

## **Zonificación con base a indicadores ambientales de cuatro áreas marinas de Chile**

### Información de los investigadores principales

- Nombre: Adolfo Vargas
  - Domicilio, incluyendo ciudad: Las Cabras #1206, Iquique
  - País: Chile
  - Teléfono: +56 57(427703)
  - Fax:
  - Correo electrónico: [adolfo@promarpacifico.cl](mailto:adolfo@promarpacifico.cl)
  - Página Web:
- 
- Nombre: Raúl Ulloa (Investigador Asociado)
  - Domicilio, incluyendo ciudad: Patricio Lynch # 1433, Región de Tarapacá, Iquique.
  - País: Chile
  - Teléfono: +56 57(573236)
  - Fax: +52 (311) 211 8800 Ext. 8785
  - Correo electrónico: [rulloa1971@hotmail.com](mailto:rulloa1971@hotmail.com)
  - Página Web:

### Información de la institución responsable

- Nombre de la Institución: Promar Pacifico Ltda
- Domicilio: Patricio Lynch # 1433, Región de Tarapacá, Iquique
- Persona contacto en la Institución.
  - Nombre: Cristian Hudson Martiganani
  - Teléfono: +56 57(573236)
  - Fax: +56 57(573237)
  - Correo electrónico: [info@promarpacifico.cl](mailto:info@promarpacifico.cl)
  - Página Web: [www.promarpacifico.cl](http://www.promarpacifico.cl)

## Resumen

El manejo de los sistemas costero-marinos debido a los altos niveles de presión antropogénica que soportan, requieren de un mayor conocimiento en su estructura y funcionalidades, pero debido a la alta complejidad e interacción que estos sistemas presentan tanto biológica, ambiental y socialmente, dificulta el análisis a este nivel sistémico. La información existente en el norte de Chile, puede ser considerada amplia y de buena calidad, sin embargo, en muchos casos esta disgregada y no existe mucha conexión entre los diferentes estudios realizados tanto espacial como temporalmente. Este trabajo propone utilizar y compilar indicadores de presión ambiental costeros y marinos con los descriptores de estándares de clasificación de ecosistemas costeros y marinos, para cuatro sistemas costero-marino. El análisis espacial se realizará utilizando un sistema de información geográfica en conjunto con el programa MARXAN (Ball y Possingham, 2000).

Palabras claves: indicadores de presión, unidades ambientales

## Abstract

The managing of the systems inshore due to the high levels of pressure anthropogenic that they support, they need of a major knowledge in his structure and functionalities, but due to the high complexity and interaction that these systems present in factors biological, environmental and socially, difficult the analysis to this systemic level. The existing information in the north of Chile, can be considered to be wide and of good quality, nevertheless, in many cases this have disintegrated and many connection does not exist between the different studies realized, spatially as temporarily. This work proposes the use and compilation of coastal and marine indicators of environmental pressure with the describers of standards of classification of coastal and marine ecosystems, for four systems inshore. The spatial analysis will be realized using a system of geographical information as a whole with the program MARXAN (Ball y Possingham, 2000).

Key words: indicators of pressure, environmental units

## Introducción

La costa de Chile comprendida entre los 18° S y el extremo sur del continente Sudamericano (ca. 56° S) abarca gran parte de la región del Pacífico Sur Oriental (Lancelotti & Vásquez, 2000), corre linealmente a lo largo de aproximadamente 4.200 km y topográficamente puede ser dividida en dos regiones principales: norte y sur de la isla de Chiloé (Fariña et al., 2006).

El área norte del país, con cerca de 2.600 km de largo, presenta una costa es principalmente expuesta al oleaje con grandes profundidades y cañones submarinos cercanos a la costa. Esta topografía y el clima diferencian varios tipos de hábitat marinos a lo largo de la costa. Es así que el borde costero entre Arica y el sur de Antofagasta está formado por rocas volcánicas jurásicas y cretácicas con intrusiones sedimentarias elevadas durante el cuaternario (Fariña, et al., 2006).

Se debe destacar que la costa norte de Chile es un área en la que se presenta intensos y continuos eventos de surgencia, que estacionalmente (primavera y verano, en forma más intensa y frecuente) hacen aflorar aguas subsuperficiales del fondo cercanas a la costa, que incorporan nutrientes a las capas superficiales. Durante estos eventos la temperatura superficial del mar, decae intensamente en el área, por lo cual se desarrolla una discontinuidad espacial en el patrón de la distribución de la temperatura, con lo cual es posible delimitar el área surgente. Los cambios más notables en la zona costera y en las aguas superficiales durante los eventos de surgencia son la presencia de la aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto y con altas concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos) y cambios en el pH y en la resuspensión de material particulado (Fariña et al., 2006).

Estas costas han sido identificadas como un área surgente de alta intensidad y recurrencia, generando mecanismos de recirculación de energía y bioelementos a la cadena trófica, generando que esta zona sea de un alto potencial ecológico, por su alta productividad y biodiversidad biológica. Estas interacciones físicas, químicas y biológicas generan una alta biodiversidad, con presencia de grandes colonias de lobos marinos común y fino (*Otaria flavescens* y *Arctocephalus australis*), ser un área de tránsito permanente de cetáceos de distintos grupos, presentar una gran abundancia y diversidad de especies de aves marinas, así como también con la presencia estacional y en forma ocasional de ejemplares de tortuga verde y

prieta (*Chelonias mydas* y *Chelonia agassizi*) (Aguayo & Maturana 1973, Sielfeld et al., 1993, Sielfeld et al., 1997, Oliva et al., 2003, Buscaglia 2003, Pizarro, 2004). Sin embargo, esta diversidad biológica no sólo se circunscribe a la fauna marina, ya que existe una importante variedad de flora marina, especialmente, vinculada a la presencia de macroalgas, entre otras especies.

El reconocimiento de esta extensa área como importantes por su riqueza y abundancia biológica marina, no es reciente, tal como lo reflejan las pinturas rupestres que dejaron los antiguos pobladores de la costa del norte de Chile. Un ejemplo de ello son las innumerables pictografías de comunidades de recolectores, pescadores y cazadores de la costa de Taltal, en cuyas representaciones es posible observar el desarrollo de actividades vinculadas con tareas propias de la pesca marina, recolección de mariscos, caza de mamíferos marinos como lobos de mar, ballenas, delfines y también reptiles como tortugas marinas. Testimonio de estas actividades prehispánicas de 1000 años aproximadamente es posible encontrarlas en numerosas quebradas de la Región, como: El Médano, San Ramón y otros sectores del litoral (Contreras, R., en VID, 2005; FONDART, 2004).

No obstante, a pesar de todo lo nombrado anteriormente, el conocimiento de la biodiversidad y de las interacciones de esta con su medio en el área, es muy básico y ha estado principalmente relacionado a la explotación y aprovechamiento de recursos pesqueros de la región, investigaciones y estudios que se han basado principalmente en determinar la disponibilidad de éstos para su aprovechamiento económico para consumo humano e industrial.

Pero a pesar de estos esfuerzos con el afán de contribuir a los esfuerzos de carácter nacional y regional de mejorar el manejo de las zonas marinas y costeras, es necesario en primer lugar recopilar la información georreferenciada que represente a la diversidad y distribución de las especies, comunidades naturales, sistemas ecológicos y usos antropogénicos (Aburto-Oropeza y López-Ságastegui, 2006). Para obtener una visión sobre en donde interactúan aspectos sociales y ambientales, que contribuirá a brindar elementos técnicos y científicos para lograr conjuntar los criterios y bases para lograr integración para una zonificación y manejo costero.

### Metodología

La presente propuesta de investigación propone el uso de los Descriptores de Estándares de Clasificación de Ecosistemas Costeros y Marinos (ECECM) de la IABIN, para cuatro sistemas costeros del norte de Chile (Fig. 1), que han sido identificados como sitios de interés a la biodiversidad en anteriores iniciativas a macroescala de regionalización y priorización. En la tabla 1 se presentan los sitios seleccionados los que son descritos brevemente.

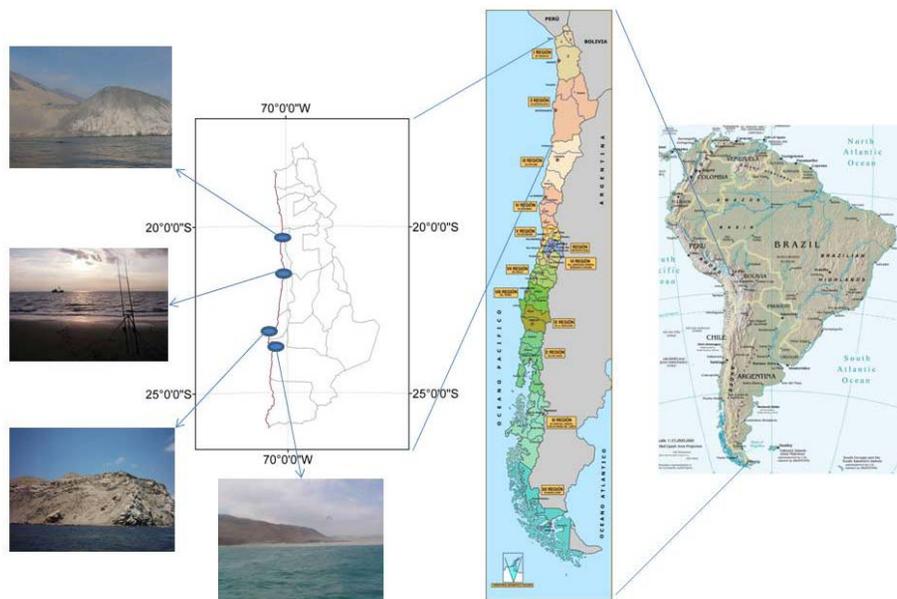


Figura 1. Área de estudio.

Tabla 1. Áreas de estudio propuestas para este estudio, región a la que pertenecen y principales atributos que las caracterizan.

Región	Sistema	Características ecológicas	Características socioeconómicas
Región de Tarapacá	Área productiva Área de manejo Caleta Chanavaya	Zona productiva, con presencia de Guanera y loberas cercanas	Pesquería artesanal y zona turística de interés asociado a Pabellón de Pica.
Región de Tarapacá	Desembocadura del Río Loa	Desembocadura Río Loa, zona de reclutamiento de diferentes especies y de avistamiento de tortugas marinas. Existen ambientes de playas de arena y zonas de bosques de <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystes intergrifolia</i>	Principalmente pesquería artesanal, zona de importancia productiva por constituir zona de reclutamiento de pesquerías pelágicas menores. Zona definida como prioritaria.
Región de Antofagasta	Area productiva Area de manejo Punta Campamento	Zona prominente de la península de mejillones, con área de avistamiento de lobos y aves marinas y zona de paso de ballenas.	Pesquería, turismo nacional.
Región de Antofagasta	Reserva Marina	Cuerpo costero semicerrado, fondo arenoso, con presencia de recurso ostión del norte. Uno de los bancos naturales mas grandes existentes en Chile de ese recurso	Reserva Marina

Se desarrollara inicialmente un diagnóstico que estará enfocado a una escala local, entendiendo esto como los procesos, eventos y fenómenos de pequeña escala en tiempo y espacio, que se presentan o pudieran presentar en los conceptos físicos, biológicos, sociales y económicos. En primera instancia se realizará una recopilación bibliográfica y de información georeferenciada disponible en todos aquellos entes vinculados directa o indirectamente al área de estudio no consideradas en las etapas previas del proyecto (tabla 2).

Tabla 2. Fuentes de información como primera aproximación del diagnóstico regional y de sitios.

<b>Organización/Institución</b>	<b>Tipo de información</b>	<b>Observación</b>
Universidades locales y nacionales	Estudios, proyectos, publicaciones, consultas	Diversos estudios de carácter social, oceanográficos y biológicos costeros
Unión de Ornitólogos de Chile	Proyectos, consultas	
Litoral Austral	Proyectos	Ejecutan el "Plan de monitoreo de aves acuáticas de Chile"
Comisión Nacional del Medio Ambiente (Región de ANTOFAGASTA)	Estudios, publicaciones, Reglamentos, información cartográfica	" <i>Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos</i> " (2006), " <i>Planificación de Areas Silvestres Protegidas</i> " (2003) y el Reglamento del Estado de Conservación elaborado por CONAMA. Utilizar la información generada del SINIA.
SAG/CONAF Región de ANTOFAGASTA	Estudios y proyectos	Resultados "Plan de monitoreo de aves acuáticas de Chile", y otros proyectos relacionados con la protección y conservación de las vicuñas y huemul del norte o taruca.
Museo Nacional de Historia Natural	Publicaciones	Consulta a las colecciones.
ONGs	Proyectos	CODEFF, TNC (The Nature Conservancy).
Ministerio de Bienes Nacionales	Estudio	Estudio realizado para el establecimiento de zonas para la conservación de la biodiversidad.
Municipalidades de la Región de Antofagasta	Estudios de Ordenamiento territorial	Estudios del uso del territorio
Publicaciones indexada nacionales e internacionales	Biológica, física y territorial	Recopilar información de especies y amenazas a la biodiversidad
Subsecretaría de Pesca y Consultoras	Estudios y proyectos	Información sobre evaluaciones de áreas de manejo de las zonas cercanas a los sitios prioritarios costeros.
Servicio Nacional de Pesca	Estudios ambientales	Información de análisis efectuados a las zonas donde existen centros de información.
Información de los ministerios OOPP y vivienda y urbanismos censos	Información territorial y demográfica y social	

Para el análisis de esta información bibliográfica se contempla la realización de dos fases:

- Recopilación de la información y elaboración de la base de datos georeferenciada, con énfasis en la recuperación de las características espaciales y temporales de la información.

- Clasificación de las especies, ambientes y amenazas a la biodiversidad, recopiladas en las bases de datos que se estarán compilando y generando, de acuerdo a los lineamientos propuestos por Ulloa *et al.*, (2006) y Koleff *et al.*, (2007) para la planeación ecoregional para la conservación marina del Golfo de California y las aguas de México, respectivamente, además de los comentarios señalados por Grovees (2000), en la Geografía de la Esperanza.

Para establecer el listado de los objetos de conservación de los sitios prioritarios y región, para las especies y ambientes, se emplearan los enfoques a escala gruesa (filtro grueso) y escala fina (filtro fino). Los objetos de conservación de filtro grueso incluyen a las comunidades y sistemas ecológicos.

### Procesamiento de información

El proceso se llevará a cabo utilizando la información recopilada a través del cruce metodológico de los indicadores de presión ambiental, que han sido elaborados a partir del marco conceptual de "Presión-Estado-Respuesta" (OECD, 1993), además de los Descriptores de Estándares de Clasificación de Ecosistemas Costeros y Marinos (ECECM) del IABIN (Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad) (IABIN, 2008).

Para lograr un óptimo de las fuentes de información, inicialmente se generaran unidades de análisis, de forma hexagonal, ya que tienen la ventaja de aproximarse a un círculo (reduciendo la relación de perímetro-área) y además ofrecen una mayor cantidad de bordes de combinación con unidades de análisis adyacentes. Esto se realiza para estandarizar las diferentes fuentes de información (i.e. Líneas, polígonos y puntos) con lo que se obtiene que toda la información pueda utilizarse en una sola unidad operacional. El área de la unidad de análisis se obtiene por el ajuste de los sistemas que serán analizado (Ball y Possingan, 2000; Ulloa *et al.*, 2006; Koleff *et al.*, 2007). Posteriormente el proceso se desarrollara las siguientes etapas:

- Compilación de bases de datos espaciales (georeferenciadas) de especies y ecosistemas.
- Compilación de bases de datos espaciales de los usos humanos de los recursos naturales (amenazas) que afectan a especies y ecosistemas.
- Identificación y selección de objetos de conservación (con enfoque a escala gruesa y fina) que representan a un rango completo de la biodiversidad y son el enfoque de la conservación.
- Identificación de factores (amenazas) y procesos antropogénicos, que afectan o pueden afectar el costo de la conservación, la viabilidad de los objetos o la conveniencia de un área específica para la conservación.
- Uso de herramientas para la zonificación con el programa MARXAN versión 1.8 (Ball y Possingham 2000), cuyo algoritmo encuentra soluciones eficientes al seleccionar un sistema compacto y coherente de sitios que resuelve la mejor viabilidad de los objetos específicos de priorización y zonificar sitios en lo que interactúan pesquerías, aspectos sociales y ambientales (Aguilar *et al.*, 2007; Koleff *et al.*, 2007; Ulloa *et al.*, 2006, 2007)

Por medio de la zonificación se generará unidades homogéneas en base a las condiciones de homogeneidad de atributos físico-bióticos, socioeconómicos, que son determinados por MARXAN y en base de este se determinan las aptitudes de manejo administrativo común, considerando que estas serán las unidades estratégicas que permitirán minimizar los conflictos ambientales y sociales, maximizando el consenso entre los sectores respecto a la utilización de las áreas de conflicto. Los datos espaciales de estos descriptores seleccionados se utilizaran para la generación de las unidades análisis y posterior elaboración de la regionalización. Se desarrollara un SIG, elaborado en ESRI™ ArcView™ 3.2, que será el producto de salida para cada sistema marino, en el que cada uno de estos estará descrito mediante una base de datos (i.g. una platilla Web). El SIG permitirá también hacer cruces entre bases de datos (i.g. Excel™, dDase™) y, además, obtener mapas y tablas compatibles con los formatos de mapserver (i.g. Alopmat™, Arclms™).

Tabla 3. Cronograma de actividades.

	Mes 1				Mes 2				Mes 2				Mes 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación de información	X	X	X	X	X	X										
Proceso de información			X	X	X	X	X	X								
Digitalización de información				X	X	X	X	X	X	X	X					
Zonificación marina									X	X	X	X	X	X		
Informes de monitoreo				X				X								
Informes de avance						X						X				

A continuación se responden las preguntas específicas que existen dentro de la convocatoria.

*¿Qué medidas serán tomadas para asegurar la calidad de los datos?*

Mucha de la información existente constituye bases de datos elaboradas bajo el régimen área de manejo, tratándose de información georreferenciada, en algunos casos de bases de datos de más 5 años y que ha sido revisada por los órganos competentes del estado, encargados de la evaluación de esta medida administrativa. Independiente de esta situación, toda la información recopilada, será analizada bajo los estándares establecidos principalmente por el departamento técnico de Subsecretaría de Pesca en relación a la estandarización geográfica de la información.

*¿Cómo se llevará a cabo el monitoreo y la evaluación?*

De acuerdo al cronograma de trabajo descrito en la presente propuesta, la generación de la metadata se realizará en forma paralela entre los sitios, generando reportes mensuales de los avances logrados y nuevos antecedentes obtenidos y georreferenciados de acuerdo a los estándares IABIN. Los reportes entregarán antecedentes objetivos referentes al avance logrado durante el período de ejecución de la presente iniciativa.

*¿Qué indicadores de cumplimiento y de impacto medirán?*

Los indicadores de cumplimiento estarán en estrecha relación con los de monitoreo y los de impacto será el nivel de profundización del trabajo y la información estandarizada que pueda ser incorporada de diversas fuentes de información a la metadata generada. Un indicador de cumplimiento que se propone es la medición del porcentaje de avances con respecto a los objetivos planteados y productos esperados (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores para el cumplimiento del proyecto a corto, mediano y largo plazo.

	Meses				Año1	Año 2
	1	2	3	4		
<b>A corto plazo (Durante el proyecto)</b>						
Número de registros en la base de datos						
Número de mapas temáticos						
Número de ambientes integrados ecoregionalización por aéreas geográficas						
<b>A mediano y largo plazo</b>						
Regionalizaciones integrados a nivel país						
Publicaciones						

El presupuesto (Tabla 5) está de acuerdo a las necesidades de recopilación, digitalización y estandarización de la información, selección de descriptores y escenarios de trabajo, ya que se cuenta con una gran parte de la información (Tabla 2) y el aporte del dinero IABIN se utilizara en el proceso de digitalización y viáticos (intercambio de información y análisis de descriptores).

Tabla 5. Presupuesto del proyecto en dólares americanos.

Rubro	Descripción	IABIN	Fondos de contrapartida (Origen)	Total
Mercancía	1 computadora portátil	\$1,200		\$1,200
	Papelería (fotocopias, impresiones)	\$700	\$1,000 (Proyecto PROMAR)	\$1,700
	Salarios Profesionales		\$3,500	\$3,500
Capacitación	Contratación de técnico	2 x 600 x 4 meses =	1x 600 x 4 meses =	
	2 técnicos	\$4,800	\$2,400	\$7,200
	Viáticos	\$1,200	\$1,300 (Proyecto PROMAR)	\$2,500
Gastos de operación	Gasolina y peajes	300 x 3 meses =	600 x 4 meses =	
		\$900	\$1,800 (Proyecto PROMAR)	\$2,700

	Vuelos	\$1,200		\$1,200
Total		\$10,000	\$10,000	\$20,000

### Literatura citada

- Aburto-Oropeza, O. y López-Ságastegui. 2006. Red de reservas marinas del Golfo de California: Compilación de los esfuerzos de conservación. Greenpeace México, 28 pp.
- Aguayo, A. & R. Maturana. 1973. Presencia del lobo marino común (*Otaria flavescens*) en el litoral chileno. *Biología Pesquera, Chile* 6: 45-75.
- Aguilar V., P. Maeda, A. Lira, T. Urquiza, M. Kolb, R. Ulloa, P. Koleff y E. Muñoz. 2007. Identificación de sitios prioritarios para la conservación de ecosistemas acuáticos epicontinentales: Cuenca del Río Pánuco (Méx.). Congr. Nac. y Reun. Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. 19 al 21 de sept. Univ. Aut. de Querétaro, Méx.
- Ball, I. y H. Possingham. 2000. MARXAN v1.8.2: Marine reserve design using spatially explicit annealing. A manual prepared for the Great Barrier Reef Marine Park Authority
- Buscaglia, M. 2003. Distribución y abundancia de delfines (Mammalia : Delphinidae) en agua del norte de Chile (18°6' - 70°27' y 25°23' - 72°53') entre los meses de febrero y diciembre, 2000. Tesis de Grado Universidad Arturo Prat 57 pp.
- Fariña, J., Ossa, P. & Castilla, J. "Ecosistemas Marinos", en Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, CONAMA 2006.
- FONDART 2004. Formación y exposición de muestra botánica de la comuna de Taltal. Museo Augusto Capdeville de Taltal.
- Groves, C. L. Valutis, D. Vosick, B. Neely, K. Wheaton, J. Touval y B. Runnels. 2000. Diseño de una geografía de la esperanza: manual para la planificación de la conservación ecorregional. Arlington (USA). The Nature Conservancy, 186 pp.
- Koleff, P., M. Tambutti, I. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira, V. Aguilar, J. Alarcón, J. Bezaury, S. Blanco, G. Ceballos, A. Challenger, J. Colín, E. Enkerlin, O. Flores, G. García, D. Hernández, M. Kolb, P. Maeda, E. Martínez, E. Moreno, N. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. Navarro, L. Ochoa, V. Sánchez, D. Ocaña, J. Soberón, J. Torres, R. Ulloa y T. Urquiza. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación en México Segundo estudio país. CONABIO, Mex.. 188 pp.
- Lancelotti, D. & Vásquez, J 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Rev. Chi. Hist. Nat.*, 73:99-129.
- OECD. 1993. Core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment, Org. for Economic Co-operation and Development.
- Oliva, D., W. Sielfeld, L.R. Durán, M. Sepúlveda, M.J. Pérez., L. Rodríguez, W. Stotz & V. Araos. Interferencia de mamíferos marinos con actividades pesqueras y acuicultura. FIP/2003-32. 216 p
- Pizarro, C. 2004. Areas marinas protegidas y su utilidad en la conservación de las aves marinas en Chile. Seminario de Título. Facultad de Ciencias, Univ. de Chile. 113 p.
- Sielfeld, W., N. Amado & A. Rebolledo. 1993. Censo de Lobos Marinos Comunes de la Primera y Segunda Región de Chile. Doc. Téc., Univ. Arturo Prat, Iquique, Chile, 26 p.
- 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, A.C., 153 pp.
- Ulloa R., A. Vargas, D. Alvarado, C. Hudson, M. Rivadeneira y P. Palacios. 2007. Propuesta para una regionalización del sistema pesquero ribereño del Golfo de California, México. 3<sup>er</sup> Inf. de avance al Fondo Mundial de la Naturaleza WWF, 148 pp.