

LA PESQUERÍA DE PELÁGICOS MENORES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA:  
EFECTOS A NIVEL ECOSISTEMA Y EN ESPECIES NO-OBJETIVO

Informe técnico para la

CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA PESQUERA

DELEGACIÓN SONORA

Elaborado por:

Pablo del Monte Luna

La Paz, BCS, julio 2008

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Existe evidencia científica suficiente como para suponer que la pesquería de pelágicos menores en el Golfo de California no afecta significativamente el hábitat ni las relaciones funcionales entre las especies que conforman el ecosistema pelágico, del cual depende. Tampoco hay información que indique interferencia alguna entre las operaciones de pesca y especies amenazadas o en peligro de extinción, específicamente la vaquita y la totoaba. Adicionalmente, bajo el sistema actual de manejo, esta pesquería no sólo ha logrado recuperarse exitosamente en dos ocasiones durante los últimos 30 años sino que también cuenta con la plataforma logística y administrativa necesaria como para asegurar la productividad de las especies objetivo, y por tanto de la propia actividad, en el largo plazo en congruencia con los estándares internacionales de pesca responsable y enfoque precautorio.

## Principio 2

Las operaciones de pesca deben permitir el mantenimiento de la estructura, productividad, función y diversidad del ecosistema (incluyendo el hábitat y las especies dependientes y ecológicamente relacionadas a éste) del que depende la pesquería.

### Misión

La misión de este principio es promover el manejo de la pesquería desde una perspectiva del ecosistema bajo un esquema diseñado para evaluar y restringir los impactos de la actividad en aquel.

### Criterios

- 1. La pesquería se lleva a cabo de forma tal que mantiene las relaciones funcionales naturales entre las especies y que no induzca cascadas tróficas o cambios de estado del ecosistema.**
2. La pesquería debe conducirse de forma tal que no amenace la diversidad biológica a nivel genético, poblacional o de especie y que evite o minimice los perjuicios y la mortalidad de especies amenazadas, protegidas o en peligro de extinción.
3. En caso de agotamiento de las poblaciones explotadas, la operación de la pesquería debe permitir la recuperación y crecimiento a niveles y horizontes de tiempo específicos consistentes con el principio precautorio y considerando la capacidad de las poblaciones de producir rendimientos potenciales a largo plazo.

### **Criterio 1**

La forma más común de establecer relaciones funcionales entre las especies que conforman un ecosistema es sobre la base de sus hábitos alimenticios. Unas especies interfieren con otras en grado diverso a través de la depredación y la competencia, otras se benefician alimentándose en distintos sistemas a lo largo de sus rutas migratorias y otras más son a su vez impelidas tras éstas. El resultado es una compleja matriz ecológica con una dinámica propia en cada ecosistema dada por las especies menos vagantes, unida a otras por especies que transitan entre ellos.

En el Golfo de California las relaciones funcionales se han abordado mediante dos enfoques complementarios. El primero es la descripción de los hábitos alimenticios de las principales poblaciones de interés ecológico (i.e. tetrápodos marinos) y económico (recursos pesqueros). El segundo es un acercamiento más integral basado en la modelación de flujos de energía/biomasa entre grupos funcionales de un ecosistema (herbívoros, piscívoros, planctófagos, etc.) que permite explorar el efecto de la pesca en niveles de organización por encima del de la población (Christensen *et al.* 2004).

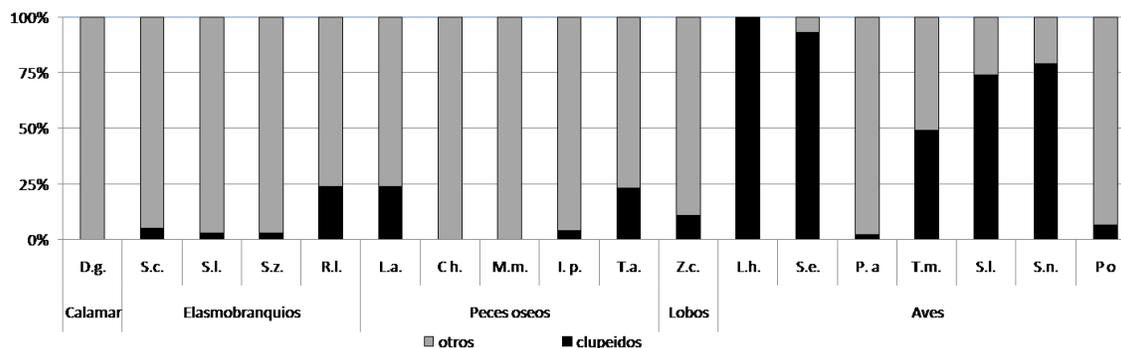
Dentro del Golfo de California, particularmente en el ecosistema pelágico, el grupo funcional de los pelágicos menores es dominante en términos de biomasa y dentro de éste se destaca la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) que representa el 55% de la captura total (Tabla 1) lo que le confiere lo mismo importancia ecológica y económica. De hecho los peces pelágicos junto con los amniotas marinos e invertebrados como el camarón, han sido intensamente estudiado en la región durante los últimos 30 años mediante los enfoques mencionados. A continuación se presenta una breve revisión de los trabajos de alimentación y modelación ecológica que involucran a los pelágicos menores del Golfo de California y su interpretación en el contexto de las relaciones funcionales en el ecosistema (Tabla 2).

**Tabla 1.** Composición específica porcentual de la captura de la pesquería de pelágicos menores en los puertos de desembarco más importantes del Golfo de California (tomado de INP 2006).

Especie	Mazatlán, Sinaloa	Yavaros y Guaymas, Sonora
<i>Opisthonema libertate</i>	30	+17.4
<i>Opisthonema bulleri</i>	30	17.4
<i>Opisthonema medirastre</i>	30	17.4
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	70	20.7
<i>Sardinops sagax caeruleus</i>	-	55.9
<i>Scomber japonicus</i>	-	3.8
<i>Engraulis mordax</i>	-	0.7
<i>Etrumeus teres</i>	-	0.8
<i>Oligoplites spp.</i>	-	0.7

Existen más de 40 publicaciones que tratan sobre los hábitos alimenticios de diversas especies, pertenecientes a grupos zoológicos diferentes, que se alimentan de los pelágicos menores (Salvadeo 2008b; ver Anexo I). En cuanto a los invertebrados, el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se considera el cefalópodo más abundante del Golfo de California (+45,000 toneladas por año desde 2000) y si bien sus movimientos migratorios en la región, y por lo tanto las fluctuaciones interanuales de su abundancia, se han relacionado a variaciones ambientales, a la interacción con otras pesquerías (INP 2006) y al desplazamiento estacional de los pelágicos menores dentro del golfo, esto aún se considera una hipótesis (Rosas-Ruíz *et al.* 2008 en prensa). Lo cierto es que en los trabajos descriptivos de la dieta del calamar, los mictófididos y la langostilla son los grupos mejor

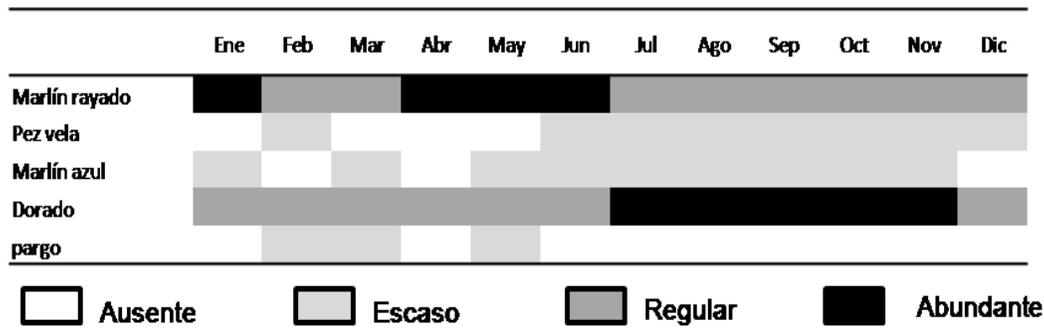
representados mientras que la sardina, aunque presente, no figura como un componente importante (Figura 1) ni ecológicamente determinante para la especie (Rosas-Ruiz *Op cit*).



**Figura 1.** Importancia relativa (en porcentaje) de los pelágicos menores (clupeidos = sardinas y anchovetas) en la dieta de grandes pelágicos en el Golfo de California. D.g. (*Dosidicus gigas*) S.c. (*Squatina californica*) S.l. (*Sphyrna lewini*) S.z. (*Sphyrna zigaena*) R.l. (*Rhizopriononodon longurio*) L.a. (*Lutjanus argentiventris*) C.h. (*Corhyfaena hippurus*) M.m. (*Makaira mazara*) I.p. (*Istiophorus platypterus*) T.a. (*Tetrazptums audúx*) Z.c. (*Zalophus californianus*) L.h. (*Larus heermanni*) S.e. (*Sterna elegans*) P.a. (*Phaethon aethereus*) T.m. (*Thalasseus maximus*) S.l. (*Sula leucogaster*) S.n. (*Sula nebouxii*).

Dentro del grupo de los peces, en la literatura se mencionan diez especies reconocidas como grandes depredadores que se alimentan de pelágicos menores, seis de las cuales incluyen a la sardina monterrey en menos de 3% de su dieta y sólo en una, el marlín rayado (*Tetrapturus audax*) representa el 24%. Las otras especies se alimentan en no más de 5% de otros representantes del grupo (*O. libertate*, *E. teres*, *Opisthonema spp.*) excepto el tiburón bironche (*Rhizopriononodon longurio*) y el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) en cuyas dietas los pelágicos menores componen hasta el 25%, pero ninguno de ellos es capturado por la pesquería (*Opisthopterus dovii* y *Harengula thrissina*, respectivamente). Así mismo se sabe que los pelágicos mayores depredadores de la sardina, que se alimentan mayormente de calamar, presentan un comportamiento estacional similar al observado en cetáceos teutófagos (Salvadeo 2008b).

En el caso del marlín rayado se ha documentado una marcada estacionalidad de la abundancia, similar a la de los cetáceos ictiófagos como el delfín común (*Delphinus spp*) con un máximo en invierno y primavera (Figura 2) que concurre con la migración hacia el sur de la sardina (Lluch-Belda *et al.* 1986, Cisneros Mata *et al.* 1997 y Hammann *et al.* 1998). Cabe señalar que los años en los que se tomaron las muestras estomacales de marlín rayado (1988-1989) fueron anómalamente fríos, coincidiendo con un aumento en la abundancia y el periodo de permanencia de la sardina en la porción austral del golfo (Lluch-Belda *et al.* 2005). En términos de relaciones funcionales esto se traduce en una mayor, pero casual, disponibilidad de alimento para los grandes pelágicos.



**Figura 2.** Estacionalidad de algunos pelágicos mayores en el Golfo de California (tomado y modificado de Ortega-García, *et al.* 2005).

Los amniotas marinos es el grupo que muestra la mayor proporción de pelágicos menores en su dieta y la disponibilidad de éstos como recurso alimenticio se relaciona a su migración estacional lo largo del golfo. En dos de las siete aves marinas que se alimentan de ellos (*Larus heermanni* y *Sterna elegans*) la anchoveta norteña (*E. mordax*) compone hasta el 70% del consumo, sin embargo dicha especie representa menos del 1% de la captura total de la pesquería en el centro del Golfo de California; el 30% restante lo constituye la sardina monterrey. Más aún, dependiendo de su abundancia relativa, parece haber una alternancia en la proporción de sardinas y anchovetas en la dieta de estas aves: cuando la sardina es abundante, la anchoveta se vuelve el componente menos importante y viceversa (Velarde *et al.* 1994) de tal suerte que las especies cuentan con disponibilidad de alimento independientemente del régimen ecológico imperante.

La dieta del bobo patas azules (*Sula nebouxii*) y el bobo café (*Sula leucogaster*) en la misma región, está compuesta en su mayoría (57%) por la sardina bocona (20% de la captura total). En uno de los dos trabajos sobre hábitos alimenticios del bobo café (Sauzo-Guillen 2004) y de hecho de los pocos estudios en aves en los que se menciona la especie, *S. Sagax* representa 41% de la dieta; los demás componentes de ésta y otras aves como el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*) el gallito marino (*Thalasseus maximus*) y el rabijunco de pico rojo (*Phaethon aethereus*) son pelágicos menores con poca o ninguna representatividad en la captura (p.ej. *Anchoa spp.*, *A. exigua*, *A. ischana*, *Lile stolifera*). Lo que esta información sugiere, por un lado, es que el bobo café posee flexibilidad alimenticia suficiente como para cambiar de presas según su disponibilidad por zonas y, por otro, que si bien la pesquería y las aves marinas inciden en especies comunes, dado su poco peso relativo tanto en la captura como en la dieta, no existe una interferencia evidente.

En lo tocante a los mamíferos marinos, se sabe que el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en general no tiene preferencia alimenticia por los pelágicos menores sino que depreda especies mesopelágicas y bentónicas. En lo particular, sin embargo, *S. sagax* constituye la mayor parte de la dieta de cuatro de las 13 colonias reproductivas de la especie dentro del golfo, localizadas en la región de las grandes islas, cuya tendencia local

de abundancia (que hasta el 2004 era a la baja; Szteren y Aurióles, 2006) está positivamente correlacionada a la de la sardina. Por esta misma razón, resulta imprescindible destacar los principales causantes de cambio en la abundancia de los pelágicos menores en el Golfo de California.

Si bien todavía se desconoce con precisión el efecto del esfuerzo de pesca (Wolf, 1992; Cisneros Mata *et al.* 1995) no hay duda de la gran influencia de la variación ambiental sobre estas especies (Lluch-Belda *et al.* 1989, 1995; Nevárez-Martínez *et al.* 2001) principalmente aquella de frecuencia interanual (i.e. El Niño/La Niña). Esto fue bien demostrado por Lluch-Cota *et al.* (1999) quienes lograron reproducir el desplome de la sardina en el golfo (1992) y posterior recuperación (1996) utilizando un índice de surgencias, la temperatura del mar y el éxito reproductivo como únicos predictores. Esto apunta a que la disminución de la abundancia de las cuatro colonias reproductoras de lobo marino antes mencionadas responde indirectamente a fluctuaciones ambientales, a través de modificaciones en la disponibilidad de su presa, más que a la dinámica de la pesquería.

Para los delfines comunes (*Delphinus delphis* y *D. capensis*.) y el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) los pelágicos menores también son un componente importante de su dieta (Salvadeo 2008a; Urban y Flores, 1996). Al igual que en los lobos marinos, se observa una estrecha relación entre la presencia de estas especies y la variabilidad interanual, mediada por la abundancia de sardinas (Salvadeo 2008b). Cetáceos como el cachalote (*Physeter macrocephalus*) y la ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*) consumen principalmente calamar y la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) se alimenta generalmente de organismos zooplanctónicos. Otra especie como la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) sin embargo, pueden alternar pelágicos menores como alimento (Gendron, 1993; Jaume, 2004). En suma, de las 30 especies de cetáceos registrados en el Golfo de California la mitad son visitantes ocasionales y sólo tres de las restantes, casualmente las más abundantes en la región, consumen, entre otros grupos, pelágicos menores. Ninguna de éstas se encuentra amenazada o en peligro de extinción.

En cuanto a la relación funcional entre los pelágicos menores y especies en peligro de extinción como la vaquita marina (*Phocoena sinus*) existen varios trabajos, especializados y de difusión, que describen sus hábitos alimenticios (p. ej. Culik 2004 y [www.vaquitamarina.org](http://www.vaquitamarina.org)) la mayoría de ellos, sin embargo, hacen referencia a no más de cuatro artículos originales (Fitch y Brownell 1968; Silber 1990; Vidal *et al.* 1995 y Pérez Cortés-Moreno *et al.* 1996). En una sola de estas publicaciones (Pérez Cortés-Moreno *Op cit*) se menciona la presencia de dos especies de pelágicos menores en la dieta del animal: la anchoa chicotera (*Anchoa ischana*) y la anchoa del golfo (*Anchoa helleri*) ninguna de las cuales ha sido registrada como captura acompañante o incidental de la pesquería. En cambio, la vaquita marina se considera un consumidor oportunista que se alimenta de pequeños peces demersales e invertebrados como el calamar.

Otra especie endémica del Golfo de California que [en estado adulto] consume pelágicos menores (Román-Rodríguez 1990) específicamente sardina, es la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) considerada en peligro crítico por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. La situación actual de su población es atribuible al efecto combinado de factores como pérdida de hábitat, captura incidental por barcos camaroneros, pesca ilegal con redes de enmalle y variaciones ambientales naturales (Cisneros-Mata *Op cit*; Lercari y Chávez 2007). En relación a esta última causa, se ha observado que ciertos patrones de variación climática en el Pacífico mexicano están positivamente correlacionados con los regímenes de temperatura del mar en el alto golfo. El efecto ecológico de tales cambios, vía trama trófica y éxito reproductivo, puede reflejarse en la abundancia de la sardina y por consiguiente en su disponibilidad para los depredadores. La importancia, pues, de cada uno de los factores que afectan la población de la totoaba se desconoce pero, a la luz de la evidencia, el peso relativo que tiene la relación funcional entre esta especie y la sardina está determinado por causas independientes a la pesquería.

Con respecto a la modelación ecológica, existen varios trabajos que abordan la dinámica de los flujos tróficos en el Golfo de California pero sólo cuatro incluyen explícitamente a los pelágicos menores, en particular a *S. sagax* (Arreguín-Sánchez y Calderón-Aguilera 2002; Arreguín-Sánchez y Martínez-Aguilar 2004; Rosas-Ruiz *et al.* 2008 en prensa y Lercari 2008). En el primero de ellos, los autores reconocen que la inclusión de los factores forzantes (variabilidad ambiental) es indispensable para mejorar el ajuste de la biomasa observada de sardina. En el segundo se hace una corrección al modelo anterior, modificando la vulnerabilidad del grupo a la depredación (lo que representa el cambio en la intensidad de consumo sobre éste) y se incorporan directamente la temperatura y el índice de surgencias como factores forzantes de la biomasa, lo cual si bien reduce los residuales del modelo, no permite captar las principales señales observadas en la serie histórica de abundancia. Esto muy posiblemente se debe a que la estructura interna del modelo incorpora los factores de forma lineal e independiente. En este sentido, Del Monte-Luna (2004) sugiere que los cambios en la biomasa de sardina a lo largo del tiempo no se deben a la dinámica de los flujos tróficos dentro del ecosistema sino al efecto no lineal de variables físicas del ambiente (Lluch-Cota *Op cit*).

El tercer trabajo examina el papel del calamar en el ecosistema pelágico del centro del Golfo de California, concluyendo que a pesar de que los pelágicos menores forman parte de su dieta, no existe una relación funcional significativa entre ambas especies. El último de estos estudios explora el efecto que tiene la pesca en varias especies del alto golfo, incluyendo a la vaquita y la totoaba. Los resultados apuntan a que existe una interferencia, directa por extracción o indirecta por flujos tróficos, entre la flota de escama y camarón con las dos especies, pero que la pesquería de pelágicos menores es irrelevante en este sentido (Lercari 2006).

**Tabla 2.** Lista especies que consumen pelágicos menores en el Golfo de California. Áreas dentro del golfo: sur (S), norte (N), Centro (C), este (E), oeste (O); IRR (índice de importancia relativa).

Especie	Área	Periodo de muestreo	%	Taxón presa	Observaciones	Fuente
<b><u>Cefalópodos</u></b>						
Calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> )	CS	1995-2000			Anchovetas y sardinas no son importantes en su dieta, no se observan cambios durante El Niño	Markaida et al., 2003 Markaida, U., 2006
<b><u>Elasmobranquios</u></b>						
Tiburón martillo ( <i>Sphyrna lewini</i> )	SE	2000-2004	0.31	<i>S. caeruleus</i>	% IRR	Torres-Rojas, 2006 Torres-Rojas et al., 2006
Juvenil de tiburón martillo ( <i>Sphyrna lewini</i> )		2001-2002	2.52	<i>S. caeruleus</i>	% IRR	Aguilar castro, 2003
Juvenil de tiburón martillo ( <i>Sphyrna lewini</i> )	S	El Niño 1997-98	5.9	<i>O. libertate</i>	% en peso	Torres-Huerta, 2004
Tiburón martillo ( <i>Sphyrna zigaena</i> )	SO	2000-2004	2.96	<i>S. caeruleus</i>	% IRR	Ochoa- Díaz, 2006
Tiburón bironche ( <i>Rhizoprionodon longurio</i> )	S	2003-2004	24.1	<i>Opisthopterus. dovii</i>	% IRR	Conde-Moreno *
Tiburón ángel ( <i>Squatina californica</i> )	S	2000-2003	0.03 4.23	<i>S. caeruleus Etrumeus teres</i>	% IRR	Escobar S. 2004 Escobar S. et al., 2006
Cazones ( <i>Mustelus sp.</i> )	N	2002	1.7	<i>Cetengraulis mysticetus</i>	% IRR	Mendez-Loesa, 2004
<b><u>Peces óseos</u></b>						
Pargo amarillo ( <i>Lutjanus argentiventris</i> )	SO	2003	23.7	<i>Harengula thrissina</i>	% IRR	Vázquez-Sánchez, 2005
Pez vela ( <i>Istiophorus platypterus</i> )	SE	2002-2003	0.01 3 0.41	<i>S. caeruleus</i> <i>Ophistonema sp.</i> <i>O. libertate</i>	% IRR	Arizmendi R. 2004 Arizmendi R. et al., 2006
Dorado ( <i>Corhyphaena hippurus</i> )	S	1990-1991	0.2	<i>S. caeruleus</i>	% IRR	Aguilar-Palomino, 1993 Aguilar-P. et al., 1998
Dorado ( <i>Corhyphaena hippurus</i> )	S	2000-2003	0.04 0.03	<i>S. caeruleus</i> <i>Ophistonema spp.</i>	% IRR	Tripp-Valdez, 2005
Marlin rayado ( <i>Tetrapturus audax</i> )	SO	1988-1989	23.17 0.24	<i>S. sagax, O. libertate</i>	% IRR	Abitia-Cárdenas, 1992
Marlin azul ( <i>Makaira mazara</i> )	SO	1988-1989	0.14	<i>S. sagax</i>	% IRR	Abitia-Cárdenas, 1992
<b><u>Mamíferos marinos</u></b>						
Lobo marino ( <i>Zalophus californianus</i> )	SO	1980-1994	0		% IMM	Aurioles et al., 2003
Lobo marino ( <i>Zalophus californianus</i> )	N	1995-1996	10	<i>S. caeruleus</i>	% IIM	García R. 1999 García & Aurioles 2004

Continuación **Tabla 2**

Especie	Área	Periodo de muestreo	%IRR	Taxón presa	Observaciones	Fuente
Lobo marino ( <i>Zalophus californianus</i> )					Fluctuación lobos y sardinas	Aurioles & Garcia, 1999
Lobo marino ( <i>Zalophus californianus</i> )		2002	-	<i>S. sagax</i>	En 2 colonias (Gdes Islas) de 13 es importante	Porras-Peter, 2004
Ballena azul ( <i>Balaenoptera musculus</i> )			-		Se alimenta de Eufáusidos (kril)	Busquets-Vass, 2008
Ballena de Bryde ( <i>Balaenoptera edeni</i> )	SO	1988-1995	-		Se alimentan de sardinas	Urbán y Flores, 1996
Ballena de Bryde ( <i>Balaenoptera edeni</i> )	SO	1988-2006	-		Relación significativa presencia de la especie y capturas	Salvadeo <i>et al.</i> , 2007
Ballena de aleta ( <i>Balaenoptera physalus</i> )		1988	-		Se observa alimentarse de pelágicos menores en superficie	Gendron, 1993
Ballena de aleta ( <i>Balaenoptera physalus</i> )	SO	1993-1995	-		No se observan sardinas en eses fecales	Del Angel R., 1997
Ballena de aleta ( <i>Balaenoptera physalus</i> )	SO	2001-2002	-	<i>S. sagax</i>	Señal isotópica de consumo durante estación cálida	Jaume, 2004
Ballena jorobada ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )			-		México área de crianza y reproducción, áreas de alimentación en el Pacífico norte	Guerrero-Ruiz, 2005
Ballena gris ( <i>Eschrichtius robustus</i> )			-		Se alimenta de crustáceos bentónicos	Guerrero-Ruiz, 2005
Delfín común ( <i>Delphinus sp.</i> )	SO	2003-2006	-		Relación con movimientos estacionales de sardinas del	Salvadeo <i>et al.</i> , 2008a
Delfín nariz de botella ( <i>Tursiops truncatus</i> )					Ecotipo oceánico teutófago (calamar) Ecotipo costero ictiófago (peces)	Días-Gamboa, 2003 Salinas, 2005 Salvadeo, 2008a Jaquet and Gendron, 2002
Vaquita ( <i>Phocoena sinus</i> )					Se alimenta principalmente de roncacho ( <i>Orthopristis reddingi</i> ) corvineta ( <i>Bairdiella icistia</i> ).	Barlow, 1986 Ficht & Brownell, 1968
Cachalote ( <i>Physeter macrocephalus</i> )					Netamente teutófago (calamar)	Jaquet and Gendron, 2002
Ballena piloto ( <i>Globicephala macrorhynchus</i> )					Netamente teutófago (calamar)	Guerrero-Ruiz, 2005 Salvadeo, 2008a
Cetáceos ictiófagos ( <i>Balaenoptera edeni</i> ; <i>Delphinus delphis</i> )	C	1983-1985			Canal de ballenas refugio durante eventos de El Niño	Tershy <i>et al.</i> , 1991
<b><u>Aves</u></b>						
Gaviota ploma ( <i>Larus heermanni</i> )	C	1983-1992	29 70	<i>S. sagax</i> , <i>E. mordax</i>	% del total -Dieta y reproducción	Velarde <i>et al</i> 1994; Velarde <i>et al</i> 2004
Golondrina marina ( <i>Sterna elegans</i> )	C	1983-1992	23 70	<i>S. sagax</i> , <i>E. mordax</i>	predictor de capturas	

Continuación **Tabla 2**

Especie	Área	Periodo de muestreo	%IRR		Taxón presa	Observaciones	Fuente
Rabijunco de pico rojo ( <i>Phaethon aethereus</i> )	SE	2004-2007	0	4.6	<i>O. libertate</i>	% del total de organismos	Guevara-Medina, 2008*
Gallito marino ( <i>Thalasseus maximus</i> )	SE	2007	29	20	<i>Anchoa sp.</i> <i>Cetengraulis mysticetus</i>	% del total de organismos	Angulo-Gastélum, 2008*
Bobo café ( <i>Sula leucogaster</i> )	C	1998-2000	2.6 14	1 57	<i>O. libertate</i> <i>Lile stolifera, Anchoa spp., C. Mysticetus</i>	Isla San Jorge % del total de organismos	Mellink <i>et al.</i> , 2001
Bobo café ( <i>Sula leucogaster</i> )	C	1998-2000	5.6 18	49	<i>Sardine clupeidae</i> <i>Anchoa spp., C. Mysticetus</i>	Isla San Idelfonso y San Pedro Martir % del total de organismos	Mellink <i>et al.</i> , 2001
Bobo patas azules ( <i>Sula nebouxii</i> )	C	1998-2000	2	64 13	<i>O. libertate</i> <i>Anchoa exigua</i> <i>C. Mysticetus</i>	Isla El Rancho % del total de organismos	Castillo-Guerrero, 2003
Bobo café ( <i>Sula leucogaster</i> )	C	2003-2004	41	34	<i>S. caeruleus</i> <i>C. Mysticetus</i>	% del total de organismos	Suazo-Guillen, 2004
Pelicano café ( <i>Pelecanus occidentalis</i> )	SO	1984-1986	1,95	2.8 15	<i>H. thrissina, O. libértate, Anchoa ischana</i>	% frecuencia por regurgitado	Jiménez-Castro, 1988
Aves ictiófagos ( <i>Sula nebouxii; S. Leucogaster</i> )	C	1983-1985				Canal de ballenas refugio durante eventos de El Niño	Tershy <i>et al.</i> , 1991

## Crterios

1. La pesquería se lleva a cabo de forma tal que mantiene las relaciones funcionales naturales entre las especies y que no induzca cascadas tróficas o cambios de estado del ecosistema.
2. **La pesquería debe conducirse de forma tal que no amenace la diversidad biológica a nivel genético, poblacional o de especie y que evite o minimice los perjuicios y la mortalidad de especies amenazadas, protegidas o en peligro de extinción.**
3. En caso de agotamiento de las poblaciones explotadas, la operación de la pesquería debe permitir la recuperación y crecimiento a niveles y horizontes de tiempo específicos consistentes con el principio precautorio y considerando la capacidad de las poblaciones de producir rendimientos potenciales a largo plazo.

### **Criterio 2**

Uno de los efectos menos deseables de cualquier pesquería es alteración del medio ambiente y la mortalidad directa o incidental de especies distintas a las objetivo. Existen algunas artes y operaciones pesqueras, como las redes de arrastre, que tienen el potencial de afectar directamente, por tracción sobre el fondo marino, el hábitat con el que entran en contacto y los organismos que ahí habitan; además, por ser muy poco selectivas, también extraen cantidad de otras especies durante las faenas de pesca. Esta mortalidad incidental puede ser muy importante cuando dichas especies poseen atributos biológicos que las hacen especialmente vulnerables o cuando sus niveles poblacionales son muy bajos.

En el caso de la pesquería de pelágicos menores, la forma en la que opera el arte es inofensiva al medio y a otras especies ya que se realiza en plena columna de agua, entre los 30 y 200 metros de profundidad por medio de redes de cerco o encierro (superficial o de media agua) dirigidas directamente a los cardúmenes que forman las especies objetivo. Por ejemplo la pesquería de sardina del Pacífico en el estado de Washington, Estados Unidos (15 mil toneladas métricas en 2002) incide en tres o cuatro especies distintas a las objetivo, cuyos números acumulados, en promedio, no rebasan los mil individuos por año y una buena proporción de éstos se descartan vivos al mar (Washington Department of Fish and Wildlife 2002). En Australia la captura incidental de las redes de cerco es prácticamente nula; incluso utilizando redes de arrastre de media agua, la fauna de acompañamiento representa menos del 1% de la captura total (Australian Fisheries Management Authority 2005).

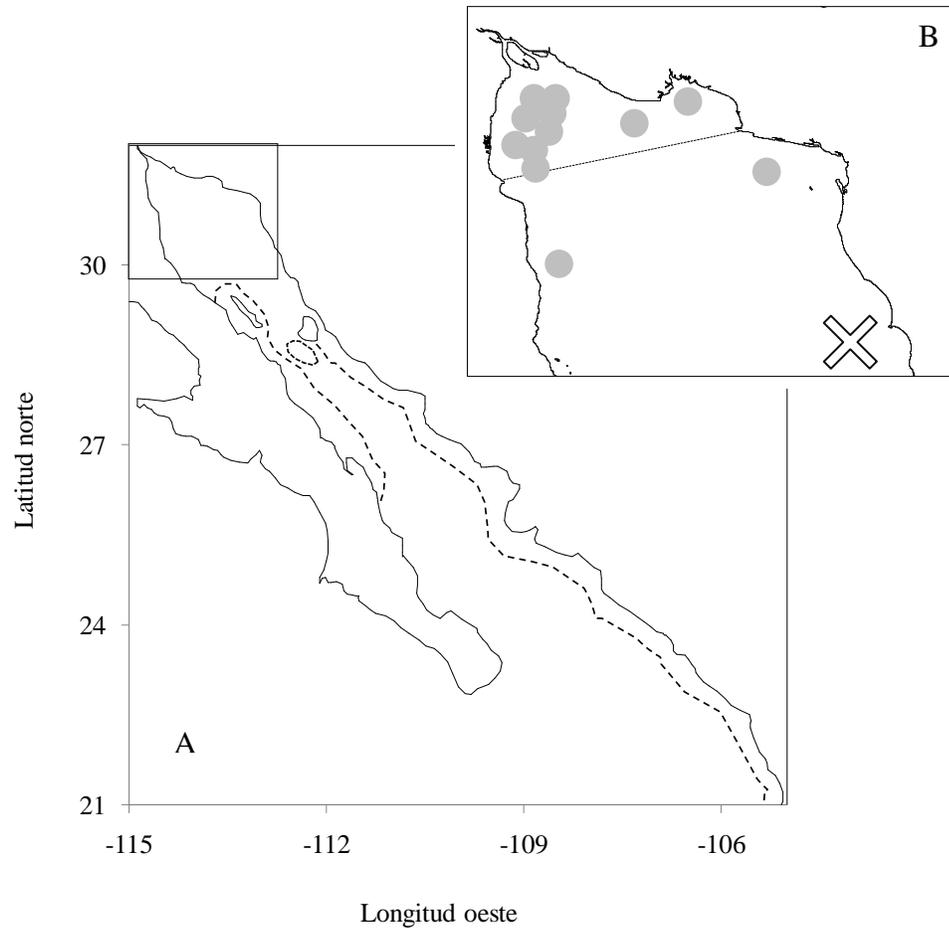
En el Golfo de California las redes de cerco con jareta operan en superficie, entre los 40 y 100 metros de profundidad y las características de éstas y de las embarcaciones de la flota están reguladas por ley (NOM-003-PESC-1993) de manera que se minimiza la extracción de juveniles. En lo que respecta a la captura incidental y la interacción con otras pesquerías,

a partir de observaciones a bordo de las embarcaciones y entrevistas con los pescadores, se sabe que hay descartes de las propias especies objetivo cuando el cardumen cercado es demasiado grande y no cabe en la bodega o cuando eventualmente se capturan sardinas pequeñas. Aparte de los pelágicos menores, la flota cerquera del golfo raramente captura calamar gigante y la piña (*Oligoplites spp.*) que constituyen menos del 1% de la captura total (INP 2006).

Otro de los posibles efectos ecológicamente adversos de una pesquería es que lleve a las poblaciones explotadas a niveles tan bajos que se afecte su potencial de recuperación (fenómeno conocido como depensación o efecto Allee) y se acelere el colapso. En especies gregarias como los pelágicos menores, dicho efecto se manifestaría en la reducción de la capacidad de agregación de los individuos, de manera que para formar cardúmenes densos tendrían que asociarse a otras especies (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez 2005) y en el caso particular de la sardina, la consecuencia de la depensación sería una baja probabilidad de fertilización de los huevos (Cisneros-Mata *et al.* 1995). Con todo, el cálculo del tamaño poblacional crítico para que comiencen a presentarse efectos negativos sobre el crecimiento de esta especie en el Golfo de California, está muy por debajo [incluso] de los niveles mínimos históricos de abundancia (1993-1994) tanto de reclutas como de adultos (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez *Op cit*) es decir, no existen indicios de que la sardina monterrey muestre o haya mostrado el efecto Allee.

En cuanto a la relación de la pesquería con especies amenazadas o en peligro de extinción, no hay evidencias de mortalidad incidental o algún otro tipo de daño. Es posible que la parte más septentrional registrada del ámbito geográfico de la población de sardina en la costa oriental del golfo (Rodríguez-Sánchez y Ponce-Díaz 1986) esté próximo (+100 km) al lugar donde se avistó un espécimen de vaquita marina, al suroeste de Puerto Peñasco; pero, en definitiva, el límite norte de la distribución de la captura comercial de pelágicos menores se encuentra muy alejado del extremo austral de la distribución de aquella (Figura 3).

Respecto a otras especies vulnerables, haciendo una simple comparación entre mapas, pareciera que el ámbito geográfico de la totoaba se sobrepone a la distribución espacial de la flota comercial de pelágicos menores. No obstante, la forma en la que operan las redes de cerco y sus características físicas suponen poca o ninguna influencia sobre el fondo marino (Fletcher and Head 2006) hábitat que ocupa la totoaba durante todo su ciclo de vida (Cisneros-Mata *et al.* 1995, 1997) de tal suerte que la especie se encuentra fuera del alcance de las redes de cerco. La mortalidad por pesca sobre la especie es ejercida por la flota camaronera como parte de la captura incidental, por redes agalleras de la flota ribereña y por la pesca ilegal con redes totoaberas (Pedrín-Ozuna *et al.* 2001). Como ya se mencionó, otros factores que han afectado la población de totoaba, independientes a la pesquería de pelágicos menores, son la pérdida de hábitat de desove por reducción del caudal del Río Colorado y oscilaciones climáticas naturales (Lercari y Chávez *Op cit*).



**Figura 3.** (A) Distribución comercial de los pelágicos menores en el Golfo de California (línea punteada). (B) Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (línea sólida); zonas de avistamiento de la vaquita marina (círculos sólidos) y límite septentrional observado de la sardina en el Golfo de California (cruz blanca). Tomado de INP (2006); mapoteca de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANMP, <http://www.conanp.gob.mx>); Culik (2004) [www.vaquitamarina.org](http://www.vaquitamarina.org) y Rodríguez-Sánchez y Ponce-Díaz (1986).

## Criterios

1. La pesquería se lleva a cabo de forma tal que mantiene las relaciones funcionales naturales entre las especies y que no induzca cascadas tróficas o cambios de estado del ecosistema.
2. La pesquería debe conducirse de forma tal que no amenace la diversidad biológica a nivel genético, poblacional o de especie y que evite o minimice los perjuicios y la mortalidad de especies amenazadas, protegidas o en peligro de extinción.
3. **En caso de agotamiento de las poblaciones explotadas, la operación de la pesquería debe permitir la recuperación y crecimiento a niveles y horizontes de tiempo específicos consistentes con el principio precautorio y considerando la capacidad de las poblaciones de producir rendimientos potenciales a largo plazo.**

### Criterio 3

Para que una población explotada revele su capacidad de recuperación debe pasar de niveles bajos a altos de abundancia, o que después de una reducción drástica en su ámbito geográfico lo ocupe nuevamente. Tales eventos son impulsados por una combinación de factores tales como las características biológicas de la especie, las condiciones de su ambiente y la ejecución de medidas adecuadas de manejo. Algo que ha caracterizado a los pelágicos menores alrededor del mundo es justamente los cambios notables en su abundancia, independientemente del tipo de régimen de pesca, en escalas de tiempo que van desde la interanual hasta la multi-decadal, en sincronía con la contracción y expansión de sus poblaciones a lo largo de las áreas donde se distribuyen (Lluch-Belda *et al.* 1989; Chavez *et al.* 2005).

Los pelágicos menores en el Golfo de California no son la excepción. Durante la historia de la pesquería en la región, la captura total de este grupo ha mostrado dos reducciones drásticas. La primera y más importante fue a principios de la década de 1990, justo después de haber alcanzado el máximo histórico (1988-1989): en un lapso de tres o cuatro años la captura pasó de 294,000 toneladas a 7,000 toneladas; una disminución del 97%. Bajo los términos actuales de manejo pesquero esto sin duda se consideraría una condición de colapso severo. Empero, a mediados de esa misma década (1995-1996) la captura había repuntado a 215,000 toneladas; si se toma en cuenta que en los pelágicos menores los desembarques son un indicador de la abundancia, entonces la población aumentó cerca de 75%. La segunda reducción ocurrió un par de años después (1998-2000) registrándose 55 mil toneladas (un descenso de 74%). Entre 2000 y 2003, los rendimientos subieron de nuevo a 203,000 toneladas, lo que representó un incremento de 94% con respecto al máximo anterior. A partir de entonces las capturas muestran una tendencia positiva. Cabe resaltar que el esfuerzo de pesca después de 1990 se ha mantenido relativamente constante (INP 2006).

A pesar de que lo anterior sugiere cierta independencia entre la oscilación de los rendimientos de la pesquería y la cantidad de esfuerzo ejercido, estos cambios han sido atribuidos a la presión de pesca y competencia con otras especies (Cisneros-Mata *et al.* 1995). En contraste Lluch-Belda *et al.* (1986, 1989 y posteriores) los relacionan a fluctuaciones del ambiente, reflejadas en el movimiento de los stocks (Rodríguez-Sánchez *et al.* 2002) y variaciones en el desove (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez 2005). Independientemente de cuál sea la causa, el gobierno mexicano en colaboración con el sector productivo y académico, han definido e implementado distintas medidas de manejo basadas en un monitoreo constante del reclutamiento y evaluaciones poblacionales periódicas, tendientes a la recuperación del stock y el aseguramiento a largo plazo del potencial biológico de las especies objetivo; además se cuenta con información suficiente para la ejecución de medidas preventivas, coherentes con los estándares internacionales del enfoque precautorio. Hasta el momento el resultado es que, bajo este esquema de administración, las poblaciones de pelágicos menores en el golfo se han recuperado exitosamente en dos ocasiones.

Después del desplome de la captura en 1990, las medidas específicas de manejo consistieron en reducir a la mitad la flota industrial (de 77 a 32 barcos) fijar tallas mínimas de captura para las especies que componen el grueso de los desembarques y disponer suspensiones de pesca por zona (Parque Marino Loreto) o totales, en los meses de agosto y septiembre, para la protección de individuos en proceso de desove. En la actualidad, el aprovechamiento de los peces pelágicos menores está regido por la norma oficial mexicana NOM-003-PESC-1993. En dicha norma se establecen restricciones al esfuerzo de pesca al norte del paralelo de los 20 grados de latitud norte, incluido el Golfo de California, y se autoriza la substitución de embarcaciones activas siempre y cuando las nuevas cuenten con mejores sistemas de refrigeración que las anteriores. Así mismo se definen las tallas de primera captura para la sardina monterrey (150mm) la sardina crinuda (160mm) y la anchoveta (100mm). Hoy día, la efectividad de estas medidas puede constatarse en la magnitud de la captura en lo que va de la temporada 2008, que rebasa las 300,000 toneladas; en el número de embarcaciones activas, que se mantiene entre 26 y 32 y en la proporción de la captura incidental de individuos por debajo de las tallas establecidas, que no sobrepasa el 30%.

Por otro lado, en virtud de la gran variabilidad que muestran estas poblaciones, la definición de puntos de referencia objetivo y límites sobre la base de cuotas fijas de captura es inadecuada. En cambio, se recomienda utilizar medidas basadas en tasas de captura (razón captura-biomasa) que no comprometan la productividad de las poblaciones (Caddy y Mahon 1995). En el caso de la sardina monterrey del Golfo de California, este cociente (equivalente a la mortalidad por pesca) no debe rebasar el valor límite de 0.26/año, y el porcentaje de individuos de menos de 150mm en la captura total no debe ser mayor que el actual. Para el resto de las especies también se han definido puntos de referencia o bien, a

partir de los datos obtenidos en los cruceros de investigación, existe información suficiente para hacerlo. En cuanto a otros puntos de referencia relevantes, se ha estimado que el tamaño mínimo viable del stock desovante para *S. sagax* es de 287 millones de individuos (mínimo histórico ~1000 millones; Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez, 2005).

Adicionalmente, cada tres meses se reúne el sector productivo y las autoridades gubernamentales correspondientes para discutir el desarrollo de la pesquería sobre la base del monitoreo continuo de los stocks y las condiciones ambientales y, de ser necesario, adaptar en consenso medidas de manejo. Ello ha resultado en un ambiente de cooperación reflejado no sólo en la aceptación común de las propuestas de manejo, sino también en el apoyo de los industriales a la investigación pesquera.

## Bibliografía

Abitia-Cárdenas, L.A. 1992. Espectro trófico energético del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) Y marlin azul *Makaira mazara* (Jordan y Snider, 1901), del area de Cabo San Lucas, B.C.S., México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.

Aguilar-Castro, N.A. 2004. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffin and Smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.

Aguilar-Palomino, B. 1993. Espectro trófico del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus 1758 (OSTEICHTHYES: CORYPHAENIDAE), capturado en la Bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, durante 1990 y 1991. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.

Aguilar-Palomino, B., F. Galvan-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, A.F. Muhlia-Melo, J. Rodríguez-Romero. 1998. Feeding aspects of the dolphinfish *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 in cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. Ciencias marinas 24(3) 253-265.

Angulo-Gastélum U. T. 2008. Biología reproductiva y efecto del tamaño de colonia del gallito marino *Thalasseus maximus* en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, México.

Arizmendi-Rodríguez, D.I. 2004. Hábitos alimenticios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el área de Mazatlán Sinaloa, México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.

Arizmendi-Rodríguez, D.I., Abitia-Cárdenas, L.A., Galván-Magaña, F. and I. Trejo-Escamilla. 2006. Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* off Mazatlán, México. Bulletin of Marine Science 79(3): 777-791.

Arreguín-Sánchez, F. and Calderón-Aguilera, L.E. 2002. Evaluating harvesting strategies for fisheries in the Central Gulf of California ecosystem. In: The Use of Ecosystem Models to Investigate Multispecies Management Strategies for Capture Fisheries. Pitcher, T. and Cochrane, K. (eds.). Fisheries Centre Research Reports 10(2): 156pp.

Arreguín-Sánchez, F. y Martínez-Aguilar, S. 2004. Manejo adaptativo de la pesquería de sardina, *Sardinops caeruleus* del Golfo de California. En: Ambiente y pesquería de pelágicos menores en el Noroeste de México. Quiñonez-Velázquez, C. y Elordut-Garay, J. (eds.). CICIMAR-IPN. México. 15pp.

Aurioles-Gamboa, D. y García-Rodríguez, F. 1999. Fluctuaciones de la población de lobo marino y la pesquería de sardina en el Golfo de California. Resúmenes de la XXIV Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos. Mazatlán Sinaloa, Abril 18-22, 1999.

Aurioles-Gamboa, D., García-Rodríguez, F., Ramírez-Rodríguez, M. and C. Hernández-Camacho. 2003. Interaction between the California sea lion and the artisanal fishery in La Paz Bay, Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas* 29(3): 357-370.

Australian Fisheries Management Authority. 2005. Small Pelagic Fishery. Bycatch Action Plan 2005. Revised Draft. Australia. 25pp.

Barlow, 1986. Factors affecting the recovery of *Phocoena sinus*, the vaquita or golf of California harbor porpoise. U.S. National Marine Fisheries Service administrative report No. 86-37.

Brito-Castillo, L., Alcántara-Razo, E., Morales-Azpeitia R. y C. A. Salinas-Zavala. 2000. Temperaturas del Golfo de California durante mayo y junio de 1996 y su relación con las capturas de calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1935). *Ciencias Marinas* 26(3): 413-440.

Busquets-Vass, G. 2008. Variabilidad de isótopos estables de nitrógeno y carbono en piel de ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 84 pp.

Caddy, J., and Mahon, R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. FAO. Rome. 83pp.

Castillo-Guerrero, J. A. 2003. Respuestas del bobo de patas azules (*Sula nebouxii*) a las características del hábitat, con énfasis en las relaciones interespecíficas, en isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2003. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, México. 98 pp.

Chavez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E., Niquen, C.M., 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217–221

Christensen, V., Walters, C.J., 2004. Ecopath with ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling* 172: 109–139.

Cisneros Mata, M. A., Nevárez Martínez, M. O. Martínez Zavala, M. A., Angiano Carrasco, M. L., Santos Molina, J. P., Godínez Cota, A. R. y G. Montemayor López. 1997. Diagnostico de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/92 a 1995/96. CRIP-Guaymas, Sonora. Diciembre de 1997. 59 pp

Cisneros-Mata, M.A., Botsford, L.W., and Quinn, J.F. 1997. Projecting viability of *Totoaba macdonaldi*, a population with unknown age-dependent variability. *Ecological Applications* 7: 968-980.

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez & M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.* 36: 136-143.

Cisneros-Mata, M.A., Montemayor-López, G., and Román-Rodríguez, M.J. 1995. Life History and Conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology* 9: 806-814.

Culik, B.M. 2004. Review of small cetaceans. Distribution, behavior, migration and threats. Marine Mammal Action Plan /Regional Seas Reports and Studies no. 177. UNEP/CMS Secretariat. Bonn, Germany. 343pp.

Del Ángel Rodríguez, J. A. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espaciotemporal de los rorcuales común (*Balaenoptera phisalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 68 pp.

Del Monte-Luna, P. 2004. Caracterización del Centro de Actividad Biológica del Golfo de Ulloa, BCS, bajo un enfoque de modelación ecológica. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. México. 85pp.

Díaz-Gamboa, R. 2003. Diferenciación entre *Tursiops truncatus* costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 62 pp.

Escobar-Sánchez, O. 2004. Hábitos alimentarios del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del golfo de california, México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 99 pp.

Escobar-Sánchez, O., Abitia-Cárdenas, L.A. and F. Galván-Magaña. 2006. Food habits of the pacific angel shark *Squatina californica* in the southern Gulf of California, México. *Cybius* 30(4): 91-97.

Fitch, J.E. and Brownell Jr., R.L. 1968. Fish Otoliths in Cetacean Stomachs and Their Importance in Interpreting Feeding Habits. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 25(12): 2561-2574.

Fletcher, W.J. and Head, F. (eds). 2006. State of the Fisheries Report 2005/06. Department of Fisheries, Western Australia. 284pp.

García-Rodríguez, F.J. 1999. Cambios espaciales y estacionales de la estructura trófica y consumo del lobo marino de california, *Zalophus californianus*, en la región de las grandes islas, Golfo de California. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 73 pp.

García-Rodríguez and D. Aurióles-Gamboa 2004 Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion *Zalophus californianus* in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull.* 102(1):47-62.

Gendron, D., 1993. Índice de avistamiento y distribución del género *Balaenoptera* en el Golfo de California, México, durante febrero, marzo y abril de 1988. *Revista de Investigación Científica (No. esp. SOMEMMA), UABCS.* 1:21-29.

Guerrero-Ruiz, M. E. 2005. Estado actual de las grandes ballenas en el Golfo de California. Tesis Maestría. UABCS. La Paz, B.C.S. México. 321 pp.

Guevara Medina, M. A. 2008. Variación interanual en los parámetros reproductivos del rabijunco de pico rojo (*Phaethon aethereus*) en las temporadas 2004 y 2007 en la isla Farallón de San Ignacio, Sinaloa. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, México.

Hammann, M.G., M.O. Nevárez-Martínez & Y. Green-Ruíz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. *CalCOFI Rep.* 39: 169-179.

Instituto Nacional de la Pesca (INP). 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable. Evaluación y Manejo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. México. 560pp.

Jaquet, N. And D. Gendron. 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in relation to key environmental features, squid landings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, Mexico. *Marine biology.* 141(3): 591-601.

Jaume Schinkelm, S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 64 pp.

Jiménez-Castro, C.M. 1988. Hábitos alimenticios, requerimientos energéticos y consumo alimenticio del pelicano café en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. UABCS. 62 pp.

Klett, A. 1996. Pesquería de calamar gigante *Dosidicus gigas*. En: Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur Vol. 1. Casas V. y Ponce D. (Eds) SEMARNAP. 127-151 pp.

Lercari, D. 2006. Manejo de los recursos del ecosistema del norte del Golfo de California: integrando explotación y conservación. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. La Paz, BCS, México. 173pp.

Lercari, D. y Chávez, 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: 136-142.

Lluch Belda, D., Lluch Cota, D. and S. Lluch Cota. 2003. Baja California's Biological Transition Zones: Refuges for the California Sardine. *Journal of Oceanography* 59: 503 - 513.

Lluch-Belda, D., B.F.J. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. *CalCOFI Rep.* 27: 136-140.

Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. and S. Lluch-Cota. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. *Fish. Oceanogr.* 14(6): 458-467

Lluch-Belda, D., M.J. Arvizu, S. Hernández-Vázquez, D. Lluch-Cota, A.C.Z. Salinas, T. Baugartener, G. Hammann, V.A. Cota, C.E. Coteró, F.W. García, O. Pedrín, S.M. Lizárraga, M.A. Martínez, R. Morales, M.O. Nevárez M., J.P. Santos M., R. Ochoa B., S.R. Rodríguez, J.R. Torres V. & F. Páez B. 1995. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca/Instituto Nacional de la Pesca/Universidad de Colima (Cenedic).

Lluch-Belda, D., R. J. M. Crawford, T. Kawasaki, A. D. MacCall, R. H. Parrish, R. A. Schwartzlose, and P. E. Smith. 1989. Worldwide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regimen problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8:195–205.

Lluch-Cota, S. E., D. B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda, M. O. Nevarez-Martínez, A. Parés-Sierra, y S. Hernández-Vázquez. 1999. Variability of sardine catch as related to enrichment, concentration and retention processes in the central Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 40: 184-190

Lluch Cota, S. 2000. Propuesta de bases para un sistema de in formación ambiental para la pesquería de sardina del Golfo de California. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México. 43 p.

Markaida U, Sosa-Nishizaki O. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 83:507–522.

Markaida, U. 2006. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997-98 El Niño event. *Fisheries research* 79:16-27.

Martínez-Zavala, M. A., Nevárez-Martínez, M.O., Anguiano-Carrasco, M. L., Santos-Molina, J. P. y A. AR. Godínez-Cota. 2005. Pesquería de peces pelágicos menores en el golfo de California, temporada de pesca 2003/04. En: Memorias del XIII Taller de Pelágicos Menores Ensenada, B.C., México. Junio 2005.

Mellink, E., Dominguez, J. y J. Luévano. 2001. Diet of eastern pacific brown boobies *Sula leucogaster brewsteri* on isla San Jorge, North-Eastern Gulf of California, and an April comparison with diets in the middle Gulf of California. *Marine Ornithology* 29: 23–28.

Mendez-Loesa, I, 2004. Hábitos alimenticios de los cazones *Mustelus californicus* y *Mustelus lunulatus* (Triakidae) en el alto golfo de California. Tesis licenciatura. UABC. Ensenada, B.C. México. 57 pp.

Morales-Bojórquez, E., Cisneros-Mata, M.A., Nevarez-Martínez, M. O. and A. Hernández-Herrera. 2001. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 54: 83-94.

Nevárez-Martínez, M. O., D. Lluch-Belda, M. A. Cisneros-Mata, J. P. Santos-Molina, M. A. Martínez-Zavala y S.E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. *Progress in Oceanography* 49(2001): 565-580.

Ochoa-Díaz, Ma. R. 2006. Hábitos alimenticios del tiburón martillo *Sphyrna zigaena* (Linnaeus, 1758) en Baja California Sur. Tesis de Licenciatura Universidad de Guadalajara, México. 99 pp.

Ortega-Garcia, S., Zuñiga-Flores, M. S. y Arias-Arechiga. 2005. Boletín Informativo 4º trimestre de 2004. CICIMAR-IPN, API Cabo San Luca.

Pedrín-Osuna, O.A., Córdoba-Murueta J.H. y Delgado-Machena, M. 2001. Crecimiento y mortalidad de la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, del alto Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 14: 131-140.

Pérez Cortés-Moreno, H., Silber, G.K. y Villa-Ramírez, B. 1996. Contribución al conocimiento de la alimentación de la vaquita, *Phocoena sinus*. *Ciencia Pesquera* 13: 66-72.

Porrás-Peters, H. 2004. Nivel, amplitud y superposición trófica de las colonias de lobo marino *Zalophus californianus* del golfo de California, México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 57 pp.

Rodríguez-Sánchez, R. y Ponce-Días, G. 1986. Resultados sobre dinámica poblacional de las principales especies de sardina en la costa Pacífica de la península de Baja California y en el Golfo de California, durante octubre de 1984 a marzo de 1986. Informe Técnico Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). La Paz, BCS, México. 330pp.

Rodríguez-Sánchez, R., D. Lluch-Belda, H. Villalobos, and S. Ortega-García. 2002. Dynamic geography of small pelagic fish populations in the California Current System on the regime time scale (1931–97). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59:1980–1988.

Román-Rodríguez, M.J., 1990. Alimentación de *Totoaba macdonaldi* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae) en la parte norte del Alto Golfo de California. *Ecológica* 1: 1–9.

Rosas-Ruíz, R., Salinas-Zavala, C.A., Koch, V., Del Monte-Luna, P., and Morales-Zarate, V. 2008. Importance of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) in the pelagic ecosystem of the central Gulf of California. *Ecological Modelling*. En prensa.

Salinas, Z. M. 2005. Ecología de los tursiones, *Tursiops truncatus*, en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 102 pp.

Salvadeo, C. J. 2008a. Análisis de la comunidad de odontocetos y la relación con su ambiente en el extremo sur-occidental del Golfo de California, México (2003-2006). Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 63 pp.

Salvadeo, C.J. 2008b. Importancia trófica de los pelágicos menores en aguas del Golfo de California. Informe técnico interno del proyecto SEMARNAT-2002-C01-0278 Vulnerabilidad y adaptación del Golfo de California ante la variabilidad y el cambio climático. 13 pp.

Salvadeo, C., Flores-Ramírez, S., Gómez-Gallardo, A. Jaume-Schinkel, S., Urban, J. and D. Lluch-Belda. 2007. The Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) in La Paz Bay, México and its relationship with climatic changes and prey availability. 1st CLIOTOP International Symposium. La Paz, México, 3-7 Dec 2007.

Silber, G. K. 1990. Distributional relations of cetaceans in the northern Gulf of California, with special reference to the vaquita, *Phocoena sinus*. Ph.D. dissertation. University of California. Santa Cruz, California. 158 pp.

Suazo-Guillen, E. 2004. Biología reproductiva y hábitos de forrajeo del bobo café, *Sula leucogaster*, en dos islas del golfo de California, 2003 – 2004. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, México. 70 pp.

Szteren, D and Auriolos-Gamboa, D. 2006. Population Status and Trends of the California Sea Lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. Sea Lions of the World. Alaska Sea Grant College Program AK-SG-06-01. 384 pp.

Tershy, B. R., Breese, D. and S. Alvarez-Borrogo. 1991. Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. Mar. Ecol. Prog. ser. 69(3)299-302.

Torres-Huerta, A.M. 2004. Distribución abundancia y hábitos alimenticios de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffin and Smith, 1834) en la costa de Sinaloa, México durante el evento de El Niño 1997-98. Tesis de Maestría Universidad del Mar, Oaxaca, México.

Torres-Rojas, 2006. Hábitos alimenticios y la razón de isótopos estables de carbono ( $\Delta^{13}C$ ) y nitrógeno ( $\Delta^{15}N$ ) del tiburón *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 108 pp

Torres-Rojas, Y., Hernández-Herrera, A. and F. Galván-Magaña. 2006. Feeding habits of the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini* in Mazatlan waters, Southern Gulf of California, Mexico. Cybium 30(4): 85-90.

Tripp-Valdez, A. 2005. Ecología Trófica del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en dos áreas del sur del Golfo de California. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México.

Urbán, R. J. and Flores R. S. 1996. A note on Bryde's Whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, Mexico. Rep. Int. Whal Commn. 46:453-457

Vázquez-Sánchez, R.I. 2005. Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 114 pp.

Velarde, E. Tordesillas, M.S. and L.V. Rocio Esquivel. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 35: 137-143.

Velarde, E., Ezcurra, E., Cisneros-Mata, M. A. and M. F. Lavín. 2004. Seabird ecology, El Niño anomalies, and prediction of sardine fisheries in the Gulf of California. Ecological Applications, 14(2): 607–615.

Vidal, R.B., Brownell Jr. R.L. and Findley, L.T. 1995. Vaquita *Phocoena sinus* Norris and McFarland. 1958. In: R.J. Harrison and S.M. Ridgway (eds.). Handbook of Marine Mammals Volume 6, Dolphins and Porpoises.

Washington Department of Fish and Wildlife. 2002. Summary Report of the 2002 Trial Purse Seine Fishery for Pacific Sardine (*Sardinops sagax*). Washington Department of Fish and Wildlife. Intergovernmental Resource Management. Montesano, Washington. 5pp.

Wolf, P. 1992. Recovery of the Pacific sardine and the California sardine fishery. CalCOFI Rep. 33: 76-86.