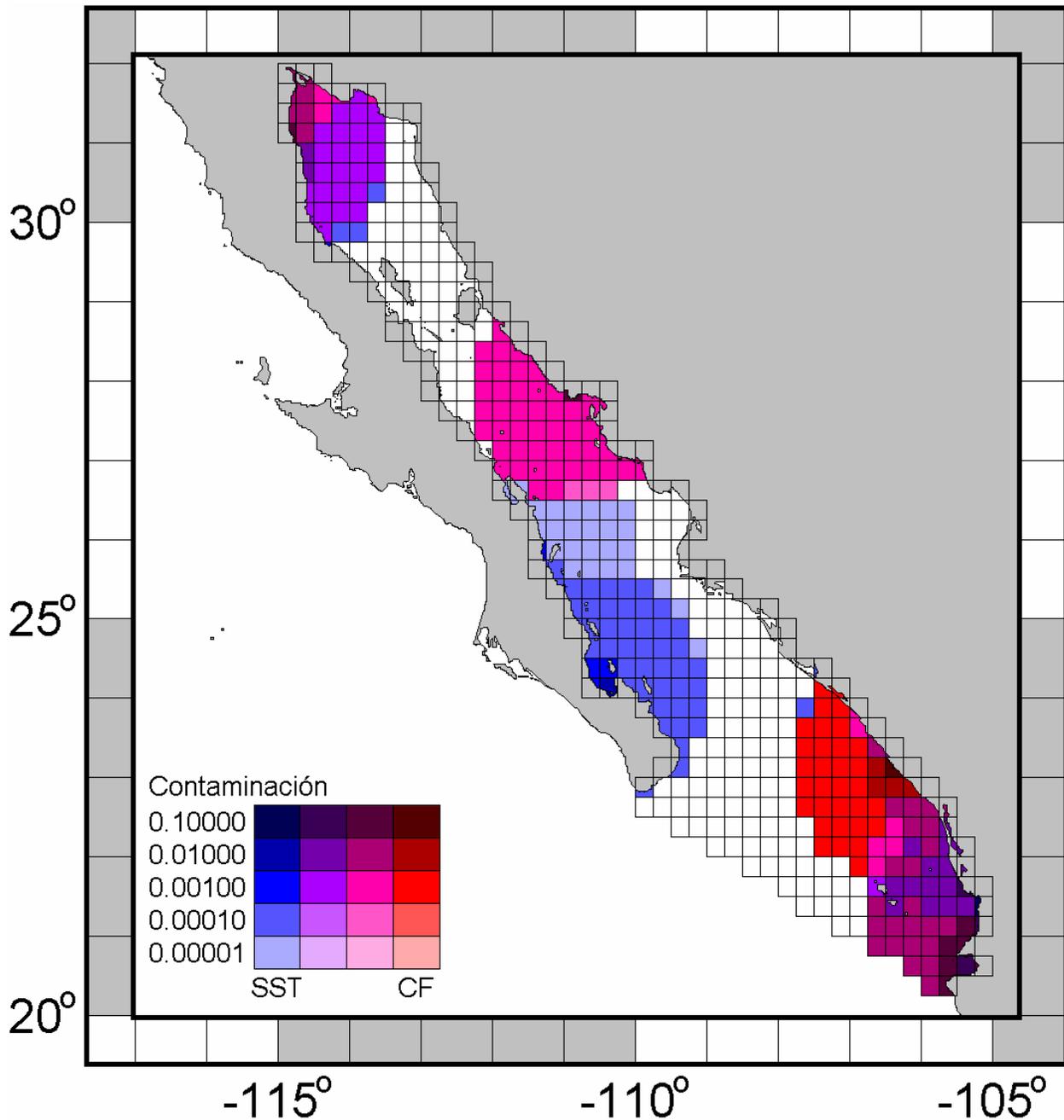


Figura 27. Contaminación por sólidos suspendidos totales (SST, azul) y por coliformes fecales (CF, rojo) durante el periodo 2004-2007 en el Golfo de California en siete estaciones de monitoreo y sus vecindades estimadas por interpolación.

Para el Golfo de California no se dispone de índices medidos de proclividad a la interacción y grado de afectación mutua por combinación de arte de pesca y especie de mamífero marino para una caracterización totalmente cuantitativa.

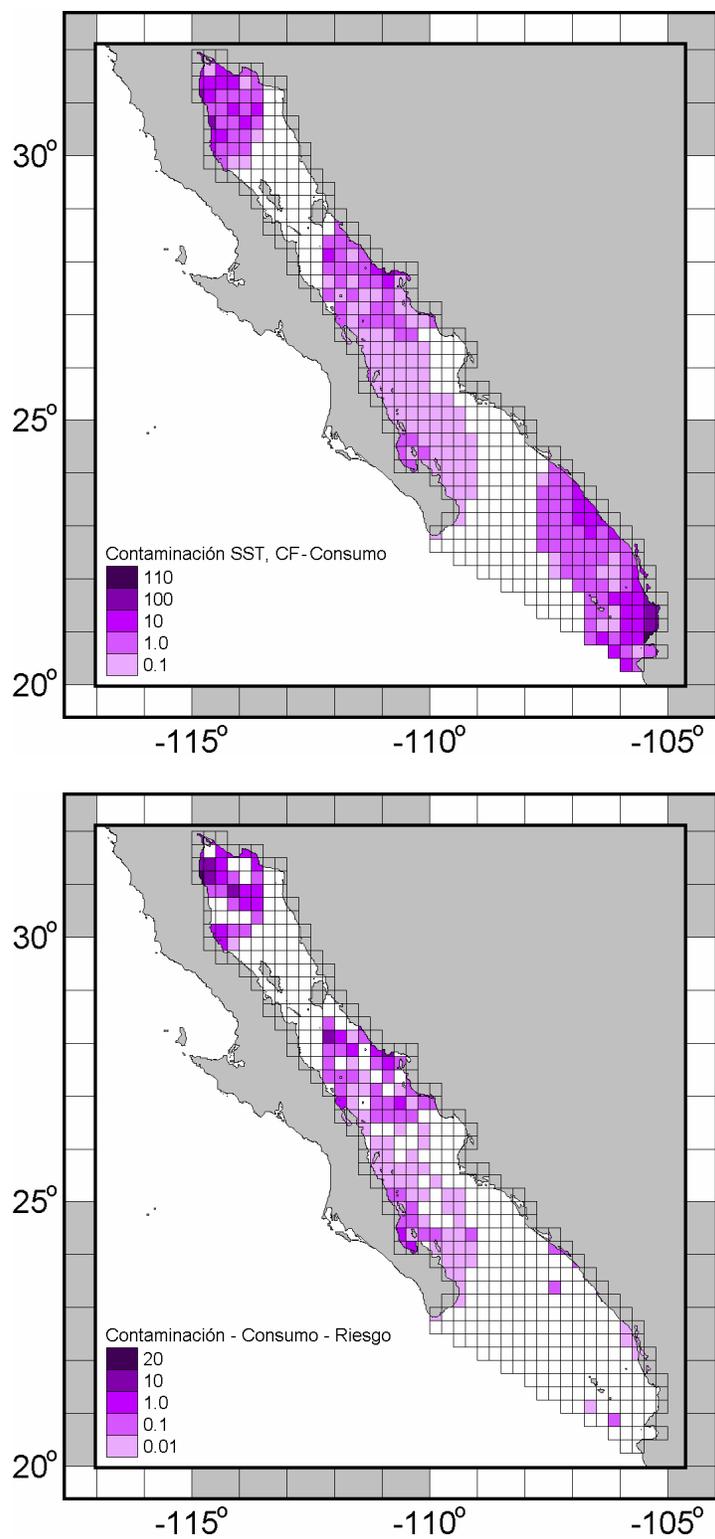


Figura 28. Contaminación SST, CF interpolada y multiplicada por el consumo de energía de los mamíferos marinos (superior) y adicionalmente ponderada por la frecuencia de las especies en el intervalo de categorías de riesgo 1-4 de la IUCN (inferior).

El análisis de interacción entre mamíferos marinos y pesquerías muestra una distinción primaria entre 1) especies principalmente pelágicas y poco abundantes de las que hay muy poca información sobre interacciones con pesquerías y 2) especies costeras y pelágicas con abundancia de media a alta que presentan varias interacciones (Figura 30). En el primer grupo, la ballena azul, el rorcual común y la ballena sardinera son especies comunes en el Golfo de California con hábitos costeros y pelágicos que aparecen con poca o ninguna interacción con las pesquerías. En el segundo grupo predomina la interacción con las pesquerías de peces cartilagosos (19 mamíferos marinos), peces de escama (18 mamíferos marinos), camarón (17 mamíferos marinos) y sardina (16 mamíferos marinos). Este grupo se subdivide en un grupo con diversidad media de interacciones que no incluye la pesca de la sardina (ballena jorobada, ballena gris y vaquita) y un grupo heterogéneo de cetáceos con diversidad alta de interacciones entre los cuales el lobo marino y la tonina se caracterizan por ser comunes y abundantes e interaccionar con la pesca deportiva. La tonina es el mamífero marino con mayor diversidad de interacciones con las pesquerías (Figura 30).

La interacción de los mamíferos marinos con la pesca se midió con la abundancia de estos animales multiplicada por el área total de pesquerías y camaronicultura. Esta interacción ocurre en forma homogénea a lo largo de todas las costas del golfo, la Región entera de las Grandes Islas desde Guaymas hasta la Isla Ángel de la Guarda y en toda la extensión del Alto Golfo de California. Hay dos zonas con un alto nivel de interacción de mamíferos marinos con pesquerías, una en los alrededores de Loreto, B.C.S. y otra en las cercanías de Huatabampo, Son. (Figura 31). Al ponderar la interacción entre pesquerías y mamíferos marinos por el valor de riesgo global de estas especies, el impacto se marca en las costas peninsular y continental al Norte de la latitud 23° N, la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo siendo también las aguas aledañas a Loreto B.C.S. y Huatabampo, Son., zonas con altos valores de impacto (Figura 31).

La población humana en las costas del Golfo de California, de acuerdo con el censo del INEGI (2000), se distribuye en un total de 1,949 poblaciones con 1,338,000 habitantes que se encuentran dentro de la matriz geográfica de 479 cuadrantes. Casi toda la población humana de la región se encuentra en las costas desde Puerto Vallarta, Jal. hasta Guaymas, Son. así como en las costas de Baja California Sur (Figura 32). En términos de las siete regiones definidas por los sitios de muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003), la población más grande es la de la región de Mazatlán (547,642 habitantes) y las más pequeñas son las de las regiones Loreto (15,266 habitantes) y San Felipe (14,733 habitantes, Figura 33).

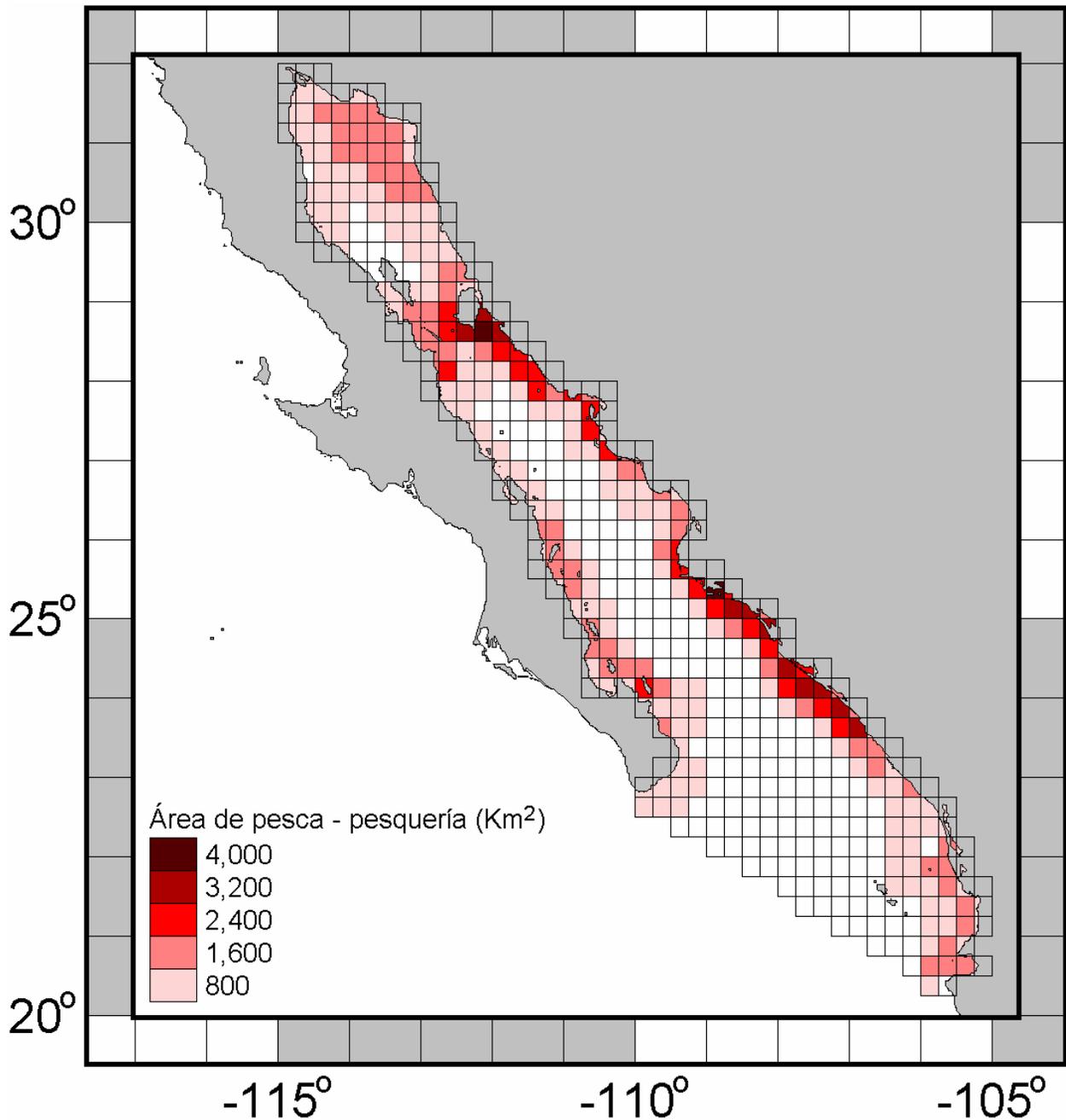


Figura 29. Intensidad de la pesca ribereña en el Golfo de California medida como la suma de las áreas de actividad de ocho pesquerías y la camaronicultura.

Al comparar la población humana con su densidad, la contaminación y la intensidad pesquera en las siete regiones, se observan relaciones paralelas en general en las que la región de la Bahía de Banderas tiene una densidad poblacional y un nivel de contaminación marcadamente altos con respecto a la población humana registrada (181,714 habitantes).

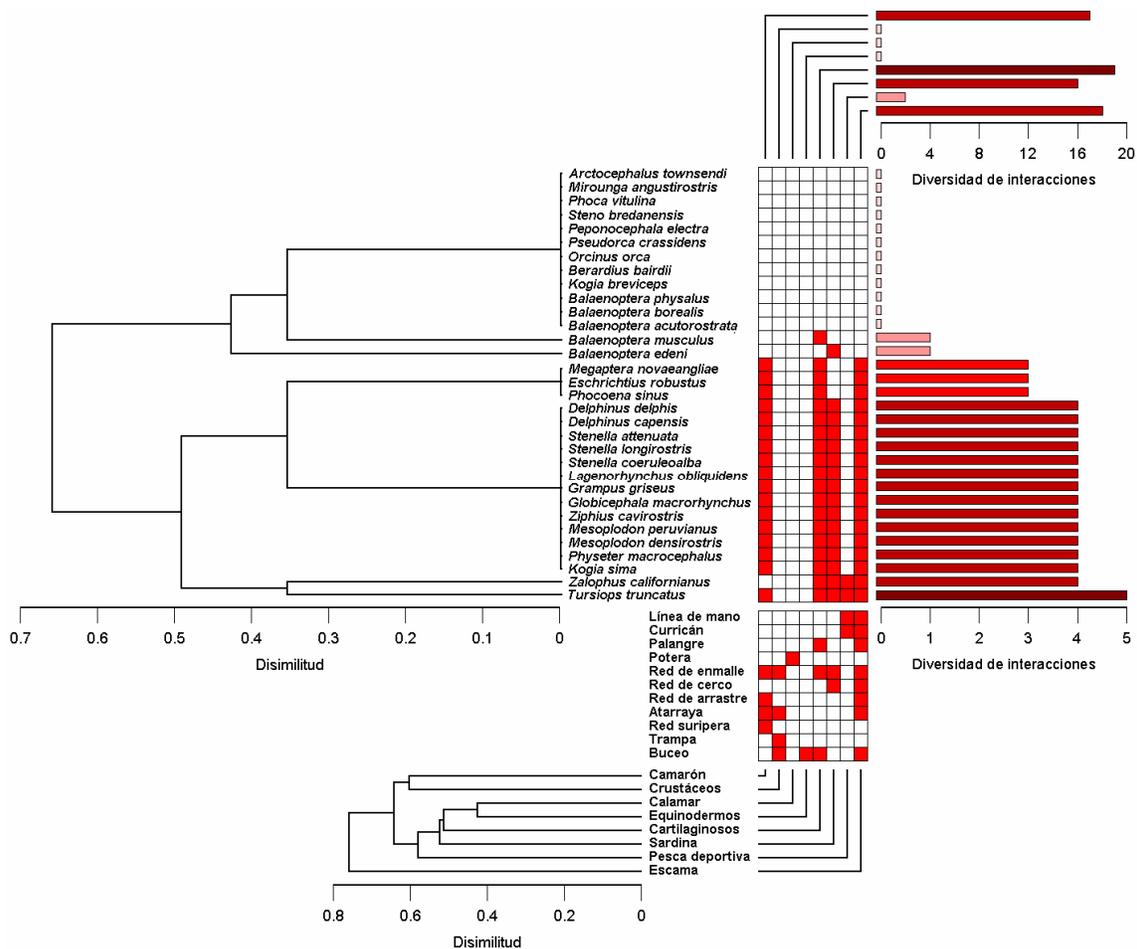


Figura 30. Esquema de interacciones documentadas entre los mamíferos marinos y las pesquerías en el Golfo de California según los artes empleados. Se indica un dendrograma de los mamíferos marinos de acuerdo a las interacciones que presentan con los artes de pesca, un dendrograma de las pesquerías según los artes que usan así como la diversidad de interacciones por especie y por pesquería. Las cuadrículas indican los artes utilizados por las pesquerías y la ocurrencia de interacción con los mamíferos marinos.

La contaminación por habitante es menor en Guaymas, Mazatlán, Loreto y La Paz y muestra una relación inversa con la extensión de la zona en cuadrantes, observándose residuales positivos (valores por encima de la línea de regresión), esto es, contaminación alta con respecto al número de habitantes y la extensión de la zona, en la Bahía de Banderas, San Blas y San Felipe así como residuales negativos (valores por debajo de la línea de regresión que indican contaminación comparativamente baja) en Guaymas y Loreto (Figura 33).

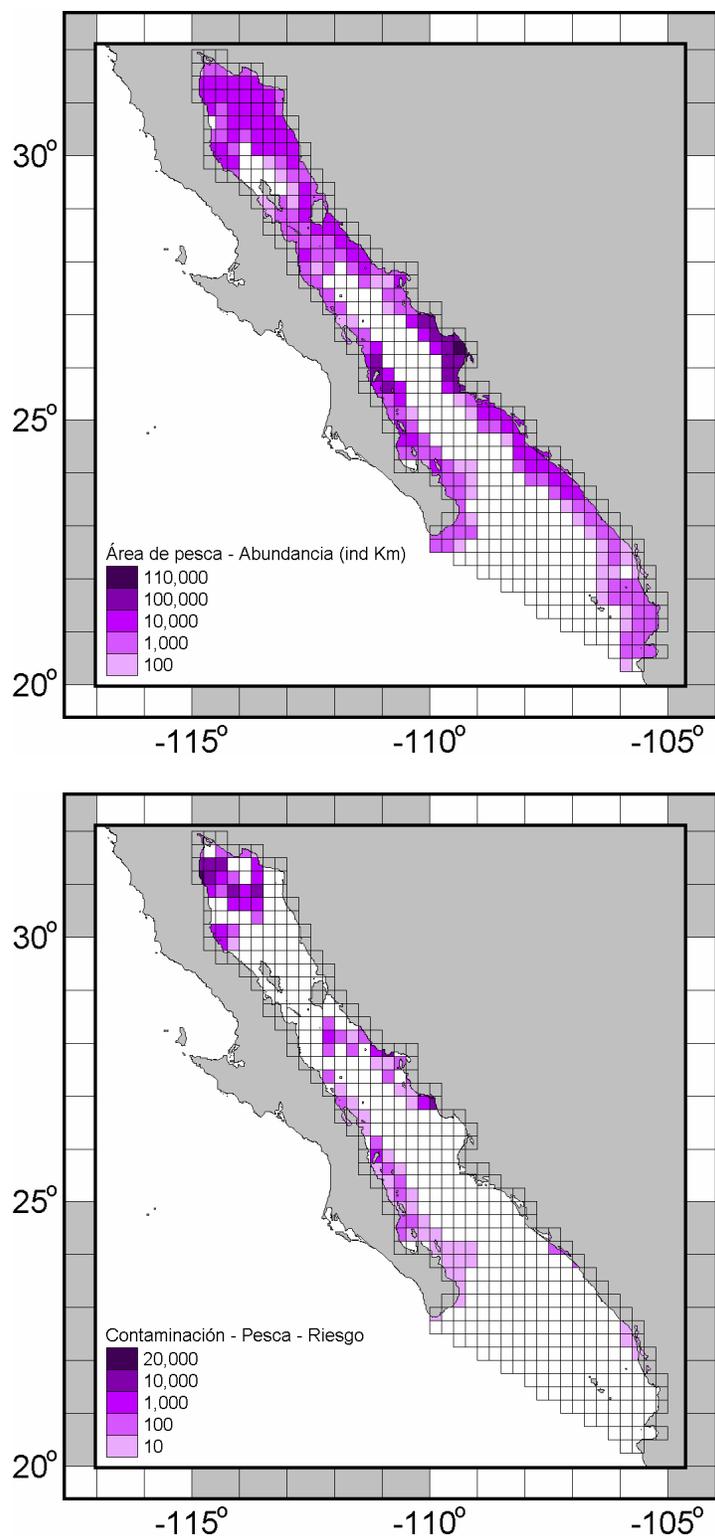


Figura 31. Área de pesca total interpolada y multiplicada por la abundancia de los mamíferos marinos (superior) y adicionalmente ponderada por la frecuencia de las especies en el intervalo de categorías de riesgo 1-4 de la IUCN (inferior).

La intensidad pesquera tiene una relación proporcional con la población humana bien definida (tasa de incremento de 0.09 Km²/habitante, índice de regresión $r^2=0.76$) en la que la región de Bahía de Banderas presenta el menor índice de actividad pesquera por habitante y la zona de San Felipe presenta el índice mayor juzgados ambos por sus valores residuales en las regresiones de las variables directas y las variables por habitante así como en los valores *per capita* como tales (Figura 33).

Los impactos de la pesca en interacción con la abundancia de los mamíferos marinos y de la contaminación en interacción con el consumo de estos animales, al interpolarse y promediarse en los 11 sectores definidos por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003), tienen una relación inversa (tasa de incremento en la regresión lineal log-log de -0.68, índice de regresión $r^2=0.35$, Figura 34) en la que se observan tres grupos de impacto pesquero que de menor a mayor valor son 1) Bahía de Banderas, San Blas, Mazatlán y Santa Rosalía, 2) La Paz, Guaymas, Región de las Grandes Islas, San Felipe y Puerto Peñasco y 3) Loreto y Topolobampo. El impacto por la contaminación muestra tres grupos, que de menor a mayor valor son 1) Loreto y Topolobampo, 2) Mazatlán, La Paz, Santa Rosalía y Región de las grandes Islas y 3) Bahía de Banderas, San Blas, Guaymas, San Felipe y Puerto Peñasco. El impacto por contaminación en las cuatro regiones sin estaciones de monitoreo de la SEMAR se ha inferido por interpolación y por lo tanto, está subestimado con excepción tal vez de la Región de las Grandes Islas. En su estado actual, los datos indican una regionalización por impactos en los siguientes cinco grupos:

- 1) IP bajo, IC medio: Mazatlán y Santa Rosalía.
- 2) IP bajo, IC alto: Bahía de Banderas y San Blas.
- 3) IP medio, IC medio: La Paz y Región de las Grandes Islas.
- 4) IP medio, IC alto: Guaymas, San Felipe y Puerto Peñasco.
- 5) IP alto, IC bajo: Loreto y Topolobampo.

Datos de contaminación podrían cambiar a la región de Topolobampo a una nueva clase con IP alto e IC medio o alto y a la Región de las Grandes Islas a una nueva clase con IP medio e IC bajo. Hasta donde es posible discernir, la información de contaminación en Puerto Peñasco y Santa Rosalía no cambiaría su asignación de grupo (Figura 34).

El impacto conjunto de la contaminación y la pesca sobre los mamíferos marinos (ICP) mediado por el consumo de energía en el caso de la contaminación y por la abundancia en el caso de la pesca y ponderado por el grado de riesgo de estos animales, presenta los huecos de información que hay para la contaminación en las zonas de Topolobampo, Santa Rosalía, Región de las Grandes Islas y Puerto Peñasco (Figura 24).

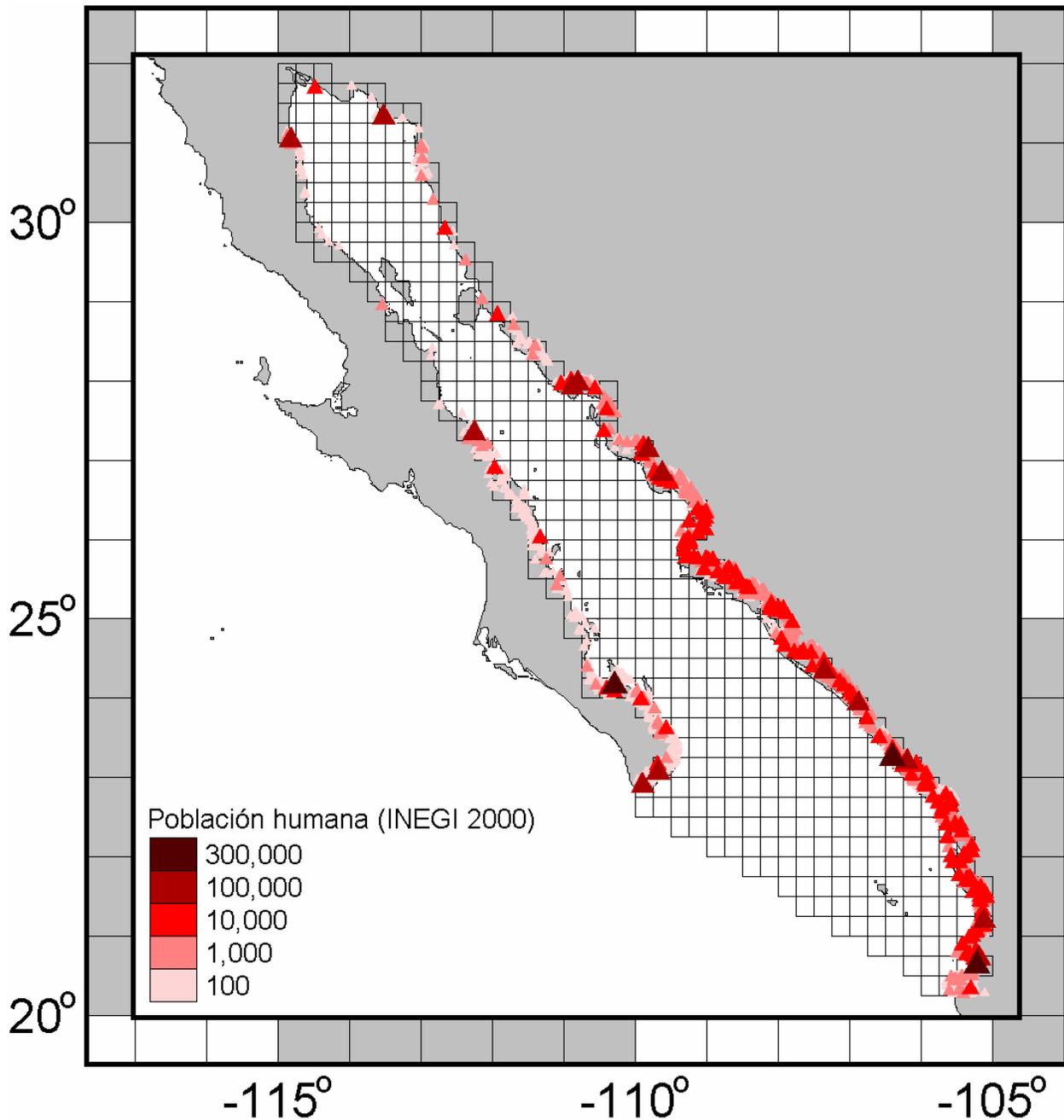


Figura 32. Distribución geográfica y tamaño de las poblaciones humanas en las costas del Golfo de California de acuerdo con el censo del INEGI (2000).

Sin embargo, puede observarse un patrón en el que hay impacto en el Norte de la costa de Nayarit, los alrededores de Mazatlán, la costa de Baja California Sur, el Sur de Sonora e incluso la Región de las Grandes Islas así como un impacto elevado en el Alto Golfo, particularmente en los alrededores de San Felipe (Figura 35).

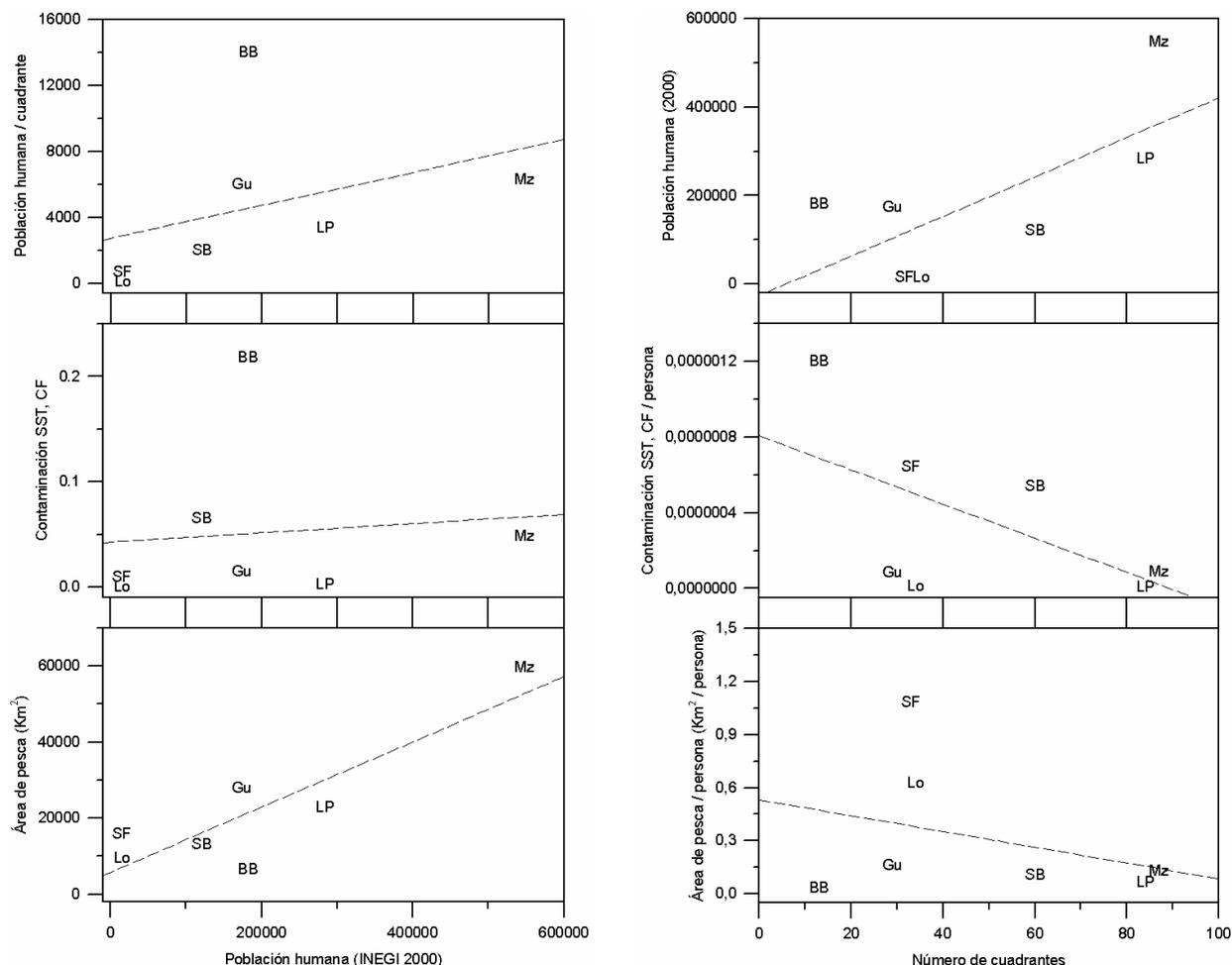


Figura 33. Relación de la población humana con la contaminación y la pesca en las siete regiones del Golfo de California definidas por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003). Se muestra la relación en términos directos (izquierda) y *per capita* en función de la extensión regional (derecha). Las líneas discontinuas indican las regresiones lineales.

Se determinó el impacto de la contaminación y la pesca sobre otras variables de valor biológico distintas al riesgo de los mamíferos marinos y las cuales fueron la crianza y el consumo de energía. Este análisis se hizo para identificar zonas prioritarias de conservación de la mastofauna marina que atiendan su biología integralmente ya que estos animales realizan distintas actividades en diferentes zonas entre las cuales transitan (Capítulo 4). Los valores de impacto conjunto de la contaminación y la pesca (ICP) y de la pesca por sí sola (IP) por ser geográficamente completa, se compararon en cada cuadrante con el grado de riesgo medido como la frecuencia relativa de las categorías de riesgo 1-4 de la IUCN (f_{R1-4}), la fracción de registros con crías (f_{Cr}) y el consumo de energía (E).

No se observa ninguna relación entre la variable de impacto ICP y las variables de valor biológico con excepción del riesgo en donde se observa un paralelismo general, esto es, hay mayor impacto en los cuadrantes con mayor grado de riesgo de las especies de mamíferos marinos (tasa de incremento en la regresión lineal log-log de 0.19, índice de regresión $r^2=0.20$, Figura 36).

El espacio de estas gráficas se uniformizó para determinar la distancia al origen y la pendiente de los puntos (cuadrantes) como criterios para determinar prioridades de conservación por las tres variables de valor biológico. Primero se hizo un mapa de prioridades intrínsecas de conservación sin consideración a ningún impacto (Figura 37) y en él se observa que en la boca del golfo se estima una prioridad de conservación en general baja debida a la alimentación y a la crianza que se concentra hacia la costa Sur en Jalisco y Nayarit. Se registran zonas con prioridad media de conservación por la crianza en la Bahía de Banderas así como por la crianza y el consumo de energía entre este lugar y la Isla Isabel. La prioridad de conservación obedece mayormente al estado de riesgo de las especies al Norte de la latitud 23° N y se vuelve de media a alta al Norte de la latitud 28° N. En la costa peninsular se estima una prioridad de conservación media a alta tanto por el riesgo de las especies como por su consumo de energía y su crianza. Sitios con altos valores biológicos los hay en la región pelágica en las latitudes $23-24^\circ$ N y en los alrededores de la Bahía de Santa María, Sin. por el riesgo, los alrededores de la Isla San Pedro Mártir por el consumo y las aguas frente a San Luis Gonzaga y San Felipe por la crianza, el consumo y el riesgo (Figura 37).

Se hizo también un mapa de prioridades de conservación ante el impacto conjunto de la contaminación y la pesca, mediado por el consumo y la abundancia (Figura 38). Este mapa indica prioridad de conservación baja a media por la crianza y el consumo desde la Bahía de Banderas, Jal.-Nay. hasta la boca del Río San Lorenzo, Sin., prioridad media a alta por el riesgo y la crianza en la costa de Baja California Sur, prioridad media a alta por el riesgo y el consumo en la costa Sur de Sonora y prioridad media a alta en el lado occidental del Alto Golfo por las tres variables de valor biológico, especialmente por el riesgo de las especies en el que importa la vaquita en términos cuantitativos y cualitativos (Figura 38). Este mapa es incompleto por los datos de contaminación y para remediar este problema parcialmente, se hizo un mapa de prioridades de conservación ante el impacto de la pesca el cual tiene una cobertura geográfica completa (Figura 39). Este mapa tiene el patrón descrito del mapa de la Figura 38 pero en él se añaden con prioridad baja a media la costa Norte de Sinaloa y Sur de Sonora por el riesgo y el consumo, la Región de las Grandes Islas con prioridad media a alta por las tres variables de valor biológico y la parte oriental del Alto Golfo con prioridad media a alta por el riesgo de las especies y el consumo (Figura 39).

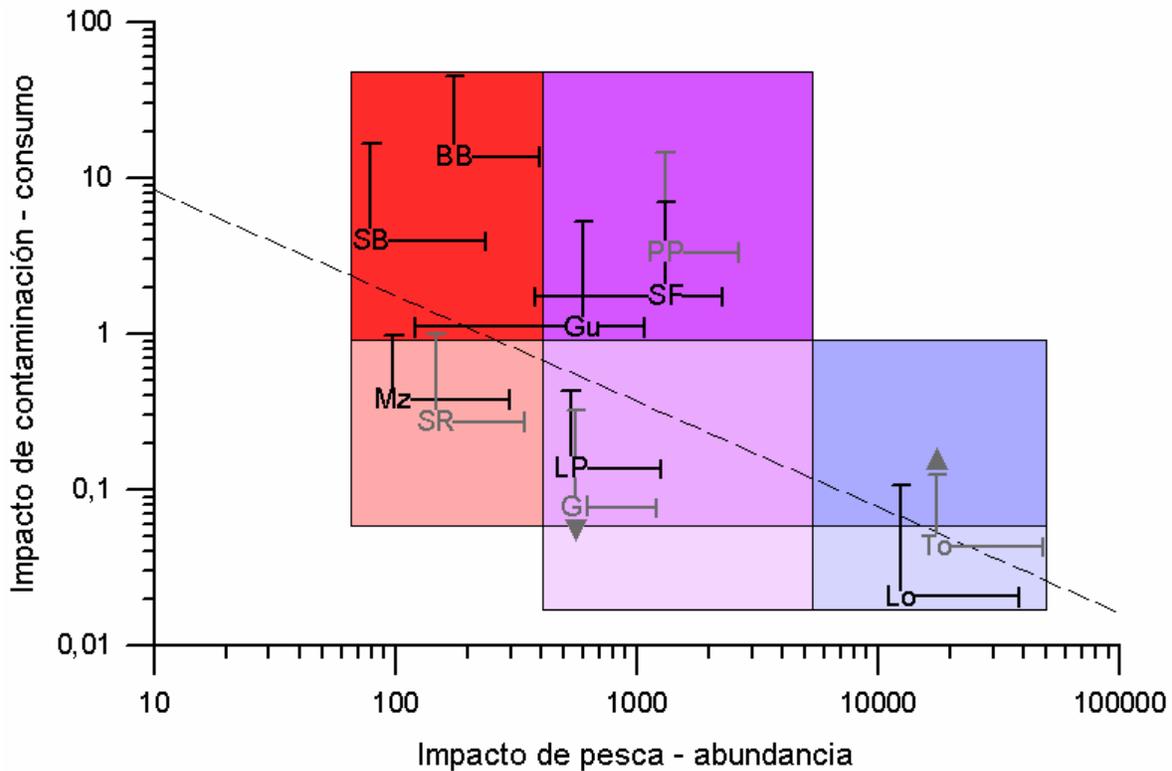


Figura 34. Impactos interpolados de la pesca y la contaminación, mediados por la abundancia y el consumo, promediados en las 11 regiones definidas por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003). Con áreas de color, se indica la identificación de los grupos de impacto, cinco registrados y dos posibles. Las zonas sin datos de contaminación pero con valores estimados por interpolación se indican en gris y su relocalización posible ante mediciones de contaminación se indica con una flecha. La línea discontinua indica la regresión lineal.

Seis especies de mamíferos marinos del Golfo de California se encuentran en categorías con grados bien definidos de riesgo en la clasificación de la IUCN (2009, Tabla 1). Once especies más, muestran una ocurrencia de crianza y/o consumo de energía en promedio mayores en el Golfo de California con respecto al Pacífico mexicano adyacente y por lo tanto, estas especies tienen prioridad de conservación en esta región por estos dos criterios (Figura 40). Debe recordarse que la abundancia y sobre todo, la crianza de los pinnípedos no son determinables con datos de cruceros pues muchos de estos animales se encuentran en tierra descansando o criando. Por ello, este análisis comparativo de consumo y crianza se hizo solamente para los cetáceos pero se ha incluido en la lista de especies prioritarias al lobo marino por la extensa documentación que sobre esta especie existe (p.ej. Szteren *et al.* 2006, Zavala-González 1993).

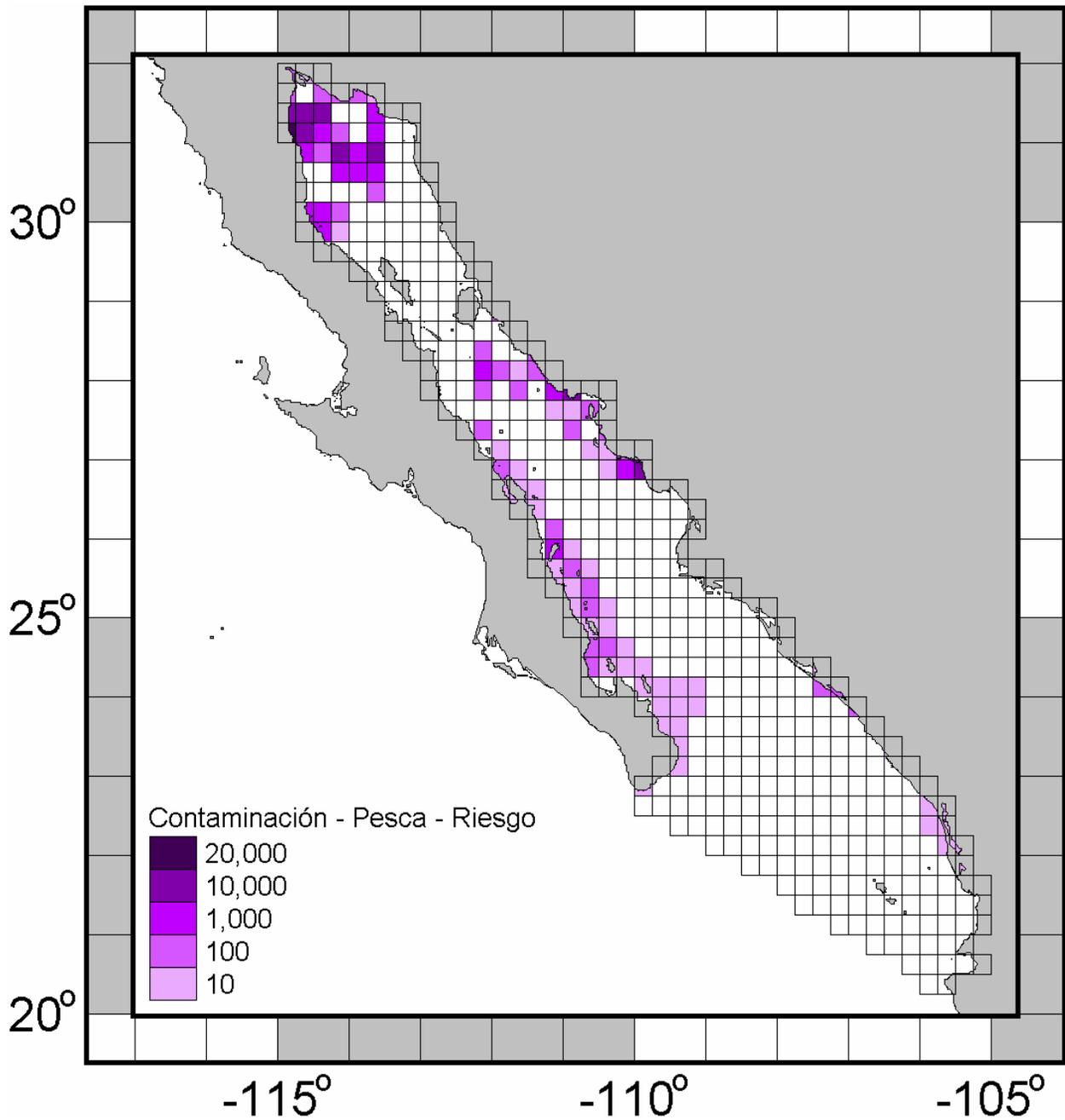


Figura 35. Impacto de la contaminación y la pesca en conjunto sobre los mamíferos marinos (ICP) mediado por sus interacciones con el consumo de energía y la abundancia y ponderado por el riesgo de las especies medido como la frecuencia relativa de las categorías de riesgo 1-4 de la IUCN.

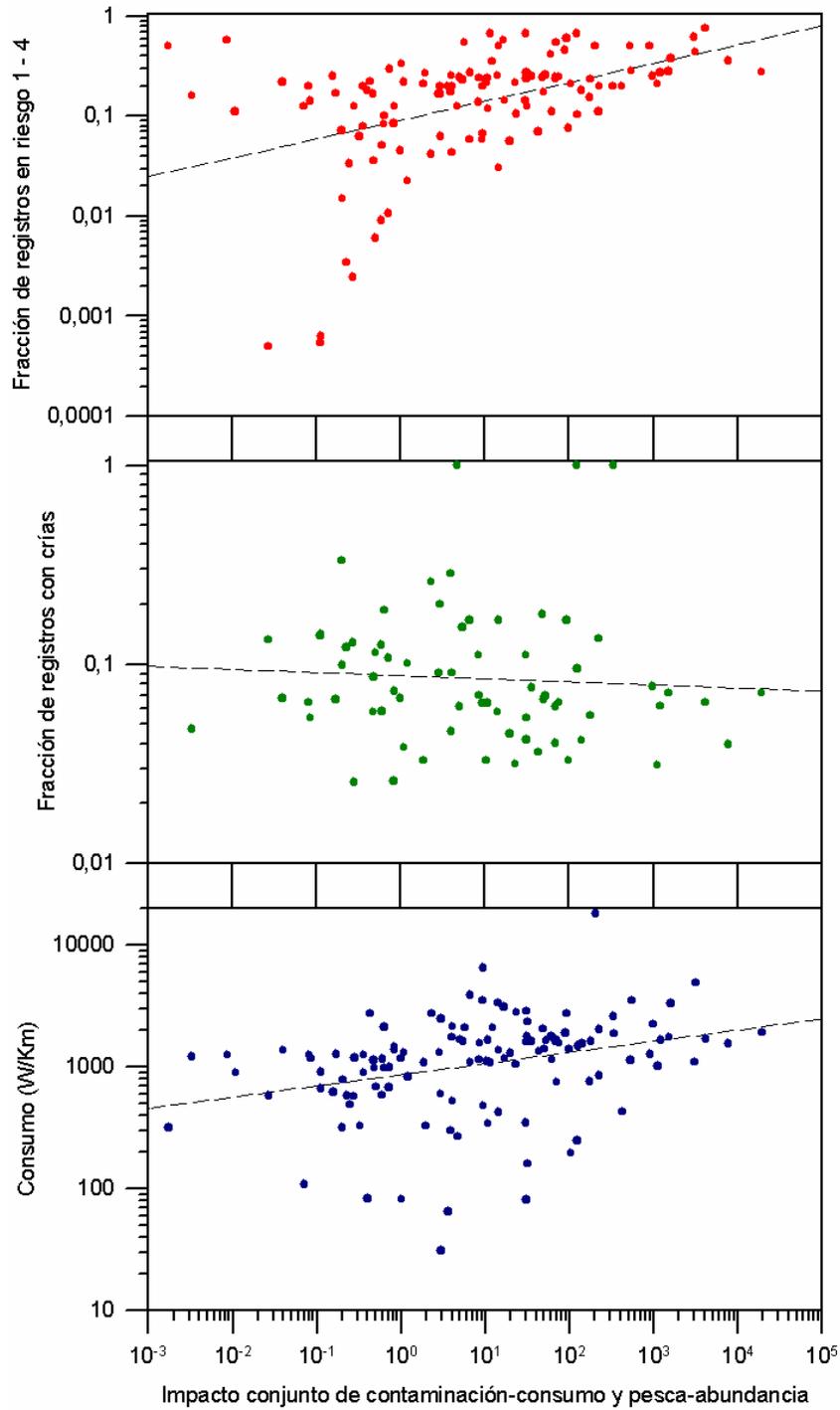


Figura 36. Impacto conjunto de la contaminación y la pesca sobre la mastofauna marina, mediado por el consumo de energía y la abundancia, comparado al grado de riesgo, la crianza y el consumo de energía en los cuadrantes. Las líneas discontinuas indican la regresión lineal.

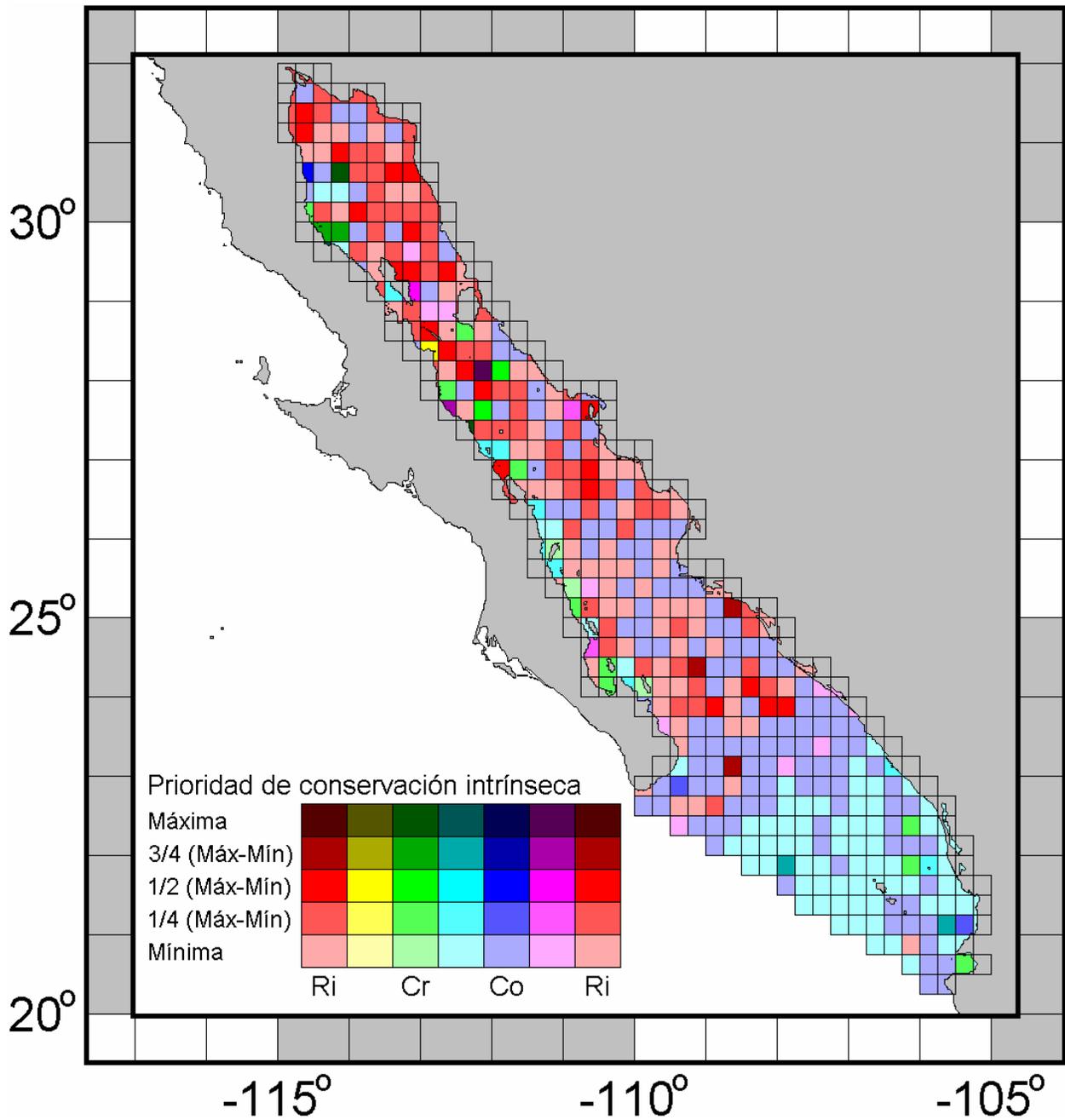


Figura 37. Prioridad intrínseca de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.

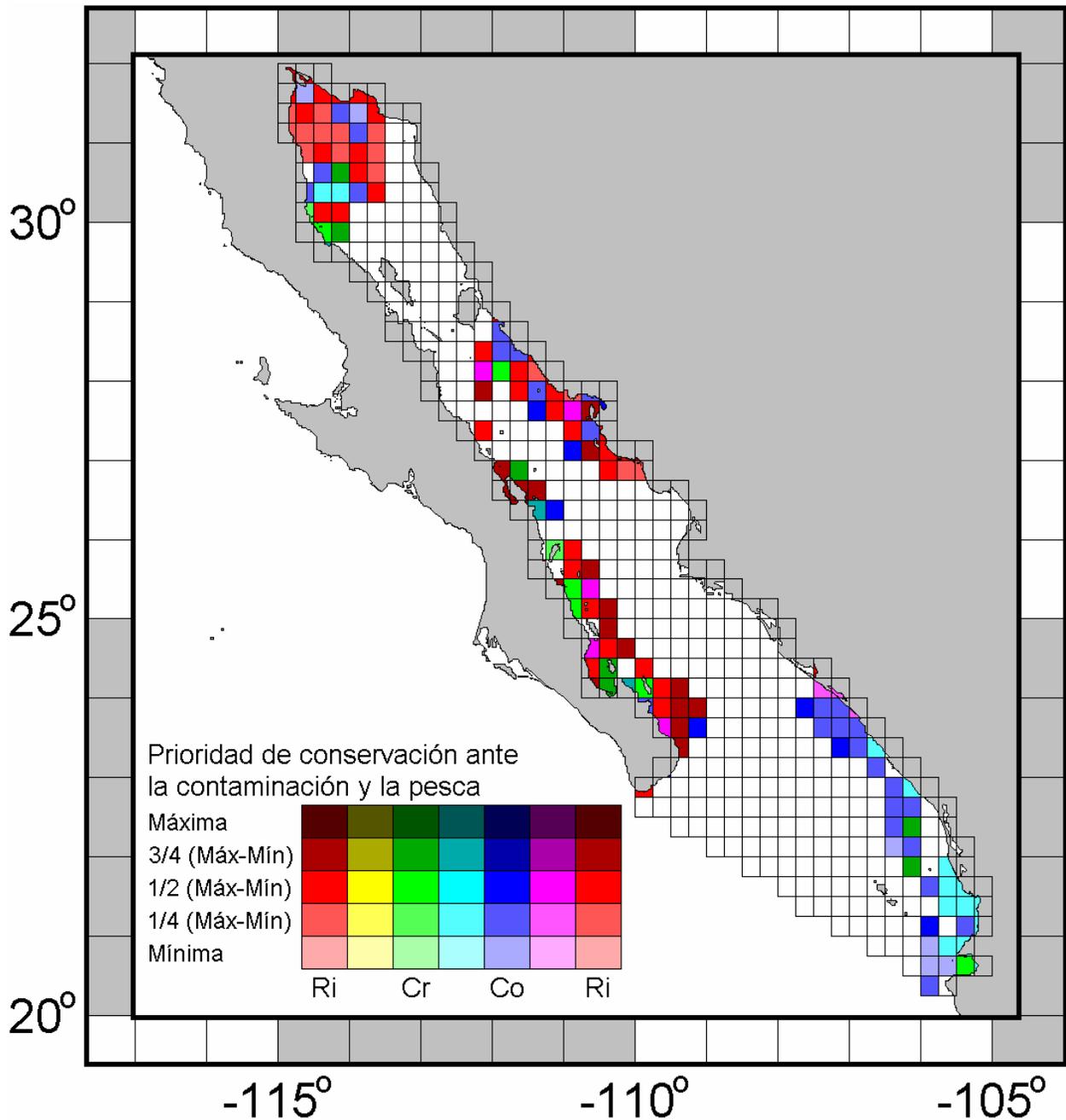


Figura 38. Prioridad de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California ante el impacto conjunto de la contaminación y la pesca, mediados por el consumo y la abundancia, con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.

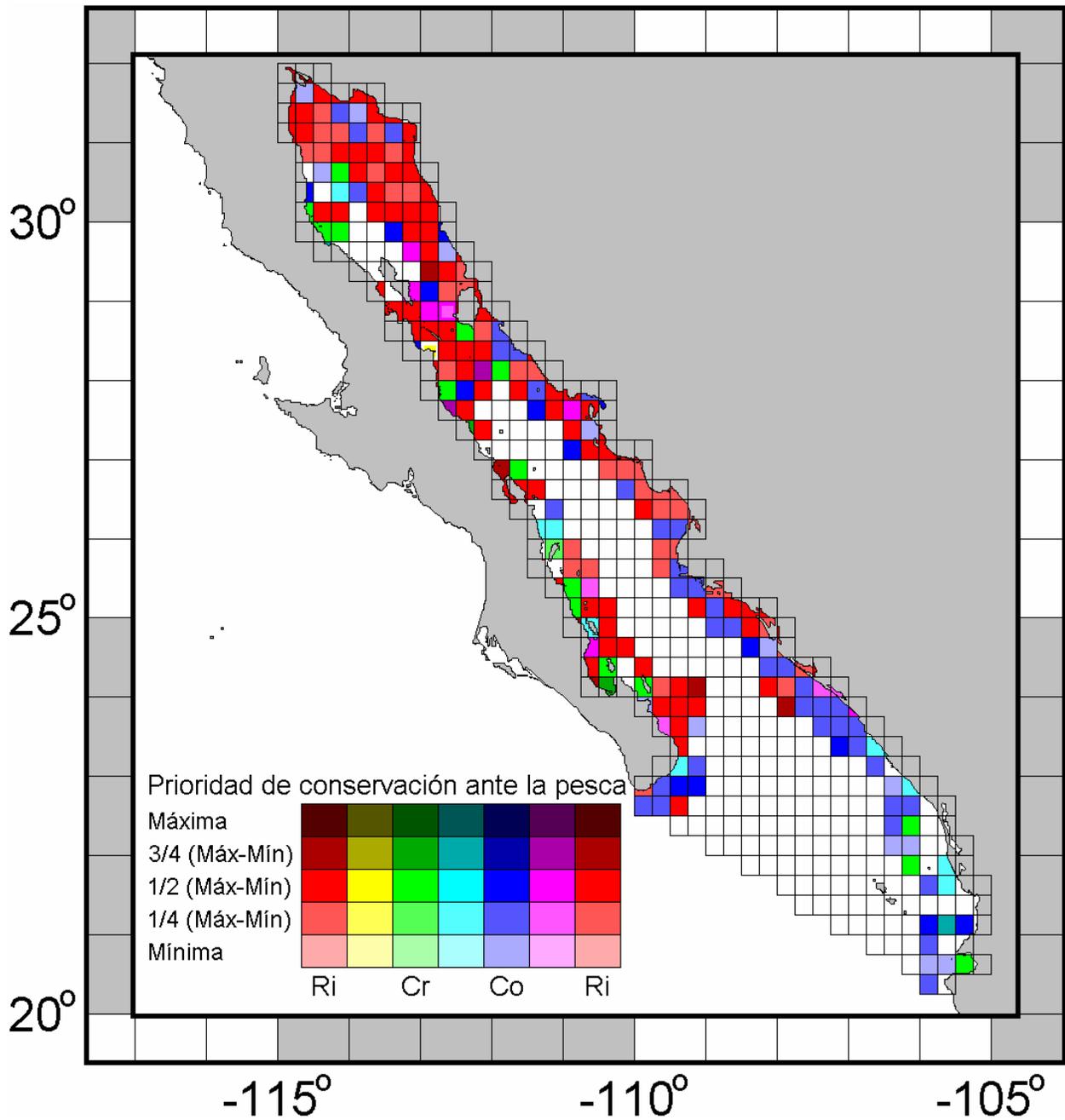


Figura 39. Prioridad de conservación de la mastofauna marina del Golfo de California ante el impacto de la pesca, mediado por la abundancia, con los criterios de riesgo global de las especies (Ri, rojo), crianza (Cr, verde) y consumo de energía (Co, azul) y sus combinaciones.

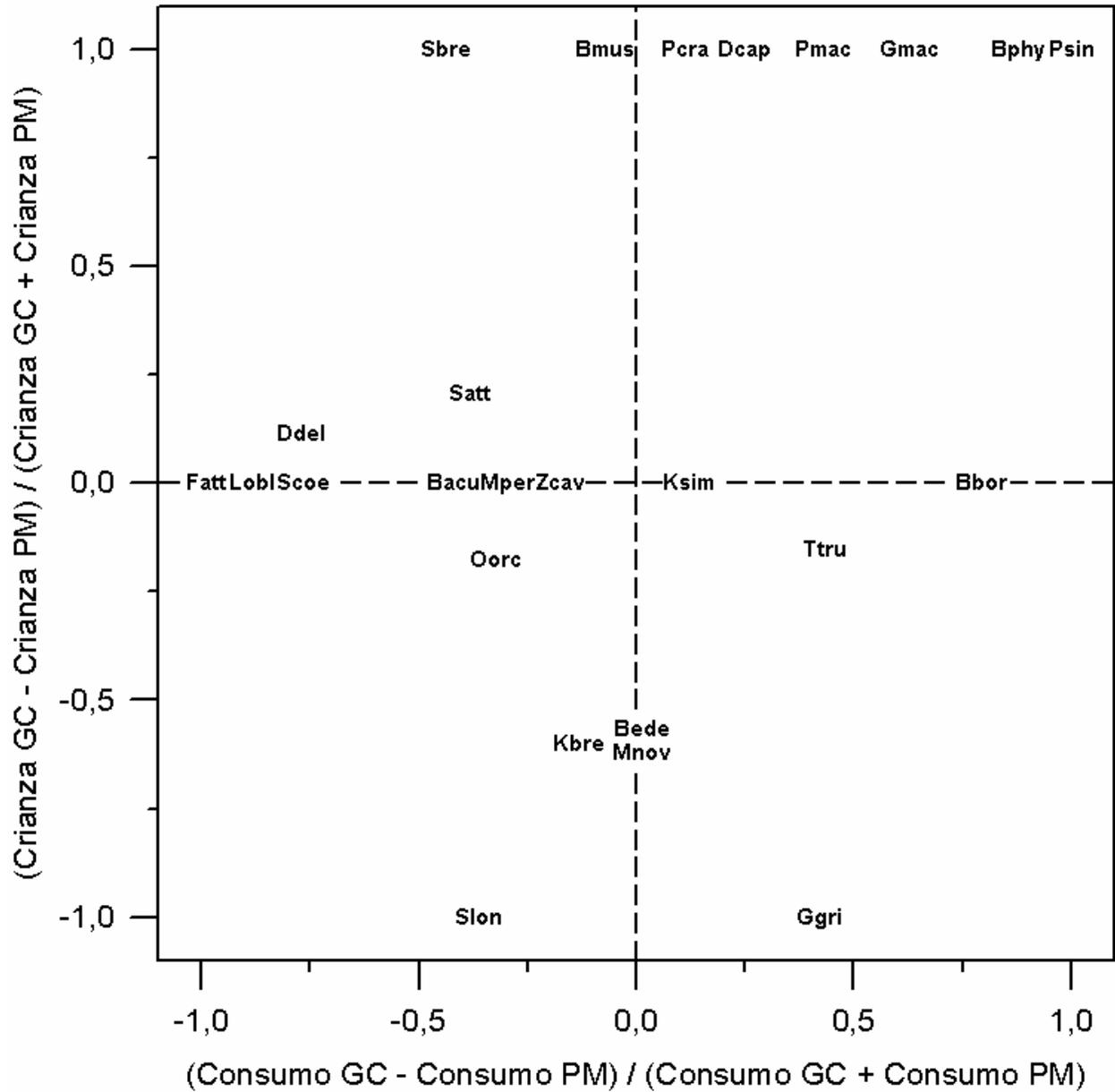


Figura 40. Comparación de los valores de consumo de energía y crianza promedio de 25 cetáceos en el Golfo de California (GC) y Pacífico mexicano adyacente (PM). Las líneas discontinuas indican el nivel en donde las variables de prioridad de conservación son iguales para ambas regiones. La identidad de las especies se indica con una abreviatura formada por la primera letra de su nombre genérico y las tres primeras letras de su nombre específico (Tabla 1).

6.4. Discusión

A pesar de que los datos examinados sobre contaminación no cubren cuatro de 11 regiones del Golfo de California definidas por el monitoreo de calidad de agua de la SEMAR (2003), una interpolación de corto alcance ha permitido determinar un patrón espacial general de dos tipos de contaminación (Figura 27) y su impacto en la mastofauna marina (Figura 28).

La boca del golfo entre Bahía de Banderas y Mazatlán presenta el mayor grado de contaminación en el golfo para los dos parámetros analizados y el cual se debe fundamentalmente a coliformes fecales en la región de Mazatlán y a coliformes fecales y sólidos suspendidos en las regiones de San Blas y Bahía de Banderas (Figura 27). Es probable que estos contaminantes provengan en su mayoría de los desechos urbanos locales así como de las descargas de algunos ríos como el Ameca y el Río Grande de Santiago que acarrean diversos vertidos como agroquímicos y que en su recorrido captan las aguas residuales de grandes zonas metropolitanas como Guadalajara y Tepic. Para el periodo 2000-2002 en la Bahía de Banderas, Cortés-Lara (2003) reportó niveles de coliformes fecales que rebasaron los límites permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 para uso recreativo que deben ser menores a 200 NMP/100 mL y para la vida marina que deben ser menores a 500 NMP/100 mL (SEMAR 2003). En los datos de la SEMAR (2004-2007) examinados en la presente investigación, también se observaron valores muy elevados de coliformes fecales para algunas estaciones de monitoreo en varios meses de los cuatro años analizados. Por ejemplo, la Cruz de Huanacastle presentó 15,000 NMP/100 mL en Abril de 2007; la estación Río Pitillal presentó 240,000 NMP/100 mL y Bucerías 110,000 NMP/100 mL para Octubre de 2007.

Las bacterias coliformes fecales son indicadores de contaminación biológica ya que su ausencia o su presencia en concentraciones bajas, indican en general, ausencia o concentraciones bajas de otros patógenos. Grunnet (1978) señala que en concentraciones mayores de 100,000 NMP/100 mL de coliformes fecales, hay un 50 % de probabilidad de encontrar *Salmonella*. La descarga de aguas negras es una fuente de bacterias patógenas como estreptococos, estafilococos, *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio* así como virus de la hepatitis y la poliomielitis que al ser vertidos en el océano, representan un riesgo para la salud pues algunos microorganismos logran sobrevivir en concentraciones suficientes para causar enfermedades como tifoidea, paratifoidea, gastroenteritis, hepatitis y poliomielitis. Estas enfermedades pueden afectar a la gente que nada en las playas y que consume bivalvos (Delgadillo-Hinojosa *et al.* 1987). Las bacterias coliformes fecales sólo se multiplican dentro del tubo intestinal de organismos homeotermos (Cortés-Lara 2003) haciendo a los mamíferos marinos vulnerables a infecciones por estos microorganismos y dispersores suyos (Dunn *et al.* 2001, Gulland & Hall 2005).

La contaminación en las regiones de Bahía de Banderas y San Blas es alta con respecto a la población humana registrada en el censo del INEGI del año 2000 en comparación a otras regiones del Golfo de California (Figuras 33, 34) debido a un fuerte aporte de contaminación tierra adentro acarreada por varios ríos así como por los contaminantes provenientes de zonas costeras densamente pobladas. El detonante para el crecimiento de la población humana en sitios como Puerto Vallarta, Mazatlán y Los Cabos desde la segunda mitad del siglo XX, ha sido el desarrollo turístico (Padilla y Sotelo 2000). Los resultados de esta tesis muestran focos importantes de contaminación CF en algunos sitios del golfo como Mazatlán y Bahía de Banderas (Figura 27) en los que hay un intenso y extenso desarrollo urbano turístico. La práctica del turismo intensivo en México se ha desarrollado en las últimas décadas con deficiente planeación urbana y social, y sin consideración en muchos casos, de la protección al medio ambiente terrestre y marino (Molina 1991). Prueba de ello es que siendo Bahía de Banderas parte del Golfo de California de acuerdo a la comunidad académica con base en diferentes estudios oceanográficos y biológicos (p.ej. De la Lanza-Espino 1991), el Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (SEMARNAT 2009) no incluye a esta bahía en sus políticas ambientales puesto que el límite Sur del golfo deja fuera a esta región biológicamente importante de su delimitación territorial. La Bahía de Banderas constituye una zona de reproducción y crianza importante para varios mamíferos marinos entre los cuales destaca la ballena jorobada que es objeto de una industria turística intensa y desordenada que tiene efectos negativos diversos en la ecología reproductiva de esta especie (Díaz Gamboa 2005, Ladrón de Guevara Porras 1995, Medrano González & Urbán Ramírez 2002, Medrano González *et al.* 2006, 2007b, 2008bc). Menos conocido es que en la Bahía de Banderas habitan poblaciones locales de toninas y cachalotes enanos (Pompa Mansilla 2007, Vilorio Gómora 2007) y que en ella se alimentan y/o se reproducen otros mamíferos pelágicos como el delfín moteado (*Stenella attenuata*), el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), el delfín tornillo, la orca falsa (*Pseudorca crassidens*) y la ballena sardinera (Medrano González *et al.* 2005, 2007ac, 2008a). En la Bahía de Banderas el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM ha estudiado la mastofauna marina de la Bahía de Banderas desde 1982 y en una primera síntesis, Salinas Zacarías & Bourillón Moreno (1988) reconocieron que la Bahía de Banderas es un hábitat importante para algunos mamíferos marinos así como un modelo de la mastofauna marina en escala amplia al estar en una zona de transición oceanográfica y biogeográfica. La investigación de los mamíferos marinos por la Facultad de Ciencias UNAM está permitiendo valorar la importancia de la Bahía de Banderas para estos animales como parte de su importancia biológica global reconocida en el Taller de evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México (2005) y en el cual, la región se definió como el sitio prioritario 36, Chacala-Bahía de Banderas, por su importancia para el apareamiento, reproducción y crianza de la ballena jorobada y para el mantenimiento de poblaciones residentes de pequeños cetáceos (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA 2007). La vida de los

mamíferos marinos en la Bahía de Banderas puede ser entonces importante para fines de conservación de estos animales a largo plazo en una escala geográfica amplia y por ello debe considerarse un sitio de alta importancia para la conservación de la mastofauna marina y en general de la diversidad biológica del Pacífico mexicano así como un laboratorio natural único para estudiar procesos ecológicos de gran escala geográfica.

El Norte del Golfo de California contiene importantes sitios prioritarios para la conservación, especialmente por el riesgo crítico de extinción de la vaquita la cual además es endémica (IUCN 2009, NOM-059-SEMARNAT-2001). En esta zona se encuentra la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (CONANP 2009) la cual se decretó para proteger el hábitat de este y otros cetáceos, del lobo marino de California, de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) y de otras especies de importancia biológica. La costa de Sonora al Norte de Guaymas y el Alto Golfo son también zonas donde hay contaminación elevada con respecto a la escasa población humana en esas regiones (Figuras 27, 33, 34). Esta contaminación parece deberse a la presencia de unas pocas poblaciones humanas de tamaño considerable como Puerto Peñasco, Son. (26,810 habitantes) y San Felipe, B.C. (11,310 habitantes) y por otra parte a descargas no del todo caracterizadas como la del Río Colorado que pasa por los estados de Colorado, Utah, Arizona, Nevada y California en los Estados Unidos de América y a descargas en México de actividades agrícolas, extractivas e industriales tierra adentro transportadas al golfo por ríos como el Concepción y el Yaqui (SEMAR 2003, CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA 2007). La contaminación en el Alto Golfo en su lado occidental proviene fundamentalmente del Río Colorado, mientras que la contaminación proveniente de fuentes remotas acarreada por corrientes marinas se acumula en el lado oriental del Alto Golfo (Álvarez Borrego & Galindo Bect 1974).

Es relevante atender la falta de datos accesibles sobre la contaminación en la región de Topolobampo en la frontera entre Sinaloa y Sonora en donde hay una alta actividad alimentaria de mamíferos marinos y en donde probablemente una alta fracción de ellos transita por estos sitios para alimentarse como es el caso del rorcual común (Martínez Villalba 2008). La falta de datos sistematizados y accesibles sobre contaminación en el Alto Golfo es asimismo necesaria por la importancia de esta zona para especies de mamíferos marinos en riesgo, particularmente la vaquita. Aún si se reconoce que las interacciones con la pesca son en la actualidad la principal amenaza para la vaquita y otros mamíferos marinos en el Golfo de California, una conservación viable de estos animales a largo plazo, requiere revertir una degradación ambiental que hasta ahora no se ha caracterizado debidamente.

Aunque en este trabajo se analizaron solamente los parámetros de contaminación SST y CF, éstos son indicadores que ponen en evidencia los principales focos de contaminación presentes en el golfo; las regiones que muestran niveles altos de contaminación por SST y principalmente por CF,

podrían presentar también otros tipos de contaminantes que suelen estar presentes en las aguas residuales de origen agrícola, industrial y urbano como son agroquímicos, otros compuestos orgánicos y metales pesados que podrían afectar a los mamíferos marinos a través de asimilarse en su alimentación e incluso por el contacto con su piel. Para aproximar la distribución espacial de la contaminación a partir de algunos datos focales, en este trabajo se hizo una interpolación de la contaminación como una función potencial negativa de la distancia en corto alcance que no representa un modelo de los procesos de difusión y transporte de los contaminantes en el mar pero que captura el patrón fundamental de dispersión cualesquiera que estos procesos sean. No conocemos que la contaminación en grandes extensiones de mar haya sido modelada o que se haya hecho alguna simulación de ella. La determinación de la contaminación en función de la dinámica hidrológica de grandes masas de agua es frecuentemente muy compleja (Ramírez Bernate & Diniz 2006).

Con excepción de las pesquerías de sardina y calamar, el mapa de la pesca difiere del de contaminación en la ausencia de actividad pesquera en las regiones pelágicas centrales del golfo (Figuras 27, 29, Apéndice 10.3). Probablemente esto es también cierto para la contaminación pero no es evidente en nuestro mapa obtenido por interpolación de datos fragmentados y/o por una cantidad pequeña de clases de color y tono (Figura 27). Es notable la alta y diversa actividad pesquera en el norte del golfo comparada a la pequeña población humana establecida (Figuras 32, 33). Esto demuestra primero, que la pesca tiene una altísima importancia social en esta zona que debe considerarse en acciones conjuntas de conservación y desarrollo social y segundo, que no todos los pescadores que pescan en esa región radican en las localidades del Alto Golfo, principalmente Golfo de Santa Clara, Puerto Peñasco y San Felipe. Esto indica la necesidad de estudiar los patrones de navegación asociados que generan contaminación biológica, química y por ruido seguramente no despreciable. El Alto Golfo exhibe gran relevancia social y económica para el sector pesquero, principalmente por la pesca de camarón y escama y por ello es que se han generado conflictos importantes entre los pescadores y las autoridades ambientales que plantean como una prioridad la conservación de la vaquita la cual está en riesgo crítico de extinción esencialmente por su muerte incidental en las redes agalleras (Rojas-Bracho & Taylor 1999, Jaramillo-Legorreta *et al.* 1999, 2007). La protección, conservación y recuperación de la vaquita es una alta prioridad nacional e internacional que es muy difícil lograr porque esta especie habita en un ambiente complejo en el que la captura incidental en redes pesqueras es la primera causa de muerte pero en el cual también, el cauce disminuido del Río Colorado y el deterioro ambiental asociado a ello así como una considerable endogamia en su población (Rojas-Bracho & Taylor 1999, Rosel & Rojas-Bracho 1999), hacen un escenario de sinergia adversa contra la sobrevivencia de la especie. Aún si el Norte del Golfo de California alberga varias especies de mamíferos marinos con algún grado de riesgo, la vaquita constituye sin duda la

mayor prioridad de conocimiento y conservación de la mastofauna marina no sólo de la región sino de todo nuestro país.

Nuestro análisis de clasificación (Figura 30) muestra dos grupos bien diferenciados. El primero de ellos incluye a especies poco abundantes en el golfo, de hábitos principalmente pelágicos y de las cuales no existen datos de interacciones pesqueras. En este grupo se encuentran tres pinnípedos poco comunes en la región a diferencia del lobo marino de California el cual es abundante y presenta frecuentes enmallamientos y otras interacciones pesqueras (Sección 6.1, Figura 30). En el Golfo de California la foca común es rara y no hay datos de que interactúe con las pesquerías pero Miller *et al.* (1983) calculan que en California mueren todos los años ca. 200 individuos de esta especie en pesquerías de altura con redes de enmalle y en las pesquerías de subsistencia del Río Klamath donde se utilizan redes de enmalle para la captura de salmones. Al igual que en el Golfo de California, no hay datos de interacciones del lobo fino de Guadalupe con pesquerías en el Pacífico Centrorienta. De la foca elefante del Norte hay registros de algunos enmallamientos en pesquerías pelágicas (Northridge 1985). El delfín de dientes rugosos es una especie rara en el golfo pero en otras partes del Pacífico interactúa con pesquerías de atún (Northridge 1985). El delfín cabeza de melón raramente interactúa con las pesquerías (Perrin 1976). La orca falsa suele robar presas de los palangres y ha llegado a enmallar en el Pacífico Centrorienta, La orca suele interactuar con los artes de pesca pero sin algún patrón reconocible. Del zífido de Baird no hay datos de interacciones con pesquerías en otras regiones del Pacífico y el cachalote pigmeo es tan poco común en toda su distribución, que los registros de interacciones con la pesca son muy escasos (Northridge 1985). En el grupo de baja interacción también se encuentran a las especies del género *Balaenoptera* las cuales presentan poca o ninguna incidencia de interacciones pesqueras en el golfo. En el Pacífico Centrorienta, las especies de este género tampoco presentan alta incidencia de interacciones pesqueras con excepción de la ballena sardinera que interactúa con la pesca de sardina en el Golfo de California (Gallo-Reynoso 2003).

Los mamíferos con alta interacción con la pesca incluyen especies tanto costeras como pelágicas. La ballena jorobada, la ballena gris y la vaquita conforman un subgrupo debido a que interactúan con las pesquerías de camarón, peces cartilagosos y escama (Nájera 2003, Rodríguez 2004) lo que es para la vaquita un severo e importante problema de conservación biológica y desarrollo social (Rojas Bracho *et al.* 1999, 2006, Vidal *et al.* 1989). Los odontocetos son predominantes en este segundo grupo de especies siendo la tonina la especie con mayor diversidad de interacciones. Esto se debe en parte a que la tonina es abundante y está ampliamente distribuida en el golfo (Figura 10). Los delfines en general, son abundantes y están ampliamente distribuidos en el golfo (Figura 7) y esto aunado a sus hábitos oportunistas de alimentación, parecen las principales razones de su alta incidencia en interacciones con la pesca. Desde 1959, millones de delfines de los géneros *Stenella* y *Delphinus*

(principalmente delfines moteados, *S. attenuata*), han muerto en el Pacífico Oriental Tropical por la pesquería de atún con redes de cerco que opera sobre una estrecha asociación aún no bien comprendida entre delfines y atunes (Hammond & Kao-Tsai 1983). Guzón Zatarain (2006) así como Miller *et al.* (1983) refieren la interacción y la vulnerabilidad del calderón de aletas cortas en redes de enmalle para pesca de tiburón y afines. Estos autores señalan también que este delfínido suele ahuyentar a los calamares haciendo que se alejen de las redes de los pescadores. Se desconoce si este fenómeno se presenta en el Golfo de California. Las interacciones con redes de enmalle para tiburón y otras afines aplican también a los zífidos, el cachalote y el cachalote enano. El lobo marino común se agrupa con la tonina porque ambas especies interactúan con la pesca deportiva. Las pesquerías que muestran más interacciones con la mastofauna marina son la de peces cartilaginosos, la de escama y la de camarón siendo la pesca de esquema la que mayor diversidad de artes emplea con ocho (Figura 30).

Existen muchos factores de la conducta y la ecología de los mamíferos marinos y de sus presas que pueden influir en la ocurrencia de las interacciones pesqueras (Northridge 1985). Lo discutido sobre nuestro esquema de interacción (Figura 30) y la documentación hecha, sugiere que la interacción obedece al traslape de zonas de alimentación de los mamíferos y de pesca de los humanos y a la combinación directa de la intensidad del esfuerzo pesquero y la abundancia de los mamíferos marinos. Esto es particularmente relevante para la problemática del Golfo de California porque varios mamíferos habitan en este mar con una alta abundancia y diversidad (Figuras 8, 9, 12) debidas a la disponibilidad de alimento que se refleja como una alta proporción de consumo en comparación al océano adyacente (Tabla 4). La abundancia y la amplitud de la distribución de los mamíferos son los determinantes esenciales de la ocurrencia de interacciones de estos animales con la pesca y con ello también de su documentación. Sin embargo, hay factores intrínsecos a la biología de las especies que condicionan este tipo de interacción y que definen hechos como el que algunas especies comunes y relativamente abundantes en el Golfo de California, como la ballena azul, el rorcual común y la ballena sardinera, interactúan en forma casi nula con la pesca a diferencia del cachalote que tiene hábitos exclusivamente pelágicos. Asimismo, factores específicos asociados al modo de vida, son los que determinan lo que parece una mayor proclividad y mortalidad intrínseca por la interacción pesquera en los mamíferos pelágicos comparados a los costeros cuya tasa mayor de interacción obedece naturalmente a su mayor abundancia en las costas. La particular geografía y topografía del Golfo de California en la que los ambientes costeros y pelágicos son poco extensos y están estrechamente relacionados por diversos y singulares fenómenos oceanográficos, hacen en el Golfo de California una situación de la interacción entre mamíferos marinos y pesquerías única y compleja que debe estudiarse y atenderse en el corto plazo.

Los impactos de la pesca y de la contaminación sobre los mamíferos marinos comparados tienen una relación inversa a nivel regional en el Golfo de California (Figura 34) y esto junto con la determinación de prioridades de conservación con tres criterios de valor biológico ante ambos tipos de impacto (Figuras 35, 36, 37, 38, 39), permite identificar las siguientes problemáticas, estrategias y prioridades a la conservación de la mastofauna marina:

1) Que la relación de los impactos de la contaminación y la pesca sea inversa implica que todo el Golfo de California requiere la atención de alguna combinación de impacto a los mamíferos marinos por la contaminación y la pesca. Esto significa en general que dicha conservación debe hacerse con una perspectiva de amplia escala geográfica e integral sobre los impactos de diferentes actividades humanas. La relación inversa general entre los impactos IP e IC ocurre a nivel de las 11 regiones definidas por el muestreo de calidad de agua de la SEMAR (2003), (Figura 34) y sugiere diferentes relaciones posibles de exclusión entre el desarrollo social por la pesca y por otras actividades costeras, especialmente el turismo. En virtud de la gran importancia del tránsito de los mamíferos marinos en la región, esfuerzos aislados de investigación y conservación en zonas pequeñas son probablemente poco efectivos a largo plazo al no atender las necesidades completas de conservación de estos animales. No obstante, muchos esfuerzos aislados y en pequeña escala son relevantes al atender aspectos cruciales de situaciones críticas. Las estrategias aisladas de desarrollo de los gobiernos estatales y la falta de efectividad de un plan federal integral que procuren un desarrollo social sustentable que valore la conservación de la singular biodiversidad del Golfo de California, es tal vez la situación de mayor amenaza para este mar y sus costas por encima de los muchos esfuerzos civiles y gubernamentales por conservarlo que son insuficientes ante los muchos y fuertes intereses de aprovechamiento económico y los severos atrasos de desarrollo social de la región.

2) Que la relación inversa entre los impactos de la contaminación y la pesca sea $IC \propto IP^{-0.68}$ (Figura 34) implica que el impacto de la pesca tiene una mayor tasa de cambio con respecto a la pesca y que por lo tanto, su atención es prioritaria a corto plazo sobre los problemas de contaminación. Esto es particularmente claro en la vaquita que se encuentra en riesgo crítico de extinción por la alta mortalidad que presenta esta especie en redes agalleras para la pesca de escama y camarón (Rojas-Bracho *et al.* 2006). El impacto de la pesca con respecto al de la contaminación asimismo parece una ley de superficie de la forma $IP^{2/3} \propto 1/IC$ que pudiera derivar del hecho de que el impacto de la pesca se calcula sobre la abundancia de los mamíferos que es proporcional a su biomasa y el impacto de la pesca se calcula sobre el consumo de energía que tiene una relación de superficie con la biomasa (Figura 6). Si así se demostrara, esta relación significaría que el cambio de los impactos antropogénicos depende cercanamente de factores fisiológicos específicos de los animales que hasta ahora no han tenido ninguna consideración en asuntos de conservación hasta donde conocemos los responsables de esta tesis. No debe dejar de considerarse

la posibilidad de que la relación potencial observada a nivel regional entre los impactos IC e IP obedece a una relación funcional directa entre la pesca y la contaminación a través de modos de cambio dependientes de dinámicas de desarrollo social. La pesca es una actividad más antigua que la industria y el turismo y ocurre también en grandes extensiones de costas y algunas zonas pelágicas a diferencia de la industria y el turismo que se concentran en algunos focos de desarrollo urbano. Los impactos ambientales de la pesca se han intensificado, diversificado y extendido durante el siglo XX y su relación con otras actividades humanas ha cambiado (p.ej. Berkes *et al.* 2006, Payly & Maclean 2003). En México, el desarrollo urbano en las costas, particularmente el asociado al turismo, ha modificado la estructura social de las comunidades de pescadores y ha deteriorado el medio natural por la destrucción directa de hábitats y la contaminación (Molina 1991). El crecimiento urbano entonces, ha impactado social y ecológicamente en forma negativa a la pesca ribereña en México haciendo que esta actividad se extienda a nuevas zonas con nuevos modos de operación que implican impactos nuevos en el ambiente.

3) La costa de Sonora, la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo presentan el mayor impacto conjunto de la contaminación y la pesca a los mamíferos marinos (Figura 34) y su conservación es la de mayor prioridad también por registrar el mayor grado de riesgo de las especies que ahí habitan, especialmente la vaquita. La costa de Sinaloa y Sur de Sonora presenta prioridad de conservación por un alto impacto al consumo de energía y a la condición de riesgo de los mamíferos marinos. La costa de Baja California Sur es también importante para la conservación por su alta diversidad (Capítulo 4) y valor biológico en los tres criterios analizados, esto es, el grado de riesgo de las especies, el consumo de energía y la crianza. La costa de Jalisco, Nayarit y Sur de Sinaloa presenta una prioridad de conservación menor a las otras mencionadas lo cual se debe fundamentalmente a una baja ocurrencia de especies en riesgo. Sin embargo, esta región tiene un valor evidente para la alimentación y la crianza de varias especies de mamíferos marinos y enfrenta una alta afectación por la contaminación que debe remediarse en el mediano plazo (Figuras 35, 37, 38, 39).

4) En el Golfo de California hay un paralelismo general entre el estado de riesgo de los mamíferos marinos y el impacto global de la contaminación y la pesca (Figura 36). Las especies en riesgo ocurren predominantemente al Norte de la latitud 23° N y el grado de riesgo global se incrementa hacia el Alto Golfo en donde habita la vaquita (Figuras 14, 37). Esta alta ocurrencia de especies en riesgo es única del Golfo de California por lo menos en el Pacífico Oriental Tropical (Rosales Nanduca, en elaboración) y confirma con métodos analíticos en una perspectiva macroecológica y del impacto humano, que el Golfo de California es un refugio para los mamíferos marinos que ahí habitan y que se encuentran en diferentes categorías de riesgo de extinción por la IUCN. Definir al Golfo de California como un refugio para la mastofauna marina no es un mero juicio subjetivo sino un resultado obtenido con métodos científicos que se

suma a los de numerosos académicos, ambientalistas y autoridades que antes llegaron a la misma conclusión por otras vías. Tal condición de refugio se explica sencillamente, aunque no trivialmente, a partir de las características físicas y biológicas de este mar, únicas en el mundo, que sostienen una alta biomasa y diversidad de mamíferos en una zona de transición oceanográfica de relevancia global para estos animales y también para los humanos (Capítulos 2, 3, 4, 5, Aguilar-Aguilar & Contreras Medina 2001, Ballance *et al.* 2006, Medrano González 2006, Medrano González *et al.* 2007ac, 2008a). Este trabajo muestra también que la condición del Golfo de California como refugio para la mastofauna marina está siendo afectada por diversas actividades humanas en el contexto de un desarrollo social desordenado y si se toma en cuenta que los mamíferos marinos son buenos indicadores del estado de los ecosistemas donde viven (Capítulo 2, Reddy *et al.* 2001, Aguirre & Tabor 2004, Bossart 2006, Moore 2008), debemos atender cómo el creciente aprovechamiento intensivo del golfo puede devastar irreversiblemente su diversidad biológica y los procesos que la conformaron por millones de años.

El análisis de las tres variables de valor biológico comparadas entre el Golfo de California y el Pacífico mexicano adyacente así como el recuento del impacto histórico, arroja 19 especies de mamíferos marinos con alguna prioridad de conservación en el golfo (Figura 40, Tabla 8, Capítulos 5, 7). Estas especies coinciden parcialmente con las ocho identificadas en el estudio de Enríquez-Andrade *et al.* (2005) basado en la consulta a expertos. Entre los mamíferos identificados con prioridad de conservación en este trabajo, once especies tienen prioridad sólo por un criterio, dos especies tienen prioridad por dos criterios, cuatro especies tienen prioridad por tres criterios, la vaquita es una de ellas y dos especies tienen prioridad por los cuatro criterios, éstas son, el rorcual común y el cachalote. Importa resaltar que casi todos los mamíferos marinos identificados como prioritarios para la conservación mediante el proceso analítico seguido aquí, se han documentado también a lo largo de este trabajo como relevantes en la historia, la economía y la ecología del Golfo de California y ellos son también en la actualidad, objeto de una intensa investigación científica orientada a conocerlos y protegerlos junto con los hábitats en los que viven (Guerrero Ruiz *et al.* 2006, Szteren *et al.* 2006, Urbán-Ramírez *et al.* 2005, Zavala-González & Mellink 2000)

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

7.1. Conclusiones

La diversidad de mamíferos marinos en el Golfo de California resulta de una mezcla de especies de origen tropical y de aguas frías y templadas y está conformada por 34 especies correspondiente a 30 cetáceos y cuatro pinnípedos a los que deben sumarse dos cetáceos más cuya ocurrencia en el golfo no está bien establecida.

La mayor riqueza de mamíferos marinos en un cuadrante de 0.25 grados de latitud y longitud, se estimó en 24 especies lo cual indica que hay heterogeneidad espacial de esta fauna. La mayor diversidad de mamíferos marinos se encuentra en la costa Suroriental de Baja California. Mapeos del consumo de energía y crianza sugieren que en este sitio, los animales llevan a cabo diferentes usos de hábitat incluyendo el tránsito entre el golfo y la región adyacente del Pacífico mexicano.

Las distribuciones de los mamíferos marinos por especie y por taxón son diferentes. Los mysticetos y los delfines ocupan casi toda el área del golfo teniendo los mysticetos una abundancia menor en la boca del golfo. Los zífidos, kógidos y fisetéridos se distribuyen en la región pelágica teniendo los zífidos una distribución más sesgada hacia el Sur y los fisetéridos más sesgada al Norte hasta la Región de las Grandes Islas. Los otáridos se distribuyen en las costas continentales e islas siendo menos abundantes hacia la costa continental sureña y particularmente más abundantes en la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo. Las focas son raras en todo el golfo. La vaquita tiene una distribución limitada en el Alto Golfo.

La clasificación de las especies de acuerdo a su distribución geográfica, mostró un arreglo anidado paralelo a la cobertura del espacio en el que hay heterogeneidad pero no conjuntos de especies diferenciados en zonas separadas. La mastofauna marina del Golfo de California puede considerarse así como un metaensamble el cual es conexo con la mastofauna del Pacífico adyacente a través del tránsito.

La tonina es la especie con mayor abundancia y cobertura de cuadrantes y a ella le siguen los delfines comunes, el delfin manchado y el lobo marino de California. Los grandes cetáceos con mayor cobertura y abundancia son La ballena de aleta, la ballena azul, la ballena jorobada y el cachalote. Las especies con menor cobertura son todas pelágicas y poco abundantes.

La biomasa y especialmente el consumo de energía de los mamíferos marinos en el Golfo de California, muestran en general una distribución que coincide con la de productividad primaria. La productividad y el consumo de mamíferos marinos son mayores al Norte de la latitud 23° N, especialmente en la Región

de las Grandes Islas, presentándose un área de productividad y consumo más bajos al Norte de la boca del golfo.

En el Golfo de California, hay dos zonas importantes con ocurrencia de crías, una desde la Bahía de Banderas hasta la latitud ca. 22° N tanto en la costa como en la región pelágica y otra en la costa de la Península de Baja California desde la Isla Cerralvo hasta las inmediaciones de Puertecitos, B.C. incluyendo el cinturón de las Grandes Islas. Valores bajos de crianza se encontraron en las costas de Sinaloa y Sonora y la región media del Alto Golfo.

Algunas zonas de crianza, como la Región de las Grandes Islas, coinciden con zonas de alta productividad primaria y alto consumo de energía pero otras no, como la zona Sur de la boca del golfo. Esto sugiere que la crianza de los mamíferos marinos depende de factores físicos (p.ej. la topografía) y biológicos (p.ej. ausencia de depredadores) que favorecen el cuidado de los recién nacidos.

La particular coincidencia entre altos valores de productividad primaria, el consumo y la presencia de crianza de los mamíferos marinos en la Región de las Grandes Islas, ha sido tal vez la condición que permitió el establecimiento de las poblaciones del lobo marino de California, la ballena de aleta y el delfín común de rostro largo.

Seis especies de mamíferos marinos del Golfo de California se encuentran en alguna categoría de riesgo superior a *Least Concern* (LC) de acuerdo a la IUCN (2009). Los resultados de la distribución de las distintas medidas del riesgo muestran que estas seis especies ocupan casi la totalidad del golfo al Norte de la latitud 23° N y que el grado global de riesgo es algo mayor en las costas y notablemente mayor hacia el Alto Golfo en donde habita la vaquita. Esta alta ocurrencia de especies en riesgo es única del Golfo de California y significa que este mar es un refugio para los mamíferos marinos que ahí habitan y enfrentan diferentes amenazas.

Las costas del Golfo de California han sido ocupadas por los humanos durante casi todo el Holoceno quienes desde su llegada aprovecharon la mastofauna marina para autoconsumo, principalmente delfines, lobos marinos y ballenas. Los delfines y los pinnípedos eran objeto regular de cacería y en esta investigación no se encontraron datos claros sobre la cacería y uso de las ballenas. Los principales grupos humanos con culturas definidas que se establecieron en la región del Golfo de California y que hicieron uso de los recursos marinos, fueron los cochimíes, guaycuras y pericúes en la costa peninsular y los yaquis y seris en la costa continental.

Durante la época colonial, grupos indígenas como los seris continuaron esta explotación de los mamíferos marinos y se agregaron a ella extranjeros (que llegaron al golfo con el objetivo primario de explotar perlas) cazando principalmente lobos marinos comunes. En el Golfo de California, estos

pinnípedos se cazaron sin restricción durante muchos años y a la cacería de subsistencia se le sumó la cacería intensiva para fines de comercio entre las Californias y Asia, principalmente de pieles de lobo marino y de nutrias.

La cacería comercial de ballenas en las costas de California inició a fines del siglo XVIII con balleneros provenientes primero de Inglaterra y luego también de los Estados Unidos de América cuyo objeto de pesca fue primero el cachalote y luego la ballena jorobada. También en este tiempo, el gobierno virreinal incentivó la cacería de los mamíferos marinos buscando estimular el desarrollo económico de la región. En ese tiempo, Don José Longinos documentó la cacería de ballenas para subsistencia de los nativos.

En la segunda mitad del siglo XIX se hizo relevante la cacería de la ballena gris, fundamentalmente por estadounidenses, en sus lagunas de reproducción de la costa Pacífica de Baja California y también dentro del Golfo de California. En un periodo de pocos años, esta cacería llevó a la especie al borde de su extinción.

También en la segunda mitad del siglo XIX, se hizo una cacería comercial de lobos marinos comunes por estadounidenses. En ese tiempo, tanto gobiernos liberales como conservadores otorgaron permisos en el Golfo de California para establecer la industria de explotación de pinnípedos y ballenas. Posteriormente se otorgaron permisos para explotar cetáceos en la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo.

Durante los siglos XIX y XX en el Golfo de California y Pacífico mexicano adyacente, se cazaron en forma comercial con autorización del gobierno mexicano la ballena gris, el calderón de aletas cortas y el lobo marino de California así como varios grandes cetáceos (englobados en los contratos con el término genérico de ballenas) que incluyen a la ballena azul, la ballena de aleta, la ballena de Sei, la ballena sardinera y el cachalote.

La amplia diversificación de actividades humanas en el mar durante el siglo XX significó una diversificación de impactos antropogénicos en los océanos y por lo tanto, también sobre los mamíferos marinos. La contaminación, el ruido, las pesquerías, la observación turística de vida silvestre, las colisiones con embarcaciones, las especies invasoras y el cambio climático global causan impactos diversos a los mamíferos marinos, ocasionados por los humanos que representan amenazas nuevas en la escala de la historia de la biosfera y la historia humana. Actualmente los mares mexicanos se han declarado como un refugio para los grandes cetáceos y todas las especies de mamíferos marinos están protegidas por la legislación nacional.

La región entre Bahía de Banderas y Mazatlán presenta el mayor grado de contaminación en el golfo, analizada en los parámetros SST y CF, siendo esencialmente por bacterias coliformes fecales en la región de Mazatlán y por

coliformes fecales y sólidos suspendidos totales en las regiones de San Blas y Bahía de Banderas. En su mayoría, estos desechos provienen de las descargas urbanas locales así como de las descargas de algunos ríos como el Ameca y el Santiago, que acarrean diversos vertidos desde tierra adentro.

En el Alto Golfo de California también se encontró un foco de contaminación tanto de bacterias coliformes fecales como de sólidos suspendidos totales que parece deberse a algunas pocas poblaciones humanas y a descargas no del todo caracterizadas de algunos ríos como el Colorado, el Concepción y el Yaqui.

Se registró un alto nivel de contaminación por coliformes fecales en la región de Guaymas y un bajo nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en la costa oriental de Baja California Sur. No se contó con información sobre la contaminación SST y CF en la región entre Sinaloa y Sonora en la cual existe una alta actividad alimentaria de mamíferos marinos.

La pesca ribereña se practica a lo largo de toda la costa del Golfo de California y es una actividad productiva esencial para los habitantes de esta región. Las principales pesquerías ribereñas en la región son las del camarón y otros crustáceos, calamar, equinodermos, peces cartilaginosos, sardina, escama y pesca deportiva. Las áreas sumadas de las pesquerías individuales, como una medida de la intensidad pesquera, muestran valores altos a lo largo de toda la costa continental del golfo, la Región de las Grandes Islas, el Alto Golfo y la costa de Baja California Sur.

La clasificación de las interacciones entre pesquerías y mamíferos marinos, muestra un grupo de mamíferos poco abundantes en el golfo, de hábitos principalmente pelágicos y de los cuales no existen datos de interacciones pesqueras. Hay un segundo grupo de mamíferos con alta interacción el cual incluye especies costeras y pelágicas. Los odontocetos son predominantes en este segundo grupo de especies siendo la tonina la especie con mayor diversidad de interacciones. Las pesquerías que muestran más interacciones con la mastofauna marina son la de peces cartilaginosos, la de escama y la de camarón siendo la pesca de escama la que mayor diversidad de artes emplea.

La interacción entre mamíferos marinos y pesquerías obedece al traslape de de la distribución de los mamíferos y de la pesca de los humanos y a la combinación directa de la intensidad pesquera y la abundancia de los mamíferos marinos. Hay factores intrínsecos a la conducta y ecología de las especies que determinan una mayor proclividad y mortalidad de los animales en los artes de pesca. Las consecuencias de esta interacción para los mamíferos marinos, dependen de qué uso de hábitat tengan estos animales y del modo concreto de la interacción. La particular geografía y topografía del Golfo de California en la que los ambientes costeros y pelágicos son poco extensos y están estrechamente relacionados por diversos y singulares fenómenos oceanográficos, hacen en el Golfo de California una situación de la interacción

entre mamíferos marinos y pesquerías única y compleja que importa estudiarse y atenderse en el corto plazo.

En el Golfo de California hay un paralelismo general entre el estado de riesgo de los mamíferos marinos y el impacto global de la contaminación y la pesca.

Existe una relación inversa a nivel regional entre los impactos de la contaminación y la pesca la cual implica que al menos en todas las costas del Golfo de California se requiere atender alguna combinación de impacto a los mamíferos marinos. En virtud de la gran importancia del tránsito de los mamíferos marinos en la región, lo anterior sugiere que esfuerzos aislados de investigación y conservación en zonas pequeñas son poco efectivos a largo plazo al no atender las necesidades completas de conservación de estos animales. No obstante, muchos esfuerzos aislados y en pequeña escala son relevantes al atender situaciones críticas.

7.2. Perspectivas de investigación

Hasta donde conocemos la autora y el director de esta tesis, poco se ha estudiado formal y analíticamente sobre los grandes patrones de la diversidad, distribución y atributos de la mastofauna marina en el Golfo de California para conformar una macroecología básica que sirva de guía a investigaciones de temas particulares de las especies. Poco también se han estudiado los grandes patrones del impacto humano sobre estos animales y que tanta falta hacen en las muchas investigaciones sobre temas y especies particulares que en la actualidad se realizan en el Golfo de California orientadas a la conservación de estos animales. La presente investigación tiene muchas limitaciones y consideramos que en el seguimiento de los objetivos de este trabajo, las principales necesidades de investigación sobre la mastofauna marina en interacción con las actividades humanas son las siguientes:

Perfeccionar las estimaciones de abundancia de mamíferos marinos y validar la integración de datos de diferentes instituciones colectados con logísticas y procedimientos diferentes.

Perfeccionar las estimaciones de biomasa y consumo de energía en las que se hagan consideraciones más detalladas del tamaño corporal y la estructura demográfica de las especies así como de la tasa metabólica en vida libre la cual depende de la actividad de los animales y de la temperatura del agua.

Analizar las variaciones temporales en la ocurrencia de los mamíferos marinos a nivel anual y estacional y examinar los patrones espaciales y por especie de la regularidad con que estos animales se observan (comunaleza).

Analizar la relación de la ocurrencia y uso de hábitat de los mamíferos marinos con las condiciones ambientales en las que se encuentran, tanto naturales como producidas por la actividad humana (p.ej. ruido).

Estudiar el tránsito de los mamíferos marinos desde una perspectiva ecológica tanto a nivel conductual así como de patrones globales en espacio y especies.

Sistematizar un programa interinstitucional de observación de mamíferos marinos y las condiciones ambientales en que ocurren. Diseñar protocolos de observación y registro que sean útiles para las investigaciones de diferentes académicos.

Generar datos de contaminación completos en parámetros (biológicos y químicos), estaciones del año y zonas. Falta caracterizar aunque sea en forma mínima, las regiones profundas centrales así como importantes regiones costeras como la costa norte de Sinaloa y sur de Sonora, el Alto Golfo oriental y la costa de la Península de Baja California entre Loreto y San Felipe.

Determinar los orígenes antropogénicos de los contaminantes (p.ej. acuicultura, agricultura, minería, navegación, desarrollo urbano, etc.).

Determinar funciones específicas de calidad de los parámetros de contaminación para la vida marina.

Determinar las vías de asimilación y los efectos de los distintos contaminantes en la biología de diferentes mamíferos marinos. Esto requiere de caracterizar mejor la alimentación de estos animales en dietas, cantidades de alimento, regiones, tiempos, niveles tróficos, cadenas tróficas y tipos de ambientes.

Desarrollar modelos de los procesos de dispersión de los contaminantes a partir de la oceanografía. En el caso particular de la contaminación por patógenos, es fundamental determinar los desplazamientos de los mamíferos marinos y desarrollar modelos epidemiológicos que permitan prevenir epizootias que podrían ser muy adversas para la mastofauna marina del Golfo de California.

Cuantificar la proclividad específica (especie de mamífero – arte de pesca) a la interacción así como los daños y la mortalidad causados por ella.

Cuantificar y mapear el nivel de uso de las artes de pesca en el golfo. Caracterizar la pesca mediante observaciones directas de la actividad así como la producción, la economía y la sociología asociadas con diseños experimentales integrales, esto es, que permitan comparar entre sí todos los datos (p.ej. cambios en la producción y precios que generen cambios operacionales en las pesquerías que a su vez modifiquen la mortalidad incidental de mamíferos marinos).

Caracterizar otros impactos humanos y sus efectos en el Golfo de California tales como la descarga de basura, la navegación, el ruido, el turismo de observación de vida silvestre, las diversas transformaciones del hábitat y el calentamiento global.

7.3. Análisis integrativo

El Golfo de California es un mar con una mastofauna marina única en el mundo por su alta diversidad de especies (al menos 34 especies entre ca. 130 especies en el mundo), abundancia, condición de riesgo y endemismo en diferentes grados lo cual incluye la vaquita, la población residente de la ballena de aleta, poblaciones residentes y/o diferenciadas del lobo marino común y el delfín común de rostro largo, pequeñas poblaciones de toninas residentes en algunas localidades así como zonas de apareamiento y/o crianza para la ballena azul, la ballena jorobada y el cachalote.

Los mamíferos marinos en el Golfo de California han enfrentado diversos impactos humanos durante casi todo el Holoceno y la diversificación e intensificación de estos impactos desde finales del siglo XIX, ha creado varias condiciones de amenaza a estos animales cuya atención es prioritaria pero compleja ante la singularidad física y biológica del golfo.

Los mamíferos marinos ocupan el Golfo de California en forma diferencial en el espacio y uso de hábitat pero no es posible identificar clases de regiones y especies indicando con ello que la mastofauna marina tiene una unidad no divisible que aquí se ha caracterizado con el término metaensamble. La distribución diferencial de las especies, sus atributos de valor biológico, esto es, su condición de riesgo, consumo de energía y crianza así como su continuidad con las poblaciones del Pacífico adyacente, indican que los mamíferos marinos en el Golfo de California transitan entre zonas continuamente y que el tránsito tiene una gran importancia ecológica para estos animales. Se considera normalmente que un arreglo anidado de la distribución geográfica de la biodiversidad, permite seleccionar zonas pequeñas prioritarias para la conservación en las que se registren altos valores de diversidad alfa y/o beta. En el caso de los mamíferos marinos en general y del Golfo de California en particular, la relevancia del tránsito para estos animales impide establecer prioridades con el solo criterio de la diversidad de especies en tanto que ello no atiende todas las necesidades de estos organismos que requieren grandes espacios para vivir.

Todo lo anterior indica que la conservación de la mastofauna marina en el Golfo de California tiene relevancia global y que requiere hacerse en forma integral y en amplia escala geográfica, esto es, atendiendo simultáneamente diferentes usos de hábitat e impactos en diferentes regiones de diferentes especies. Para lograr esto, importa primero establecer prioridades de conservación de zonas y

especies y para ello, importa también revisar y establecer prioridades de investigación científica. Asimismo, se requiere una política de desarrollo social y económico de la región basada en la organización y coordinación entre las diferentes autoridades estatales y federales y la participación de la comunidad académica y la sociedad civil. La concentración tan singular de valores biológicos de la mastofauna marina y su unidad heterogénea en el Golfo de California así como la relevancia ecológica y social de estos animales para la conservación de los ecosistemas en los que viven, indica fuertemente que el desarrollo humano en este mar no puede hacerse más con usos intensivos y destructivos de la naturaleza y que deben buscarse a la brevedad posible modos alternativos de organización social y gobierno que armonicen la vida humana y la vida de los organismos que le sirve de sustento a través de actividades como la pesca y el turismo.

La costa de Sonora, la Región de las Grandes Islas y el Alto Golfo presentan el mayor impacto conjunto de la contaminación y la pesca a los mamíferos marinos y su conservación es la de mayor prioridad también por registrar el mayor grado de riesgo de las especies que ahí habitan, especialmente la vaquita. La costa de Sinaloa y Sur de Sonora presenta prioridad de conservación por un alto impacto al consumo de energía y a la condición de riesgo de los mamíferos marinos. La costa de Baja California Sur es también importante para la conservación por el valor biológico dado en la diversidad de especies, su condición de riesgo, su consumo de energía y su crianza. La costa de Jalisco, Nayarit y Sur de Sinaloa presenta una prioridad de conservación menor a las otras mencionadas lo cual se debe fundamentalmente a una baja ocurrencia de especies en riesgo. Sin embargo, esta región tiene un valor evidente para la alimentación y la crianza de varias especies de mamíferos marinos y enfrenta una alta afectación por la contaminación que debe remediarse en el mediano plazo (Tabla 7).

Tabla 7. Regiones prioritarias de conservación para los mamíferos marinos del Golfo de California de acuerdo con tres variables de valor biológico (riesgo, crianza y consumo de energía (Cons E) y dos variables de impacto humano (pesca y contaminación SST, CF (Cont SST CF)).

Región	Riesgo	Crianza	Cons E	Pesca	Cont SST CF
Alto Golfo	■	■	■	■	■
Grandes Islas	■	■	■	■	■
Costa Sonora S - Sinaloa N	■	■	■	■	■
Costa B.C.S.	■	■	■	■	■
Costa Jalisco – Sinaloa S	■	■	■	■	■

El análisis de tres variables de valor biológico y del impacto histórico identificó 19 especies de mamíferos marinos cuya conservación es prioritaria en el Golfo de California. Las especies que combinan más prioridades de conservación por su valor biológico y el impacto humano histórico en ellas, son la ballena azul, la ballena de aleta, el cachalote y la vaquita (Tabla 8). Casi sin duda, el problema de conservación más acuciante en nuestro país, es el riesgo de extinción de la vaquita el cual importa primero por la vaquita misma y por el proceso evolutivo único que le dio origen. La vaquita ha merecido una atención tal que se está modificando profundamente la estructura socioeconómica de las poblaciones humanas relacionadas con esta especie. En la sobrevivencia de la vaquita, se debate la fuerza y legitimidad de las estructuras sociales, políticas y científicas de nuestro país y a través de lo que hagamos en México por el destino de esta especie, determinamos el de la diversidad biológica en nuestros mares y el de la justicia y armonía para nuestra sociedad. Si se reconoce que México tiene una delicada responsabilidad ante el resto del mundo por el riesgo de extinción de la vaquita, la presente investigación encuentra que tal responsabilidad es también por toda la mastofauna marina y en general toda la diversidad biológica del golfo.

Tabla 8. Prioridad de conservación de 19 mamíferos marinos del Golfo de California identificada por tres variables de valor biológico y el impacto humano histórico en la región.

Especie	Impacto histórico	Riesgo	Crianza	Consumo
<i>Grampus griseus</i>				■
<i>Tursiops truncatus</i>				■
<i>Delphinus delphis</i>			■	
<i>Steno bredanensis</i>			■	
<i>Stenella attenuata</i>			■	
<i>Balaenoptera borealis</i>		■		
<i>Arctocephalus townsendi</i>		■		
<i>Balaenoptera borealis</i>	■			
<i>Balaenoptera edeni</i>	■			
<i>Megaptera novaeangliae</i>	■			
<i>Eschrichtius robustus</i>	■			
<i>Delphinus capensis</i>			■	■
<i>Pseudorca crassidens</i>			■	■
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	■		■	■
<i>Zalophus californianus</i>	■		■	■
<i>Balaenoptera musculus</i>	■	■	■	■
<i>Balaenoptera physalus</i>	■	■	■	■
<i>Physeter macrocephalus</i>	■	■	■	■
<i>Phocoena sinus</i>		■	■	■

8. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Medrano González por haber aceptado dirigir esta tesis, por sus sugerencias, correcciones, comentarios, importantes planteamientos y mejoras constantes a este trabajo. Gracias por su esfuerzo, tiempo, generosidad, dedicación, apoyo incondicional y compromiso en todos los aspectos. Gracias también por sus importantes enseñanzas sobre la biología de los mamíferos marinos, el manejo de las bases de datos, el análisis de la información y el rigor que debe caracterizar a la ciencia y no su rigidez. Este conocimiento adquirido ha sido imprescindible para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del Comité Tutoral y Jurado, Dr. Federico Páez Osuna, Dra. Andrea Sáenz Arroyo, Dr. Jorge Urbán Ramírez y Dr. Juan José Morrone Lupi, por sus valiosos comentarios, sugerencias y correcciones a este estudio. Muy especialmente doy las gracias a la Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski por su detallada revisión del escrito y por todas sus sugerencias y cuestionamientos que hicieron mejoras sustanciales en todos los capítulos.

Al Dr. Javier Alcocer Durand por formar parte de mi comité tutorial ampliado y por sus valiosas sugerencias y comentarios a esta tesis en el segundo semestre de la maestría.

Al Dr. Anelio Aguayo Lobo, Dr. Luis Medrano González, Dr. Jorge Urbán Ramírez, Dr. Lorenzo Rojas Bracho, Dr. Mario A. Salinas Zacarías, Dr. Luis F. Bourillón Moreno, Dr. Lloyd T. Findley, Dr. Omar Vidal, C.Dr. Hiram Rosales Nanduca, M. en C. Sandra E. Smith Aguilar, alumnos y alumnas de la Facultad de Ciencias UNAM y tripulaciones del B/O El Puma y otros buques más, por la colecta de datos de mamíferos marinos en el Golfo de California que fueron analizados en esta tesis.

Al Dr. Jorge Urbán Ramírez, Dr. Alejandro Gómez Gallardo, alumnos y alumnas de la UABCS, Dr. Tim Gerrodette, tripulaciones de los buques de la NOAA y personal del Southwest Fisheries Science Center por la colecta de datos de mamíferos marinos de estas instituciones en el Golfo de California y que fueron analizados en esta tesis. La información de la NOAA se recabó con autorizaciones del Gobierno Mexicano y agradezco al Dr. Lorenzo Rojas Bracho del Instituto Nacional de Ecología el haber permitido el acceso a ella a través de la Facultad de Ciencias UNAM.

A la CONABIO y particularmente a la analista Ariadna Marín y al Dr. Eduardo Morales Guillaumin por atender mi solicitud y proporcionar las bases de datos de avistamientos de mamíferos marinos en el Golfo de California.

Gracias también a cada uno de los responsables de los proyectos del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad de la CONABIO que proveyeron datos para esta consulta, Dr. Jorge Urbán Ramírez, Dr. Héctor Arita Watanabe, Dr. Gerardo Ceballos González, Dr. Ricardo López Wilchis, Dr. Gerardo Pérez Ponce de León, M. en C. Omar Pinzón Vidal, Biól. Francisco Contreras Espinosa, Dr. Rafael Lamothe Argumedo, Dr. Lloyd T. Findley y todas las personas que a través de ellos contribuyeron al acopio de esta información.

Al Dr. Luis Medrano González, C.Dr. Hiram Rosales Nanduca, M. en C. María de Jesús Vázquez Cuevas, alumnos y alumnas de la UNAM, por la integración de las bases de datos de mamíferos marinos de la NOAA, UABCS y UNAM. Esta labor fue fundamental para su posterior sistematización, procesamiento y análisis en esta tesis.

A la Dra. Andrea Sáenz Arroyo por sus valiosas enseñanzas durante el curso sobre el impacto humano y restauración en ecosistemas marinos; gracias por su sugerencia de incluir un capítulo del impacto histórico para esta tesis y por instruirme en los métodos y fuentes de la investigación histórica sobre el Golfo de California.

Al Archivo General de la Nación de México de la SEGOB y al Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional de México de la UNAM, por haberme otorgado las autorizaciones para el acceso a los documentos antiguos sobre el Golfo de California que ahí se resguardan y que se utilizaron para la revisión histórica de este trabajo.

A la M. en C. Sandra Smith Aguilar, por su amabilidad al compartirme material útil para la revisión histórica.

Al Dr. Luis F. Bourillón Moreno por sus valiosas sugerencias a este estudio y su generosidad al enviarme las bases de datos sobre actividades pesqueras que se analizaron en este estudio. Por ello doy las gracias también a Raúl Ulloa, Jorge Torre, Norma Alcantar, Anne Gondor, COBI A.C., The Nature Conservancy y Confederación Nacional Cooperativa Pesquera, S.C. de R.L., por haber generado y compartido esta valiosa información que fue primordial para la tesis.

Al Biól. Antonio Cantú Díaz Barriga de la PROFEPA, por su gentileza al proporcionar la información sobre contingencias relacionadas con mamíferos marinos en el Golfo de California.

Al Dr. Luis Medrano González por su generosidad y apoyo al diseñar el sistema analítico empleado y por desarrollar los programas en Turbo Pascal que permitieron vincular las bases de datos de mamíferos marinos e impacto humano con la cartografía y sin los cuales este análisis no habría sido posible.

Al Geóg. Emanuel Pérez Domínguez por su amabilidad, orientación y ayuda en la resolución de algunos problemas técnicos relacionados con la cartografía.

A la SEMAR y particularmente a la Teniente Elvia Muñoz Cruz y al Capitán Francisco Hernández González, por su cortesía al atender mi solicitud y conjuntar las bases de datos de las estaciones de monitoreo de calidad del agua en el Golfo de California. Gracias a todas y cada una de las personas que participaron en la toma de datos de campo y su integración de gabinete. Gracias a esta Secretaría por autorizarme el uso de las bases de datos para esta tesis.

Al Biól. Iván Canek Díaz Gamboa por invertir su talento artístico y esfuerzo en la elaboración de los dibujos de los mamíferos marinos del Golfo de California para esta tesis. Agradezco también el esfuerzo, experiencia y conocimiento invertidos por el Dr. Luis Medrano González al revisar e indicar las correcciones y adecuaciones necesarias en cada uno de los dibujos de las especies así como por su apoyo en la digitalización de estas imágenes.

Al PCMyL de la UNAM, a COBI A.C., a las Dras. Gloria Vilaclara Fatjó y Andrea Sáenz Arroyo, por apoyar y financiar mi participación en el primer curso sobre Biología de la Conservación Marina impartido en un crucero por el Golfo de California el cual ha sido muy importante para esta investigación. Agradezco al Dr. Larry Crowder, Dr. Bill Shaw, Dr. Richard Cudney, Dr. Jorge Torre, Dr. Luis F. Bourillón Moreno y Dra. Andrea Sáenz Arroyo por sus invaluable enseñanzas sobre la conservación marina durante el curso. Gracias también a Carlos Means, a la tripulación del Barco Don José V. Abaroa y a la Compañía Baja Expeditions, por su apoyo y atenciones durante este curso. Doy las gracias a Tad Pfister, Niparajá, COBI A.C., Comunidad para la Conservación de la Reserva de la Biósfera San Pedro Mártir, Pescadores de Bahía Kino y a la Sociedad Cooperativa Mujeres del Golfo quienes, conscientes de la riqueza y beneficios de sus mares, trabajan todos los días con un alto compromiso por el desarrollo sustentable de sus recursos marinos siendo un ejemplo para el mundo entero.

A la Dra. Vilaclara Fatjó, M. en C. Diana Juárez Bustos, Mtra. Chantal Ruiz Guerrero, Guadalupe Godoy Medina y Gabriela Almaraz Mejía, por todas sus atenciones y apoyo académico y administrativo durante mis estudios de maestría.

Debo un agradecimiento especial al CONACyT por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de mis estudios y a la Coordinación de Estudios de Posgrado, por el apoyo económico recibido del Programa de Fomento a la Graduación de los Alumnos de Posgrado UNAM.

A la UNAM, mi casa de estudios, por haberme brindado la oportunidad de forjar mi conocimiento y espíritu.

A mi familia:

Andrés, Saúl y César, por todo el apoyo, la comprensión y el cariño generosos que me otorgaron durante mis estudios de maestría y siempre. Gracias por el estímulo y fuerza que me dieron en tantos aspectos. Gracias por el gran sentido que le dan a mi vida.

A Victoria Romero por el valioso e importante apoyo familiar brindado durante mis estudios de maestría.

A Moisés (QEPD) y Carmen. A Moisés, Paty, Erick, Fabi, David, Oli, Lucero, David, Elvia, David M., Omar y Ángel, por su apoyo incondicional, cariño, estímulo y por su presencia invaluable en mi vida.

A mis amigas y amigos:

Lety Andrade Espinoza, Mechtild Korbel, Erika Moreno, Miriam Rincón Baltazar, María Esther Pérez Fera, Jeroen Pruijn, Rosalía Langarica, Lety Pedraza Hernández, Andrea Beltrán Robles, Adriana Yoloxochitl Olivera Gómez, Lupita García González, Esther Mondragón Barreto, Benjamín Hernández Cerano, Liliana Mascarúa, Carlos Alberto López Montalvo y Nacho Manteca, porque siempre están cerca de mí, apoyándome y brindándome su amistad sincera a pesar de la distancia y el tiempo.

A todas aquellas personas que hacen esfuerzos y luchan comprometidas todos los días por la conservación de este planeta y muy especialmente a quienes trabajan por la conservación del extraordinario y singular Golfo de California.

9. REFERENCIAS

9.1. Literatura citada

- ABURTO-OROPEZA, O., EZCURRA E., DANEMANN, G., VALDEZ, V., MURRAY, J., & SALA, E., 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 10456-10459.
- AGUILAR SOTO, N. A., JOHNSON, M., MADSEN, P. T., TYACK, P. T., BOCCONCELLI, A., & BORSANI, J. F., 2006. Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? *Marine Mammal Science*, 22(3), 690-699.
- AGUILAR-AGUILAR, R. & CONTRERAS MEDINA R., 2001. La distribución de los mamíferos marinos de México: Un enfoque panbiogeográfico. In: J. LLORENTE & J. J. MORRONE, eds. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. México, D.F.: Facultad de Ciencias, UNAM, 197-211.
- AGUIRRE, A. A. & TABOR, G. M., 2004. Introduction: Marine vertebrates as sentinels of marine ecosystem health. *EcoHealth*, 1(3), 236-238.
- ALLES, D. L., 2003. *Geology of the Salton Trough*. [Online]. Bellingham, W A., Western Washington University. Disponible en: [http:// fire .biol. ww. Edu / trent / alles / Geology Salton.pdf](http://fire.biol.wwu.edu/trent/alles/GeologySalton.pdf). [Acceso mayo 15, 2007].
- ÁLVAREZ-BORREGO, S. & GALINDO-BECT, L. A., 1974. Hidrología del Alto Golfo de California. I. Condiciones durante el otoño. *Ciencias Marinas*, 1(1), 46-64.
- ÁLVAREZ-BORREGO, S., 1983. Gulf of California. In: B. H. Ketchum, ed. *Estuaries and Enclosed Seas*. Amsterdam: Elsevier, 427-429.
- ALVERSON, D. L., FREEBERG, M. H., POPE, J. G., & MURAWSKI, S. A., 1994. *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 339. Roma: FAO.
- ANDERSON, P. K., 2001. Marine mammals in the next one hundred years: twilight for a Pleistocene megafauna? *Journal of Mammalogy*, 82, 623-629.
- ARITA, H. T. & RODRÍGUEZ, P., 2001. Ecología geográfica y macroecología. In: J. LLORENTE & MORRONE J. J., eds. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. México, D.F.: Facultad de Ciencias, UNAM, 63-80.
- AURIOLES-GAMBOA, D., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F., RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, M. & HERNÁNDEZ-CAMACHO, C., 2003. Interacción entre el lobo marino de California y la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz, Golfo de California. *Ciencias Marinas* 29(3), 357-370.
- AURIOLES-GAMBOA, D.; RAMÍREZ RODRÍGUEZ, M. & LÓPEZ FERREIRA, C., 2005. Lobos marinos y pesquería artesanal: Interacción ecológica y operacional en el Golfo de California. In: *Simposio sobre Ciencias Pesqueras en México*. La Paz, B.C.S.

- AURIOLES-GAMBOA, G. D., LE BOEUF, B. J. & FINDLEY, L. T. 1993. Registros de pinnípedos poco comunes para el Golfo de California. *Revista de Investigación Científica*, 1(Número especial SOMEMMA 1), 13-19.
- BAHRE, C., 1983. Human impact: the midriff islands. In: T. J. CASE & M. L. CODY, eds. *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. Berkeley, CA: University Of California Press, 290-306.
- BAKER, C. S. & MEDRANO-GONZÁLEZ, L., 2002. World-wide distribution and diversity of humpback whale mitochondrial DNA lineages. In: C. J. PFEIFFER, ed. *Molecular and cell biology of marine mammals*. Melbourne, FL: Krieger, 84-99.
- BALMFORD, A., BRUNER, A., COOPER, P., COSTANZA, R., FARBER, S. R., GREEN, E., JENKINS, M., JEFFERISS, P., JESSAMY, V., MADDEN, J., MUNRO, K., MYERS, N., NAEEM, S., PAAVOLA, J., RAYMENT, M., ROSENDO, S., ROUGHGARDEN, J., TRUMPER, K. & TURNER, R. K., 2002. Economic reasons for conserving wild nature, *Science*, 297(5583), 950-953.
- BARBOSA DEVÉZE, L., 2006. *Diversidad y distribución espacio-temporal de odontocetos en Bahía de los Ángeles y Canal de ballenas B.C.* Tesis (Maestría). CICESE.
- BARROS, N. B., DUFFIELD, D. A., OSTROM, P. H., ODELL, D. K., & CORNISH V. R., 1998. Nearshore vs. offshore ecotype differentiation of *Kogia breviceps* and *K. simus* based on hemoglobin, morphometric and dietary analyses. In: *World Marine Mammal Science Conference*. Monaco.
- BEHRENFELD, M. J. & FALKOWSKI, P. G., 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(1), 1-20.
- BERKES, F., HUGHES, T. P., STENECK, R. S. WILSON, A. J., BELLWOOD, D. R. CRONA, B., FOLKE, C., GUNDERSON, L. H., LESLIE, H. M., NORBERG, J., NYSTRÖM, M., OLSSON, P., ÖSTERBLUM, H., SCHEFFER, M. & WORM, B., 2006. Globalization, roving bandits, and marine resources. *Science*, 311, 1557-1558.
- BERNABÉU, S. A., 1994. *Diario de las Expediciones a las Californias de José Longinos (1972)*. Madrid: Doce Calles.
- BÉRUBÉ, M., URBÁN, J., DIZON, A. E., BROWNELL, R. L. & PALSBOLL, P. J., 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, México. *Conservation Genetics* 3, 183-190.
- BLOCH, D., DESPORTE, G., HOYDAL, K. & JEAN P., 1990. Pilot-whaling in the Faroe Islands. July 1986 - July 1988. *Journal of North Atlantic Studies* 2(1-2), 36-44.
- BOSSART, G. D., 2006. Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health. *Oceanography* 19(2), 134-137.
- BOURILLÓN, L., CANTÚ, A., ECCARDI, F., LIRA, E., RAMÍREZ, J., VELARDE, E., & ZAVALA, A., 1988. *Islas del Golfo de California*. México, D.F.: Secretaría de Gobernación, UNAM.

- BOWEN, T., 1983. Seri. In: W. C. STURTEVANT & A. ORTIZ, eds. *Handbook of the North American Indians*. Washington, D.C.: Southwest, Smithsonian Institution, 230-249.
- BRANIFF, B., 2009. La historia prehispánica de Sonora. *Arqueología Mexicana*. 17 (97), 32-38.
- BREESE, D., & TERSHY, B. R., 1993. Relative abundance of Cetacea in the Canal de Ballenas, Gulf of California. *Marine Mammal Science*. 9(3), 319-324.
- BRIGGS, D., 1992. Conodonts: a major extinct group added to the vertebrates. *Science* 256, 1285-1286.
- BRUSCA, R. C., FINDLEY, L. T., HASTINGS, P. A., HENDRICKX, M. E., TORRE COSIO, J. & VAN DER HEIDEN, A. M., 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California. In: J-L. E. CARTRON, G. CEBALLOS, R. FELGER, eds. *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. New York, NY: Oxford University Press, 179-203.
- BURNS, W. C. G., 2001. From the harpoon to the heat: Climate change and the International Whaling Commission in the 21st century. *The Georgetown International Environmental Law Review*, 13, 335-359.
- BURTON, R. 1941. *The life and death of whales*. New York, NY: Universe Books.
- BUSCH, B., C., 1985. *The war against the seals: a history of the North American seal fishery*. Kingston & Montreal: McGill-Queen's University Press.
- CARIÑO, M., & ZARIÑÁN, J., 2008. Procesos de conservación a través de la protección y el manejo de la vida silvestre. In: M. CARIÑO & M. MONTEFORTE, eds. *Del saqueo a la Conservación. Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur 1940-2003*. México, D.F.: SEMARNAT, UABCS, INE, CONACyT, 475- 524
- CASE, T. J. & CODY, M. L., 1983. *Islands biogeography in the Sea of Cortez*. Berkeley, CA: University of California Press.
- CEBALLOS, G., ARROYO-CABRALES, J., MEDELLÍN, R. A., MEDRANO GONZÁLEZ, L. & OLIVA G., 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. In: G. CEBALLOS & G. OLIVA, eds. *Los mamíferos silvestres de México*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 21-66.
- CE-CCA-001/89 *Criterios Ecológicos de Calidad del Agua*, Diario Oficial de la Federación. Miércoles 13 de diciembre de 1989.
- CLAPHAM, P. J. & BAKER C. S., 2002. Whaling, Modern. In: W. F. PERRIN., B. WURSIG & J. G. M. THEWISSEN, eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*. New York, NY: Academic Press, 1328-1332.
- CLAVIJERO, F. J. [1789 (1971)]. *The History of Lower California*, traducción del italiano por S. E. Lake. Riverside, CA: Manessier Publishing Company.
- CÓDIGO PENAL FEDERAL, [1931 (2009)]. *Nuevo Código publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 14 de agosto de 1931*. Texto vigente, con la última reforma publicada en el DOF, el 20 de agosto de 2009. México, D.F.: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- COLTEN, R. H. & ARNOLD, J. E., 1998. Prehistoric marine mammal hunting on California's Northern Channel Islands. *American Antiquity*. 63(4), 679-701.

- CONABIO (COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO y USO DE LA BIODIVERSIDAD), 2009. *Biodiversidad mexicana*. [Online]. México. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pdf/manejo.pdf> [Acceso enero 30, 2008].
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos costas e islas*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura AC.
- CONANP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS), 2000. *Programa de Manejo Área de protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP.
- CONANP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS), 2009. *Reservas de la Biósfera*. [Online]. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/reservas_biosfera.php. [Acceso enero 2009].
- CONSERVACION INTERNACIONAL, 2005. *Región Golfo de California*. [Online]. Disponible en [http://www.conservacion.org.mx /pages/riberena.html](http://www.conservacion.org.mx/pages/riberena.html). [Acceso junio 2009].
- CONTRERAS-MEDINA, R. & ELIOSA-LEÓN, H. 2001. Una visión panbiogeográfica preliminar de México. In: J. LLORENTE & J. J. MORRONE, eds. *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. México, D.F.: Facultad de Ciencias, UNAM, 197-211.
- CORDELL, L., 1984. *Prehistory of the Southwest*. New York, NY: Academic Press.
- CORTÉS-LARA, M. C., 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomedica*, 14, 121-123.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R. D., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & BELT, M. V. D., 1997. The value of the world's ecosystem services and the natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- CRESPO, E. A., PEDRAZA, S. N., DANS, S., GARCÍA N., KOEN ALONSO, M., REYES, L. & COSCARELLA, M., 1997. Interacciones operacionales entre mamíferos marinos y pesquerías de arrastre en el norte y centro de Patagonia. *Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica GEF/PNUD/WCS/FPN*, 30,1-28.
- CUSHING, D. H., 1969. *Upwelling and fish production*. [Online]. Rome: FAO, Fisheries Technical Paper No. 84. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/89204e/89204e00.htm> [Acceso abril 20, 2007].
- D'AGROSA, C., VIDAL, O. & GRAHAM, W. C., 1995. Mortality of the Vaquita (*Phocoena sinus*) in gillnet fisheries during 1993-94. *Reports of the International Whaling Commission*, (Special issue 16), 283-291.
- DAVIS, E. H. & DAWSON, E. Y., 1945. The Savage Seris of Sonora II. *The Scientific Monthly*, 60(4), 261-268.

- DE LA ASCENCIÓN, A., [1602 (1970)]. Relación descriptiva de California según datos obtenidos durante el segundo viaje de Sebastián Vizcaíno, y normas para la pacífica ocupación de la California. In: W. M. MATHES, ed. *California I. Documentos para la historia de la demarcación comercial de la California 1583–1632, II*. Madrid: Ediciones José Porrúa Turanzas, 1175–1185.
- DE LA CRUZ GONZÁLEZ, F. J., 2002. *Políticas de manejo y aspectos socioeconómicos en la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado: El caso de la pesca ribereña de San Felipe, B. C.* Tesis (Maestría). COLEF/CICESE.
- DE LA LANZA-ESPINO, G., 1991. *Oceanografía de Mares Mexicanos*. México, D.F.: AGT.
- DE LA LANZA-ESPINO, G., 2001. *Características fisicoquímicas de los mares de México*. México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM, Plaza y Valdéz Editores.
- DEL PORTILLO, A., 1982. *Descubrimientos y exploraciones en las costas de California, 1532- 1650*. Rialp Madrid: Rialp.
- DEL RÍO, I., ALTABLE F. M. E., 2000. *Breve historia de Baja California Sur*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- DELGADILLO-HINOJOSA, F., OROZCO-BORBÓN, M. V., 1987. Bacterias Patógenas en sedimento de la Bahía de Todos Santos, Baja California. *Ciencias Marinas*, 13, 31-38.
- DELGADO ESTRELLA, A.; ORTEGA RUIZ, J. G. & SÁNCHEZ RIOS, A., 1994. Varamientos de mamíferos marinos durante primavera y otoño y su relación con la actividad humana en el norte del Golfo de California. *Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Zoología*. 65, 287-295.
- DEMASTER, D. P., FOWLER, C. W., PERRY, S.L. & RICHLIN, M. F., 2001. Predation and competition: the impact of fisheries on marine-mammal populations over the next one hundred years. *Journal of Mammalogy*, 82, 641-651.
- DERRAIK, J. G. B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–852.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 11 de abril de 1924.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 16 de agosto de 1924.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 20 de diciembre de 1923.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 23 de febrero de 1914.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 25 de junio de 1924.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 26 de marzo de 1921.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 7 de enero de 1925.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 9 de mayo de 1929.
- DÍAZ GAMBOA, I. C., 2005. *Hábitos de la ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en interacción con la actividad turística en la costa sur de Nayarit y norte de Jalisco*. Tesis (Licenciatura) Facultad de Ciencias, UNAM.
- DIERAUF, L. A. & GULLAND, F. M. D., 2001. *CRC Handbook of marine mammal medicine*. 2a. ed. Boca Raton, FL: CRC Press LLC.

- DONOVAN, G. P., 2002. International Whaling Commission. *In: W. F. PERRIN, WÜRSIG B. & J. G. M. THEWISSEN, eds. Encyclopedia of marine mammals.* San Diego, CA.: Academic Press, 637-641.
- DUBLÁN, M. & LOZANO J. M., 1876. *Decreto de las Cortes Generales y Extraordinarias disponiendo la libertad del buceo de la perla y de la pesca de ballena, nutria y lobo marino en todos los dominios de las Indias. 1811.* Colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la Independencia de la República. Tomo I. México, D.F.: Dublán y Lozano.
- DUFFY, J. E., 2006. *Marine ecosystem services.* [Online]. *In: SMITH W. ed. Encyclopedia of Earth.* Washington, D.C. Disponible en: http://www.eoearth.org/article/Marine_ecosystem_services [Acceso abril 30, 2007].
- DUNN L. J., BUCK D. J. & ROBECK R. T., 2001. Bacterial Diseases of Cetacean and Pinnipeds. *In: A. DIERAUF & F. M. D. GULLAND, eds. CRC Handbook of Marine Mammal Medicine, 2a ed.* Boca Raton, FL: CRC Press, 309-335.
- ECKERT, R., RANDALL, D. & AUGUSTINE, G., 1989. *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones.* 3a edición. México, D.F.: Interamericana - McGraw Hill.
- ENRÍQUEZ-ANDRADE, R., ANAYA-REYNA, G., BARRERA-GUEVARA, J. C., CARVAJAL-MORENO, M. A., MARTÍNEZ -DELGADO, M. E., VACA-RODRÍGUEZ, J., VALDÉS-CASILLAS, C., 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California Region. *Ocean & Coastal Management*, 48, 31-50.
- ESPINOSA, D. & LLORENTE, J., 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticas.* México D.F.: UNAM, CONABIO.
- EZCURRA, E. M., 1998. *Conservation and Sustainable use of Natural Resources in Baja California: An Overview.* [Online]. San Diego, California, Briefing Paper prepared for San Diego Dialogue's Forum Fronterizo series, San Diego Dialogue. Disponible en: <http://www.sandiegodialogue.org/pdfs/Baja%20Natural%20Resources%20doc.pdf> [Acceso marzo 10, 2007].
- FERTL, D., 2002. Fisheries, Interference with. *In: W. F. PERRIN., B. WÜRSIG & J. G. M. THEWISSEN, eds. Encyclopedia of Marine Mammals.* New York, NY: Academic Press, 1414 pp.
- FIGUEROA, A., 1985. Los que hablan fuerte. Desarrollo de la sociedad Yaqui. *In: INAH-SEP, eds. Noroeste de México.* México, D.F.: Centro Regional del Noroeste, 151-161.
- FLEISCHER, L. A., & CERVANTES FONSECA, F. C., 1990. Abundancia de lobos marinos (*Zalophus californianus*) en la región de Guaymas, Sonora, México y su impacto en la pesca ribereña. *In: SEPESCA, Estudios sobre el lobo marino en el noroeste de México.* México, D.F, 41-59.
- FUENTES CASTELLANOS, D., 1996. Panorama de la pesca ribereña nacional. *In: INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA, Pesquerías relevantes de México, 2,* 639-648.

- GALES, N., HINDELL, M., & KIRKWOOD, R., 2003. *Marine mammals. Fisheries, tourism and management issues*. Collingwood: Australian Commonwealth Scientific and Research Organization.
- GALLO, J. P., 2004. Ballenas y redes no se mezclan. *Sonora Insulario*, 7, 4-8.
- GALLO-REYNOSO, J. P. & RATHBUN, G. B., 1997. Status of sea otters (*Enhydra lutris*) in Mexico. *Marine Mammal Science*, 13, 332-340.
- GALLO-REYNOSO, J. P., 1997. Situación y distribución de las nutrias en México, con énfasis en *Lontra longicaudis annectens* Major 1897. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 2, 10-32.
- GALLO-REYNOSO, J. P., 2003. *Mortandad de los mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a las pesquerías*. Guaymas, Son.: CIAD.
- GALLO-REYNOSO, J. P., 2004. Mortandad de mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a la interacción con las pesquerías. In: *XXIX Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos*. La Paz, B.C.S.
- GARNERAY, A. L., 1834. *Peche du Cachalot*, grabado coloreado en agua tinta por Frederic Martens. [Online]. Sharon, MA: Kendall Whaling Museum. Disponible en: http://antiquesandthearts.com/Antiques/TradeTalk/2009-02-17__14-10-48.html [Acceso junio 8, 2008].
- GASKIN, D. E., 1982. *The ecology of whales and dolphins*. London: Heineman.
- GASTIL, G., 1995. Historia geológica de Baja California. In: C. L. DIEZ ed. *Baja California desde el principio. Geología histórica*. Mexicali, B.C., UABC, 45-50.
- GENDRON, D. & GERRODETTE, T., 2004. Estimaciones de abundancia de ballenas azules en aguas Baja Californianas, a partir de prospecciones aéreas y marítimas. In: *Resúmenes: 11ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos acuáticos de América del Sur*. Quito.
- GENDRON, D. & URBÁN, R. J., 1993. Evidence of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Baja California breeding ground, México. *Marine Mammal Science* 9, 76-81.
- GENDRON, D., 1990. *Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (Balaenoptera musculus) en el Golfo de California*. Tesis (Maestría). CICIMAR, IPN.
- GENDRON, D., 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (rustacea: Euphasiacea) in the Gulf of California, México. *Marine Ecology Progress Series*, 87, 1-6.
- GENDRON, D., 1997. Observación turística de ballena azul: un caso para la conservación. In: *XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. Nuevo Vallarta, Nay.
- GENDRON, D., 2002. *Ecología poblacional de la ballena azul, Balaenoptera musculus, de la Península de Baja California*. Tesis. (Doctorado). CICESE.
- GERPE, M., 2005. Marine mammals and ocean pollution. In: R. BASTIDA, & D. RODRÍGUEZ. *Marine mammals Patagonia Antarctica*. Buenos Aires: Vázquez Mazzini.
- GLENN, E. P., ZAMORA-ARROYO, F., NAGLER, P. L., BRIGGS, M., SHAW, W. & FLESSA, K., 2001. Ecology and conservation biology of the Colorado River delta, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 49, 5-15.

- GRECH, A., MARSH, H. & COLES, R., 2009. A spatial assessment of the risk to a mobile marine mammal from bycatch. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18,1127-1139.
- GRISMER, L. L., 2002. *Amphibians and Reptiles of Baja California, including the Pacific Islands in the Sea of Cortez*. Berkeley, CA: University of California Press.
- GRUNNET, K., 1978. Selected Microorganisms for Coastal Pollution. *Studies and Coastal Pollution Control*. 3, 759-75.
- GUERRERO RUIZ, M., URBÁN RAMÍREZ J. & ROJAS, BRACHO L., 2006. *Las Ballenas del Golfo de California*. México, D.F.: SEMARNAT, INE.
- GULLAND, F. M. D. & HALL, A. J., 2005. The role of infectious disease in influencing status and trends. In: J. E. REYNOLDS III, W.F. PERRIN, R. R. REEVES, S. MONTGOMERY & T. J. RAGEN, eds. *Marine mammal research: conservation beyond crisis*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 47-61.
- GUZÓN ZATARAIN, O. R., 2006. *Captura incidental de cetáceos pequeños en pesquerías de red de enmalle en la región Noroeste de México*. Tesis (Maestría). CICESE.
- HALPERN, B. S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K. A., KAPPEL, C. V., MICHELI, F., D'AGROSA, C., BRUNO, J. F., CASEY, K. S., EBERT, C., FOX, H. E., FUJITA, R., HEINEMANN, D., LENIHAN, H. S., MADIN, E. M. P., PERRY, M. T., SELIG, E. R., SPALDING, M., STENECK, R., WATSON, R., 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems, *Science*, 319(5865), 948 - 952.
- HAMMOND, P. S. & KAO-TSAI, T., 1983. Dolphin mortality incidental to purse seining for tunas in the eastern Pacific ocean, 1979-1981. *Reports of the International Whaling Commission*, 33, 589-98.
- HARDY, R. W. H., [1829 (1997)]. *Viajes por el interior de México en 1825, 1826, 1827 y 1828*. México, D.F.: Trillas.
- HARWOOD, J. & HALL, A., 1990. Mass mortality in marine mammals: Its implications for population dynamics and genetics. *Trends in Ecology and Evolution*, 5, 254-257.
- HARWOOD, J. 2001. Marine Mammals and their environment in the twenty-first century. *Journal of Mammalogy*, 82(3), 630-640.
- HENDERSON, D. A., 1975. Whalers on the coasts of Baja California opening the Península to the outside world. *Geoscience and man*, 12, 49-56.
- HENDERSON, D. A., 1972. *Men and Whales at Scammon's Lagoon*. Los Angeles, CA: Dawson's Book Shop.
- HENDERSON, D. A., 1984. Nineteenth century gray whale whaling: grounds, catches and kills. Practices and depletion of the whale population. In: M. L. JONES, S. L. SWARTZ & S. LEATHERWOOD, eds. *The Gray Whale Eschrichtius robustus*. Orlando, FL: Academic Press, 159-186.

- HETHERINGTON, J., LEOUS, J., ANZIANO, J., BROCKETT, D., CHERSON, A., DEAN, E., DILLON, J., JOHNSON, T., LITTMAN, M., LUKEHART, N., OMBAC & REILLY, J. K., 2005. *The Marine Debris Research, Prevention and Reduction Act: A Policy Analysis*. New York, NY: The Marine Debris Team, Columbia University Press.
- HILDEBRAND, J., 2004. *Introduction to acoustics*. [Online]. International Whaling Commission, Scientific Committee (IWC-SC). Report Annex K: Standing Working Group on Environmental Concerns Report Submitted at the IWC56 meeting, July 2004. Disponible en: <http://www.acousticecology.org/docs/IWC56-hildebrandnoise.doc> [Acceso febrero 20, 2007].
- HILDEBRAND, J., 2005. Impacts of anthropogenic sound. In: J. E. REYNOLDS III, W.F. PERRIN, R.R. REEVES, S. MONTGOMERY & T.J. RAGEN, eds. *Marine mammal research: conservation beyond crisis*. Baltimore, ML: Johns Hopkins University Press, 101-123.
- HUMPRIES, C. J., WILLIAMS, P. H. & VANE-WRIGHT, R. I., 1995. Measuring biodiversity value for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 26,93-111.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática), 2000. XII *Censo General de Población y Vivienda*. [Online]. Disponible en: <http://www.inegi.gob> [Acceso 20 abril 2008].
- IPCC (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Online]. Disponible en: <http://www1.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/index.htm> [Acceso abril 10, 2008].
- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE), 2009. *Red List of Threatened Species*. Version 2009.1. [Online] Disponible en: www.iucnredlist.org [Acceso enero 30, 2008].
- JAQUET, N., GENDRON, D. & COAKES, A., 2003. Sperm whales in the Gulf of California: residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply. *Marine Mammal Science*. 19(3), 545-562.
- JARAMILLO-LEGORRETA, A. M., ROJAS-BRACHO, L., GERRODETTE, T., 1999. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery?. *Marine Mammal Science* 15, 957-973.
- JARAMILLO-LEGORRETA, A., ROJAS-BRACHO, L., BROWNELL, R. L. JR., READ, A.J., REEVES, R. R., RALLS, K. & TAYLOR, B. L., 2007. Saving the vaquita: Immediate action, not more data. *Conservation Biology* 21(6), 1653-1655.
- KELLERT, S. R., 1996. *The value of life: biological diversity and human society*. Washington, D.C.: Island Press, Shearwater Books.
- KUBLI, G. F., 2003. Régimen jurídico de protección interna e internacional de las ballenas. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*. 107, 505-530.

- LADRÓN DE GUEVARA PORRAS, P., 1995. *La ballena jorobada, Megaptera novaeangliae (Borowski 1781), en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. (Cetacea: Balaenopteridae)*. Tesis (Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM.
- LAIST, D. W., 1997. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. *In: J. M. Coe, D. R. Rogers, eds, Marine Debris: Sources, Impacts and Solutions*, New York, NY: Springer-Verlag, 99-139.
- LAIST, D. W., KNOWLTON, A. R., MEAD, J. G., COLLET, A.S., & PODESTA, M., 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17 (1), 35-75.
- LEARMONTH, J. A., MACLEOD, C.D., SANTOS, M. B., PIERCE, J. G., CRICK, H. Q. P. & ROBINSON, R. A., 2006. Potential effects of climate change on marine mammals. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 431-464.
- LEÓN-PORTILLA, M., 1983. Los primeros californios: prehistoria y etnohistoria. *In: D. PIÑERA RAMÍREZ, ed. Panorama histórico de Baja California*, Tijuana, B.C.: UNAM, UABC, 15-45.
- LEÓN-PORTILLA, M., 1995. *La California mexicana. Ensayos acerca de su historia*. México, D.F.: UNAM, UABC.
- LEÓN-PORTILLA, M., 2003. Historia y formas de vida en Baja California. *Arqueología Mexicana*, 11(62), 16-23.
- LERCARI, D., & CHAVEZ E. A., 2007. Possible causes related to historic stock depletion of the totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Perciformes: Sciaenidae), endemic to the Gulf of California. *Fisheries Research*, 86(2-3), 136-142.
- LIZARRALDE, D., AXEN, G., J., BROWN, H. E., FLETCHER, J. M., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, A., HARDING, A. J., HOLBROOK, W. S., KENT, G. M., PARAMO, P., SUTHERLAND, F. & UMHOEFER, P. J., 2007. Variation in styles of rifting in the Gulf of California. *Nature*, 448, 466-469.
- LOZANO-MONTES, H., PITCHER, T. J., HAGGAN, N., 2008. Shifting environmental and cognitive baselines in the upper Gulf of California. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2), 75-80.
- LUQUE, D. & DOODE, S., 2007. Sacralidad, territorialidad y biodiversidad comcáac (seri). Los sitios sagrados indígenas como categorías de conservación ambiental. *Relaciones*, 28(112), 157-184.
- LUQUE, D. & ROBLES, A., 2006. *Naturalezas, saberes y territorio comcáac (seri). Diversidad cultural y sustentabilidad ambiental*. México, D.F.: INE, CIAD.
- MANGELS, K. F. & GERRODETTE T., 1994. *Report of cetacean sightings during a marine mammal survey in the eastern Pacific Ocean and the Gulf of California aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 28 - November 6, 1993*. Memorando técnico NMFS-SWFSC-211. San Diego, CA: NOAA.

- MANRIQUE, F. A., 1987. Plancton del Golfo de California. *In: A. VILLALOBOS, S. GÓMEZ AGUIRRE & V. ARENAS FUENTES, eds. Contribución en Hidrobiología. Memoria de la Reunión Alejandro Villalobos.* México, D.F.: Instituto de Biología. UNAM, 234-257.
- MARINE MAMMAL COMMISSION, 1998. Annual Report to Congress [Online]. Disponible en: http://www.nmfs.noaa.gov/pr/readingrm/MMPAannual/1998_MMPA_Annual_Report.pdf [Acceso marzo 2008].
- MARTIN, A. R. & CLARKE, M. R., 1986. The diet of sperm whales (*Physeter catodon*) captured between Iceland and Greenland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 66, 779-790.
- MARTÍN-BARAJAS, A., STECKLER M., & STOCK, J. M., 2001. Ruptura de la litósfera continental en la región del Golfo de California y Salton Trough. *GEOS*, 21(1), 41-46.
- MARTÍNEZ VILLALBA, M. G., 2008. *Distribución y abundancia de la ballena de aleta (Balaenoptera physalus) en aguas adyacentes a Guaymas y algunas inferencias ecológicas generales sobre esta especie en el Golfo de California.* Tesis (Maestría). PCML, UNAM.
- MATE, B. R., 1985. Incidents of marine mammal encounters with debris and active fishing gear. *In: R. S. SHOMURA & H. O. YOSHIDA, eds. Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris.* Honolulu, HI: NOAA-TM-NMFS-SWFC-54, 453-457.
- MCGAVERN, L., 1989. *Plastics: Sealing the fate of marine life.* Cambridge, MA: MIT Sea Grant College Program for Coastweeks.
- MCGEE, W. J., 1980. *Los Seris: Sonora, México.* Colección clásicos de antropología No. 7, México, D.F.: Instituto Nacional Indigenista.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., 2000. Hacia una historia de la mastofauna marina mexicana. *In: XXV Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos.* La Paz, BCS.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., 2006. Hacia una dinámica de la mastofauna marina mexicana: Análisis de composición funcional y de algunas estructuras genéticas poblacionales. *In: E. VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ & D. J. HAFNER, eds. Genética y mamíferos mexicanos: Presente y futuro.* New Mexico: Museum of Natural History and Science Bulletin, 32, 9-19.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., 2009. La evolución de los cetáceos. *In: J. J. MORRONE & P. MAGAÑA, eds. Evolución biológica. Una visión actualizada desde la revista Ciencias.* México, D.F.: Facultad de Ciencias, UNAM, 539-588.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., PETERS RECAGNO, E., VÁZQUEZ CUEVAS M. J. & ROSALES NANDUCA, H., 2007a. Los mamíferos marinos ante el cambio ambiental en el Pacífico tropical mexicano. *Biodiversitas*, 75, 8-11.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., PETERS RECAGNO, E., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., ZARAGOZA ÁLVAREZ, R. A., MIRANDA RAMÍREZ L. & ROSALES NANDUCA, H., 2007b. *Distribución de las ballenas jorobadas, Megaptera novaeangliae, en la Bahía de Banderas y sus implicaciones para la conservación.* México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.

- MEDRANO GONZÁLEZ, L., PETERS RECAGNO, E., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., ZARAGOZA ÁLVAREZ, R., SÁNCHEZ PARRA, J. M., MIRANDA RAMÍREZ, L., DEL VILLAR FLORES, C., DÍAZ GAMBOA, I. C., VEGA PEÑA, E. V., JUÁREZ SALAS, R. A., SALAZAR BERNAL, E. C., MARTÍNEZ AGUILAR, S., VILORIA GÓMORA, L. & ROSALES NANDUCA, H., 2006. *Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. I. Biología de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano*. México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., PETERS RECAGNO, E., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., ZARAGOZA ÁLVAREZ, R., SÁNCHEZ PARRA, J. M., MIRANDA RAMÍREZ, L., DEL VILLAR FLORES, C., ROSALES NANDUCA, H., VILORIA GÓMORA, L., DÍAZ GAMBOA, I. C. & VEGA PEÑA, E. V., 2007c. *Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. II. Distribución y abundancia de mamíferos marinos en el Pacífico mexicano*. México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., PETERS RECAGNO, E., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., ZARAGOZA ÁLVAREZ, R., SÁNCHEZ PARRA, J. M., VEGA PEÑA, E. V., MIRANDA RAMÍREZ, L., DEL VILLAR FLORES, C., ROSALES NANDUCA, H. & ÁLVAREZ BANDERAS, L., 2005. *Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación*. México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., ROSALES NANDUCA, H., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., URBÁN RAMÍREZ, J., ROJAS BRACHO, L., SALINAS ZACARÍAS, M. A., BOURILLÓN MORENO, L. F., VILORIA GÓMORA, L., PETERS RECAGNO, E. M. & AGUAYO LOBO, A., 2008a. Diversidad, composiciones comunitarias y estructuras poblacionales de la mastofauna marina en el Pacífico mexicano y aguas circundantes. *In*: C. LORENZO, E. ESPINOZA & J. ORTEGA, eds. *Avances en el estudio de los mamíferos de México II*. San Cristóbal de las Casas, Chis: Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., 469–492.
- MEDRANO GONZÁLEZ, L. & URBÁN RAMÍREZ J., 2002. *La ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000*. [Online]. México, D.F.: Reporte a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Proyecto W024. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Medrano2002.pdf> [Acceso febrero 10, 2007].
- MEDRANO GONZÁLEZ, L., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., RIVERA LEÓN, V. E., JUÁREZ SALAS, R. A. & PETERS RECAGNO, E., 2008b. *Distribución, abundancia y reproducción de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes: análisis orientado a un manejo sustentable. II. Cambios en la distribución y la abundancia absoluta*. México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.

- MEDRANO GONZÁLEZ, L., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J., RIVERA LEÓN, V. E. & PETERS RECAGNO, E., 2008c. *Distribución, abundancia y reproducción de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes: análisis orientado a un manejo sustentable. I. Distribución estacional, reproducción e interacción con embarcaciones*. México D.F.: Reporte al Instituto Nacional de Ecología.
- MÉNDEZ, L., ALVAREZ-CASTAÑEDA, S. T., ACOSTA, B. Y SIERRA-BELTRÁN, A. P., 2002. Trace metals in tissues of gray whale (*Eschrichtius robustus*) carcasses from the Northern Pacific Mexican Coast. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 217–221.
- MILLÁN-NÚÑEZ, R. & LARA-LARA, J. R., 1995. Productividad primaria del fitoplancton del Pacífico mexicano: un diagnóstico. In: F. GONZÁLEZ-FARÍAS & J. DE LA ROSA-VÉLEZ, eds. *Temas de Oceanografía Biológica en México*. Ensenada, B.C.: UABC, 31-60
- MILLER, D. J., HERDER, M. J. & SCHOLL J. P. 1983. *California marine mammal - fishery interaction study, 1979-1981*. Reporte a la NOAA LJ-83-13C. La Jolla, CA: Southwest Fisheries Science Center.
- MOLINA, S. E., 1991. *Turismo y ecología*. 4a edición. México, D.F.: Trillas.
- MONREAL, D. M. A., SALAS D. D. A. & ALDECO R. L. J., 1999. Las surgencias costeras de América. Instituto Panamericano de geografía e Historia. *Geofísica*, 51.
- MONTEFORTE, M. & CARIÑO M., 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of pearl oysters, *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae): La Paz Bay, South Baja California, México. *Journal of the Human Environment*, 11 (4), 314-320.
- MOORE, E., LYDAY, S., ROLETT, J., LITTLE, K., PARRISH, J. K., NEVINS, H., HARVEY, J., MORTENSON, J., GREIG, D., PIAZZA, M., HERMAN, A., LEE, D., ADAMS, D., ALLEN, S., & KELL. S., 2009. Entanglements of marine mammals and seabirds in central California and the north-west coast of the United States 2001–2005. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1045–1051.
- MOORE, S. E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy*, 89(3), 534-540.
- MORALES-BOJORQUEZ, E., HERNÁNDEZ-HERRERA, A., NEVAREZ-MARTÍNEZ, M. O., DÍAZ DE LEÓN-CORRAL, A. J., RIVERA-PARRA G. I., & RAMOS MONTIEL, A., 1997. Population abundance of the giant squid (*Dosidicus gigas*) from the coast of Sonora, Mexico. *Oceanides* 12(2), 89-95.
- MORGAN, L., MAXWELL, S., TSAO, F., WILKINSON, T. A. C., & P. ETNOYER, 2005. *Áreas Prioritarias Marinas para la Conservación, Baja California al Mar de Bering*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental & Marine Conservation Biology Institute.
- NARCHI, N. E. N. 2003. *Eficiencia del muestreo etnofarmacológico en la detección de compuestos bioactivos a partir de organismos marinos utilizados en la medicina tradicional Comcáac*. Tesis (Licenciatura) UABC.

- NAUMAN, T., 2006. *El Golfo de California: Grandes proyectos sorprenden a comunidades pequeñas*. [Online]. Programa de las Américas Silver City, NM: International Relations Center, 20 de abril de 2006. Disponible en: <http://www.ircamericas.org/esp/3223>. [Acceso enero 30, 2008].
- NÉDÉLEC, C., 1990. *Definición y clasificación de las diversas categorías de artes de pesca*. Fisheries Technical Paper. No. 222. Revision 1. Roma: FAO.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. *Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. [Online]. México, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf> [Acceso marzo 13, 2008].
- NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo*. [Online]. México, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-ECOL-059-2001.pdf> [Acceso enero 30, 2008].
- NOM-131-SEMARNAT-1998. *Lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat*. [Online]. México, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-ECOL-131.pdf> [Acceso enero 30, 2008].
- NORSE, E. A., CROWDER, L. B., 2005. *Marine conservation biology: the science of maintaining the sea's biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- NORTHRIDGE, S. P., 1985. *Estudio mundial de las interacciones entre los mamíferos marinos y la pesca*. [Online]. Londres, Reino Unido: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X6860S/X6860S00.htm> [Acceso enero 15, 2008].
- NORTHRIDGE, S. P., 1991. *Actualización del estudio mundial de las interacciones entre los mamíferos marinos y la pesca*. [Online]. Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0452S/T0452S00.htm> [Acceso marzo 5, 2008].
- NUÑEZ-LÓPEZ, R. A. & CASAS-VALDÉZ, M., 1996. Fenología de las especies de *Sargassum* (Fucales: Sargassaceae) en tres zonas de Bahía Concepción, B. C. S., México. *Journal of Tropical Biology*, 44 (2), 437-446.
- NUÑEZ-LÓPEZ, R. A., & CASAS-VALDÉZ, M., 1997. Variación estacional de la biomasa y talla de *Sargassum* spp. (Sargassaceae, Phaeophyta) en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Hidrobiológica*, 7, 19-25.
- O'HARA, T. M. & O'SHEA, T. J., 2001. Toxicology. In: A. DIERAUF & F. M. D. GULLAND, eds. *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine*, 2a ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 471-520.

- O'SHEA, T. J., REEVES R. R. & LONG A. L. 1999. *Marine mammals and persistent ocean contaminants*. Bethesda, MD: Marine Mammal Commission.
- OKOLODKOV, Y. B., BASTIDA-ZAVALA, R., IBÁÑEZ, A. L., CHAPMAN, J. W., SUÁREZ-MORALES, E., PEDROCHE, F. & GUTIÉRREZ-MENDIETA, F. J., 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar*, 11 (32), 29-67.
- ORTIZ-LOZANO, L. A., GRANADOS-BARBA, V., SOLIS-WEISS & GARCÍA SALGADO, M. A., 2005. Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management*. 48,161-176.
- O'SHEA, T. J., & TANABE, S., 2003. Persistent ocean contaminants and marine mammals: a retrospective overview. In: J. G. VOS, G. D. BOSSART, M. FOURNIER, & T. J. O'SHEA, eds. *Toxicology of marine mammals*. London, New York, NY: Taylor & Francis Publishers, 99-134.
- PACHECO BRIBIESCA, R. C., 2006. *Cultura de mar: grupos nómadas que habitaron en el pasado la península de Baja California y su relación con las ballenas*. Tesis (Licenciatura). Escuela Nacional de Antropología e Historia. INAH, SEP.
- PADILLA Y SOTELO, L. S., 2000. La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones Geográficas* 41, 81-95.
- PAULY, D., 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology & Evolution*, 10 (10), 430.
- PAULY, D. & MACLEAN, J., 2003. *In a Perfect Ocean. The state of fisheries and ecosystems in the North Atlantic Ocean*. Washington D.C.: Island Press.
- PERRIN, W. F., 1976. First record of the melonhead whale in the Eastern Pacific. *Fishery Bulletin*, 74, 457-558.
- PERRIN, W. F., SCOTT, M. D., WALKER, G. J. & CASS, V. L., 1985. *Review of geographical stocks of tropical dolphins (Stenella spp. and Delphinus delphis) in the eastern Pacific*. Reporte técnico a la NOAA NMFS-28. La Jolla, CA: Southwest Fisheries Science Center.
- PITMAN, R. L., PALACIOS, D. M., BRENNAN, P. L. R. & BRENNAN, B. J., 1999. Sightings and possible identity of a bottlenose whale in the tropical Indo-Pacific: *Indopacetus pacificus*? *Marine Mammal Science*, 15(2), 531-549.
- POMPA MANSILLA, S., 2007. *Distribución y abundancia de los géneros Kogia y Steno en la Bahía de Banderas y aguas adyacentes*. Tesis (Maestría). PCB, UNAM.
- POMPA MANSILLA, S., VÁZQUEZ CUEVAS, M. J. & MEDRANO GONZÁLEZ, L., 2010. *Distancia geográfica y variación craneométrica de Delphinus spp. en el Pacífico Oriental tropical / Geographic distance and craniometric variation of Delphinus spp. in the east tropical Pacific*. In: F. CERVANTES, J. VARGAS CUENCA & Y. HORTELANO MONCADA, comps. *60 años de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM. Aportaciones al Conocimiento y Conservación de los Mamíferos Mexicanos*. México, D.F.: Instituto de Biología UNAM, 85-98.

- PONCE AGUILAR A., 2004. *De la cueva pintada a la modernidad. Historia de Baja California*. [Online]. Universidad Iberoamericana de Tijuana. Disponible en: www.loyola.tij.uia.mx. [Acceso diciembre 5, 2008].
- PORCASI, J. & FUJITA, H., 2000. The dolphin hunters: A specialized prehistoric maritime adaptation in the southern California channel islands and Baja California. *American Antiquity*, 65(3), 543-566.
- PORCASI, J., JONES, T. L. & RAAB, L. M., 2000. Trans-holocene marine mammal exploitation on San Clemente Island, California: a tragedy of the commons revisited. *Journal of Anthropological Archaeology*, 19, 200-220.
- PROFEPA (PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE), 1995. *Mortalidad de mamíferos marinos y aves marinas en el Golfo de California*. Reporte preliminar. México, D.F.: SEMARNAP.
- RAMÍREZ BERNATE, C. A. & DINIZ G. L. 2006. Aproximación y simulación de un modelo de dispersión de contaminantes sobre superficies esféricas. *Lecturas Matemáticas*, Volumen especial (2006), 271-284.
- READ, A. J., 2008. The looming crisis: interactions between marine mammals and fisheries. *Journal of Mammalogy*, 89, 541-548.
- REDDY, M. L., DIERAUF, L. A., & GULLAND, F. M. D., 2001. Marine mammals as sentinels of ocean health. In: L. A. DIERAUF & F. M. D. GULLAND, eds. *Marine Mammal Medicine* 2a ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 3-13.
- REEVES, R. R., STEWART, B. S., CLAPHAM, P. J. & POWELL, J. A., 2002. *Guide to marine mammals of the world*. National Audubon Society. New York, NY: Alfred A. Knopf.
- REIJNDERS, P. J. H. & AGUILAR A., 2002. Pollution and marine mammals. In: W. F. PERRIN, B. WÜRSIG & J. G. M. THEWISSEN, eds. *Encyclopedia of marine mammals*. San Diego, CA: Academic Press, 948-957.
- REIJNDERS, P. J. H., 1988. Ecotoxicological perspectives in marine mammalogy: research principles and goals for a conservation policy. *Marine Mammal Science*, 4, 91-102.
- REYES COCA, S. & VOGEL, G., 1984. Estudio preliminar de las condiciones meteorológicas y climatológicas alrededor del Golfo de California. Segunda parte: Análisis de los parámetros termodinámicos. *Ciencias marinas*, 10 (2), 45-83.
- RICE, 1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. In: K. S. NORRIS & R. REEVES, eds. *Report on a workshop on problems related to humpback whales (Megaptera novaengliae) in Hawaii*. Washington D.C.: Report to the Marine Mammal Commission, 29-44.
- RICE, D. W., 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. In: W.E. SCHEVILL, ed. *The whale problem*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 170-195.
- RICE, D. W., WOLMAN, A. A. & BRAHAM, H. W., 1984. The gray whale, *Eschrichtius robustus*. *Marine Fisheries Review*, 46(4), 7-14.
- RICHARDSON, W. J., THOMSON, D. H., GREEN, C. R. JR., & MALME, C. I., 1995. *Marine mammals and noise*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.

- RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., 2001. Mantos de rodolitos en el Golfo de California: implicaciones en la biodiversidad y el manejo de las zonas costeras. *Biodiversitas*, 36: 12-14.
- RODEN, G. I. & EMILSSON I., 1980. *Oceanografía del Golfo de California*. Contribución No. 90. México, D.F.: Centro de Ciencias del Mar y Limnología UNAM.
- RODRÍGUEZ, T. R. E., 2002. *Cautivos de Dios. Los cazadores recolectores de Baja California durante la Colonia. Historia de los pueblos indígenas de México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- RODRÍGUEZ-VALENCIA, J. A. & CISNEROS-MATA M. A., 2006. *Captura incidental de las flotas pesqueras ribereñas del Pacífico Mexicano. Reporte técnico del Programa Golfo de California de WWF-México a la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte*. [Online]. Disponible en: <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/publicaciones.php?tipo=reps> [Acceso julio 2009].
- RODRÍGUEZ-VALENCIA, J. A. & CISNEROS-MATA, M. A., 2006. *Captura incidental de las flotas pesqueras ribereñas del Pacífico Mexicano*. [Online]. Disponible en <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/publicaciones.php?tipo=reps> [Acceso junio 2009].
- RODRÍGUEZ-VALENCIA, J. A., LÓPEZ-CAMACHO, M., CRESPO D. & CISNEROS-MATA, M. A. 2008. *Tamaño y distribución espacial de las flotas pesqueras ribereñas del Golfo de California en el año 2006*. [Online]. Disponible en: <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/publicaciones.php?tipo=reps> [Acceso junio 2009].
- ROJAS BRACHO, L., 1984. *Presencia y distribución del Rorcual común, Balaenoptera physalus (Linnaeus, 1758) (Cetacea : Balaenopteridae) en el Golfo de California, México*. Tesis (Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM.
- ROJAS-BRACHO, L., REEVES, R. R. & JARAMILLO-LEGORRETA, A., 2006. Conservation of the vaquita *Phocoena sinus*. *Mammal Review*, 36(3), 179-216.
- ROJAS-BRACHO, L., & TAYLOR B., 1999. Risk factors affecting the vaquita (*Phocoena sinus*). *Marine Mammal Science*, 15(4), 974-989.
- ROSALES NANDUCA, H., en elaboración. *Diversidad y distribución de la mastofauna marina en el Océano Pacífico mexicano y aguas adyacentes*. Tesis (Doctorado) PCB, UNAM.
- ROSEL, P. & ROJAS-BRACHO, L., 1999. Mitochondrial DNA variation in the critically endangered vaquita, *Phocoena sinus*. *Marine Mammal Science*, 15, 990-1003.
- ROWELL, K., FLESSA, K.W., DETTMAN, D. L., ROMÁN, M., GERBER, L.R., & FINDLEY, L. T., 2008. Diverting the Colorado River leads to a dramatic life history shift in an endangered marine fish. *Biological Conservation*, 114 (4), 1140-1150.

- RUELAS-INZUNZA, J. R., HORVAT M., PÉREZ-CORTÉS H. & PÁEZ-OSUNA, F., 2003. Distribución de metilmercurio y mercurio en tejidos de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) y delfines tornillo (*Stenella longirostris*) varados en el bajo Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 29(1), 1-8.
- RUELAS-INZUNZA, J. R., & PAEZ-OSUNA, F., 2002. Distribution of Cadmium, Copper, Iron, Manganese, Lead and Zinc in Spinner Dolphins (*Stenella longirostris*) Stranded in La Paz Lagoon, Southwest Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 69, 408-414.
- RUELAS-INZUNZA, J. R., PAEZ-OSUNA F. & PÉREZ-CORTÉS, H., 2000. Distribution of mercury in muscle, liver and kidney of the Spinner Dolphin (*Stenella longirostris*) stranded in the Southern Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 40(11), 1063-1066.
- SÁENZ-ARROYO, A., 2008. La paradoja del chimpancé pensante: trayectoria de impacto y estrategias de conservación en el medio marino 1940-2003. In: M. CARIÑO & M. MONTEFORTE, eds. *Del saqueo a la Conservación. Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur*. México, D.F.: SEMARNAT, UABCS, INE, CONACyT, 571-599.
- SÁENZ-ARROYO, A., ROBERTS, C. M., TORRE, J., CARIÑO-OLVERA M. & HAWKINS, J. P., 2006. The value of evidence about past abundance: marine fauna of the Gulf of California through the eyes of 16th to 19th century travellers. *Fish and Fisheries*, 7(2), 128-146.
- SÁENZ-ARROYO, A., ROBERTS, C. M., TORRE, J., CARIÑO-OLVERA M., & ENRIQUEZ-ANDRADE, R. R., 2005. Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 272,1957-1962.
- SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2002. *Anuario Estadístico de Pesca 2002*. [Online]. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compesq.html. [Acceso septiembre, 2008].
- SALINAS ZACARÍAS, M. A. & BOURILLÓN MORENO, L., 1988. *Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México*. Tesis (Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM.
- SALINAS-ZAVALA, C. A., LLUCH-BELDA, D., HERNÁNDEZ-VAZQUEZ, S. & LLUCH-COTA, D. B., 1998. La aridez en el noroeste de México. Un análisis de su variabilidad espacial y temporal. *Atmósfera* 11, 29-44.
- SARUKÁN, J., KOLEFF, P., CARABIAS, J., SOBERÓN, J., DIRZO, R., LLORENTE-BOUSQUETS, J., HALFFTER, G., GONZÁLEZ, R., MARCH, I., MOHAR, A., ANTA, S. & DE LA MAZA, J., 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México, D.F.: CONABIO.
- SAYERS, H., 1984. Shore whaling for gray whales along the coast of Californias. In: M. L. JONES, S. L., SWARTZ & S. LEATHERWOOD, eds. *The gray whale, Eschrichtius robustus*. Orlando, FL: Academic Press Inc., 121-157.
- SCAMMON, CH. M., [1874 (1968)]. *The marine mammals of the north-western coast of North America*: New York, NY: Dover Publication Incorporation.

- SCHIPPER, J., CHANSON, J. S., CHIOZZA, F., COX, N. A., HOFFMAN, M. & 125 autores más, 2008. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science* 322, 225-230.
- SCHRAMM Y., MESNICK S. L., DE LA ROSA J., PALACIOS D. M., LOWRY M. S., AURIOLES-GAMBOA D., SNELL ·H. M., & ESCORZA-TREVIÑO S., 2009. Phylogeography of California and Galápagos sea lions and population structure within the California sea lion. *Marine Biology* 156, 1375–1387.
- SEARS, R., BÉRUBÉ, M. & GENDRON D., 1987. A preliminary look at the distribution and migration of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Northeast Pacific, based on the photoidentification of individuals. *In: Proceedings of the seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, p. 62 Miami, FL.
- SEMAR (SECRETARÍA DE MARINA-ARMADA DE MÉXICO), 2003. *Atlas de contaminación marina*. [CD ROM] México, D.F.: Subsecretaría de Marina. Dirección General Adjunta de Oceanografía.
- SEMARNAP. 2000. *Proyecto para la conservación, recuperación, manejo y aprovechamiento sustentable de los pinnípedos*. Subcomité técnico para la conservación recuperación investigación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Pinnípedos en México y aguas de jurisdicción nacional. México. [Online]. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/Preps/Prep_Pinnipedos.pdf [Acceso enero, 2008].
- SEMARNAT, 2009. *Bitácora del Golfo de California*. [Online]. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Pages/bitacora_golfo.aspx. [Acceso agosto 2009].
- SHIRIHAI, H., & JARRET, B., 2006. *Whales dolphins and others marine mammals of the World. Princeton Field Guides*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- SIERRA, C. & SIERRA, J., 1977. *Reseña histórica de la pesca en México (1821-1977)*. México, D.F.: Departamento de Pesca.
- SILBER, G. K., NEWCOMER, M. W., SILBER, P. C. & PÉREZ CORTÉS H., 1994. Cetaceans of the northern Gulf of California: distribution, occurrence, and relative abundance. *Marine Mammal Science*, 10(3), 283-298.
- SIMMONDS, M. P. & ISAAC, S. J., 2007. The impacts of climate change on marine mammals: Early signs of significant problems. *Oryx*, 41(1), 19-26.
- SMITH, W. H. F. & SANDWELL, D. T., 1997. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277: 1957-1962.
- SOBERÓN, J. M & LLORENTE, J. B., 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7, 480-488.
- STUART, M. F., 2002. Scrimshaw. *In: W. F. PERRIN., B. WURSIG & J. G. M. THEWISSEN, eds. Encyclopedia of Marine Mammals*. New York, NY: Academic Press, 1060-1066.

- SZTEREN, D. AURIOLAS GAMBOA, D. & L. GERBER, 2006. Population status and trends of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, México. In: A. W. TRITES, S. K. ATKINSON, D. P. DEMASTER, L. W. FRITZ, T. S. GELATT, L. D. REA, & WYNNE K. M., eds. *Sea Lions of the World*. Fairbanks, AK: University of Alaska, 369-384.
- TAYLOR, B., BARLOW J., PITMAN, R., BALANCE, L., KLINER, T., DEMASTER, D., HILDEBRAND, J., URBÁN, J., PALACIOS, D. & MEAD, J. 2004. *A call for research to assess risk of acoustic impact on beaked whale populations*. [Online]. Disponible en: <http://cetuc.ucsd.edu/Publications/Reports/TaylorIWCSC-56-E36-2004.pdf> IWC/SC/56/E36. [Acceso abril 15, 2007].
- THOMPSON, D. A. & MESNICK S. L., 1993. Biodiversity of the marine fauna around islands in the Gulf of California. Reporte no publicado. Department of Ecology and Evolutionary Biology. Tucson, AR: The University of Arizona.
- THOMSON, D. A., FINDLEY, L. T., & KERSTITCH, A. N., 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez: the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. Austin, TX: University of Texas Press.
- TONNESSEN, J. & JOHNSEN, A. O., 1982. *The History of Modern Whaling*. Berkeley, CA: University of California Press.
- TORRES, A. G., ESQUIVEL, C. M. & CEBALLOS, G., 1995. Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1, 22-43.
- TOWNSEND, C. H. 1935. The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whaleships. *Zoologica*, 19, 1-50.
- ULLOA, R., ALCANTAR, N., TORRE, J. & BOURILLÓN, L., 2007. *Zonas de Pesca Ribereña de las Cooperativas Afiliadas a la Confederación Nacional Cooperativa Pesquera, S.C. de R.L.: Golfo de California y costa Occidental de Baja California Sur. Informe final a Confederación Nacional Cooperativa Pesquera S.C. de R.L.* Guaymas, México, D.F.: Comunidad y Biodiversidad A.C.
- ULLOA, R., TORRE, J., BOURILLÓN, L., GONDOR, A. & ALCANTAR, N., 2006. *Planeación ecorregional para la conservación marina: Golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Informe final a The Nature Conservancy*. Guaymas, México, D.F.: Comunidad y Biodiversidad, A.C.
- UNDERWOOD, J. G., HERNÁNDEZ CAMACHO C. J., AURIOLAS-GAMBOA, D. & GERBER L. R., 2008. Estimating sustainable bycatch rates for California Sea Lion Populations in the Gulf of California. *Conservation Biology*, 22(3), 701-710.
- URBÁN, J., 2001. *Estructura poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico Mexicano*. Tesis (Doctorado). Facultad de Ciencias, UNAM.
- URBÁN, J., GÓMEZ GALLARDO, A. U., PALMEROS, M. R., & VELÁZQUEZ, G. CH., 1997. Los mamíferos marinos de la Bahía de La Paz. In: J. URBÁN & M. RAMÍREZ, eds. *La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación*. México, D.F.: UABCS, 193-217.

- URBÁN, J., GONZÁLEZ, U. & GÓMEZ-GALLARDO A., 2004. Diversidad y conservación de ballenas y delfines en el Golfo de California. *Panorama*, 48, 19-26.
- URBÁN, J., GONZÁLEZ, U. & GÓMEZ-GALLARDO, A., 2004. Diversidad y conservación de ballenas y delfines en el Golfo de California. *Panorama*: 48, 19-26.
- URBÁN, R. J. & M. GUERRERO, 2002. *Balaenoptera musculus*. Conocimiento biológico de las especies de mamíferos marinos (Cetáceos, Sirenios y Carnívoros), incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000, México. Departamento de Biología Marina, Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, UABCS. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W038. [Online]. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W038_Fichas % 20 de % 20 Especies.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W038_Fichas%20de%20Especies.pdf). [Acceso mayo, 2007].
- URBÁN-RAMÍREZ, J., ROJAS-BRACHO, L., GUERRERO-RUIZ, M., JARAMILLO-LEGORRETA, A. & FINDLEY, L. T. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. In: J. E. CARTRON, G. CEBALLOS & R. S. FELGER, eds. *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. New York, NY: Oxford University Press, 276-297.
- VALDEZ-HOLGUÍN, J. E., GAXIOLA-CASTRO, G. & CERVANTES-DUARTE, R., 1995. Productividad primaria en el Golfo de California calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y clorofila de la zona eufótica. *Ciencias Marinas* 21(3), 311-32.
- VELARDE, E., 1989. *Conducta y ecología de la reproducción de la Gaviota parda (Larus heermanni) en Isla Rasa, Baja California*. Tesis (Doctorado). Facultad de Ciencias, UNAM.
- VILORIA GÓMORA, L., 2007. *Identidad, distribución espacio-temporal y abundancia de Tursiops truncatus en Bahía de Banderas, México*. Tesis (Maestría). PCML, UNAM.
- VIDAL, O., 1995. Population biology and incidental mortality of the Vaquita, *Phocoena sinus*. *Reports of the International Whaling Commission* (Special Issue), 16, 247-272.
- VIDAL, O., FINDLEY, L. T. & LEATHERWOOD, S., 1993. Annotated checklist of marine mammals of the Gulf of California, México. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*. 28, 1-16.
- VIDAL, O., FINDLEY, L. T. & PRIETO, P., 1989. La vaquita: La extinción es para siempre. *Ciencias*, 16, 36-37.
- VIDAL, O., WAEREBEECK, K. V. & FINDLEY, L. T., 1994. Cetaceans and gillnet fisheries in México, Central America and the wider Caribbean: A preliminary review. *Report of the International Whaling Commission*. (Special Issue), 15, 221-233.
- VIDAL, R., 2004. *Las Regiones Climáticas de México*. México, D.F.: Instituto de Geografía. UNAM.

- WALKER, W. A. & COE, J. M., 1990. Survey of marine debris ingestion by odontocete cetaceans. In: NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154. *Proceedings of the second international conference on marine debris*. Honolulu, HI: NOAA, 747-775.
- WELCH, L., 1988. *Marine Log*. Gainesville, FL: Florida Sea Grant College Program.
- WELLS, R. S., RHINEHART, H. L., HANSEN, L. J., SWEENEY, J. C., TOWNSEND, F. I., STONE, R., CASPER, D., SCOTT, M. D., HOHN A. A. & ROWLES, T. K., 2004. Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: Developing a health monitoring system. *Ecohealth*, 1, 246-254.
- WHITTOW, G. C., 1987. Thermoregulatory adaptations in marine mammals: Interacting effects of exercise and body mass. A review. *Marine Mammal Science*, 3, 220-241.
- WORLD HERITAGE CENTRE, 2005. *Islands and protected areas of the Gulf of California*. [Online]. Disponible en: <http://whc.unesco.org/en/list/1182>. [Acceso febrero, 2007].
- WWF (WORLD WILDLIFE FUND), 2005. *Diagnóstico de la pesca ribereña del estado de Sonora, México, 2004*. In: J. A. RODRÍGUEZ VALENCIA, M. RODARTE HARISPURU & M. A. CISNEROS-MATA, eds. *Reporte Técnico para WWF*. [Online]. Disponible en: <http://www.wwf.org.mx> [Acceso julio 2009].
- YANO, K. & DAHLHEIM, M. E., 1995. Killer whale, *Orcinus orca*, depredation on longline catches of bottomfish in the southeastern Bering Sea and adjacent waters. *Fishery Bulletin*, 93, 355-372.
- ZAVALA GONZÁLEZ, A., 1999. *El lobo marino de California *Zalophus californianus* y su relación con la pesca en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California, México*. Tesis (Doctorado). CICESE.
- ZAVALA-GONZÁLEZ, A. & MELLINK, E., 2000. Historical exploitation of the California Sea Lion, *Zalophus californianus*, in México. *Marine Fisheries Review*, 62, 35-40.
- ZAVALA-GONZÁLEZ, A., & MELLINK, E., 1997. Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California. *Fishery Bulletin*. 95(1), 180-184.
- ZAVALA-GONZÁLEZ, A., 1993. *Biología poblacional del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* (Lesson 1828) en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California, México*. Tesis (Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM.
- ZAVALA-GONZÁLEZ, A., URBÁN-RAMÍREZ J. & ESQUIVEL-MACÍAS. C., 1994. A note on artisanal fisheries interactions with small cetaceans in Mexico. *Reports of the International Whaling Comisión*, (Special issue 15), 235-237.

ZERTUCHE-GONZÁLEZ, J. A., PACHECO, I. R. & GALINDO-BECT, L. A., 2007. Criterios para la caracterización y regionalización del ordenamiento costero del Golfo de California, basada en la distribución de especies de importancia biológica; el caso de las macroalgas. *In: A. CÓRDOVA Y VÁZQUEZ, F. ROSETE, G. ENRÍQUEZ, & B. FERNÁNDEZ DE LA TORRE, eds. Ordenamiento ecológico marino. Visión temática de la regionalización.* México, D.F.: INE, 103-115.

9.2. Documentos antiguos

CALIFORNIAS, 1795. Vol. 74, Exp. 16, fojas: 25. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

COLECCIÓN DE DOCUMENTOS PARA LA HISTORIA DE MÉXICO, 1856. Exp. 394, fojas: 223, 224. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

GOBERNACIÓN Y POLICÍA, 1860. Vol. 477, Exp. 15, fojas: 7. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

INDIFERENTE VIRREINAL, 1786. Caja 2436 Exp. 049, fojas: 4. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

INDIFERENTE VIRREINAL, 1786. Caja 2779 Exp. 020, fojas: 19. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

MARINA, 1813. Exp. 026, fojas: 1. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

MOVIMIENTO MARÍTIMO (129), 1882. Vol. 1, Exp. 15. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

REALES CÉDULAS ORIGINALES Y DUPLICADOS (100), 1792. Vol. 152 Exp. 176, fojas: 1. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

REALES CÉDULAS ORIGINALES Y DUPLICADOS (100), 1813. Vol. 208 Exp. 16, fojas: 1, 2. Disponible en: Archivo General de la Nación. México.

SOCIÉTÉ DES JESUITES, 1757. Carte de la Californie Lévê par la Societé des Jesuites. Dédiée du Roy d'Espagne en 1757. *In: M. Venegas. Histoire naturelle et civile de la Californie. Tome Premier.*, Paris: Chez Durand. Disponible en: Fondo Reservado de UNAM.

9.3. Proyectos que proveyeron datos al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y que conformaron la base de datos de registros de mamíferos marinos proporcionada por la CONABIO (Apéndice 10.6.)

ARITA WATANABE, H., CEBALLOS GONZÁLEZ, G., 1997. *Formación de una base de datos para el Atlas Mastozoológico de México.* Número de registros aportados por el proyecto: 1. Laboratorio de Ecología de Mamíferos. Departamento de Ecología Funcional y Aplicada, Instituto de Ecología, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto A3. México, D.F.

- CEBALLOS GONZÁLEZ, G., 2002. *Actualización de la base de datos del Atlas Mastozoológico de México*. Número de registros aportados por el proyecto: 721. Laboratorio de Conservación y Manejo de Vertebrados. Departamento de Ecología Funcional y Aplicada, Instituto de Ecología, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto T9. México, D.F.
- CONTRERAS ESPINOSA, F., 1998. *Centro de documentación de ecosistemas litorales mexicanos*. Número de registros aportados por el proyecto: 49. Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa: Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto P 44. México, D.F.
- FINDLEY, L. T., 1998. *Formación de una base de datos de la biodiversidad de fauna marina y costera en el Golfo de California*. Número de registros aportados por el proyecto: 119. Centro de Investigación y Desarrollo de los Recursos Naturales de Sonora (CIDESON) - Unidad Guaymas. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto P104. México, D.F.
- LAMOTHE ARGUMEDO, R., 1998. *Catálogo sistematizado y actualizado de la colección helmintológica del Instituto de Biología*. Número de registros aportados por el proyecto: 2. Departamento de Zoología, Instituto de Biología. UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto P85. México, D.F.
- LÓPEZ WILCHIS R. 1998. *Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá*. Número de registros aportados por el proyecto: 61. Laboratorio de Zoología Departamento de Biología División de Ciencias Biológicas y de la Salud Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto P 130. México, D.F.
- PÉREZ PONCE DE LEÓN, G., 2001. *Biodiversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México*. Número de registros aportados por el proyecto: 3. Departamento de Zoología, Instituto de Biología. UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto Q28. México, D.F.
- PINZÓN VIDAL, O., 1998. *Consolidación y sistematización de las colecciones de referencia de peces y mamíferos marinos del ITESM Campus Guaymas*. Número de registros aportados por el proyecto: 190. Departamento de Ciencias Marinas Centro de Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Unidad Guaymas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto B142. México, D.F.
- URBÁN RAMÍREZ, J., 1997. *El rorcual común *Balaenoptera physalus*, en el Golfo de California, México*. Número de registros aportados por el proyecto: 271. Departamento de Biología Marina, Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto B40. México, D.F.

- URBÁN RAMÍREZ, J., 1999. *La ballena jorobada, Megaptera novaeangliae, en la Península de Baja California, México*. Número de registros aportados por el proyecto: 471. Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto H 35. México, D.F.
- URBÁN RAMÍREZ, J., 2006. Colección osteológica de mastozoología marina. Número de registros aportados por el proyecto: 38. Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, UABCS. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto DC27. México, D.F.
- URBÁN-RAMÍREZ, J., ROJAS-BRACHO, L., GUERRERO-RUIZ, M., JARAMILLO-LEGORRETA, A. & FINDLEY, L. T. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. *In*: J. E. CARTRON, G. CEBALLOS, & FELGER, R. S., eds. *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. New York, NY: Oxford University Press, 276-297.

10. APÉNDICES

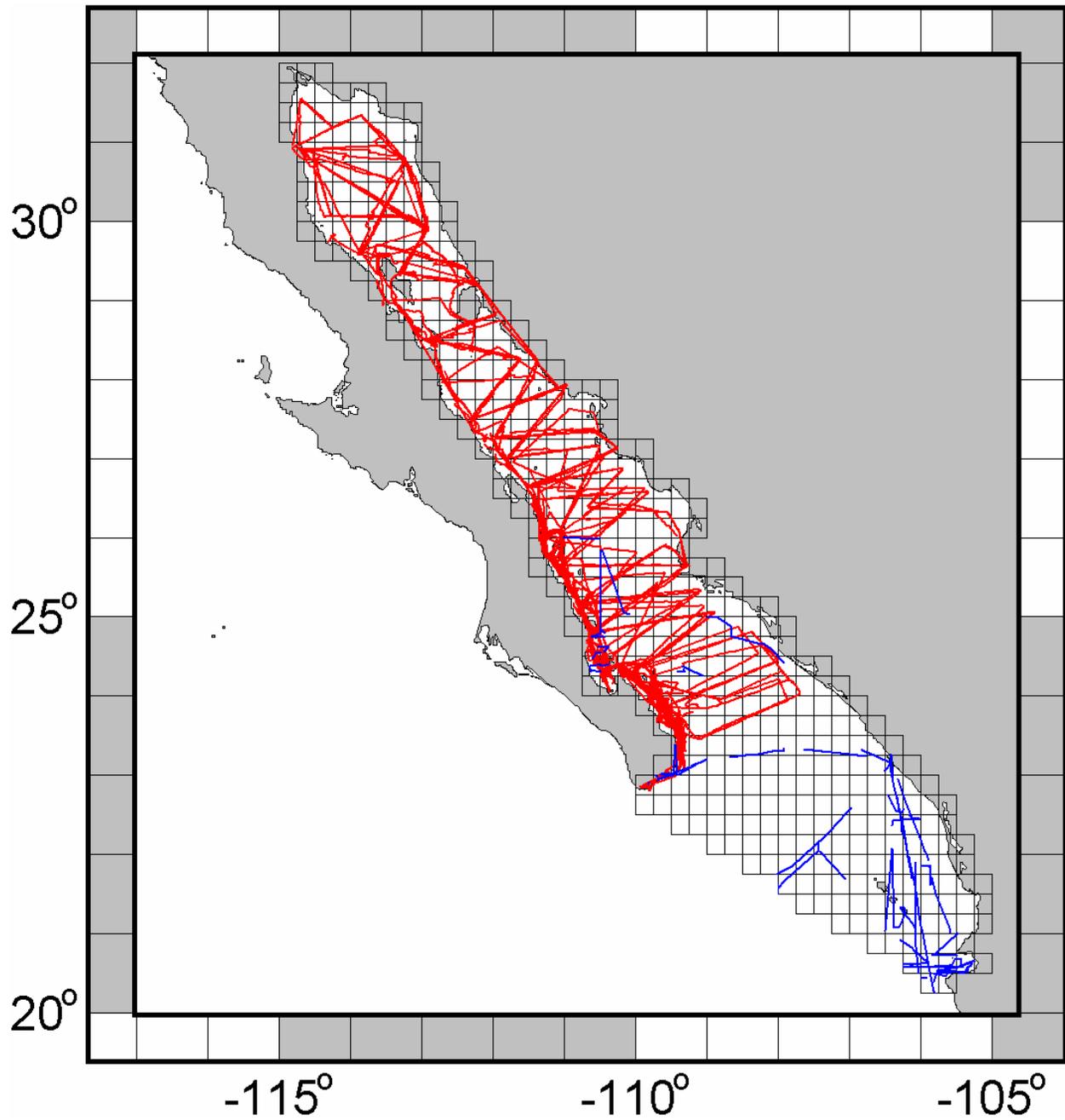
10.1. Programas de cómputo desarrollados en Turbo Pascal

Programa¹	Función
GEOASIGN	Asignación de cuadrantes a los registros de mamíferos marinos y datos diversos de actividades humanas así como depuración de información fuera de la matriz geográfica.
CURVAC	Generación de curvas de acumulación de especies en cada cuadrante y en el total a partir de los registros.
ACUMUMM	Estimación de los parámetros de la ecuación de Michaelis-Menten en cada cuadrante y en el total por el ajuste directo de mínimos cuadrados.
REGINVMM	Estimación de los parámetros de la ecuación de Michaelis-Menten en cada cuadrante y en el total por la regresión lineal a la ecuación de Lineweaver-Burks.
EUCLIDES	Determinación de las matrices de disimilitud entre especies según su distribución geográfica, entre especies según su interacción con las pesquerías y entre pesquerías según los artes que emplean.
SECTONAV	Determinación de la distancia navegada con observación en cada cuadrante a partir de las posiciones geográficas de transectos lineales. Se considera la forma elipsoidal de la Tierra.
MEDIANA	Determinación de la mediana de valores ordinales (riesgo de extinción de las especies) de cada cuadrante.
MAXIMA	Determinación del valor máximo ordinal (riesgo de extinción de las especies) de cada cuadrante.
FRECX	Determinación de la frecuencia relativa de valores ordinales (riesgo de extinción de las especies) de cada cuadrante en distintos intervalos.
INTERPOL	Estimación de valores en cuadrantes sin datos mediante el promedio de los valores medidos en los cuadrantes en una vecindad, ponderado por el inverso de la distancia. Sólo se interpolan valores faltantes sin modificar los cuadrantes con valores medidos.
SECTAREA	Localización geográfica y determinación de áreas por píxel y por cuadrante a partir de las imágenes de áreas en formato postcript.

¹ Estos programas fueron desarrollados por Luis Medrano González y junto con su documentación, están disponibles libremente por solicitud en medranol@ciencias.unam.mx.

10.2. Navegaciones de observación de mamíferos marinos

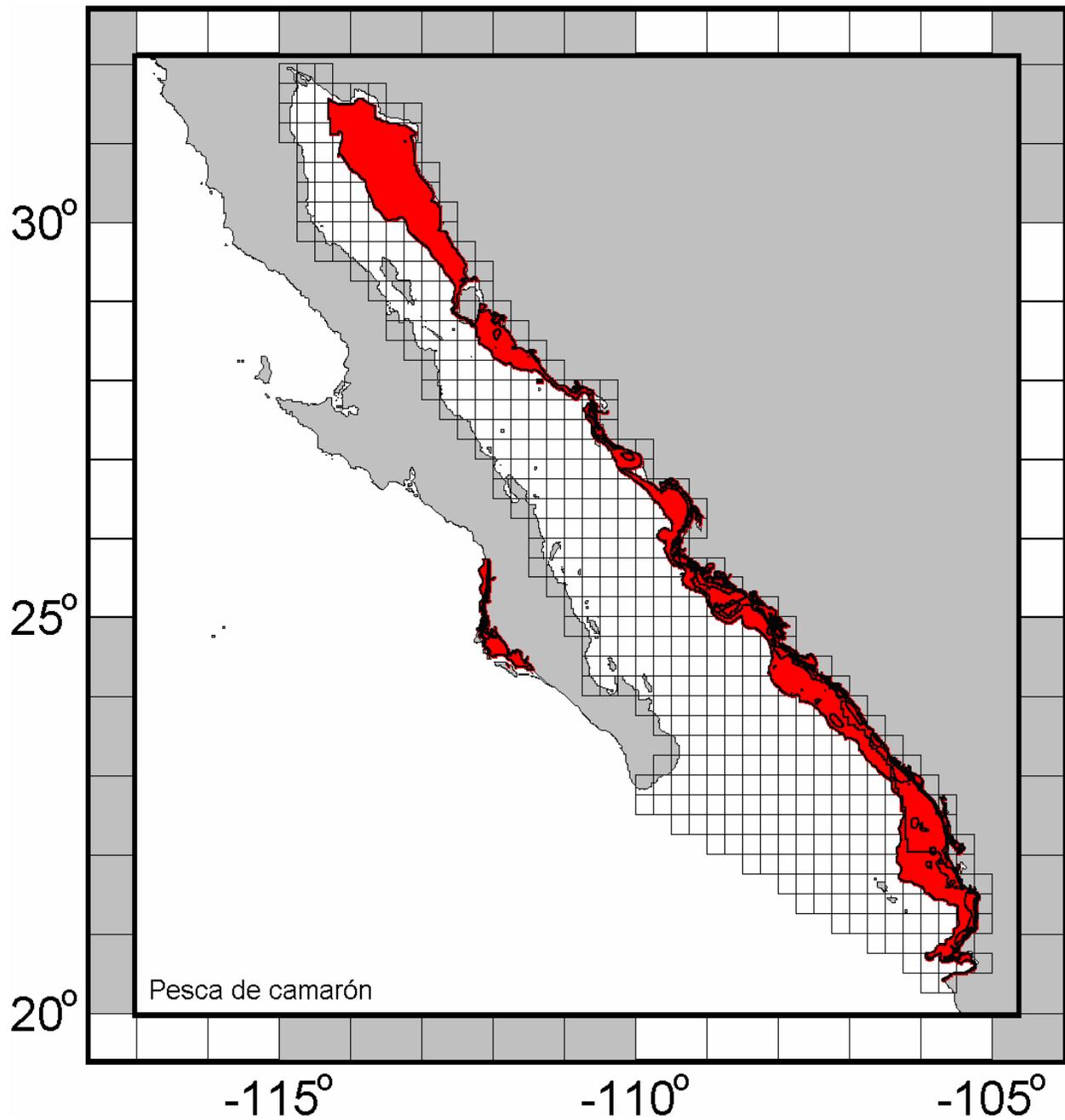
Navegaciones realizadas por la UABCS (rojo) y la UNAM (azul) para la observación de mamíferos marinos en el periodo 2004 – 2007.



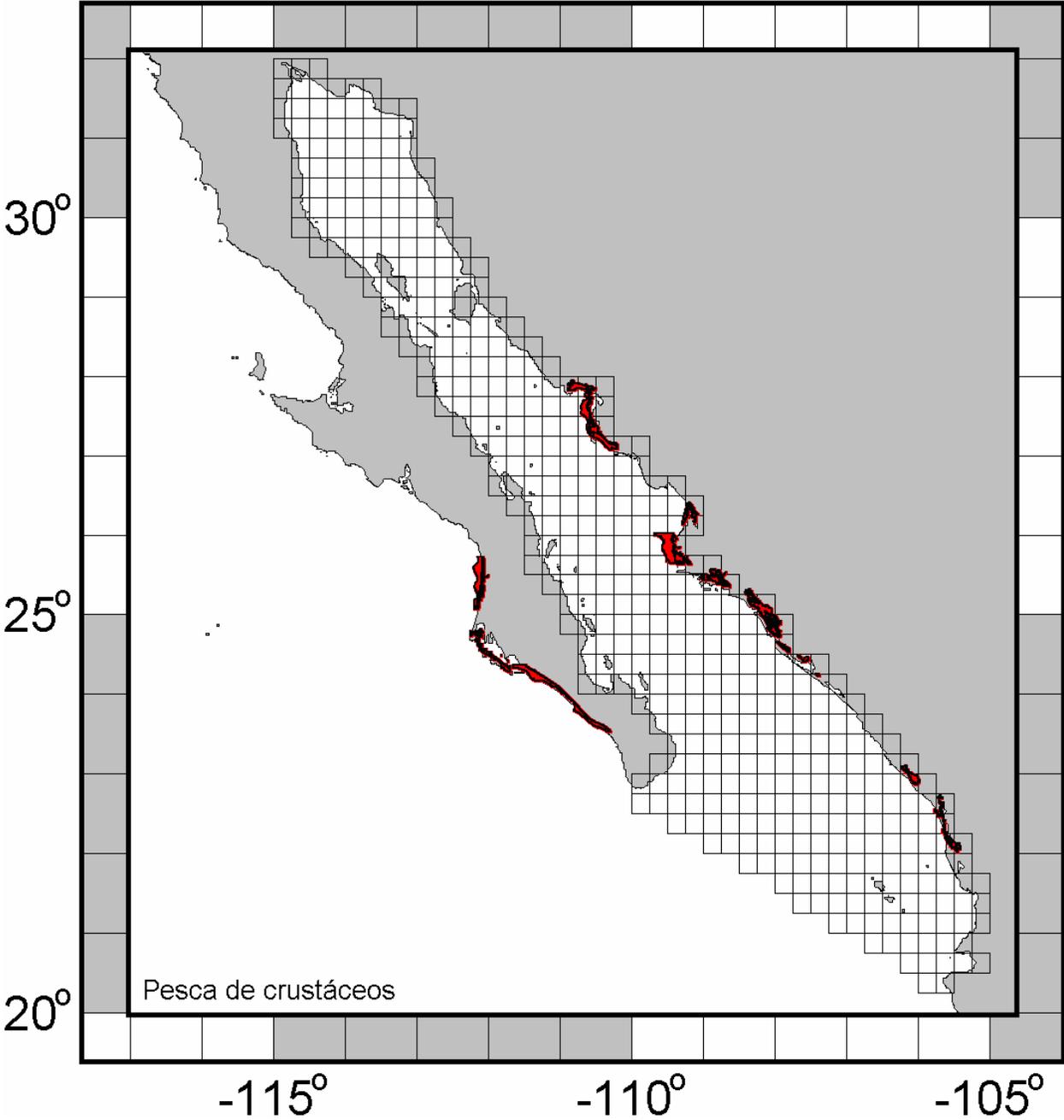
10.3. Pesquerías ribereñas del Golfo de California

Zonas de pesca ribereña en el Golfo de California según Ulloa *et al.* (2006).

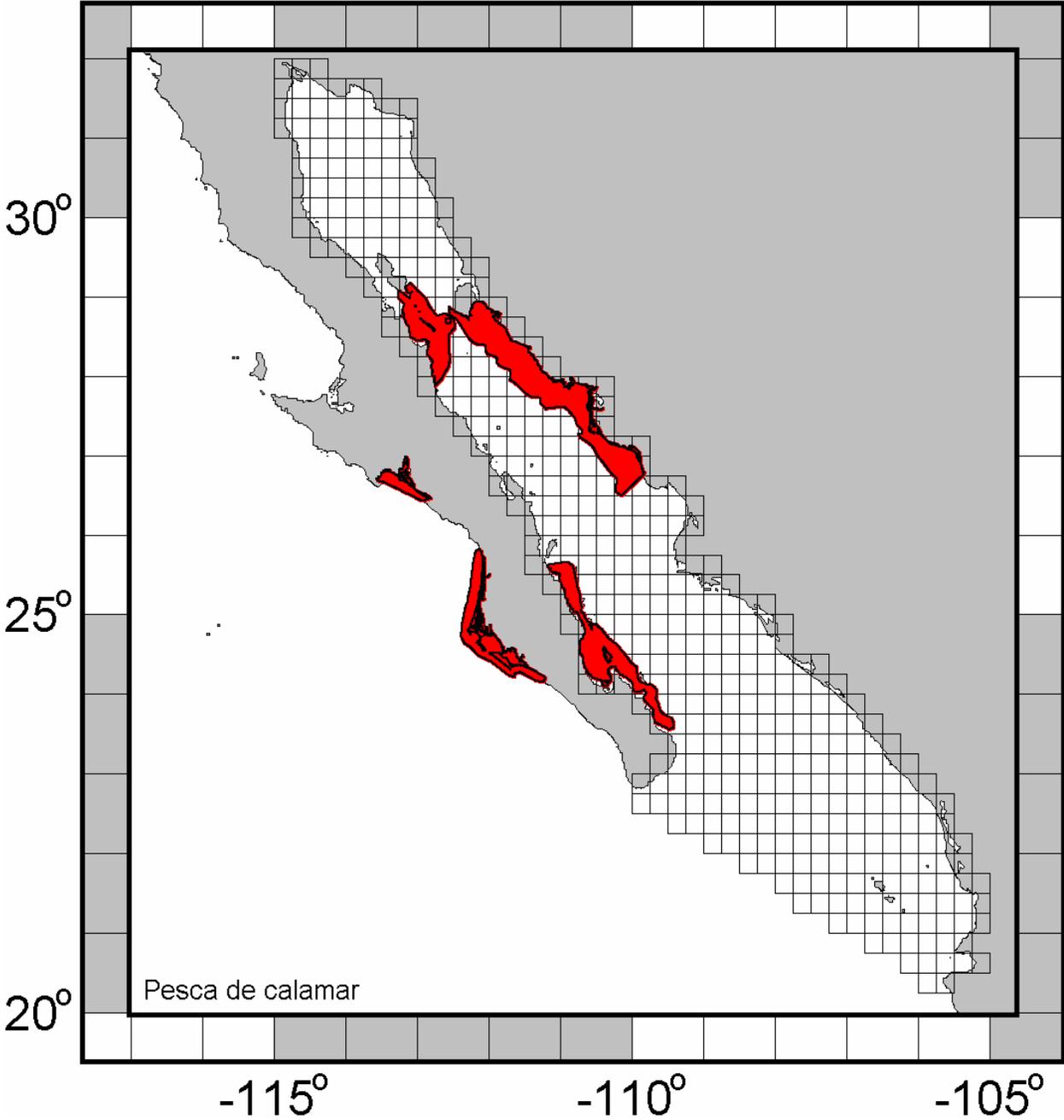
Camarón



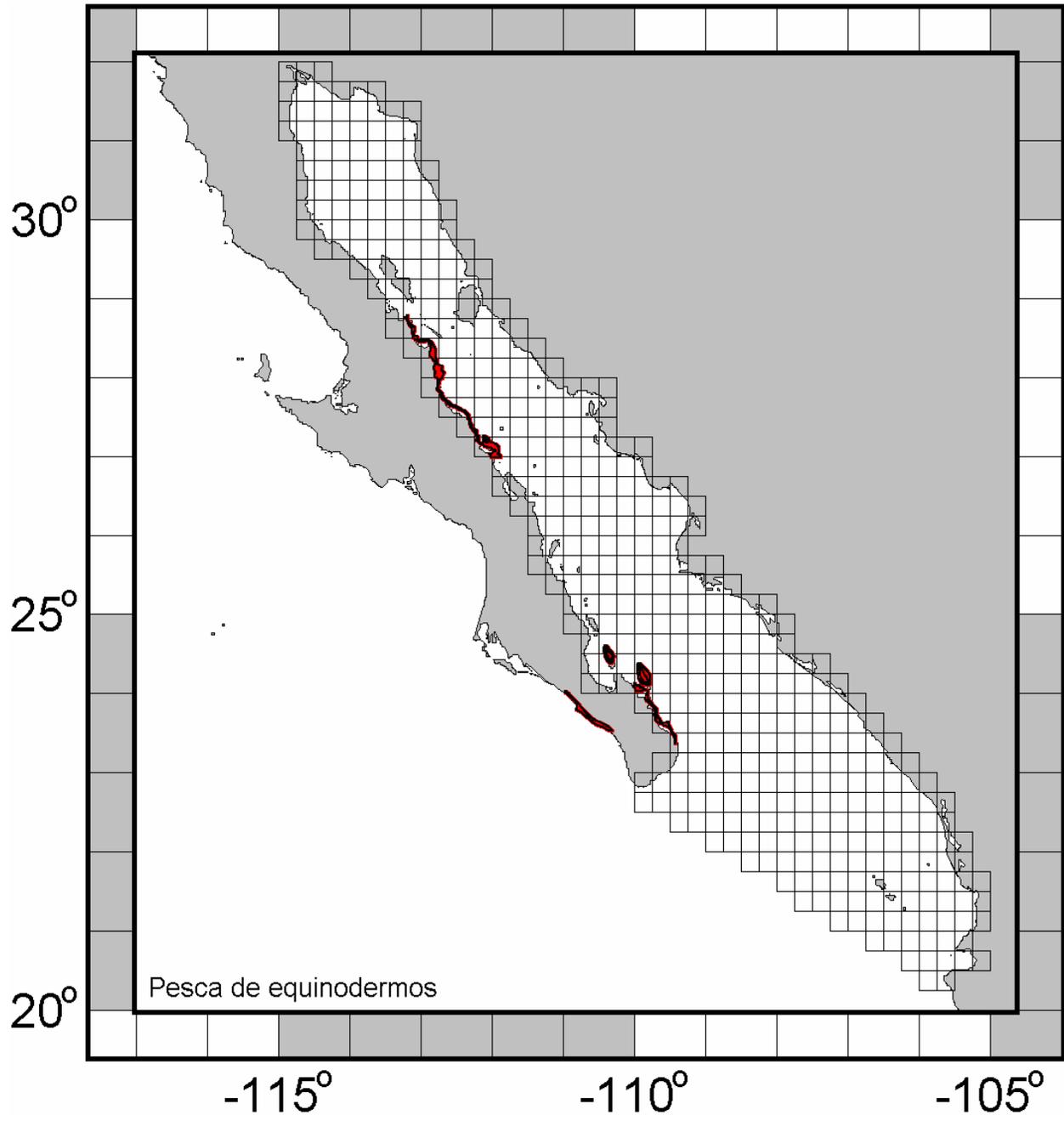
Otros crustáceos



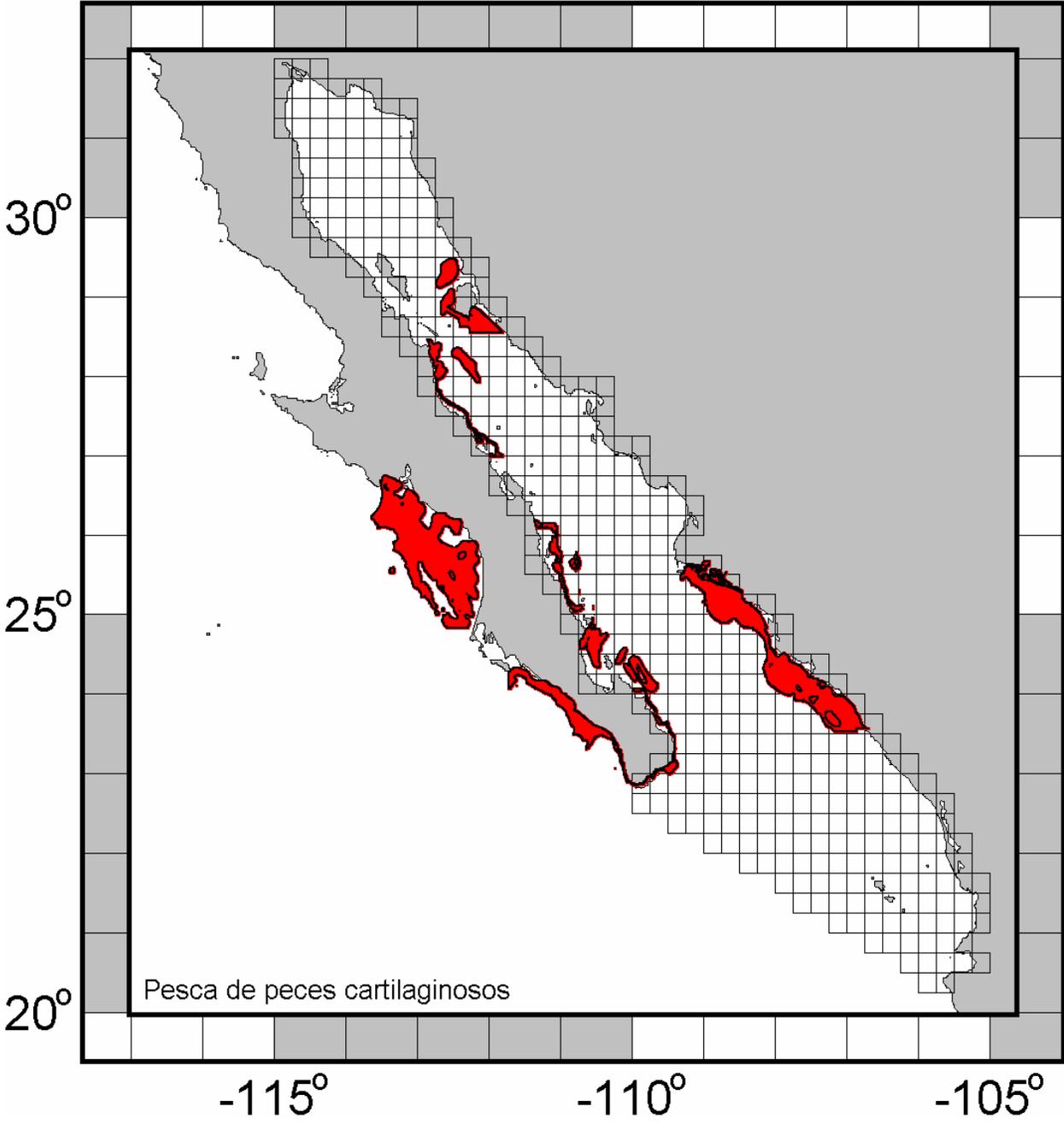
Calamar



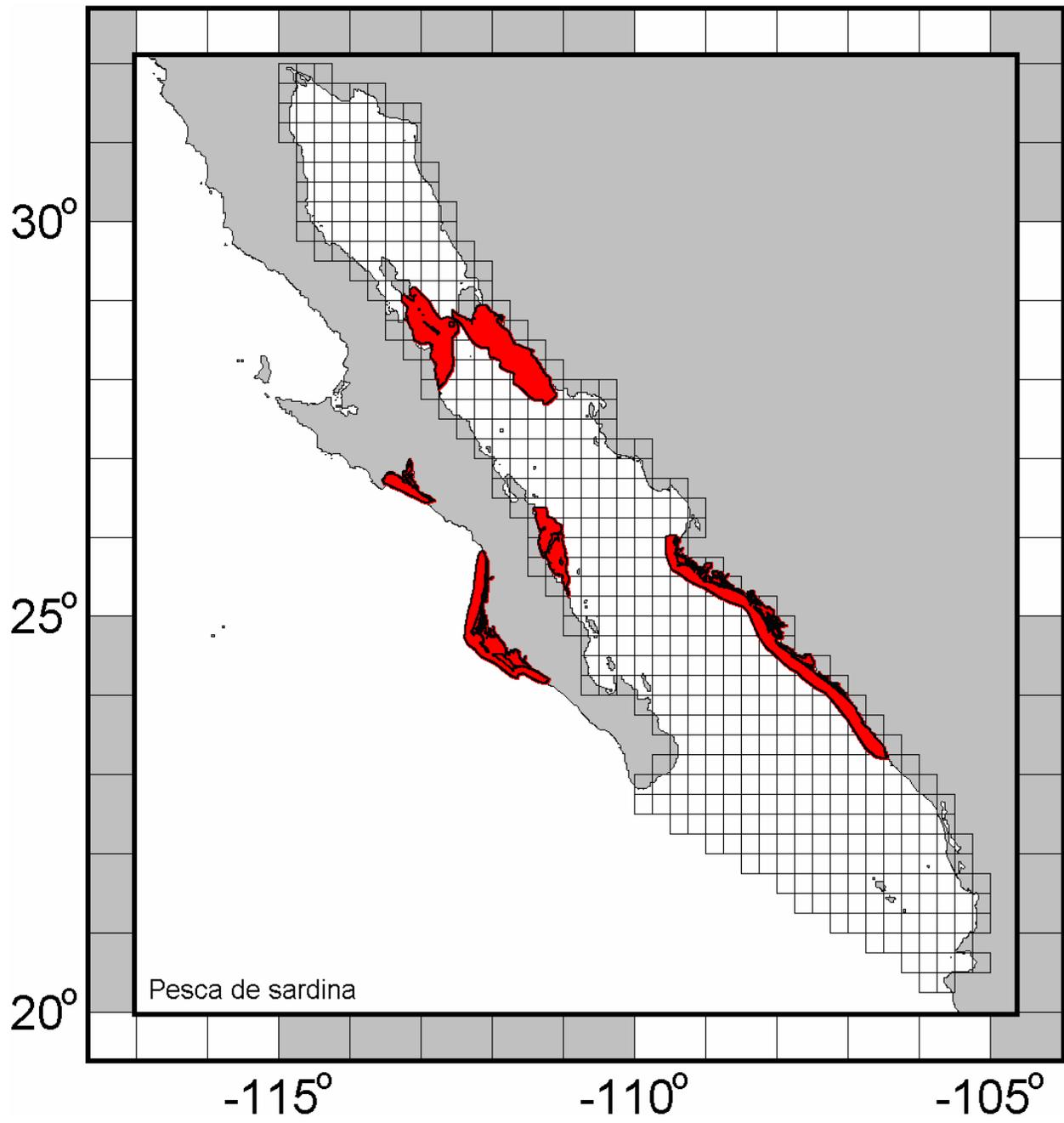
Equinodermos



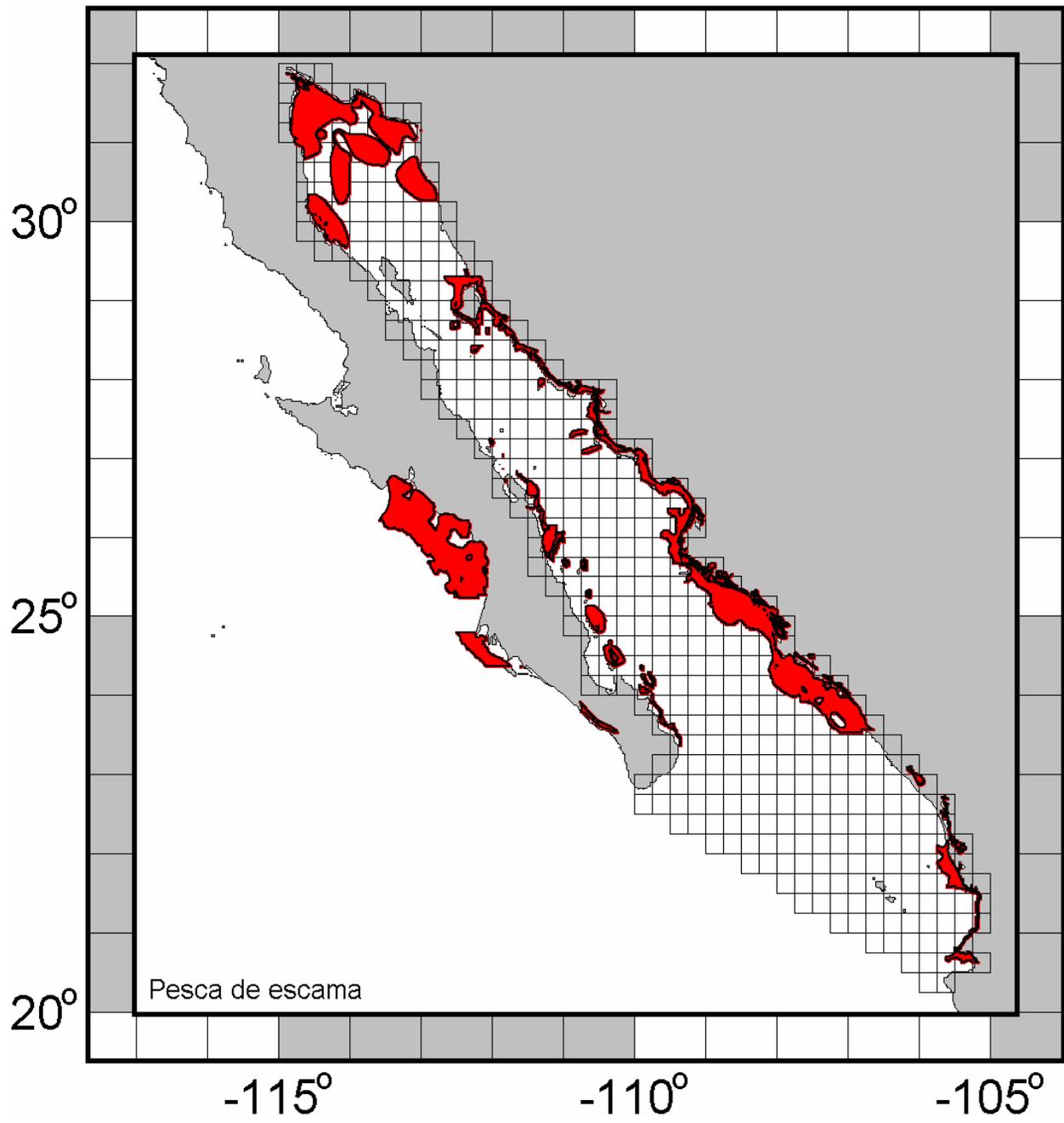
Peces cartilagosos



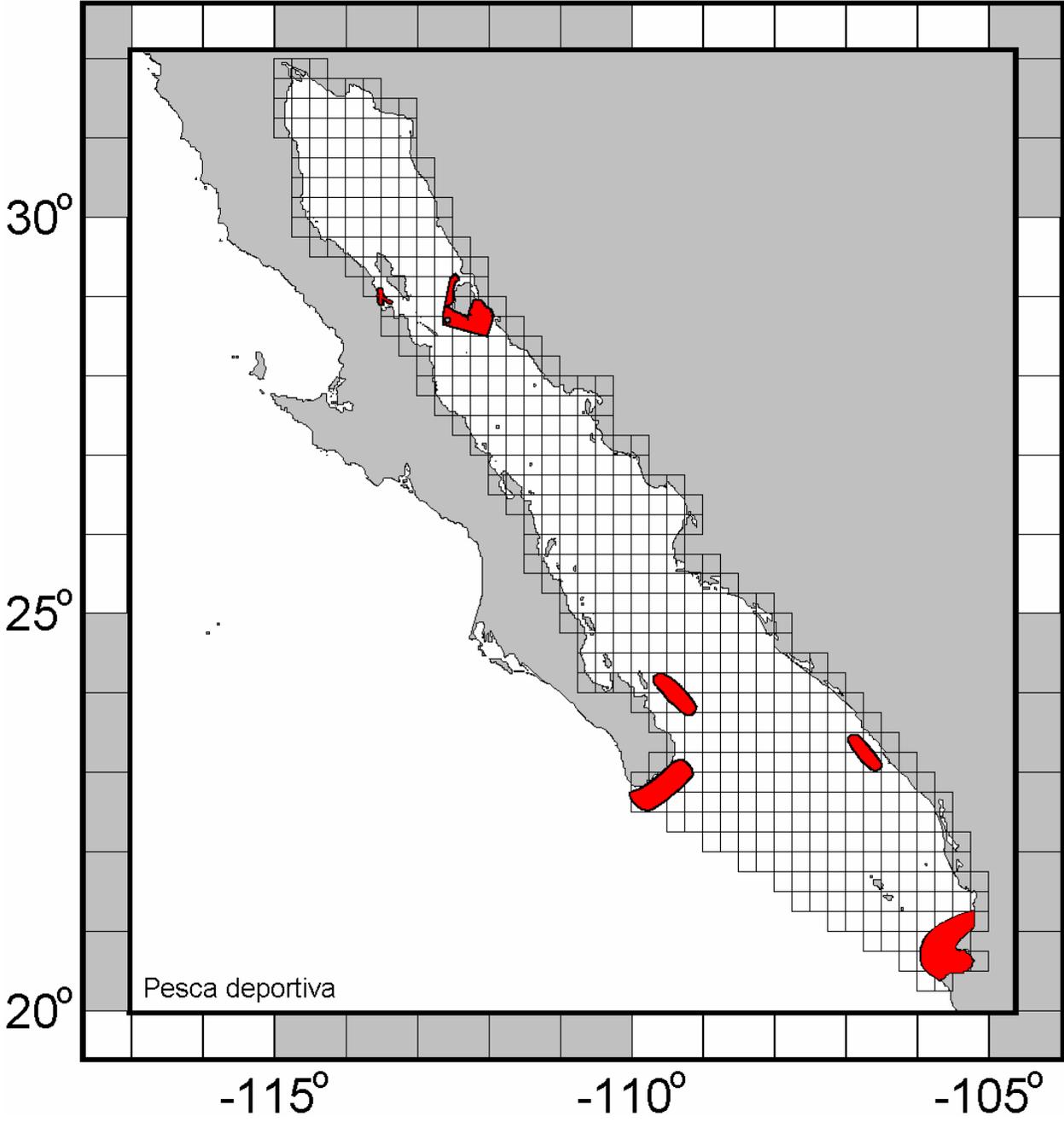
Sardina



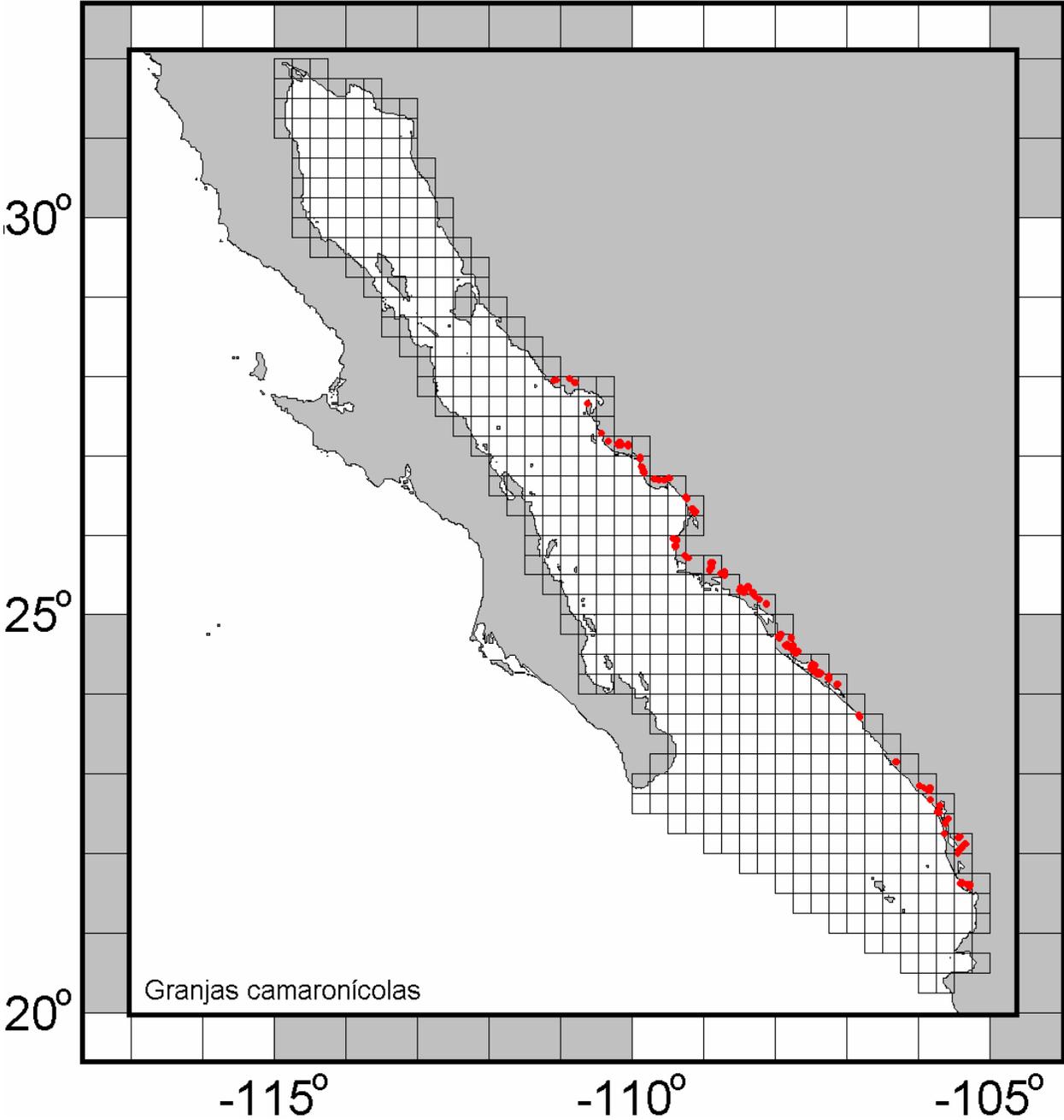
Escama



Pesca deportiva



Granjas camaronícolas



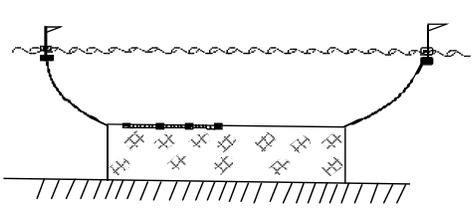
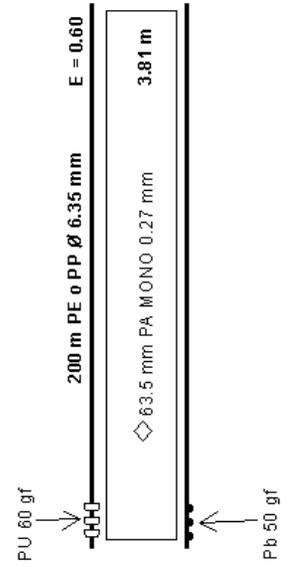
10.4. Tipos de artes de pesca en el Golfo de California

Artes de pesca utilizadas en el Golfo de California de acuerdo al Instituto Nacional de Pesca (Capítulo 6, Tabla 6).

Camarón

Red de Enmalle para Camarón (Chinchorro de línea)

1) Generalidades

1.1 Objetivo de captura: Común Científico Azul <i>Lithopenaeus stylirostris</i> Blanco <i>L. vannamei</i>	1.2 Embarcación Lancha o Panga con motor fuera de borda de potencia máxima de 55 hp	1.3 Diseño del arte de pesca Red de enmalle
1.4 Esquema de operación  <p>Se emplea en bahías del estado de Sonora y del norte de Sinaloa; se opera en el fondo (de 0 a 5 brazas de profundidad) a la deriva aprovechando el movimiento de las corrientes.</p>		

2) Indicadores

La eficiencia y la selectividad puede variar en función de la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.

2.1 Eficiencia de captura

El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa

2.2 Selectividad Multiespecífica

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de la Pesca, el sistema se caracteriza por presentar bajas tasas de capturas incidentales y descartes.

2.3 Selectividad Intraespecífica

El sistema se caracteriza por capturar organismos adultos de tallas mayores y homogéneas en comparación con las redes de arrastre.

3) Comentarios y Recomendaciones

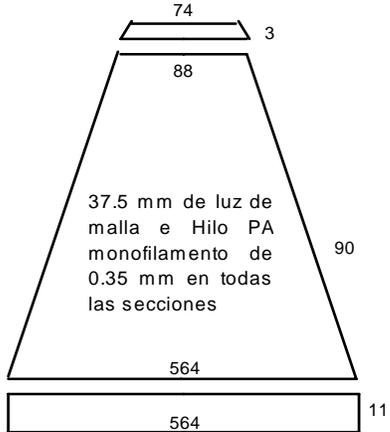
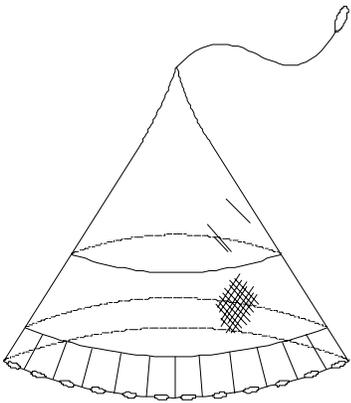
Dadas las características de las zonas de pesca en que se emplean estos sistemas y los volúmenes de captura que se obtienen, se estima conveniente no incrementar la potencia de los motores fuera de borda, ni el tamaño de las embarcaciones.

Dadas las bajas capturas observadas durante los últimos años de las especies objetivo, es necesario no aumentar el poder de pesca de estos sistemas (al incrementar la longitud de trabajo de las redes) y con ello el esfuerzo pesquero aplicado.

Es necesario monitorear las actividades de pesca con el objeto de mantener una evaluación permanente del comportamiento de los sistemas de captura con respecto a las poblaciones del recurso.

Atarraya para Camarón

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura</p> <p>Común Científico Azul <i>Lithopenaeus stylirostris</i> Blanco <i>L. vannamei</i> <i>L. setiferus</i> Café <i>Farfantepenaeus aztecus</i> <i>F. californiensis</i> Rojo <i>F. brasiliensis</i> Rosadc <i>F. duorarum</i></p>	<p>1.2 Embarcación</p> <p>Unidad de pesca propulsada a remo o con motor fuera de borda con potencia máxima de 55 hp.</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p> <p>Atarraya</p> 
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Se emplean en sistemas lagunarios estuarinos y bahías de ambos litorales, con luz de malla (medida interna entre nudo y nudo) mínima de 37.5 mm (1 1/2") en todas sus partes e hilo de PA monofilamento o multifilamento de 0.25 a 0.40 mm de diámetro.</p>		

2) Indicadores

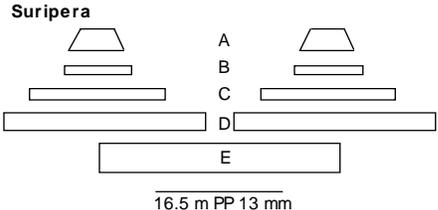
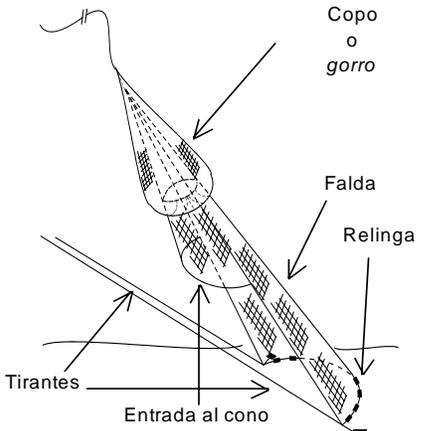
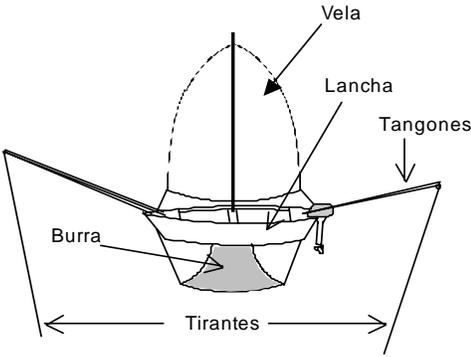
- 2.1 Eficiencia de captura**
 El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.
- 2.2 Selectividad Multiespecífica**
 Generalmente depende de las especies asociadas presentes en la zona de pesca.
- 2.3 Selectividad Intraespecífica**
 Por lo general se captura un amplio intervalo de tallas.

3) Comentarios y Recomendaciones

- Dadas las características de las zonas de pesca en que se emplea este sistema y los volúmenes de captura que se obtienen, no se requiere incrementar el tamaño de los motores fuera de borda.
- Se estima conveniente estandarizar diámetros de hilo y dimensiones del arte.
- Es necesario ampliar los trabajos sobre selectividad intraespecífica de este sistema de captura.

Suripera

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivos de captura Común Científico Azul <i>Lithopenaeus stylirostris</i> Blanco <i>L. vannamei</i></p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda con potencia máxima de 55 hp.</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p> <p>Suripera</p>  <p>Detalles de las secciones de la red; todas son dobles, excepto la E</p> <table border="1" data-bbox="857 724 1149 892"> <thead> <tr> <th></th> <th>MAT</th> <th>2a mm</th> <th>Long.</th> <th>Altura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>PA</td> <td>30</td> <td>150/250</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>PA</td> <td>35</td> <td>250</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>PA</td> <td>35</td> <td>500</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>PA</td> <td>35</td> <td>750</td> <td>28.5</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>PA</td> <td>35</td> <td>900</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table> 		MAT	2a mm	Long.	Altura	A	PA	30	150/250	50	B	PA	35	250	17.5	C	PA	35	500	17.5	D	PA	35	750	28.5	E	PA	35	900	55
	MAT	2a mm	Long.	Altura																												
A	PA	30	150/250	50																												
B	PA	35	250	17.5																												
C	PA	35	500	17.5																												
D	PA	35	750	28.5																												
E	PA	35	900	55																												
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Se emplean en sistemas lagunarios estuarinos del centro de Sinaloa. A diferencia de otras artes empleadas para la pesca de camarón, dado su principio de captura, además de permitir obtener vivos los camarones atrapados, el tamaño de la malla aparentemente no influye significativamente en la selectividad intraespecífica, ya que el camarón, una vez que es excitado por la relinga inferior, escala la falda introduciéndose al cono hasta llegar a los copos o gorros.</p>																																

2) Indicadores

<p>2.1 Eficiencia de captura El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica Se caracteriza por presentar una alta selectividad.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica Por lo general se captura un reducido intervalo de tallas, predominando adultos de tallas comerciales.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

Dadas las condiciones de las zonas de pesca y los volúmenes de captura que se obtienen, no se considera conveniente incrementar el tamaño y la potencia de los motores que se utilizan actualmente.

Dadas las bajas capturas observadas durante los últimos años de las especies objetivo, es necesario no aumentar el poder de pesca de estos sistemas.

Se estima también necesario ampliar y profundizar los estudios acerca del comportamiento del recurso con respecto al sistema de captura.

Langosta

Trampa Langostera

1) Generalidades:

1.1 Objetivo(s) de captura: Langosta				1.2 Embarcación Lancha o panga de 7.6 m. de eslora propulsada con motor fuera de borda con potencia de 40 a 75 hp.
Común	Científico	Común	Científico	
Caribeña	<i>Panulirus argus</i>	Insular	<i>P. penicillatus</i>	
Pinta	<i>P. guttatus</i>	Verde*	<i>P. gracilis</i>	
Verde	<i>P. laeviscauda</i>	Roja	<i>P. inflatus</i>	
Roja	<i>P. interruptus</i>	* Del O. Pacífico y G. de California		
1.3 Características del arte de pesca y su operación				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Acero</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Madera</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Acotaciones en cm.</p> <p>Se emplean en aguas marinas de ambos litorales; se utilizan varios diseños y materiales de construcción. Se calan en la zona de pesca en profundidades variables, generalmente en las cercanías de fondos rocosos o arrecifes; su tamaño es variable, cuentan con una o más entradas, dos o más compartimentos y un contenedor para la carnada.</p>				

2) Indicadores

2.1 Eficiencia de captura: El sistema presenta una adecuada eficiencia, asociada a la distribución y abundancia del recurso.

2.2 Selectividad Multiespecífica: Varía en función de las especies asociadas al objetivo de captura y el tipo de carnada empleada.

2.3 Selectividad Intraespecífica: Se capturan organismos en un amplio intervalo de tallas. Dado que los organismos se capturan vivos, es factible liberar los juveniles en buenas condiciones para su sobrevivencia y mantener solo aquellos especímenes de talla legal.

3) Comentarios y Recomendaciones

Dadas las características de las zonas de pesca y los volúmenes de producción obtenidos las embarcaciones y medios de propulsión empleados son adecuados.

Se estima conveniente estandarizar las dimensiones y materiales de construcción y su normalización.

Evaluar la introducción de ventanas de escape para determinar la eficiencia de exclusión de organismos que se encuentran por abajo de la Talla Mínima Legal y las capturas incidentales.

Calamar

Poteras para Calamar Gigante

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura:</p> <p>Común Científico Calamar <i>Dosidicus gigas</i></p>	<p>1.2 Embarcación</p> <p>Embarcaciones típicas camaroneras y embarcaciones menores con rangos de eslora entre 7 y 8.53 mts y motor fuera de borda con potencias entre 55 y 115 hp</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>
<p>1.4 Esquema de operación</p> <p>Las poteras son armadas de manera artesanal, incorporando de 4 a 6 coronas por potera, un plomo, un hueso fosforescente armado sobre una varilla de acero para un tamaño máximo de 36 cms. Se emplean tres tamaños de coronas: 17.5 x 31.8, 15.9 x 26.9 y 9.5 x 26.9 mm de alto por ancho.</p>		

2) Indicadores

2.1 Eficiencia de Captura
Este método es muy eficiente y selectivo, aunque los volúmenes de captura pueden variar en función de la zona y temporada de pesca, se han logrado capturas promedio de 230 t en viajes con duración promedio de 43 días.

2.2 Selectividad Multiespecífica
Debido al principio de pesca de este sistema, las capturas incidentales de otros organismos son prácticamente nulas.

2.3 Selectividad Intraespecífica
Las longitudes de los calamares capturados varía en función del tamaño de la corona utilizada (cuando el tamaño de esta no es adecuado, el calamar se desgarrará y se perderá la captura).

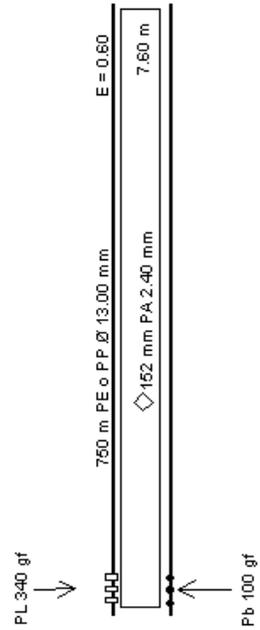
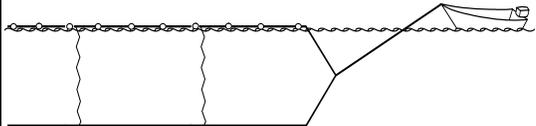
3) Comentarios y Recomendaciones

El sistema de captura puede adaptarse fácilmente a buques camaroneros, los cuales pueden incorporarse a esta pesquería en temporada de veda del crustáceo, previa evaluación de la disponibilidad y abundancia del calamar

Peces cartilagosos

Red de Enmalle para Tiburón en Embarcaciones Menores

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivos de captura</p> <p>Común Científico Cazón <i>Rhizoprionodon spp</i> Cazón <i>Mustelus spp</i> Jaquetón, toro <i>Carcharinus spp</i> Cornuda <i>Sphyrna spp</i> T. Zorro <i>Alopias spp</i> T. volador <i>Carcharinus limbatus</i></p>	<p>1.2 Embarcación</p> <p>Unidad de pesca de hasta 10.5 m de eslora, sin cubierta, con capacidad de carga máxima de 3.0 toneladas.</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p> <p>Red de enmalle</p> 
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Se emplean en aguas marinas, bahías y lagunas costeras de ambos litorales; el tamaño de malla puede fluctuar entre 152 y 305 mm y el diámetro de hilo entre 1.30 y 2.40 mm., ya sea monofilamento o multifilamento; con longitud y altura máxima de 1,500 m. y 15.20 m., respectivamente. Se emplea tanto a fondo como en la superficie, ya sea fija o a la deriva.</p>		

2) Indicadores

<p>2.1 Eficiencia de captura</p> <p>El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica</p> <p>Generalmente es poco selectivo, depende de las especies asociadas al objetivo en la zona de pesca en que se utiliza; por lo regular las capturas incidentales son pelágicos mayores.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica</p> <p>Dada la forma corporal de los tiburones, estos generalmente se enmallan, no se agallan, esto puede darse por enredamiento en las aletas u otros apéndices, no se dispone de información precisa sobre selectividad por tallas y especies.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

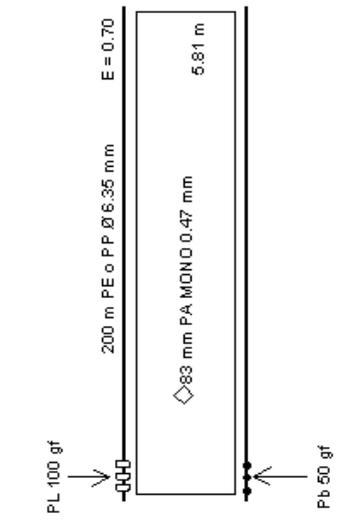
Es estima conveniente desarrollar artefactos para mecanizar las operaciones de cobrado del arte de pesca y facilitar la labor del pescador. Esto debe realizarse cautelosamente, ya que con ello se incrementa el poder de pesca, aumentando en consecuencia el esfuerzo pesquero.

Actualmente se encuentra en proceso de normalización, las dimensiones y características técnicas de las artes de pesca podrán variar en lo general y en función de la zona de captura una vez que se publique la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

Escama

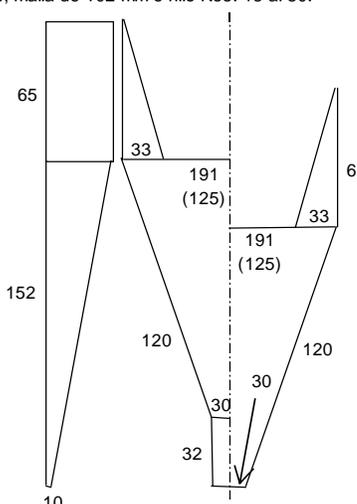
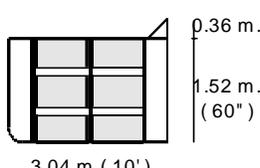
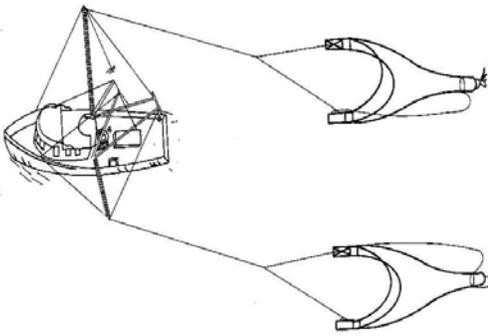
Red Agallera para Escama Pelágica

1) Generalidades

1.1 Objetivos de captura: Escama Común Científico Común Científico Sierra <i>Scomberomorus sierra</i> Cocinero <i>Caranx caballus</i> Sierra <i>S. maculatus</i> Chapeta <i>Selene peruviana</i> Peto <i>S. cavalla</i> Barrilete <i>Eutthynnus lineatus</i> Jurel <i>Caranx caninus</i> Esmedregal <i>Seriola dorsalis</i> Jurel <i>C. hippos</i> Coginuda <i>C. crysos</i>				1.2 Embarcación Lancha o Panga con motor fuera de borda con potencia de 25 a 75 hp	
1.3 Esquema de operación  <p>Se emplean en aguas marinas de ambos litorales, particularmente durante los períodos migratorios (corridas); el tamaño de malla puede fluctuar entre 63 y 150 mm, en función de la especie que se desea capturar de manera preponderante, con diámetro de hilo entre 0.35 y 0.70 mm., monofilamento o multifilamento. Su longitud, altura y armado varía en función de la región; se opera regularmente en la superficie, ya sea de manera fija (con lastres) o a la deriva aprovechando el movimiento de las corrientes. Por lo general la misma red puede emplearse para la captura de escama de fondo y de esteros, esto se logra modificando la relación entre las fuerzas de flotación y hundimiento, lo cual permite su operación en toda la columna de agua.</p>			1.4 Diseño del arte de pesca Red agallera 		
2) Indicadores			3) Comentarios y Recomendaciones		
2.1 Eficiencia de captura El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.			Se estima conveniente desarrollar artefactos para mecanizar las operaciones de cobrado del arte de pesca y facilitar la labor del pescador. Esto debe realizarse cautelosamente, ya que con ello se incrementa el poder de pesca, aumentando en consecuencia el esfuerzo pesquero. Se estima conveniente que el tamaño de la malla (factor principal de la selectividad) sea tal que permita se capturen las especies objetivo de tallas superiores a la de primera reproducción. Es necesario normalizar este sistema de captura (tamaño de malla, diámetro de hilo, armado, longitud, altura de trabajo y número de redes por embarcación).		
2.2 Selectividad Multiespecífica Generalmente depende de las especies asociadas presentes durante las <i>corridas</i> del objetivo de pesca; cuando se emplean en zonas someras se pueden capturar peces y otros organismos de fondo.					
2.3 Selectividad Intraespecífica Por lo general, dada el cuerpo fusiforme de un número significativo de las especies pelágicas objeto de pesca, se captura un intervalo medio de tallas, en función del tamaño de la malla y diámetro del hilo.					

Arrastre de Escama de Fondo en el Golfo de California

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura: Escama</p> <p>Común Científico</p> <p>Chano <i>Micropogonias megalops</i></p> <p>Cochito <i>Balystes polilepis</i></p> <p>Corvina <i>Cynoscion othonopterus</i></p> <p>Berrugata <i>Menticirrhus nasus</i></p>	<p>1.2 Embarcación</p> <p>Unidad de pesca con cubierta corrida, motor estacionario y capacidad mínima de bodega de 10 tm.</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p> <p>Red Fantasma de 70 pies</p> <p>El cuerpo de la red se construye con paño de PA, malla de 102 mm e hilo Nos. 15 al 30.</p>  <p>El bolso es de 80 mallas de longitud por 100 de altura, de paño PA, malla de 76 mm e hilo Nos. 30 al 60.</p>  <p>Puertas de arrastre</p> <p>3.04 m (10')</p> <p>0.36 m.</p> <p>1.52 m. (60\")</p>
<p>1.4 Esquema de operación con una red por banda</p>  <p>Se emplea principalmente en barcos camaroneros y en buques de la serie ESCAMA, existiendo diversos diseños de redes y dos formas de operación, arrastre por popa y una red por banda (similar al camarón). Su tamaño varía en función de la potencia del buque en que se utilizan, ocurriendo igual con las puertas de arrastre. Los arrastreros por popa clásicos emplean puertas de mejor comportamiento hidrodinámico, los de una red por banda emplean puertas camaroneras. Operan sobre diferentes tipos de fondo a profundidades mayores de 55 m. (30 brazas), no se permite la instalación de cadenas espantadoras ni sobrebolsos. Algunas embarcaciones utilizan <i>tren de arrastre</i> liviano fabricado con discos de hule con diámetro de 100 a 150 mm.</p>		

2) Indicadores

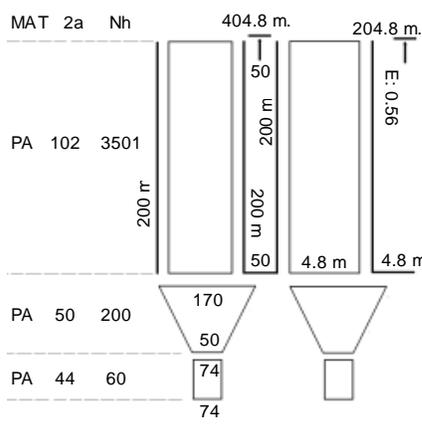
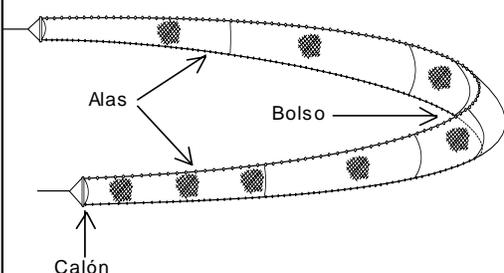
<p>2.1 Eficiencia de captura</p> <p>El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.</p> <p>2.2 Selectividad Multiespecífica</p> <p>Se caracteriza por presentar tasas significativas de capturas incidentales de especies asociadas a los objetivos de captura, las cuales varían en función de las zonas de pesca.</p> <p>2.3 Selectividad Intraespecífica</p> <p>Se capturan ejemplares en un amplio intervalo de tallas.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

<p>Las unidades que se emplean son adecuadas para la pesquería, no se recomienda que incursionen embarcaciones de mayor potencia a las existentes.</p> <p>Se estima conveniente introducir nuevos diseños de redes y portones de arrastre para mejorar el comportamiento hidrodinámico y pesquero del sistema, así como trenes de ruedas o rodillos deslizantes para disminuir el impacto al lecho marino.</p> <p>Es necesario profundizar en la evaluación tecnológica de este sistema, con el objeto de sentar las bases científico técnicas para su normalización.</p>

Chinchorro Playero

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivos de captura: Escama</p> <p>Común Científico</p> <p>Sierra <i>Scomberomorus sierra</i></p> <p>Sierra <i>S. maculatus</i></p> <p>Mojarra <i>Eucinostomus argenteus</i></p> <p>Mojarra <i>Diapterus olisthostomus</i></p> <p>Jurel <i>Caranx caninus</i></p> <p>Jurel <i>C. hippos</i></p>	<p>1.2 Embarcación</p> <p>Lancha o Panga con motor fuera de borda de potencia máxima de 55 hp</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p> <p>Chinchorro playero de 404.8 m.</p>  <p>Las relingas superior e inferior son de PP o PE de 11 mm de diámetro. En la parte superior cuenta con flotadores de plástico o PVC de 250 gf c/u. En la parte inferior se agregan lastres de Pb de 50 gf</p>
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Se emplea en la zona marina de línea de playa en ambos litorales; inicialmente se utilizaron para el aprovechamiento de los recursos durante sus periodos migratorios, en la actualidad su uso tiende a disminuir.</p>		

2) Indicadores

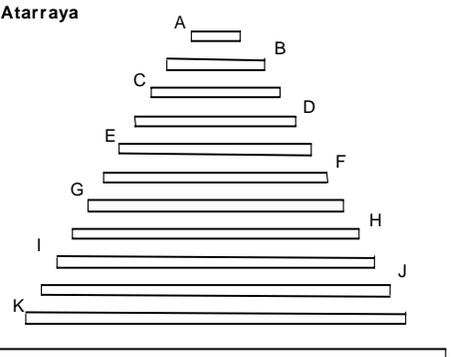
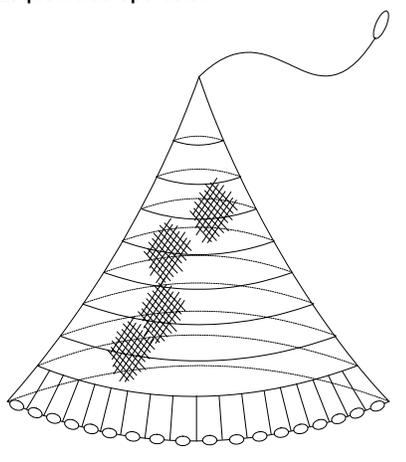
<p>2.1 Eficiencia de captura</p> <p>El sistema presenta una baja eficiencia relativa.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica</p> <p>Se observa una baja selectividad.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica</p> <p>Se captura un amplio intervalo de tallas de diversos organismos.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

Dado el costo significativo del equipo, el considerable número de pescadores requerido para su operación, su baja eficiencia y las altas tasas de capturas incidentales, se recomienda desestimular su empleo.

Atarraya para Escama de Esteros y Línea de Costa

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivos de captura: Escama Común Científico Mojarra <i>Diapterus peruvianus</i> Constantino <i>Centropomus pectinatus</i> Chucumite <i>C. parallelus</i></p>	<p>1.2 Embarcación Unidad de pesca propulsada a remo o con motor fuera de borda de 5 a 55 hp.</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca Atarraya</p> 																																																																														
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Se emplean en sistemas lagunarios estuarinos y bahías de ambos litorales, con tamaño de malla entre 60 a 89 mm e hilo de PA monofilamento o multifilamento de 0.25 a 0.55 mm de diámetro. Se puede utilizar a bordo de embarcaciones menores o sin ellas (a pié).</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sección</th> <th>2a (mm)</th> <th>Mallas ancho</th> <th>Mallas alto</th> <th>MAT</th> <th>Hilo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>76.2</td><td>50</td><td>3</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>B</td><td>76.2</td><td>100</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>C</td><td>76.2</td><td>132</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>D</td><td>76.2</td><td>164</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>E</td><td>76.2</td><td>196</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>F</td><td>76.2</td><td>228</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>G</td><td>76.2</td><td>260</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>H</td><td>76.2</td><td>292</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>I</td><td>76.2</td><td>324</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>J</td><td>76.2</td><td>356</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>K</td><td>76.2</td><td>388</td><td>5</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>L</td><td>76.2</td><td>470</td><td>9</td><td>PA Mond</td><td>0.40</td></tr> </tbody> </table>	Sección	2a (mm)	Mallas ancho	Mallas alto	MAT	Hilo	A	76.2	50	3	PA Mond	0.40	B	76.2	100	5	PA Mond	0.40	C	76.2	132	5	PA Mond	0.40	D	76.2	164	5	PA Mond	0.40	E	76.2	196	5	PA Mond	0.40	F	76.2	228	5	PA Mond	0.40	G	76.2	260	5	PA Mond	0.40	H	76.2	292	5	PA Mond	0.40	I	76.2	324	5	PA Mond	0.40	J	76.2	356	5	PA Mond	0.40	K	76.2	388	5	PA Mond	0.40	L	76.2	470	9	PA Mond	0.40
Sección	2a (mm)	Mallas ancho	Mallas alto	MAT	Hilo																																																																											
A	76.2	50	3	PA Mond	0.40																																																																											
B	76.2	100	5	PA Mond	0.40																																																																											
C	76.2	132	5	PA Mond	0.40																																																																											
D	76.2	164	5	PA Mond	0.40																																																																											
E	76.2	196	5	PA Mond	0.40																																																																											
F	76.2	228	5	PA Mond	0.40																																																																											
G	76.2	260	5	PA Mond	0.40																																																																											
H	76.2	292	5	PA Mond	0.40																																																																											
I	76.2	324	5	PA Mond	0.40																																																																											
J	76.2	356	5	PA Mond	0.40																																																																											
K	76.2	388	5	PA Mond	0.40																																																																											
L	76.2	470	9	PA Mond	0.40																																																																											

2) Indicadores

2.1 Eficiencia de captura
 El sistema presenta un adecuada eficiencia relativa.

2.2 Selectividad Multiespecífica
 Generalmente depende de las especies asociadas presentes en la zona de pesca.

2.3 Selectividad Intraespecífica
 Por lo general se captura un amplio intervalo de tallas.

3) Comentarios y Recomendaciones

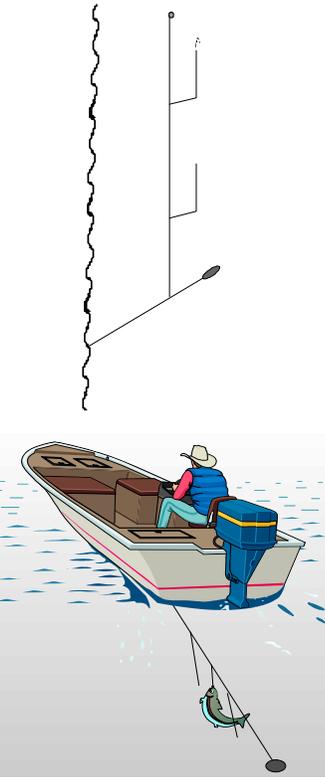
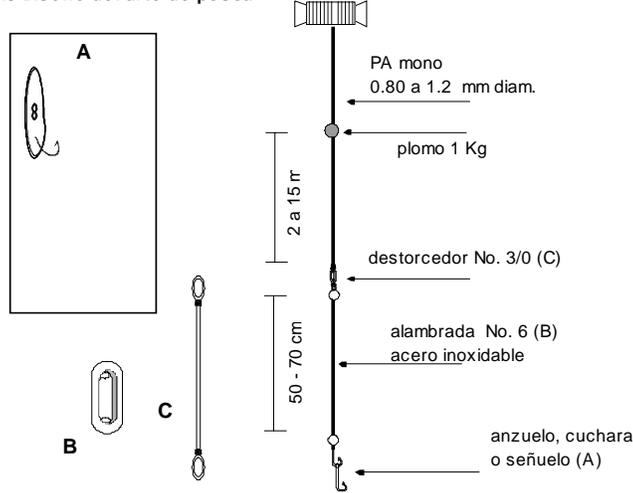
Dadas las características de las zonas de pesca en que se emplea este sistema y los volúmenes de captura que se obtienen, no se requiere utilizar motores fuera de borda de más de 40 hp.

Se estima conveniente normalizar este sistema de captura (tamaño de malla, diámetro de hilo y dimensiones del arte).

Es necesario efectuar la evaluación tecnológica de este sistema de captura.

Curricán para Escama de Esteros y Línea de Costa

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Lutjanidos: besugos, pargos, rubias Serranidos: cabrillas, abadejos, baquetas Centropomidos: robalos o robalitos</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda de 25 a 75 hp</p>	<p>1.4 Esquema de operación</p> 
<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>Son líneas sencillas de nylon monofilamento con uno o más anzuelos o señuelos en su extremo. Se usan en el mar, a superficie, con la embarcación en marcha, por lo que también se llama "pesca a la carrera". En este tipo de arte se utiliza el plomo cuando se trabaja con tres o más curricanes; los que llevan plomos trabajan a media agua para efecto de abarcar más volumen de agua, pero a la vez también para que no se enrede con los anzuelos que van en la superficie. Puede usarse señuelo o carnada de sardina, calamar, pulpo y lebrancha entre otros. Participan de 3 a 5 pescadores.</p>		

2) Indicadores

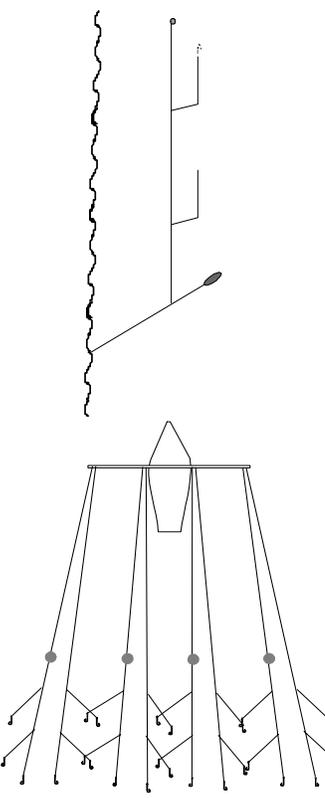
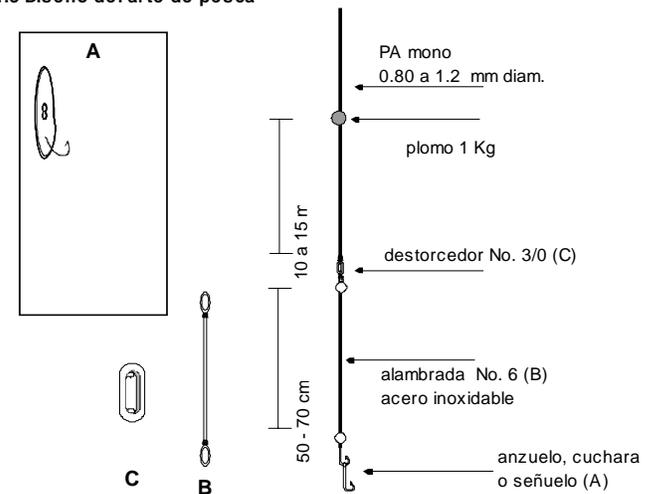
<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de anzuelo y señuelo, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p> <p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es muy selectivo debido a que se emplea en el momento de visualizar el cardumen de la especie objetivo.</p> <p>2.3 Selectividad Intraespecífica Las tallas de captura dependen básicamente de la longitud predominante que tengan los organismos que componen el cardumen.</p>

3) Cometarios y Recomendaciones

<p>El grado de desarrollo tecnológico es prácticamente nulo en México, manifestado principalmente en la reducida autonomía de las embarcaciones, carencia de sistemas de conservación, navegación, ecodetección y maquinaria pesquera para embarcaciones menores. A partir de la década de los 60 se han sustituido las embarcaciones de madera a remo y vela por las de fibra de vidrio con motor fuera de borda y las fibras naturales por fibras sintéticas para la construcción de los artes de pesca; los anzuelos o señuelos son construidos en algunas regiones de manera artesanal, y en otros lugares son de nuevos diseños y materiales importados.</p> <p>Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, así como diseños y desarrollos de maquinaria pesquera que permita optimizar el tiempo y esfuerzo invertido en la actividad, y obtener asimismo los elementos técnicos y científicos necesarios para continuar regulando esta pesquería, bajo un enfoque sustentable.</p>
--

Curricán Escama Pelágica

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Escómbridos: peto, bonito, sierras Carángidos: jureles, palometas, pampanos Barracuda: (<i>Sphyraena barracuda</i>)</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda de 25 a 75 hp</p>	<p>1.4 Esquema de operación</p> 
<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>Son líneas sencillas de nylon monofilamento con uno o más anzuelos o señuelos en su extremo. Se usan en el mar, a superficie, con la embarcación en marcha, por lo que también se llama "pesca a la carrera". En este tipo de arte se utiliza el plomo cuando se trabaja con tres o más curricanes; los que llevan plomos trabajan a media agua para efecto de abarcar más volumen de agua, pero a la vez también para que no se enrede con los anzuelos que van en la superficie. Puede usarse señuelo o carnada de sardina, calamar, pulpo y lebrancha entre otros. Participan de 3 a 5 pescadores.</p>		

2) Indicadores

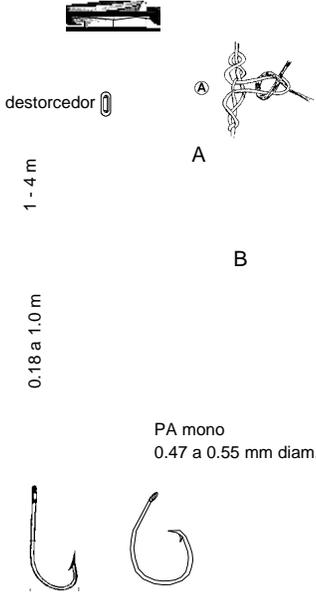
<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de anzuelo y señuelo, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es muy selectivo debido a que se emplea en el momento de visualizar el cardumen de la especie objetivo.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica Las tallas de captura dependen básicamente de la longitud predominante que tengan los organismos que componen el cardumen.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

<p>El grado de desarrollo tecnológico es prácticamente nulo en México, manifestado principalmente en la reducida autonomía de las embarcaciones, carencia de sistemas de conservación, navegación, ecodetección y maquinaria pesquera para embarcaciones menores.</p>
<p>A partir de la década de los 60 se han sustituido las embarcaciones de madera a remo y vela por las de fibra de vidrio con motor fuera de borda y las fibras naturales por fibras sintéticas para la construcción de los artes de pesca; los anzuelos o señuelos son construidos en algunas regiones de manera artesanal, y en otros lugares son de nuevos diseños y materiales importados.</p>
<p>Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, así como diseños y desarrollos de maquinaria pesquera que permita optimizar el tiempo y esfuerzo invertido en la actividad, y obtener asimismo los elementos técnicos y científicos necesarios para continuar regulando esta pesquería, bajo un enfoque sustentable.</p>

Líneas de Mano para Escama de Esteros

1) Generalidades:

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Lutjánidos: besugos, pargos, rubias Tetraodóntidos: botetes Centropómidos: robalos Serránidos: cabrillas, abadejos, baquetas</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga propulsada con remos o con motor fuera de borda de 25 a 75 hp</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>destorcedor </p> <p>1 - 4 m</p> <p>0.18 a 1.0 m</p> <p>PA mono 0.47 a 0.55 mm diam.</p> <p>anzuelo de caña recta o curvo con ojo, tamaño variable (# 10 al 3) en función de la especie objetivo.</p>
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Son líneas simples, llamadas también cordeles de mano, calas, rosarios, escandallos, etc. Constan de un hilo normalmente de nylon monofilamento, que pueden llevar uno o más anzuelos, operados a la deriva o desde tierra en profundidades variables. El calibre del hilo y tamaño del anzuelo dependen de la especie a capturar, participando en su operación uno o dos pescadores. El tipo de carnada está en función de la disponibilidad local y regional.</p>		

2) Indicadores

<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de carnada, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es poco selectivo y se relaciona de manera directa con las especies asociadas a los objetivos de captura.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica Depende de manera directa del tamaño del anzuelo, tipo/tamaño de carnada, hora y zonas de pesca. Dado que los organismos capturados por lo general se extraen vivos (excepto los que se capturan a grandes profundidades y son izados rápidamente), es factible regresar al mar en adecuadas condiciones de sobrevivencia a organismos juveniles.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

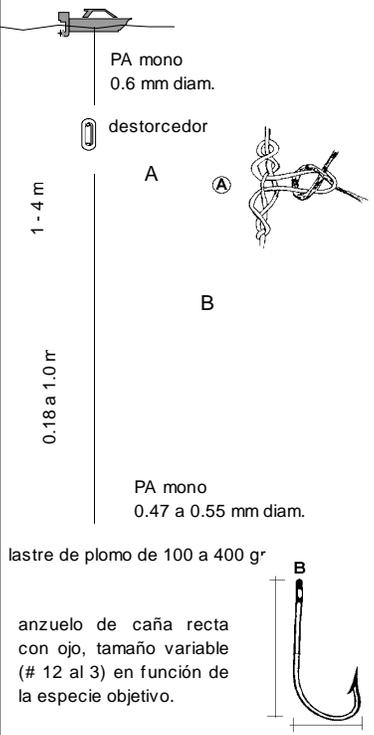
El grado de desarrollo tecnológico es prácticamente nulo en México, manifestado principalmente en la reducida autonomía de las embarcaciones, carencia de sistemas de conservación, navegación, ecodetección y maquinaria pesquera para embarcaciones menores.

A partir de la década de los 60 se han sustituido las embarcaciones de madera a remo y vela por las de fibra de vidrio con motor fuera de borda y las fibras naturales por fibras sintéticas para la construcción de los artes de pesca; los anzuelos o señuelos son construidos en algunas regiones de manera artesanal, y en otros lugares son de nuevos diseños y materiales importados.

Se estima conveniente utilizar anzuelos del tamaño adecuado con el fin de asegurar la captura de ejemplares de tallas superiores a la de primera reproducción. Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, así como diseños y desarrollos de maquinaria pesquera que permita optimizar el tiempo y esfuerzo invertido en la actividad, y obtener asimismo los elementos técnicos y científicos necesarios para continuar regulando esta pesquería, bajo un enfoque sustentable.

Líneas de Mano Escama Pelágica

1) Generalidades:

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Escombridos: peto, bonito, sierras Carangidos: jureles, palometas, pampanos Barracuda: (<i>Sphyraena barracuda</i>)</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda de 25 a 75 hp</p>	<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>PA mono 0.6 mm diam.</p> <p>destorcedor</p> <p>A</p> <p>1 - 4 m</p> <p>B</p> <p>0.18 a 1.0 m</p> <p>PA mono 0.47 a 0.55 mm diam.</p> <p>lastre de plomo de 100 a 400 gr</p> <p>anzuelo de caña recta con ojo, tamaño variable (# 12 al 3) en función de la especie objetivo.</p>
<p>1.4 Esquema de operación</p>  <p>Son líneas simples, llamadas también cordeles de mano, escandallo, cala, rosario, etc. Constan de un hilo normalmente de nylon monofilamento, que pueden llevar uno o más anzuelos, operados a la deriva o desde la línea de costa en profundidades variables. El calibre del hilo y tamaño del anzuelo dependen de la especie a capturar, participando en su operación de uno a cuatro pescadores. El tipo de carnada está en función de la disponibilidad</p>		

2) Indicadores

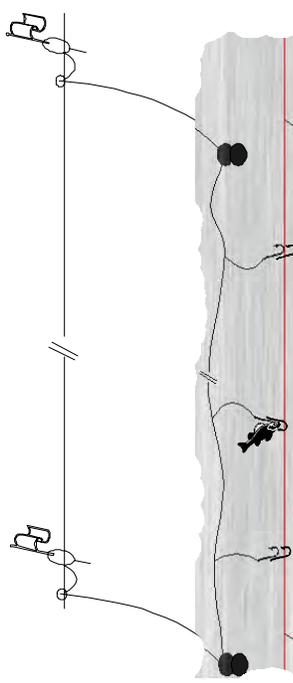
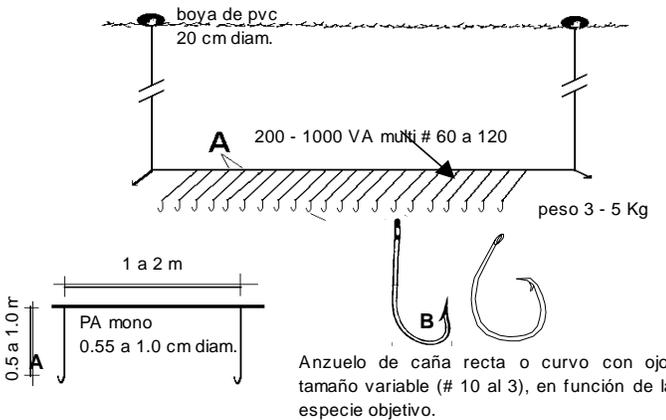
<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de carnada, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es poco selectivo y se relaciona de manera directa con las especies asociadas a los objetivos de captura.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica Depende de manera directa del tamaño del anzuelo, tipo/tamaño de carnada, hora y zonas de pesca. Dado que los organismos capturados por lo general se extraen vivos (excepto los que se capturan a grandes profundidades y son izados rápidamente), es factible regresar al mar en adecuadas condiciones de sobrevivencia a organismos juveniles.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

<p>El grado de desarrollo tecnológico es prácticamente nulo en México, manifestado principalmente en la reducida autonomía de las embarcaciones, carencia de sistemas de conservación, navegación, ecodetección y maquinaria pesquera para embarcaciones menores.</p>
<p>A partir de la década de los 60 se han sustituido las embarcaciones de madera a remo y vela por las de fibra de vidrio con motor fuera de borda y las fibras naturales por fibras sintéticas para la construcción de los artes de pesca; los anzuelos o señuelos son construidos en algunas regiones de manera artesanal, y en otros lugares son de nuevos diseños y materiales importados.</p>
<p>Se estima conveniente utilizar anzuelos del tamaño adecuado con el fin de asegurar la captura de ejemplares de tallas superiores a la de primera reproducción. Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, así como diseños y desarrollos de maquinaria pesquera que permita optimizar el tiempo y esfuerzo invertido en la actividad, y obtener asimismo los elementos técnicos y científicos necesarios para continuar regulando esta pesquería, bajo un enfoque sustentable.</p>

Palangre Escama de Esteros

1) Generalidades:

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Lutjánidos: besugos, pargos, rubias Tetraodóntidos: botetes Centropómidos: robalos, chucumites Serránidos: cabrillas, abadejos, baquetas</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda de 25 a 75 hp</p>	<p>1.4 Esquema de operación</p> 
<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>La línea madre o principal es la línea más larga del equipo, de la cual penden los reinales, que pueden tener o no alambradas, cada reinal lleva un anzuelo tipo garra de águila o recto en el que se coloca la carnada. Todos los reinales tienen la misma longitud y la distancia entre los mismos es aproximada al triple de su longitud unitaria. En cada extremo del palangre se coloca un grampín, que a su vez, se conecta a un orínque, que sujeta la boya colocada en la superficie para localizar el equipo. El equipo se opera fijo a fondo, en profundidad variable dependiendo de la zona y especie objetivo.</p>		

2) Indicadores

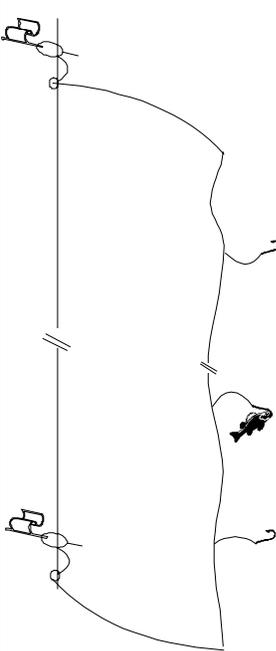
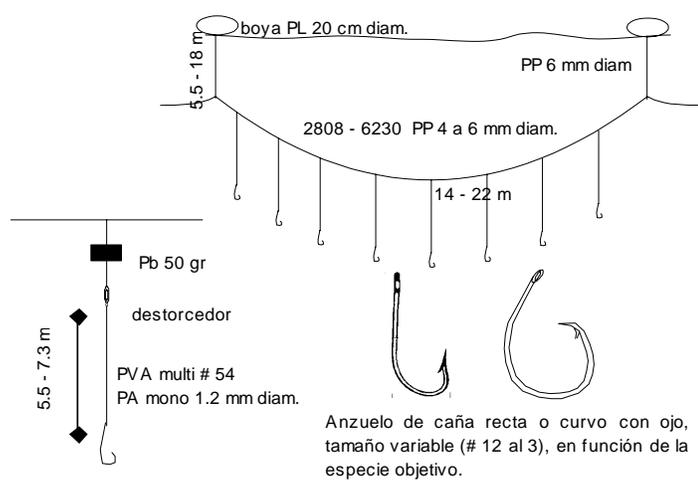
<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de carnada, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p>
<p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es poco selectivo y se relaciona de manera directa con las especies asociadas a los objetivos de captura.</p>
<p>2.3 Selectividad Intraespecífica Depende de manera directa del tamaño del anzuelo, tipo/tamaño de carnada, hora y zonas de pesca. Dado que los organismos capturados por lo general se extraen vivos, es factible regresar al mar en adecuadas condiciones de sobrevivencia a organismos juveniles.</p>

3) Comentarios y Recomendaciones

<p>El grado de desarrollo tecnológico es prácticamente nulo en México, manifestado principalmente en la reducida autonomía de las embarcaciones, carencia de sistemas de conservación, navegación, ecodetección y maquinaria pesquera para embarcaciones menores.</p>
<p>A partir de la década de los 60 se han sustituido las embarcaciones de madera a remo y vela por las de fibra de vidrio con motor fuera de borda y las fibras naturales por fibras sintéticas para la construcción de los artes de pesca; los anzuelos o señuelos son construidos en algunas regiones de manera artesanal, y en otros lugares son de nuevos diseños y materiales importados.</p>
<p>Se estima conveniente utilizar anzuelos del tamaño adecuado con el fin de asegurar la captura de ejemplares de tallas superiores a la de primera reproducción. Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, así como diseños y desarrollos de maquinaria pesquera que permita optimizar el tiempo y esfuerzo invertido en la actividad, y obtener asimismo los elementos técnicos y científicos necesarios para continuar regulando esta pesquería, bajo un enfoque sustentable.</p>

Palangre Escama Pelágica

1) Generalidades

<p>1.1 Objetivo de captura: varias especies, algunas son: Túnicos: aleta amarilla, aleta azul, patudo Elasmobranquios: tiburones y rayas Carángidos: jureles, palometas, pampanos.</p>	<p>1.2 Embarcación Lancha o panga con motor fuera de borda de 25 a 115 hp</p>	<p>1.4 Esquema de operación</p> 
<p>1.3 Diseño del arte de pesca</p>  <p>Anzuelo de caña recta o curvo con ojo, tamaño variable (# 12 al 3), en función de la especie objetivo.</p> <p>La línea madre puede ser de nylon monofilamento o polipropileno 3.5 a 6 mm de diámetro, con una longitud de 20 hasta 60 km; lleva de 500 hasta 1200 anzuelos tipo garra de águila o recto. El palangre opera a la deriva durante 12 horas promedio y la profundidad de trabajo del anzuelo está dada por las preferencias ambientales de la especie objetivo (temperaturas). Como carnada se usan especies como jiniguaro, sardina y ojón entre otros, de preferencia vivos.</p>		

2) Indicadores

3) Comentarios y Recomendaciones

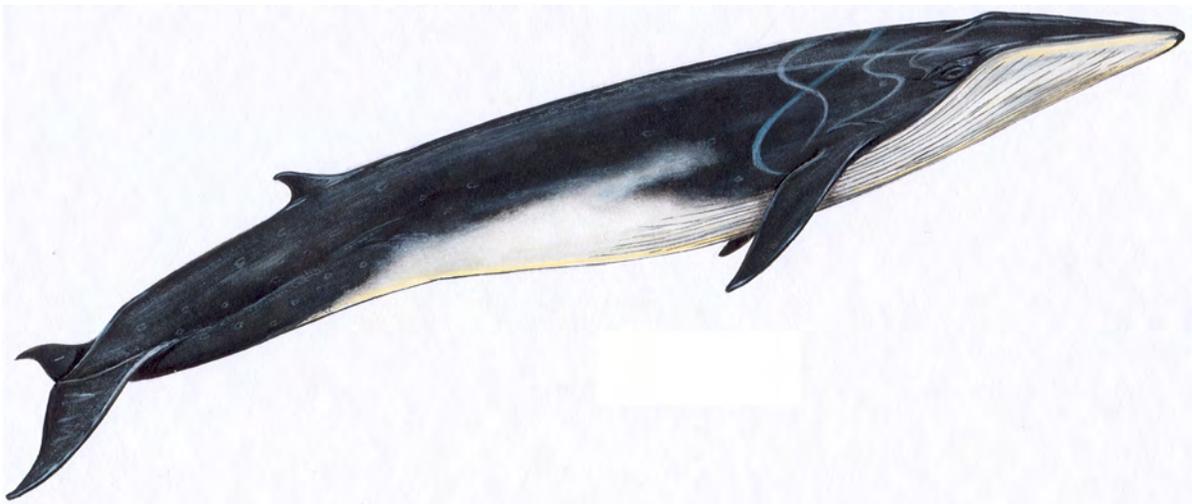
<p>2.1 Eficiencia de Captura La eficiencia puede variar en función del tipo de carnada, la pericia y experiencia del pescador y la distribución y abundancia del recurso en las diferentes zonas de pesca, época del año, condiciones ambientales, etc.</p> <p>2.2 Selectividad Multiespecífica En general es poco selectivo y se relaciona de manera directa con las especies asociadas a los objetivos de captura.</p> <p>2.3 Selectividad Intraespecífica Depende de manera directa del tamaño del anzuelo, tipo/tamaño de carnada, hora y zonas de pesca. Dado que los organismos capturados por lo general se extraen vivos, es factible regresar al mar en adecuadas condiciones de sobrevivencia a organismos juveniles.</p>	<p>Se estima conveniente utilizar anzuelos del tamaño adecuado con el fin de asegurar la captura de ejemplares de tallas superiores a la de primera reproducción.</p> <p>Es necesario continuar las investigaciones sobre eficiencia y selectividad del arte de pesca, debido a que este tipo de artes puede incidir en la captura de especies reservadas para la pesca deportiva como especies de pico, dorados, etc.</p>
--	--

10.5. Mamíferos marinos del Golfo de California

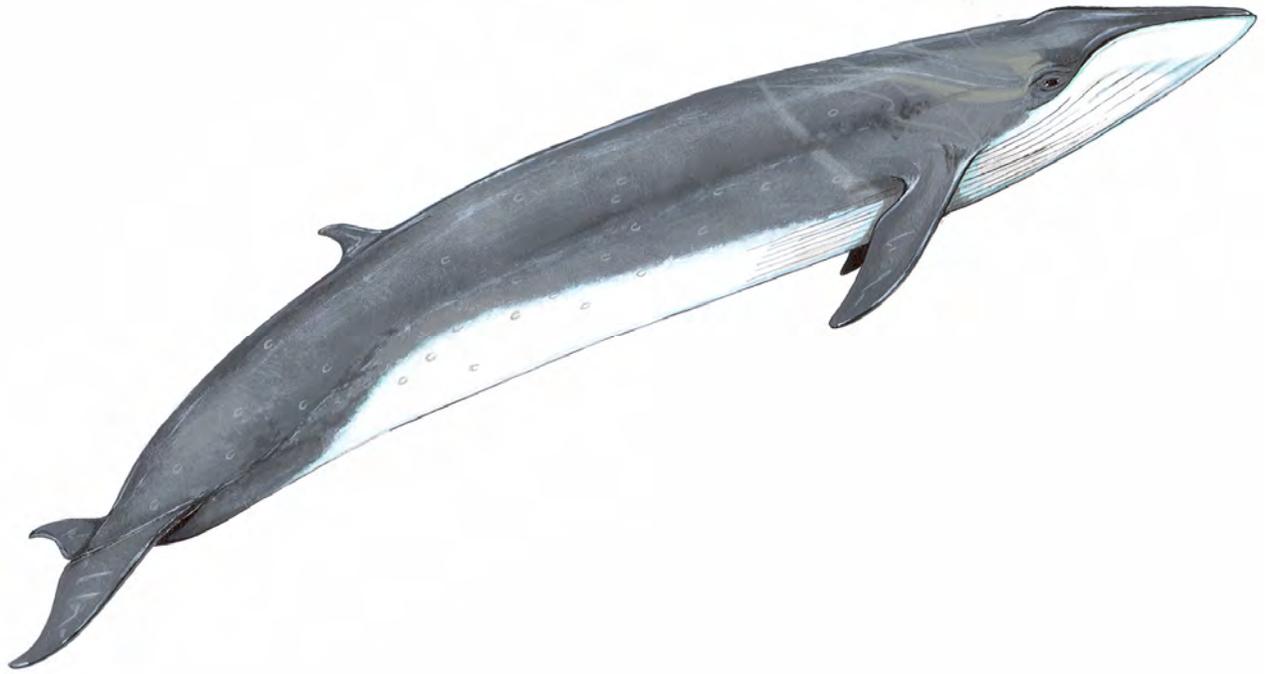
Ilustraciones originales para este trabajo del Biól. Iván Canek Díaz Gamboa.



Ballena azul (*Balaenoptera musculus*)



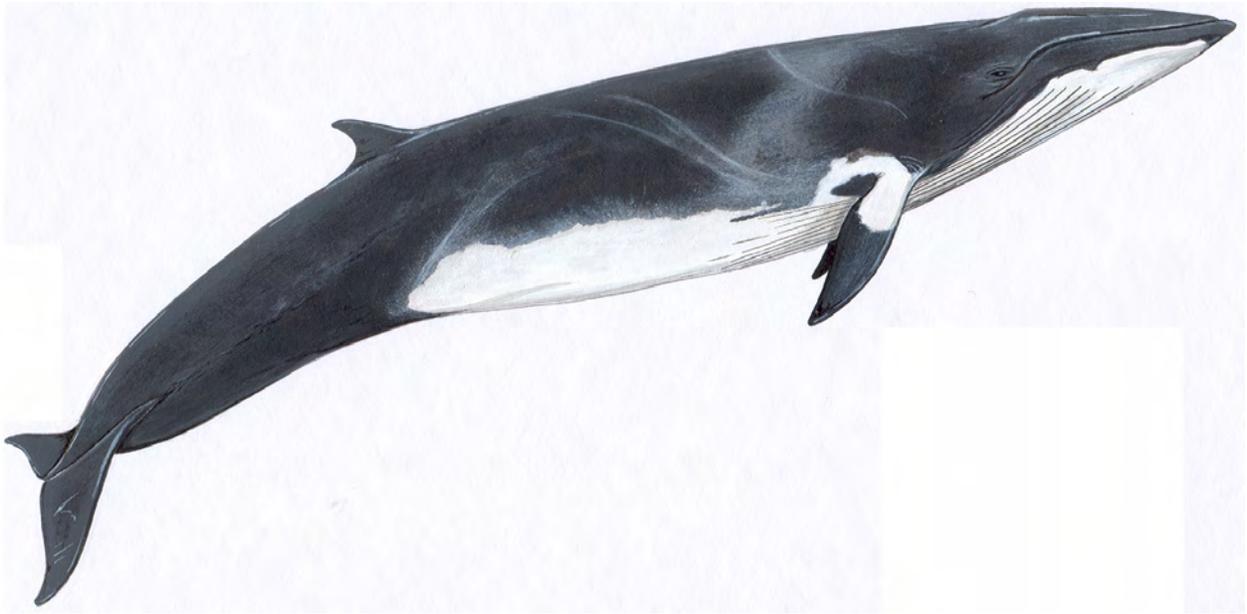
Ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*)



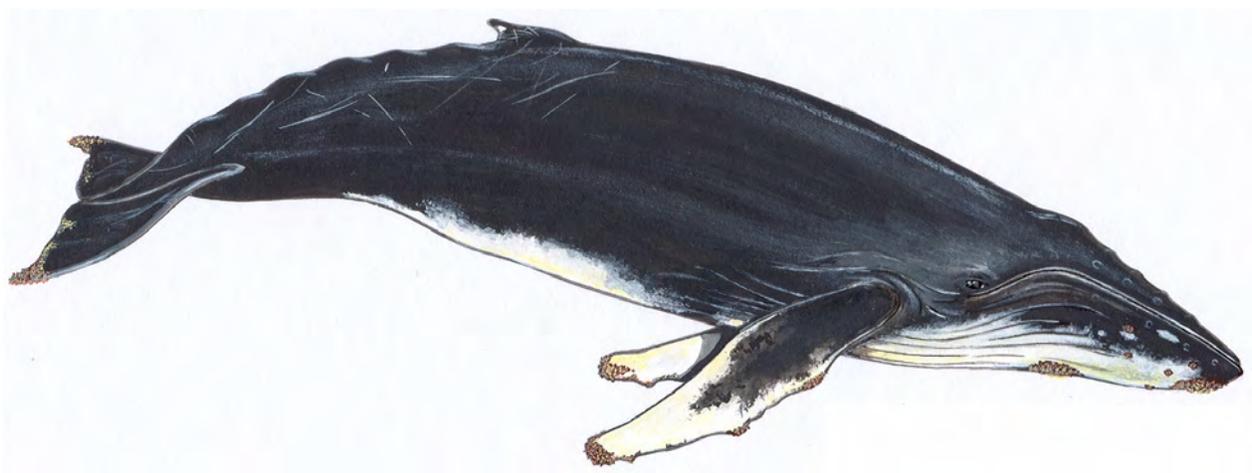
Rorcual norteño (*Balaenoptera borealis*)



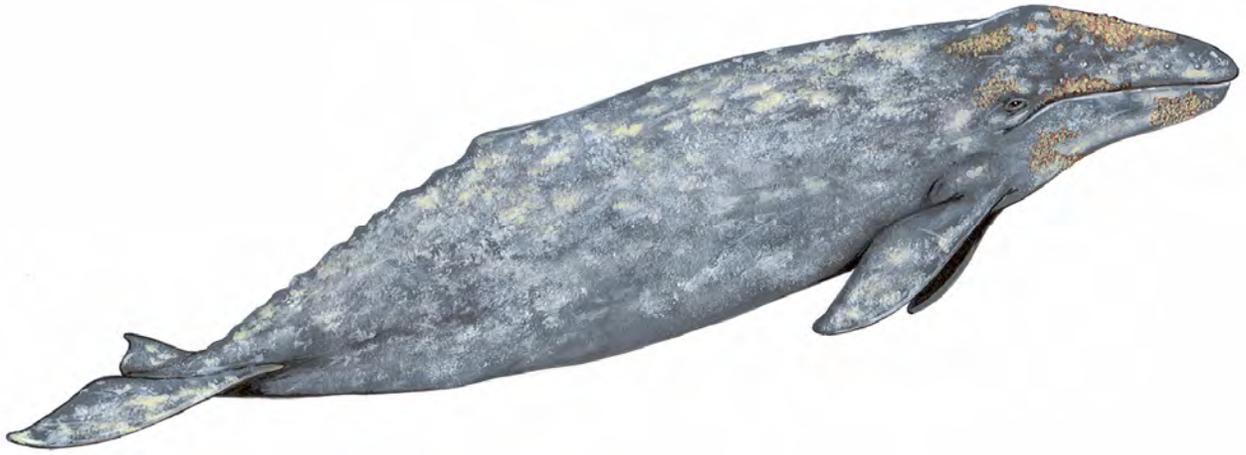
Ballena sardinera (*Balaenoptera edeni*)



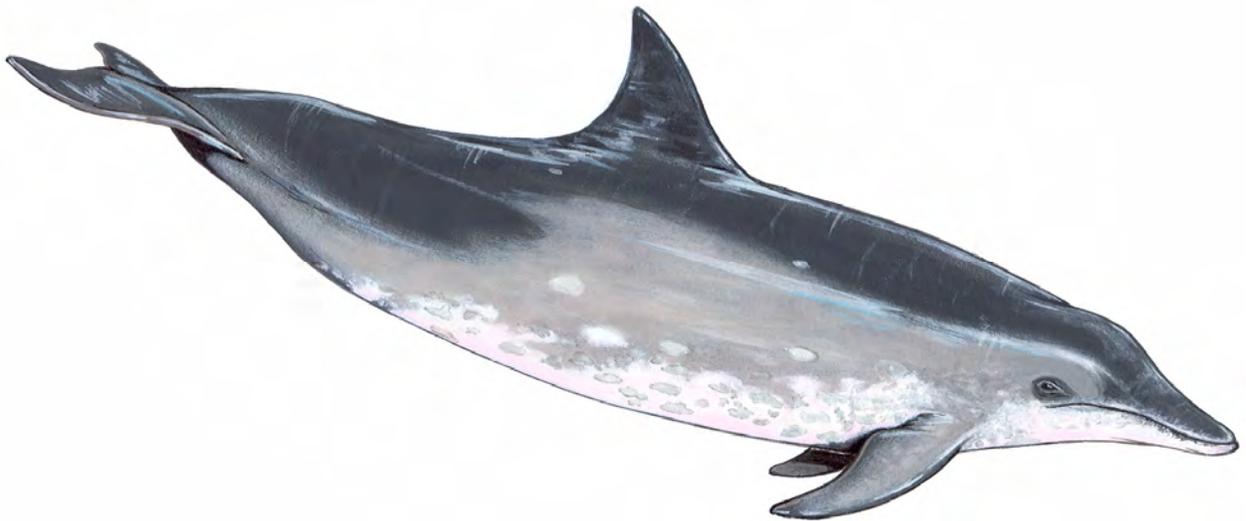
Ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*)



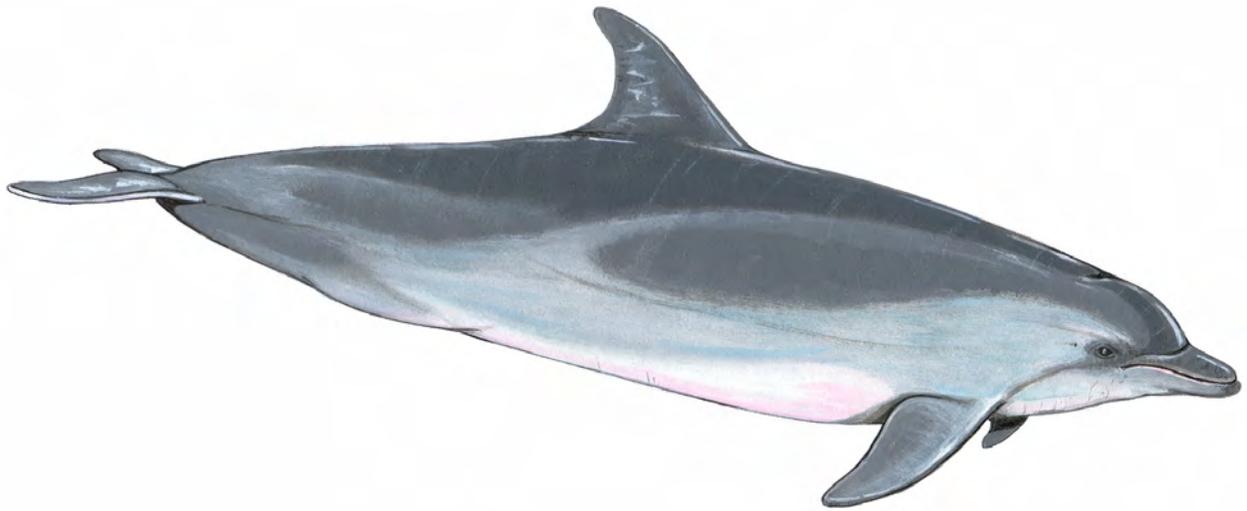
Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)



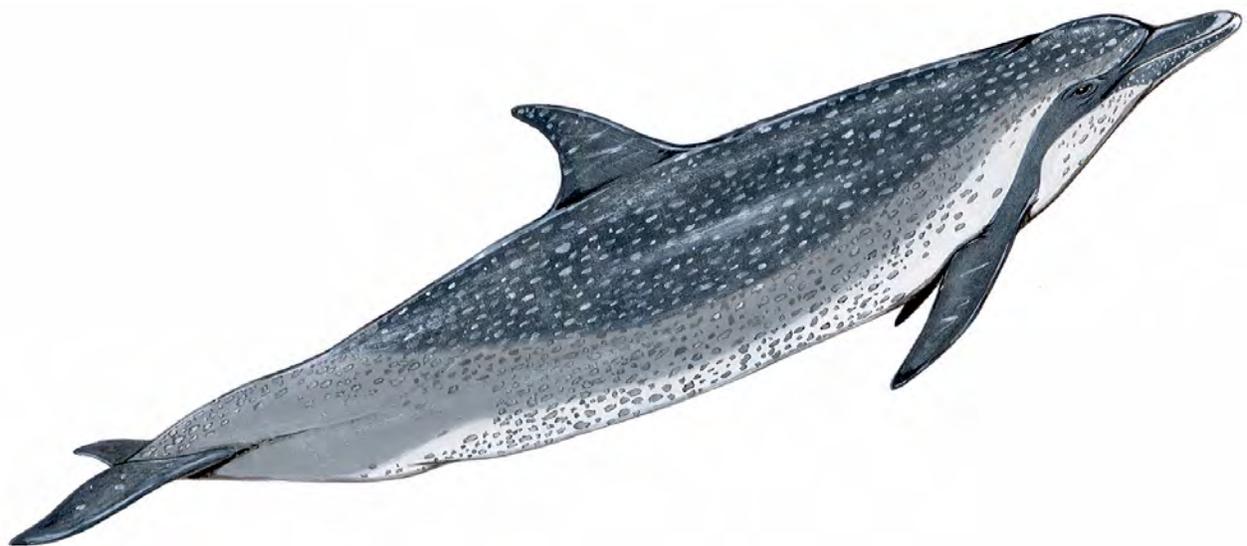
Ballena gris (*Eschrichtius robustus*)



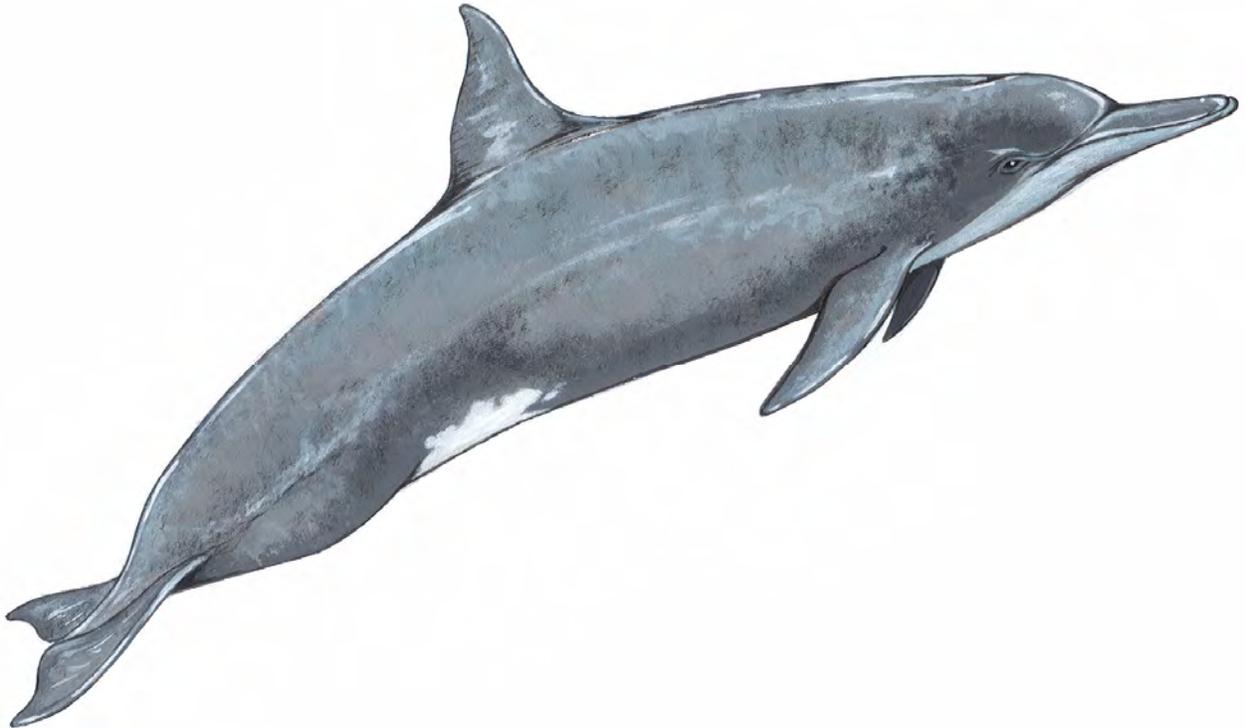
Delfin de dientes rugosos (*Steno bredanensis*)



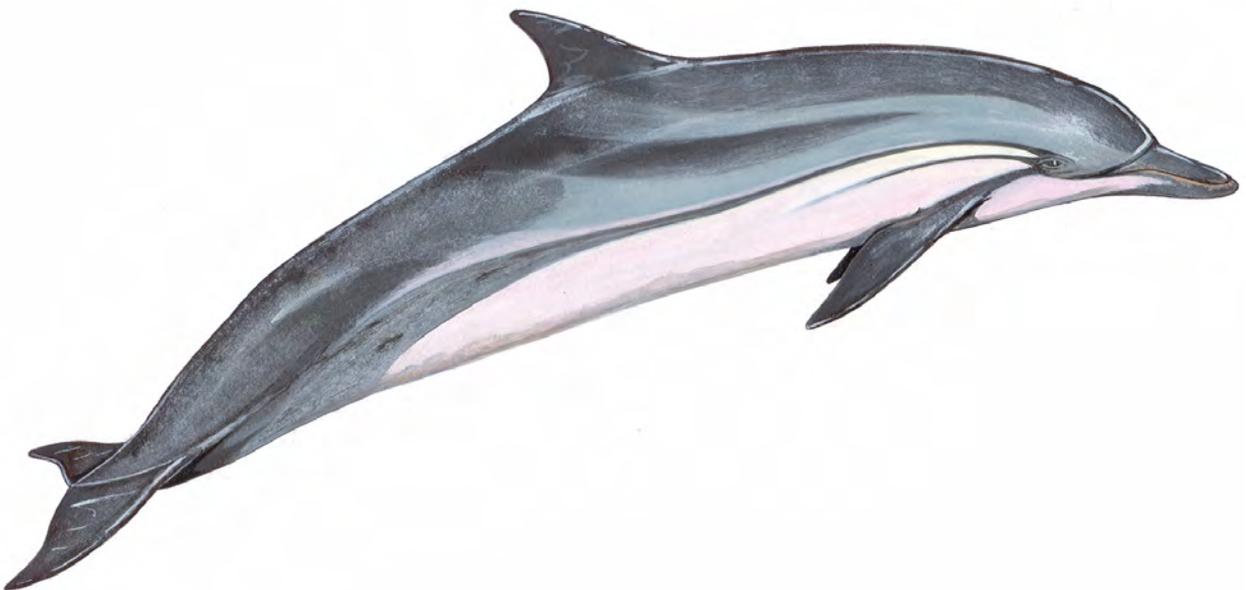
Tonina (*Tursiops truncatus*)



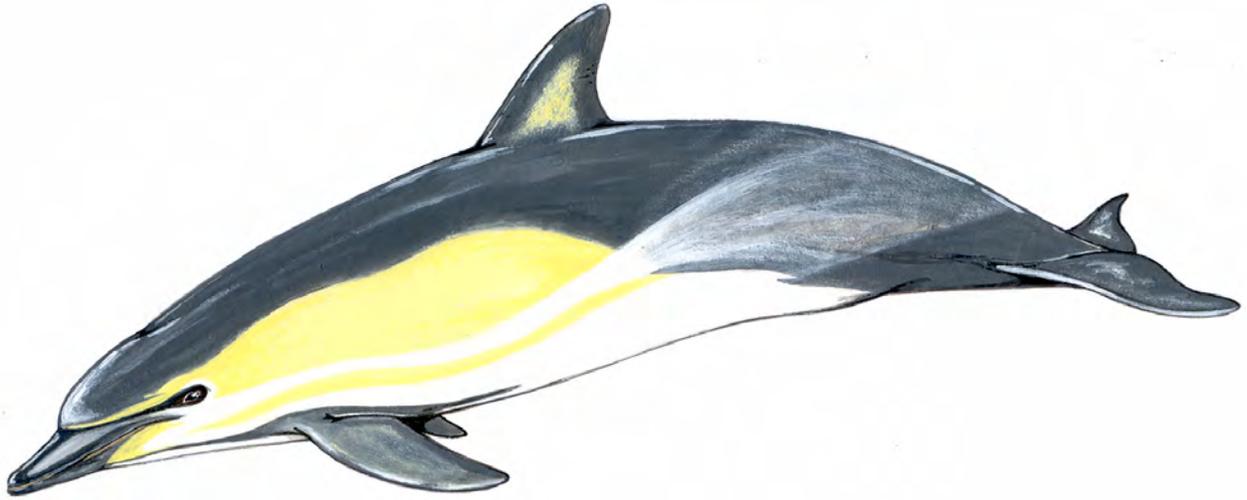
Delfin manchado pantropical (*Stenella attenuata*)



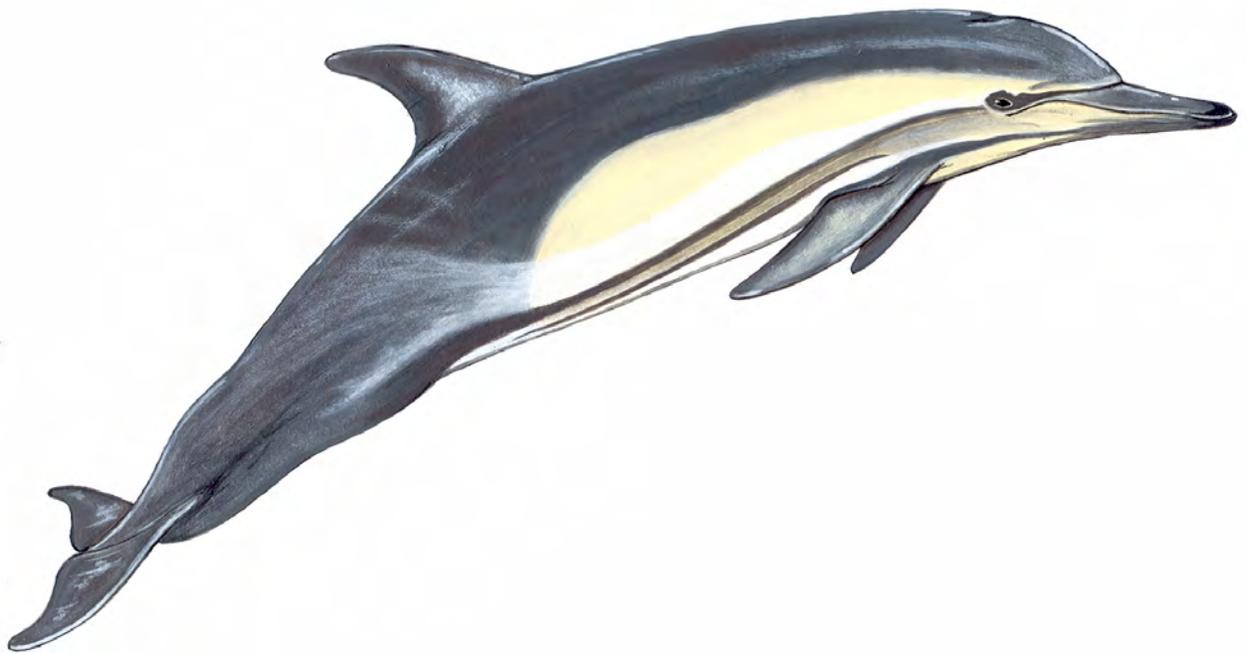
Delfin tornillo (*Stenella longirostris*)



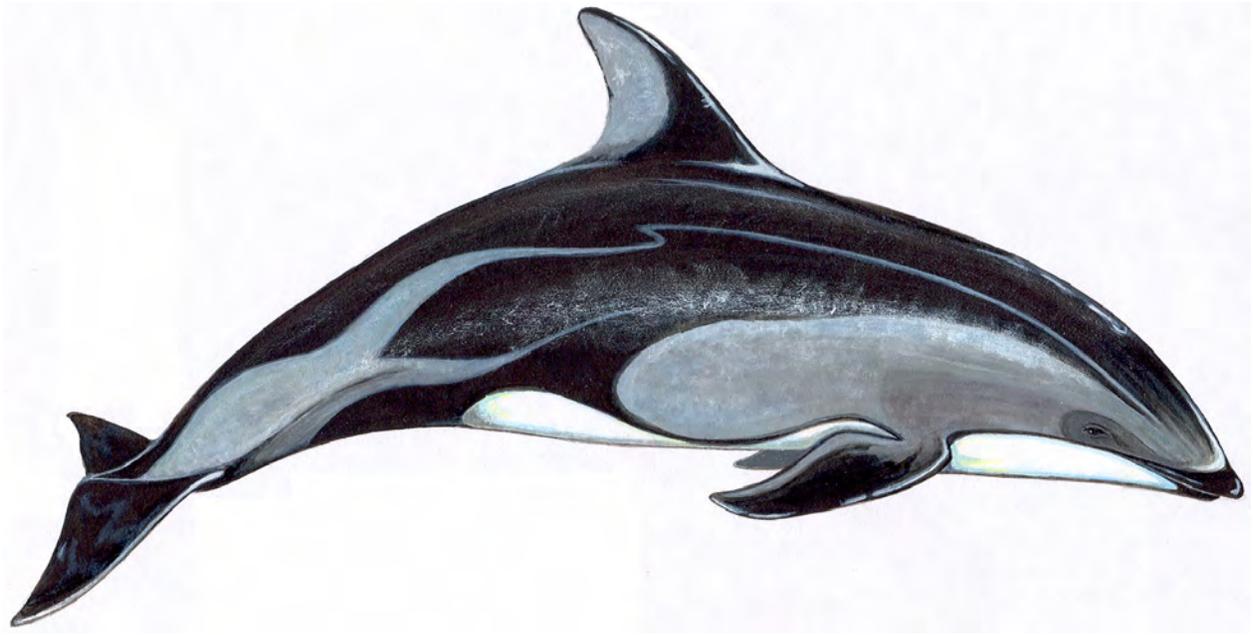
Delfin listado (*Stenella coeruleoalba*)



Delfin común de rostro corto (*Delphinus delphis*)



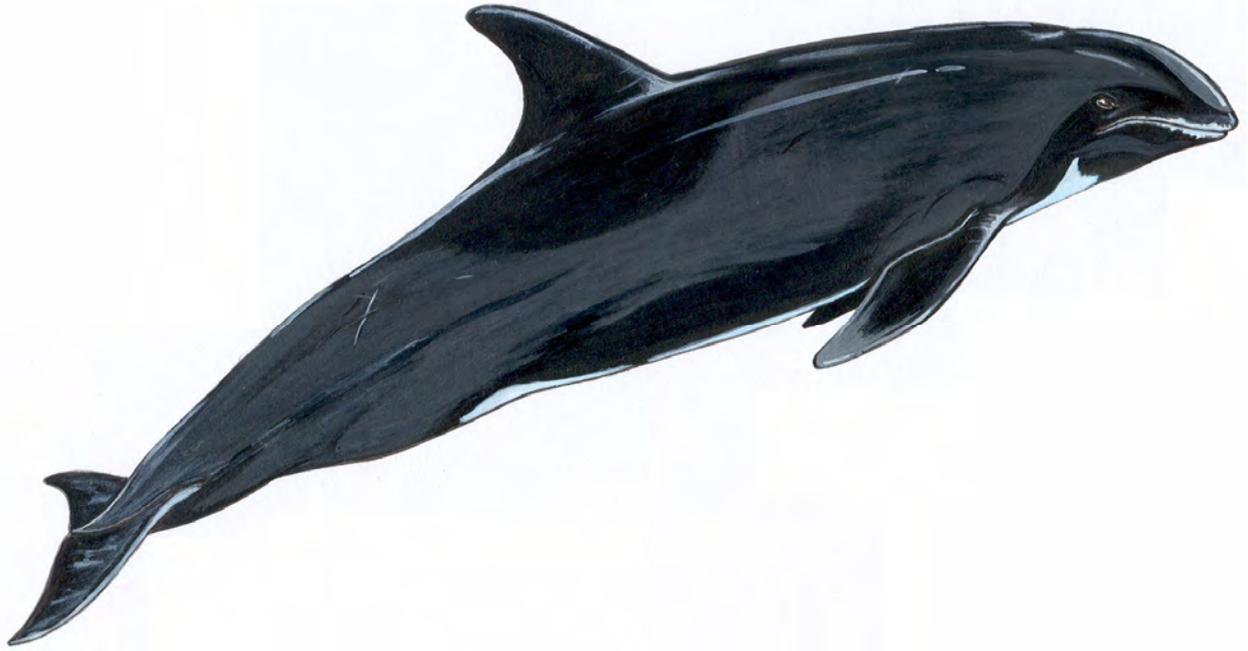
Delfin común de rostro largo (*Delphinus capensis*)



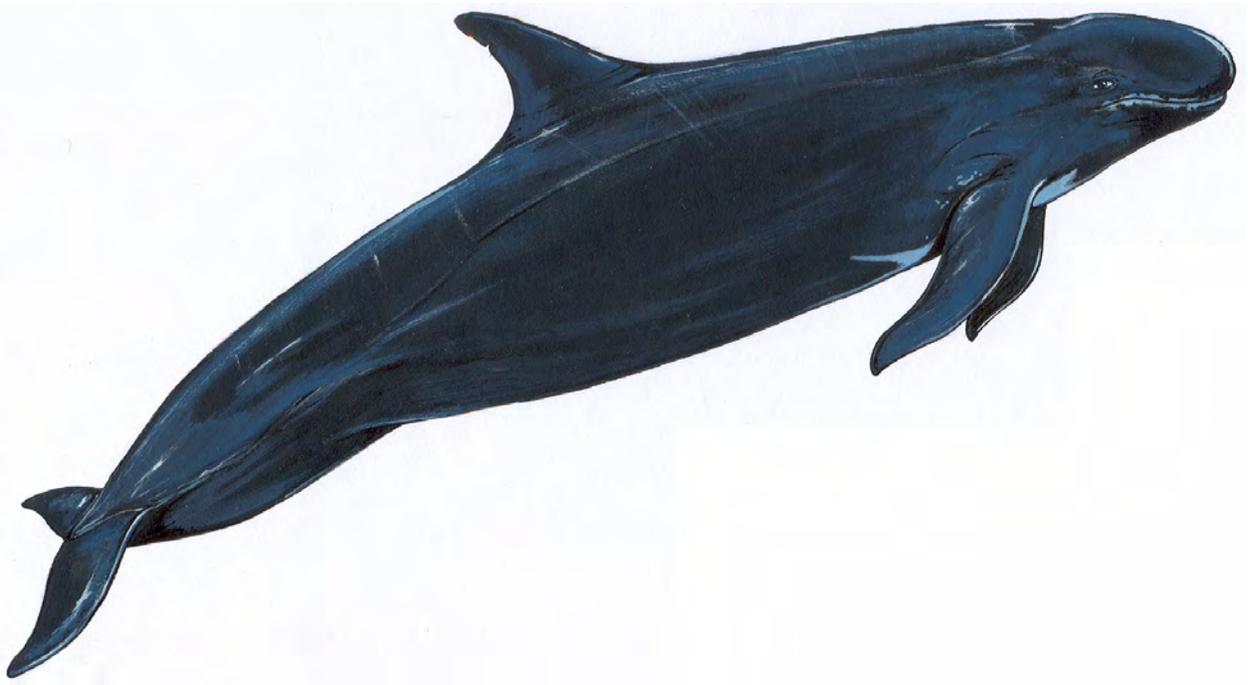
Delfin de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*)



Delfin de Risso (*Grampus griseus*)



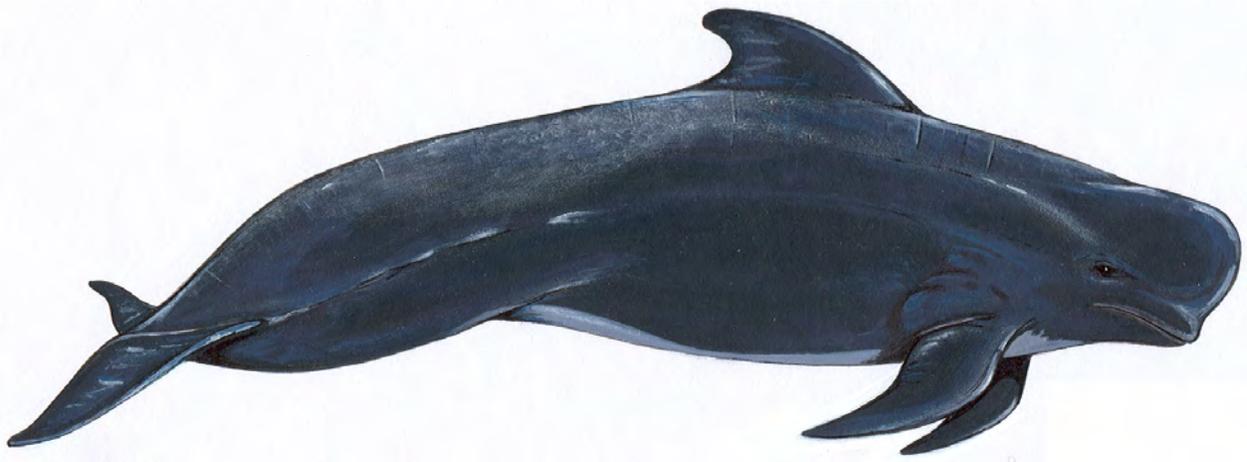
Delfín cabeza de melón (*Peponocephala electra*)



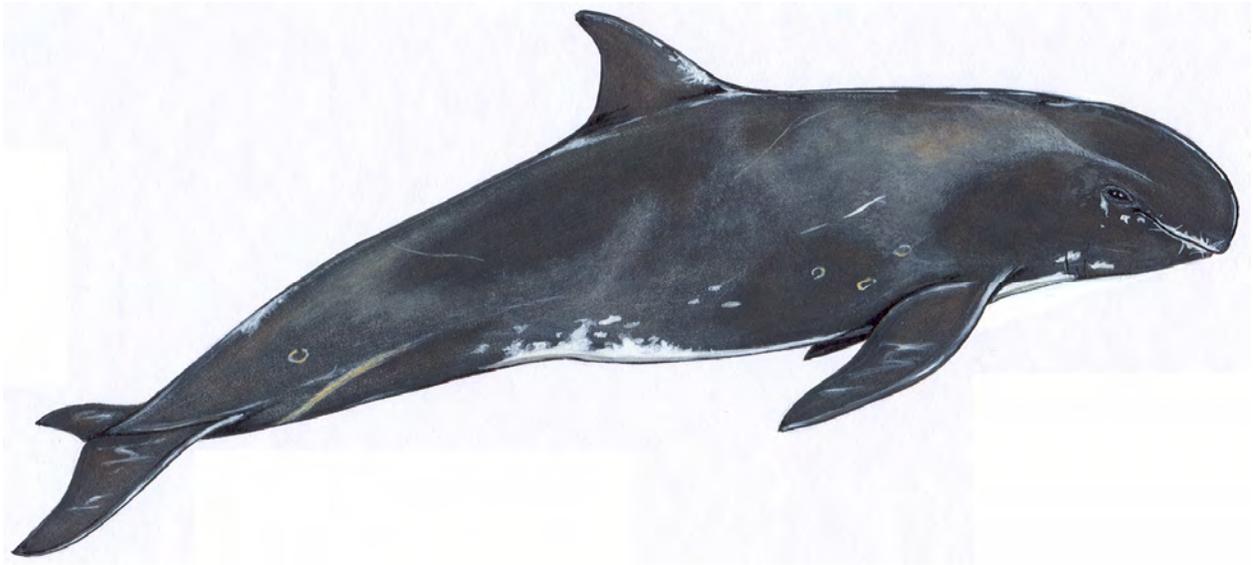
Orca falsa (*Pseudorca crassidens*)



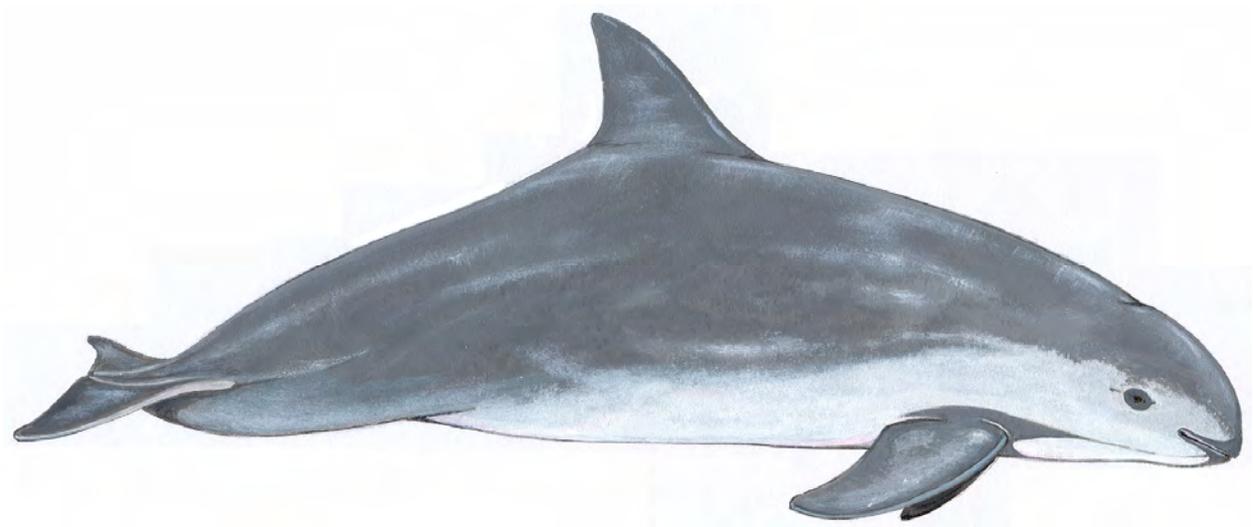
Orca (*Orcinus orca*)



Calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*)



Orca pigmea (*Feresa attenuata*)



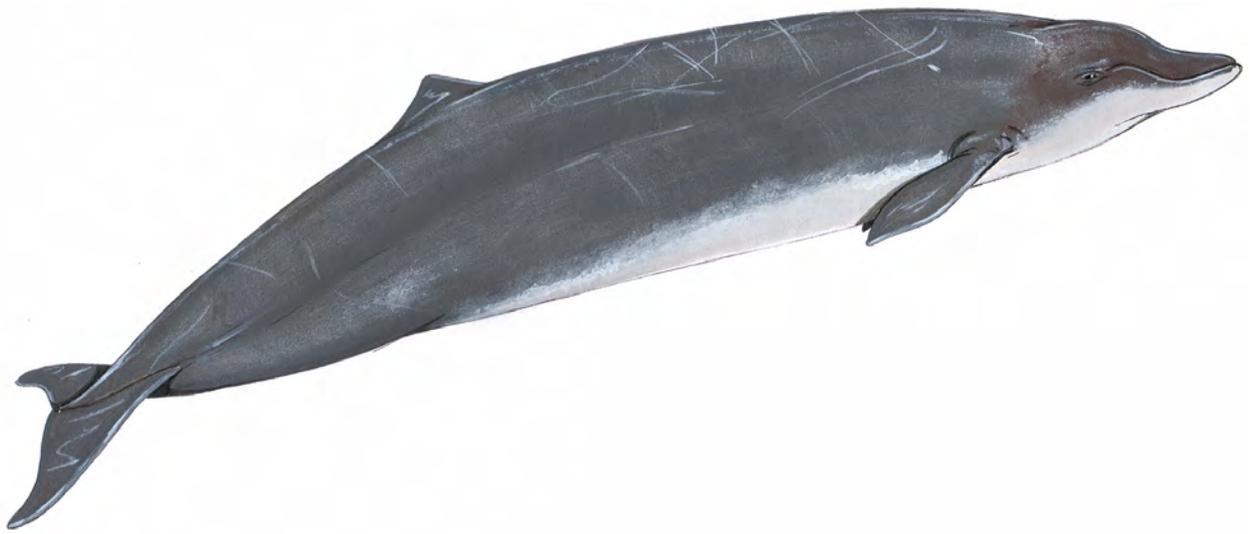
Vaquita (*Phocoena sinus*)



Zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*)



Zífido de Baird (*Berardius bairdii*)



Zífido pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*)



Zífido de Blainville (*Mesoplodon densirostris*)



Cachalote enano (*Kogia sima*)



Cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*)



Cachalote (*Physeter macrocephalus*)



Foca común (*Phoca vitulina*)



Hembra



Macho

Elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*)



Hembra

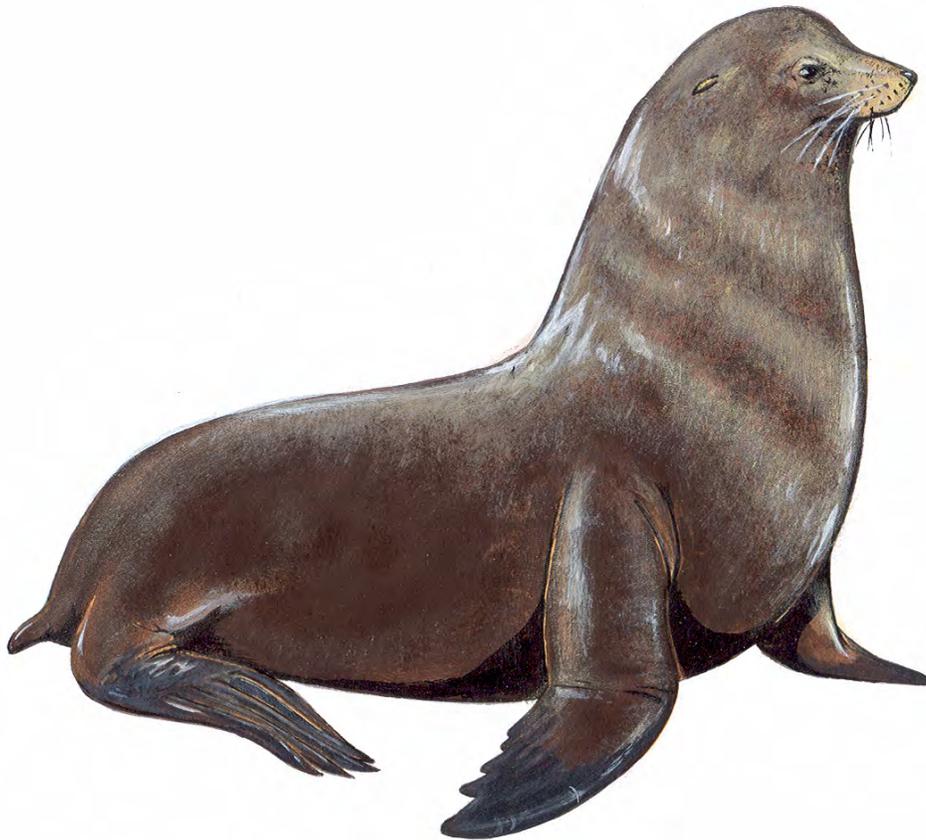


Macho

Lobo marino de California (*Zalophus californianus*)



Hembra



Macho

Lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*)

10.6. Autorizaciones institucionales para el uso de las bases de datos

SECRETARIA DE MARINA – ARMADA DE MEXICO
SUBSECRETARIA DE MARINA
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE OCEANOGRAFIA, HIDROGRAFIA Y
METEOROLOGIA
DIRECCION DE OCEANOGRAFIA
SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

FECHA 29 DE MAYO DE 2008.

Solicitante

Nombre: BIÓL. VERÓNICA ARACELI ARELLANO PERALTA EST. POSGRADO ICMYL

Dirección: CIRCUITO EXTERIOR S/N CIUDAD UNIVERSITARIA

Entidad Federativa MÉXICO D.F.

Descripción de los datos solicitados

Tipo de datos: FÍSICO QUÍMICOS Y BACT.

Referencia continental:

Area por cuadrante geográfico

BAHÍA SAN FELIPE, SANTA MARÍA, PUERTO ESCONDIDO, LA PAZ, GUAYMAS, BACOCHIPAMPO, SAN BLAS, BAHÍA DE BANDERAS,
ALTATA Y MAZATLÁN.

Periodo

2004 -2007.

Observaciones

LA BIÓLOGA VERÓNICA A. ARELLANO PERALTA SE COMPROMETE A DAR LOS CRÉDITOS CORRESPONDIENTES A ESTA SECRETARÍA.

ASI COMO COPIA IMPRESA Y DIGITAL DE TESIS DE POSGRADO.

RECIBI

ENTREGUE

The Colb. Subm. L. Biol.
Elvia (11-56848)

Recibi información

solicitada 29 de Mayo
2008.

Verónica Araceli Arellano Peralta.

Vo. Bo.

EL CAF. DE COMB. C.C.R.O.
DIRECTOR INT. DE OCEANOGRAFIA
FRANCISCO HERNANDEZ GONZALEZ
(3-29814389)



C O N A B I O

México, D.F. a 03 de junio de 2008
Of. DTAP/ 186 / 2008
"2008, Año de la Educación Física y el Deporte"

Biól. Verónica A. Arellano Peralta
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

En respuesta a su solicitud de información sobre los registros de mamíferos marinos en el Golfo de California, México, que le serán de utilidad para desarrollar su trabajo de tesis, le informamos que realizamos la consulta correspondiente en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de CONABIO y se obtuvo lo siguiente:

Grupo	RegistrosTotales	Especies	Infraespecies	EspeciesNOM	InfraespeciesNOM	EndemismoNOM
Mamíferos	1743	39	11	42	10	2

- La tabla incluye los campos de: identificador, proyecto, fuente, restricciones, día mes y año de colecta, colector, número de colecta, número de catálogo, colección, institución, división, clase, orden, familia, género, especie, subespecie, nombre común, validación taxonómica, colectado observado, ambiente, tipo de vegetación, estado, municipio, localidad, coordenadas geográficas y decimales, validación geográfica, categoría y endemismo según la NOM-059-SEMARNAT-2001.
- Listado de responsables de los proyectos con los que se atendió esta consulta y la forma correcta de citarlos.

Dadas las características de la información entregada, es necesario aclarar los siguientes puntos:

- i. Esta lista representa solamente especies registradas en bases de datos de proyectos que CONABIO ha apoyado y que son de libre acceso. De ninguna manera, constituye una lista completa y es indispensable realizar trabajo de campo complementario para validar un listado completo, es importante mencionar que puede haber sinonimias o determinaciones no actualizadas.
- ii. Sugerimos ponerse en contacto con los responsables de los proyectos que proveyeron la información, cuyos datos se anexan en este oficio; tanto para una correcta interpretación, como para solicitar información en mayor detalle. Asimismo le recomendamos revisar en nuestra página lo correspondiente a la REMIB (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad): http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html, para obtener información adicional de las especies o zona de su interés, así como las listas para aves que se encuentran en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicaslista.html>.
- iii. **En caso de que los datos sean usados en cualquier tipo de publicación (artículo científico, informe técnico, tesis, presentaciones, etc.) se obliga a citar a cada uno de los responsables de los proyectos de la siguiente manera:**

Autor. Año. Título del proyecto. Colección, Institución. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. XXX. México, D.F.

Ya que a ellos se les manda una relación de las consultas realizadas a sus proyectos.

- iv. Queda prohibida la redistribución de los datos, adición o reducción total o parcial, o cualquier otra forma de explotación comercial con fines de lucro, sin el consentimiento del (los) responsable(s) y de la CONABIO.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
LIGA PERIFÉRICO - INSURGENTES SUR 4903, PARQUES DEL PEDREGAL
TLALPAN 14010 MÉXICO D.F. TEL. 5004 - 5000, FAX 5004 - 4931



C O N A B I O

- v. El usuario se compromete a que la información obtenida no sea utilizada en detrimento de la conservación de flora y fauna nacional, ni en procesos que alteren irreversiblemente el equilibrio ecológico.

Con el fin de brindar un mejor servicio, es muy importante que nos haga llegar sus comentarios respecto a la utilidad de la información, formato de entrega así como cualquier sugerencia que nos ayude a mejorar la atención de sus consultas. Mucho agradeceremos que nos haga llegar sus comentarios al correo electrónico: servext@xolo.conabio.gob.mx o bien, puede dirigirlas por escrito a la CONABIO, a la dirección que aparece en la parte inferior de la página.

Sin más por el momento y esperando que la información le sea de utilidad, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

Dr. Eduardo Morales Guillaumin
Coordinador de Información y Servicios Externos
Dirección Técnica de Análisis y Prioridades

EMG/rvc/ams

c.c.p.: Dra. Patricia Koleff .- Directora Técnica de Análisis y Prioridades.- CONABIO

A003, B040, B142, DC027, H035, P044, P085, P104, P130, Q028, T009, en sus informes anuales.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
LIGA PERIFÉRICO - INSURGENTES SUR 4903, PARQUES DEL PEDREGAL
TLALPAN 14010 MÉXICO D.F. TEL. 5004 - 5000, FAX 5004 - 4931