

Empleo de un modelo cualitativo de indicadores ambientales para el análisis de políticas pesqueras en Áreas Marinas Protegidas. Caso de estudio Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

(1) *Alejandro Espinoza-Tenorio* (*espinoza@uabc.mx*), (1) *Ileana Espejel-Carbajal* (*ileana@uabc.mx*) y (2) *Gabriela Montaña-Moctezuma* (*gmontano@uabc.mx*)

(1) *Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California*, (2) *Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Km 110 Carr. Tijuana-Ensenada. Ensenada.B.C. México.*

Introducción

El Golfo de California es un ejemplo en donde el aprovechamiento de una riqueza pesquera modifica a uno de los ecosistemas marinos más biodiversos del planeta (Sala *et al.*, 2002). El deterioro de la biodiversidad –entre las que destacan especies endémicas en peligro de extinción- ha sido asociado a actividades humanas de gran impacto como el represamiento del Río Colorado y la intensa actividad pesquera (Brusca, 2004). Actualmente, el norte del Golfo (NGC) aporta al país casi 15 % del valor económico de las pesquerías (camarón, la corvina y el tiburón) de dos flotas: la artesanal (embarcaciones pequeñas de fibra de vidrio) y la industrial (barcos de arrastre) (Cudney y Turk, 1998).

En el NGC, el manejo de recursos naturales, se ha diseñado desde un enfoque poco integrado (Danemann, 1999). Para intentar aminorar el impacto por la pesca, han sido impulsadas una serie de medidas normativas (vedas, talla mínima, control de permisionarios, etc.) y una Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (AGC y DRC) cuya efectividad, por múltiples razones, ha sido insuficiente (Cisneros-Mata, 2004). La falta de bases de datos adecuados es un problema común en el mundo (Gladstone, 2002) y en la zona, aunque se cuenta con datos pesqueros oficiales, su calidad es cuestionable (inconsistencia, subestimación, etc.) (Ramos-Montiel *et al.*, 1999).

Sabiendo estas limitantes, en este trabajo se generaron modelos teóricos desde un acercamiento macroecológico que analizan escenarios de manejo pesquero con métodos cualitativos como *loop analysis* (Puccia y Levins, 1985) y se seleccionaron indicadores ambientales dentro del marco teórico Presión-Estado-Respuesta (PER) (OECD, 1993). Este ensamble metodológico facilitó hacer predicciones y generar hipótesis bajo tres premisas: a) incluir aspectos ecológicos y socioeconómicos en el análisis de la problemática pesquera, b) ampliar el espectro de datos disponible para la planeación del desarrollo pesquero, en tanto se genera información cuantitativa y c) analizar al sistema pesquero como un conjunto de especies que interactúan en la búsqueda de alimento y de espacio, para promover estrategias de manejo desde un punto de vista ecosistémico.

La versatilidad de este ejercicio en el análisis de sistemas complejos (Loiselle *et al.*, 2000) también permitió la construcción de modelos alternativos con base en las variaciones paisajísticas de espacio y tiempo. Aquí se analizan las respuestas de estos modelos alternativos ante el éxito de una estrategia de manejo propuesta para la zona; la recuperación de las especies protegidas.

Metodología

Con el análisis cualitativo (*loop analysis*, en inglés) se evaluó la respuesta sistémica de las pesquerías del NGC ante un escenario de manejo. Esta metodología permite representar al sistema a partir del conocimiento existente e información obtenida directamente de observaciones de campo, sin necesidad de generar mediciones cuantitativas (Puccia y Levins, 1985) y evaluar el comportamiento del sistema ante un impacto o disturbio. Se usó PowerPlay

Digraph Editor versión 2.0 (Westfahl *et al.*, 2002) y Maple versión 5.00 (Waterloo Maple inc., 1998).

El análisis cualitativo utiliza variables y sus interacciones para representar un sistema. Las interacciones o relaciones, se expresan de acuerdo al tipo de efecto entre variables: positivo (+) o negativo (-) y gráficamente se representan mediante cabezas de flecha o cabezas de círculos, respectivamente. Biológicamente, un efecto positivo sobre una variable significa un beneficios o mejores condiciones (ej. incremento en abundancias, mayor disponibilidad de recursos pesqueros, etc.); lo contrario sucede con una relación negativa, que representa un efecto negativo para la variable. Los efectos de autorregulación, positivos (flechas) o negativos (círculos), se indican como ligas que inician y terminan en la misma variable y representan a todos aquellos procesos o fenómenos (internos o externos) que no son incluidos específicamente en el sistema construido, pero regulan a la variables (ej. densodependencia). Una vez identificados los componentes y las relaciones que los unen dentro de los diagramas de signos la respuesta de cada variable ante un disturbio positivo o negativo se resume en una matriz de predicción. Las predicciones tienen asociado un valor estadístico que permite conocer la probabilidad de que la predicción ocurra (predicción pesada > 0.4) ó no ocurra (p.p. < 0.4) En éste estudio se utilizó como disturbio positivo.

El desarrollo del modelo se dividió en tres partes: i) selección de indicadores pesqueros, ii) identificación de relaciones principales entre indicadores y iii) construcción de los modelos. Para la selección de indicadores pesqueros se utilizó el concepto de indicador ambiental dentro del marco PER. De acuerdo al sector productivo, se seleccionaron dos tipos de indicadores pesqueros; aquellos que aportan información sobre el *estado* de la comunidad biológica sujeta a pesca, y los que se refieren a las distintas formas en que ejerce *presión* dicha actividad sobre los recursos. Los indicadores de estado se formaron con especies que de alguna forma se relacionan directamente con la pesca y que están referidas en datos oficiales de las pesquerías comerciales (oficinas de pesca) y literatura local especializada. Los indicadores de presión son las artes de pesca y fueron integrados a partir de la información publicada y se agruparon según criterios de selectividad y predominio en la zona.

Para identificar las relaciones más importantes se utilizó como criterio principal el hábito alimenticio de la(s) especie(s) más abundante(s). Se utilizaron dos tipos de relaciones para representar dichas relaciones: entre indicadores y autorregulaciones. En las primeras, se encuentran combinaciones: a) Estado-Estado y b) Estado-Presión. Las relaciones entre indicadores de estado, se refieren a las rutas presa-depredador mediante las que se interconectan las especies en la comunidad biológico-pesquera. En cambio, las relaciones entre indicadores de estado y de presión (recursos pesqueros-artes de pesca) pueden ser positivas por el beneficio que se recibe de la extracción de recursos (pesca) ó negativa (—●) por el retiro de individuos de la(s) especie(s) pescada(s).

En el caso de las autorregulaciones, para los indicadores de estado se utilizaron como criterios tanto relaciones alimenticias (hábitos autotróficos y depredación entre especies del mismo indicador) como procesos de densodependencia. Para los indicadores de presión se consideraron aspectos normativos, técnicos y socioeconómicos (competencia, mercado y apoyos gubernamentales).

La construcción de los modelos del sistema pesquero se utilizaron ambos indicadores (presión y estado) y variaciones espaciales y temporales. Se representó a la comunidad biológica con la variable pesquera dentro del sistema (Ortiz, 2002).

Se regionalizó el NGC para analizar la dinámica pesquera espacial desde la ecología del paisaje. Para delimitar los fragmentos en que está dividida la Reserva de la Biosfera AGCyDR, se sobrepusieron las zona de pesca artesanal e industrial a la zonificación propia de la reserva. Para subdividir la zona por su importancia para la conservación, se identificaron aquellos fragmentos pesqueros donde hay especies protegidas (INE, 2004).

Debido a los cambios estacionales que caracterizan al NGC, en una misma unidad de pesca pueden alternarse temporalmente las artes de pesca y, por ende, variar las relaciones

con los recursos (indicadores de estado). Dichas variaciones se identificaron mediante la sobreposición de las principales temporadas pesqueras.

Se evaluaron las predicciones de los modelos ante diversos escenarios de manejo. Se utilizaron tablas de predicción resumidas, con las respuestas significativas mayoritarias -con un coeficiente de proporción- y sus predicciones similares, pero que no fueron significativas. Se elaboraron mapas, con un Sistema de Información Geográfica en ArcView 3.2a (ESRI, 2000).

Se utilizó la literatura publicada y técnicas cualitativas de investigación para identificar algunos de los escenarios pesqueros en el NGC como son investigación participante y entrevistas semiestructuradas (Taylor y Bogdan, 1990).

Resultados y Discusión

Se generaron diez indicadores que, analizados dentro del marco teórico PER, permitieron representar cualitativamente la dinámica de aprovechamiento pesquero en el NGC (Fig. 1). El acople metodológico de utilizar como variables de un modelo indicadores ambientales, específicamente pesqueros, es un aspecto novedoso que permite proveer información útil y directa para la generación y evaluación de estrategias de manejo. Esto resulta especialmente útil en una zona en donde, a pesar de la información generada en las últimas décadas, el conocimiento sobre su biología es aun insuficiente (Brusca, 2004).

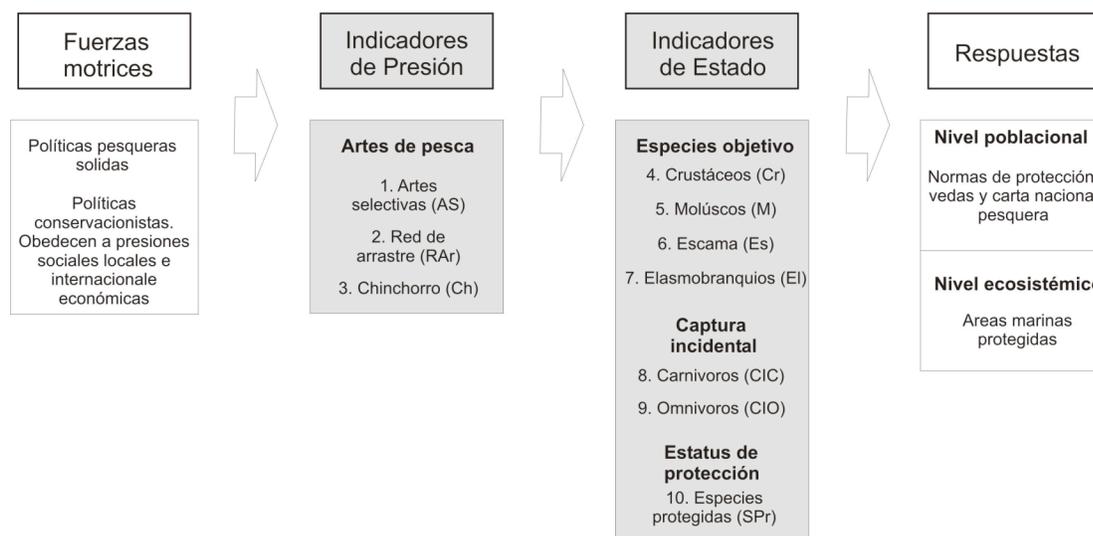


Figura 1. Indicadores pesqueros seleccionados y agrupados de acuerdo al marco PER.

Los indicadores pesqueros generados en este trabajo cumplen con los tres criterios generales (OCDE, 1993): validez analítica, facilidad de medición y relevancia política para que una variable funcione como indicador ambiental. Su aplicación aporta información sobre el sistema pesquero en el NGC, reflejan con sencillez procesos complejos como son las tramas tróficas y explican, indirectamente, situaciones útiles para la toma de decisiones en materia de asignación de intensidades de uso.

1. Indicadores de Estado (Recursos biológicos)

Los criterios empleados (valor pesquero, aspectos taxonómicos y hábitos alimenticios) permitieron distribuir a los indicadores de estado en tres grupos (Cuadro 1): especies objetivo, captura incidental y especies protegidas.

Cuadro 1. Información biológica y pesquera de los recursos que integran a los indicadores de estado. (Fuentes de información: Cudney y Turk, 1998; INE, 2004).

Indicador	Especies	Hábitos alimenticios Especies objetivo	Artes de pesca
Crustáceos	5	Filtradores / Carnívoros	Chinchorro , red de arrastre y trampas
Moluscos	11	Filtradores y carnívoros (crustáceos, moluscos y peces)	Recolección manual y arrastre Gancho
Escama	5	Carnívoros (peces, moluscos y crustáceos)	Chinchorro y línea Cimbra
Elasmobranquios	3	Carnívoros (crustáceos, moluscos y peces)	Red de arrastre Chinchorro
Captura incidental			
Omnívora	10	Omnívoros (peces, poliquetos, algas, detritus) y herbívoras (detritus, algas y microalgas)	Chinchorro, arrastre y atarraya
Carnívora	39	peces, crustáceos y moluscos	Arrastre/chinchorro /recolección manual y recolección manual
Especies protegidas			
Especies protegidas	5	Carnívoros (peces, moluscos y crustáceos)	Chinchorro / Arrastre

2. Indicadores de Presión (Artes de pesca)

Se seleccionaron tres indicadores de presión: *artes selectivas*, *chinchorro* y *red de arrastre* (Cuadro 2). En los dos primeros se incluyeron las artes pesqueras que utiliza la flota artesanal, mientras que, la red de arrastre, incluye sólo un arte representativa de toda la flota industrial. Aunque es común la selección de los instrumentos pesqueros como indicadores en el manejo de recursos (Sala *et al.*, 2002), no se encontraron trabajos de análisis cualitativo que los incluyeran como variables. Existen algunos trabajos que consideran la pesca en general como una variable, pero no distinguen entre las diferentes relaciones pescador-recurso (Ortiz y Wolf, 2002).

Cuadro 2. Artes de pesca incluidas dentro del grupo de artes selectivas (AS) y los recursos para los que son empleadas. (Fuentes de información: Nava, 1994; Cudney y Turk, 1998).

Indicador	Arte de pesca	Recurso
Artes selectivas	Cimbra	Baqueta, extranjero
	Recolección manual (buceo)	Pulpo, almejas y caracol chino
	Trampas, aros y figgas	Jaiba
	Anzuelo	Jurel, cherna, corvina, lenguado y cazón
Chinchorro		Camaronero, Sierrero, Tiburonero, Curvinero y Mantero
Red de arrastre		Camaron y escama

Dentro del indicador de artes selectivas (AS) se incluyeron aquellas artes de pesca con una selectividad relativamente alta y cuyo uso fuera menor, con respecto al chinchorro y red de arrastre. Las artes dentro de este indicador y las pesquerías también incluyen instrumentos

empleados por la pesca deportiva, turística o recreativa. El chinchorro (Ch) es la red agallera más utilizada por la pesca artesanal y su diseño y modo de empleo varía considerablemente entre comunidades dependiendo de la especie objetivo, sitio de captura y temporada de pesca.

La flota tecnificada constituye una parte importante de la pesquería de camarón y generalmente sus barcos cuentan con tres redes de arrastre que operan simultáneamente: dos principales de captura (boca entre 90 y 115 pies de anchura y luz de malla de 2.5 pulgadas en la bolsa) arrastradas una a cada lado del barco y el "chango", que se utiliza para estimar la cantidad de camarón y captura incidental que se acumula en la redes principales. La red de arrastre es multiespecífica y, excepto por la inclusión obligatoria de un excluidor de tortugas, se caracteriza por ser poco selectiva e incluir como captura incidental (aprox. 1 kg de camarón por 10 kg de CI) a equinodermos, crustáceos, moluscos, esponjas, peces y ocasionalmente mamíferos marinos (Nava, 1994).

3. Relaciones entre indicadores pesqueros

Se priorizó entre aquellas relaciones tróficas y pesqueras con mayor probabilidad de suceder en la comunidad marina del NGC (Cuadro 3). Esta elección de rutas ecológicas más viables, necesariamente dejó afuera a otras también conocidas, pero como sostiene Bodini (1998), aunque este criterio es ecológicamente cuestionable, es necesario para el análisis cualitativo.

Cuadro 3. Relaciones tróficas sobresalientes entre los indicadores de recursos pesqueros. (Fuentes de información: Morales-Zárate, 2001; Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

Presa\Depredador	CIO	Cr	M	CIC	Es	EI	SPr
Indicadores Estado-Estado							
CIO				X		X*	
Cr		X		X	X*		
M			X			X	X
CIC				X	X	X	X
Es						X*	X
EI						X	
SPr							X
Indicadores Estado-Presión							
AS			X		X		
Ch		X		X	X	X	X
RAr		X		X	X	X	X

Cr. Crustáceos; M. Moluscos; Es. Escama; EI. Elasmobranquios; CIO. Captura incidental omnívoros; CIC. Captura incidental carnívoros; SPr. Especies protegidas; AS= Artes Selectivas; Ch= Chinchorro; RAr= Red de Arrastre; * Relación menos frecuente.

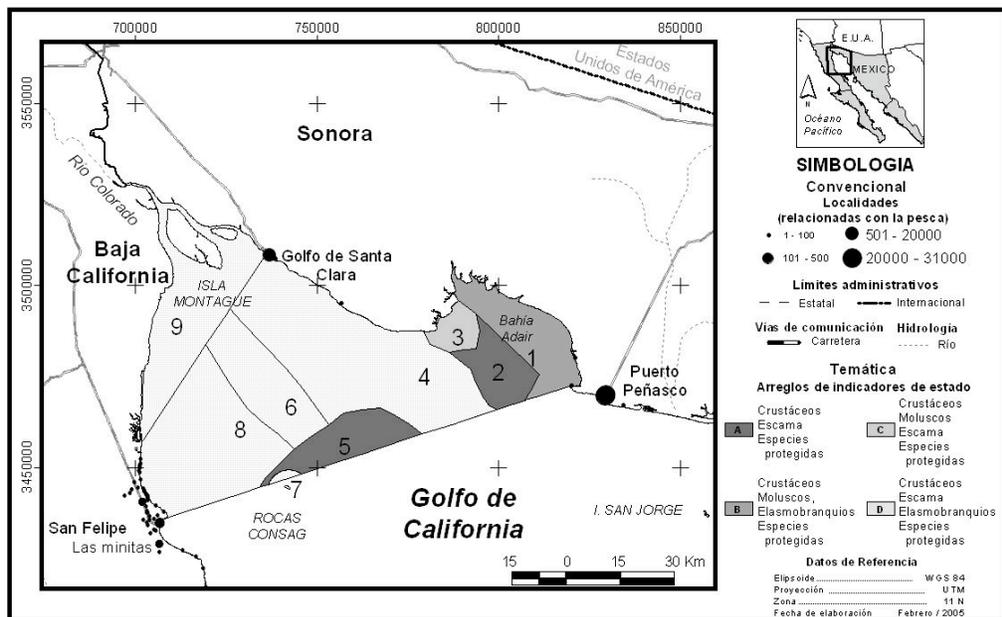
4. Construcción de los modelos

En consideración al alto dinamismo de los sistemas biológicos en general (Keller y Galley, 2000), y en particular del área de estudio (Cisneros-Mata, 2004), se construyeron 18 modelos, de acuerdo a un esquema jerárquico y a las variaciones espaciales y temporales de las pesquerías en la zona. El sistema espacial de clasificación obedeció a un sistema jerárquico que utilizó como base conceptual la ecología del paisaje, la intensidad de uso de las áreas, el estatus poblacional de las especies y la distribución espacial y temporal de las mismas (Cuadro 4), donde las dos últimas clases fueron las empleadas para la construcción de los modelos pesqueros.

Cuadro 4. Sistema de regionalización empleado para el análisis del sistema pesquero y la construcción de los modelos pesqueros.

	Clase				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Paisaje Pesquero espacial	Paisaje Pesquero temporal
Criterio	Geográfico	Intensidad de uso	Estatus poblacional de las especies protegidas	Macro ecológico	Macro ecológico
Atributo	Norte del Golfo de California	- Áreas Marinas Protegidas - Zonas de pesca	Presencia / Ausencia de especies protegidas	Distribución espacial de recursos pesqueros	Distribución temporal de recursos pesqueros
Unidad		Fragmento pesquero (fp)		Paisaje pesquero (pp)	Temporada de pesca (tp)

De acuerdo a las variaciones de los indicadores de las especies objetivo en cada fragmento pesquero, se identificaron cuatro unidades de paisaje; que se muestran gráficamente en el mapa 1. Se encontró que casi el 90 % de la zona de estudio, tanto en número de áreas como en la superficie total, presenta *especies protegidas* y que el paisaje pesquero con mayor número de fragmentos fue el paisaje D (88.5%), presenta la mayor cobertura (incluye a la mayor parte de la Reserva de la Biosfera AGCyDRC y más vecindad con Baja California). Otros estudios identifican a esta unidad como un importante hábitat de crianza y alta productividad biológica y biodiversidad (Cárdenas, 2003).



Mapa 1. Regionalización del área de estudio según las variaciones espaciales de los indicadores de estado.

Para la modelación de la dinámica temporal se utilizaron algunas de las principales temporadas pesqueras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variaciones temporales de los indicadores de especies objetivo (estado) de acuerdo a la principal temporada de pesca de cada recurso. (Fuentes de información: Nava, 1994; Cudney y Turk, 1998 y González, 2000).

Indicador	Intervalo anual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Invierno					Verano						
Cr								NP				NP
M												
Es												
EI												

NP= No Pesca; Cr= Crustáceos; M= Moluscos; Es= Escama; EI= Elasmobranquios.

Climáticamente, existen dos épocas: verano (Junio-October) e invierno (Noviembre-Mayo) (Jaquet y Gendron, 2002). Para el sector pesquero se identifican otras: cuando, de manera general, la pesca disminuye drásticamente (Agosto y Diciembre) y la temporada de pesca de *crustáceos* (Septiembre-Noviembre). La *escama* es continua durante seis meses, los *moluscos* por cinco meses, y los *crustáceos* y *elasmobranquios* otros tres meses.

Los 18 modelos pesqueros representan la dinámica anual del sector en la zona. La figura 2 muestra la forma en que los modelos están organizados y dos ejemplos de su expresión grafica (diagrama de signos).

Paisaje pesquero Espacial	Paisaje pesquero temporal
A. Crustáceos y escama	1. Crustáceos 2. Escama 3. No pesca
B. Crustáceos, moluscos, elasmobranquios	4. Moluscos 5. No pesca 6. Elasmobranquios 7. Moluscos-Elasmobranquios 8. Crustáceos
C. Crustáceos, moluscos y escama	9. Moluscos-Escama 10. Escama 11. Moluscos 12. No pesca 13. Crustáceos
D. Crustáceos, escama y elasmobranquios	14. Escama 15. Escama-Elasmobranquios 16. Elasmobranquios 17. No pesca 18. Crustáceos

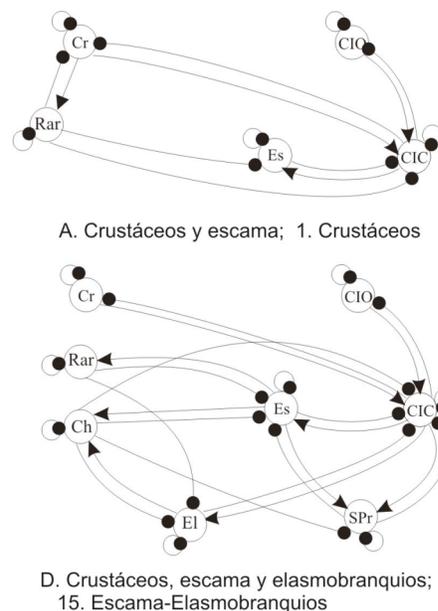


Figura 2. Modelos pesqueros generados a partir de las variaciones espaciales y temporales. Ej. Modelo 1 = Paisaje pesquero espacial: A; Paisaje pesquero temporal: Crustáceos

Ejemplo del modelo que representa el comportamiento del sistema pesquero ante una estrategia de manejo que tiene por objetivo la recuperación de las especies protegidas.

Un escenario buscado para el NGC es la recuperación de aquellas especies que poseen un estatus de protección porque sus poblaciones han sido mermadas (INE, 1995). La respuesta del sistema pesquero incluyó a los fragmentos pesqueros que ocupan casi toda la Reserva de la Biosfera (excluyendo únicamente la más profunda que corresponde al f.p. "pesca de arrastre 1 y 2"). La tabla de predicciones de los modelos se muestra en el cuadro 6 y por su importancia pesquera, se desplegaron geográficamente (Mapa 7) las predicciones de dos indicadores de estado (*crustáceos* y *elasmobranquios*) y dos de presión (*chinchorro* y *red de arrastre*).

Cuadro 6. Predicciones de los modelos ante una recuperación de las *especies protegidas*. Los indicadores de estado fueron ordenados de forma creciente de acuerdo a su nivel trófico (escala de grises). (Ej. B = Unidad de paisaje crustáceos, moluscos y elasmobranquios / con especies protegidas; 8 = Modelo pesquero de la figura 2; CIO ($\uparrow^{(3/5)}$ / $\uparrow^*^{(2/5)}$) = De cinco predicciones positivas, tres son significativas).

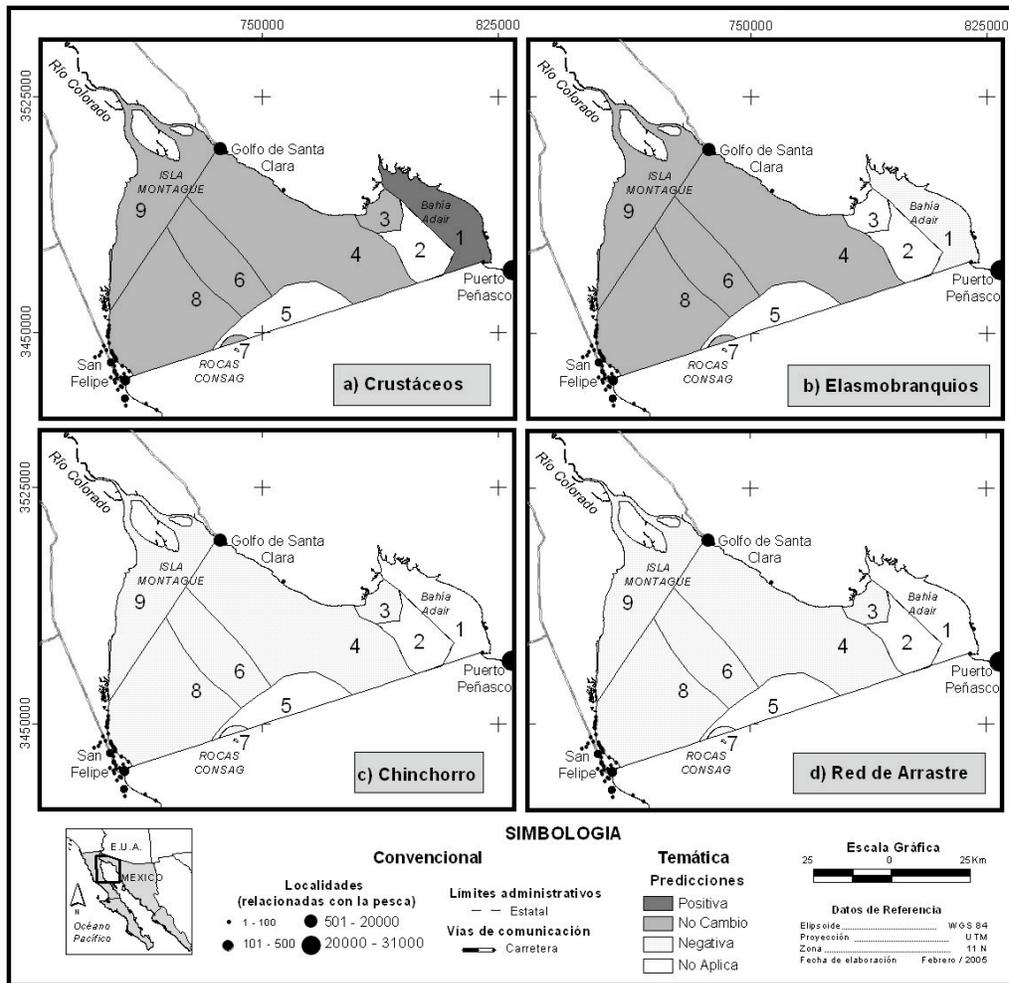
Paisaje de pesca	B	C	D
Fragmentos pesqueros	1	3	4, 6 - 9
Modelos pesqueros	4 - 8	9 - 13	14 - 18
Indicadores de Estado			
CIO	$\uparrow^{(3/5)}$ / $\uparrow^*^{(2/5)}$	0 ^(5/5)	0 ^(3/5)
Cr	$\uparrow^{(3/5)}$ / $\uparrow^*^{(2/5)}$	0 ^(5/5)	0 ^(3/5)
M	$\downarrow^{(5/5)}$	$\downarrow^{(5/5)}$	NA
CIC	$\downarrow^{(3/5)}$ / $\downarrow^{(2/5)}$	0 ^(5/5)	0 ^(3/5)
Es	NA	$\downarrow^{(5/5)}$	\downarrow
EI	$\downarrow^{(5/5)}$	NA	0 ^(3/5)
Indicadores de Presión			
AS	$\downarrow^{(5/5)}$	$\downarrow^{(5/5)}$	NA
Ch	$\downarrow^{(4/5)}$	$\downarrow^{(4/5)}$	$\downarrow^{(4/5)}$
RAR	NA	$\downarrow^{(4/5)}$	$\downarrow^{(4/5)}$

CIO= Captura incidental omnívora; Cr= Crustáceos; M= Moluscos; CIC= Captura incidental carnívora; Es= Escama; EI= Elasmobranquios; AS= Artes Selectivas; Ch= Chinchorro; RAR= Red de Arrastre; () = Proporción de modelos que sugieren la respuesta; NA= Escenarios donde este indicador no se encuentra; * = Predicción no significativa (PP<0.4); \uparrow = Respuesta positiva; \downarrow = Respuesta negativa; 0= Sin cambio.

Los modelos del sistema pesquero (Cuadro 6) muestran predicciones positivas, negativas y de no cambio ante un disturbio positivo. Las pesquerías de *moluscos* y *escama* presentaron predicciones negativas (disminución de las capturas). Por lo que, al menos para estos dos últimos indicadores, son las relaciones tróficas las que dominan su comportamiento y son menos sensibles a los indicadores de presión. Tal tendencia se debe a la cercanía trófica de ambos grupos con las *especies protegidas*, donde los *moluscos* son una de las presas principales y el grupo de *escama*, además de ser sus presas, compite por recursos alimenticios, además de ser sus presas.

Las predicciones de no cambio (0) son especialmente útiles en el manejo de recursos por que significan que las variables son insensibles al disturbio evaluado (Bodini, 1998) y aportan información no siempre obvia. Las poblaciones de *crustáceos*, *omnívoros* y *carnívoros* de la *captura incidental* no cambian ante una disminución de *especies protegidas* en la mayor parte de la zona (p.p. C y D) (Mapa 2a). Los otros depredadores tope, los *elasmobranquios*, no mostraron cambios durante las temporadas de *crustáceos*, *elasmobranquios* y no pesquerías en las áreas dentro de la Reserva de la Biosfera AGCyDRC (Mapa 2b).

Únicamente en Bahía Adair (p.p. B) las predicciones indican que los dos indicadores de la base alimenticia (Cr y CIO) aumentan y los carnívoros disminuyen durante las temporadas de pesca. Este comportamiento se debe al efecto negativo del *chinchorro* sobre las pesquerías objetivo y la *captura incidental*, durante la extracción de *crustáceos*. El efecto negativo de los indicadores de presión y el aumento de las *especies protegidas* reflejan una menor depredación de los carnívoros primarios (CIC) sobre especies *omnívoras* (CIO) y *crustáceos* (Cr). De hecho, sólo durante la extracción de uno de estos recursos (*crustáceos*) o cuando no hay pesca es cuando las predicciones se hacen menos significativas. En el caso de las artes de pesca, éstas disminuyen al haber ante más competencia por los recursos objetivo en casi todas las temporadas y áreas (Mapa 2c y d).



Con base en todo lo anterior, de tener éxito las políticas de conservación de índole poblacional de organismos con estatus de protección (Poder Ejecutivo Federal, 2004), la mayoría de los paisajes y algunos grupos analizados (Cr, CIO, CIC) serían poco perturbados. En cambio, en Bahía Adair, el resto de los carnívoros y las artes de pesca (excepto las áreas donde únicamente opera la red de arrastre) son más susceptibles a cambiar. En términos de los esfuerzos de conservación (INE, 1995), la recuperación de estas especies en la parte de la Reserva de la Biosfera AGCyDRC beneficiaría primordialmente a las pesquerías de *moluscos* y *escama*, mientras el resto de la comunidad biológico-pesquera permanecería menos sensible.

Conclusiones

Se demostró el potencial que tienen para el manejo de los recursos naturales marinos la incorporación del concepto de indicadores ambientales dentro del marco propuesto por la OCDE (1993) para medir el desarrollo sustentable de una región, conocido como modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER). Este resultado constituye una aportación novedosa para los manejadores de recursos naturales en México pues permite: a) generar hipótesis de manejo para ser explicados de una manera relativamente sencilla para los tomadores de decisiones y b) extrapolar y comparar ejercicios similares en diferentes áreas de estudio.

Literatura citada

- Bodini, A. 1998. Representing ecosystem structure through signed digraphs. Model reconstruction, qualitative predictions and management: the case of a freshwater ecosystem. *OIKOS*. 83: 93–106.
- Brusca, C.R. 2004. The gulf of California-an overview. en: Brusca, C.R., Kimrey E. y W. Moore (eds.). *A Seashore guide to the Northern Gulf of California*. Arizona-Sonora Desert Museum. Tucson, Arizona, EUA. 203 pp.
- Cárdenas, R.J.L. 2003. *Caracterización de la comunidad de zooplancton en dos localidades del Alto Golfo de California*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 51 pp.
- C.I. (Conservation International). 2002. *Bitácora de pegazones y la pesca industrial de camarón en el Golfo de California*. Conservation International. Guaymas, México. 45 pp.
- Cisneros-Mata, M.A., Montemayor-López, G. y M.J. Román-Rodríguez. 1995. Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology*. 9(4): 806-814.
- Cisneros-Mata, M.A. 2004. Sustainability in complexity: from fisheries management to conservation of species, communities and spaces in the Sea of Cortez. en: Desert Museum (coord.). *The Gulf of California, Conference 2004*. Tucson, Arizona, E.U.A.. 173 pp.
- Cudney, B.R. y B.P.J. Turk. 1998. *Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. Una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo*. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos. Sonora, México. 166 pp.
- Danemann, G.D. 1999. *Análisis de los problemas relacionados al uso de los recursos naturales en el Golfo de California*. VII Congreso Nacional y simposium internacional sobre el Mar de Cortés. Asociación de investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, México. Presentación.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2000. *ArcView GIS 3.2a*. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Gladstone, W. 2002. The potential value of indicator groups in the selection of marine reserves. *Biological Conservation*. 104: 211-220.
- González, B.R.M. 2000. *Comportamiento organizacional y económico de las organizaciones pesqueras en el Golfo de Santa Clara, Sonora; durante el periodo 1993-1999*. Examen de conocimientos de la Especialidad en Administración de Recursos Marinos. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 42 pp.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 1995. *Programa de Manejo de Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y del Delta del Río Colorado*. Instituto Nacional de Ecología. México. 97 pp.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). *Programa de conservación y manejo. Reserva de la Biosfera alto Golfo de California y Delta del Río Colorado* [en línea]: Documento PDF. DF, México. 2004. [fecha de consulta: 20 de Septiembre del 2004]. Disponible en: <<http://conanp.gob.mx/anp/consulta.php>>.

- Jaquet, N. y D. Gendron. 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales en relation to key environmental features, squid ladings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biology*. 141: 591-601.
- Keller, D.R. y F.B. Golley (eds.). 2000. *The philosophy of ecology from science to synthesis*. University of Georgia press. E.U.A. 366 pp.
- Loiselle, S., Carpaneto, G.M., Hull, V., Waller, T. y C. Rossi. 2000. Feedback analysis in reserve management: studying local myths using qualitative models. *Ecological Modelling*. 129: 25-37.
- Morales-Zarate, M.V. 2001. *Modelo ecológico de flujos de biomasa en la región Norte del Golfo de California*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, México. 78 pp.
- Nava, R.J.M. 1994. *Impactos, a corto y largo plazo, en la diversidad y otras características ecológicas de la comunidad béntico-demersal capturada por la pesquería del camarón en el Norte del Alto Golfo de California, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Guaymas, México. 84 pp.
- OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 1993. *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. Organization for economic co-operation and development. Environment monographs. 39 pp.
- Ortiz, I. 2002. Impacts of fishing and habitat alteration on the population dynamics of the vaquita, (*Phocoena sinus*). Tesis de maestría en ciencias. School of aquatic and fisheries sciences, University of Washington. 72 pp.
- Ortiz, M. y M. Wolff. 2002. Application of loop analysis to benthic systems in northern Chile for the elaboration of sustainable management strategies. *Marine ecology progress series*.
- Poder Ejecutivo Federal. 2004. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera y su anexo. SAGARPA. *Diario Oficial de la Federación*. 15 de Marzo del 2004.
- Puccia, J.C. y R. Levins. 1985. *Qualitative modeling of complex systems: An introduction to loop analysis and time averaging*. Harvard University Press. 259 pp.
- Ramos-Montiel, A. y F.A. Castro. 1999. *Estrategias económicas que determinaron la dinámica de la flota camaronera durante la temporada 1998-1999 en el estado de Sonora*. VII Congreso Nacional y simposium internacional sobre el Mar de Cortés. Asociación de investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, México. Presentación.
- Sala, E., Aburto-Oropeza, O., Paredes, G., Parra I., Barrera, C.J. y P.K. Dayton. 2002. A general model for designing networks of marine reserves. *Science*. 298: 1991-1993.
- Taylor, S.J. y R. Bogdan. 1990. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación, la búsqueda de significados*. Paidós. Argentina. 343 pp.
- Waterloo Maple inc. 1998. *Maple V*. Version 5.00.
- Westfahl, P., Heath, Z. y C. Woodrow. 2002. *PowerPlay* Digraph Editor. Version 2.0. GNU General Public License (GPL).