

Informe final
(Manuscrito)

IMPACTOS ANTROPOGÉNICOS A LOS MAMÍFEROS MARINOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y LA COSTA PACÍFICA DE BAJA CALIFORNIA



Luis Medrano González y María de Jesús Vázquez Cuevas

Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México.

Introducción

El Golfo de California es uno de los mares más biodiversos, productivos y dinámicos en el mundo. Contiene 665 especies de algas y pastos marinos, 4854 invertebrados marinos (de los cuales 766 son endémicos), 891 especies de peces (90 de ellas endémicas de la región) cinco especies de tortugas marinas, 164 especies de aves acuáticas y de 33 a 36 especies de mamíferos marinos incluyendo a la vaquita (*Phocoena sinus*) que es endémica y se encuentra en riesgo crítico de extinción. La costa pacífica de Baja California es también una región de gran riqueza biológica; en ella viven de 36 a 39 especies de mamíferos marinos, de las cuales entre 30 a 33 son comunes con el Golfo de California. Lo anterior indica que existe una gran similitud entre la mastofauna del Golfo de California y la costa pacífica de Baja California, ambas regiones definidas por la importante frontera biogeográfica entre el Pacífico Nororiental y el Pacífico Oriental tropical (Álvarez-Borrego 1983, Alles 2003, Arellano Peralta 2010, Briggs 1973, Brusca *et al.* 2005, Enríquez-Andrade *et al.* 2005, Jaramillo-Legorreta *et al.* 2007, Spalding *et al.* 2007, Urbán-Ramírez *et al.* 2005, Ulloa *et al.* 2006, World Heritage Centre 2005).

En ambas regiones viven (aunque no exclusivamente) todos los mamíferos marinos que tienen alguna relevancia social, política y/o económica para nuestro país (con excepción del manatí), tales como los misticetos, que son un valioso recurso para el turismo, y las seis especies que tienen algún grado de amenaza de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2009) así como varias especies que interaccionan con la pesca ribereña e industrial. Además de la vaquita, en el Golfo de California y la costa pacífica de Baja California viven varias poblaciones aisladas de mamíferos marinos de importancia ecológica y social para la región, tales como la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) (Arellano Peralta 2010, Urbán-Ramírez *et al.* 2005).

Los mamíferos marinos en el Golfo de California y la costa pacífica de Baja California están estrechamente vinculados a la historia humana desde sus inicios, hace cerca de 12,000 años y tal relación ha sido y sigue siendo relevante para la especie humana, para los mamíferos marinos y para los ecosistemas que ambos comparten. Ante la mayoría de los impactos humanos en la región, especialmente aquellos provocados por el aprovechamiento comercial en el siglo XVIII, se han realizado varios esfuerzos de conservación desde hace algunas décadas, pero aún éstos distan de tener efectos benéficos porque la riqueza de la región sigue estando bajo fuertes intereses económicos y políticos en un régimen de explotación no sustentable (Arellano Peralta 2010, Enríquez-Andrade *et al.* 2005, Ulloa *et al.* 2006, World Heritage Centre 2005). Por lo tanto, el conocimiento de la distribución de los mamíferos marinos, de las actividades humanas y de las interacciones entre ambas, es fundamental para conocer los impactos antropogénicos a estos

animales y de ahí desarrollar prácticas de conservación que resuelvan conflictos de intereses y que rindan beneficios ecosistémicos integrales en tanto que los mamíferos marinos pueden, en principio, ser buenos indicadores de la funcionalidad de los ecosistemas y están sujetos a distintos intereses sociales de protección (Aguirre y Tabor 2004, Anderson 2001, Bossart 2006, Moore 2008, Reddy *et al.* 2001).

En este proyecto se determina la distribución de los mamíferos marinos en el Golfo de California y costa pacífica de Baja California con base en datos de transectos y la consideración de las especies evaluadas por medio de los taxones principales que evita inexactitudes de identidad así como la incertidumbre por especies raras y/o poco conocidas. Esta información contribuirá al entendimiento de la diversidad ecológica, ya que la variedad de los principales taxones reflejan diferentes modos de vida y posiciones en la cadena trófica (Berta y Sumich 1999, Medrano González 2009c). Asimismo, se examinará la distribución de la densidad de la población humana y sus actividades en el mar a partir de fuentes como las cartas nacionales pesqueras y los anuarios de pesca así como el censo general de población, para determinar una distribución potencial de los impactos antropogénicos en la mastofauna marina con la cual se puedan identificar áreas con prioridades definidas de atención para la conservación o para evitar efectos ambientales negativos de las actividades humanas.

Antecedentes

Este proyecto deriva de la colaboración que desde el año 2005 sostienen el Instituto Nacional de Ecología y la Facultad de Ciencias de la UNAM para estudiar la mastofauna marina del Pacífico mexicano con fines útiles al desarrollo de políticas de conservación marina, a partir de integrar y analizar la información científica que la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología han generado (UNAM desde 1981 e INE desde 2005). Esta colaboración ha tenido dos principales vertientes: 1) el estudio de la distribución de distintos atributos de la mastofauna marina con los cuales identificar patrones y procesos de importancia para la ecología y la conservación (Medrano González *et al.* 2005, 2006, 2007a) y 2) el estudio de la biología de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano, particularmente en la Bahía de Banderas y zonas aledañas (Medrano González *et al.* 2007b, 2008ab, 2009ab).

Justificación

El conocimiento de la distribución de los mamíferos marinos, de las actividades humanas y de las interacciones entre ambas es fundamental para conocer cuáles son los impactos antropogénicos que existen sobre el hábitat de estos animales en el Golfo de California y la costa pacífica de Baja California en sí. Este conocimiento técnico puede ser fundamental para la planeación y el desarrollo de estrategias de conservación de aquellos espacios o sitios ricos en biodiversidad, de rutas de tránsito de especies migratorias, de aquellas amenazadas, en peligro de extinción o endémicas. Este trabajo también servirá para el beneficio ecosistémico integral.

Objetivos

Objetivo general

Identificar y evaluar los impactos antropogénicos a los mamíferos marinos en el Golfo de California y la costa pacífica de Baja California, a partir de un análisis espacial de la mastofauna marina, las actividades humanas y la interacción entre ambas, con la finalidad de identificar áreas con prioridades definidas de atención para su conservación.

Objetivos particulares

- 1) Determinar la distribución de los mamíferos marinos en el Golfo de California y costa pacífica de Baja California agrupados por taxones principales como grupos funcionales con el uso de funciones núcleo (kernel) para estimar curvas de nivel.
- 2) Examinar la distribución de la densidad de la población humana y la distribución de sus actividades en el Golfo de California y costa pacífica de Baja California.
- 3) Determinar las posibles afectaciones a los mamíferos marinos por las actividades humanas con el uso de funciones núcleo (Kernel) para estimar curvas de nivel.

Actividades a desarrollar

- 1) Compilación de una base de datos de registros de mamíferos marinos en el Golfo de California y costa pacífica de Baja California con información de esfuerzo de observación. Esta base se extraerá y se depurará a partir de los registros unificados de la Facultad de Ciencias de la UNAM, la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Arellano Peralta 2010, Rosales Nanduca *et al.* 2011).
- 2) Compilación de una base de datos de la densidad poblacional humana y actividades humanas en el Golfo de California y costa pacífica de Baja California, a partir de los censos económicos y censo general de población más recientes.
- 3). Desarrollo de un sistema analítico (mapas, hojas de datos, gráficas, procesamientos de información y programas creados *ad hoc*) para determinar: a) distribuciones de mamíferos marinos por taxones, b) diversidad de mamíferos marinos por especie, c) densidad poblacional humana, d) actividades humanas y e) afectaciones potenciales de las actividades humanas en los mamíferos marinos en formato de curvas de nivel generadas con el uso de funciones núcleo.
- 4). Integración de un documento que describa el desarrollo del estudio, el análisis de los datos y sus resultados.
- 5). Realización de un manuscrito preliminar para ser considerado como una posible publicación en alguna revista especializada en el tema.
- 6). Elaboración de mapas de distribución de mamíferos marinos por taxones, diversidad de mamíferos marinos, densidad poblacional humana, actividades humanas y afectaciones potenciales de las actividades humanas en los mamíferos marinos, en formato de isoclinas generadas con el uso de funciones núcleo.

Bases de datos

Batimetría

Se compiló una base de datos de batimetría a partir de Smith y Sandwell (1997) y ésta fue graficada en curvas de nivel las cuales se tienen también como datos numéricos a través del programa Surfer 8 (Figura 1). Este mapa provee un contexto ambiental básico de los registros de mamíferos marinos.

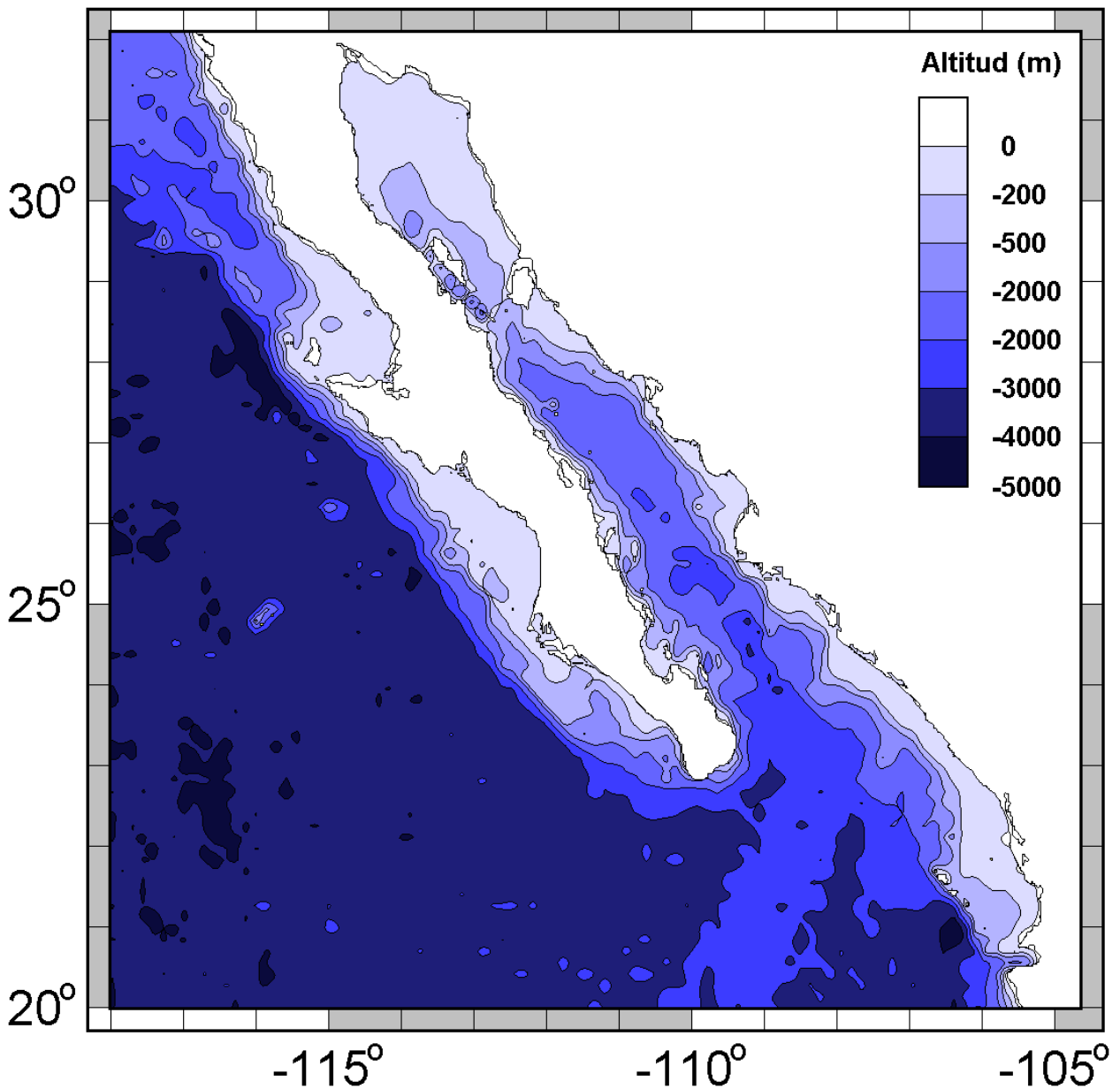


Figura 1. Batimetría del Golfo de California y costa Pacífica de Baja California a partir de los datos de Smith y Sandwell (1997).

Diversidad y distribución de la mastofauna marina (Sistema Analítico *Ad hoc*)

Se examinó una base con registros de mamíferos marinos y esfuerzo de navegación por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM desde junio de 1981 hasta noviembre de 2009. Este grupo de datos se ha elegido porque escapa a este proyecto el complejo análisis de las diferencias en detectabilidad en las distintas bases de datos con las que se cuenta y porque el conjunto elegido incluye datos de crianza así como de registros de reptiles marinos los cuales son de interés por contraste a los mamíferos. Esta base contiene 3108 transectos que suman un total de 36,690 millas náuticas (mn; 67,950 Km) de navegación con búsqueda de mamíferos marinos en todo el Pacífico mexicano.

La zona de estudio que aquí se denomina Golfo de California y costa Pacífica de Baja California, se definió operativamente en el intervalo de latitud [20, 32]° N y en el intervalo de longitud [-118, -105 (costa)]° W. En este intervalo, el esfuerzo de observación de mamíferos marinos suma un total de 20,262 mn (37,526 Km; Figura 2) en los cuales se registraron 1253 avistamientos de mamíferos marinos y 26 de tortugas marinas georreferenciados y con información de identidad al menos hasta la categoría de familia. De estos registros, 247 son de carnívoros (la gran mayoría lobos marinos de California), 589 de delfines, 16 de cachalotes, 10 de zifios, 9 de vaquitas y 382 de mysticetos (Figura 3). Del mapa de diversidad de especies de mamíferos marinos de Rosales-Nanduca *et al.* (2011) que se hizo a partir de las bases de datos integradas de la UNAM, UABCS y NOAA, se extrajeron los datos de diversidad estimada de 52 celdas conteniendo en total 7986 registros para hacer un mapa de diversidad de la mastofauna marina en la zona de estudio con curvas de nivel.

Para examinar la interacción entre mamíferos marinos y pesquerías, se hizo una revisión de la dieta de los mamíferos marinos del Pacífico mexicano (Vargas Navidad, en elaboración). Se recopilaron 95 referencias bibliográficas con datos de 367 especies presa de un total de 35 cetáceos y 5 pinnípedos de entre las 44 especies de mamíferos marinos que se encuentran en el Pacífico Mexicano. De estas 40 especies de mamíferos, se registraron 367 especies de presas de las cuales 199 son peces, 108 son cefalópodos, 29 son crustáceos, 27 son mamíferos, 2 son reptiles y 2 son tunicados (Figura 4).

Densidad poblacional humana y actividades humanas (Sistema Analítico *Ad hoc*)

Se examinó el censo nacional de población 2010 del INEGI así como la carta nacional pesquera 2010 (Diario Oficial de la Federación 2010) y el anuario de pesca 2010 (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca 2010). Se extrajo una base de información de los 40 municipios costeros en la zona de estudio de los estados de Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur en los cuales habitan 8,627,175 personas según el censo (50.2% de hombres que contrasta con el global nacional de 48.8%). La densidad poblacional en el área de estudio se examinó de los datos de 15,649 localidades en los municipios costeros con el uso del programa SURFER 8 utilizando el procedimiento geoestadístico de mínima curvatura (Figura 5). Para ello, se tuvieron que incluir datos de población nula en el mar los cuales se obtuvieron de un mapa cuyos elementos fueron transformados en posiciones geográficas con el programa JAZZIMAGEASCII desarrollado *ex profeso* en la UNAM por Bruno A. Costa Hernández. Con ayuda de este programa, también se hizo un perfil de la costa para extraer información de las localidades costeras.

Del anuario de pesca 2010, se obtuvo la información de peso vivo desembarcado y valor comercial anual de 50 pesquerías (582 especies en todo el país) de Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur. Con el anuario y la carta nacional pesquera, las 50 pesquerías se agruparon en los siguientes tipos: Camarón, Crustáceos, Calamar, Moluscos, Equinodermos, Peces cartilaginosos, Peces pelágicos menores y Escama. Para estos tipos de pesquerías, de Arellano Peralta (2010) se obtuvieron los artes de pesca empleados y cuáles interaccionan con los mamíferos marinos (Figura 6).

Diversidad y distribución de la mastofauna marina

Diversidad de especies (Sistema Analítico *Ad hoc*)

Del mapa de diversidad de especies de mamíferos marinos de Rosales-Nanduca *et al.* (2011) que contiene 7986 registros integrados de la UNAM, UABCS y NOAA, se extrajeron los datos de riqueza estimada de 52 celdas. Esta diversidad se estimó en cada celda a partir de una curva de acumulación de especies ordenada de acuerdo a la fecha de cada registro y se mapeó en curvas de nivel con el programa SURFER 8 utilizando el procedimiento geoestadístico de krigeaje (por su autor D.G. Krige) para determinar curvas de nivel.

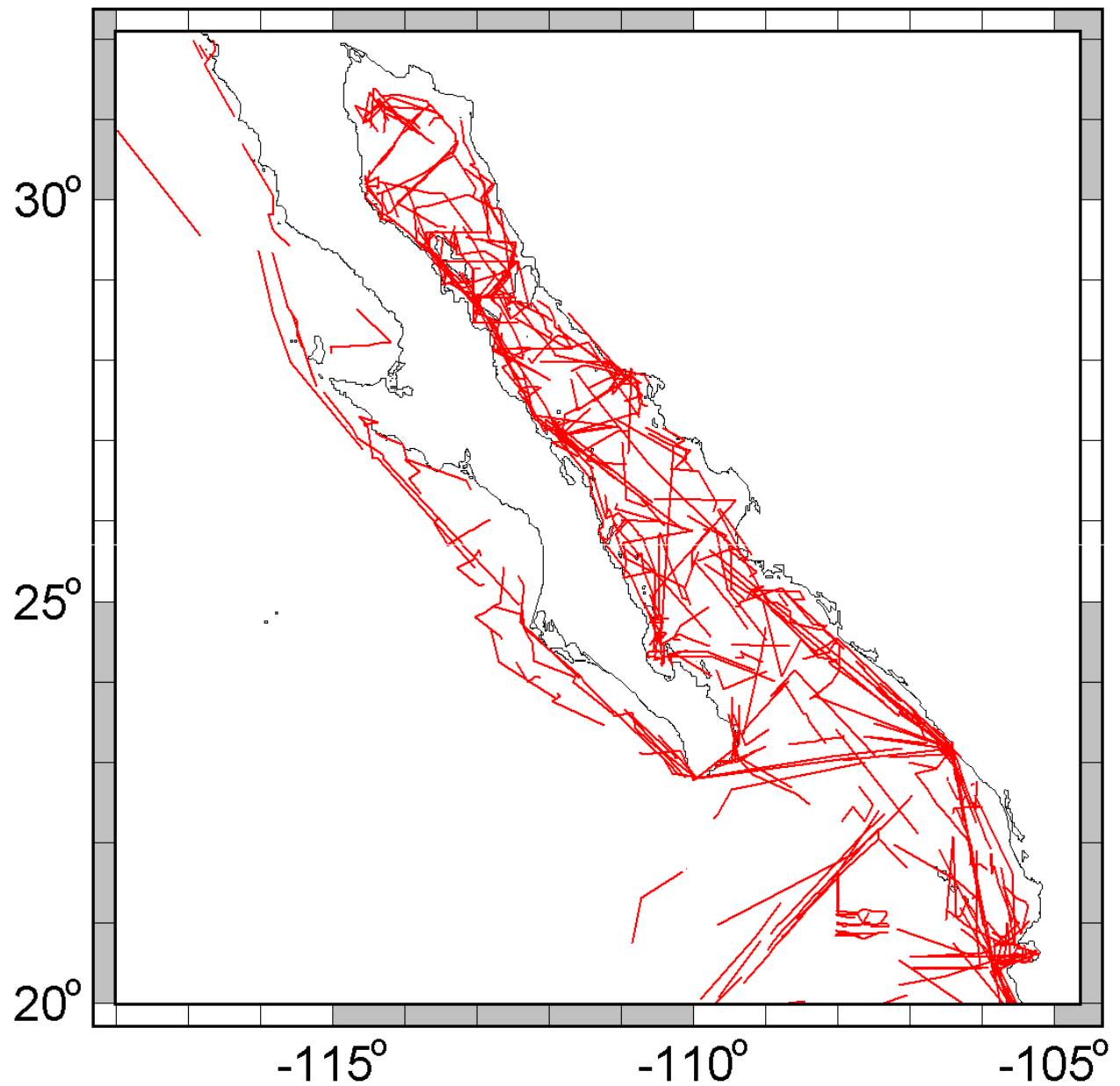


Figura 2. Navegaciones con esfuerzo de observación de mamíferos marinos por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM entre 1981 y 2009 en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California.

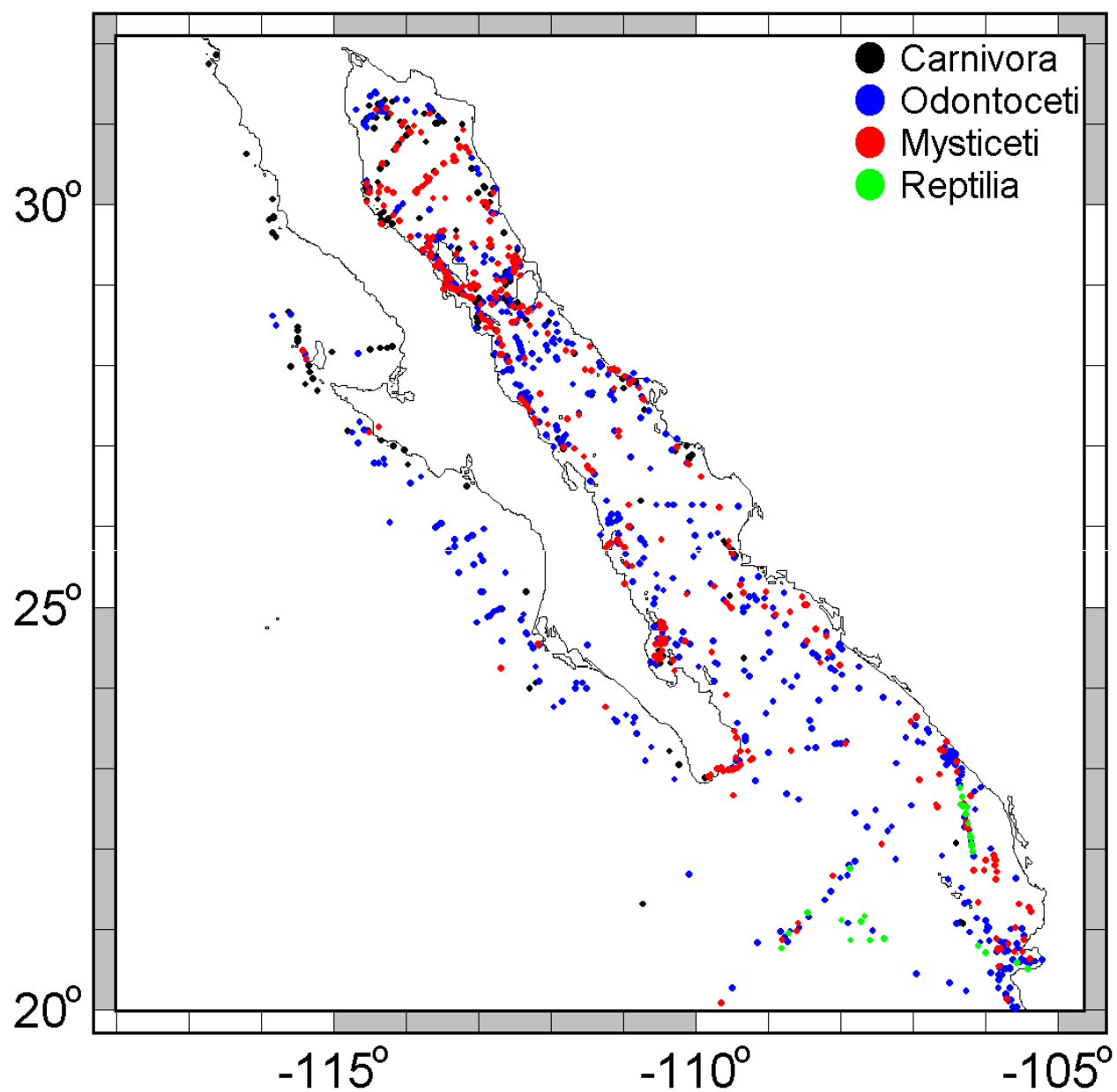


Figura 3. Registros de mamíferos y tortugas marinas por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM entre 1981 y 2009 en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California.

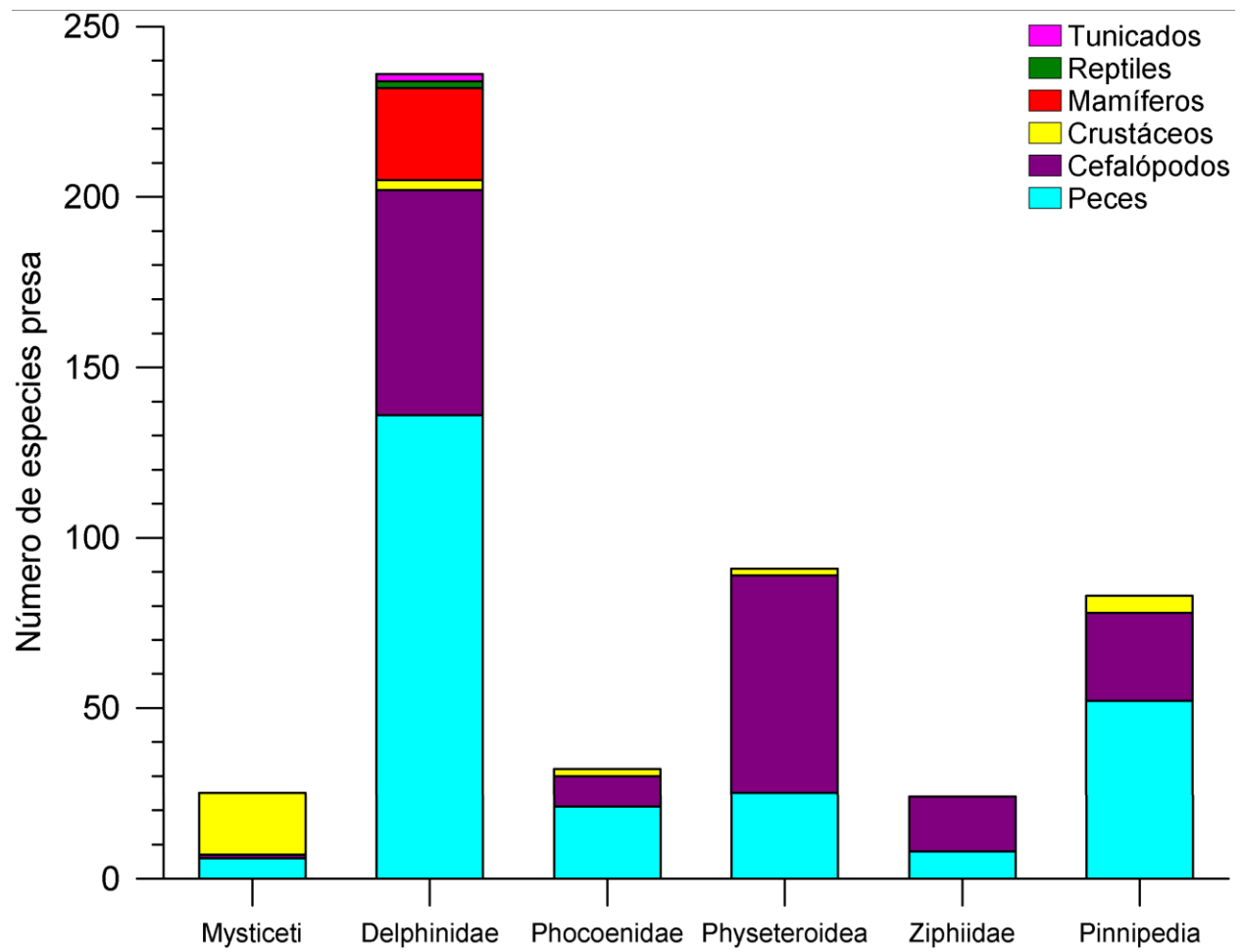


Figura 4. Diversidad de la dieta por grupos de los mamíferos marinos del Pacífico mexicano.

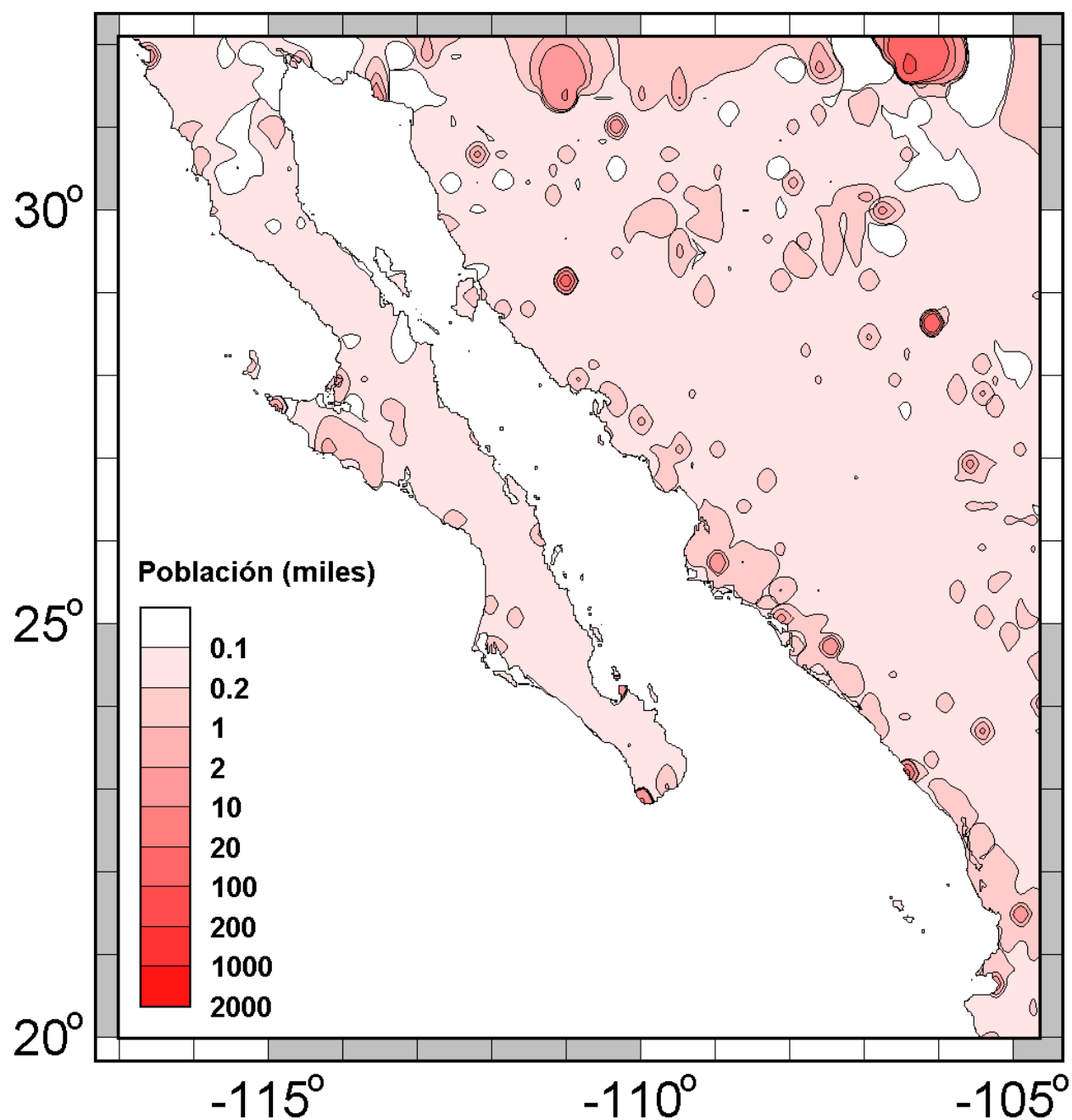


Figura 5. Mapa de densidad poblacional en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con 52,207 localidades registradas en el censo INEGI de 2010.

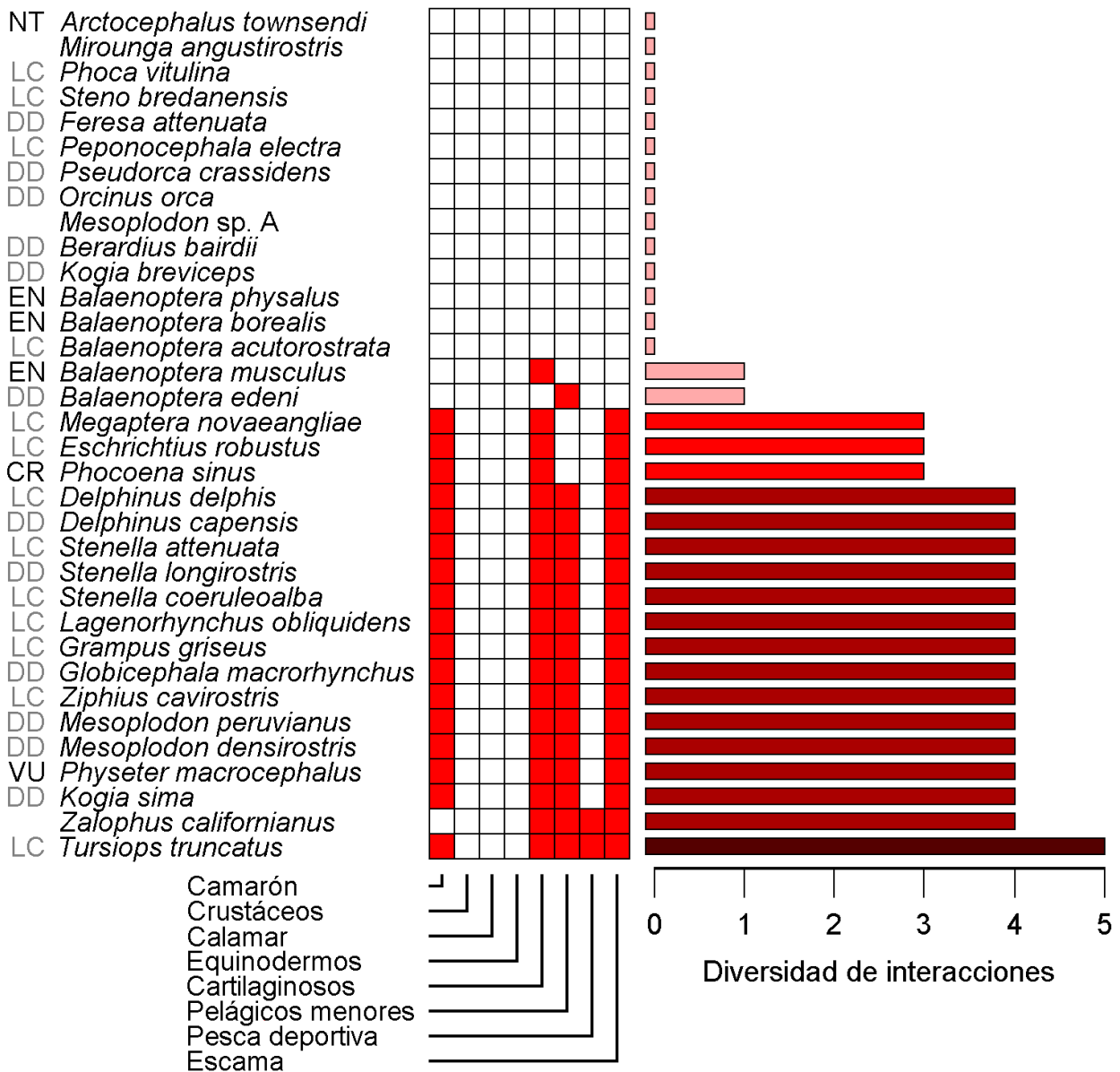


Figura 6. Esquema de diversidad de interacciones entre mamíferos marinos y pesquerías modificado de Arellano Peralta (2010). Las siglas junto a los nombres de las especies indican su condición de riesgo según la IUCN (2009).

Del total de 37 especies de mamíferos marinos registradas por Rosales-Nanduca *et al.* (2011), en el mapa obtenido se registran celdas con hasta 32 especies indicando así que hay algún grado de diferenciación espacial. El mapa muestra dos zonas de mayor riqueza de la mastofauna marina, una de 32 especies en la costa sureste de la Península de Baja California y otra de 28 especies alrededor de la Isla Cedros en la costa Pacífica de Baja California. La diversidad es menor hacia el Alto Golfo de California y en la región pelágica entre los 20 y 23 grados de latitud (Figura 7).

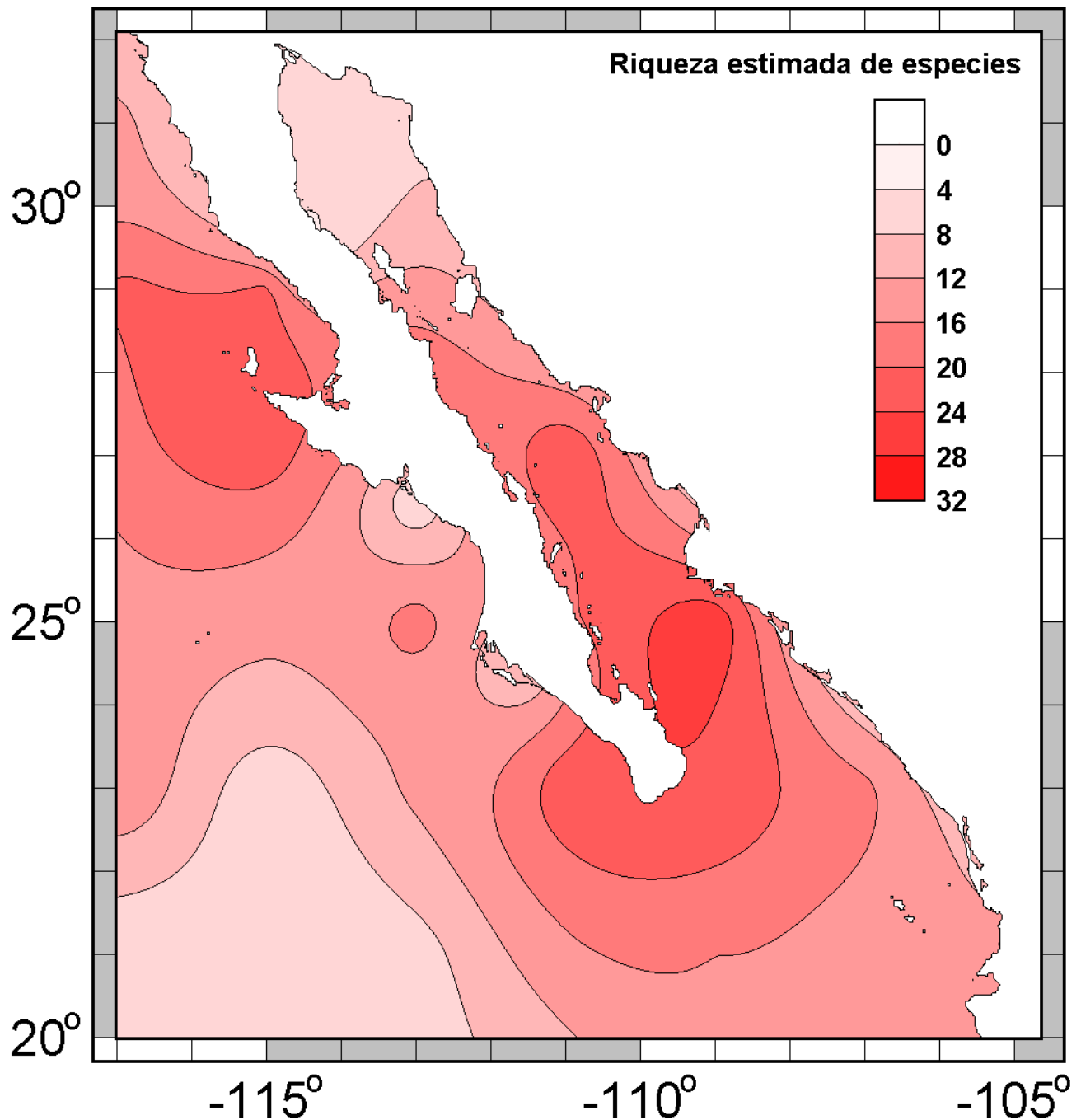


Figura 7. Distribución de la riqueza estimada de especies de mamíferos marinos en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con 7986 registros de la UNAM, UABCS y NOAA.

Distribución de taxones (Sistema Analítico *Ad hoc*)

Los registros de mamíferos marinos se agruparon en los taxones Mysticeti (ballenas), Delphinidae (delfines), Phocoenidae (marsopas), Ziphiidae (zifios), Physeteroidea (cachalote y cachalote enano) y Pinnipedia (lobos marinos y focas). Estos grupos tienen diferentes modos de alimentación y por lo tanto, diferentes roles tróficos aún cuando sus dietas se traslapan (Vargas Navidad, en elaboración). Los mysticetos (8 especies) se alimentan primariamente de pequeños

crustáceos y peces de cardumen; los delfines de 16 especies son primariamente ictiófagos pero tienen una alta diversidad de especies presa que en algunos de ellos incluye a otros mamíferos; las marsopas (2 especies) tienen una dieta poco diversa primariamente de peces; los zifios de 6 especies y los cachalotes (3 especies) son primariamente teutófagos y los pinnípedos de 5 especies tienen una dieta de variedad considerable primariamente de peces (Figura 4). Ante esta dieta, los mamíferos marinos del Pacífico mexicano interfieren con las pesquerías de camarón, peces cartilaginosos, peces pelágicos menores (p.ej. sardina y anchoveta) y peces de escama (p.ej. túnidos) siendo la tonina (*Tursiops truncatus*) el mamífero marino con mayor diversidad de interacciones ya que interacciona incluso con la pesca deportiva (Figura 6). Los registros de mamíferos marinos y el esfuerzo de navegación con búsqueda de mamíferos marinos se agruparon en 34 celdas a partir de las cuales se definió una abundancia relativa de taxones como individuos por milla náutica. Para ello, se identificaron primero 199 celdas de 0.5 grados que determinaron sectores efectivamente navegados (Figura 8). La repartición de la navegación y de los registros entre los 199 sectores se hizo respectivamente con los programas SECTONAV y GEOASIGN que se desarrollaron *ex profeso* en el compilador TurboPascal 3.01 por Luis Medrano González. La repartición de los registros incluye avistamientos, individuos y crías. A los datos de abundancia por milla náutica recorrida para cada taxón, se agregaron los datos de valor cero en tierra generados con el programa JAZZIMAGEASCII y todo el conjunto se mapeó como curvas de nivel con el programa SURFER 8 utilizando el procedimiento geoestadístico de mínima curvatura.

Los misticetos aparecen especialmente abundantes en el Alto Golfo de California así como en los alrededores de la Isla Cedros. Otras zonas importantes de ocurrencia de misticetos son la parte media sur del Golfo de California y la región entre la Bahía de Banderas e Isla Isabel que es un conocido destino de invierno de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (Figura 9, superior izquierda). Los delfines son abundantes en todo el Golfo de California, desde la Bahía de Banderas hasta el Alto Golfo siendo más ocurrentes en la parte media norte del golfo, la región de las grandes islas y el Alto Golfo. En la costa pacífica de Baja California, los delfines son abundantes al sur y al norte de la Bahía Magdalena y en los alrededores de la Isla Cedros (Figura 9, superior derecha). Los zifios son más abundantes en profundidades entre 2000 y 3000 m especialmente entre las latitudes de 24 y 27 grados en el Golfo de California, una cordillera submarina en la Boca del Golfo de California y en las cercanías a las fosas de la región de las grandes islas (Figura 9, media izquierda). Los cachalotes prefieren aguas más profundas que los zifios y se encuentran distribuidos en varias zonas con profundidad superior a 3000 m del Golfo de California incluyendo la boca, especialmente en las fosas al sur de la Isla Ángel de la Guarda así como al noroeste de la Isla Cedros. Llamen la atención dos zonas poco profundas con abundancia considerable de cachalotes, una frente a la costa norte de Sonora y otra entre la costa de Baja California y la Isla Cedros (Figura 9, media derecha). La única marsopa registrada en los datos de la UNAM en la zona de estudio fue la vaquita que es endémica del Alto Golfo de California (Figura 9, inferior izquierda). Los pinnípedos son más abundantes en el Alto Golfo de California, la región de las grandes islas y la costa Pacífica de Baja California pero ocurren también con abundancia considerable en varias áreas de la parte media del golfo así como en los alrededores de la Bahía Magdalena (Figura 9, inferior derecha).

Distribución de la crianza (Sistema Analítico *Ad hoc*)

En 62 avistamientos de mamíferos marinos se registró la presencia de crías de cetáceos cuya ocurrencia se definió como el número de avistamientos con cría observados por milla náutica navegada con esfuerzo de búsqueda. En las navegaciones realizadas no fue posible registrar la crianza de pinnípedos la cual ocurre en tierra. Luego de añadir los datos nulos de tierra, la ocurrencia de crías de cetáceos se mapeó como curvas de nivel con el procedimiento geoestadístico de krigeaje en el programa SURFER 8. Los cetáceos crían preferentemente en la Boca del Golfo de California, entre la Bahía de Banderas y Los Cabos así como en el Alto Golfo de California, región de las grandes islas y una zona en el golfo alrededor de los 26 grados de latitud cerca de la costa de Baja California (Figura 10).

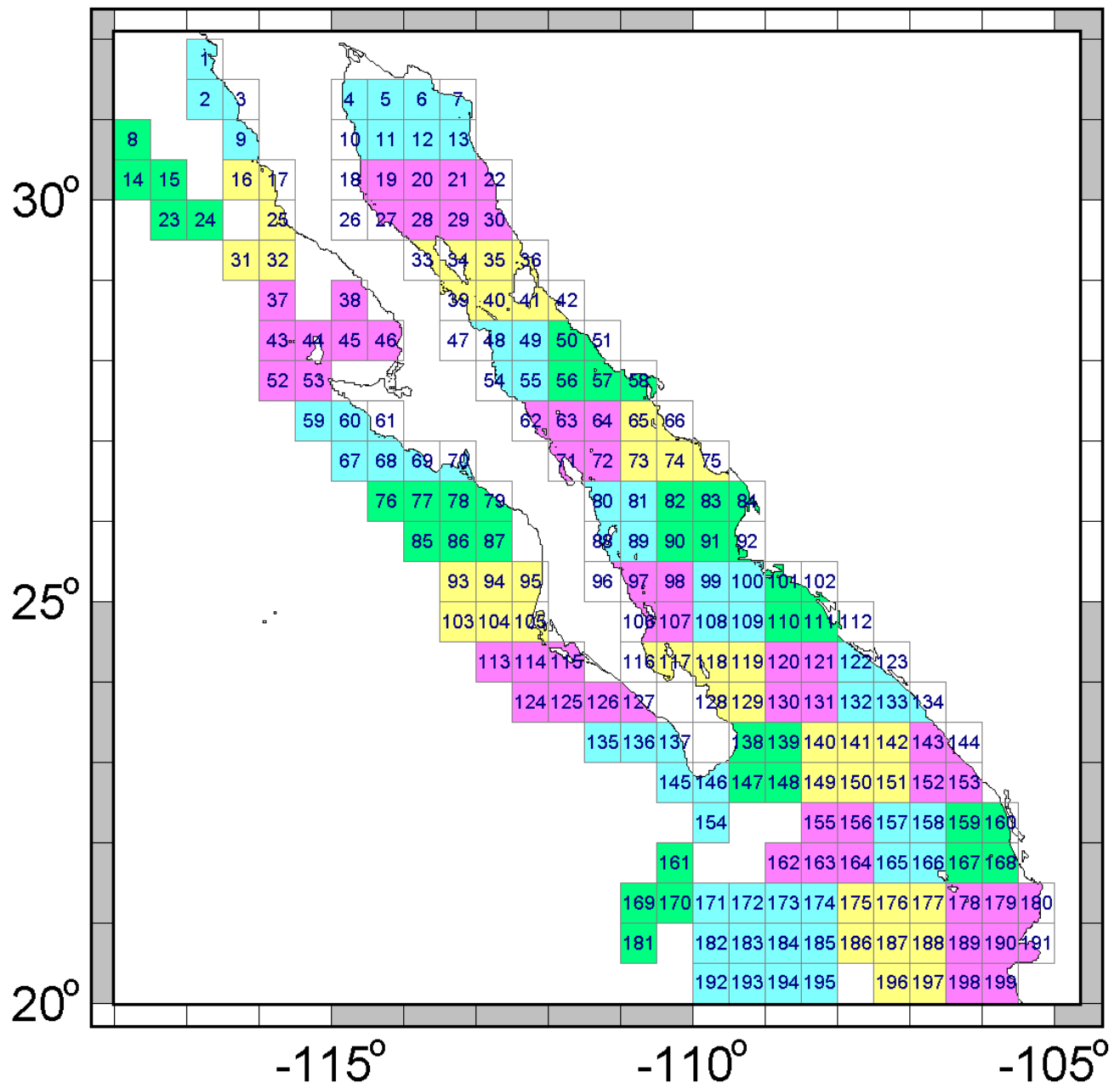
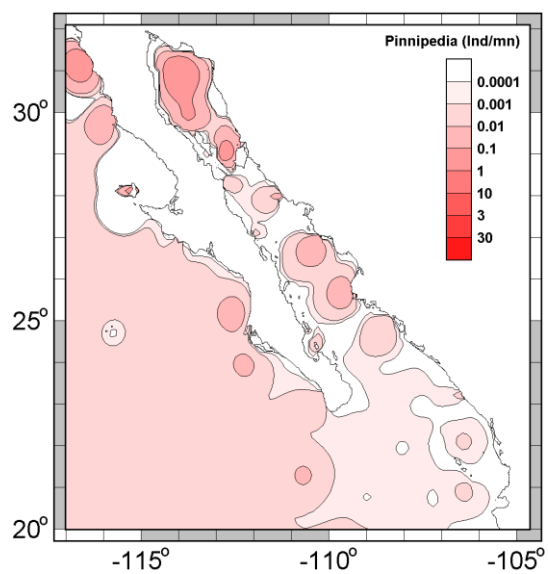
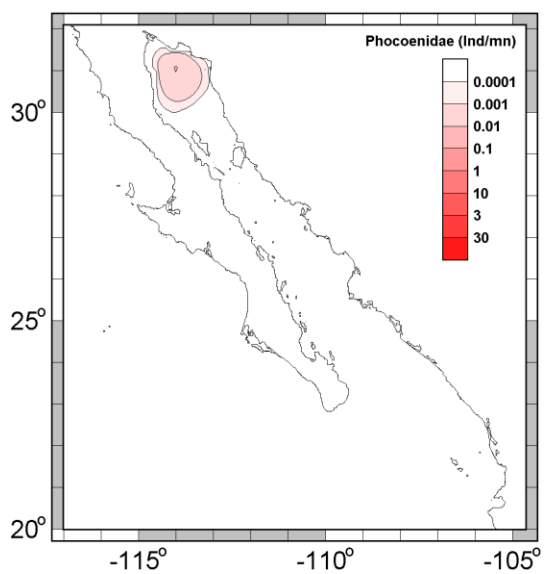
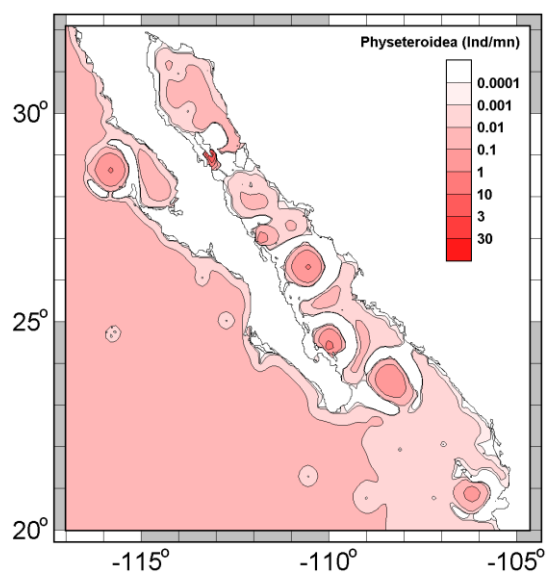
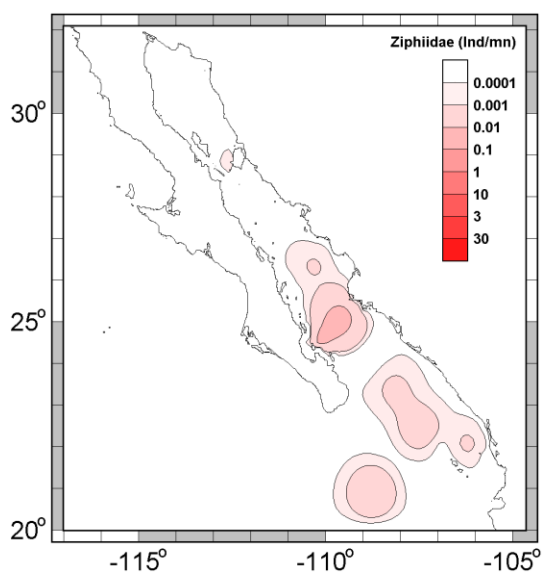
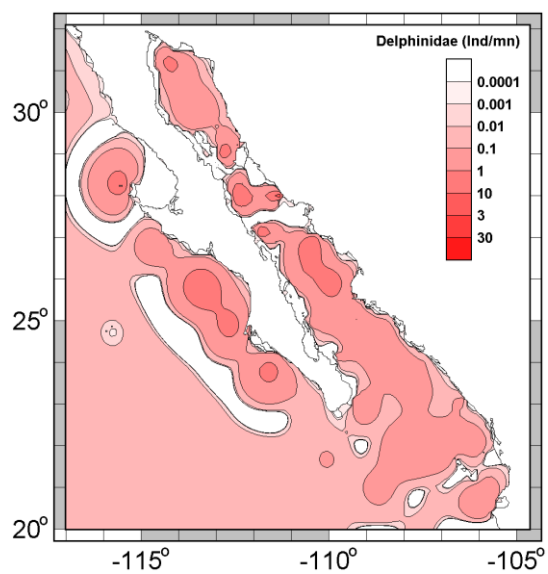
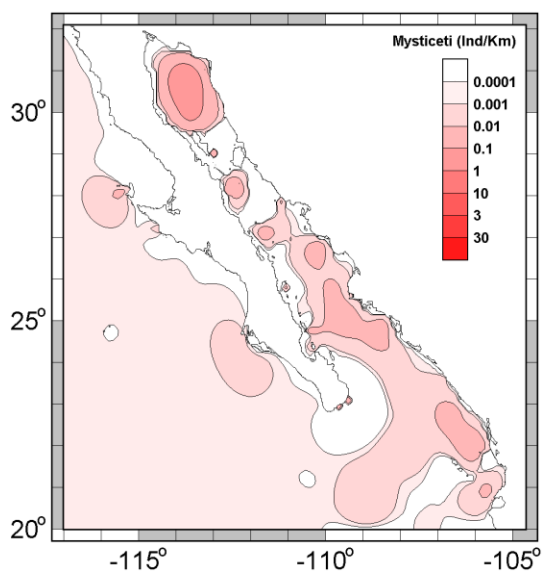


Figura 8. Determinación de 34 celdas (en color) para agrupar datos de navegación y registros de mamíferos marinos a partir de 199 celdas de 0.5 grados con las que se definieron sectores visitados.

Figura 9. Distribución de los mamíferos marinos por taxones en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con 3108 registros y 67,950 Km de navegación por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM entre los años 1981 y 2009.



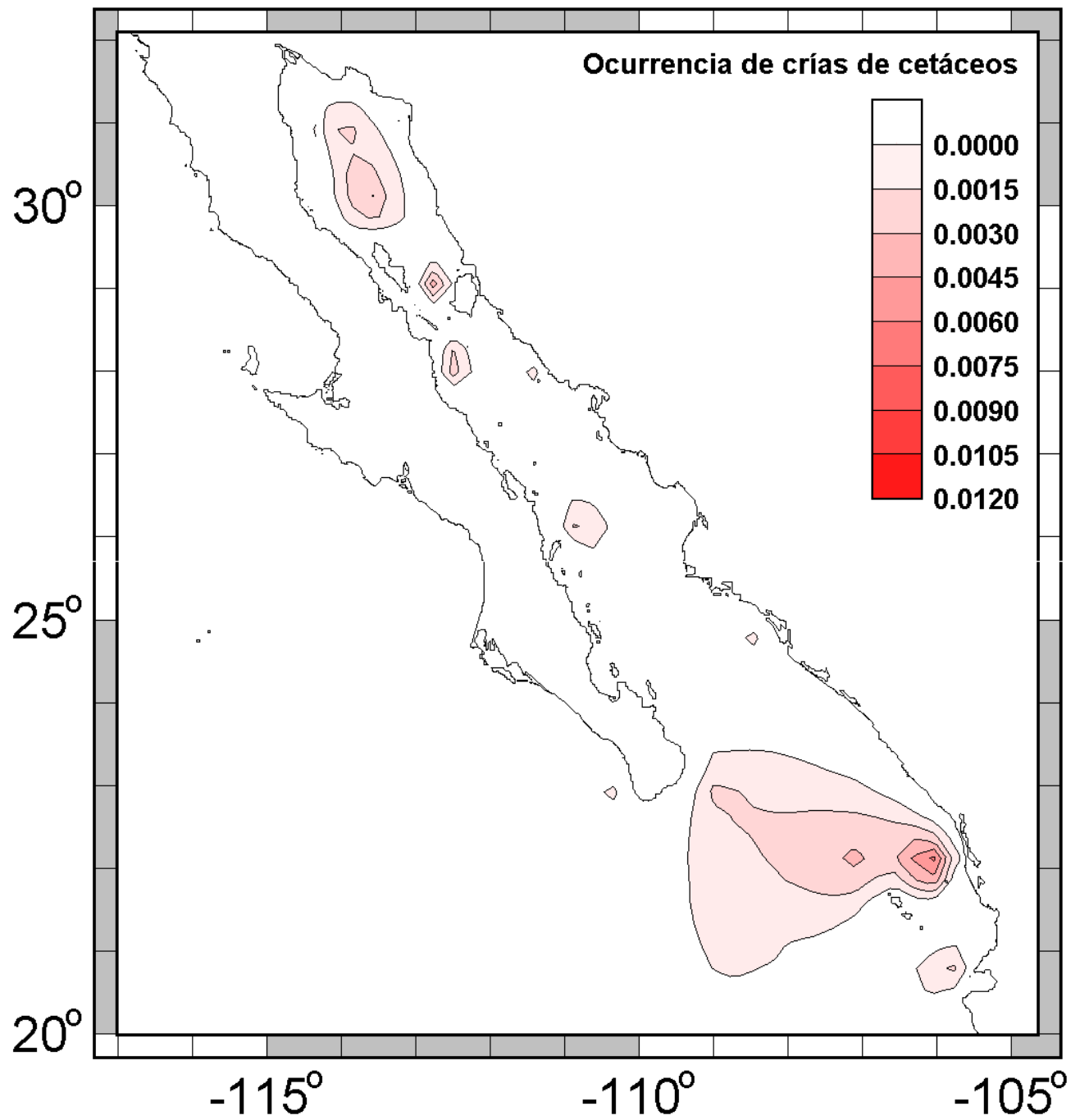


Figura 10. Distribución de las crías de cetáceos en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con 62 registros de la UNAM.

Densidad poblacional humana y actividades humanas

Distribución de la población (Sistema Analítico *Ad hoc*)

En la zona de estudio hay 40 municipios costeros en los cuales habitan 8,627,175 personas en 15,649 localidades de acuerdo con el censo INEGI 2010 (50.2% de hombres que contrasta con el global nacional de 48.8%). Para los estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur que están por completo comprendidos en la zona de estudio, los municipios costeros constituyen el 81.1% de la población de esos estados y esa distribución es asimismo marcadamente costera en estrecha relación con la pesca y el turismo (Figura 5). Con el uso del programa JAZZIMAGEASCII y el mapa base que proviene de Arellano Peralta (2010), se obtuvo un perfil de la costa de la zona de estudio. Con el programa COSTADIS desarrollado *ex profeso* en el compilador Turbopascal 3.01 por Luis Medrano González, se determinó la distancia de las 15,649 localidades de los 40 municipios costeros en la zona de estudio a la costa más cercana. Se graficó el número de personas de cada localidad en función de la distancia a la costa y se graficó también una curva del número acumulado de personas por Km de distancia a la costa en función de esta última.

Se encontró que a los 10 Km de distancia a la costa, hay pocas localidades con más de 100 personas y un índice de poblamiento definido como el número de personas acumulado por distancia a la costa muestra dos grandes tipos de poblaciones, una que podría llamarse playera que vive hasta 0.5 Km de distancia a la costa y otra que podría llamarse costera que vive hasta ca. 10 Km de distancia a la costa (Figura 11). Se definió entonces a la población costera total como aquella que vive hasta 10 Km de distancia a la costa más cercana la cual suma un total en la zona de estudio de 2880 localidades en las cuales habitan 1,896,290 personas (Figura 12). En Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur, la población costera representa el 16.0% del total de esos estados llegando a ser el 60.0% en el caso de Baja California Sur.

Producción pesquera 2010

Del anuario de pesca 2010, se obtuvo la información de peso vivo desembarcado y valor comercial anual de 50 pesquerías (582 especies en todo el país) de Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur. Con el anuario y la carta nacional pesquera, las 50 pesquerías se agruparon en los siguientes tipos: Camarón, Crustáceos, Calamar, Moluscos, Equinodermos, Peces cartilaginosos, Pelágicos menores y Escama. Nótese que la pesca en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California representa el 49.3% de la masa de la pesca nacional pero el 61.0% de su valor comercial debido a que en esta zona se captura el 81.0% del camarón que es el producto pesquero de mayor valor comercial. La captura de calamares y peces pelágicos menores en la zona de estudio son también casi exclusivas tuyas pero estos productos son también los de menor valor comercial representando en conjunto el 4.0% de los 15,739.26 millones de pesos del valor de las 1,473,378 toneladas de peso vivo desembarcado en total durante 2010 (Cuadro 1).

Interacción entre mamíferos marinos y pesquerías

A partir del esquema de interacciones entre mamíferos marinos y pesquerías de Arellano Peralta (2010), se identificaron 14 especies, géneros, familias o superfamilias que en la zona de estudio interaccionan con cuatro de los ocho tipos de pesquerías examinados en el anuario de pesca 2010. Esta agrupación permite considerar registros de mamíferos marinos no completamente identificados pero cuya diversidad de interacciones sí se conoce. Los cuatro tipos de pesquerías que interaccionan con mamíferos marinos en la zona de estudio son: Camarón, Peces cartilaginosos, Peces pelágicos menores y Escama (Figura 6; Cuadro 2).

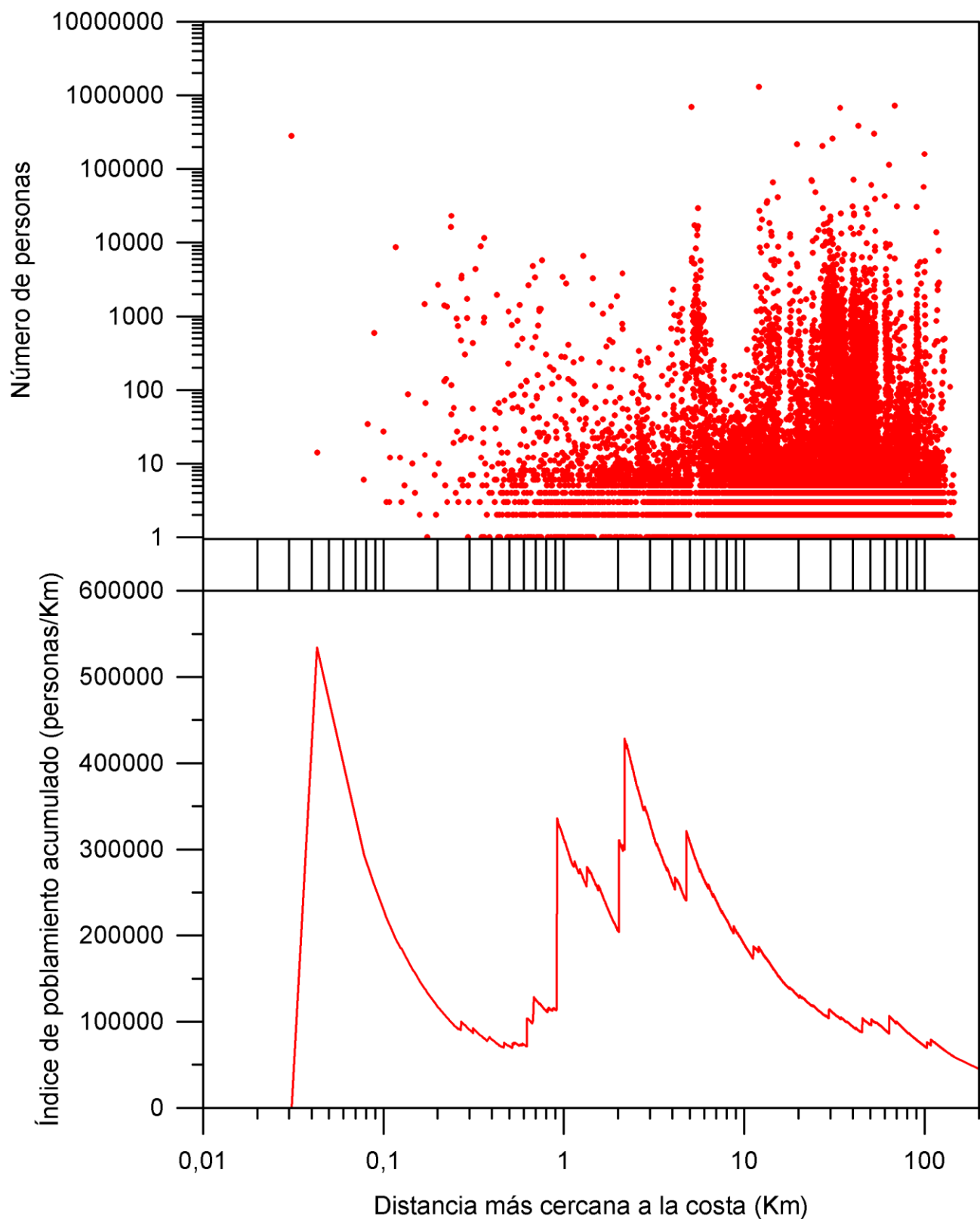


Figura 11. Perfiles del tamaño de localidades y del número acumulado de personas por Km de distancia a la costa en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con 15,649 localidades en 40 municipios costeros registrados en el censo INEGI 2010.

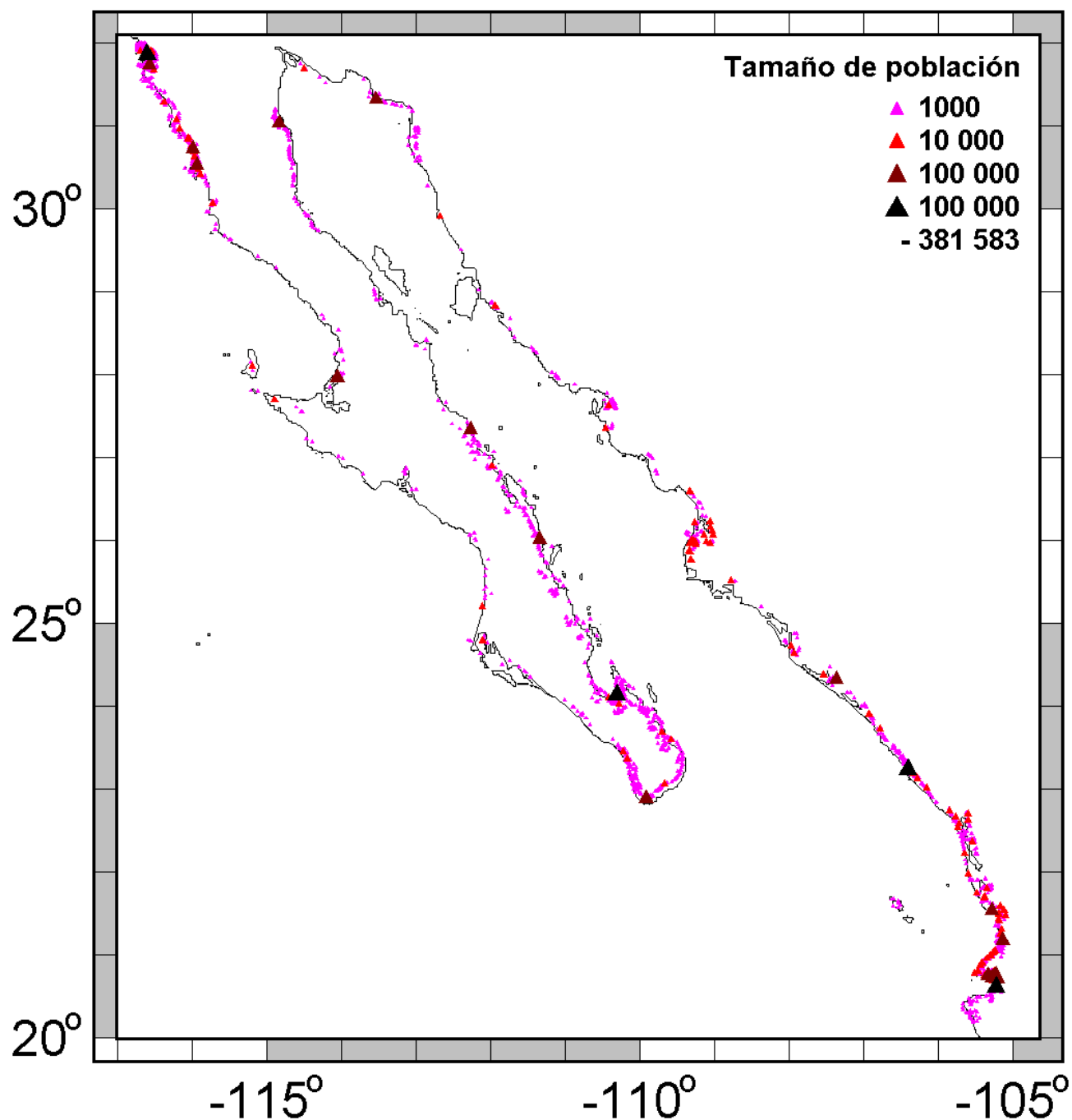


Figura 12. Localización de 2880 localidades costeras (hasta 10 Km de distancia a la costa) en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California de acuerdo con el censo INEGI 2010.

Como no se dispone de ninguna información sobre la distribución de las operaciones pesqueras en el mar y como la información sobre el desembarco de los diferentes productos pesqueros en las diferentes localidades en los censos económicos es asimismo muy incompleta, la producción pesquera estatal durante 2010 se repartió en las 2880 localidades costeras en proporción a su tamaño de población como un esquema general de la distribución geográfica de las cuatro pesquerías que interaccionan con mamíferos marinos y en general, como un esquema de las actividades humanas que afectan a estos animales.

Cuadro 1. Producción pesquera durante 2010 en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California agrupada en ocho tipos de pesquerías.

Peso vivo (Toneladas)	BC	BCS	Sonora	Sinaloa	Nayarit	Total	Fracción nacional
Calamar	10991	37195	12157	2804	-	63147	1.000
Camarón	645	4344	53191	53929	9102	121211	0.810
Cartilaginoso	3459	6631	2313	5331	951	18685	0.554
Crustáceo	536	2298	4029	6039	41	12943	0.459
Equinodermo	3513	175	15	0	0	3703	0.619
Escama	18655	35977	60880	100617	13528	229657	0.484
Molusco	3776	19307	2774	2055	1137	29049	0.300
Pelágico menor	59183	56584	102485	28821	1050	248123	0.965
Total	100758	162511	237844	199596	25809	726518	0.493
Valor (millones de pesos)							
Calamar	28.013	94.799	30.984	7.147	-	160.942	1.000
Camarón	29.062	195.731	2396.671	2429.924	410.116	5461.505	0.810
Cartilaginoso	45.925	94.844	30.058	79.259	14.278	264.364	0.540
Crustáceo	62.653	251.207	46.729	74.069	2.488	437.147	0.528
Equinodermo	109.185	2.353	0.202	0.000	0.000	111.740	0.785
Escama	194.763	330.406	575.370	1022.288	206.241	2329.067	0.409
Molusco	73.077	241.600	30.737	19.420	5.088	369.922	0.325
Pelágico menor	105.978	102.398	185.280	58.866	9.061	461.583	0.860
Total	648.655	1313.338	3296.032	3690.971	647.272	9596.269	0.610

Cuadro 2. Taxones de mamíferos marinos que interaccionan con pesquerías en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California.

Nombre científico	Nombre común
<i>Balaenoptera edeni</i>	Ballena sardinera
<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena azul
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada
<i>Eschrichtius robustus</i>	Ballena gris
<i>Delphinus</i> spp	Delfines comunes de rostro corto y de rostro largo
<i>Grampus griseus</i>	Delfín gris
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Calderón de aletas cortas
<i>Sagmatias (Lagenorhynchus) obliquidens</i>	Delfín de costados blancos
<i>Stenella</i> spp	Delfín moteado pantropical y Delfín tornillo
<i>Tursiops truncatus</i>	Tonina
<i>Phocoena sinus</i>	Vaquita
Ziphiidae	Zifios
Physeteroidea	Cachalotes
<i>Zalophus californianus</i>	Lobo marino de California

Para cada una de las 34 celdas con información sobre los registros de mamíferos marinos, se calculó el número de individuos de todas las especies que interaccionan con las pesquerías Camarón, Peces cartilaginosos, Peces pelágicos menores y Escama. No se conoce alguna medida de afectación de la interacción entre mamíferos marinos y pesquerías ni la tasa de dicha interacción así que para cada tipo de pesquería (p) en cada celda (c) con el número de mamíferos marinos que interaccionan con la pesquería p por milla náutica navegada con esfuerzo de observación, se determinó un índice de interacción total de los mamíferos marinos en la celda c con todas las localidades (l) donde hay desembarco de los productos de la pesquería p, como el promedio del desembarco estimado en las localidades ponderado por el inverso de la distancia entre dichas localidades y la celda, esto es:

$$I_{cp} = \frac{\sum_{l=1}^k \frac{N_{cp} M_p}{d_{cl}}}{\sum_{l=1}^k \frac{1}{d_{cl}}}$$

donde I_{cp} es el promedio, entre todas las localidades, de interacciones entre mamíferos marinos en la celda c con la pesquería p, N_{cp} es el número de mamíferos marinos por milla náutica en la celda c que interaccionan con p, M_p es la masa estimada de los productos de la pesquería p en la localidad l, d_{cl} es la distancia entre la celda c y la localidad l y k es el número total de localidades (k=2880). I_{cp} tiene las unidades individuos x tonelada / milla náutica. Como las distintas pesquerías no son comparables ya que se desconocen las tasas de interacción y afectación, el mapeo de las curvas de nivel se hizo a partir de la fracción que I_{cp} tiene entre el total de todas las celdas, esto es:

$$I_{cp}^n = \frac{I_{cp}}{\sum_{c=1}^n I_{cp}}$$

donde I_{cp}^n es el valor normalizado de I_{cp} y n es el número de celdas (n=34). Las curvas de nivel de I_{cp}^n se mapearon con el programa SURFER 8 utilizando el procedimiento geoestadístico de curvatura mínima.

La distribución de la interacción con mamíferos marinos es similar entre los cuatro tipos de pesquerías habiendo 12 zonas bien definidas entre las cuales, el Alto Golfo de California, la región de las grandes islas, la costa sur de Sonora y la costa adyacente a la Bahía Magdalena presentan la mayoría de las interacciones. La interacción entre mamíferos marinos y la pesca de pelágicos menores se distingue por la ausencia de interacción en la Boca del Golfo de California (Figura 13).

Comentario final

La combinación de datos de transectos para mamíferos marinos con datos de su dieta y su interacción con pesquerías así como información del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y datos de la producción pesquera, han permitido determinar la distribución de la diversidad de los mamíferos marinos, su distribución por taxones de significancia ecológica, la distribución de un atributo de valor para la conservación como lo es la crianza y una estimación de las zonas en donde ocurre una mayor interacción entre mamíferos marinos y pesquerías la cual es una de las actividades humanas que más afecta la mastofauna marina (DeMaster *et al.* 2001).

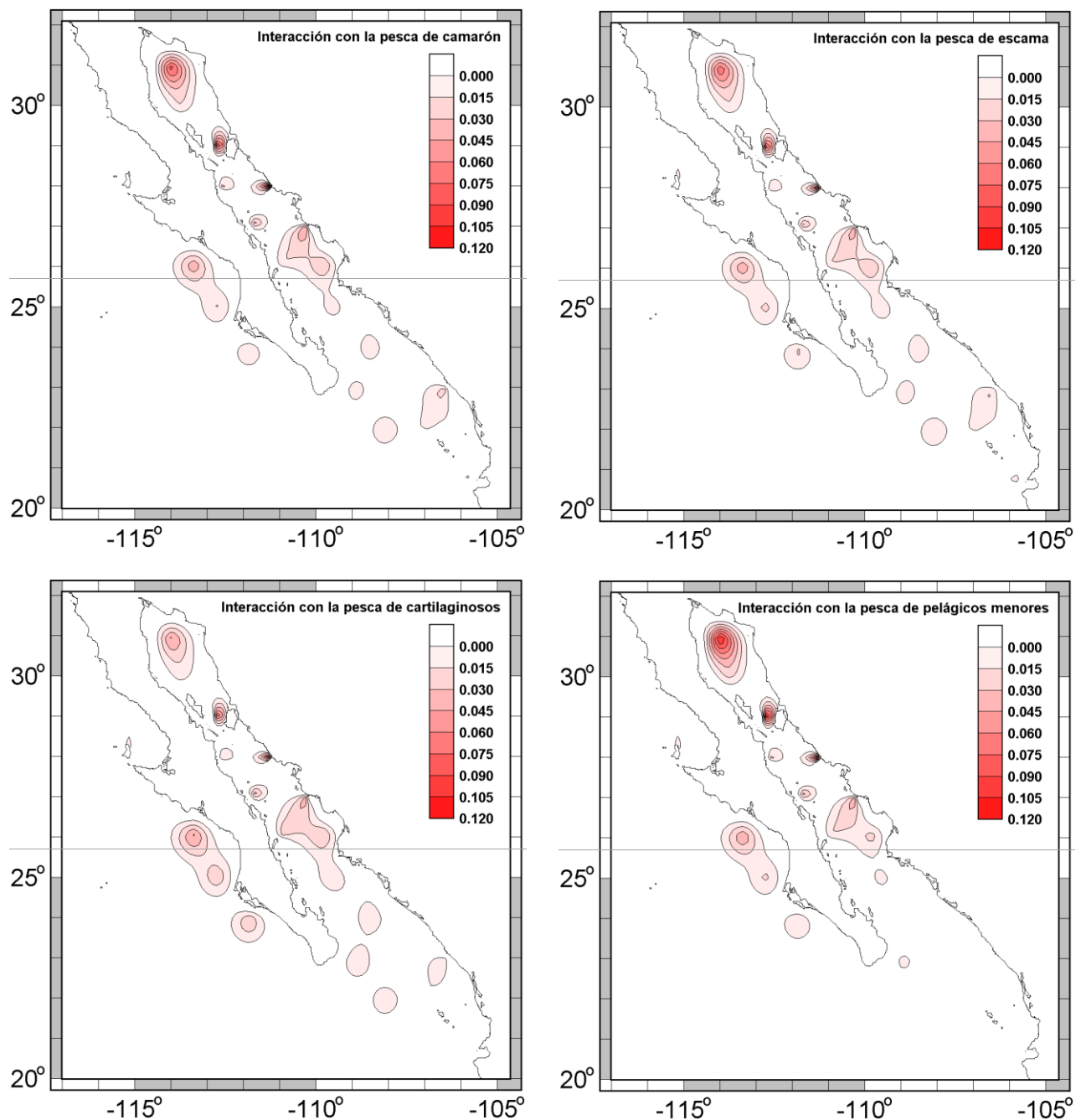


Figura 13. Distribución de las interacciones entre mamíferos marinos y pesquerías en el Golfo de California y costa Pacífica de Baja California.

Debemos reconocer que la información examinada de la mastofauna marina no ha permitido elaborar mapas de alta resolución y que en nuestro análisis faltó el examen de algunos atributos faunísticos como el consumo de energía, el discernimiento de factores como la estacionalidad así como la consideración de perturbaciones antropogénicas como el ruido y la contaminación química y por residuos sólidos, especialmente plásticos. Para poder comparar las fuentes de datos que hemos compilado en la Facultad de Ciencias de la UABCS y la NOAA, debemos todavía desarrollar un análisis que permita estimar abundancias congruentes entre las tres bases de datos así como uniformizar su información en aspectos como el registro de crías.

Debemos asimismo buscar y/o generar información cuantificada sobre la distribución de las perturbaciones antropogénicas en el mar y medir sus tasas de interacción y afectación de la mastofauna marina. Esto último en nuestra opinión, merece un proyecto interdisciplinario de magnitud considerable. Esperamos sin embargo, que esta investigación sirva para identificar acciones de remediación o anticipación para minimizar los efectos negativos de las actividades humanas en la mastofauna marina así como para caracterizar mejor zonas y prioridades de conservación del Pacífico mexicano.

Agradecimientos

Apreciamos el apoyo y la confianza que por varios años nos ha brindado en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, el Dr. Eduardo M. Peters Recagno así como el mucho trabajo y atenciones del Geóg. Leonel Álvarez Balderas. Agradecemos también las diligencias de diferentes personas en la UNAM que facilitaron la realización del convenio que ampara este trabajo, especialmente a la Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez Directora de la Facultad de Ciencias y al Dr. Javier García García, Secretario de Vinculación de la Facultad de Ciencias.

Agradecemos a todos los alumnos del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias por su trabajo y empeño y en especial damos las gracias a la M. en C. Verónica Araceli Arellano Peralta, al P. de B. Vicente Nemesio Vargas Navidad y al Dr. Hiram Rosales Nanduca por la información que su trabajo proporcionó para esta investigación.

Agradecemos finalmente a la Dirección General de Vinculación y Servicio Público de Información y a la Dirección de Servicios de Información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía por su amable orientación para obtener el Censo de Población y Vivienda 2010.

Referencias

- Aguirre A.A. y G.M. Tabor. 2004. Introduction: Marine vertebrates as sentinels of marine ecosystem health. *EcoHealth* 1(3): 236-238.
- Álvarez-Borrego S. 1983. Gulf of California. pp 427-429. En: Ketchum B.H. (ed). *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier. Amsterdam.
- Alles D.L. 2003. Geology of the Salton Trough. [Online]. Bellingham W.A. Western Washington University. Disponible en: <http://fire.biol.wvu.edu/trent/alles/GeologySalton.pdf>. [Acceso mayo 15, 2007].
- Anderson P.K. 2001. Marine mammals in the next one hundred years: twilight for a Pleistocene megafauna? *Journal of Mammalogy* 82: 623-629.
- Arellano Peralta V.A. 2010. Mamíferos marinos en el Golfo de California: macroecología, impacto humano y su perspectiva hacia la conservación. Tesis de Maestra en Ciencias del Mar y Limnología. Facultad de Ciencias UNAM. México, DF.
- Berta A. y J.L. Sumich. 1999. *Marine mammals evolutionary biology*. Academic Press. San Diego, CA.
- Bossart G.D. 2006. Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography* 19(2): 134-137.
- Briggs J.C. 1973. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill. New York, NY.
- Brusca R.C., L.T. Findley, P.A. Hastings, M.E. Hendrickx, J. Torre Cosío y A.M. Van der Heiden. 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California. pp 179-203. En: Cartron J.E., G. Ceballos y R.S. Felger (eds) *Biodiversity, ecosystems and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press. New York, NY.
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2010. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, Sin.

- DeMaster D.P., C.W. Fowler, S.L. Perry y M.F. Richlen. 2001. Predation and competition: the impact of fisheries on marine-mammal populations over the next one hundred years. *Journal of Mammalogy* 82: 641-651.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Jueves 2 de diciembre de 2010. México, DF.
- Enríquez-Andrade R., G. Anaya-Reyna, J.C. Barrera-Guevara, M.A. Carvajal-Moreno, M.E. Martínez-Delgado, J. Vaca-Rodríguez y C. Valdés-casillas. 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California region. *Ocean & Coastal Management* 48: 31-50.
- 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]. Jaramillo-Legorreta A., L. Rojas-Bracho, R.L. Brownell Jr., A.J. Read, R.R. Reeves, K. Ralls y B.L. Taylor. 2007. Saving the vaquita: Immediate action, not more data. *Conservation Biology* 21(6): 1653-1655.
- Medrano González L., E. Peters Recagno, M.J. Vázquez Cuevas, R. Zaragoza Álvarez, J.M. Sánchez Parra, E.V. Vega Peña, L. Miranda Ramírez, C. del Villar Flores, H. Rosales Nanduca y L. Álvarez Balderas. 2005. Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., E. Peters Recagno, M.J. Vázquez Cuevas, R.A. Zaragoza Álvarez, J.M. Sánchez Parra, L. Miranda Ramírez, C. del Villar Flores, I.C. Díaz Gamboa, E.V. Vega Peña, R.A. Juárez Salas, E.C. Salazar Bernal, S. Martínez Aguilar, L. Viloria Gómora y H. Rosales Nanduca. 2006. Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. I. Biología de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF (<http://www.ine.gob.mx>).
- Medrano González L., E. Peters Recagno, M.J. Vázquez Cuevas, R.A. Zaragoza Álvarez, J.M. Sánchez Parra, L. Miranda Ramírez, C. del Villar Flores, H. Rosales Nanduca, L. Viloria Gómora, I.C. Díaz Gamboa y E.V. Vega Peña. 2007a. Distribución de la mastofauna marina de la Boca del Golfo de California y el Archipiélago Revillagigedo y sus implicaciones para la conservación. II. Distribución y abundancia de mamíferos marinos en el Pacífico mexicano. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., E. Peters Recagno, M.J. Vázquez Cuevas, R.A. Zaragoza Álvarez, L. Miranda Ramírez y H. Rosales Nanduca. 2007b. Distribución de las ballenas jorobadas, *Megaptera novaeangliae*, en la Bahía de Banderas y sus implicaciones para la conservación. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., M.J. Vázquez Cuevas, V.E. Rivera León y E. Peters Recagno. 2008a. Distribución, abundancia y reproducción de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes: análisis orientado a un manejo sustentable. I. Distribución estacional, reproducción e interacción con embarcaciones. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., M.J. Vázquez Cuevas, V.E. Rivera León, R.A. Juárez Salas y E. Peters Recagno. 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. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., H. Rosales Nanduca, M.J. Vázquez Cuevas, J. Urbán Ramírez, L. Rojas Bracho, M.A. Salinas Zacarías, L.F. Bourillón Moreno, L. Viloria Gómora, E.M. Peters Recagno y A. Aguayo Lobo. 2008c. Diversidad, composiciones comunitarias y estructuras poblacionales de la mastofauna marina en el Pacífico mexicano y aguas circundantes. pp 469 – 492. En: Avances en el estudio de los mamíferos de México II. Lorenzo C., E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología AC. San Cristóbal de las Casas, Chis.

- Medrano González L., M.J. Vázquez Cuevas, R.A. Juárez Salas, H. Rosales Nanduca y E. Peters. Recagno. 2009a. Identidad y heterogeneidad poblacional de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes. I. Identidad y heterogeneidad demográfica. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Medrano González L., M.J. Vázquez Cuevas, M.R. Robles Saavedra, X. Rodríguez Cortés, M.T. Núñez López y E. Peters Recagno. 2009b. Identidad y heterogeneidad poblacional de la ballena jorobada en la Bahía de Banderas y aguas circundantes. II. Identidad y heterogeneidad genética. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Moore S.E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy* 89(3): 534-540.
- Reddy M.L., L.A. Dierauf y F.M.D. Gulland. 2001. Marine mammals as sentinels of ocean health. pp 3-13. En: Dierauf L.A. y F.M.D. Gulland (eds). *Marine mammal medicine*. 2a ed. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Rosales-Nanduca H., T. Gerrodette, J. Urbán-R., G. Cárdenas-Hinojosa y L. Medrano González. 2011. Macroecology of marine mammal species in the Mexican Pacific Ocean: diversity and distribution. *Marine Ecology Progress Series* 431: 281-291 (doi 10.3354/meps09120).
- Smith W.H.F. y D.T. Sandwell. 1997. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science* 277: 1956-1962.
- Spalding M.D., H.E.Fox, G.R. Allen, N. Davidson, Z.A. Ferdaña, M. Finlayson, B.S. Halpern, M.A. Jorge, A. Lombana, S.A. Lourie, K.D. Martin, E. McManus, J. Molinar, C.A. Recchia y J. Robertson. 2007. Marine ecoregions of the world. A bioregionalization of coastal and shelf areas. *Bioscience* 57(7): 573-583.
- Ulloa R., J. Torre, L. Bourillón, A. Gondor y N. Alcantar. 2006. Planeación ecorregional para la conservación marina: Golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Informe final a The Nature Conservancy. Comunidad y Biodiversidad AC. Guaymas, Son. y México, D.F.
- Urbán-Ramírez J, L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruíz, A. Jaramillo-Legorreta y L.T. Findley. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. pp 276-297. En: Cartron J.E., G. Ceballos y R.S. Felger (eds) *Biodiversity, ecosystems and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press. New York, NY.
- Vargas Navidad V.N. En elaboración. Alimentación de los mamíferos marinos del Pacífico mexicano. Seminario de titulación. Facultad de Ciencias UNAM. México, DF.
- 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].