

IMPORTANCIA DE LOS ARRECIFES ROCOSOS DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Castañeda Fernández de Lara Verónica; Loaiza-Villanueva Rene; Pérez-Valencia Sergio; Martínez-Tovar Ivan; Sánchez-Cruz Ángeles; Turk Boyer Peggy y Castillo-López Alejandro

Edificio Agustín Cortes, S/N, Fracc. Las Conchas, CP 83550, Puerto Peñasco, Sonora.

veronica@cedointercultural.org

Resumen:

Los arrecifes rocosos del Norte del Golfo de California, en el Estado de Sonora, forman un ecosistema submarino. Estudios sobre corrientes, genética de poblaciones, dispersión larval y reclutamiento de juveniles están aportando evidencia importante para entender la conectividad de estos hábitats. Estos arrecifes funcionan como sitios de dispersión de larvas y nuevos estudios están aportando evidencia importante para entender la importancia de los mismos como sitios de crianza, refugio, alimentación y reproducción de muchas especies de invertebrados bentónicos, peces entre otros. Estos arrecifes aportan importantes servicios ecológicos y económicos a la región, pues son sitios de reclutamiento de especies con estatus de protección y/o importancia para la pesca comercial (i.e. flota mayor, ribereña y pesca deportiva) (e.g. callo de escarropa *Spondylus calcifer*, caracol negro *Hexaples nigritus*, callo de hacha *Pinna rugosa*, callo de árbol *Pteria sterna*, pepino de mar *Isostichopus fuscus*, caracol de uña *Strombus galeatus* y varias especies de peces depredadores tope de arrecifes). Se presenta el análisis de índices ecológicos, distribución y densidad de los invertebrados marinos de 13 arrecifes rocosos en la costa de Sonora, evaluados mediante transectos submarinos realizados en 2007 bajo la metodología de PISCO.

Palabras clave: arrecifes rocosos, Norte del Golfo de California, Sonora, invertebrados marinos, especies de importancia comercial, especies de importancia ecológica, distribución, densidad.

Área temática

Conservación de los ecosistemas y la biodiversidad

- Identificación de áreas de crianza, refugio, reproducción y alimentación de especies prioritarias para la conservación en el Golfo de California.

Introducción

El Norte del Golfo de California es uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo, contribuye de manera muy importante a los recursos pesqueros de México (Arvizu-Martínez 1987) y es el principal proveedor de productos pesqueros en el suroeste de los Estados Unidos y el Este de Asia (Corea y Japón). Se reconoce a nivel mundial por su importancia biológica debido a su gran biodiversidad y endemismo regional, en particular de los invertebrados (Brusca 2002). La combinación de las características oceanográficas y fisiográficas (i.e. batimétricas) del Norte del Golfo, incluyendo fuertes mareas de mezcla, la diversidad en la geomorfología, los tipos de hábitat, y la extrema variación estacional de temperatura crean condiciones propias e inherentes de un ecosistema con sus propios factores ecológicos, culturales, económicos, y políticos.

Su importancia ha llevado al desarrollo de numerosos esfuerzos de conservación que han culminado en la creación de tres reservas de la biosfera marinas y el primer ordenamiento ecológico marino del país. A pesar de los diversos esfuerzos de conservación, en el Norte del Golfo existe un estado de conflicto entre la gestión de la pesca y la conservación marina, impulsado mayormente por el crecimiento de las poblaciones humanas costeras y la sobreexplotación de los recursos marinos (Cudney-Bueno 2000). Los conflictos se han acentuado en los últimos veinte años por el aumento significativo en el tamaño y las operaciones de la flota artesanal, en respuesta a las políticas nacionales de pesca. Con este aumento en el esfuerzo y la fluidez de la flota, en el Norte del Golfo también se ha visto una rápida evolución de los cambios institucionales, el desarrollo de numerosos conflictos territoriales por el acceso a los recursos pesqueros, y una baja en la producción de la mayoría de las más de 70 especies objetivo de pescadores a pequeña escala, muchas de las cuales son de especies asociadas a los arrecifes rocosos (Cudney-Bueno & Turk-Boyer 1998).

Parte del fracaso en la gestión de la pesca en pequeña escala en el Golfo de California y en todo el mundo se debe a no se han seguido los enfoques de ecosistemas en general y las influencias de nuestra falta de comprensión de la estructura y conectividad de las poblaciones de pesca marina. Ecosistemas costeros y marinos son complejos sistemas de retroalimentación entre la influencia de los procesos humanos y biofísicos. Un componente clave para el éxito de la gestión de la pesca en pequeña escala requiere una mejor comprensión de las retroacciones (Cudney-Bueno 2000).

En 2005 se realizó un proyecto para caracterizar los hábitats rocosos de la costa de Sonora, iniciando con un taller con expertos en investigación en estos sitios. Con base en esto, los

investigadores identificaron sitios de importancia para 35 especies y anotaron abundancia, desove y actividades de uso que se habían observado allí (Turk *et al.* 2007), lo que sirvió para explorar esas zonas en el siguiente proyecto. Los resultados presentes aquí son resultado del censo de invertebrados del proyecto interdisciplinario de largo plazo para la pesquería artesanal en el Norte del Golfo de California titulado *Pesca Artesanal del Norte del Golfo de California: Ambiente y Sociedad* (PANGAS, <http://pangas.arizona.edu/>), financiado por la Fundación David and Lucile Packard. PANGAS es un proyecto liderado por la Universidad de Arizona, en colaboración con dos instituciones académicas (Universidad de California, Santa Cruz y el *Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada-CICESE*) y dos organizaciones no gubernamentales (Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos (CEDO), y Comunidad y Biodiversidad (COBI) cuyo objetivo es desarrollar y probar investigación interdisciplinaria basada en el ecosistema para el manejo de pesquerías ribereñas. Estos censos submarinos representan una línea de base sobre el conocimiento del ecosistema, la distribución de la biodiversidad y especies de pesca comercial independientemente del monitoreo de la actividad pesquera. Adicionalmente, se está llevando a cabo estudios de tipo socio-ecológicos, económicos, genéticos y oceanográficos para entender e integrar los diversos aspectos de la pesca en la región y proponer planes de manejo de las especies, principalmente asociadas a arrecifes rocosos. Por otra lado, con respecto a conectividad, y aunque continúan integrándose los resultados sobre los estudios de corrientes, Marinote *et al.* (2008) señalaron que la corriente dominante durante verano, que es el periodo de mayor actividad reproductiva de las principales especies bentónicas es de Sur a Norte siguiendo la forma de la costa de Sonora, por lo que es muy probable que se recluten las larvas de poblaciones más sureñas en los arrecifes Norteños. Estudios genéticos todavía en proceso podrán arrojar mayor evidencia sobre esta conectividad (Raimondi, Univ. California Sta. Cruz, com, pers.) .

Área de estudio

El área de estudio va desde el Faro ($28^{\circ}43'12.9''N$ y $112^{\circ} 17' 4.9''W$) en la Isla Tiburón hasta el Borrascoso ($31^{\circ}29'12.70''N$ y $114^{\circ}02'22.46''W$), en el Norte del Golfo, Sonora (Fig. 1a). Estos arrecifes rocosos son abundantes en aguas poco profundas (30 metros o menos), y ofrecen sustratos duros para los organismos bentónicos en una región dominada por fondos arenosos y fangosos.

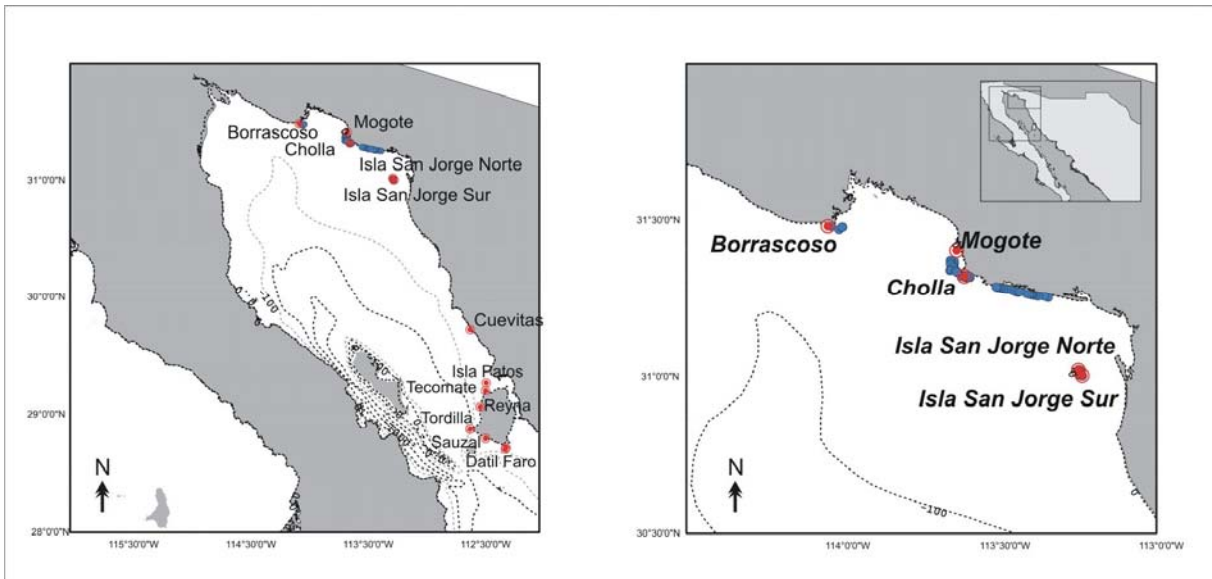


Figura 1. a) Arrecifes rocosos en el Norte del Golfo de California monitoreados. b) Corredor Isla san Jorge – el Borrascoso, Sonora.

Materiales y métodos

-Evaluación y manejo de especies de vida silvestre marinos

Para el muestreo subacuático se adoptará la metodología desarrollada por el grupo interdisciplinario para estudios de costas y océanos PISCO (Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans, www.piscoweb.org, Carr *et al.* 2000), un consorcio de investigadores involucrados en la investigación en ciencias marinas de cuatro universidades de la costa Oeste de E.U.A. Esta metodología está desarrollada principalmente para los fondos rocosos de los bosques de algas gigantes de Kelp para la evaluación y manejo de vida silvestre tanto de recursos pesqueros como de especies para conservación y sus hábitat con el enfoque ecosistema. El protocolo ha sido discutido a la luz del departamento de pesca y caza y vida marina de California quienes reunieron investigadores académicos, de otra índole federal y estatal así como investigadores marinos. El protocolo también ha sido utilizado en la zona en estudios anteriores como PANGAS, donde se identificaron los principales arrecifes rocosos y una estimación de densidad puntual *in situ*.

- Muestreo Subacuático

De información previa (Figura 1) se reconoce un corredor rocoso que va desde Isla San Jorge hasta el Borrascoso de hasta 80 ft de profundidad y a una distancia de la costa de aproximadamente 100 m. Se

analizara la información de dicho proyecto para definir los sitios más importantes para darle continuidad estacional al monitoreo de especies y uso del hábitat rocoso. La intención es monitorear la estructura y dinámica del corredor de arrecife rocoso además de caracterizar cuantitativamente los atributos del arrecife (profundidad, tipo de sustrato y relieve) lo que puede ayudar a explicar el patrón de variación entre arrecifes.

Se definirá un arrecife rocoso como aquel que tenga 500 m de largo. Dentro de esa sección de la costa, se realizarán transectos a través de una escala de profundidad desde 5 hasta 20 metros o en la sección más profunda si esta es menor a 20 m. Para asegurar que la muestra sea representativa del sitio, el muestreo se estratificará espacialmente a lo largo del arrecife. Cada sitio de estudio se dividirá en dos zonas situadas a unos 500 metros dentro del mismo complejo de arrecifes. Dentro de cada zona, el muestreo estratificado es a través de las zonas definidas, ya sea por la profundidad (someras a profundas) o proximidad a la costa (bordes del arrecife). La unidad básica de muestreo es un transecto. El diseño del muestreo se basa en modelos analíticos que permiten describir la magnitud y dirección del cambio en los arrecifes rocosos en el tiempo. Para lograr esto, el muestreo se hace al azar en transectos situados dentro de cada una de las zonas estratificadas en cada sitio. Los censos de peces y algas/invertebrados son conducidos separadamente en cada sitio debido a las limitaciones de tiempo por el procedimiento usado en el muestreo de algas e invertebrados. Tres métodos de muestreo son empleados para estimar los cuatro diferentes grupos.

- Transecto:

Estacionalmente, en cada estrato de profundidad, se tiran al menos tres transectos de 30m de largo con la ayuda de una cinta métrica graduada donde un buzo realiza el censo de los invertebrados superiores a 2.5cm de tamaño a un metro de cada lado del transecto (i.e. swaths or belt transect: transecto de franja).

Resultados

Se realizó el censo de 38 especies de macro-invertebrados bentónicos entre los que destacan especies con estatus de protección, como el pepino de mar *Isostichopus fuscus*, el callo escarlopa *Spondylus calcifer*, la madre perla *Pinctada mazatlanica*. La riqueza de especies entre sitios fue entre 12 y 28 sin embargo, estas diferencias no fueron significativas (Fig. 2). Los índices de diversidad y dominancia tampoco fueron diferentes significativamente (Fig. 3).

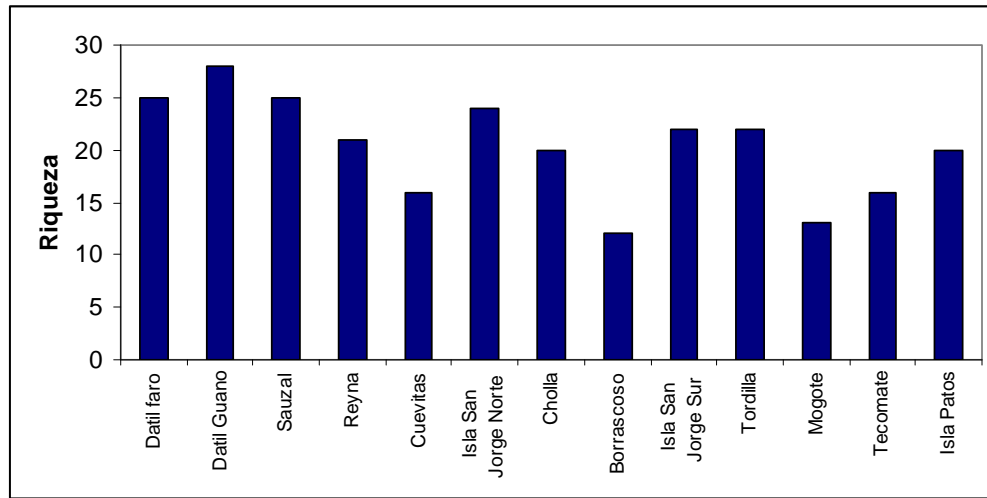


Figura 2. Riqueza de especies de macro-invertebrados bentónicos de los arrecifes rocosos del Norte del Golfo de California.

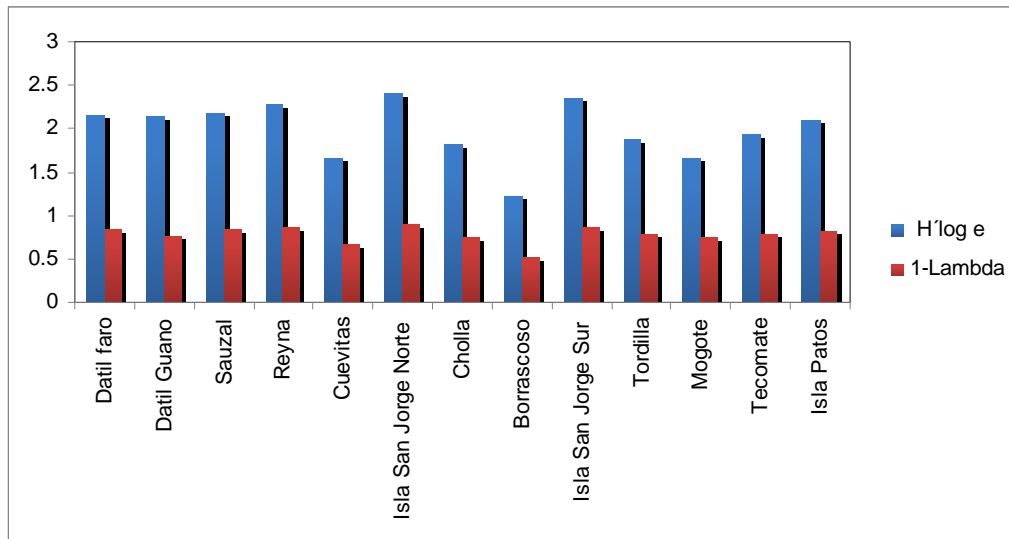


Figura 3. Índices de diversidad de Shannon-weiver y dominancia 1-Lambda de especies de macro-invertebrados bentónicos de los arrecifes rocosos del Norte del Golfo de California.

La abundancia total estimada durante verano del 2007 muestra algunas especies de mayor abundancia (Tabla 1) y de las especies de importancia ecológica y económica diferencias entre sitios (Fig 4). El análisis exploratorio de agrupamientos muestra ciertas afinidades entre sitios, por su composición de especies (Fig. 4).

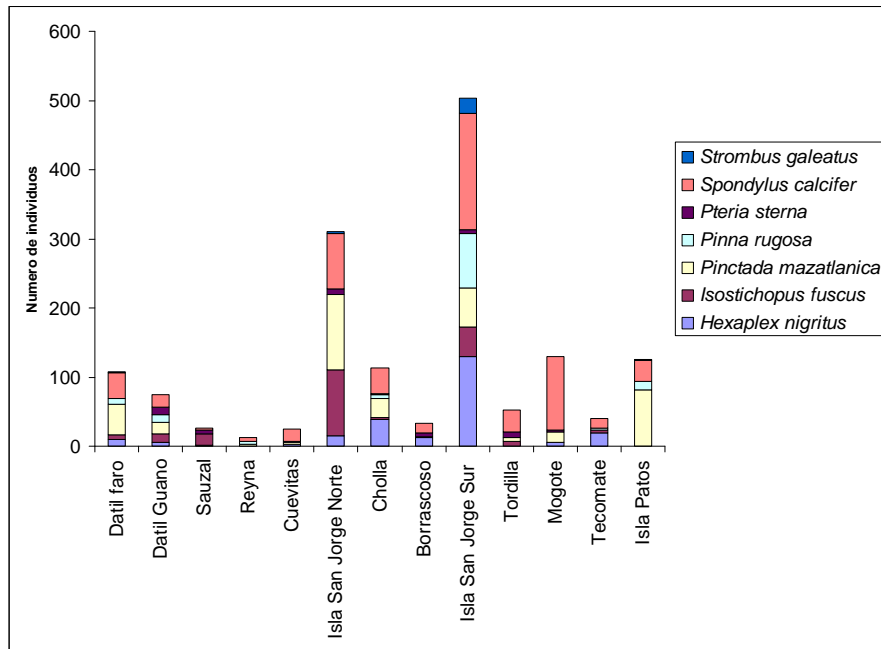


Figura 4. Abundancia de las especies ecológica y económicamente importantes entre sitios de arrecife rocoso del Norte del Golfo de California.

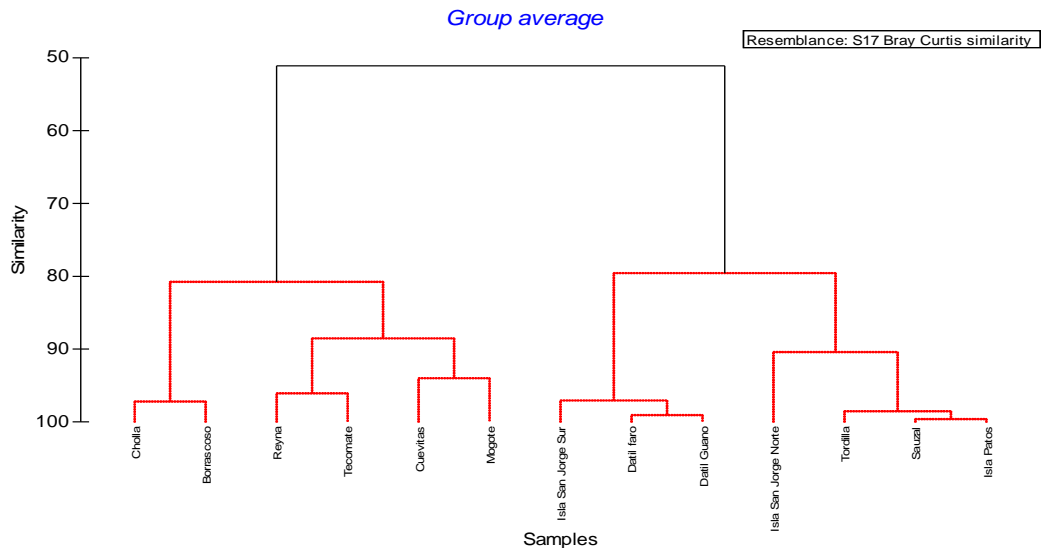


Figura 5. Análisis de agrupamiento entre sitios de arrecife rocoso del Norte del Golfo de California.

Tabla 1. Abundancia total de especies de invertebrados bentónicos del Norte del Golfo de California (en negrita las especies de importancia ecológica y comercial).

	Datil Faro	Datil Guano	Sauzal	Reyna	Cuevitas	Isla San Jorge Norte	Cholla	Borrascoso	Isla San Jorge Sur	Tordilla	Mogote	Tecomate	Isla Patos
<i>Antipathes galapagensis</i>	7	50	2	3									
<i>Arca spp.</i>					1	70	25	28					
<i>Argopecten ventricosus</i>							2	2	6				
<i>Asteropsis carnifera</i>			1	1					8				
<i>Astrodictyum spp.</i>			3				2	1		6			
<i>Atrina spp.</i>		4				1	6	1	4		3		
<i>Centrostaphanus coronatus</i>	3	13				2						10	
<i>Chama spp.</i>	168	177	103	48	12	85	76	44	139	236	63	99	145
<i>Diadema mexicana</i>	347	17	9	39	3	6	1			27		4	1
<i>Echinaster tenuispina</i>	6	9	49	25	17	80	1		93	9	1	7	27
<i>Echinometra vamburuti</i>				1		4						3	1
<i>Eucidaris thourasii</i>	95	91	177	46	3	81	1		37	16	1	30	9
<i>Heliaster kubinii</i>		1	1										
<i>Hexaplex nigrinus</i>	9	6	2		3	15	39	12	130		5	19	
<i>Hyotissa hyotis</i>	12	38	5	5		6				6	10		8
<i>Isostichopus fuscus</i>	7	12	16			95	2		42	7		5	
<i>Mithrodia bradleyi</i>			10	2				30			35		3
<i>Murex elensis</i>			30										
<i>Muricanthus princeps</i>	12	1	5	1						3			3
<i>Mytilus spp.</i>	17	1			3		210	300	450	300	8		300
<i>Nidorellia armata</i>		16	6			2			6	3			
<i>Nodypecten subnodosus</i>	6	17	2	2		2	1		2	6	2		
<i>Octopus spp</i>	2	8		7	1					1		4	1
<i>Panulirus inflatus</i>			1							1			
<i>Panulirus interruptus</i>		1											
<i>Pecten vogdesi</i>							3		3		1		



<i>Pentacaster cumingi</i>	32	45	4	1	1	3			39	9	1	58	
<i>Pharia pyramidata</i>	21	88	127	27	23	6			27	14	17	26	
<i>Phataria unifascialis</i>	179	591	255	87	156	97			28	200	123	173	
<i>Phyllonotus erythrostomus</i>	4	14		1	5	10	1	4	65	1		4	
<i>Pinctada mazatlanica</i>	45	17		3	3	109	28		57	5	16	82	
<i>Pinna rugosa</i>	8	11		4	1	1	6	2	78		2	12	
<i>Pteria sterna</i>		10	6			8	1	5	6	9	2		
<i>Spondylus calcifer</i>	37	19	2	5	18	80	37	14	168	31	107	14	30
<i>Spondylus princeps</i>	4	1				1	1		3	2			32
<i>Strombus galeatus</i>	1					2			22				2
<i>Toxopneustes roseus</i>	1		1										
<i>Tripneustes depressus</i>	4	28	99	6							3		
<i>Turbo fluctuosus</i>	320	39	27	14	35	2	14			26	8	25	

Discusión

Los arrecifes rocosos en el Norte del Golfo de California han sido identificados como una fuente importante de recursos para la pesca artesanal (Cudney-Bueno y Turk-Boyer 1998). La falta de información biológica básica, de la caracterización del hábitat y del uso de hábitat por especies de importancia comercial así como su conectividad son parte de las dificultades para el desarrollo planes de manejo específicos para las especies que dependen de este ecosistema. Así mismo, la ausencia de información sobre las interacciones ecológicas y socio-económicas que ocurren en estos ecosistemas limita el manejo por área.

La composición de los ensambles de especies asociadas a los sistemas arrecifales es el resultado de la interacción de muchos procesos que incluyen tanto factores bióticos asociados al reclutamiento, depredación, competencia, y factores abióticos como el hábitat (Ebeling & Hixon 1991). Dado el nivel de aislamiento del ecosistema en el Norte del Golfo de California, y su nivel de endemismo lo hace sumamente vulnerable. Por otro lado, la conectividad entre los diferentes sistemas arrecifales están mayormente influenciados por la dispersión larval y el patrón de corrientes, giros y procesos costeros que las transportan (Marinone *et al.* 2007). Asimismo es importante considerar el movimiento de los individuos de la misma especie entre diferentes hábitats y examinar las relaciones entre las tasas de intercambio (o conectividad) para comprender la dinámica de poblaciones. Lo que implica que el monitoreo debe realizarse con mayor frecuencia para conocer las variaciones en abundancia.

El análisis nos muestra que los arrecifes rocosos son sitios con abundancia de invertebrados de importancia comercial y ecológica durante el verano 2007. Esta información resulta de gran valor para el desarrollo de estrategias para la recuperación de las especies NOM-059 y el manejo de especies con alto valor socio-económico. Análisis similares al que presentamos ahora serán realizados para peces en los mismos arrecifes, esto nos permitirá determinar la importancia relativa de los arrecifes rocosos de la costa de Sonora.

Conclusiones

Dada la importancia de los arrecifes rocosos del Norte del Golfo de California, se requiere un sistema de protección o manejo de los mismos que asegure la protección a su biodiversidad y mantenga sitios reproductivos que puedan aportar larvas a los sistemas adyacentes.

Los resultados de este estudio, integrados con información genética, socio-económica y oceanográfica, nos darán una amplia perspectiva de la conectividad en la región y nos permitirán desarrollar propuestas de manejo basado en ecosistema para los arrecifes de mayor valor para especies de importancia comercial y ecológica. La integración de la información científica con la legislación vigente, en particular con la nueva ley de pesca, la ley general de vida silvestre y la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, permitirán a las autoridades realizar acciones de manejo basadas en la mejor ciencia disponible, tanto a nivel de especie (a través de planes de manejo) como a nivel de ecosistema (a través de refugios pesqueros, concesiones, áreas marinas protegidas, etc.), procurando la recuperación de las especies protegidas y el aumento en la abundancia y las capturas de las especies comerciales.

Agradecimientos:

Esta investigación forma parte del proyecto interdisciplinario PANGAS. La financiación fue proporcionada por el David y Lucile Packard Foundation (subvención # 2004-27789), agradecemos profundamente a todos aquellos que participaron en el monitoreo submarino del 2007: Amanda Jenssen, Arturo Hernández, José Salazar, Leopoldo Encinas, Max Overstorm, Miguel Durazo, Ricardo Díaz

Referencias

- Arvizu-Martínez, J. (1987). Fisheries activities in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 28:32-36.
- Brusca, R. C. 2002. Biodiversity in the northern Gulf of California. *CEDO News: A Journal of the Northern Gulf of California, its Islands, and Surrounding Sonoran Desert.* 10(1): 1-45
- Carr, M. C. Syms and J. Caselle (2000) MLMA Nearshore Reef Monitoring Network (NRMN) Proposal. http://www.piscoweb.org/files/crane_protocol.pdf
- Cudney-Bueno, R. (2000). Management and conservation of benthic resources harvested by small-scale hookah divers in the Northern Gulf of California, Mexico: The black murex snail fishery. Masters Thesis. The University of Arizona, Tucson, AZ
- Cudney-Bueno, R. (2007). Marine reserves, community-based management, and small scale benthic fisheries in the Gulf of California, Mexico. Dissertation Thesis. The University of Arizona, Tucson, AZ
- Cudney-Bueno, R. and P. Turk-Boyer. (1998). Pescando Entre Mareas del Alto Golfo de California: Una Guía Sobre la Pesca Artesanal, Su Gente, y Sus Propuestas de Manejo. Serie Técnica # 1. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, Puerto Peñasco, Sonora.

Ebeling, A.W. & M.A. Hixon (1991). Tropical and temperate reef fishes: a comparison of community structures. 509 - 563. In: P.F. Sale (ed.) The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego

Marinone S.G., M. J. Ulloa, A. Parés-Sierra, M. F. Lavín, and R. Cudney-Bueno (2008). Connectivity in the Northern Gulf of California from particle tracking in a three-dimensional numerical model. *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 149–158

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J.C. Barrera, & P.K. Dayton (2002). A General Model for Designing Networks of Marine Reserves. *Science*: Vol. 298. no. 5600, pp. 1991 – 1993

Turk-Boyer, P.J., Perez-Valencia S.P., Loaiza-Villanueva R., Morzaria-Luna H.N., Iris-Maldonado A. 2007. Sustainable Fisheries in the Upper Gulf of California: Characterization of Fisheries, Essential Fish Habitat, and Community Management Interests. Reporte Interno para Sandler Family Supporting Foundation. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, A.C. Puerto Peñasco, Sonora, México. 14 pp.