

Ordenamiento ecológico marino *Visión integrada* de la regionalización

Ana Córdova y Vázquez, Fernando Rosete Vergés,
Gilberto Enríquez Hernández y Benigno Hernández de la Torre
(compiladores)

Planeación Territorial

*Ordenamiento ecológico marino
Visión integrada de la regionalización*

Ana Córdova y Vázquez, Fernando Rosete Vergés, Gilberto Enríquez
Hernández y Benigno Hernández de la Torre (compiladores)



ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO

Serie Planeación Territorial

Semblanza histórica del ordenamiento ecológico territorial en México. Perspectiva institucional

Fernando Rosete

Ordenamiento Territorial Comunitario

Salvador Anta, Arturo Arreola, Marco González y Jorge Acosta

Naturalezas, saberes y territorios comcáac (seri)

Diana Luque Agraz y Antonio Robles Torres

Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización

Ana Córdova, Fernando Rosete, Gilberto Enríquez y Benigno Hernández de la Torre (compiladores)

Manual del proceso de ordenamiento ecológico

Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, SEMARNAT

El manejo integral de cuencas en México. Segunda edición

Helena Cotler (compiladora)

Gestión de cuencas y servicios ambientales

Perspectivas comunitarias y ciudadanas

Luisa Paré, Dawn Robinson y Marco Antonio González (coordinadores)

El ordenamiento territorial: experiencias internacionales

María Evangelina Salinas Escobar (compiladora)

Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes

Fundamentos y métodos

Ángel Priego, Gerardo Bocco, Manuel Mendoza y Arturo Garrido

Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica

Manuel Mendoza, Héctor Plascencia,
Pedro Camilo Alcántara, Fernando Rosete y Gerardo Bocco

La cartografía de sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. Una revisión de la bibliografía

Gerardo Bocco, Manuel E. Mendoza, Ángel Priego y Ana Burgos

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO

Visión integrada de la regionalización

*Ana Córdova y Vázquez,
Fernando Rosete Vergés,
Gilberto Enríquez Hernández y
Benigno Hernández de la Torre
(compiladores)*

Primera edición: febrero de 2009

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.
www.semarnat.gob.mx

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)
Periférico sur 5000, colonia Insurgentes Cuicuilco,
C.P. 04530. México, D.F.
www.ine.gob.mx

COORDINACIÓN EDITORIAL Y TIPOGRAFÍA: Raúl Marcó del Pont Lalli
DISEÑO PORTADA: Álvaro Figueroa
FOTO DE LA PORTADA: Claudio Contreras Koob
EDICIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

ISBN 978-968-817-944-4
Impreso en México • *Printed in Mexico*

Índice

Serie Planeación Territorial 9

Agradecimientos 11

Introducción 13

Fernando Rosete, Gilberto Enríquez Hernández y Ana Córdova

Experiencias globales de clasificación y ejercicios de zonificación marina 21

Antonio Díaz de León Corral, Porfirio Álvarez Torres y

Orlando Iglesias Barrón

**Imágenes dinámicas de la temperatura de la superficie de los mares 43
de México, 1996-2003**

Artemio Gallegos García, Jorge Zavala Hidalgo, Olmo Zavala Romero,

Raymundo Lecuanda, Adriana Mateos Jasso y Ranulfo Rodríguez Sobreya

Síntesis y proyecciones de la regionalización marino-costera 73

Anamaría Escofet

Caracterización de la distribución de especies de importancia biológica en el ordenamiento ecológico marino: evaluación de metodologías existentes y propuesta de agenda de investigación	87
Carlos García Sáez	
Caracterización socioeconómica del ordenamiento ecológico marino: representación de los impactos de las actividades socioeconómicas en el ambiente marino	113
Mauricio Ramírez Rodríguez, Gustavo de la Cruz Agüero y César López Ferreira	
Propuesta metodológica para la regionalización de los mares mexicanos	151
Ileana Espejel y Rafael Bermúdez	
Conclusiones generales y agenda de investigación	231
Fernando Rosete y Gilberto Enríquez Hernández	
Participantes en el taller	237

Serie Planeación Territorial

Una parte fundamental del quehacer científico es su difusión. Y en el caso de la ciencia aplicada, que es el tipo de investigación que predomina en el Instituto Nacional de Ecología (INE), documentar las experiencias exitosas es un componente determinante para su divulgación y eventual replicación.

La planeación territorial, tomando en cuenta el entorno ambiental, es reciente en México. Su primer antecedente formal, aunque indirecto, es la Ley General de Asentamientos Humanos (1976), y el primero directo es la Ley Federal de Protección al Ambiente, que en 1982 introduce en la legislación mexicana el concepto de ordenamiento ecológico, por lo que a nivel institucional esta perspectiva apenas supera los 25 años de vida.

Como resultado de esta corta historia, hoy se presenta como una necesidad difundir esquemas metodológicos y procedimientos técnicos, además de casos puntuales exitosos sobre la planeación del uso del territorio a diferentes escalas, para fortalecer las capacidades locales. Esto es lo que motivó al Instituto Nacional de Ecología a editar la serie Planeación Territorial, la cual nació gracias a una iniciativa fruto del inagotable entusiasmo del Dr. Gerardo Bocco.

El principal objetivo de la serie es poner a disposición de un público especializado (o semi especializado) herramientas técnicas y metodológicas para ser utilizadas en los procesos de elaboración técnica de los programas de ordena-

miento ecológico del territorio (OET), para que los resultados obtenidos al final del proceso cumplan con un estándar mínimo de calidad y rigor científico, y de esta manera superar las disparidades que aún hoy persisten entre diferentes procesos de OET. Valga destacar aquí que esta serie no se limita al OET, sino que también presenta ejemplos a ser utilizados en otros procesos de planeación del territorio.

Al definir esta colección se pensó, en primera instancia, en un público conformado por grupos académicos o de consultores encargados de elaborar productos técnicos como programa de OET u otros procesos relacionados. Sin embargo, estas obras puede ser también de utilidad para estudiantes así como para personal de dependencias de gobierno, tanto federales como estatales, cuyas tareas se vinculen con aspectos técnicos, con la implementación y con la evaluación de procesos de ordenamiento territorial dentro de sus respectivas competencias.

Fernando A. Rosete V.

Agradecimientos

Queremos agradecerle a todos los investigadores y a los servidores públicos provenientes de distintas instituciones del país, su decidida participación durante el desarrollo del taller que sirvió de base para esta obra; sin su colaboración este volumen no hubiera sido posible. Deseamos extender un reconocimiento a la Dirección General de Política Ambiental, Integración Regional y Sectorial de la SEMARNAT, por su valiosa participación en la sesiones de trabajo en el taller. Al Grupo de Estudios Ambientales, A.C., por las dinámicas de trabajo aplicadas, a través de las cuales se orientó la participación y discusión de los expertos presentes y a las que debemos gran parte de los resultados que aquí se publican.

Introducción

Fernando Rosete, Gilberto Enríquez y Ana Córdova

Las condiciones para el aprovechamiento de los recursos marinos tienden a estar dadas por la capacidad de un Estado para regular las actividades que se realizan en su mar territorial y en su zona económica exclusiva, así como por la cantidad de recursos disponibles que son susceptibles de ser utilizados. México cuenta con una extensa zona oceánica bajo su jurisdicción y que requiere ser manejada de la mejor manera para mantener el flujo de beneficios que se derivan de su uso y aprovechamiento.

La generación de instrumentos de política ambiental, como el ordenamiento ecológico marino (OEM), ha brindado la posibilidad de establecer un procedimiento planificador para las áreas oceánicas bajo la jurisdicción nacional, cuya implementación ha demostrado ser factible, como lo constata el reciente decreto del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (SEMARNAT 2006).

No obstante los logros y avances obtenidos en materia de planeación, es necesario mejorar continuamente los procedimientos establecidos que están implicados en el desarrollo del proceso de OEM. La primera fase técnica de un OEM es la caracterización, y dentro de ésta, uno de los primeros pasos consiste en establecer una metodología capaz de describir el ambiente oceánico. Esta descripción debe considerar la variabilidad espacio-temporal, y debe poder representar

los complejos patrones que resultan de las interacciones entre las características físicas, químicas y biológicas del medio, y las de éstas con las actividades sectoriales que se llevan a cabo en el mar.

Con el fin de abordar la problemática que plantea la planeación de las actividades en el océano desde la perspectiva espacial, aunado a la necesidad que existe de normar las actividades que se desarrollan en este ámbito, en el año 2004 el Instituto Nacional de Ecología (INE) inició la realización de talleres de expertos con la finalidad de consensuar metodologías aplicables al OEM. Los primeros dos talleres se centraron en los procesos de regionalización del espacio marino que son necesarios para la fase de caracterización.

La regionalización del territorio establece unidades ambientales, claramente delimitadas espacialmente, que comparten características similares y a la vez son lo suficientemente distintas para diferenciarlas y realizar un uso adecuado de sus recursos. Las unidades resultantes de la regionalización del territorio son la base para la evaluación de la aptitud productiva, y representan el insumo fundamental para la construcción de las unidades de gestión ambiental (UGA) (Rosete 2003).

Si se toma en cuenta que a nivel técnico-conceptual la regionalización es el inicio de una secuencia lógica del proceso de planeación territorial, tal y como lo plantean Rosete y Bocco (1999), su importancia es fundamental en cualquier proceso de planeación territorial. De esta forma, es importante contar con esquemas metodológicos robustos y consensuados para poder definir las unidades resultantes de la regionalización, ya que de ese modo la continuación de la secuencia lógica del proceso de planeación se dará sobre bases sólidas.

En el caso del ordenamiento ecológico marino la situación no es diferente, ya que también es un instrumento de planeación territorial, aunque referido exclusivamente al ambiente oceánico. De esta forma, es necesario contar con unidades definidas a través de un proceso de regionalización, las que serán evaluadas posteriormente para definir su aptitud productiva, su fragilidad ambiental, la presión a la que están expuestas y los conflictos ambientales que existen en su interior.

Si bien las variables a considerar en la regionalización marina, y el orden en el que son incorporadas, difieren de las consideradas en una regionalización terrestre, su conceptualización es la misma, está definida por un procedimiento

metodológico que comienza con las variables de mayor estabilidad geográfica en el tiempo, para concluir con las variables que presentan un mayor dinamismo de cambio sobre el territorio (Bocco *et al.* 1999).

Durante el primer taller sobre regionalización marina, se efectuó una primera aproximación desde cuatro perspectivas temáticas: la oceánica, la costera, la biológica y de especies de importancia comercial y la socioeconómica. La discusión fue muy rica, sentando las bases conceptuales y un marco de referencia para una primera contribución a este tema en nuestro país; los resultados quedaron plasmados en la publicación *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización* (Córdova *et al.* 2006). No obstante, resultó evidente que la discusión apenas comenzaba y se planteó la necesidad de continuar la reflexión en un segundo taller de expertos para unificar las perspectivas temáticas en una propuesta integral de la regionalización de los océanos de México.

Así, durante el año 2006 se realizó en la Ciudad de México el segundo taller, denominado Aproximaciones metodológicas al ordenamiento ecológico marino en México: Taller de Expertos. En este evento participaron 34 especialistas en temas marinos de diversas universidades, centros de investigación, organismos no gubernamentales y dependencias de gobierno, para continuar afinando aspectos temáticos iniciados en el primer taller, así como para discutir y retroalimentar una propuesta de regionalización integrada que pudiera utilizarse en los próximos esfuerzos de OEM a nivel nacional.

La dinámica del segundo taller fue similar a la del primero; se presentaron ponencias "semilla", desarrolladas a partir de las recomendaciones del primer taller, y posteriormente se enriquecieron con los aportes de los participantes en cada mesa. Los resultados de cada mesa de trabajo fueron presentados a todos los especialistas convocados para obtener un consenso general de cada tema. Además de las discusiones temáticas, se discutió y retroalimentó una propuesta de regionalización integrada que se había generado *ex profeso* para este evento. A los autores de las ponencias "semilla" y de la propuesta de regionalización integrada se les pidió que complementaran sus escritos, con base en las discusiones del taller.

Como resultado de las contribuciones realizadas durante el taller, se presenta este segundo volumen con una visión colectiva más madura del proceso de re-

gionalización marina. Comenzamos con la aportación de Díaz de León y colaboradores, que nos brinda una perspectiva general de las aproximaciones al tema de la zonificación marina, desde los primeros antecedentes y diferentes enfoques que se han utilizado, hasta las aplicaciones orientadas a distintos fines. Gallegos y colaboradores, por su parte, nos ofrecen un análisis de la temperatura superficial del mar, generado a partir de imágenes AVHRR y con las cuales es posible identificar zonas de los mares mexicanos que comparten patrones de cambio de las temperaturas superficiales en el tiempo. Escofet presenta una propuesta de sistema jerárquico anidado de regionalización a partir de líneas paralelas a la costa con el que se facilita identificar las aguas de plataforma interna y las aguas marinas interiores en un esquema de multiescala. Carlos García Sáez nos describe la serie de consideraciones que deben contemplarse para la utilización de sensores remotos en estudios para representar espacialmente la distribución de los organismos de importancia ecológica y económica. Ramírez y colaboradores desarrollan una descripción y análisis de indicadores que pueden utilizarse para medir, monitorear y representar las actividades humanas que se realizan en el mar, así como sus impactos en el medio marino. Además se incluye una propuesta de regionalización para los mares de México, realizada por Espejel y Bermúdez quienes utilizan las discusiones que se obtuvieron en ambos talleres para el desarrollo del trabajo. Finalmente Rosete y Enríquez presentan las conclusiones generales del trabajo y la agenda de investigación futura que es necesario impulsar para generar la información requerida que fortalezca los procesos de ordenamiento ecológico marino en México.

Una novedad de este volumen es que incluye un disco compacto con los materiales cartográficos de dos de los capítulos –las imágenes dinámicas de la temperatura superficial de los mares de México y el SIG de la propuesta de regionalización integrada de los mares de México–. Ambos productos se ponen así a disposición del público interesado para que los pueda utilizar directamente en procesos de planeación de los espacios marinos. Con el mismo propósito, estos productos cartográficos se encuentran también disponibles en la página electrónica del INE (www.ine.gob.mx)

El INE ha buscado mantener una relación constante entre la discusión e innovación técnica y los procesos de OEM que se están llevando a cabo en nuestro

país. En este sentido, se ha invitado a consultores y a algunos miembros de los órganos técnicos de ordenamientos en proceso a los talleres para que se incluyan los conocimientos y materiales generados. La propuesta de regionalización marina fue utilizada como base de partida en el proceso del OEM del Golfo de México y el Mar Caribe, y fue detallada durante el proceso de elaboración del estudio técnico. Las bases de datos de las imágenes dinámicas de temperatura superficial del mar fueron utilizadas como insumo para detallar esa regionalización marina.

Es importante señalar que este documento pretende establecer los elementos más importantes para la realización de un trabajo de OEM, aprovechando la experiencia adquirida por diversos especialistas en trabajos aplicados o de investigación; y aunque es notoria la falta de información a escala regional de las características físicas, químicas y biológicas que son necesarias para abordar un procedimiento de esta naturaleza, la propuesta de una agenda de investigación brinda la posibilidad de ir subsanando las actuales carencias, para impulsar el desarrollo de procesos de OEM más completos.

Con los resultados del taller se han dado los primeros pasos para contar con una metodología que integre las diversas perspectivas temáticas de la regionalización marina, en un proceso coherente y conceptualmente robusto. En ese sentido, la propuesta de regionalización de los mares de México que se presentó, es un primer paso para la regionalización marina, y se pueden ir incorporando los diferentes temas planteados en las mesas temáticas y en las discusiones colegiadas que se realizaron.

Es muy importante contar con metodologías consensuadas entre un grupo de expertos, ya que le da fortaleza al proceso de OEM y, en este caso, a la regionalización marina en concreto. Como principal resultado del taller se puede destacar el consenso, manifestado por los participantes, de que la propuesta de regionalización marina de los mares de México es un buen principio para desarrollar esquemas con mayor detalle que impliquen información de aspectos que resultan relevantes a mayor escala.

Es muy importante mencionar que la propuesta integrada de regionalización, generada durante los trabajos de los dos talleres, coincide conceptualmente con otras experiencias de regionalización marina a escala internacional, como por ejemplo la regionalización marina realizada en Australia dentro del proceso de

planeación en biorregiones marinas (Australian Government Department of The Environment and Heritage 2006).

SIGUIENTES PASOS

En varias de las mesas de trabajo se identificó la necesidad de desarrollar esquemas metodológicos de análisis que impliquen tanto los procesos que se dan en tierra como los que suceden en mar, ya que muchos de ellos están íntimamente relacionados, y el espacio geográfico de esa interacción se da en la zona costera. Considerando lo anterior, el INE seleccionó este tema como el punto focal del tercer taller de expertos sobre metodologías del OEM, realizado a finales de 2007.

Dada la importancia ambiental y económica de la zona costera, además de la estrategia de ordenamiento ecológico del territorio marino y costero presentada por el presidente Felipe Calderón en febrero de 2007 (SEMARNAT 2007), es fundamental poder definir una metodología consensuada que integre el análisis de los dos ambientes que confluyen en la zona costera, para aplicarse en los procesos de OEM y ordenamiento ecológico regional o local en la zona costera.

Esperamos que la experiencia adquirida durante el evento, y publicada en este volumen, sirva para fortalecer el conocimiento relacionado con el ordenamiento ecológico en zonas marinas y para promover el desarrollo de mejores estrategias de planificación en los mares de México.

BIBLIOGRAFÍA

Australian Government Department of the Environment and Heritage. 2006. Marine Bioregional Planning. A new focus for Australia's marine planning. Disponible en: www.deh.gov.au/mbp.

Bocco, G., M. Mendoza, A. Velázquez y A. Torres. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Investigaciones geográficas* 40:7-21.

Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (comps.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. 226 pp.

- Rosete, F. 2003. Unidades de gestión ambiental e instrumentos económicos. Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. Dirección General de Investigación de Política y Economía Ambiental. Serie Estudios INE 4:75-78.
- y G. Bocco. 1999. Ordenamiento territorial. Bases conceptuales y estrategias de aplicación en México. *Revista de Geografía Agrícola* 28:21-39.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. Estrategia nacional de ordenamiento ecológico del territorio en mares y costas. SEMARNAT, México.
- . 2006. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. SEMARNAT, México.

Experiencias globales de clasificación y ejercicios de zonificación marina

Antonio Díaz de León Corral, Porfirio Álvarez Torres y Orlando Iglesias Barrón

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de clasificación biogeográfica se conciben de forma general como herramientas esenciales para el manejo integrado de costas y zonas marinas, y sirven de apoyo para comprender cómo y dónde se distribuyen los taxa para delimitar fronteras entre regímenes oceanográficos.

A menos que se conozca la distribución de los elementos de biodiversidad marina y exista consenso en un marco para la clasificación de áreas, todos los esfuerzos que se hagan para evaluar los impactos de las actividades humanas en los océanos del mundo resultarán infructuosos. En este sentido, será imposible poder evaluar cuáles hábitats, comunidades y taxa están sujetos a impactos debido a la concentración de actividades humanas, rareza o rango limitado de distribución.

En alta mar, los sistemas de clasificación biogeográfica están mucho menos desarrollados que en las áreas de plataformas terrestres, costeras y continentales. Por lo tanto, es necesario definir un conjunto de principios básicos congruentes y un marco para el reconocimiento y clasificación de regiones biogeográficas de alta mar donde aún no se ha desarrollado tal sistema. Estos principios básicos deberían permitirnos delinear áreas separadas espacialmente con composicio-

nes taxonómicas fácilmente diferenciables y predecibles. El nivel de confianza al delinear tales zonas aumentará si es posible ligarlas a procesos oceanográficos o estructuras geofísicas que ayuden a hacerlas definibles por separado.

El principal interés está en alta mar y en las áreas de plataforma marina profunda (fuera de las zonas económicas exclusivas, ZEE) así como en plataformas continentales mar adentro. Donde existen zonas biogeográficas de alta mar claramente identificables y éstas se extienden hacia el interior de las ZEE, los expertos que las describen consideran pertinente señalar la contigüidad biológica dentro y fuera de la ZEE, aun cuando los sistemas de gobernabilidad para las diferentes partes de las zonas biogeográficas sean diferentes.

En este enfoque de un sistema de clasificación para la selección de áreas representativas se excluyen específicamente: áreas distintivas (únicas) o "hotspots" (de cualquier clase, incluyendo áreas de alta diversidad de especies), y áreas significativas biológica y ecológicamente. Tampoco se están considerando las condiciones ambientales presentes o "naturalidad", ni amenazas a los ambientes marinos, hábitats, o sus comunidades, o "usos finales" presentes o potenciales de ambientes marinos.

ANTECEDENTES DE LA CLASIFICACIÓN MARINA

Las clasificaciones gráficas de patrones en la biodiversidad han sido desde hace mucho tiempo una herramienta importante tanto en el campo del estudio de la evolución, como en la planeación para la conservación (Forbes 1856; Wallace 1876; Spellerberg y Sawyer 1999; Lourie y Vincent 2004). Sin embargo, el uso de tales sistemas (de forma evidente el multicitado sistema desarrollado por Olson et al. 2001) en conservación a gran escala se ha acotado ampliamente a estudios terrestres (Chape et al. 2003; Hazen y Anthamatten 2004; Hoekstra et al. 2005; Burgess et al. 2006; Lamoreux et al. 2006).

En el ambiente marino los sistemas globales de clasificación existentes siguen limitados en su resolución espacial. Algunos son inconsistentes en su cobertura espacial o en su enfoque metodológico. Las pocas publicaciones que han intentado usar la regionalización biogeográfica en la planeación para la conservación marina global (por ejemplo, Kelleher et al. 1995; Olson y Dinerstein 2002) han

sido cualitativas y han expresado preocupación acerca de la falta de una adecuada clasificación global.

Dada la ausencia de una cobertura global sustantiva, se han creado numerosas clasificaciones regionales para cumplir con las necesidades de planeación regional. Esto, por supuesto, no satisface la necesidad de un sistema global que sea consistente a lo largo de las muchas extensiones marinas y de zonas costeras.

Las clasificaciones biogeográficas son esenciales para desarrollar sistemas de áreas protegidas representativos ecológicamente, tal como lo requieren acuerdos internacionales como el Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas y la Convención Ramsar sobre Humedales (de la Convención sobre Diversidad Biológica).

El espacio marino aún está ampliamente sub-representado en la red global de áreas protegidas (sólo alrededor del 0.5% del área superficial de los océanos está protegida [Chape et al. 2005]), un hecho que vuelve urgente la necesidad de contar con herramientas para apoyar la conservación marina representativa y efectiva a mayor escala. La idea clave que engloba al término “representativo” es el intento de proteger un rango completo de biodiversidad a nivel mundial –genes, especies y taxa más altos, así como las comunidades, patrones evolutivos y procesos ecológicos que sostienen esta diversidad.

Las clasificaciones biogeográficas aportan una base crucial para la evaluación de la representatividad (Olson y Dinerstein 2002; Lourie y Vincent 2004). El creciente compromiso de los gobiernos y de la Organización de las Naciones Unidas (la Convención sobre el Derecho del Mar, el Acuerdo de Pesca de Especies Altamente Migratorias) para implementar arreglos claros para la gobernabilidad de océanos aporta un espacio adicional en el cual son necesarias las clasificaciones biogeográficas marinas. Las regiones biogeográficas son marcos naturales para la zonificación marina, lo cual es una herramienta cada vez más usada por las organizaciones dedicadas al manejo de pesquerías.

Aquí se presenta una síntesis de los sistemas de clasificación biogeográfica de las áreas costeras y continentales del mundo, la cual se deriva en gran parte de literatura global y regional. Se considera que esta clasificación será de importancia crítica para apoyar los análisis de patrones en la biodiversidad marina, para entender procesos y quizás, lo más importante, para dirigir los futuros esfuerzos sobre el manejo y la conservación de los recursos marinos.

ENFOQUES PARA DEFINIR LÍMITES

La observancia de patrones biogeográficos en el ambiente marino se incluye en los primeros trabajos de Forbes (1856) y Ekman (1953), publicados por primera vez en alemán en 1935, y Hedgpeth (1957), así como publicaciones más recientes por Briggs (1974, 1995); Hayden et al. (1984) y Longhurst (1998). Estos autores usaron una gran variedad de definiciones y criterios para obtener divisiones biogeográficas. Por ejemplo, Briggs (1974, 1995) se enfocó en un sistema de provincias costeras y de plataforma definidas por su grado de endemismo (>10%). Este fuerte enfoque taxonómico y su clara definición han conducido a difundir la adopción del sistema de Briggs, incluyendo su uso por Hayden et al. (1984), con menores ajustes como parte de su "clasificación de los ambientes costeros y marinos". Adey y Steneck (2001) hicieron una verificación independiente de muchas de las subdivisiones de Briggs en un estudio que modelaba regiones "termográficas" de estabilidad evolutiva.

Otro enfoque sistemático importante, que apuntaba principalmente a sistemas pelágicos, es el desarrollado por Longhurst (1998), el cual se enfoca en biomas y provincias biogeoquímicas. Estas subdivisiones se basaron en un arreglo detallado de factores oceanográficos, probados y modificados, usando una extensa base de datos global de perfiles clorofílicos. Los resultados representan una de las particiones más claras de la biota pelágica, pero el esquema es de limitada utilidad en los complejos sistemas de aguas costeras.

El sistema de grandes ecosistemas marinos (LME, por sus siglas en inglés) fue desarrollado a lo largo de muchos años por un número de expertos regionales, con insumos considerables del científico de pesquerías Ken Sherman (por ejemplo, Hempel y Sherman 2003; Sherman et al. 2005). A diferencia de los sistemas de Briggs (1974, 1995) y Longhurst (1998), los LME representan un sistema sin una definición central rigurosa y replicable. Los LME son regiones relativamente grandes, en el orden de los 200,000 km o mayores, caracterizadas por diferente: batimetría, hidrografía, productividad y poblaciones tróficamente dependientes. Los LME se conciben ampliamente como unidades para la aplicación práctica de asuntos de manejo en áreas de fronteras entre naciones que

comparten un área geográfica marina, donde los temas centrales de análisis se relacionan directamente con las pesquerías, la contaminación, la restauración de hábitat, la productividad, los aspectos socioeconómicos, y la gobernabilidad. El sistema de LME se enfoca en productividad y procesos oceanográficos y en su forma actual omite áreas sustantivas de las islas del Pacífico y el océano Índico.

Estos y otros sistemas globales continúan jugando un papel importante para desarrollar o entender la biogeografía marina y en temas prácticos del manejo de recursos naturales marinos y costeros, sin embargo, es evidente la posibilidad de mejorarlos. Un sistema ideal debería ser jerárquico y anidado y permitiría realizar análisis multiescala. Cada nivel de jerarquía sería relevante en la planeación para la conservación o intervenciones de manejo, de lo global a lo local, aunque vaya más allá del presente capítulo el clasificar hábitats individuales o características más pequeñas, tales como los estuarios individuales o los pastos marinos.

El enfoque aquí es en aguas costeras y de plataforma, combinando biotas bénticas y pelágicas de plataforma (neríticas). Estas aguas representan las áreas en las cuales se concentra la mayor biodiversidad marina, donde el interés humano y la atención son mayores, y donde con frecuencia hay una sinergia compleja de amenazas mucho mayores que en las aguas de alta mar. Desde una perspectiva de biodiversidad, no es simplemente que las aguas costeras y de plataforma tengan mayor número de especies y mayor productividad, sino que también son biogeográficamente distintas de los ambientes bénticos profundos y de alta mar adyacentes (Ekman 1953; Hedgpeth 1957; Briggs 1974).

En este sentido, se reconoce que en el mar la diversidad de los altos niveles taxonómicos es mayor que en tierra o que en los cuerpos de agua dulce. De los 33 phyla reconocidos, 32 están presentes en el medio marino (21 de los cuales son exclusivamente marinos), en contraste con los 12 phyla terrestres (May 1994 en Arriaga et al. 1998).

A pesar de que se considera que los ecosistemas marinos contienen muchas más formas de vida que los terrestres, el conocimiento que se tiene sobre la diversidad marina es mucho menor que sobre la biodiversidad terrestre. Hasta el momento sólo se han identificado cerca de 250,000 especies de organismos marinos, a diferencia de los 1.7 millones de especies que se han descrito en ecosistemas terrestres (Burke et al. 2001; Groombridge y Jenkins 2001). Gran parte de esta

diferencia se debe, primero, a un problema de accesibilidad y al enorme número de especies de artrópodos terrestres descritos, grupo que no tiene equivalente en el mar. Paradójicamente, en el caso de los peces dulceacuícolas, se conocen hasta hoy tantos como marinos, a pesar de que los hábitats de agua dulce representan sólo la diez milésima parte del volumen de los hábitats marinos.

En el esfuerzo por definir límites, la intención fue desarrollar un sistema jerárquico basado en configuraciones taxonómicas, influenciado por la historia evolutiva y los patrones de dispersión y aislamiento. Se aportaron lineamientos iniciales sobre definiciones y nomenclatura para guiar la primera fase de compilación de datos y después se revisaron y refinaron repetidamente con base en datos disponibles.

En el trabajo realizado por Spalding et al. (2007) se revisaron más de 230 publicaciones en revistas científicas, reportes de organizaciones no gubernamentales (ONG), publicaciones gubernamentales, y otras fuentes. Para cada una de éstas se observaron los datos subyacentes así como el proceso de identificación y definición de unidades biogeográficas; también se consideraron los objetivos de las clasificaciones.

Para facilitar comparaciones, se usaron versiones digitales gráficas de muchas de las unidades biogeográficas existentes. Más de 40 expertos independientes aportaron asesoría extra. Se refinó un borrador de esquema de clasificación a través de una evaluación y proceso de revisión que involucró un taller de tres días. Al llegar al esquema de clasificación, se sumaron tres principios para esta clasificación: que tuviera una fuerte base biogeográfica, que ofreciera utilidad práctica y que se caracterizara por la simplicidad.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN BIOGEOGRÁFICA PARA ALTA MAR

Los enfoques actuales relevantes de clasificación de ambientes marinos incluyen:

- Métodos taxonómicos. Los amplios patrones globales de distribuciones taxonómicas son bien conocidos, aun cuando están sujetos a revisión en

tanto se aplican nuevos métodos genéticos y se sigue dando la bioprospección en los océanos. A pesar de que la información sobre ocurrencias de especies está disponible para áreas privilegiadas del planeta, para la vasta mayoría de los océanos tal información es escasa. Independientemente del nivel de información disponible, la cobertura es mucho mejor para algunos tipos de organismos (por ejemplo, pesca comercial de escama, aves marinas, mamíferos marinos) que otros (zooplancton, muchos macro invertebrados, etc.). A escalas regionales es imposible realizar estudios biológicos a fondo y de manera directa, y es necesario extrapolar las relaciones entre la biota y el ambiente físico. De ahí que los métodos taxonómicos y los estudios por sí solos no sean suficientes para clasificar completamente la biodiversidad de los océanos de tal forma que áreas representativas puedan ser elegidas para protección.

- Métodos fisiónómicos. En el dominio pelágico, las amplias distribuciones de giros oceánicos, zonas de transición y corrientes costeras son bien conocidas y en el ambiente béntico la geomorfología de los océanos está siendo revelada por una variedad de tecnologías de mapeo. Los factores geofísicos (fisiográficos y oceanográficos) son relativamente fáciles de cuantificar y mapear a escalas regionales, y pueden definir características de hábitat crudamente. Donde se han definido biogeográficamente tipos de comunidad, los factores geofísicos pueden al menos predecir los principales tipos de comunidad con bastante precisión. Por lo tanto, en áreas mejor estudiadas, los datos fisiónómicos pueden dar un segundo nivel de calibración para el mapeo de áreas representativas, y este enfoque general está en uso de forma generalizada en aguas costeras y continentales.
- Geografía ecológica. La definición de biomas o tipos de ecosistemas ayuda a definir fronteras pelágicas y regímenes de productividad. Sin embargo, ese es sólo un aspecto de los patrones de biodiversidad marina y no puede construir por sí solo la base general para delinear ecozonas marinas para la selección de áreas marinas representativas.
- Regiones políticas o de gestión de la gobernabilidad. Aun cuando las unidades de manejo fueran de alguna manera homogéneas internamente en cuanto a ictiofauna, sus fronteras no se pueden considerar para coincidir con dispa-

ridades importantes en la composición de especies. Más bien, las fronteras reflejan los límites de acuerdos legales y patrones históricos de pesquerías. De ahí que dichas fronteras se establecen de forma relativamente arbitraria comparadas con el arreglo de la estructura biogeográfica de la comunidad. Particularmente del rango total de biodiversidad y no sólo de las principales reservas explotadas de peces.

CRITERIOS PARA UN MARCO DE CLASIFICACIÓN PARA ALTA MAR

Los siguientes son criterios acordados para un marco de clasificación para alta mar:

1. Existen bases suficientes para considerar los ambientes bénticos y pelágicos por separado. El mundo pelágico es completamente tridimensional, mientras que en una primera aproximación, el mundo béntico puede ser analizado en términos de propiedades de dos dimensiones. Sus características de hábitat también son diferentes en tiempo y en espacio. Aunque los dos ambientes intercambian energía y organismos, sus complementos de *taxa*, espectros de tamaño de especies, escala de vida de especies y comunidades de organismos son casi completamente diferentes.
2. La meta es alcanzar una clasificación de regiones para la selección de áreas representativas. Entonces, por definición, ésta no se puede basar en características únicas de áreas distintivas o en especies focales individuales.
3. Un sistema de clasificación ecológica que se traduzca únicamente en el reconocimiento de biomas no puede expresar una identidad taxonómica, la cual es esencial para el sistema deseado.
Como consecuencia, es necesario usar a los propios *taxa* para delinear áreas; de otra forma se cae por definición en una clasificación de biomas o “tipos” de ecosistema o simplemente en definiciones geopolíticas. De hecho, la definición de áreas por *taxa* inevitablemente se convierte en el primer nivel de una clasificación.
4. Es necesario reconocer tanto las estructuras de ecosistemas, como los de procesos al definir características de hábitat y sus arreglos de especies.

5. Las clasificaciones útiles son casi siempre jerárquicas –en las cuales las entidades están progresivamente agrupadas y distinguidas. Sin embargo, el número de divisiones requeridas en una jerarquía es menos claro.

Considerar los principios 1-5 como base para definir y mapear regiones biogeográficas y para seleccionar áreas representativas requiere tratar con un sistema “mixto”, esto es, uno que combine enfoques y factores taxonómicos, ecológicos y fisiográficos.

Aplicación de la zonificación marina

La zonificación oceánica o marina es un término y un concepto considerado como medio para orientar los usos humanos del océano con el fin de optimizar la utilización de los recursos y proteger los ecosistemas marinos. Los proponentes de la zonificación marina la consideran como un medio para simplificar o coordinar el manejo, o bien agregar un grado de predictibilidad al manejo existente o al sistema regulatorio. La zonificación es una forma de reducir los conflictos de usuarios separando las actividades incompatibles y asignando o distribuyendo usos, con base en la determinación de la vocación de un área para tales usos, y en relación a metas específicas de planeación.

¿QUÉ ES ZONIFICACIÓN OCEÁNICA O MARINA?

Conceptualmente el término es simple. La zonificación oceánica se refiere a un esquema para dividir un área marina en distritos, y dentro de éstos, regular usos para alcanzar propósitos específicos. Tiene dos componentes; el primero es un mapa que muestra las zonas y el segundo es un conjunto de normas o estándares aplicables a cada tipo de zona creada. Para algunas zonas las normas podrían ser proteccionistas de los recursos marinos o hábitat al permitir muy pocos usos compatibles y excluyendo cualquier uso que pudiera poner en riesgo el objetivo de la protección a los recursos. En otras zonas, donde la protección de los recursos es menos prioritaria, se podrían permitir usos más intensos con base en la vocación del área para tales usos. El término y el concepto se toman de la

regulación del uso de suelo, donde la zonificación es el control más común del uso del suelo.

ZONIFICACIÓN TERRESTRE COMO ANTECEDENTE Y MODELO

La zonificación es el sistema más común del control del uso de la tierra en Canadá y Estados Unidos y tiene características bien definidas. Vale la pena considerar varias de ellas al aplicar esta técnica en el océano.

Primero, la zonificación es una herramienta regulatoria para la implementación de un plan. El plan podría ser simplemente el deseo de reforzar los patrones existentes de usos (una noción general sobre separar usos incompatibles) o, de forma ideal, un plan claro para condiciones futuras deseadas con base en un entendimiento del valor y la capacidad de carga de los recursos naturales, tendencias económicas, proyecciones de crecimiento, necesidades de la sociedad, capacidad de infraestructura, interrelaciones entre usos y actividades, etc. La segunda característica básica de la zonificación es la división de una comunidad en distritos uniformes o zonas. Tercero, dentro de cada zona se permiten ciertos usos y otros no. Ésta es la esencia de la zonificación: la separación de usos incompatibles para que los diferentes usos no tengan efectos adversos entre ellos.

Con el desarrollo y la producción de las herramientas de zonificación, ahora las regulaciones con frecuencia permiten una combinación de usos dentro de una zona, bajo criterios específicos diseñados para asegurar la compatibilidad y coexistencia. Además, se han desarrollado varios ajustes a la zonificación convencional para mejorar la protección de los recursos naturales y asignar de mejor forma múltiples prioridades de gestión. Un ejemplo es la aplicación de distritos sobrepuestos, los cuales podrían ser usados ya sea para imponer restricciones adicionales sobre usos o aportar una mayor flexibilidad dentro de las zonas yuxtapuestas.

Una cuarta característica es que toda propiedad dentro de una zona está sujeta al mismo conjunto de regulaciones que rigen tres principales factores: uso, dimensiones y densidad. Si un uso propuesto se apega a las regulaciones, el permiso se expide. En cada vez mayor número de sistemas de zonificación terrestre,

el proceso de determinar el cumplimiento requiere una revisión de la propuesta contra un conjunto de criterios de aprobación que buscan asegurar que el uso es compatible con los aprovechamientos existentes y que tiene impactos mínimos en su alrededor. Las regulaciones de zonificación suelen incluir alguna forma de permiso.

Finalmente, la zonificación terrestre es clara, a pesar de que éste es un ejercicio relativamente reciente.

Los precursores de la zonificación contemporánea se limitaban a separar unos cuantos usos específicos del resto de la comunidad. Ahora, casi universalmente, la zonificación cubre jurisdicciones enteras y el rango completo de usos y circunstancias que se espera se encuentren en el área.

La zonificación es relativamente estable, pero no estática ni inflexible. Puede ser cambiada y, de hecho, se cambia para incluir nuevos objetivos de la comunidad o responder a nueva información.

APLICACIÓN EN EL AMBIENTE MARINO

Al considerar la extrapolación de las técnicas de zonificación terrestre al océano, es importante comenzar por reconocer diferencias importantes en términos de propiedad y fuentes de autoridad, así como en características físicas.

La zonificación terrestre suele ser la regulación de la propiedad privada. Es el ejercicio de la fuerza gubernamental para proteger la salud, seguridad y bienestar general del público. Esta fuerza está restringida por protecciones constitucionales tales como las que se refieren a los derechos de propiedad de los dueños de tierras. Como consecuencia, la zonificación terrestre no puede excluir todo el uso de la propiedad con el interés de proteger los recursos naturales ni puede necesariamente establecer qué uso se hace de una propiedad; sin embargo, sí establece los parámetros para los derechos de uso del propietario.

Contrariamente, con algunas raras excepciones, el mar es un recurso de propiedad pública; los gobiernos son dueños del suelo bajo el mar territorial y sus recursos (sujetos a algunos derechos específicos reservados por el gobierno federal) y el gobierno federal tiene derechos de propiedad en mares más allá de la extensión de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Cualquier decisión regulato-

ria, de gestión o de utilización por parte de los gobiernos estatales/provinciales y federales se hace con un interés público. Las responsabilidades y acciones del gobierno se circunscriben por leyes estatales/provinciales, federales e internacionales. Si bien carecen de la categoría de propietarios, los usuarios tradicionales de los recursos marinos ejercen influencia en el desarrollo de políticas y estrategias de manejo.

La zonificación oceánica también es más compleja en el sentido de que necesita abordar y manejar actividades sobre la superficie oceánica, el espacio arriba de ella, a través de la columna de agua, así como sobre y debajo del suelo marino. Es razonable pensar que un área del océano pudiera tener usos múltiples (por diferentes sectores) o varios objetivos de manejo simultáneamente y también es posible que un uso u objetivo de manejo prohibiera todos los demás. La zonificación oceánica también podría tener una dimensión temporal, prohibiendo usos sobre un período o con una base estacional.

El establecimiento y delineación de fronteras de zonas oceánicas presenta retos adicionales. Primero, debe haber información adecuada y entendimiento de los recursos, funciones naturales y los requerimientos de los usuarios, como base para crear zonas. Después, debe haber un método para delinear las zonas para que éstas puedan ser representadas en mapas y ubicadas en campo. Aún los límites de la zonificación en tierra –que tiene características físicas notables, es fácilmente accesible y fácilmente medida– son a veces temas de disputa. La literatura sobre jurisdicciones del océano presenta las dificultades asociadas con la determinación y mapeo de fronteras fuera de la costa (Sutherland 2002). Brevemente, éstas incluyen:

- Falta de datos espaciales consistentes
- La naturaleza multidimensional (física y legal) del ambiente marino
- La falta de información precisa, completa y actualizada sobre los recursos
- La necesidad de un sistema científico objetivo al establecer fronteras
- Accesibilidad por parte de usuarios y agencias locales, estatales o federales

Otra dificultad con el establecimiento de zonas oceánicas es que si bien las zonas designadas deberían ser estáticas, algunos de los recursos que habitan que

podrían estar sujetos a un esquema de zonificación, son muy móviles (Naug 2000). Un cambio en las condiciones ambientales también puede alterar la vocación de un área para funcionar como hábitat, causando como respuesta la migración de especies fuera de la zona protegida (Sanchirico 2000). Establecer un sistema para el monitoreo de la efectividad de la zonificación marina para alcanzar objetivos de manejo en el tiempo es un elemento importante del proceso de planeación.

Finalmente la zonificación, ya sea terrestre o marina, es una herramienta de implementación y típicamente una de las muchas que se usan con frecuencia en el manejo. La zonificación es una herramienta para la implementación de un plan que está basado en información acerca de los recursos, su importancia ecológica, funciones naturales y valores económicos, así como políticas y objetivos adoptados que reflejan los valores de las sociedades. Determinar y priorizar dichos valores en el ambiente marino es uno de los más grandes retos de gestión.

Al igual que en tierra, la fortaleza de la zonificación en una aplicación marina recae en su utilidad para permitir o prohibir usos en áreas específicas. Puede excluir usos únicamente para propósitos de proteger los recursos naturales o bien para reducir o eliminar conflictos entre usos que compiten. Los usos permitidos (o prohibidos) en una zona estarán en función de las capacidades o impedimentos del ambiente natural así como de un reflejo de las necesidades e intereses de las sociedades por explotar recursos.

PLANIFICACIÓN DE USOS DE ZONAS MARINAS VS. MANEJO INTEGRADO DE ECOSISTEMAS

Si bien el manejo integrado de zonas costeras se ha convertido en un marco reconocido para abordar cambios, la planeación marina espacial ha emergido recientemente como un punto focal en la gestión del uso del océano. Los países e instituciones internacionales, ONG y convenciones internacionales, como la OSPAR, están considerando o implementando la planeación marina espacial, y una amplia gama de documentos de política ahora se refieren explícitamente a la planeación marina espacial como medio para implementar una gestión sustentable de recursos marinos.

Así como muchas otras palabras ampliamente usadas, “planeación” y “manejo” pueden tener varios significados dependiendo del contexto en que se usan. La planeación por lo general se refiere en el lenguaje común al proceso de determinar actividades futuras. Tener un plan es tener una forma de proceder. En este contexto, la planeación tiene dos componentes: primero, la determinación de metas de lo que se quiere alcanzar en el futuro; y segundo, la calificación de los pasos requeridos para alcanzar esas metas. Estos dos componentes pueden ser vistos como comunes en todos los planes y los ejercicios de planeación, sin embargo, diferentes tipos de planes e iniciativas de planeación podrían interpretar estos dos componentes de formas distintas.

Tal vez haya tantos tipos de planes como planificadores tratando de clasificarlos. No obstante, a pesar del gran número de planes y enfoques diferentes de planeación, la vasta mayoría de planes e iniciativas de planeación se pueden caracterizar ya sea como estratégicas o como operacionales. Aquéllas que no caigan precisamente en cualquiera de estas categorías generalmente combinan tanto los componentes estratégicos como los operacionales (Hussey 1991).

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y OPERATIVA

La planeación estratégica es la categoría más alta en planeación e intenta aportar un contexto dentro del cual se diseñen planes más detallados para establecer y alcanzar objetivos específicos. La planeación estratégica establece objetivos amplios y delinea los enfoques requeridos para alcanzarlos; no pretende dar objetivos detallados, o una descripción paso a paso de todas las acciones requeridas para alcanzar los objetivos.

Existen dos tipos principales de iniciativas de planeación estratégica relevantes a la gestión de la costa: de enfoque geográfico (planes integrales de área), y estrategias sectoriales (enfocadas en un área temática o las actividades de una agencia gubernamental).

Contrario a la planeación estratégica, la planeación operativa establece las direcciones y pasos para alcanzar acciones de gestión en el sitio. Tal como su nombre sugiere, la planeación operativa dicta operaciones localizadas –tales como la rehabilitación de un área de manglar, o la construcción de pasos peatonales a tra-

vés de dunas-. Tienen que detallar exactamente dónde y cómo se desarrollarán las operaciones. Los contenidos de los planes operativos típicos incluyen detalles tales como diseños de sitio, costos y calendarios de trabajo.

MANEJO COSTERO

El “manejo costero” se podría interpretar como la conducción de las actividades que ocurren día a día en tierras y aguas costeras, o bien se podría utilizar para referirse al control total de las agencias gubernamentales que supervisan las actividades diarias. Ambas interpretaciones parecen válidas. Como en el caso de la planeación, el manejo se puede dividir en estratégico y operativo; el primero se refiere al proceso de tener el control de los asuntos de una organización respecto de la costa y el segundo, las actividades de control de acciones en el sitio.

Por otro lado, el significado de “integración” en manejo costero conduce a una discusión interesante. El término integración los usan de forma diferente varias disciplinas. Por ejemplo, en el nivel de micro producción la integración se puede enfocar en tecnologías de producción tales como el reciclaje de subproductos y utilización mejorada de espacios. La agricultura integrada también utiliza el término en un sentido predominantemente técnico, donde el enfoque está en el uso de un producto de salida, o subproducto de un proceso como insumo en otro proceso. En un sentido más amplio, una economía integrada es aquella que está organizada o estructurada de tal forma que las unidades constitutivas funcionen cooperativamente. En un sentido sociológico o cultural, la integración se refiere a un grupo o sociedad cuyos miembros interactúan con base en normas o valores comúnmente compartidos.

Aquí se adopta una amplia definición interdisciplinaria de integración, la cual incorpora diversos conceptos disciplinarios y sectoriales. El manejo integrado se refiere a la administración de componentes sectoriales como partes de un todo funcional con el reconocimiento explícito de que el comportamiento humano, no las reservas físicas de los recursos naturales como peces, tierra o agua, es típicamente el enfoque de manejo. El propósito del manejo integrado es permitir el desarrollo multisectorial para avanzar con los menores contratiempos.

MANEJO INTEGRADO DE ECOSISTEMAS

El enfoque de manejo de ecosistemas se ha definido como la gestión integrada y comprensible de las actividades humanas, con base en el mejor conocimiento disponible acerca del ecosistema y su dinámica, con el objeto de identificar y tomar acciones sobre influencias críticas para la salud de los ecosistemas marinos y así alcanzar un uso sustentable de los bienes y servicios de estos ecosistemas y la conservación de su integridad.

Sin embargo, tal y como se señala anteriormente, identificar y delimitar ecosistemas en ambientes acuáticos de gran escala es una tarea complicada. Es necesario también considerar las dimensiones humanas del sistema. Por lo tanto, un principio clave para el desarrollo sustentable de mares y costas es considerar una perspectiva integrada y de orientación sistémica. Una perspectiva integrada considera al ecosistema con cuatro subsistemas: cultural, institucional, social y económico, lo cual aporta un marco coherente para la gestión con base en las interacciones de estos subsistemas. El enfoque ecosistémico está en el centro, permitiendo la conservación de la base del recurso, su uso y el reparto de beneficios entre la sociedad. También es necesario un contexto integrado y un acuerdo sobre los objetivos y metas en el tiempo a través de sectores e instituciones.

El concepto de manejo integrado de ecosistemas busca asegurar la sustentabilidad intergeneracional de los bienes y los servicios del ecosistema, incluyendo la biodiversidad y los ciclos de productividad e hidrológicos. Desde la perspectiva pesquera, con este concepto se reconocen las interacciones de los recursos de la pesquería y el ecosistema donde se encuentran, y se reconoce los valores y servicios ambientales que los recursos pesqueros y los ecosistemas marinos proveen. De esta manera, es claro que para mantener la producción pesquera se requiere mantener los ecosistemas que producen los recursos pesqueros. Este enfoque representa un cambio de paradigma, pasando de la visión de una sola especie o de enfoques temáticos sectoriales de corto plazo hacia una visión más amplia de la integralidad de los ecosistemas, que se mueve de forma espacial desde escalas pequeñas a las mayores, y de las prácticas de manejo de corto plazo a las de largo plazo (Díaz de León et al. 2004).

A este respecto, el Fondo Ambiental Mundial (Global Environment Facility, GEF) está apoyando el desarrollo de nuevas metodologías para el manejo de grandes ecosistemas marinos en África, Asia, América Latina y Europa Occidental, los cuales se basan en el concepto de Manejo Integrado de Grandes Ecosistemas Marinos, mismos que vía el reconocimiento de cinco módulos interrelacionados que representan al ecosistema (productividad, biodiversidad y salud del ecosistema, recursos marinos y pesquerías, aspectos sociales y económicos del ecosistema y gobernanza) promueve la participación de los gobiernos, las comunidades locales, los grupos de interés identificados y las instituciones académicas.

Finalmente, el manejo de ecosistemas propone hacer cambios sustanciales al manejo tradicional de recursos; es decir, un cambio de paradigma en el cual se plantea ir de un enfoque de especies individuales a ecosistemas; de una pequeña escala espacial a escalas múltiples; de una perspectiva de corto plazo a una perspectiva de largo plazo; de considerar a los seres humanos como independientes de los ecosistemas a considerarlos como parte integral de los ecosistemas; de separar la gestión de la investigación a adoptar un manejo adaptativo; y por último, de simplemente administrar materias primas a sostener el potencial de producción de bienes y servicios.

La planeación espacial marina no debe estar guiada por intereses sectoriales sino por una visión de desarrollo sustentable que implique un enfoque ecosistémico y una igual consideración de principios ecológicos, económicos y sociales.

CONCLUSIONES

El espacio marino es un recurso valioso –el cual está cada vez más sobre utilizado en muchos lugares de los mares del mundo (por ejemplo, el Mar del Norte) y a menudo, mal manejado. En este sentido, los componentes de los ecosistemas de áreas marinas no están siendo manejados y, por ende, no están siendo protegidos. Los usos del espacio marino por parte de los seres humanos a menudo presentan conflictos (uso-uso) y algunos de estos usos son incompatibles con el mantenimiento de las funciones críticas de ecosistemas (uso-ambiente).

No obstante, estos usos, incluyendo el del espacio marino, se podrían manejar adecuadamente. Más aún, muchos de estos conflictos se pueden evitar o

reducir a través de la Planeación Espacial Marina al incidir en la ubicación de actividades humanas en el espacio y en el tiempo. Para el manejo del desempeño de las actividades humanas, se necesitan otras herramientas.

Muchos países ya designan espacios marinos para la transportación, desarrollo de actividades petroleras, plantas eólicas, disposición de residuos, etc. Sin embargo, esto sucede en una escala caso por caso o sector por sector; raramente se practica una planeación espacial marina evidente en la actualidad.

Por lo tanto, es indispensable que los Grandes Ecosistemas Marinos se sigan abordando desde una perspectiva nacional. Una buena política nacional debería tomar un enfoque internacional en el cual los temas específicos de una región se consideren en el contexto total del área. El ambiente marino sólo se puede manejar en un contexto internacional (agua y recursos como un bien común) y no de forma independiente a la parte continental ya que hay impactos tierra a mar y mar a tierra.

El uso del mar en el futuro es una cuestión de elección y de prioridades, lo cual requiere diálogo y medios participativos para la toma de decisiones. Queda claro que la Planeación Espacial Marina debe considerar una visión integrada de usos. En este sentido, no es posible planear con sólo un usuario en mente. Las acciones combinadas de usos en la medida que se relacionan a otros usos y los usos en la medida que se relacionan al ambiente marino también se deben tomar en cuenta.

Un precepto clave que se acepta ampliamente es el enfoque de ecosistemas. Éste se basa en la idea de que los ecosistemas en funcionamiento son la parte central para alcanzar un desarrollo sustentable. No sería adecuado tomar un enfoque sectorial o hacer una zonificación estricta para la gestión de un sistema dinámico como el mar. Para lograr una gestión sustentable se necesita la integración y la participación de muchas partes en el proceso de instrumentación de políticas. Por otro lado, el mar tampoco se puede separar de la zona costera continental.

La meta de una visión debería ser aportar un marco lo suficientemente flexible para el futuro desarrollo sustentable de cualquier gran ecosistema marino (LME). Eventualmente, el plan estructural resultante se deberá traducir en una política internacional. Finalmente, las actividades deberían estar articuladas para

complementarse unas a otras a escala internacional y se deberían establecer acuerdos internacionales para asegurar que esto ocurra.

BIBLIOGRAFÍA

- Adey, W. H. y R. S. Steneck. 2001. Thermogeography over time creates biogeographic regions: A temperature/space/time-integrated model and an abundance-weighted test for benthic marine algae. *Journal of Phycology* 37:677–698.
- Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz y V. Aguilar (comps.) 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw Hill, Nueva York.
- . 1995. *Global Biogeography*. Elsevier, Amsterdam.
- Burgess, N. D., J. D. Hales, A. T. H. Ricketts y E. Dinerstein. 2006. Factoring species, non-species values and threats into biodiversity prioritisation across the ecoregions of Africa and its islands. *Biological Conservation* 127: 383–401.
- Burke, A. L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. 2001. *Pilot analysis of global ecosystems. Coastal Ecosystems*. World Resources Institute, Washington.
- Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox y M. Spalding. 2003. *United Nations List of Protected Areas*. Gland (Switzerland): IUCN, World Conservation Union; Cambridge (Gran Bretaña): UNEP World Conservation Monitoring Centre.
- Chape, S., J. Harrison, M. Spalding e I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Proceedings of the Royal Society B*360: 443–455.
- Díaz de León, A., G. Alcántar, P. Álvarez, L. Gutiérrez, D. Pedroza, S. Cortina, M. Ibáñez y G. Brachet, 2004. Valoración, uso y perspectivas de la biodiversidad marina: compartiendo experiencias entre México y Latinoamérica. Seminario internacional valoración, uso y perspectivas de la biodiversidad marina: Hacia adónde va Chile, 1º de diciembre de 2004, Santiago de Chile.
- Ekman, S. 1953. *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick & Jackson, Londres.
- Forbes, E. 1856. Map of the distribution of marine life. En: A. K Johnston, (ed.). *The Physical Atlas of Natural Phenomena*. William Blackwood and Sons, Edinburgh. Pp. 99–102 e ilustración 131.

- Groombridge, B. y D. M. Jenkins. 2001. *World Atlas of Biodiversity. Earth's Living Resources in the 21st Century*. UNEP-WCMC, University of California Press, Londres.
- Hayden, B. P., G. C. Ray y R. Dolan. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11(3):199–207.
- Hazen, H. D. y P. J. Anthamatten. 2004. Representation of ecological regions by protected areas at the global scale. *Physical Geography* 25: 499– 512.
- Hedgpeth, J. W. 1957. Marine Biogeography. En: *Traetise on Marine Ecology and Paleoecology*. Vol. 1. Memoires of the Geological Society of America 67: 359–382.
- Hempel, G. y K. Sherman (eds.). 2003. *Large marine ecosystems of the world: Trends in exploitation, protection and research*. Elsevier, Amsterdam.
- Hoekstra, J. M., T. M. Boucher, T. H. Ricketts y C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: Global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8:23–29.
- Hussey, D. E. 1991. *Introducing corporate planning: guide to strategic management*. Pergamon, Oxford.
- Kelleher, G., C. Bleakley y S. Wells (eds.). 1995. *A global representative system of marine protected areas*. Vols. 2–4. Great Barrier Reef Marine Park Authority, World Bank, IUCN (World Conservation Union), Washington.
- Lamoreux, J. F., J. C. Morrison, T. H. Ricketts, D. M. Olson, E. Dinerstein, M. W. McKnight y H. H. Shugart. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440:212–214.
- Longhurst, A. 1998. *Ecological geography of the sea*. Academic Press, San Diego.
- Lourie, S. A. y A. C. Vincent. 2004. Using biogeography to help set priorities in marine conservation. *Conservation Biology* 18:1004–1020.
- Naug, J. G. 2000. Zoning and the marine environment. A directed study in planning. Consultado el: 16 agosto 2006. Disponible en: <http://www.csc.noaa.gov/opis/html/esri99.htm>
- Olson, D. M. y E. Dinerstein. 2002. The Global 200: Priority ecoregions for conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89:199–224.
- Olson D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao y K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *Bio Science* 51(11):933–938.

- Sanchirico, J. N. 2000. Marine protected areas as fishery policy: A discussion of potential costs and benefits. Discussion Paper 00-23. Resources for the Future, Washington.
- Sherman K, M. Sissenwine, V. Christensen, A. Duda, G. Hempel, C. Ibe, S. Levin, D. Lluch-Belda, G. Matishov, J. McGlade, M. O'Toole, S. Seitzinger, R. Serra, H.-R. Skjoldal, Q. Tang, J. Thulin, V. Vandeweerdt y K. Zwanenburg. 2005. A global movement toward an ecosystem approach to management of marine resources. *Marine Ecology Progress Series* 300:275–279.
- Spalding, M. D., H. E. Fox, G. R. Allen, N. Davidson, Z. A. Ferdaña, M. Finlayson, B. S. Halpern, M. A. Jorge, A. Lombana, S. A. Lourie, K. D. Martin, E. Mcmanus, J. Molnar, Ch. A. Recchia y J. Robertson. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57 (7):573–583.
- Spellerberg, I. F. y J. W. Sawyer. 1999. *An introduction to applied biogeography*. Cambridge University Press, Gran Bretaña.
- Sutherland, M. y S. Nichols. 2002. Marine boundary delimitation for ocean governance Consultado el: 16 agosto 2006. Disponible en: http://www.ddl.org/figtree/pub/fig_2002/Js12/JS12_sutherland_nichols.pdf.

Imágenes dinámicas de la temperatura de la superficie de los mares de México, 1996-2003

Artemio Gallegos García, Jorge Zavala Hidalgo,
Olmo Zavala Romero, Raymundo Lecuanda,
Adriana Mateos Jasso y Ranulfo Rodríguez Sobreyra

INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas (DGIOECE) del Instituto Nacional de Ecología (INE) realizó el Primer Taller de Expertos sobre Metodologías para el Ordenamiento Ecológico Marino (México, D.F., 15 y 16 de noviembre, 2004) con el propósito de revisar los avances logrados en esta materia, y para estimular la aplicación y el desarrollo de los instrumentos científicos y técnicos que requiere un proceso de Ordenamiento Ecológico Marino (OEM) viable, para la implementación de políticas públicas federales en el tratamiento de cuestiones de ecología y manejo de recursos naturales, de interés y alcance nacional.

En ese taller se discutieron, principalmente, los elementos técnicos y metodológicos necesarios para realizar la fase de caracterización de los OEM en nuestro país. Con el propósito de profundizar y hacer efectiva esta discusión se identificaron cuatro temas centrales y se conformaron cuatro mesas de trabajo: regionalización costera, regionalización oceánica, regionalización por especies de importancia biológica, y regionalización por actividades socioeconómicas.

El presente estudio responde a diversas propuestas y recomendaciones hechas en la mesa de trabajo regionalización oceánica. En ésta se puso especial atención

en los criterios y conceptos para establecer un OEM, más que en el ordenamiento mismo; y se convino también en reconocer como principio elemental la complejidad de la física del océano y de la atmósfera, particularmente la de los procesos físico-termodinámicos de interacción en la interfase aire-mar, y en aceptar que son éstos los que fundamentan una regionalización marina de manera natural. En consecuencia, se estima indispensable conocer, identificar, medir, registrar y examinar el dominio marino-ambiental que conjuntamente establecen los procesos físicos de interacción océano-atmósfera en cuanto a ubicación geográfica y variabilidad, tanto en su intensidad como en sus escalas espacio-temporales.

Estas acciones requieren de la medición y la observación sistemáticas de diversas variables físicas, como son la temperatura de la superficie del mar, la temperatura y la humedad del aire, la nubosidad, la presión atmosférica al nivel del mar, la radiación solar incidente y reflejada, la radiación terrestre y marina, la atenuación vertical de la luz difusa, la intensidad del viento y su dirección, y también, el nivel, la rugosidad y el color (clorofila y otros pigmentos) de la superficie del mar.

Desde hace ya algunos lustros, muchas de estas variables físico-ambientales son susceptibles a la detección y al registro de sus magnitudes con instrumentos montados en satélites artificiales (Maul 1985). Las ventajas evidentes del uso de esta moderna tecnología de observación y medición de variables ambientales son su accesibilidad y su relativo bajo costo por unidad de registro. Ello ha permitido, además de la creación de bancos de datos donde están bien organizados los registros numéricos de tales variables, el advenimiento y el desarrollo de la oceanografía y la meteorología satelitales que, entre otras afortunadas e importantes consecuencias, son disciplinas que han estimulado el estudio y ampliado y profundizado el conocimiento científico de nuestro *sistema climático terrestre* (SCT).

De las variables ambientales arriba mencionadas, la temperatura de la superficie del mar (TSM) se reconoce como la 'huella digital térmica' que imprimen diversos procesos mecánicos y termodinámicos que ocurren en la interfase océano-atmósfera, así como también diversos fenómenos dinámicos del océano que tienen una expresión térmica en la superficie del mar (Gallegos *et al.* 2003), como son los procesos de surgencia –oceánica y costera–, y las descargas de los ríos –permanentes y temporales– al océano.

El análisis de la evolución espacio-temporal de distribuciones específicas de la TSM en los mares mexicanos, plasmadas en secuencias computarizadas de imágenes de satélite ordenadas cronológicamente –imágenes dinámicas–, permite descubrir e identificar de manera visual una diversidad de formas y estructuras térmicas cuyo comportamiento parece estar asociado, en muchos casos, con la conformación geográfica local de la cuenca o litoral, o con determinada estación o mes del año. En otros casos, las distribuciones térmicas parecen corresponder a procesos oceánicos o meteorológicos de regularidad anual o interanual, y también a dimensiones geográficas de escala regional.

Además, y superpuestos a tales configuraciones, se observan rasgos térmicos de menor tamaño que cambian muy rápidamente, día a día, y que están asociados con el carácter turbulento de los procesos físicos del océano y la atmósfera. Tales expresiones térmicas definen, en función de su escala geográfica y su persistencia, la participación de condiciones oceanográficas locales como regionales. Son estas expresiones, también, las que sugieren utilizar las distribuciones espacio-temporales de la TSM para descubrir, identificar y desarrollar una regionalización marina.

La aplicación de políticas públicas federales eficaces en el tratamiento de asuntos de ecología de la zona costera y oceánica de México, a escalas local, regional y nacional, se fundamenta en el uso de instrumentos científicos, técnicos y metodológicos. Por ello, la oceanografía física y la meteorología, como disciplinas científicas inmersas en la trama del conocimiento geofísico contemporáneo, sirven como instrumentos conceptuales para utilizar la información que se produce a partir de los bancos de datos satelitales, y para establecer criterios básicos con los que se construya la estructura de un ordenamiento ecológico marino (OEM) para nuestro país.

En otros países se han elaborado productos similares a los que aquí se presentan, es decir, imágenes dinámicas de diversas variables ambientales marinas, pero ninguno de ellos se ha elaborado con el propósito de aplicarlo de manera específica al establecimiento de un OEM.

En la realización del presente estudio se recurrió a los datos y productos estadísticos de un acervo de registros satelitales de la temperatura de la superficie del mar: el Banco de Información de la Temperatura de la Superficie de los Mares de

México (BITSMEX). Con ellos se construyeron las animaciones computarizadas (imágenes dinámicas) de la evolución espacio-temporal de la TSM en los mares mexicanos para el periodo 1996-2003.

La construcción del BITSMEX se llevó tres años y se instaló, finalmente, en mayo de 2003, en el Laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ahí y desde entonces, quienes colaboran en la realización del presente estudio, administran, mantienen y alientan el libre acceso a este acervo a través de Internet en: <http://tsunami.icmyl.unam.mx>.

METODOLOGÍA

La temperatura de la superficie del mar (TSM) es la 'huella digital térmica' que imprimen en la superficie del mar diversos procesos dinámicos del océano y también de interacción océano-atmósfera. Los valores numéricos de la TSM están directamente asociados con la intensidad y la rapidez de cambio, la ubicación geográfica, las dimensiones espaciales, la duración y con el (instante de) tiempo en el que ocurren los flujos verticales mecánicos y termodinámicos de *momentum* (esfuerzo del viento sobre el mar), masa (evaporación y precipitación) y energía (radiación solar, emisión infrarroja y conducción turbulenta) entre la capa límite atmosférica y el estrato superficial del mar.

Aunque la TSM que registran los radiómetros satelitales es la emisión de la 'piel del océano', cuyo grosor estimado es del orden de milésimas de milímetro, existe amplia evidencia de que los procesos de mezcla vertical turbulenta en el océano mantienen térmicamente homogéneo un estrato superficial del mar, conocido como la capa de mezcla (o capa mezclada), cuya extensión vertical, en los mares mexicanos, es de una a varias decenas de metros de profundidad. Por ello, la TSM que se observa se considera representativa de lo que ocurre en la capa de mezcla de estas regiones (Curry y Webster 1999; Gallegos et al. 1996).

En consecuencia, el análisis de la evolución espacio-temporal que muestran las distribuciones de la TSM de los mares de México, plasmadas en imágenes dinámicas, permite descubrir e identificar de manera visual una diversidad de

formas y estructuras térmicas cuya motilidad parece estar asociada, en muchos casos, con la conformación geográfica local de la cuenca o litoral; o con la estación o mes del año. En otros casos, las distribuciones térmicas parecen responder a procesos de regularidad interanual de escala regional. Se observan también en todas estas configuraciones otras de menor tamaño, que cambian día a día y que están asociadas con el carácter eminentemente turbulento del océano.

La producción de imágenes dinámicas de la TSM se inicia con la construcción organizada y sistemática de matrices de datos de la radiación electromagnética que emite la superficie del mar, y que se registra con dispositivos específicos, en nuestro caso con radiómetros tipo AVHRR (del inglés Advanced Very High Resolution Radiometer) colocados en satélites artificiales de la serie NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration, EUA) que orbitan nuestro planeta, cinco de los cuales están actualmente en operación (Maul 1985).

La aplicación de algoritmos matemáticos específicos a los datos de radiación permite su conversión a valores de temperatura de la superficie del mar (TSM). A esta importante etapa de procesamiento sólo le antecede la de registro y validación de datos, que ataca el efecto de: 1) las nubes (que impide el registro de la radiación de la superficie del mar); 2) el vapor de agua (que atenúa la señal de radiación de la superficie del mar); 3) el brillo solar (que altera la cantidad de radiación emitida por la superficie del mar, pero sólo en las imágenes tomadas durante la parte soleada del día); 4) otros efectos que surgen de las condiciones de vuelo; 5) la continuidad de suministro de energía del satélite que sustenta a cada radiómetro; y también 6) los imponderables problemas técnicos y administrativos que ocasionalmente surgen en el proceso de recepción en el sistema de la estación terrestre correspondiente.

Las imágenes tienen una frecuencia diaria. Salvo por problemas de nubosidad o fallas técnicas ocasionales, se reciben hasta diez imágenes diarias útiles de la TSM, de instrumentos del mismo tipo pero montados en los distintos satélites que pasan sobre los mares de México a horas determinadas del día y la noche. Cada satélite circunda la Tierra, en órbita polar, en aproximadamente dos horas, de tal manera que cubre casi la misma escena, es decir, la misma área geográfica –de 1,200 km de largo por 800 km de ancho–, dos veces por día: una en ascenso (en órbita hacia el polo norte) y la otra en descenso (en órbita hacia el polo

sur). Cada paso satelital implica alrededor de 80 millones de unidades numéricas, que constituyen el código elemental de los registros de la temperatura de la superficie del área geográfica registrada.

Estos grandes volúmenes de datos radiométricos, una vez validados y convertidos en datos térmicos, que son los valores asignados a la TSM, se organizan y ordenan cronológicamente y se clasifican por hora de paso para cada satélite. Así, de manera acumulativa se van llenando matrices de números que representan las áreas geográficas de donde provienen los datos de la TSM. La dimensión de estas matrices (número de filas por número de columnas) se puede ajustar matemáticamente para representar de manera precisa la ubicación y la extensión del área geográfica que se quiera, siempre y cuando ésta quede ubicada en la escena geográfica cubierta apropiadamente por el satélite en cuestión. En nuestro caso, la dimensión de las matrices básicas se ajustó a las regiones de interés (ver apéndice), para abordar un estudio de regionalización asociado con el OEM de los mares de México.

La producción de nuestras animaciones computarizadas (imágenes dinámicas) de la TSM consiste en construir matrices de dimensiones apropiadas para representar una demarcación geográfica específica predeterminada, y ordenarlas cronológicamente. En virtud de que las imágenes diarias, de un mismo satélite y a una misma hora de paso, normalmente no cubren el área geográfica elegida y, además, están 'contaminadas' en mayor o menor grado por nubosidad, vapor de agua y brillo solar, es necesario promediarlas (por superposición) para filtrar, o por lo menos atenuar numéricamente, los efectos de dicha contaminación. Este procedimiento reduce notablemente la frecuencia de los registros locales de la TSM y disminuye la calidad de los datos contenidos en cada secuencia de imágenes de la animación computarizada, para dar un seguimiento suficientemente detallado de la evolución de configuraciones térmicas identificables y delineadas en las imágenes satelitales consecutivas de la TSM del área de estudio que se trate.

Por ello, es necesario valorar cuidadosamente cada secuencia de imágenes para elegir el mejor intervalo para el promedio de las matrices (por superposición de imágenes), es decir, el que resulte más adecuado para expresar el desarrollo y la evolución del mayor número posible de configuraciones térmicas que se

pueda delinear e identificar en ellas. Esta acción implica construir imágenes que se promedian en periodos predeterminados de hasta treinta días (promedios mensuales).

La elección del periodo depende también de lo ‘limpias’ que estén las imágenes individuales que integren la animación por construir. Por ejemplo, si predominan imágenes individuales ‘contaminadas’ por nubes o registros malos, es necesario alargar el periodo para obtener imágenes superpuestas razonablemente más ‘limpias’. El periodo determina también la habilidad de la imagen dinámica para identificar la evolución temporal de las configuraciones térmicas. Naturalmente, a mayor periodo del promedio, menor es la habilidad para distinguir con claridad los cambios consecutivos registrados. Este procedimiento determina la resolución estadística de las imágenes promediadas.

Una sucesión cronológica de imágenes de la TSM de una demarcación geográfica elegida debe tener continuidad, similar a la animación de una escena cinematográfica, en la que cada recuadro de la cinta, que corresponde a un momento dado de la acción, debe ser congruente con la escena del recuadro que le sigue.

Un ejemplo de lo que significa la continuidad en las imágenes satelitales se muestra en la figura 1, que expone una sucesión de seis imágenes de la TSM del Golfo de Tehuantepec. La primera imagen corresponde al 15 de enero de 1996 y la última al día 25 de ese mismo mes. Esta colección ordenada de imágenes, relativamente limpias de nubes, muestra que las configuraciones térmicas de esta región, bajo la influencia de los fuertes vientos ‘tehuanos’ asociados con los ‘nortes’ en el Golfo de México, asumen formas de chorros, filamentos y abanicos alineados con el viento ‘tehuano’ en turno. Por la continuidad visual que se percibe en esta sucesión de imágenes, es posible descubrir que paulatinamente algunas de estas configuraciones se transforman en grandes vórtices (giros) anticiclónicos, de hasta 500 km de diámetro, y que, partiendo del centro del golfo, se desplazan hacia el oeste. Nótese, además, cómo los cambios en la configuración de la señal térmica responden a los renovados impulsos del viento (imágenes 3 y 4), y cómo ésta se debilita cuando la intensidad del viento decrece (imágenes 5 y 6 de la misma figura).

Valga este ejemplo para mostrar cómo una sucesión ordenada de imágenes satelitales aporta evidencias, si aquélla es suficientemente continua, para iden-

tificar procesos geofísicos que de manera natural imponen criterios para una regionalización marina.

Sin embargo, las imágenes de una secuencia cronológicamente ordenada, aunque derivadas de datos bien registrados, por causa de la persistente nubosidad, no pueden utilizarse normalmente en su forma 'instantánea'. Es necesario construir 'superposiciones' a manera de promedios sobre intervalos de hasta un mes, para reducir el efecto contaminante de las nubes. Esto impide el registro simultáneo, continuo y normal de la TSM de múltiples localidades en una misma escena geográfica (instantánea) al paso del satélite (Gallegos et al. 1996). Así, en una secuencia cronológica de imágenes promediadas (medias mensuales, por ejemplo), cada imagen superpuesta exhibe ineludibles discontinuidades respecto a la imagen previa y a la que le sigue, porque las superposiciones ponderan de manera no homogénea los valores observados de la TSM, y al hacerlo impiden ver detalles de conformaciones térmicas reales que desaparecen o que no se ven cambiar de manera congruente de una imagen a la siguiente.

Estas discontinuidades ya mencionadas, inevitables e inverosímiles, se pueden atenuar con procedimientos matemáticos de interpolación. Las imágenes dinámicas del presente estudio son el resultado de interpolaciones específicas aplicadas a secuencias cronológicas (series de tiempo) de matrices de datos que corresponden a promedios mensuales de la TSM.

En esencia, una imagen dinámica computarizada es un ensamble de matrices de la misma dimensión, superpuestas y ordenadas cronológicamente. Así, en cada posición ('pixel' o registro matricial), cuyo valor es la TSM que corresponde al promedio de una área geográfica de 1.5 km² aproximadamente, se desarrolla una serie de tiempo de datos de la TSM cuya extensión cubre el periodo de la secuencia que se pretende interpolar.

Los productos elaborados para este trabajo se sustentan en datos que son promedios mensuales de la TSM y cuya extensión en tiempo es de ocho años: de enero de 1996 a diciembre de 2003. El examen de estos datos da como resultado la evidente variación anual de la TSM en todos los mares de México. Éste es un hecho perfectamente congruente con el ciclo anual de la declinación del sol: la variación es mínima en verano, cuando la radiación solar es máxima; y máxima en invierno, cuando la radiación solar es mínima.

Superpuestos al periodo anual de la radiación solar, claramente dominante en intensidad, existen otros lapsos regulares que se atribuyen a procesos de la interacción océano-atmósfera tan diversos como la evaporación, la nubosidad, la lluvia y el viento, que tienen ciclos regulares de distinta duración, y cuyos máximos y mínimos ocurren en tiempos distintos. Además, la importancia relativa de estos procesos depende, en muchos casos, de las condiciones ambientales locales o regionales, lo cual aumenta la diversidad de expresiones térmicas de la TSM en diferentes áreas geográficas (figura 2).

Los doce promedios mensuales de la TSM no eliminan las notorias diferencias estacionales y regionales de esta variable, por lo que es posible interpolarlos con el método de sumas de Fourier. Con ellas se reconstruye, para cada registro matricial (pixel), una serie de tiempo de un año de extensión con valores interpolados diarios. De esta manera se logra una continuidad aceptable que se ajusta a los datos promedio observados (figura 3).

El efecto de este tipo de interpolación es tal que, en nuestro caso, a partir de doce matrices de promedios mensuales de la TSM, que representan la evolución anual de enero a diciembre de un año del periodo 1996-2003, es posible construir una sucesión de 365 matrices que corresponden, en teoría, a un mismo número de 'imágenes diarias', y que tienen la continuidad necesaria en el movimiento y la congruencia visual esperada.

Resultados

Los productos elaborados para el presente estudio se presentan y se describen en esta sección, y son de dos tipos. El primero consiste en una serie de figuras que muestran el efecto de los cálculos estadísticos realizados sobre los datos, y exhiben la aplicación del método matemático de interpolación. El segundo tipo consiste en las animaciones computarizadas o imágenes dinámicas, que son el producto más importante. Estos resultados se presentan en el CD incluido en este libro, por lo que la referencia a estos productos invita al lector a utilizar una pantalla electrónica para ver y seguir la descripción literal de las imágenes dinámicas a las que se hace referencia en este texto.

Un primer producto de interés estadístico se plasma en la figura 4 que presenta la distribución geográfica del promedio anual de la TSM en los mares de México. Se puede ver, por ejemplo, la 'alberca caliente' del Pacífico mexicano, con temperaturas medias superiores a los 28° C, que está escindida por una zona de agua superficial menos cálida, localizada en el Golfo de Tehuantepec. El Golfo de México, a la escala aquí manejada, es térmicamente uniforme, a excepción de las costas y las plataformas estadounidenses, cuyas temperaturas medias anuales son notoriamente más frías. El Golfo de California muestra dos regiones cálidas separadas por una zona de agua relativamente fría. Es evidente también que la región del Pacífico mexicano subtropical, cuyas aguas tienen una TSM de apenas 17° C, es casi 10° C más fría, en promedio, que el resto de los mares de México. La drástica zona de transición entre las aguas cálidas y las frías del Pacífico mexicano es conspicua y se extiende en una dirección NE-SW, casi ortogonal al litoral bajacaliforniano, a causa de la penetración de la fría corriente de California hacia latitudes tropicales.

Con el propósito de seleccionar los parámetros físicos que permitan sustentar una regionalización natural, sugerida por la distribución geográfica de la TSM y su evolución en el tiempo, se decidió concentrar la atención en seis zonas geográficas del Mar Patrimonial mexicano. Estas zonas son: 1) el Golfo de California, 2) el Pacífico mexicano subtropical, 3) la 'alberca caliente' del Pacífico mexicano tropical, 4) el Golfo de Tehuantepec y el Pacífico mexicano tropical, 5) el Golfo de México occidental y 6) el Golfo de México oriental y el Caribe mexicano (apéndice: zonas oceánicas de México).

Para cada una de estas zonas se produjeron imágenes dinámicas de la TSM que cubren los ocho años comprendidos entre 1996 y 2003. Se elaboró también una imagen dinámica de la TSM de los mares de México que representa el 'año promedio' del periodo 1996-2003 (imágenes dinámicas en el CD adjunto).

EVOLUCIÓN ANUAL TÍPICA DE LA TSM EN CADA ZONA GEOGRÁFICA

A continuación se apuntan los rasgos más importantes de la evolución anual típica de la TSM en cada zona geográfica. Con ello se pretende identificar, sugerir o indicar una caracterización de la distribución de esta variable que, pudiera considerarse útil en el establecimiento de un OEM en cada una de las zonas.

- *Golfo de California.* Los valores máximos de la TSM se registran en julio y agosto; los mínimos, en febrero o marzo. Pero las imágenes dinámicas muestran la rapidez con la que ocurre la transición entre estas dos condiciones extremas, particularmente en mayo y octubre de cada año (1996-2003). Es notable la persistencia de aguas relativamente frías alrededor de las islas Tiburón y Ángel de la Guarda, en contraste con las aguas cálidas al norte de Cabo Corrientes (Soto *et al.* 1999; Lavin *et al.* 2003), en la boca de entrada al golfo. La señal térmica en todo el golfo se asemeja a una onda estacionaria, con un débil nodo en estas islas y con antinodos en el extremo norte (región de San Felipe, Puerto Peñasco y desembocadura del Río Colorado) y en el extremo sur (región entre Mazatlán, Cabo San Lucas y las Islas Marías). La forma como avanza y retrocede la señal ondulatoria de la TSM que abraza el extremo sur de la Península de Baja California sugiere cambios anuales en la circulación del agua superficial en esa zona (Márquez 2003). La persistencia de aguas frías, por ejemplo en Cabo Corrientes, o cálidas, como en Punta Concepción y en la bahía de La Paz, que son áreas relativamente pequeñas y adosadas a la costa, se debe a la influencia de una combinación de condiciones locales singulares, como son el relieve topográfico, submarino y continental de la zona costera, la configuración del litoral y los vientos dominantes (figura 5).
- *Pacífico mexicano subtropical.* La presencia de la corriente de California hace que ésta sea la región más fría de los mares de México. En su extremo más sureño, la corriente de agua fría se encuentra con masas de agua tropical, cálidas, en la vecindad del trópico de Cáncer, y ahí se define una clara zona de transición térmica, evidente en el rápido ascenso de la TSM, en dirección de Norte a Sur. Un rasgo importante que revela la TSM es la presencia de aguas relativamente frías a lo largo de la península bajacaliforniana, que descubren los intermitentes procesos de *surgencia costera*, particularmente en primavera y verano. Ésta es promotora de la fertilidad de las aguas costeras, que a su vez está asociada con una productividad biológico-pesquera importante. Este hecho constituye un rasgo singular de esta región (figura 6).
- La *'alberca caliente' del Pacífico mexicano.* Una porción considerable del agua de lluvia que se precipita en México proviene de esta región, localizada

entre la transición térmica de la TSM al oeste de Cabo Corrientes y el Golfo de Tehuantepec (Gallegos *et al.* 2003). La TSM en esta región, que se distingue porque es mayor que la de las aguas oceánicas aledañas, tiene una señal semianual clara en las imágenes dinámicas, en las que se aprecian dos máximos y dos mínimos por año. Ello es consecuencia de la compleja interacción termodinámica entre la radiación solar, la evaporación, la nubosidad y los cambios estacionales que manifiesta la convección atmosférica, y los vientos dominantes que contrastan con la débil circulación de las aguas de la capa mezclada en esta región (figura 7).

- *El Golfo de Tehuantepec.* Las áreas frías que se ven en las imágenes dinámicas de esta zona son un rasgo notable que corresponde al enfriamiento producido por la mezcla vertical, intensa y penetrante, que inducen los imponentes vientos 'tehuanos' durante la época de 'nortes' del Golfo de México (Gallegos y Barberán 1998). Otro rasgo que distingue a esta región, singularmente notable en las imágenes dinámicas de 1997, es su respuesta térmica a los eventos de El Niño, cuando éstos son suficientemente intensos (Romero *et al.* 2003). En el periodo 1996-2003 sucedió El Niño 1997-1998, uno de los más vigorosos registrados en el siglo pasado. Sin embargo, la fuerza característica de los vientos 'tehuanos' concurrentes no produjeron, en esta ocasión, el enfriamiento que por mezcla vertical sucede en las aguas superficiales. La explicación es que El Niño 1997-1998 hundió unas decenas de metros más la base de la capa mezclada, homeoterma, por lo que las aguas subsuperficiales mezcladas tuvieron la misma temperatura que el agua de la superficie. Las imágenes dinámicas de la TSM de esta región revelan, también, la invasión anual, desde el Sur y durante el verano, de la nubosidad que identifica a la Zona Intertropical de Convergencia (figura 8).
- *El Golfo de México occidental.* La oscilación anual de calentamiento-enfriamiento de las aguas oceánicas de la superficie del mar de esta región se exhibe con claridad en las imágenes dinámicas. En ellas es también evidente el calentamiento que avanza rápidamente desde las costas mexicanas hacia el centro de la región y llega hasta las costas estadounidenses a medio verano. Durante un mes del verano, por lo menos, desaparece el gradiente térmico en esta región. En contraste, el enfriamiento de las aguas superficiales se inicia,

a causa de la incursión de los 'nortes', a mitad del otoño, desde la extensa plataforma continental de los estados sureños de los EUA, de manera tal que la TSM mínima se registra a fines del invierno, y su distribución indica un marcado gradiente térmico de Norte a Sur (Gallegos 2004). En las imágenes dinámicas correspondientes queda plasmada una variación anual en la que se notan cambios drásticos de la TSM, clara y singularmente adosados a segmentos específicos del litoral mexicano; uno de ellos ocurre en la costa de Yucatán, que exhibe durante el verano un proceso de surgencia cuya dinámica no está suficientemente bien estudiada. Un segundo segmento corresponde a la costa de Campeche, en la vecindad de Laguna de Términos, en donde la evolución de la TSM a fines de la primavera y durante el verano sugiere una circulación del agua superficial propia de un proceso de convergencia que expulsa agua de mar de la plataforma continental hacia el talud. Finalmente, la costa de Tamaulipas y Veracruz, en donde los cambios estacionales de la TSM propician una corriente, adyacente y paralela a la costa, que cada seis meses cambia de sentido (Zavala-Hidalgo *et al.* en prensa). Las imágenes dinámicas descubren en el extremo oeste de esta región, aunque de manera débil, la presencia de la corriente de Lazo y de los vórtices anticiclónicos que de ella se desprenden de manera intermitente (Biggs *et al.* 1998) (figura 9).

- *El Golfo de México oriental y el Caribe occidental.* La evolución de la TSM de invierno a otoño muestra claramente la huella térmica de la corriente de Lazo, que aporta un volumen considerable de agua caliente a la porción centro-oriental del Golfo de México, que viene del mar Caribe. Conforme prospera el calentamiento de la superficie del mar, se desvanece la señal de esta corriente, pero se conserva la señal de agua fría (surgencia) en la costa norte de Yucatán. En verano la TSM es uniforme en toda la región. Esta homogeneidad térmica es destruida por la entrada de los 'nortes' a principios del otoño. Se observa así, en las imágenes dinámicas de esta región, a lo largo de toda la costa estadounidense y a partir de ella, la aparición de valores bajos de la TSM, de hasta 10 °C, en contraste con los de 30 °C que simultáneamente se observan en la porción sur del golfo. Este efecto obedece a la intensa evaporación y, en consecuencia, al rápido descenso de la temperatura de la superficie del mar ante el embate de los fríos vientos del

norte. No se aprecia en las imágenes dinámicas la señal térmica que deja el paso de los huracanes en verano sobre la superficie del mar, a causa de que los promedios mensuales de la TSM que se usaron en la interpolación, inherente a las imágenes, no tienen la resolución estadística necesaria para identificar procesos cuya escala de variabilidad temporal es menor a tres meses (figura 10).

- *Los mares de México.* La imagen dinámica de los mares de México, que se exhibe en el CD adjunto, representa el año promedio de los años del periodo de enero de 1996 a diciembre de 2003. Éste se puede utilizar como el 'año típico', aunque todavía es insuficiente para considerarse válido como un promedio climatológico de la TSM de esta región oceánica. Sin embargo, la imagen dinámica de este 'año típico' permite visualizar aspectos elementales que reflejan la variabilidad térmica de las aguas superficiales de los mares mexicanos. Es atractivo contrastar en una imagen dinámica, e identificar de manera simultánea, cómo, cuándo, dónde y qué tan rápidamente se calientan o se enfrían las diferentes regiones marinas de México. Se puede ver en esta imagen dinámica que verano e invierno son estaciones contrastantes, separadas por periodos de transición, otoño y primavera, cuando son notables y contundentes los cambios térmicos de la superficie del mar. Un rasgo evidente de la evolución de la TSM de los mares de México es la señal dominante de la oscilación anual: enfriamiento y calentamiento, rasgo que es tan claro en el Golfo de California como en el Golfo de México. En otras regiones de los mares mexicanos se perciben variaciones semianuales y estacionales, aunque de menor intensidad, como sucede en la 'alberca caliente' y en el Golfo de Tehuantepec. En el Golfo de México tales fluctuaciones se manifiestan en la plataforma yucateca. Otro rasgo relevante es la persistente diferencia térmica entre el Golfo de California y el Pacífico mexicano subtropical: estando a la misma latitud, la TSM es notablemente mayor en el golfo, lo que indica, en este caso, que la circulación oceánica es un factor determinante en la distribución regional de la TSM (figura 11).

UTILIDAD DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Las imágenes dinámicas de la TSM de los mares mexicanos que se exhiben en el presente estudio muestran su utilidad para contribuir, como herramientas científicas, técnicas y metodológicas, al desarrollo de criterios para realizar una regionalización oceánica que conduzca al establecimiento de OEM para nuestro país.

Los análisis de la evolución espacio-temporal de la TSM de los mares de México revelan aspectos oceánicos singulares. El escrutinio de las imágenes dinámicas realizado por especialistas en disciplinas tan diversas como biología marina, pesquerías, ecología marina, turismo o hidrología, entre otras, puede sugerirles procesos o la posibilidad de identificar hechos relevantes, en su área de competencia, que se consideren como fisonomías ambientales singulares de una localidad geográfica específica en un periodo o estación determinados. Por ejemplo, la TSM permite identificar diversas zonas de surgencia costera a lo largo de las costas mexicanas en diversas estaciones del año. Para el especialista en recursos pesqueros, este hecho puede decidir acciones de administración del esfuerzo pesquero en esas zonas del litoral mexicano.

Los estudios oceanográficos en México son aún insuficientes. Es necesario todavía conocer y entender múltiples matices de la circulación superficial de los mares de México y del desplazamiento secular de las masas de agua del océano que llenan las cuencas de los mares de México, incluyendo las que contienen a las aguas internacionales adyacentes. Es necesario también conocer y entender el régimen de los vientos sobre el territorio y los mares nacionales, la evolución espacio-temporal de las lluvias regionales, y la climatología de los eventos meteorológicos extremos, principalmente la de los huracanes y las sequías. Se ha avanzado un trecho considerable en esta dirección, pero aún falta camino por andar para llegar a una situación tal, donde se pueda pronosticar, con un aceptable nivel de confiabilidad, la evolución de los escenarios ambientales. Si se logra tal capacidad de pronóstico, ésta beneficiará a una amplia gama de acciones de administración costera, como son la protección civil, la calendarización razonada de cultivos, el desarrollo de centros de población, industriales y turísticos más seguros, y la disminución del impacto de eventos meteorológicos extremos sobre vías de comunicación e instalaciones rurales y urbanas.

Para ello es necesario impulsar por los medios gubernamentales idóneos la observación, la medición y el registro sistemáticos de tantas variables ambientales y geofísicas como sea posible. Reconocemos que en esta dirección se ha progresado, pues se tiene información meteorológica básica adquirida con tecnología contemporánea, aunque todavía insuficiente a escalas local y regional. No es el caso de la información oceanográfica. Pocas variables marino-ambientales se están registrando de manera sistemática en nuestro país. Por ejemplo, los dos sistemas de medición del nivel del mar, todavía a cargo de instituciones académicas (UNAM y CICESE), aunque científica y técnicamente bien conducidos, cuentan con muy escasos recursos económicos y no alcanzan a cubrir las necesidades de un servicio nacional. Otras variables marinas que se usan en México para realizar estudios de país se tienen que apoyar en la voluntad de cooperación de agencias internacionales. Tal es el caso de la información básica de la TSM: color del mar y altimetría marina.

Se ha construido un banco de datos satelitales de la temperatura de la superficie del mar de los mares de México (Gallegos et al. 2003) ubicado en la UNAM. A la fecha, el banco cuenta con un archivo organizado de poco más de diez años (desde enero de 1996), por lo que todavía los datos no son suficientes para elaborar una climatología robusta de la distribución espacio-temporal de esta variable. Así, el presente trabajo es sólo un estudio climatológico preliminar, pero que sirve de referencia para análisis futuros de los rasgos climatológicos elementales de la TSM de los mares de México.

Las imágenes dinámicas estimulan el análisis, por regiones geográficas, de la evolución de la TSM de los mares de México, y particularmente de aquellas áreas inmersas en su Zona Económica Exclusiva. Tales análisis tienen el potencial de identificar y caracterizar procesos oceánicos y costeros asociados con los intereses de muy diversas disciplinas estratégicas, como son las de protección ambiental, pesquerías regionales o locales, oceanografía, meteorología, de desarrollo urbano e industrial, y otras administrativas y de servicio.

La perspectiva a mediano plazo es continuar con el enriquecimiento del archivo del BITSMEX, revalorar los productos que se presentan en este trabajo, y actualizar tanto los métodos de interpolación como los productos futuros que conduzcan, paso a paso, al establecimiento de una climatología de la TSM de los

mares de México que apoye a los múltiples propósitos que insistentemente han sido reiterados en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no habría sido posible sin la colaboración de Erik Márquez García, Oscar Calderón Bustamante, Jessica Cárcamo Bernal y Juan Emmanuel Barrera García, para la construcción de las imágenes dinámicas de la TSM que aquí se muestran. Agradecemos a Saúl Álvarez Borrego, Gilberto Gaxiola Castro y Roberto Millán Núñez sus interesantes observaciones en torno a la representación, el uso y la aplicación de las imágenes dinámicas elaboradas por los autores de este trabajo. Agradecemos también a los organizadores de los dos talleres de expertos sobre Metodologías para el Ordenamiento Ecológico Marino; en particular, a la Dra. Ana Córdova y Vázquez, Directora de la DGIOECE del INE-SEMARNAT, y al M. en C. Benigno Hernández de la Torre, Jefe del Departamento de Ordenamiento Ecológico Marino del INE, por su generosa y atenta invitación a colaborar en este libro.

BIBLIOGRAFÍA

- Biggs, D., A. Gallegos, I. Victoria, J. Aldeco, H. Herrera y D. López. 1998. Upper layer geostrophic volume transport of the Yucatan current and the loop current, 1994-1995. *Caribbean Journal of Science* 34(1-2):33-40.
- Curry, J. A. y P. J. Webster. 1999. *Thermodynamics of atmospheres and oceans*. Academic Press, San Diego.
- Gallegos, A. 2004. Clima oceánico: los mares mexicanos ante el cambio climático global. En: J. Martínez y A. Fernández (comps.). *Cambio climático: una visión desde México*. INE-SEMARNAT, México. Pp. 41-51.
- J. Barberán, S. Czitrom, A. Fernández y R. Rodríguez. 1996. Oceanografía satelital en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. *GEOUNAM*, 3(2): 3-8.
- y J. Barberán. 1998. Surgencia eólica. En: M. Tapia, (comp.). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Ixtapalapa, México. Pp. 27-34.

- , R. Rodríguez, E. Márquez y R. Lecuanda. 2003. Temperatura de la superficie de los mares de México. *El Faro, CIC-UNAM* 3(30):10.
- Lavín, M. F., E. Palacios y C. Cabrera. 2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional* 42(3):363-375.
- Márquez, E. 2003. Cartografía y análisis climatológico de la temperatura de la superficie del mar en el Golfo de California (1996-2001). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM. Ingeniero Topógrafo y Geodesta. Monografía con CD anexo, 75 pp.
- Maul, G. A. 1985. *Introduction to satellite oceanography*. Martinus Nijhoff Publishers, Boston.
- Romero, R., J. Zavala, A. Gallegos y J. J. O'Brien. 2003. Isthmus of Tehuantepec wind climatology and ENSO signal. *Journal of Climate* 16(15):2628-2639.
- Soto, L., S. G. Marinote y A. Parés. 1999. Variabilidad espacio-temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25(1): 1-30.
- Zavala, J., A. Gallegos, B. Martínez, S. L. Morey, y J. J. O'Brien. (en prensa). Seasonal upwelling on the western and southern shelves of the Gulf of Mexico. *Ocean Dynamics*. Springer-Verlag.

ANEXO

Un disco compacto (CD) que contiene las imágenes dinámicas a las que se hace referencia en este capítulo.

Figura 1. Secuencia de imágenes de la evolución térmica en el Golfo de Tehuantepec forzada por vientos 'tehuanos' en el lapso del 15 al 25 de enero de 1996 (explicación en el texto). Este fenómeno ocurre intermitentemente en el Golfo de Tehuantepec de noviembre a mayo, pero con mayor claridad en los meses de invierno. De junio a octubre dejan de actuar los 'nortes' del Golfo de México y por consiguiente, ceden los vientos 'tehuanos'. Ello establece un contraste estacional que se repite anualmente y da lugar a un fenómeno periódico, local y distintivo que se constituye como un 'rasgo regional' (Gallegos y Barberán, 1998). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice.

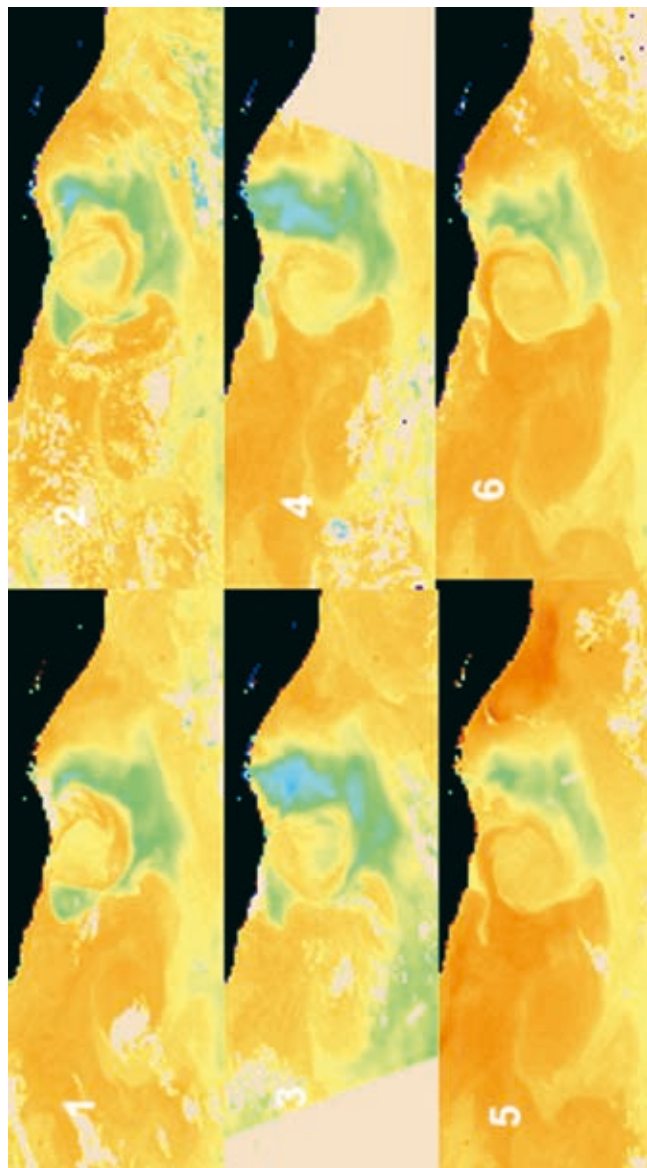


Figura 2. Distribución geográfica de la amplitud (recuadro izquierdo) y la fase (recuadro derecho) de la variabilidad de la TSM calculadas a partir de una serie de tiempo de un año, interpolada con una Suma de Fourier de dos armónicos (anual y semianual)

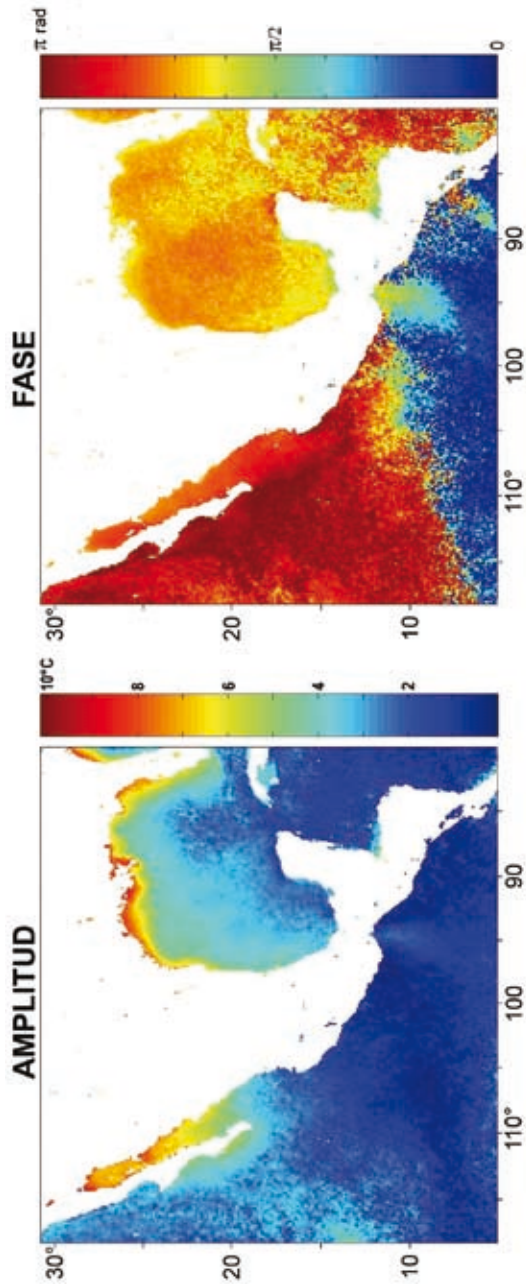


Figura 3. Ejemplo del armónico anual (línea continua) de una Suma de Fourier ajustado a doce medias mensuales de la TSM (línea punteada), para una secuencia de datos que cubre un año de duración

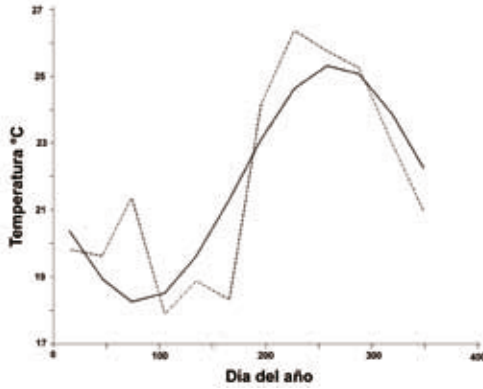


Figura 4. Distribución geográfica del promedio anual de la TSM de los mares de México, 1996 – 2003

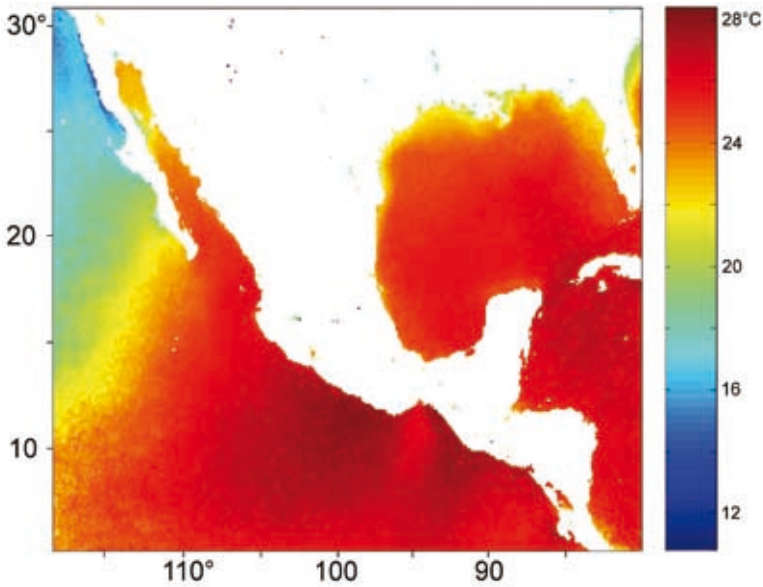


Figura 5. Imágenes interpoladas de la TSM del Golfo de California en la etapa de transición térmica de otoño (secuencia izquierda-derecha: 1, 8, 15, 22 y 29 de noviembre de 2000). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice

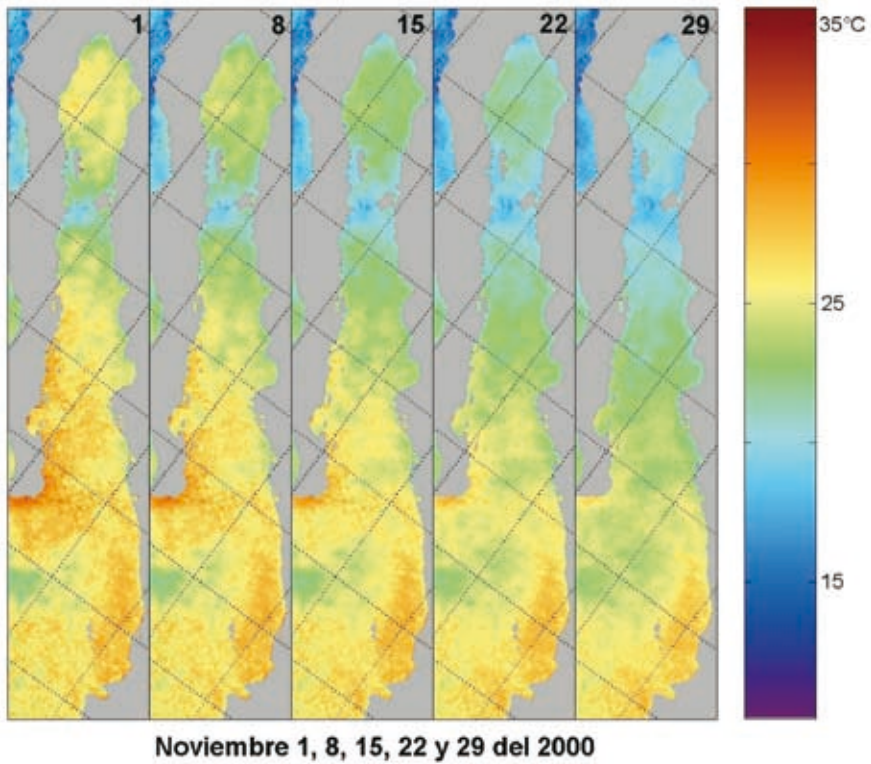


Figura 6. Imágenes interpoladas de la TSM del Pacífico mexicano subtropical (secuencia izquierda-derecha: 1, 8, 15, 22 y 29 de agosto de 1999). La franja de agua fría a lo largo de la costa de Baja California Norte esta asociada a la surgencia costera, que es típica durante el verano. Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice

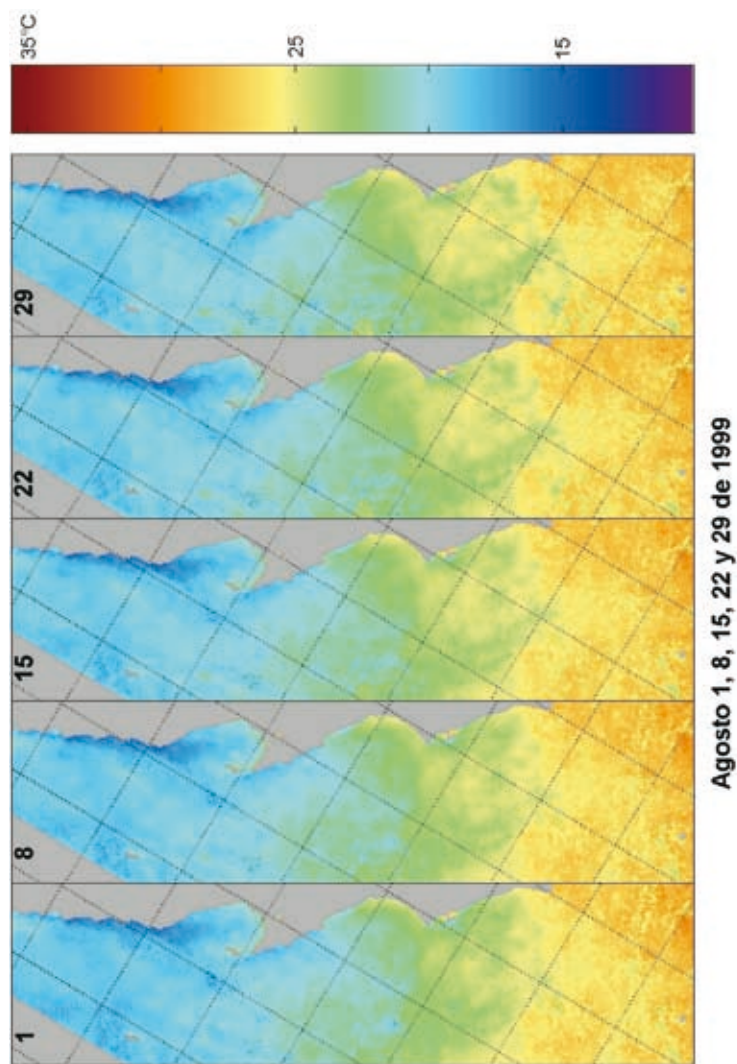


Figura 7. Imágenes interpoladas de la TSM de la 'alberca caliente' del Pacífico mexicano tropical (secuencia de arriba hacia abajo: 1, 8, 15, 22 y 29 de enero de 2002). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice

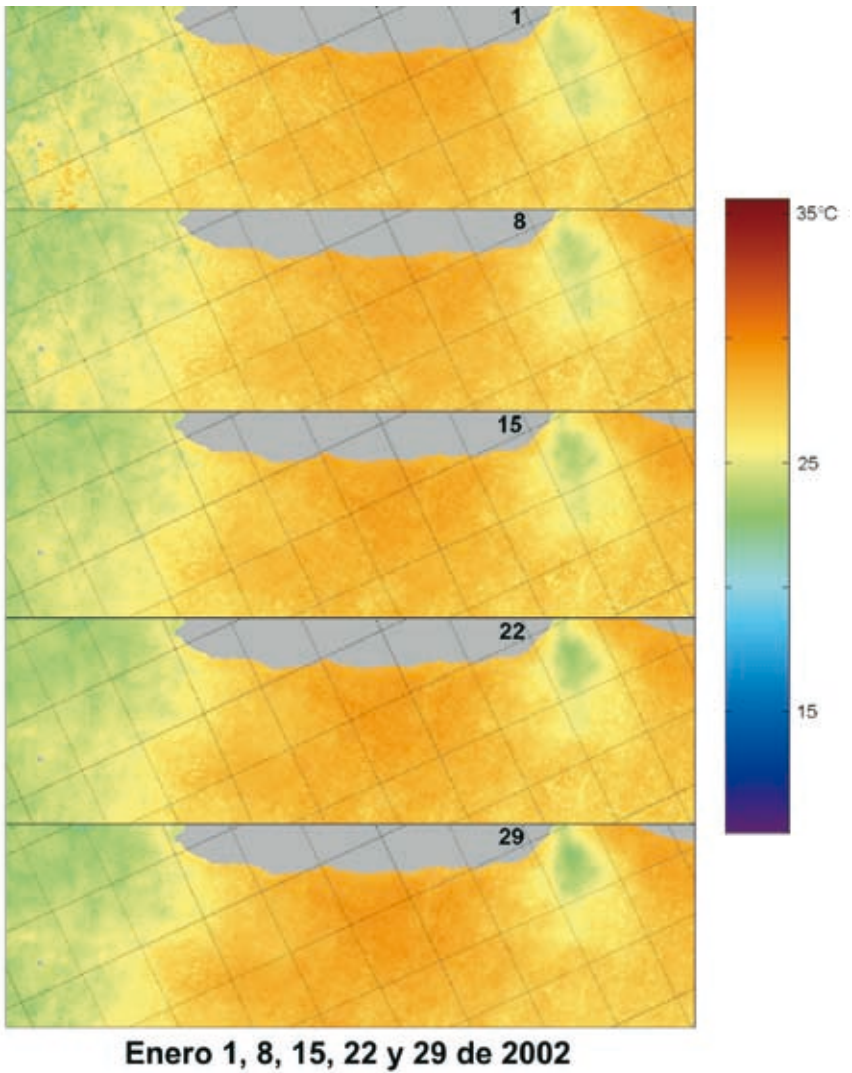


Figura 8. Imágenes interpoladas de la TSM del Golfo de Tehuantepec bajo el embate de los invernales vientos 'tehuanos' (secuencia izquierda-derecha: 1, 8, 15, 22 y 29 de diciembre de 2000). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice

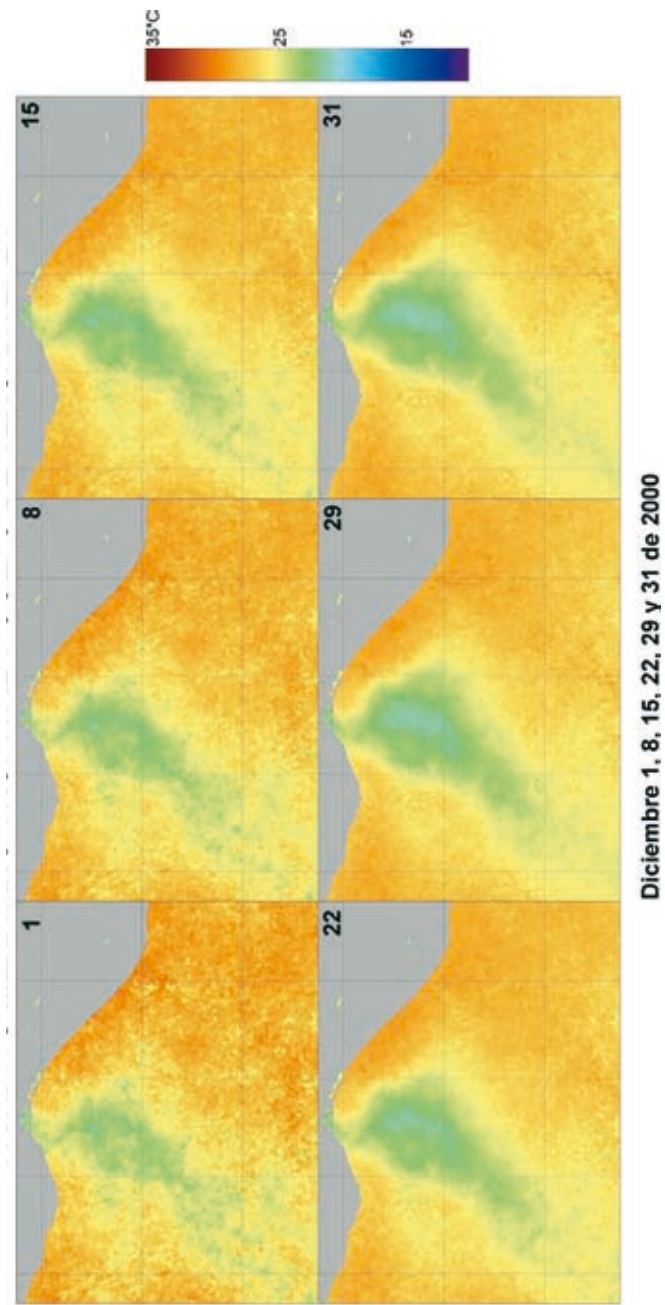


Figura 9. Imágenes interpoladas de la TSM del Golfo de México occidental a fines del invierno. Los rasgos térmicos destacan: el efecto de los 'nortes' en la plataforma estadounidense, una porción de la Corriente del Lazo o de la de un anillo anticiclónico que de ella se ha desprendido y la convergencia de agua costera superficial frente a Tabasco y Campeche (secuencia izquierda-derecha: 1, 8, 15, 22 y 28 de febrero de 2001). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice.

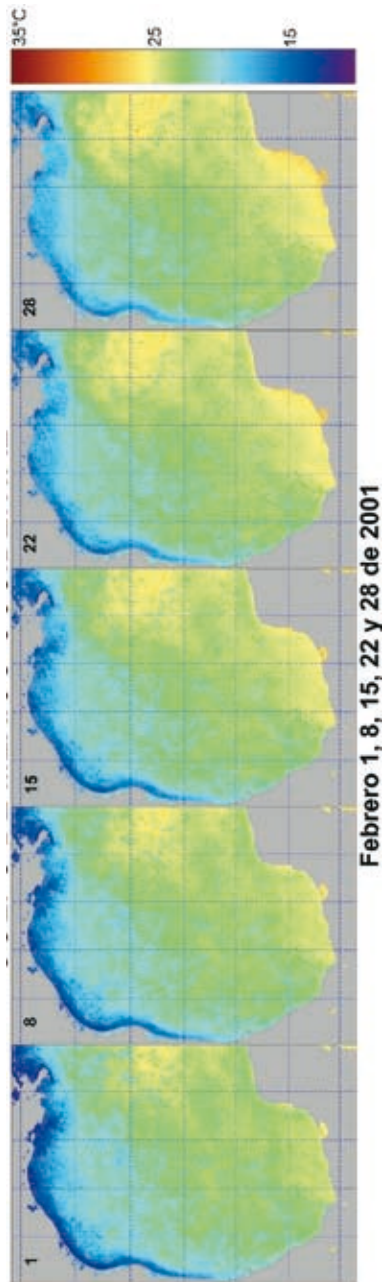


Figura 10. Imágenes interpoladas de la TSM del Golfo de México oriental y el Caribe mexicano en la que se aprecia la huella térmica de la Corriente del Lazo y la expulsión del golfo de un chorro de agua relativamente caliente que alimenta a la Corriente de Florida, en el noroeste del Océano Atlántico (secuencia izquierda-derecha: 1, 8, 15, 22 y 29 de diciembre de 1998). Las referencias geográficas de esta zona se dan en el Apéndice

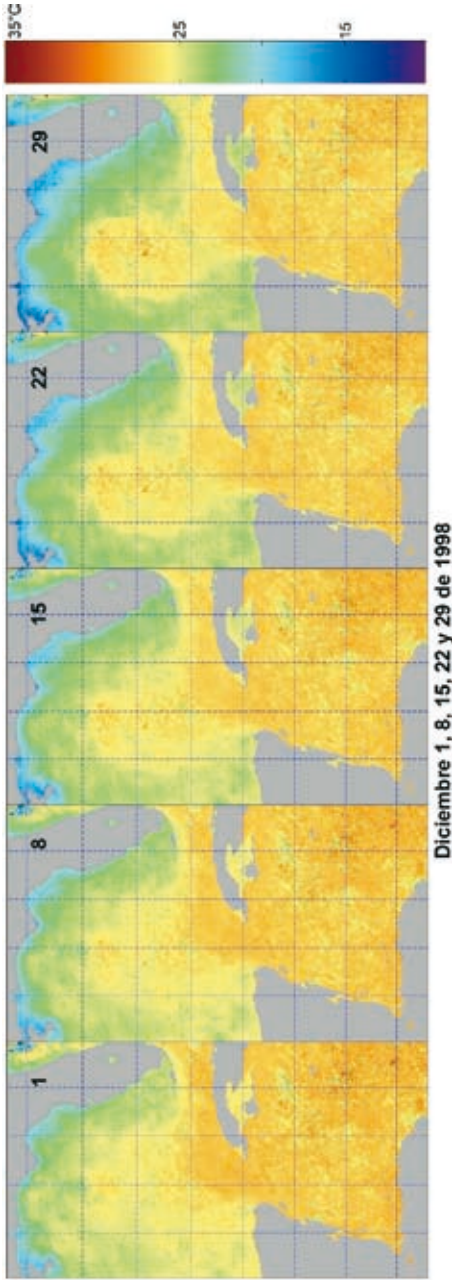
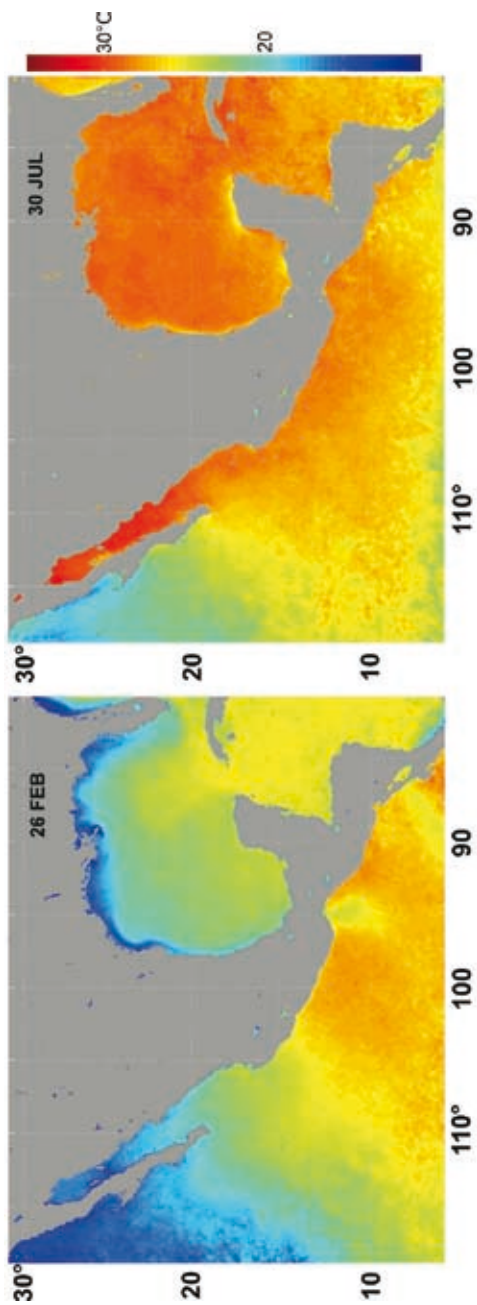


Figura 1.1. Imágenes interpoladas de la TSM de los mares de México en invierno (recuadro izquierdo) y verano (recuadro derecho) que exhiben los marcados contrastes térmicos entre estas dos estaciones del año y que sugieren una regionalización marina de manera natural



APÉNDICE

Figura A-1: Ubicación geográfica de tres de las seis Zonas Oceánicas de los mares de México elegidas para ejemplificar el uso de la TSM con el propósito de establecer índices de regionalización oceánica: Golfo de California (zona 1), Pacífico mexicano subtropical (zona 2) y Alberca caliente del Pacífico mexicano (zona 3)

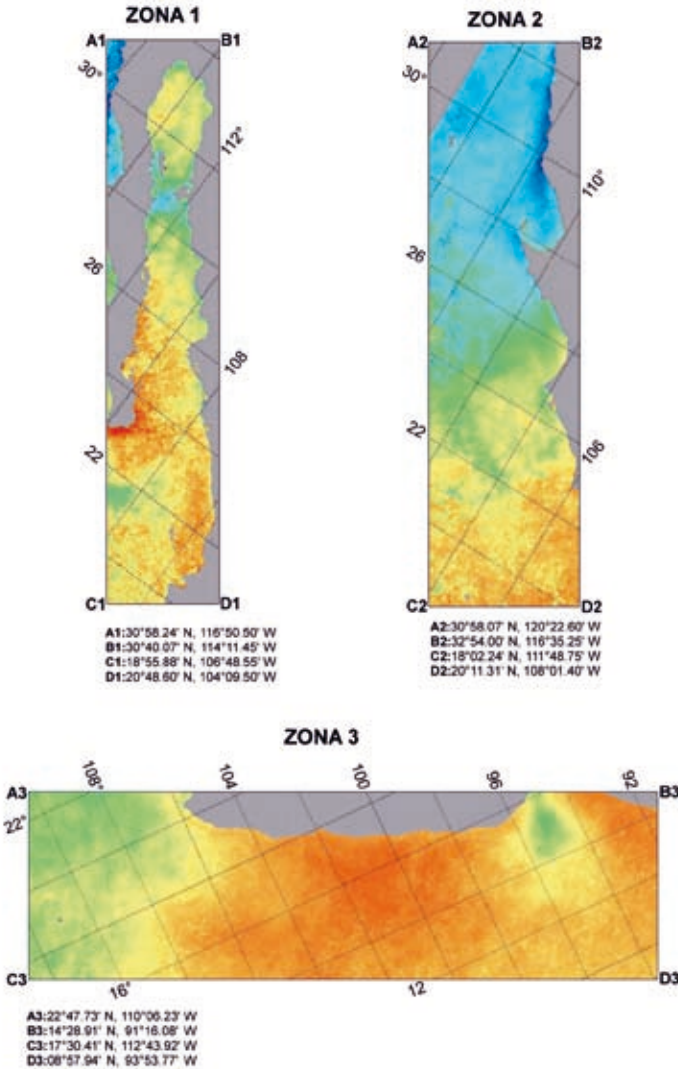
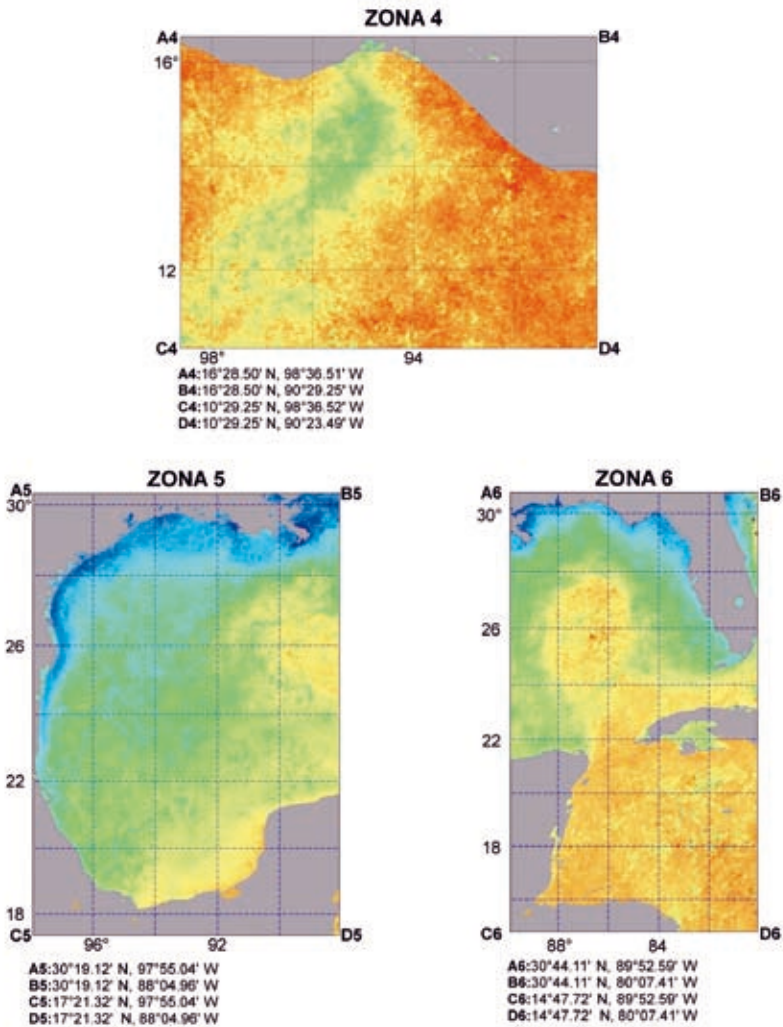


Figura A-2: Ubicación geográfica de tres de las seis Zonas Oceánicas de los mares de México elegidas para ejemplificar el uso de la TSM con el propósito de establecer índices de regionalización oceánica: Pacífico mexicano tropical y Golfo de Tehuantepec (zona 4), Golfo de México occidental (zona 5) y Golfo de México oriental y Caribe mexicano (zona 6)



Síntesis y proyecciones de la regionalización marino-costera

Anamaría Escofet

INTRODUCCIÓN

El ordenamiento territorial y el manejo requieren la definición de límites espaciales, ya que su objetivo es ayudar a ubicar las actividades adecuadas, en la cantidad precisa, en el espacio idóneo. En el medio marino se reconoce que las unidades territoriales estandarizadas son insumos básicos para establecer límites máximos de efluentes en función de las capacidades de asimilación del receptor, la protección frente a actividades sitas en tierra, y la observación y el monitoreo (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe 1991; GPA 1995; iniciativa GOOS 2006).

Las unidades fisonómicas, base primaria para el análisis y la regionalización del territorio, son el fundamento histórico de la geografía, la raíz del *ordenamiento del territorio*, y el elemento clave para agregar operativamente sus rasgos biológicos y antropogénicos (Bocco y Ortiz 1994).

La regionalización basada en el entorno físico es generalmente un buen medio para predecir respuestas de las regiones bióticas (Hayden *et al.* 1984; Pielou 1979; Zacharías y Roff 2000). Aunque históricamente se han confrontado las *aproximaciones ingenieriles*, con énfasis en lo físico, y las *aproximaciones ecológicas*, con acento en lo biológico (Karr 1994), las demandas para predecir la respuesta de los

sistemas frente a cambios ambientales han revitalizado la identificación de divisiones paisajísticas naturales para la investigación y la planeación territorial (Ray y Hayden 1992), y han dinamizado la convergencia de disciplinas y la integración de técnicas para sistematizar patrones y procesos de diferentes escalas (Ross 1994). Por lo que eso implica en la planeación y la regulación del uso de recursos, y en el bienestar de la población, las agencias de gobierno y de investigación han respondido en concordancia (Loeb y Spacie 1994; Caldow y Racey 2000).

De acuerdo con ese marco general, el Instituto Nacional de Ecología, a través de la Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, ha promovido la realización de talleres de expertos que revisaron avances en la materia, y desarrollaron los requerimientos técnicos y científicos para el Ordenamiento Ecológico Marino (OEM) como instrumento de política pública. En este documento se reseñan los consensos de la mesa “Regionalización marino-costera”.

METODOLOGÍA

Para las variaciones a lo largo de la línea de costa, se examinó el esquema Grandes Ecosistemas Marinos (GEM, o LME por sus siglas en inglés) (Sherman y Tang 1999; LME 2006) (figura 1).

Para las variaciones perpendiculares a la línea de costa, el marco conceptual consistió en los esquemas que conciben el territorio de los países costeros como una sucesión de franjas altimétricas y batimétricas, y les superponen el esquema de cuencas hidrográficas, e identifican tipos de interfase y tipos de discontinuidad entre elementos (Proctor et al. 1980; Ray y Hayden 1992; Escofet 2004) (figura 2). Esta concepción funcional da las bases físicas para ligar estudios de cuenca y estudios costeros, y es aceptada en modernos esfuerzos multidisciplinarios de valoración ambiental (Gottfried 1992).

Para ligar las diferentes franjas con espacios geográficos de ordenamiento ecológico del territorio y de zona costera (Merino 1987; Clark 1996; Sorensen 1997), se examinó la interfase tierra-mar a la luz de criterios sobre la línea de costa (Boak y Turner 2005) así como la figura de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) (DOF 1986) y la de las Aguas Marinas Interiores (Escofet 2005).

Para relacionar los espacios de ordenamiento con los espacios de competencia administrativa y arreglos de manejo entre territorios receptores y territorios emisores, se revisó el concepto de áreas de regulación y de planeación (Sorensen et al. 1992).

Para identificar escalas cartográficas adecuadas, se examinó el concepto de paisajes funcionales (Lemly 1997) y el de escalas jerárquicas anidadas (Johnson y Gage 1997; Ross 1994).

RESULTADOS

Variaciones a lo largo de la línea de costa

El esquema Grandes Ecosistemas Marinos se consideró adecuado para reflejar el mosaico de mares abiertos y semicerrados que rodean a México.

Variaciones perpendiculares a la línea de costa

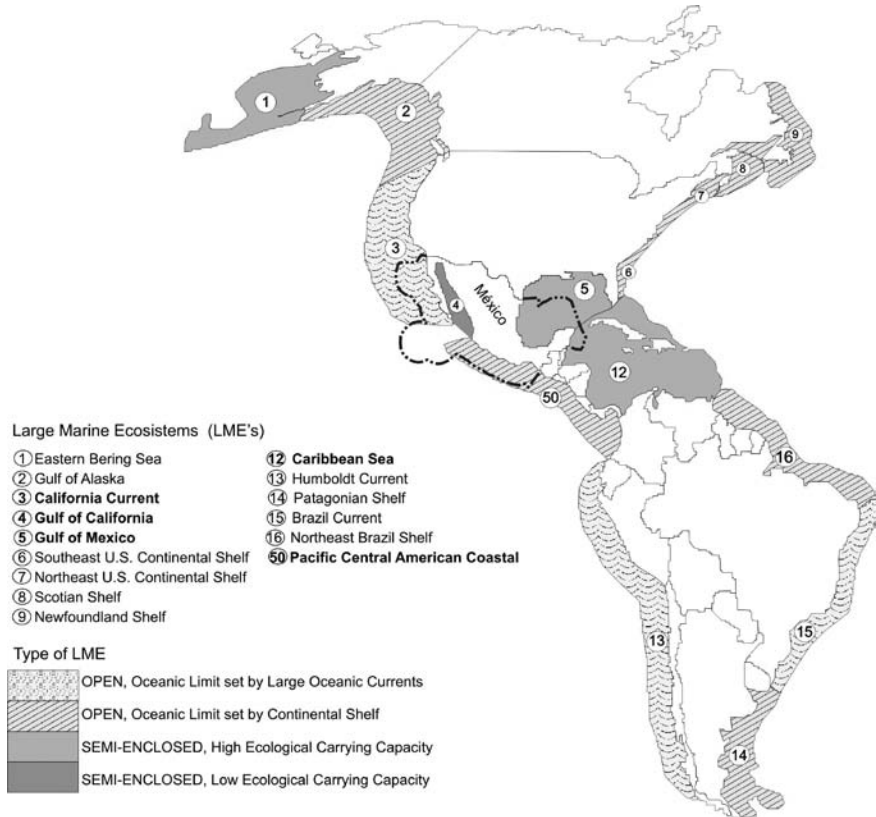
Análisis cartográfico del espacio de ordenamiento marino, y de ordenamiento marino-costero

El punto de partida para este análisis fue que existen dos grandes espacios para el ordenamiento ecológico del territorio: el ordenamiento ecológico marino (medio fluido) y el ordenamiento ecológico terrestre (medio sólido). De este modo, el espacio propio de un OEM quedaba delimitado hacia el océano por la marcación de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), y hacia el continente, por la línea de costa.

Dentro de ese marco general, y por definición, el esfuerzo de nuestra mesa debía dedicarse específicamente a la franja comprendida entre el borde de plataforma y la línea de costa. Esto llevó a un análisis crítico de la interfase tierra-mar, o interfase medio fluido-medio sólido.

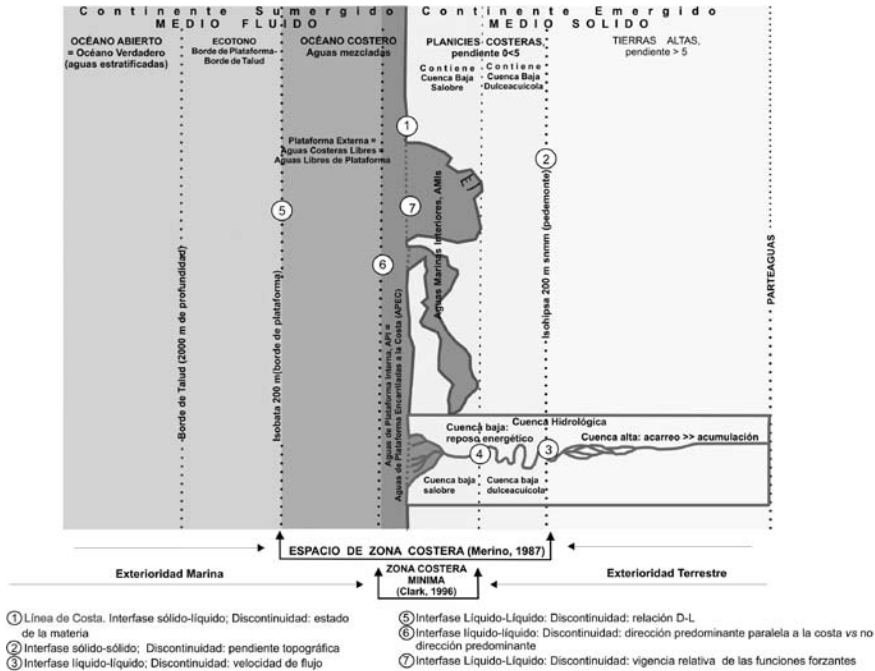
El examen crítico de la interfase tierra-mar mostró que: a) la línea de costa, definida en sus términos más generales como la franja intermareal, es la expresión cartográfica de la interfase tierra-mar, o interfase medio sólido-medio fluido; b) la ZOFEMAT se expresa físicamente en el medio sólido, pero su marcación

Figura 1. El espacio marino de México en el contexto del esquema Grandes Ecosistemas Marinos, GEM (a partir de Escofet 2004)



se establece respecto de un rasgo esencialmente marino y de línea de costa, que es el mayor alcance de las mareas; c) por lo anterior puede considerarse que el medio marino termina hacia tierra en la interfase ZOFEMAT-resto del territorio emergido, y por lo tanto contiene una porción de medio sólido; d) en las inflexiones de la línea de costa, donde el medio fluido penetra en las planicies costeras, la línea de ZOFEMAT también se adentra, encerrando de este modo a la franja de las Aguas Marinas Interiores, y haciéndola en la práctica un rasgo territorial propio del medio marino (figuras 2 y 3).

Figura 2. Modelo conceptual del territorio de un país costero como un continuo jerárquico zonificado de franjas hipsométricas y batimétricas (a partir de Escofet 2004)

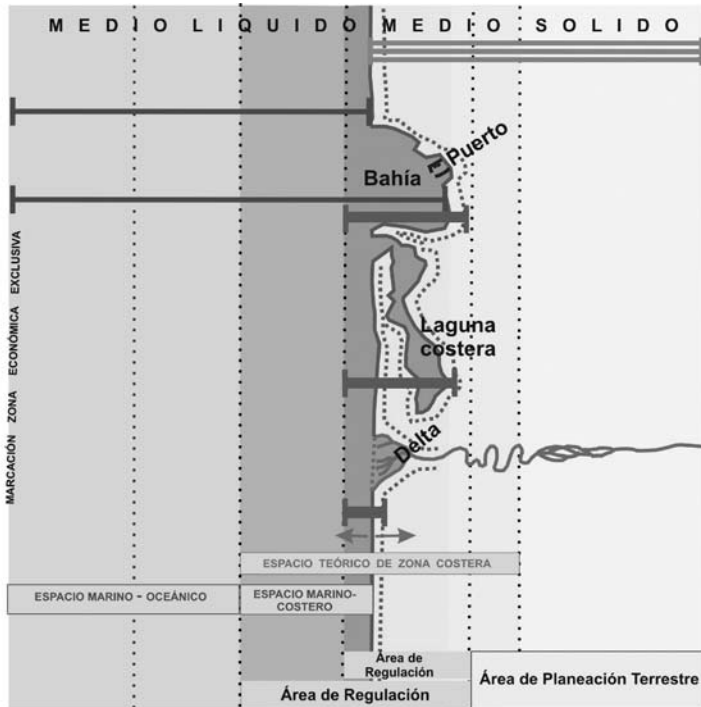


Relación entre elementos propios de un ordenamiento marino y la delimitación de una zona costera

A la luz del análisis crítico de la línea de costa, presentado en el inciso anterior se vio que rescatando la franja de la ZOFEMAT como la porción terrestre de una *zona costera* (ZC), era posible contribuir a resolver las inquietudes sobre la ZC, desde los elementos propios de un OEM.

Esta idea se basó en los siguientes argumentos: a) la ZOFEMAT se expresa físicamente en el medio sólido; b) los conceptos modernos establecen que un espacio de *zona costera* (ZC) debe necesariamente incluir tres elementos: la línea de costa más *alguna* franja del medio fluido y *alguna* franja del medio sólido; c) los límites naturales más aceptados de una ZC son la isobata de los 200 m

Figura 3. Esquema simplificado de franjas batimétricas e hipsométricas que muestra espacios para ordenamiento terrestre y marino, para una Zona Costera Mínima (ZCM) concebible desde un ordenamiento marino, y la proyección de espacios de competencia administrativa y arreglos de manejo entre territorios receptores y territorios emisores



- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|
| | Espacio para Ordenamiento Terrestre | | Espacio para ZCM concebible desde un Ordenamiento Marino |
| | Espacio para Ordenamiento Marino | | Delimitación teórica de una ZCM |
| | Línea de Costa | | ZOFEMAT |

(medio fluido) y la isohipsa de los 200 m snmm (medio sólido); d) con propósitos de gestión, puede establecerse una Zona Costera Mínima (ZCM), delimitando espacios menores hacia ambos lados de la línea de costa.

Con base en lo anterior, se propuso una ZCM con límite oceánico en el borde externo de las Aguas de Plataforma Interna, y límite terrestre en el borde continental de la ZOFEMAT (figura 3). Otro límite oceánico posible, la marcación del Mar Territorial, se descartó por no coincidir con fronteras naturales, y por presentar variaciones importantes debido a la complejidad de macroescala del perímetro costero de México.

Definiciones operativas

El espacio para un ordenamiento marino quedó definido hacia el mar por la marcación de la ZEE, y hacia tierra por el borde continental de la ZOFEMAT. Dentro del mismo, el espacio para un ordenamiento marino-oceánico es la franja comprendida entre la marcación de la ZEE y el borde de plataforma, y el espacio para un ordenamiento marino-costero es la franja comprendida entre el borde de plataforma y el borde continental de la ZOFEMAT (figura 3).

Dentro del espacio marino-costero, las Aguas de Plataforma Interna (API) se distinguen de las de plataforma externa por su singularidad hidrodinámica, y de las Aguas Marinas Interiores (AMI) por el menor tiempo de recambio, o mayor tiempo de residencia y la mayor vulnerabilidad frente a descargas desde tierra. El límite batimétrico de la subfranja de las API es de tipo elástico, entre la isobata de los 40 y la de los 70 m. Hacia tierra, termina en la línea de costa-ZOFEMAT, en caso de márgenes costeros francos, o converge con alguna AMI en las porciones con inflexiones.

Dentro del espacio marino-costero, la ZCM tiene su límite oceánico en el borde externo de las API, y el límite terrestre en el borde continental de la ZOFEMAT. En las porciones con inflexiones de la línea de costa, incluye la franja de las AMI.

Espacios de competencia administrativa y arreglos de manejo entre territorios receptores y territorios emisores

El concepto de áreas de regulación y de planeación permite relacionar operativamente los espacios funcionales y los espacios de competencia administrativa. Su

exploración fue motivada por las preocupaciones sobre la condición del espacio marino-costero como territorio francamente receptor, la más de las veces de fuentes sitas a distancia, tanto mar adentro como tierra adentro, unidas a las inquietudes sobre los límites de la ZC.

Dicho concepto establece que el área de planeación es el espacio de interés donde se tiene la facultad de otorgar o denegar permiso para actividades, y la de regulación es aquella que ejerce influencia sobre el espacio de interés, con el que está ligado por relaciones funcionales, pero sobre la que no se tiene la facultad de otorgar o denegar permisos para actividades. La delimitación del área de planeación es esencial en la concepción de arreglos de manejo para el espacio de interés, porque es aquella con la que se deberá negociar prioritariamente.

Lo anterior lleva automáticamente a reflexionar sobre las áreas de competencia administrativa, y es relevante recordar que en la mayoría de los países costeros, y México no es la excepción, el control gubernamental es predominante en el espacio marino, mientras que en tierra firme predomina lo privado.

Sobre esa base fue posible visualizar que el espacio marino-costero que se concibe, incluida la Zona Costera Mínima, constituía un espacio de interés que en términos funcionales es receptor, y administrativamente está predominantemente bajo control gubernamental. En esos términos, lo ubicamos como una zona de regulación que puede establecer como área de planeación todos los espacios adyacentes que funcionalmente la perjudiquen, pudiendo ejercer prioritariamente con ellos la negociación de actividades (figura 3).

Lo anterior se complementó con un ejercicio que visualizó diferentes límites terrestres de la ZC que se habían considerado anteriormente, con la preocupación de que se trata de territorios emisores (límites administrativos municipales; límites de zonas de escurrimiento y drenaje terrestre hacia la costa; influencia de las descargas de los acuíferos). Se vio que todos ellos podían posicionarse en el área de planeación. Por lo anterior, concluimos que el concepto de áreas de regulación y de planeación es un marco conceptual-metodológico adecuado para proyectar arreglos de manejo entre territorios receptores y territorios emisores.

Las escalas

Por el carácter fundamentalmente receptor del espacio marino-costero se consideró como un punto crucial la elección de una escala cartográfica que permitiera, muy tempranamente en los estudios, captar el paisaje funcional en el que está inmerso el espacio de interés. Es decir, que permitiera representarlo cartográficamente en relación con los espacios adyacentes a los que está funcionalmente ligado.

Trabajando cartográficamente ejemplos selectos del Pacífico se pudo ver que algunos cuerpos de agua seleccionados para estudios puntuales estaban “anidados” en cuerpos mayores, de tal modo que su hidrodinámica se visualizaba razonablemente subordinada a la del cuerpo mayor. Esta condición, perceptible a escala 1:750 000, pasaba desapercibida cuando el sitio se representaba, por ejemplo, a escala 1:10 000, que daba detalles locales pero perdía el contexto funcional que lo contenía. Sobre esa base, la mesa coincidió que para el espacio marino-costero era prudente trabajar con el criterio de escalas jerárquicas anidadas, tomando como escala inicial la de 1:750 000 ó 1:1 000 000.

Agenda de investigación prioritaria

Estudios hidrodinámicos de las Aguas Marinas Interiores y de las Aguas de Plataforma Interna. Esta prioridad lleva la intención de crear un catálogo nacional de la capacidad soportante de los cuerpos receptores más vulnerables a descargas sitas en tierra (vulnerabilidad a la contaminación). Con esto se intentaría programar la carga del entorno (área de planeación). Esta aproximación posiblemente solicitará la revisión de la categoría territorial Sistemas Lagunares-Estuarinos, a la luz de la figura de Aguas Marinas Interiores indicada en la Ley Federal del Mar. A su vez, llevará al gran desafío interdisciplinario de encontrar equivalencias entre sistemas de clasificación. En ese sentido, es alentador observar las similitudes descritas anteriormente con la figura 3 que se presenta en el documento de Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México (SEMARNAT 2006).

Revisión de criterios para delimitar la línea de costa y la ZOFEMAT

Esta recomendación apoya específicamente lo señalado en la mesa acerca de que la ZOFEMAT no refleja acabadamente el importante rasgo físico que son las llanuras de inundación. El atender a esta recomendación conllevaría la revisión de todo lo concerniente a la definición de línea de costa, incluyendo las variaciones regionales que pueden presentarse en países costeros con diversidad morfológica de perímetro, como México (véase la revisión de Boak y Turner 2005).

Revitalización del concepto de áreas de regulación y de planeación

La intención es promover el estudio de este concepto como marco metodológico para visualizar arreglos de manejo entre el gran espacio receptor conformado por el medio marino-costero y los territorios emisores, sobre todo el gran agente emisor conformado tierra adentro (cuencas incluidas).

Trabajo con centro en la mesoescala (1:750 000 ó 1:1000 000) en combinación con escalas jerárquicas anidadas

Esta prioridad se explica por sí misma a la luz de lo expuesto en el inciso de las escalas.

LECCIONES APRENDIDAS

En esta mesa fue crucial el haber estado familiarizados con los rasgos físicos del territorio a diferentes escalas de percepción, y con las discontinuidades naturales como rasgo jerárquico mayor del territorio sujeto a ordenamiento (sensu Hayden et al. 1984; Zacharías y Roff 2000).

Durante el segundo taller fue determinante el haber hallado el modo de capitalizar, dentro del objetivo central de la mesa, nuestros esfuerzos e inquietudes sobre la delimitación de una ZC.

La concepción de una ZCM, desde los elementos presentes en un ordenamiento marino-costero, se vio como una primera formalización de un espacio de

ZC a partir de lo posible. En esta aproximación hay apoyo por las escasas pero rotundas evidencias de relación funcional entre los elementos que la componen, básicamente entre las API, las AMI, y la franja intermareal (Guzmán del Prío et al. 2000; Escofet et al. en prensa).

La interacción con colegas de la mesa "Oceánica" fue crucial para visualizar la subfranja de plataforma interna como la marcación natural "posible" del territorio marino-costero, sin dejar de reconocer que el borde oceánico de la plataforma continental sería el límite del territorio marino-costero "ideal".

La interacción grupal durante el segundo taller, sobre todo escuchar en la mesa "Socioeconómica" la mención de actores sociales, reforzó nuestro intento por revitalizar el concepto de áreas de regulación y de planeación.

Un tema que no pudo desarrollarse acabadamente fue el de los puertos, que podrían ser tratados en términos de ordenamiento marino y desarrollo costero sustentable, por ser parte de las AMI, y por tanto parte de los rasgos propios del espacio marino-costero incluido en una ZCM.

AGRADECIMIENTOS

A todos y cada uno de los colegas del primero y segundo taller por haberme confiado esta relatoría. Al INE, por el esfuerzo de habernos convocado, y por generar un espacio empático para conocernos y re-conocernos en el ejercicio de la interdisciplina. A la Oc. M. Mondragón (CICESE), por el apoyo gráfico y la edición de este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Boak, E. H. y I. L. Turner. 2005. Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research* 21(4):688-703.
- Bocco, G. y M. A. Ortiz. 1994. Definición de unidades espaciales para el ordenamiento ecológico. *Jaina* 5(1): 8-9.
- Caldow, R. W. G. y P. A. Racey. 2000. Large-scale processes in ecology and hydrology. *Journal of Applied Ecology* 37(1):6-12.
- Clark, J. R. 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. CRC/Lewis Publishers, Nueva York.

- Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. 1991. *Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente*. BID-FCE-PNUD, México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1986. Ley Federal del Mar. *Diario Oficial de la Federación*, 8 de enero de 1986, México.
- Escofet, A. 2005. Las aguas marinas interiores: rescate de una figura de la Ley Federal del Mar, e indagación de su valor operativo. *En: III Congreso Internacional de Ordenación del Territorio*. 14-16 de septiembre de 2005. Guadalajara, Jalisco.
- 2004. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- Escofet, A., L. Hernández, S. A. Guzmán del Próo e I. Espejel. En prensa. Heterogeneidad espacial en áreas protegidas de la península de Baja California: un análisis orientado al Manejo. *En: A. L. Quintanilla, (comp.). Visiones sobre el desarrollo sustentable para el ámbito rural de la Baja California*. México.
- GOOS. 2006. Global Oceanic Observing System. Disponible en: http://www.ioc-goos.org/component/option,com_frontpage/Itemid,1/. Consultado el: 18 Septiembre 2006.
- GPA. 1995. *Global program of action for the protection of the marine environment from land-based activities*. UNEP (OCA)/LBA/IG.2/7.
- Gottfried, R. R. 1992. The value of watershed as a series of linked multiproduct assets. *Ecological Economics* 5:145-161.
- Guzmán del Próo, S. A., F. Salinas, O. Zaysev, J. Belmar y J. Carrillo. 2000. Potential dispersion of reproductive products and larval stages of abalone (*Haliotis spp.*) as a function of the hydrodynamics of Bahía Tortugas, México. *Journal of Shellfish Research* 19 (2): 869-881.
- Hayden, B. P., G. C. Ray y R. Dolan. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11(3): 199-207.
- Johnson, L. B. y S. T. Gage. 1997. Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems. *Freshwater Biology* 37:113-132.
- Karr, J. R. 1994. Biological monitoring: challenges for the future. *En: S. L. Loeb, y A. Spacie (eds.). Biological monitoring of aquatic systems*. Lewis Publishers, Boca Ratón. Pp. 357-373.

- LME. 2006. Large Marine Ecosystem. Disponible en: <http://www.edc.uri.edu/lme/intro.htm>. Consultado el: 18 de Septiembre de 2006.
- Lemly, A. D. 1997, Risk assessment as an environmental management tool: considerations for freshwater wetlands. *Environmental Management* 21(3): 343-358.
- Loeb, S. L. y A. Spacie. 1994. *Biological Monitoring of Aquatic Systems*. Lewis Publishers, Boca Ratón.
- Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management*, 15:27-42.
- Pielou, E. C. 1979. *Biogeography*. Wiley-Interscience, Nueva York.
- Proctor, Ch. M., J. C. García, D. V. Galvin, T. Joyner, G. B. Lewis, L. C. Loehr y A. M. Masa. 1980. *An ecological characterization of the Pacific Northwest coastal region*. Vol 1, Conceptual Models. U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Services Program, FWS/OBS-79/11.
- Ray, G. C. y B. P. Hayden. 1992. Coastal zones ecotones. En: A. J. Hansen, y F. di Castri (eds). *Landscape boundaries, consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer-Verlag, Nueva York. Pp. 403-420.
- Ross, P. E. 1994. Small, medium and large scale assessments: what do they tell about ecosystem health? En: *Proceedings of the 37th conference of the international association for Great Lakes research*, Canada.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. *Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México, estrategias para su conservación y desarrollo sustentable*. SEMARNAT, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental, Dirección de Integración Regional y Sectorial, México.
- Sherman, K. y Q. Tang (eds.). 1999. *Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim, Assessment, Sustainability and Management*. Blackwell Science, Massachusetts.
- Sorensen, J. 1997. National and international efforts at integrated coastal management: definitions, achievements and lessons. *Coastal Management* 25: 3-41.
- Sorensen, J. C., S. T. McCreary y A. Brandani. 1992. *Costas, arreglos institucionales para manejar ambientes y recursos costeros*. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.
- Zacharias, M. A. y J. C. Roff. 2000. A hierarchical ecological approach to conserving marine biodiversity. *Conservation Biology* 14(5): 1327-1334.

Caracterización de la distribución de especies de importancia biológica en el ordenamiento ecológico marino: evaluación de metodologías existentes y propuesta de agenda de investigación

Carlos García Sáez

Este trabajo pretende identificar y evaluar metodologías existentes, de acuerdo a grupos de especies, con el fin de realizar una representación espacial de la distribución de organismos de importancia biológica y comercial para el ordenamiento ecológico marino y proponer una agenda de investigación con el objetivo de perfeccionar y/o aplicar extensivamente esas metodologías.

La agenda de manejo ambiental, de los recursos naturales y de planificación en México, ha estado históricamente concentrada en la sobreexplotación de los recursos naturales, producto de una falta de cultura ambiental, de las necesidades de las comunidades a nivel regional y local, además de la promoción de políticas públicas y de estrategias de mercado que no son sostenibles ni diversificadas. Aunado a esto, el estado también ha tenido una capacidad reducida para imponer límites en el uso y acceso de los recursos naturales.

A partir de 1982, la política ambiental mexicana comenzó a cambiar y se estableció una nueva estrategia de protección, implementando herramientas de planeación tales como ordenamientos estatales territoriales, ordenamientos costeros y marinos con procesos participativos. Se desarrollaron mecanismos para la aplicación de la ley y para hacer cumplir las reglamentaciones ambientales. Otro importante cambio ha sido la inclusión de casi todos los actores y sectores

involucrados en estos procesos como la iniciativa privada, grupos organizados de productores, sectores académicos y gobiernos locales.

Debido a que tradicionalmente las metodologías han sido desarrolladas para los ambientes terrestres, el Instituto Nacional de Ecología emprendió la tarea de desarrollar un sistema para el ordenamiento ecológico marino para incorporar la información existente en forma de mapas y sistemas de información geográfica, además de poder orientar a los especialistas sobre los tipos de datos e información que es necesario recabar para llenar los vacíos existentes.

El medio ambiente marino representa dificultades logísticas y ausencia de bases de datos confiables para extensas áreas del territorio nacional, salvo ciertas excepciones en el Golfo de California y la costa de Quintana Roo. Ante esto, el objetivo del Instituto Nacional de Ecología ha sido trabajar en conjunto con otros actores para desarrollar estrategias y herramientas de planeación con una visión de largo plazo y sustentable en la administración y manejo de los recursos.

El primer paso en toda planificación u ordenamiento territorial marino es buscar y generar la información básica que permita clasificar la costa, el cuerpo de agua y el fondo marino de acuerdo a los criterios establecidos y a una escala geográfica convenida (generalmente 1:25,000). Es por esto necesario catalogar las metodologías para obtener la información y dar estructura los datos existentes y poder expresarlos en forma de mapas.

Esta información debe servir como guía y apoyo en el diseño de polígonos (estratos), y en el caso marino deben incluir la columna de agua, por lo que la información debería poder mostrarse en volúmenes que tienen diferentes vocaciones de acuerdo con las interacciones socioeconómicas y las posibilidades políticas, históricas y jurídicas de cada caso.

A continuación se describen y clasifican las metodologías disponibles para caracterizar estos volúmenes de agua y el fondo marino de acuerdo con las especies de importancia biológica y económica así como su disponibilidad y utilidad en el contexto mexicano para generar ordenamientos marinos. Sin embargo, antes abordar las metodologías, es necesario definir el concepto de especies prioritarias.

ESPECIES PRIORITARIAS

El taller de expertos Aproximaciones metodológicas al ordenamiento marino organizado por el INE en noviembre de 2004, concluyó que la regionalización debe hacerse de acuerdo con la distribución de especies de importancia biológica, la necesidad de definir zonas de crianza de especies, zonas de reclutamiento, rutas migratorias y zonas de alimentación de especies. También se propusieron algunos criterios para definir qué es una especie prioritaria. Entre los principales destacan: especies protegidas (en riesgo o bajo amenaza), especies vulnerables, especies invasoras, especies endémicas, especies de importancia comercial.

Estos criterios consideran características de conservación y uso lo que permite delimitar áreas de aprovechamiento especial, conservación, protección, explotación comercial, protección del paisaje, importancia para la diversidad, turismo, entre otros.

Para generar una estrategia más integral en la definición y delimitación de áreas (polígonos) y volúmenes de agua para los OEM, se propone el uso de especies pilares (key stone species), un concepto que dejó de usarse principalmente por su pobre descripción. Esto motivó a Power et al. (1996) a precisarlo como sigue: las especies pilar tienen grandes efectos en la estructura de una comunidad o la función de un ecosistema (alta importancia en lo general), y este efecto debe ser considerable en relación con la abundancia (alta importancia en la comunidad), además de que llevan a cabo funciones y procesos que otras especies no desarrollan.

REVISIÓN E IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS EXISTENTES

Percepción remota

La teledetección es una herramienta que se emplea cada vez más en el trabajo de planificación. Se puede utilizar para abarcar grandes extensiones y evaluar de forma general los múltiples recursos de un área. Las tecnologías más avanzadas pueden ayudar a identificar e incluir en mapas los rasgos menores. Las técnicas de teledetección, fotografía aérea, prospecciones aéreas e imágenes vía satélite,

deben utilizarse por lo general junto con verificaciones de campo, por lo que representan enfoques en dos sentidos para evaluar los recursos naturales y la biodiversidad. Son técnicas caras que requieren de equipos y expertos especializados, aunque el acceso a las mismas se ha facilitado y abaratado en los últimos años. De igual importancia es el hecho de que la teledetección no debe sustituir las prospecciones más detalladas. Aunque puede proporcionar datos a gran escala y, en algunos casos, incluso a mediana escala, la teledetección no puede sustituir otros esfuerzos de monitoreo más detallados.

Fotografía y prospecciones aéreas

La fotografía y las prospecciones aéreas se refieren a los datos obtenidos desde una altura y una escala específica. Las escalas pueden variar desde 1:100 a 1:1 000, dependiendo de la altitud. Las prospecciones por lo general difieren de la fotografía, ya que implican la compilación de datos reales. Las prospecciones aéreas pueden enfocarse en conteos y patrones de datos sobre mamíferos marinos y otras variables detectables desde el aire. Las fotos aéreas se pueden tomar utilizando muchos tipos diferentes de película, incluyendo las películas a color, en blanco y negro, infrarrojas, ultravioletas, entre otras. La escala, la película y los equipos que se usen dependen generalmente del recurso que se esté estudiando así como la capacidad financiera para el desarrollo del proyecto.

Imágenes de satélite

Las imágenes de satélite se han desarrollado en las dos últimas décadas como una opción de la teledetección para el estudio de los recursos marinos, particularmente con la introducción a finales de los años 70 del escáner de zonas costeras. Desde entonces, se han desarrollado satélites para detectar la temperatura de la superficie marina, la radiación infrarroja, la clorofila, la profundidad del mar y otros factores biológicos (pastos marinos y corales) y físicos. Las imágenes de satélite representan los últimos avances de la tecnología y requieren de mucho financiamiento y conocimiento de expertos y, muy importante, comprobaciones de campo.

Metodología general para el uso de la teledetección en la investigación y el monitoreo

Si la teledetección es una opción viable desde el punto de vista financiero en la creación de mapas base y en el monitoreo, se puede utilizar para caracterizar áreas marinas y sus recursos. Los datos deben expresarse en forma de mapas que muestren detalles considerables, como las estructuras de los arrecifes, las comunidades de los pastizales marinos, los manglares, las playas, fondos rocosos, sedimentos, etc.

Imágenes obtenidas mediante la teledetección

Un primer paso para obtener imágenes mediante teledetección es seleccionar una escala que muestre los detalles que se requieren y las imágenes se deben fotografiar o escanear. Se debe escoger la película o la imagen adecuada para el sitio (o sea, infrarroja, en blanco y negro, etc.). Si el sitio es suficientemente grande, se debe tomar una serie de imágenes de modo tal que concuerden lunas con otras en los límites aproximados.

Códigos de los rasgos y su delineación

La imagen resultante de teledetección sólo puede ser útil si las regiones individuales están lo suficientemente codificadas y delineadas en la imagen. Los arrecifes, hábitats y las comunidades, deben codificarse y trazarse en la imagen con sus respectivos nombres; todos los otros rasgos extensos deben ser identificados según los tipos de comunidades y si es posible hasta las especies.

La información proveniente de las imágenes obtenidas vía teledetección debe verificarse en campo para determinar la exactitud de la información suministrada y desarrollar, de ser necesario, las llamadas "claves de las comunidades" o morfología a grosso modo de los tipos comunitarios individuales (Sullivan y Chiappone 1994).

De ser factible desde el punto de vista financiero, deben digitalizarse las imágenes en un mapa computarizado, mediante el empleo de un Sistema de Infor-

mación Geográfica (SIG), que permita vincular los mapas computarizados con las bases de datos que contienen información sobre los atributos, como ecosistemas, hábitats y distribuciones de especies. Al igual que la teledetección, el SIG es caro y requiere de mucha capacitación, así como del equipo adecuado. Sin embargo, el SIG también puede manejar y mostrar la información espacial generada por la investigación y el monitoreo en un mapa base, para reflejar de manera dinámica los cambios ocurridos en los recursos y las poblaciones de las especies.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

El SIG es una tecnología computarizada que almacena, analiza y muestra datos espaciales. Presenta de manera gráfica los atributos (datos) en los mapas base, como la batimetría, las zonas de pesca, las rutas de transporte marítimo, los hábitats de especies en peligro, etc. La tecnología del SIG es potente porque permite realizar cambios en las escalas, siempre y cuando la información de origen, por el detalle con que se colectó y almacenó, así lo permita. Además, facilita la superposición de los atributos que se seleccionan, creando con ello nuevos mapas que se pueden adaptar específicamente a una problemática del manejo, delimitación de áreas o planificación. También es posible rastrear espacialmente el estado de un recurso marino a través del tiempo, lo cual brinda una visión de las amenazas potenciales para los recursos y los conflictos de los usuarios. La tecnología del SIG permite un ahorro considerable de tiempo y esfuerzo.

Las limitaciones para el uso del SIG incluyen la ausencia de datos originales sobre los atributos. Incluso si existen puede ser que sean deficientes o difíciles de obtener, particularmente en el caso del ambiente marino. Por ejemplo, es posible que los datos existentes sean espacialmente insuficientes o que estén almacenados en fuentes diferentes y expresadas en una forma que a menudo sea incompatible, o bien, que los costos para obtenerlos sean demasiado altos.

MODELOS DE DATOS ESPACIALES

Existen dos aproximaciones fundamentales en la representación del componente espacial de la información geográfica: el modelo vectorial y el modelo raster. En el primero los objetos son representados por puntos, líneas y polígonos que definen sus fronteras, de manera similar a como son dibujados en un mapa sobre el papel. La posición de cada objeto se define a través de un sistema de coordenadas, y cada posición en el mapa tiene un único par de coordenadas que corresponden a un único lugar sobre la superficie terrestre.

En el modelo raster el espacio se divide en cuadrículas. La localización de los objetos se define por la posición de la fila y la columna que cada celda ocupa. El área de cada celda define la resolución espacial de la representación. A diferencia del modelo vectorial, las unidades de representación del modelo raster (celdas) no corresponden con entidades espaciales del mundo real.

Las ventajas de cada modelo son:

Modelo Raster: estructura de datos simple, las operaciones de superposición de mapas son sencillas

Modelo vectorial: la variabilidad espacial es representada con gran eficiencia, utilizado en la manipulación de imágenes

LOS PROCESAMIENTOS QUE SE REALIZAN CON LOS SIG

El análisis espacial es el conjunto de procedimientos de consulta, integración, análisis y modelación de los datos en función de su distribución geográfica. Esto implica que estudia las relaciones espaciales entre objetos y elementos geográficos tales como la distancia entre ellos o la zona o extensión geográfica donde los elementos se superponen. Los SIG constituyen una herramienta de primer orden para estudiar simultáneamente los dos aspectos temático y espacial de varias variables y de sus características espaciales.

Sus procedimientos más comunes son:

Superposición espacial. Se basa en las operaciones de superposición manual de mapas. Es la función más característica de los SIG y la que los distingue del resto de los sistemas de información espacial. La operación más común es la superposición de áreas poligonales para combinar espacialmente información de distintos temas y realizar luego consultas sobre la distribución conjunta de ciertos atributos. Por ejemplo, al superponer los polígonos de hábitats costeros o marinos con los de las áreas de pesca de arrastre o palangre en los últimos cinco años, se puede determinar qué tipo de ecosistema ha sido el más afectado y entonces evaluar la presencia de características que los hacen más sensibles a diferentes artes de pesca.

Análisis de proximidad. Se crean zonas de amortiguamiento o influencia que son polígonos de búsqueda, generados a una distancia determinada de un punto, línea o polígono. Se utilizan para establecer el área a expropiar en la construcción de una ruta, para modelar la expansión de ondas sonoras en espacios abiertos o para determinar zonas de protección de bosques ribereños en áreas de pendiente pronunciada. En el caso del OEM no hay trabajos publicados.

Mediciones espaciales. Permiten determinar las coordenadas de ubicación, calcular distancias entre puntos y determinar o estimar superficies. Estas determinaciones se pueden generar automáticamente para todos los objetos de la base de datos espacial o pueden también realizarse en forma interactiva para elementos dibujados o listados por el usuario en la pantalla.

Modelado de redes. Los rasgos geográficos son redes de líneas sobre las que se definen rutas. Se utilizan para establecer recorridos óptimos levantando o entregando mercancías, analizar los cambios en el flujo de tráfico por las avenidas para evitar embotellamientos o estimar las variaciones de tensión eléctrica de llegada a los clientes de un cierto sector o barrio de la ciudad.

Geocodificación. Es el uso de los valores de los atributos para calcular la localización geográfica de un objeto de interés (distribución de poblaciones de especies, delimitación de comunidades, hábitats, ecosistemas). Esto es lo que se conoce como geocodificación de zonas ecológicas.

Los OEM requieren gran variedad de información. Por ejemplo:

- Los tipos y localización de hábitat de valor y sus características como son: diversidad de especies, tamaño poblacional, singularidad y representatividad, así como el grado en que las especies dependen de este sitio (hábitats esenciales).
- Los tipos, localización y cuantificación de los usos humanos (recreacional, comercial, actividades de subsistencia, etc.); sus efectos sobre la biota y los hábitats que componen al sitio, el grado de dependencia que los habitantes locales tienen con estos usos así como las actividades humanas que afectan los hábitats y las comunidades biológicas.
- Las amenazas presentes y potenciales a los recursos del sitio debido a actividades que se realizan en la zona de influencia o aun fuera de ésta.

Es importante organizar los datos de manera tal que la mayor parte de la información relevante pueda ser expresada en forma de mapas, mostrando en éstos tantas categorías de datos como sea posible. Los SIG son la herramienta fundamental en este proceso. Sin embargo, esta actividad también puede llevarse a cabo de manera manual, si bien se sacrifica la velocidad de los análisis y las amplias posibilidades de analizar alternativas que brindan los métodos computarizados.

El método, consiste esencialmente, en la superposición de los diferentes mapas a fin de analizar espacialmente los componentes ambientales, derivar nuevos parámetros o seleccionar alternativas de mínimo impacto. La superposición de los diferentes mapas temáticos permite, por ejemplo, identificar áreas donde coinciden los intereses de conservación con otros usos intensivos (pesca, extracción minera, etc.)

Los SIG permiten agregar o quitar capas de información de manera muy dinámica, se refieren a componentes ambientales, potencialidades o restricciones, hasta satisfacer que todos los aspectos esenciales hayan sido tratados y se hayan identificado un conjunto de alternativas para reducir los conflictos de uso. Los mapas resultantes de éstos y otros análisis aportan a los planificadores una herramienta efectiva para definir los tipos e intensidades de uso que pueden ser permitidos en cada zona.

En los OEM es común utilizar escalas medias (1:250,000) aunque en ocasiones se requieren estudios de sitio más detallados que requiere escalas mayores (1:10,000 a 1:50,000).

Las distintas fases del proceso de planificación demandan diferentes tipos de información. En las fases iniciales, cuando es necesario definir cuáles son las áreas candidatas a protección, restauración, pesca, uso múltiple, etc., y de éstas, seleccionar entonces las prioritarias y representativas de acuerdo a los objetivos del OEM, se requiere buscar y crear una base informativa que permita apoyar este proceso. Se han recomendado diversos criterios que ayuden de manera objetiva a la selección de las diferentes vocaciones de los polígonos (en el caso de la columna de agua serían figuras de diferente volumen, determinadas por la profundidad en tres dimensiones). De estos criterios se deriva la necesidad de contar con datos que permitan evaluar variables como:

- Presencia de unidades biogeográficas raras o únicos o representativas
- Existencia de rasgo geológicos únicos
- Procesos ecológicos
- Variedad y clasificación de los hábitats
- Presencia de hábitat de especies raras o amenazadas
- Áreas de reproducción
- Áreas de cría o de desarrollo de juveniles
- Áreas de alimentación o descanso
- Rutas migratorias
- Amenazas y su clasificación
- Grado de conservación de las áreas
- Valor para la investigación
- Importancia económica
- Importancia social

En fases posteriores de manejo, como el proceso de control y monitoreo de los polígonos (o volúmenes en caso de incluir profundidad de la columna de agua) ya implementados, las variables y los indicadores a utilizar serán diferentes, pues su misión será determinar en qué medida el polígono cumple los objetivos para los cuales fue propuesto y proporcionar información para la toma de decisiones en el manejo de manera dinámica.

Las necesidades de información sobre los recursos para esta fase pueden incluir:

1. La presencia y las características de los arrecifes de coral y las comunidades coralinas (ubicación, extensión, número de especies de coral pétreo, porcentaje de cobertura de corales vivos, grado de conservación).
2. Presencia y características de los pastizales marinos (ubicación, extensión, número de especies, porcentaje de cobertura, grado de conservación).
3. Presencia y características de los manglares (ubicación, extensión, número de especies, altura y diámetro de los árboles, grado de conservación).
4. Características de las poblaciones de peces (censo de las especies comerciales importantes, presencia de especies indicadoras, biomasa).
5. Características, descripción y cuantificación de los organismos bentónicos.
6. Presencia y ubicación de especies en peligro.
7. Presencia de especies migratorias (nombre de la especie, ubicación, período).
8. Presencia de hábitats esenciales para la supervivencia de las especies (sitios de reproducción, alimentación, anidamiento, residencia, criaderos).
9. Zonas de pesca y recolección, especies artes, tamaño de flotas, datos de captura.
10. Calidad del agua (especialmente cuando se suponga que la calidad del agua esté afectada por desechos urbanos o contaminación industrial).

Podrían incluirse también amenazas, como movimientos de buques (de transporte y turísticos), desechos urbanos e industriales, sólidos y líquidos (ubicación, tipo), recreación y turismo (tipo de actividad, números, ubicación).

MÉTODOS HIDROACÚSTICOS

Los métodos hidroacústicos han comenzado a ser usados en los últimos años para obtener información y caracterizar y elaborar mapas del medio marino, sobre todo el bentos, y aunque han resultado de mucha utilidad, son caros y han sido poco usados en México (no se encontraron referencias).

Se basan en el principio del sonar: un pulso sónico viaja a través de la columna de agua, choca con el fondo y al regresar registra datos como bancos de peces, densidad y características del sustrato, que permiten a su vez detectar y asociar comunidades y poblaciones de organismos. Se puede complementar el trabajo con video y fotografía para validar y desarrollar "huellas digitales" (signatures) correspondientes a especies-sustrato sustrato-abundancia, etc.

Los métodos descritos han mostrado ser de gran utilidad, pero al igual que los métodos de percepción remota y SIG, la verificación y la información de campo es muy importante. Para que estas tecnologías funcionen deben existir y estar disponibles bases de datos bien estructuradas lo que en muchos casos no sucede en México.

MUESTREO DE CAMPO

Prospecciones de sitios

Si bien existen muchos métodos para realizar prospecciones de las características físicas y ecológicas de los sitios marinos, esta sección se centrará principalmente en los factores más importantes (véase Coyer y Witman 1990).

Prospecciones de hábitats bentónicos

Las prospecciones de los hábitats bentónicos deben tomar muestras de las formas de vida de la epifauna así como de las sésiles y relativamente sedentarias en los sitios que sirven de muestras. Debido a la variabilidad estacional existente en muchas regiones se deben llevar a cabo prospecciones de los hábitats bentónicos al menos durante el verano y el invierno, o durante las estaciones de seca y de lluvia, como parte del estudio de caracterización.

Existe una variedad de técnicas de prospección para estudiar los hábitats bentónicos, incluyendo los transectos de intersección lineal, los transectos en cadena, cuadrantes y cuadrantes fotográficos. Cada una de esas técnicas posee sus ventajas y desventajas y la técnica adecuada se debe seleccionar según la complejidad del sistema.

Prospecciones de peces

La prospección de peces deben determinar la densidad, la estructura y la diversidad de especies existentes en el sitio los arrecifal (Sluka *et al.* 1996). En todas las prospecciones se debe registrar el número y los tipos de especies. Las prospecciones se deben llevar a cabo en diferentes momentos del día para determinar las especies diurnas y nocturnas y se deben realizar durante las estaciones de verano e invierno.

Las técnicas de prospección de peces incluyen el censo estacionario de peces, el censo de transectos por franjas, así como la técnica de nado al azar (o la modificación del método del buzo ambulante). Otras técnicas avanzadas incluyen las grabaciones de vídeo fijas, las grabaciones de vídeo activas (grabaciones con vehículos de control remoto), las técnicas hidroacústicas, las modificaciones de las nasas para peces y los métodos de captura. Las últimas tres técnicas se utilizan para las regiones más profundas donde los buzos no puede llevar a cabo las prospecciones de los peces de forma segura.

La diversidad biológica

Como parte del estudio de caracterización de sitios, los científicos deben determinar los índices de diversidad biológica, como los inventarios de las especies de grupos o comunidades taxonómicas en particular y los análisis de la estructura comunitaria. La diversidad biológica se debe medir a nivel comunitario, de especies o genético (Ricklefs 1979).

Existen diversas fuentes de observación en México sobre especies de importancia biológica en el medio marino, si bien es necesario generar más datos y una difusión más amplia. La información sobre flotas pesqueras y pesquerías artesanales se concentran principalmente en el Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA) y sus centros regionales de investigación pesquera, mientras que diversas instituciones académicas y de investigación también generan datos y estudios sobre especies de importancia biológica. Un esfuerzo que tuvo éxito recabando este tipo de información fue el emprendido por la Comisión Nacional

para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y que dio como resultado la obra *Regiones marinas prioritarias de México* (Arriga et al. 1998). Este proyecto reunió, por medio de talleres multidisciplinarios, a 74 expertos en conservación del sector académico, gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales. En estos talleres, se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad. También se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares, a partir de las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación. Se elaboraron las fichas técnicas para cada área prioritaria identificada, que contienen información general de tipo geográfico, climatológico, geológico, oceanográfico, así como el consenso generado por los participantes al taller respecto de la información biológica, de uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de conservación y uso.

La clasificación de las 70 áreas prioritarias, se logró considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.). La clasificación dio como resultado diferentes grupos definidos por el patrón de uso de los recursos, el conocimiento sobre biodiversidad y las amenazas que enfrentan, considerando la información generada durante el taller. Es indispensable señalar que esta clasificación se hizo tomando como base la evaluación que realizaron los participantes en el taller, utilizando los criterios de evaluación para cada una de las áreas. Posteriormente, los valores así asignados fueron analizados por medio de un análisis de conglomerados, lo que dio como resultado 58 áreas de alta biodiversidad, de las cuales 41 presentaron algún tipo de amenaza para la riqueza natural y 38 correspondieron a áreas de uso por sectores. Finalmente, también se identificaron ocho áreas de importancia biológica pero no se cuenta con información sobre biodiversidad. Tres áreas no tienen ninguna clasificación debido a que, por la escasa información contenida en la ficha correspondiente, el análisis no produjo clasificación alguna.

Ejemplo 1. Hábitats bentónicos de los Cayos de las Florida (FMRI 1998): El Instituto de Investigaciones Marinas de la Florida (FMRI, por sus siglas en inglés), con la ayuda de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), preparó un atlas mediante un SIG y un CD-ROM de los hábitats bentónicos existentes en el Santuario Nacional Marino de los Cayos de la Florida. El proceso comenzó en 1991–1992 con la toma de fotos aéreas, y se obtuvo un total de 450 fotos del área de estudio a una escala de 1: 48,000.

Las fotografías fueron interpretadas por ecólogos que prepararon una estructura de 24 clases de comunidades bentónicas en cuatro hábitats importantes: arrecifes de coral, pastizales marinos, fondos duros y sustratos desnudos. Se realizaron comprobaciones de campo para verificar los hábitats que se habían descrito a partir de las fotografías. Luego se digitalizaron los datos en las fotografías y, en algunos casos, se agregaron más detalles. Los datos, ahora en formato digital, fueron recombinados para formar mosaicos regionales. Luego se unieron los mosaicos para crear una amplia base de datos de hábitats bentónicos de los Cayos de la Florida.

Ejemplo 2. Sonda de Long Beach: A continuación se presenta a manera de ejemplo un estudio de la sonda de Long Island en el estado de Nueva York. Este trabajo, generó información del tipo de sustrato, principales comunidades bentónicas y estimaciones de abundancia de especies prioritarias (importancia comercial).

Con un mapa de referencia y un sistema de georeferenciación, se emite una señal (*side scan*) y se caracteriza el fondo con métodos hidroacústicos.

Es posible usar un sonar más sofisticado y emitir un multipulso y desarrollar un perfil más detallado. A continuación, con la información obtenida se establece una relación entre el tipo y tamaño grano del sedimento y las comunidades.

Posteriormente, se relacionan los tipos de sedimento y sus transiciones con comunidades y poblaciones (mesoescala).

La clasificación de población se realiza de acuerdo con elementos del “paisaje bentónico” y su referencia geográfica; en este caso una especie de importancia comercial como langosta de Nueva Inglaterra.

Este tipo de resultados se pueden procesar en el modelo LIS que simula y predice los gradientes de riqueza específica de acuerdo al tipo de sustrato y las

transiciones entre estos. En este caso, la simulación es para proponer áreas protegidas y zonas de uso múltiple, dependiendo de la riqueza específica. Con esta información ya codificada se puede usar el sustrato/hábitat como un “proxy” (representante) de las especies.

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Todas las metodologías descritas en este reporte son compatibles entre sí, las diferencias son de escala, y ninguna de las metodología remotas puede funcionar eficientemente sin las validaciones de campo. Todas son útiles y dependen del objetivo que se persiga. De hecho, son un continuo desde la percepción por satélites, hasta los registros de video y fotográficos de 2 x 2 cm.

El principal problema, que se enfrenta en este tipo de estudio, incluso con buen trabajo y validación de campo, es la estructura y sistematización de datos para su análisis. Para un adecuado análisis pesquero, mapas diseñados con SIG, calibración de fotos de satélite y métodos acústicos se necesitan bases de datos bien estructuradas.

Estas metodologías deben usarse según las necesidades y recursos disponibles, incluyendo la de expertos.

UTILIDAD DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Como toda herramienta, la utilidad de los métodos descritos depende de varios factores:

- 1) Su correcta aplicación, es decir, que la herramienta sea la adecuada para el problema a resolver. Se deben tener muy claros los objetivos, escala y alcance de la información que se requiere al momento de aplicar una u otra herramienta.
- 2) Disponibilidad de bases de datos de campo o los recursos y personal necesario para generar la información básica requerida.
- 3) Disponibilidad de recursos y personal entrenado para validar la información generada en el campo.

- 4) Planificación a mediano o largo plazo en caso de disponer de recursos para adquirir y poner en uso las metodologías que requieren mayor inversión financiera y tecnológica.
- 5) No debe perseguirse el uso de tecnología sofisticada como un fin en sí mismo. El aparato nunca sustituye al personal bien entrenado y a un buen trabajo de campo.
- 6) La información generada debe servir como una guía para la toma de decisiones sobre la aplicación de los diversos métodos. Esta decisión debe ser producto de un análisis costo-beneficio y una visión a mediano y largo plazo.
- 7) Se recomienda un enfoque en etapas, donde gradualmente se tomen decisiones, si es que se necesita el tipo de información que sólo ciertas tecnologías pueden resolver.

BIBLIOGRAFÍA

- Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz y V. Aguilar (comps.) 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Ault, J., J. Serafy, D. DiResta y J. Dandelski. 1997. *Impacts of commercial fishing on key habitats within Biscayne National Park*. RSMAS, University of Miami. Miami, Florida.
- Chapman, V. J. 1984. Botanical Surveys in Mangrove Communities. En: S. C. Snedaker y J. C. Snedaker. (eds.). *The Mangrove Ecosystem: Research Methods*. Bungay. Pp. 53-80.
- Chiappone, M., J. Kelly, E. Schmitt y K. Sullivan. 1998. *Tools and methods for assessment of land-based sources of pollutants and their impacts on coral reefs: A study of the Central Bahamas*. The Nature Conservancy, Arlington.
- Continental Shelf Associates, Inc. 1997. *Long-term Monitoring at the East and West Flower Garden Banks*. New Orleans.
- Coyer, J. y J. Witman. 1990. *The underwater catalog: A guide to methods in underwater research*. Nueva York.
- Crosby, M. P. y E. S. Reese. 1996. *A manual for monitoring coral reefs with indicator species: butterflyfishes as indicators of change on Indo-Pacific reefs*. Silver Spring, Maryland.

- DeVantier, L. M., G. R. Barnes, P. A. Daniel y D. B. Johnson. 1985. *Studies in the assessment of coral reef ecosystems: I. Assessment protocol*. Australia.
- FMRI (Florida Marine Research Institute). 1998. *Benthic habitats of the Florida Keys*. St. Petersburg.
- Hamilton, L. S. y S. C. Snedaker (eds.). 1984. *Handbook for mangrove area management*. IUCN, Suiza..
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2000. Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Jokiel, P. L. y E. F. Cox. 1996. Assessment and monitoring of US coral reefs in Hawaii and the Central Pacific. En: *A Coral Reef Symposium on Practical, Reliable, Low Cost Monitoring Methods for Assessing the Biota and Habitat Conditions of Coral Reefs*, 26-27 de enero de 1995. Silver Spring, Maryland.
- Kenchington, R. A. y B. E. T. Hudson. 1988. *Coral reef management handbook*. UNESCO, Indonesia.
- Kirkman, H. 1990. Seagrass Distribution and Mapping. En: *Seagrass Research Methods*, R. C. Phillips y C. P. McRoy, (eds.), Pp. 19-26. UNESCO, Paris.
- McClellan, D. B. 1996. *Aerial surveys for sea turtles, marine mammals, and vessel activity along the Southeast Florida coast, 1992-1996*. SEFSC/NMFS/NOAA, Florida.
- McRoy, C. P. y C. Helfferich (eds.). 1977. *Seagrass ecosystems*. Marcel Dekker, Inc., Nueva York.
- Power, M. E., D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, G. Daily, J. C. Castilla, J. Lubchenco y R. T. Paine. 1996. Challenges in the quest for keystones. *BioScience* 46:609-620.
- Reese, E. S. 1996. The use of indicator species to detect change on coral reefs: Butterflyfishes of the family chaetodontidae as indicators for Indo-Pacific Coral Reefs. En: *A coral reef symposium on practical, reliable, low cost monitoring methods for assessing the biota and habitat conditions of coral reefs*, 26-27 de enero de 1995. Silver Spring, Maryland.
- Ricklefs, R.E. 1979. *Ecology*. Chiron Press, Nueva York.
- Sluka, R., M. Chiappone, K. M. Sullivan y R. Wright. 1996. *Habitat and life in the exuma cays, the Bahamas: The status of groupers and coral reefs in the northern cays*. The Nature Conservancy, Virginia.

- Stoddart, D. R. y R. E. Johannes. 1978. *Coral reefs: research methods*. Page Brothers Ltd. Norwich, Gran Bretaña.
- Sullivan, K. M. y G. Bustamante. 1997. Geographic priorities of marine conservation: The Nature Conservancy's ecoregional platform for the Wider Caribbean. *En: Proceedings of the 50th annual meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 9-14, de noviembre de 1997, Merida, Yucatán.
- Sullivan, K. M. y M. Chiappone. 1994. *Rapid ecological assessment: Montego Bay Marine Park, Jamaica*. The Nature Conservancy, Virginia.
- Vega, M., M. Chiappone, G. A. Delgado. R. Wright y K. M. Sullivan. 1997. *Evaluación ecológica integral del Parque Nacional del Este, República Dominicana*. Tomo 2: Recursos Marinos. The Nature Conservancy, Virginia.

Caracterización socioeconómica del ordenamiento ecológico marino: representación de los impactos de las actividades socioeconómicas en el ambiente marino

Mauricio Ramírez Rodríguez, Gustavo de la Cruz Agüero y César López Ferreira

INTRODUCCIÓN

En México, el ordenamiento ecológico marino (OEM) se concibe como un instrumento de planeación ambiental que integra las variables ambientales y humanas que conforman los ecosistemas costeros y marinos. Su finalidad es “dar cuenta de la organización espacial” de las actividades productivas para proponer la utilización sustentable de los recursos, así como las medidas para su protección y preservación. Para lograrlo es necesario comprender la vinculación entre las actividades humanas, sus efectos en los diversos ecosistemas de las zonas costeras y marinas, y las oportunidades de armonizarlas con un desarrollo sustentable a escala regional.

En este capítulo se revisan los enfoques o metodologías para representar en el ambiente marino la ubicación de las actividades y los impactos de las actividades socioeconómicas, considerando la definición de criterios e indicadores y los requerimientos de información y escala de los análisis, todo ello en el marco del Manejo Integral de la Zona Costera (MIZC), que consideramos apropiado para su aplicación en el OEM.

El MIZC se define como un proceso dinámico, multidisciplinario e iterativo, diseñado para promover el manejo sustentable de las zonas costeras (ETC-TE 2003), y para su cumplimiento hay que tomar en cuenta la interacción, en espa-

cio y tiempo, entre factores y elementos de las dimensiones social, económica, política y ambiental, así como la definición de las fronteras naturales.

En la zona costera las inversiones en turismo, maricultura, pesca, expansión portuaria e instalaciones industriales, incluyendo las mineras y petroleras, conllevan una acelerada transformación y la competencia por el control de recursos de los que tradicionalmente dependen las comunidades litorales. Esto aumenta los conflictos y trae consigo la degradación de los ecosistemas costeros, el deterioro de la calidad de las aguas costeras por la contaminación causada por fuentes terrestres y el agotamiento de las reservas pesqueras comerciales (Herrmann 2004).

La idea de ordenar las costas y el mar presenta, además de desafíos conceptuales, retos de operación y capacidad tecnológica (León 2004). El problema incluye la necesidad de establecer la capacidad de los ecosistemas costeros para soportar el uso de sus recursos y la recepción de contaminantes; de definir y garantizar los derechos de acceso a los bienes y servicios ambientales por parte de los diferentes sectores de la sociedad; de ordenar las actividades productivas de forma tal que se asegure que el crecimiento económico regional corresponda con la continuidad de los procesos ecológicos, además de un marco legal suficiente, coherente y flexible (Quijano-Poumian y Rodríguez-Aragón 2004; Zarate-Lomeli 2004).

Con estas características, medir si un programa de MIZC logra el desarrollo sustentable es muy difícil, si no imposible, lo que en términos de planeación lo convierte en un fin, pero no en un objetivo. En un primer paso deberá existir un plan que establezca fines y objetivos; los primeros, como declaraciones generales de lo que se desea alcanzar, que de forma clara y breve consideren la visión a largo plazo o las condiciones que resultarán de la aplicación de las medidas de manejo. Los objetivos, por su parte, deberán declararse de forma específica y fácil de entender, describiendo de manera realista lo que se debe alcanzar (y no cómo alcanzarlo), dentro de un periodo dado, de forma que se pueda medir y validar su logro. De acuerdo con la FAO (2000), la descripción de objetivos debe hacerse de forma que puedan medirse los progresos en su consecución, utilizando indicadores y puntos de referencia. Los criterios representan las propiedades que resultarán afectadas por el proceso de desarrollo sostenible (cuadro 1).

Entre las propuestas de fines socioeconómicos está el mejorar o mantener la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia y los beneficios no monetarios a la sociedad; distribuir equitativamente los beneficios; maximizar la compatibilidad entre el manejo y la cultura local; y mejorar el conocimiento y el cuidado ambiental (Pomeroy *et al.* 2004).

Los objetivos incluyen lo siguiente: cumplir o mejorar las necesidades nutricionales de los residentes; mejorar la disponibilidad de productos marinos capturados localmente para el consumo público; mejorar el estatus económico y el bienestar relativo de los residentes o usuarios de los recursos; estabilizar o diversificar la estructura de empleo e ingreso, reduciendo la dependencia de los recursos marinos; propiciar el acceso a mercados y capital; mejorar la salud de residentes y usuarios de los recursos; mejorar o mantener la fauna silvestre; mejorar o mantener oportunidades de recreación; mejorar o mantener el valor de los servicios ecológicos; distribuir equitativamente los beneficios monetarios y no monetarios en las comunidades costeras; mejorar la equidad dentro de las estructuras sociales y entre grupos sociales; minimizar o evitar efectos adversos sobre prácticas y relaciones tradicionales o sistemas sociales; proteger características culturales o sitios y monumentos históricos relacionados con los recursos costeros; mejorar el respeto y el entendimiento del conocimiento local; mejorar el entendimiento público de la sustentabilidad ambiental y social; incrementar el grado de conocimiento científico; expandir la comprensión científica mediante investigación y monitoreo.

Como mencionan Zenetos *et al.* (2002), el objetivo de la administración pesquera tradicional es la explotación racional y responsable de los recursos acuáticos vivos y de la acuicultura, reconociendo el interés de las pesquerías en el largo plazo, sus condiciones económicas y sociales, y el interés de los consumidores, tomando en cuenta las limitantes biológicas y el debido respeto al ecosistema marino. Esto bien puede extenderse a las demás actividades socioeconómicas que se desarrollan en la zona costera y marina.

Para lograr los objetivos se deben considerar medidas para supervisar y conservar los recursos y la actividad, como el establecimiento de cuotas de captura; disposiciones técnicas para la conservación y para la pesca; políticas estructurales que aseguren un estándar de vida justo para los trabajadores; políticas de

Cuadro 1. Criterios base para la definición de objetivos para el sector pesca (tomado de FAO 2000)

Dimensiones	Criterios
Económica	<ul style="list-style-type: none"> Captura pesquera Rentabilidad Valor de la captura pesquera Valor de los derechos de pesca Subvenciones Contribución de la pesca al PIB Valor de las exportaciones pesqueras (en comparación con el valor total de las exportaciones) Inversión en flotas pesqueras e instalaciones de elaboración Impuestos y subvenciones Empleo Ingresos Beneficios netos de la pesca
Social	<ul style="list-style-type: none"> Empleo/participación Demografía Alfabetización/educación Consumo de proteínas Ingresos Tradiciones/cultura pesqueras Endeudamiento
Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> Distribución por sexos en la toma de decisiones Estructura de la captura Áreas y calidad de los hábitats importantes o críticos Abundancia relativa de las especies objetivo Presión de pesca-áreas donde se pesca y donde no se pesca Tasa de explotación Efectos directos de las artes de pesca en especies que no son objetivo Efectos indirectos de la pesca: estructura trófica Efectos directos del arte en los hábitats Biodiversidad (especies) Cambio en la superficie y calidad de hábitats importantes o críticos Presión pesquera-superficie pescada-y sin pescar

Cuadro 1. *Continúa*

Dimensiones	Criterios
Gobierno	Régimen de aplicación de las normas Derechos de propiedad Transparencia y participación Capacidad de ordenación

mercado, basadas en instrumentos similares a los utilizados para la agricultura; relaciones con otros países y acuerdos internacionales vinculados con asuntos ambientales.

La declaración de objetivos en un plan de MIZC supone la posibilidad de medir el éxito o fracaso en su alcance, y para su evaluación se puede tomar lo propuesto por Hockings et al. (2000) para áreas marinas protegidas: considerar el ciclo de diseño así como manejo, monitoreo, evaluación y adaptación. Las preguntas básicas son las siguientes: ¿En qué contexto se diseñó? ¿Cuál era el resultado deseado y cómo se planeó conseguirlo? ¿Qué se requirió? ¿Cuál fue el proceso seguido? ¿Qué actividades se realizaron y qué productos se obtuvieron? ¿Qué impactos se lograron?

Al respecto se debe considerar la importancia de los procedimientos de diagnóstico y pronóstico que, aunque pueden no ofrecer directamente la oportunidad para la investigación original de las características del sistema costero, constituyen el análisis de información disponible. Un diagnóstico es una conclusión o un conjunto de conclusiones respecto al estado de cualquier entidad en el momento de llevarse a cabo. Entidad se refiere a organismo, mecanismo, industria o sistema natural o elaborado por el hombre. El diagnóstico especifica el estado de la entidad e indica la causa o causas de ese estado y las posibilidades de cambio para su desarrollo o mejora (Kesteven 1978). El diagnóstico se basa en la obtención y el análisis de evidencias en comparación con conocimientos anteriores sobre su estructura y función.

Un pronóstico es una previsión o predicción basada en el conocimiento; si no lo hay, sólo se puede ofrecer una conjetura o especulación. El pronóstico indica el posible curso de los acontecimientos y los estados que el sistema puede

atravesar bajo diversas condiciones. El objetivo del procedimiento de pronóstico es alcanzar conclusiones confiables con respecto a lo que puede ocurrir en el sistema bajo las condiciones que se puede esperar que prevalezcan en el futuro. La prescripción sigue al pronóstico, después de escoger una de las diversas alternativas indicadas (Kesteven 1978). El examen de los resultados del pronóstico y la elección del curso de acción guardan relación con la política nacional, que es la que señala los objetivos y prioridades.

En el caso de los programas de MIZC, los diagnósticos y pronósticos consideran elementos físicos, bióticos, técnicos, económicos y sociales, pero generalmente los resultados se refieren a las condiciones biológicas y ambientales, especialmente las existentes en tierra, dada la dificultad que representa el medio marino para caracterizar con suficiente precisión la situación no sólo ambiental, sino también socioeconómica. En este sentido, es necesario revisar las propuestas de indicadores encaminados a la caracterización de actividades socioeconómicas en las zonas costeras y marinas.

INDICADORES Y EL MANEJO DE LOS RECURSOS MARINOS Y COSTEROS

Los principales retos para el manejo de los recursos marinos y costeros incluyen restringir el desarrollo de las costas subdesarrolladas; proteger, mejorar y celebrar la diversidad natural y cultural; promover y apoyar una economía costera dinámica y sustentable; asegurar que las playas sean limpias y las aguas costeras no estén contaminadas; reducir la exclusión social en las comunidades costeras; utilizar racionalmente los recursos naturales; y asegurar una protección costera apropiada y ecológicamente responsable (ETC-TE 2003). Por tanto los indicadores, adecuados a las escalas que correspondan, deben ser representativos de un amplio rango de variables ambientales, económicas y sociales, y servir para la preparación de estrategias al proveer metas y metodologías para identificar tendencias.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, un indicador puede definirse como un parámetro o valor, derivado de variables generales, que señala o provee información o describe el estado de un fenómeno dado –del ambiente o de un área específica– con un significado que

trasciende el valor específico del parámetro. El indicador conlleva dos funciones básicas: reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para reflejar una situación dada, y simplificar el proceso de comunicación con el usuario (INEGI-INE 2000). La instrumentación de indicadores permite: a) desarrollar mejores colecciones de información y reportes, con énfasis en materia ambiental, social y económica; b) integrar datos ambientales, económicos y sociales de importancia en la planeación y la toma de decisiones; y c) elaborar reportes periódicos sobre condiciones y tendencias.

Las etapas en la obtención de los indicadores incluyen: 1) determinar criterios y objetivos específicos o implicados; 2) elaborar un modelo conceptual de cómo funciona el sistema, a fin de organizarlo en torno al mismo; 3) determinar qué indicadores y puntos de referencia potenciales se necesitan para evaluar los progresos hacia los objetivos; 4) examinar la viabilidad, la disponibilidad de datos, el costo y otros factores que determinan la practicabilidad de la aplicación de los indicadores; y 5) documentar los métodos empleados para calcular o especificar los indicadores.

Bunce *et al.* (2000) proponen determinar indicadores y unidades de medida y métodos para responder preguntas clave, como las siguientes: ¿Qué actividades tienen lugar en el mar? ¿Qué actividades en tierra? ¿En qué lugar se desarrollan las actividades? ¿Durante qué tiempo (estacionalidad)? ¿Qué impactos tienen esas actividades? ¿Quiénes las llevan a cabo? ¿Cuáles son sus características (edad, género, capacitación, ingresos)? ¿Cuántos son de cada tipo? ¿Cómo se efectúan las actividades? ¿Qué tipo de tecnologías utilizan? ¿Qué tanto se usa? ¿Dónde se consigue el equipo? ¿De quién es el equipo? ¿Cuánto cuesta? ¿Cómo afecta el uso del equipo? ¿Cómo está organizada la gente que usa los recursos? ¿Qué formas de propiedad o uso de derechos existen? ¿Qué leyes y reglamentos se aplican?

En general, los indicadores deben cumplir las siguientes condiciones: ser baratos o rentables; ser sencillos de compilar y utilizar; optimizar el uso de la información; tratar diferentes niveles de complejidad y escala; facilitar la integración, agregación o reorientación de indicadores; proporcionar información fácilmente comunicable a los interesados, y contribuir directamente a mejorar el proceso de toma de decisiones (FAO 2000).

Los indicadores deben basarse en metodologías sencillas que utilicen fuentes de datos accesibles y confiables, y que permitan establecer tendencias con fines de caracterización regional; los resultados debieran expresarse cartográficamente. Los indicadores deben proveer medios prácticos y costos efectivos para la evaluación del estado y el desarrollo del sistema, y los efectos de los cambios en las políticas en ese sistema (Sabatella y Franquesa 2004).

Con estas características, resulta indispensable identificar indicadores útiles para caracterizar y evaluar las actividades socioeconómicas y su impacto en la zona costera (Flores-Nava y Euán-Ávila 2004), y directamente pertinentes para los procesos de adopción y reorientación de políticas y decisiones. La elección de indicadores debería restringirse a un número limitado, basándose en su operatividad/viabilidad; la disponibilidad de datos; su eficacia en función del costo; comprensibilidad, exactitud y precisión; solidez ante la incertidumbre; validez científica; aceptabilidad para los usuarios/interesados, y capacidad de comunicar información.

Cada indicador deber ser claramente definido, incluyendo una breve descripción de su propósito y relación con fines y objetivos. En cada caso se deben considerar los requerimientos para la recolección de los datos necesarios. Además, deben tenerse en cuenta los métodos y procedimientos de análisis y los resultados esperados, previendo la evaluación del indicador en términos de fortalezas y limitaciones.

En México, para facilitar la planificación y el desarrollo de políticas respecto al uso de la tierra, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE) desarrollaron 113 indicadores de sustentabilidad bajo los criterios del marco Presión-Estado-Respuesta (INEGI-INE 2000). Entre los que se relacionan directamente con el MIZC están el crecimiento de población en áreas costeras, cambios en el uso del suelo, y especies amenazadas respecto al total de especies nativas. Por otra parte, el INE propuso un grupo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental (SEMARNAT-INE 2000), entre los que están el volumen de la captura, el número de embarcaciones (como medida del esfuerzo pesquero), y la estimación del volumen de pesca sin registro oficial (como medida de la pesca ilegal). Otros indicadores, de tipo general pero aplicables a estudios de caracterización del te-

ritorio y ordenamiento territorial en México, son los enlistados por Palacio-Prieto *et al.* (2004) considerando los subsistemas natural, social y urbano-regional, y económico.

Sobre indicadores relacionados con la sustentabilidad ecológica de sistemas pesqueros existe bastante literatura, principalmente sobre abundancia relativa y salud de poblaciones explotadas (*stocks*) individuales. Para ello se usan conceptos como puntos objetivos y límites de referencia, índices de biomasa, mortalidad por pesca y medidas de esfuerzo. Sin embargo, es poca la información sobre indicadores para evaluar aspectos sociales y económicos de pesquerías y su interacción con objetivos de desarrollo sustentable (Belfiore 2004). Pomeroy *et al.* (2004) enlistan los siguientes indicadores relacionados con los objetivos socioeconómicos: patrones locales de uso de recursos marinos; valores y creencias locales acerca de los recursos marinos; grados de comprensión de los impactos humanos sobre los recursos; percepciones de la disponibilidad de alimento; percepciones del aprovechamiento de recursos locales; percepciones del valor de no-mercado y no-uso; estilo material de vida; calidad de la salud humana; distribución del ingreso familiar por fuente; infraestructura y negocios de la comunidad; número y naturaleza de los mercados; conocimiento que los usuarios tienen de la historia natural; distribución de conocimiento formal a la comunidad; porcentaje del grupo de usuarios en posiciones de liderazgo; cambios en las condiciones de sitios o monumentos ancestrales e históricos.

Como indicadores del estado de la pesca sustentable en México, el Instituto Nacional de la Pesca (INP) considera tres categorías: 1) pesquerías con potencial de desarrollo, 2) pesquerías con aprovechamiento máximo, y 3) pesquerías en deterioro. Las pesquerías con potencial de desarrollo se caracterizan por la probabilidad de que las capturas puedan aumentar incrementado el esfuerzo pesquero, siempre y cuando se haga de manera precautoria y controlada. Una pesquería aprovechada al máximo ha llegado a un grado de utilización óptimo, y no es posible acrecentar el esfuerzo pesquero sin sobreexplotación. Las pesquerías en deterioro tienen un esfuerzo pesquero excesivo que se relaciona con la disminución notable en la biomasa y con la capacidad reducida de reclutamiento (INP 2000).

En la cuadro 2 se presentan varios indicadores identificados para la pesca por la FAO (2000), y en la cuadro 3, ejemplos de criterios e indicadores económicos

sugeridos por Sabatella y Franquesa (2004). Varios de esos indicadores son utilizados por la FAO para realizar sus informes sobre el estado mundial de la pesca y la acuicultura, que incluyen el estado de los recursos pesqueros: tendencias de la producción (de la pesca de captura, de la acuicultura, pescadores y piscicultores, situación de las flotas pesqueras y de los recursos pesqueros), productos pesqueros y comercialización (FAO 2004). Algunos de ellos han sido incluidos en la propuesta de indicadores básicos del desempeño ambiental de México (SEMARNAT 2005).

En relación con la acuicultura, los indicadores incluyen el porcentaje que representa la producción acuícola del volumen total de la producción pesquera,

Cuadro 2. Indicadores sobre pesquerías propuestos por la FAO (2000) de acuerdo con el marco Presión-Estado-Respuesta

Dimensión	Presión	Estado	Respuesta
Ecosistema (recurso y medioambiente)	Captura total Área total pescada Captura/rendimiento sostenible % recursos > objetivo Descarga total de efluentes	B/B objetivo F/F objetivo E/E objetivo % RO > objetivo % RNO > objetivo Índice de biodiversidad Estructura de la comunidad Estructura trófica	% reposición poblaciones agotadas Reducción de contaminación de tierra Derechos del usuario establecidos Usuarios establecidos
Social	Esfuerzo de pesca Número de barcos Tasa de crecimiento del número de pescadores Tasa de desempleo Tasa de inmigración Descontento social	Área de hábitat crítico Número de pescadores Demografía Número de asociaciones % bajo la línea de pobreza Distribución de ingresos y bienes	Asistencia para desempleo Apoyo a asociaciones Decisión sobre asignación de recursos

Cuadro 2. Continúa

Dimensión	Presión	Estado	Respuesta
Económica Instituciones/ Gobierno)	Desempleo en el sector Subvenciones Capacidad pesquera excesiva Renta potencial del recurso	Rentabilidad Sueldos y salarios Empleo en el sector	Incentivos y desincentivos económicos (por ejemplo, subvenciones, impuestos, recompras) Medidas prescriptivas y de control
Social	Políticas de empleo Ausencia de derechos de propiedad	% recursos evaluados % con planes de ordenación % recuperación de costos de ordenación Tasa de cumplimiento % recursos co-ordenados	% recursos evaluados Programas de conversión de trabajo Programas de readiestramiento Número de operaciones de cumplimiento

Notas: B=Biomasa, F=Mortalidad por pesca, E=Tasa de explotación, RO=Recursos objetivo, RNO=Recursos no-objetivo.

el número de centros acuícolas y las granjas comerciales. También se propone considerar lo relacionado con acciones de inspección y vigilancia (número de inspecciones, operativos, aseguramientos y resoluciones). Además habría que incluir calidad del agua, cobertura vegetal, estado de las actividades pesqueras tradicionales y calidad de vida.

En lo que se refiere a turismo la Comisión Europea (2000) propone que los indicadores para medir los efectos del esa actividad, tanto sobre la economía y el medio ambiente como sobre la calidad de vida de los habitantes, sean a la vez cuantitativos y cualitativos y permitan analizar, entre otras cosas, la percepción por parte de la población de los efectos del turismo, sus ventajas e inconvenientes; las consecuencias socioeconómicas, la creación de puestos de trabajo y de ingresos (riqueza), las nuevas infraestructuras y la mejora de determinados equi-

pamientos y servicios públicos gracias a la actividad turística; los efectos positivos del planteamiento de gestión integrada de la calidad sobre la calidad real y subjetiva de la vida según la perciben los habitantes del destino y los de las zonas vecinas; los efectos reales positivos o negativos de todo tipo de desarrollo de la actividad turística sobre la calidad del medio ambiente, y la incidencia del planteamiento sobre el desarrollo sostenible.

Por otra parte, sería conveniente considerar indicadores relacionados con otros impactos del turismo, como los enlistados por Salas-Roiz

Cuadro 3. Ejemplos de criterios e indicadores económicos pesqueros (tomado de Sabatella y Franquesa 2004)

Criterio	Ejemplo de indicador	Estructura	Punto de referencia
Captura	Desembarcada No objetivo	Por especies; grupos de edad Por área Por subsector pesquero	Rendimiento máximo sostenido (RMS) Nivel histórico Nivel de objetivo de manejo
Capacidad de captura	Toneladas brutas (barcos) Número de embarcaciones menores Esfuerzo total	Por tipo de flota Por subsector Edades de los barcos Mortalidad por pesca/especies	Esfuerzo para RMS Nivel de objetivo de manejo
Valor de la captura (a precios constantes)	Valor total sin inflación (precio desembarcado)	Por grupos de especies Por subsector y pesquería	Nivel histórico seleccionado
Subsidios	Descuentos en impuestos Apoyos extraordinarios	Por subsector Flota/pesquería	Nivel histórico Nivel base (cero) Nivel objetivo

Cuadro 3. *Continúa*

Criterio	Ejemplo de indicador	Estructura	Punto de referencia
Contribución al PIB	PIB pesquerías/PIB nacional	Por grupos de especies	Nivel histórico
Exportaciones	Exportación/valor captura	Por grupos de especies Por pesquería	Nivel histórico
Inversión	Valor de mercado o de reemplazo Depreciación Composición de edades de la flota	Por tipo de flota Por pesquería	Nivel histórico
Empleo	Total de empleo	Subsector Flota/pesquería	Nivel histórico Objetivo realista de manejo
Ganancia neta	Beneficio+renta Ganancia neta/ inversión Valor de derechos	Por subsector Por pesquería	Nivel histórico Rendimiento económico máximo
Esfuerzo (principalmente en cuanto a pesquería)	Número de barcos; Tiempo pescando Cantidad de artes de pesca Empleo	Por pesquería, en términos físicos o monetarios	

(2004): patologías sociales (prostitución, alcoholismo y drogadicción), desarrollo integral de las comunidades (rurales o urbanas), calidad de vida, infraestructura, equipamiento y servicios públicos. También incluye la participación real de empresas locales, la generación de empleo de calidad, la capacitación local y la producción de un mayor impacto indirecto en otros sectores productivos.

Otra actividad importante en el ámbito marino se refiere al transporte marítimo, donde es necesario definir indicadores que tendrían necesidad de datos sobre el número de embarcaciones (por propiedad, tipo, tamaño, función, área de trabajo, rutas, tiempos, personal, seguro marítimo); de puertos (por tipo, longitud de muelles y calado, localización, accesibilidad portuaria, atracaderos, suministros, combustible, avituallamiento, capacidad de bodegas y patios, volumen de operación, equipos de operación, flujos de carga, pilotos, remolcadores, señalamiento, líneas marítimas); empresas (por tipo de operación, personal, capacidad instalada); y de leyes, normas y reglamentos.

También se debe considerar las actividades relacionadas con la minería, incluyendo la extracción de áridos de los fondos, para uso por el sector de la construcción y la obra pública (singularmente en la regeneración de playas); la obtención de agua potable mediante desalinización; el uso del oleaje para generación de energía; la explotación de yacimientos polimetálicos y, obviamente, la exploración y explotación de petróleo.

En los ejemplos presentados resulta clara la relación de los indicadores con los problemas que se propone medir, aunque en escalas espaciales diferentes; también se detecta la dificultad para disponer de datos suficientes. Es común que la escala no permita visualizar todos los impactos reconocidos como importantes a escala local, pero que podrían ser considerados prioritarios en un proyecto de desarrollo sustentable regional.

FUENTES DE INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA RELATIVA AL AMBIENTE MARINO-COSTERO EN MÉXICO

La propuesta de los indicadores mencionados supone en principio su utilidad para el diagnóstico de los procesos a evaluar, y la disponibilidad de datos para poder integrarlos y posteriormente presentarlos. Parte del problema es definir el alcance del diagnóstico, sus objetivos. Por ejemplo, la definición de estrategias para contender con la interacción de diferentes sectores que utilizan la zona costera, o la definición de medidas para el manejo de una pesquería o de un área marina protegida. El cumplimiento de cada objetivo requiere de la definición de indicadores adecuados para describir el fenómeno de interés a la escala que

corresponde, así como métodos de análisis que lleven a proponer escenarios de posibles cambios en el sistema a través de modelos de simulación, simples o complejos, cuyos requerimientos de datos o información son diferentes.

El tipo de datos definirá el grado de confianza y la escala espacial y temporal a la que un indicador dado representará el fenómeno de interés; esto, independientemente de la forma de recolectar y medir la información básica para calcular los índices, determinar su precisión y confiabilidad y, por tanto, su grado de incertidumbre. La información oficial es la que permite realizar diagnósticos de las actividades socioeconómicas, pero el análisis está limitado a la escala que representan los datos; los ejercicios son valiosos y permiten proponer o reorientar estrategias de manejo hacia el desarrollo sustentable, como las presentadas por Rivera-Arriaga y Villalobos (2001).

Por otra parte, y de acuerdo con Palacio-Prieto *et al.* (2004), el análisis de la problemática de “lo social” tiene que ver con aspectos estructurales de la sociedad, sus condiciones materiales y sus procesos. Involucra métodos de análisis basados en argumentación y refutación, en donde los resultados son relativos, puesto que dependen de condiciones históricas (que pueden ser variables del contexto sociopolítico), que a su vez pueden variar drásticamente de un momento a otro, y finalmente dependen de las personas, cuyo comportamiento es impredecible y que pueden fallar, equivocarse o bien tomar una decisión acertada, independientemente de las condiciones que las rodean.

El tipo de fenómenos a describir se relaciona con los impactos del crecimiento de la población (de una región, estado, municipio o localidad) en su calidad de vida y en el medio ambiente, considerando cambios por género, edad, actividad, población económicamente activa, empleo, niveles de ingreso, aporte al producto interno bruto, desarrollo urbano, tipo de vivienda, organizaciones sociales, infraestructura para el manejo del agua, desechos urbanos, comunicaciones, etc.

Este tipo de indicadores son ampliamente utilizados en la definición de planes y programas de desarrollo nacionales, estatales y municipales, y por su importancia el gobierno dedica recursos para su recolección y análisis. En México, el INEGI es la institución responsable de recolectar y compilar las estadísticas del país, y entre los servicios que ofrece están los resultados de los censos y conteos poblacionales, los mapas y sistemas de información geográfica. Sin embargo, el

esfuerzo de enlistar los atributos socioeconómicos o biofísicos no debería servir sólo para resaltar su importancia, sino también para mostrar las contradicciones de estas actividades (por ejemplo, pesca y turismo). Parte del problema es que los datos del INEGI o de otras dependencias no facilitan el análisis de los sectores productivos, principalmente los primarios, al no estar diferenciados, limitando su expresión a mayores escalas de resolución que la estatal y, en algunos casos, la municipal.

De manera general, el INEGI recolecta, compila y distribuye información sobre variables e indicadores que proporcionan el Censo General de Población y Vivienda, los censos agrícolas e industriales, el Sistema de Cuentas Nacionales, así como la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, y la Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica. La escala de agregación usual es regional, estatal o municipal.

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) tiene identificada una serie de indicadores simples para la población en general, como población a mitad de año, hombres, mujeres, nacimientos, defunciones, crecimiento natural, inmigrantes interestatales, emigrantes interestatales, crecimiento social total, crecimiento total, y población económicamente activa por grupos de edad. Esta información generalmente se ofrece para comunidades mayores de 5 000 habitantes. Además, maneja índices de desarrollo humano y de marginación (CONAPO 2000), a los que habría que agregar la información de la Secretaría de Salud.

Una fuente importante de información a escala municipal es el Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), con 123 variables demográficas, políticas, económicas y sociales de las localidades de todos los municipios del país. También incluye información desagregada a escala municipal del Instituto Nacional de las Mujeres y del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA). La información tiene esa escala de agregación e incluye aspectos generales de población, vivienda, bienestar social, infraestructura y servicios, entre otros. La información socioeconómica que produce la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) se centra en vivienda, nivel de vida, bienestar y pobreza. Por su parte, la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) se concentra en la información de estos grupos, considerando la perspectiva demográfica, el bienestar y la calidad de vida. En este contexto, la información

socioeconómica se relaciona con empleo y salario. En todos los casos, la escala de agregación es estatal y municipal.

En lo que respecta a la información sobre comunicaciones y transportes, el *Anuario Estadístico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes* contiene información sobre infraestructura portuaria por litoral, equipo portuario, volumen de dragado general, así como la cuenta de la flota mercante mexicana por tipo de embarcación. Se describe también el sistema de ayudas a la navegación marítima y la infraestructura con que cuentan los puertos del Pacífico, del Golfo de México y del Caribe, por entidad federativa. La actividad en volumen y valor económico se define en términos de los movimientos de carga, altura y cabotaje. La evolución de la carga marítima, en altura y cabotaje, así como el movimiento de contenedores por litoral y por puerto, se agrega a los datos de comercio exterior en el transporte marítimo, movimiento de pasajeros por vía marítima, y movimiento de pasajeros por tipo de embarcación.

La Secretaría de Turismo ha implementado el Sistema Nacional de Información Turística (ver: www.sectur.gob.mx) en el que se puede obtener información agregada del sector. Los datos se ofrecen por origen, destino, transporte, ocupación hotelera, localidades, estado, oferta, infraestructura o empleo. Sin embargo, para las localidades costeras no está desagregada la información relativa a los destinos de playa de los destinos de ciudad, negocios y comerciales. Por otra parte, para algunas localidades de interés especial la Administración Portuaria Integral (por ejemplo, www.apiqroo.com.mx) proporciona información detallada sobre indicadores turísticos, incluyendo datos sobre infraestructura hotelera, afluencia turística, ocupación hotelera, derrama económica, gasto promedio por visitante y calendario de cruceros (atraques por muelle) y movimiento de pasajeros.

Recientemente, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) puso a disposición del público la Base de Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEMARNAT 2006). La información está estructurada en cuatro capítulos: I) dimensión social, II) dimensión económica, III) dimensión ambiental y IV) dimensión institucional. El capítulo sobre la dimensión social contiene información de las características socioeconómicas de la población mexicana, incluyendo aspectos relacionados

con la pobreza, la migración y la población indígena. En el capítulo relativo a la dimensión económica se presentan las cuentas ambientales e información sobre las principales actividades económicas del país asociadas con el ambiente, como las agrícolas, ganaderas, pesqueras y turísticas; también se ofrecen datos sobre la producción de hidrocarburos y electricidad, extracción de minerales y producción de agroquímicos. En el capítulo sobre la dimensión ambiental se concentra abundante información referente a los temas agua, aire y biodiversidad. Por último, en el capítulo sobre dimensión institucional se describe la normatividad ambiental, su cumplimiento y los instrumentos de planeación ecológica, además de que se proporciona información sobre la Zona Federal Marítimo Terrestre, (ZOFEMAT) entre otros temas.

En referencia a las necesidades de información para evaluar la situación de la pesca y las tendencias de los ecosistemas, los datos pesqueros tendrían que relacionarse con los hábitats y ecosistemas. Por ejemplo, la información sobre capturas (peso y composición de especies), valor de los productos, mercados e infraestructura para la actividad que ofrece el *Anuario Estadístico de Pesca de México* distingue *grosso modo* tipo de pesquería o subsectores (véase: www.sagarpa.gob.mx/conapesca) pero no ecosistemas o hábitats explotados.

En general, se dispone de un número grande de indicadores, pero como falta la tecnología operacional para instrumentar su medición rutinaria a las escalas espaciales o temporales requeridas, sólo unos cuantos pueden ser implementados y a la vez ser confiables. Las estadísticas pesqueras, principalmente de captura y esfuerzo, así como los datos recolectados mediante programas de muestreo diseñados para determinar distribución, abundancia y características morfofisiológicas de las especies en la captura, son la base de los modelos utilizados para determinar el estado de algunas poblaciones explotadas, definir escenarios deseables, y proponer planes de manejo y medidas administrativas para lograrlo considerar por ejemplo, la *Carta Nacional Pesquera* (CNP) y el conocido como “libro rojo” del INP (INP 2000). En todo caso, son pocos los estudios sobre la historia de vida de las especies, sus parámetros biológico-pesqueros y su dinámica poblacional, así como estudios sobre la dinámica de las flotas y sus interacciones.

En muchos casos la estadística oficial no es confiable, y por tanto es un grave problema para el desarrollo de indicadores. Eso se relaciona con el hecho de que

una parte importante de la producción no se registra ni en las oficinas gubernamentales ni en los mercados; la economía informal o no reglamentada no queda representada, pues no se registran sus actividades e ingresos (por ejemplo, pescadores ribereños, prestadores de servicios al turismo, artesanos, dueños de tierras usadas para descanso, hospedaje no registrado y esparcimiento de naturaleza). Peor aun, los servicios estadísticos no contunden con el problema a través de sistemas de muestreo adecuados y, dependiendo del caso, se generan subestimaciones o sobrestimaciones de la producción. En referencia a las flotas, especialmente las dedicadas a la pesca artesanal, las estadísticas oficiales no describen bien su estructura y capacidad, discrepando por factores como esfuerzo aplicado, profundidad a la que se opera, tipo de actividad y nivel económico de los trabajadores.

Hay que anotar que la ordenación pesquera convencional se centra en poblaciones definidas como objetivo dentro de una unidad de pesquería, así como en el desarrollo sostenible del sector pesquero basado en un sistema de referencia del desarrollo sostenible que emplea indicadores y puntos de referencia. Es evidente que algunos de los indicadores serán comunes a diferentes escalas de ordenamiento, pero la medida de ello dependerá mucho del ámbito y el enfoque de los objetivos dentro del sector y la unidad de ordenación. La ordenación pesquera convencional se ha ocupado de cuestiones de desarrollo sostenible desde hace mucho tiempo, pero la tendencia moderna se orienta a ampliar el concepto de *ordenación* con el fin de incluir más dimensiones del sistema, así como otras pesquerías y componentes que se estudian menos intensamente (Zenetos *et al.* 2002).

REPRESENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS EN LA ZONA COSTERA Y MARINA

La representación de las actividades socioeconómicas y su impacto en las zonas costeras y marinas parte de la necesidad de contar con herramientas que permitan su diagnóstico y pronóstico. Para ello debe considerarse la delimitación de unidades de manejo definidas de acuerdo con sus características geográficas, de la operación de actividades económicas, y de los modos de organización de las comunidades humanas que en ellas se desarrollan. Su representación y análisis

depende del tipo de información con que se cuente para el cálculo de los indicadores que se utilicen, incluyendo aspectos de cubrimiento espacial y temporal, y de confiabilidad.

Lo anterior implica definir cuáles actividades humanas deberán incluirse (pesca, acuicultura, turismo, minería, petróleo, construcción, transporte), qué tipo de cuestiones se espera afrontar (sobrecapacidad, sobreexplotación, contaminación, degradación de hábitats, especies en peligro), y lo que constituye los límites geográficos del sistema. Por ejemplo, en el caso de la pesca la tarea incluye la identificación de todas las pesquerías y sus subsectores de recolección; las características de los subsectores, incluyendo áreas, artes y sistemas de pesca, especies, pesca comercial, industrial, artesanal, deportiva, recreativa y de subsistencia; la naturaleza de los recursos biológicos utilizados o afectados; la existencia de hábitats críticos para el recurso final, y la interacción entre pesquerías.

Para la evaluación habría que considerar cuatro fases (Bunce *et al.* 2000): 1) actividades de preparación, que incluye la definición de fines y procedimientos, la identificación de usuarios, del área de estudio y de sitios de estudio, la consulta con usuarios y su grado de participación, la definición de objetivos, la identificación de parámetros y del grupo de trabajo; 2) planeación y reconocimiento, en la que se evalúan datos secundarios (incluyendo las estadísticas oficiales), se efectúa un reconocimiento preliminar y se planifica la recolección de datos; 3) recolección de datos en campo, especificando guías y métodos, técnicas de visualización y análisis; 4) análisis final de datos, estableciendo principios básicos para su desarrollo.

La disponibilidad de datos y su costo influyen de manera importante en la selección de indicadores y su adopción. Algunos serán soportados por datos de investigación, a través de proyectos, mientras que otros requieren datos recopilados por los sistemas estadísticos oficiales o por el registro voluntario de los usuarios. La disponibilidad, la cantidad y la calidad de los datos varían mucho entre los sectores.

La recolección de estadísticas no es un fin en sí misma, pero es esencial para la toma de decisiones bien informada. El problema de los datos se refiere generalmente a la definición de técnicas de muestreo efectivas en costo y estadísticamente eficientes, considerando siempre los requerimientos de los

administradores para definir prioridades según la percepción o política local de objetivos y recursos disponibles.

Caddy y Bazigos (1985) recomiendan establecer el marco apropiado para planear la recolección de datos, realizando censos de las principales unidades (puertos, plantas de procesamiento, pescadores, mercados y rutas de transporte). Posteriormente se deciden las estrategias para el muestreo, considerando las características de distribución de las variables básicas a recolectar (captura, esfuerzo, características de los individuos en la captura). Para esto es necesario disponer de mapas temáticos que de forma sinóptica muestren diferentes factores relacionados con la distribución de las actividades económicas más importantes, y que faciliten la planificación del trabajo, incluyendo la estratificación o subdivisión estadística del área y la designación de tareas que reconozcan una probabilidad conocida de que los principales componentes sean correctamente muestreados, de forma que se logre la estimación de indicadores en el periodo de tiempo del estudio con un grado de error conocido.

La selección de indicadores no debe basarse sólo en la disponibilidad de datos. Es necesario tener una medida de la calidad en el contexto en que un indicador describe el desempeño ambiental de una actividad socioeconómica; sin ella, aun la serie de datos más larga es insuficiente. Por otra parte, la estandarización de la información es difícil, por lo que se necesita que el sistema de indicadores defina los requerimientos mínimos. La selección de indicadores relevantes para la toma de decisiones debe basarse en los requerimientos de datos, no de disponibilidad.

En general, se requiere una buena cantidad de datos sobre la salud de los ecosistemas, situación que impone inversiones importantes en los sistemas de recolección y análisis. Los generadores de datos para análisis de tendencias deben poner especial atención a su calidad y pertinencia. La cobertura espacial y temporal de la recolección de datos debe buscar que el análisis de las series de tiempo de los indicadores sea confiable, abarcador y, geográfica y temporalmente balanceado. Sería conveniente diseñar fichas como las propuestas por Zenetos *et al.* (2002) para los indicadores de la pesca y la acuicultura en Europa, donde para cada indicador se describen las fuentes de datos, su responsable, los nombres de los contactos, la accesibilidad a los datos, el formato de los datos y una breve descripción de éstos.

En los casos de escasa o ninguna información, se puede evaluar la calidad y las dimensiones de los hábitats costeros utilizando reconocimientos de diagnóstico rápido con varios grados de resolución espacial y temporal, utilizando fotografías aéreas, exploración pesquera, reconocimientos submarinos o recurriendo a los conocimientos tradicionales. En aguas profundas, podrá ser necesario utilizar tecnologías más especializadas, como videos remotos o acústicos y quizás sustitutos más lejanos (como el esfuerzo de pesca como medida del trastorno).

Es posible y necesario utilizar la información existente, procedente de los pescadores, las comunidades y los grupos indígenas. Tampoco deberá menospreciarse el valor y la utilidad de los juicios de expertos. Utilizando tales técnicas se puede evaluar la calidad y las dimensiones del hábitat, calificándolo por ejemplo, como destruido, gravemente trastornado, moderadamente trastornado, prácticamente inalterado, en estado original o en estado desconocido.

En algunos casos, también será necesario recoger nuevos tipos de información, no disponibles normalmente. Será preciso adoptar decisiones sobre el grado de detalle de los datos que han de recogerse en cada unidad o marco de muestra, en función del número y la dispersión de estas unidades y de los correspondientes costos de muestreo. Aunque los fondos son siempre limitados, habrá que reconocer la prioridad de los sistemas de monitoreo de indicadores, buscar los medios para fortalecerlos y aumentarlos, y utilizar técnicas de diagnóstico rápido en los casos en que se necesiten datos de zonas amplias. Sean cuales fueren las fuentes de los datos (informes o bases de datos existentes, conocimiento de expertos, encuestas especiales), es preciso prestar la debida atención a su almacenamiento y comunicación. Deberá tenerse en consideración cuestiones como la agregación de los datos, la representación de la incertidumbre, el tipo de datos y su verificación. El diseño de bases de datos y sistemas de información geográfica para consolidar los datos debe ser parte del proceso de planificación.

En general, los científicos serán de especial ayuda en lo que se refiere a los intereses de un programa de MIZC o de OEM, especialmente en clarificar relaciones causa–efecto. Ellos pueden aconsejar sobre el desarrollo de información y de estrategias de monitoreo para lograr efectividad y eficiencia en la búsqueda de objetivos específicos, considerando factores como la combinación y el ajuste del desarrollo de modelos, mediciones directas y sensores remotos, de forma que se

mejore la cobertura espacial y temporal y la confiabilidad de la información, y se optimice la inversión dedicada a generarla y transmitirla.

Para facilitar el uso de indicadores y su interpretación, su presentación debe ser fácilmente comprensible para el usuario, reajustando la escala cuando sea necesario. Para ello, generalmente se convierte el indicador en una relación, dividiéndolo por un valor de base, que en muchos casos sería el valor del punto de referencia correspondiente. Por ejemplo, si el indicador original era la captura artesanal actual, el indicador reajustado sería la relación de este valor con la captura total, por lo que variaría de cero a uno. Además podrá ser necesario relacionar la escala del indicador con juicios de valor sobre la medida en que cumplen los objetivos de la sociedad. Por ejemplo, si el valor del indicador está entre tal y tal magnitud, la condición del fenómeno que se describe es buena, regular, mala o muy mala (FAO 2000).

Para representar los indicadores en un número limitado de ejes, en muchos casos se combinan para utilizar un valor único ponderado que refleja la opinión de expertos o la determinación de la importancia relativa que se atribuye a los distintos indicadores. El alcance de los indicadores se relaciona con las escalas espaciales. A escala local y de proyecto, se proponen descripciones en detalle de dimensiones medio ambientales, socioeconómicas e institucionales, o de problemas específicos (contaminación, biodiversidad, cambio de clima). A escala nacional, regional o internacional, los indicadores se relacionan con las características de los componentes y los problemas (Belfiore 2004).

Dada la complejidad de los sistemas y la interpretación simultánea de los cambios en un conjunto de indicadores, en términos de mecanismos causales o medidas correctivas necesarias, es indispensable asegurar conocimientos técnicos. Hay que recordar que un indicador es una unidad de información medida en el tiempo, que permite documentar cambios en atributos específicos del sistema; un indicador permite considerar aspectos no directamente medibles o difíciles de medir, como la efectividad.

Debe tenerse en cuenta la dimensión temporal pertinente a los distintos elementos del sistema, ya que influye en el periodo de validez (viabilidad) del valor concreto de un indicador (su caducidad), y en la necesidad de actualizarlo. Por ejemplo, la abundancia de una población de sardina puede cambiar más rápidamente y con mayor frecuencia que el tamaño total de la flota pesquera que la

explota. Por ello, la abundancia de la primera debería evaluarse cada año, mientras que los datos de la segunda se podrían actualizar cada tres o hasta cinco años. Para la actualización anual de indicadores, las series de tiempo deben poder extenderse fácilmente y los resultados ser comparables. En algunos casos no se obtendrán estimaciones estadísticas muy precisas, pero se determinarán tendencias, áreas problemáticas y oportunidades.

En el momento de la interpretación hay que tener presente que los indicadores son mediciones o resultados de cálculos, y sus valores están sujetos a cierta incertidumbre, que puede conocerse o no. Como consecuencia de ello, las variaciones en un determinado indicador son significativas sólo si los cambios son mayores que el grado de incertidumbre. Baan y Van Buuren (2003) clasifican el estatus de un indicador de acuerdo con el potencial de los datos y el progreso obtenido en el desarrollo de cada indicador. Aquéllos con alto potencial se refieren a variables fáciles de entender y con tendencias fáciles de detectar.

La presentación de resultados debe hacerse preferiblemente en ilustraciones (figuras, gráficas, mapas) que muestren la tendencia dependiendo de la frecuencia de monitoreo y evaluación. Los resultados debieran ser cartografiables a escalas apropiadas al problema a analizar, fotos aéreas o imágenes de satélite. Otras técnicas analíticas de visualización y diagramación de datos y resultados incluyen transectos, cronogramas, calendarios estacionales, árboles de decisión, diagramas Venn, cartas de flujo y de orden (Bunce *et al.* 2000).

La importancia de producir cartografía temática de los recursos marinos es bien reconocida, especialmente en relación con la administración de pesquerías (distribución de densidades, magnitudes relativas, gradientes, relaciones espaciales, movimientos, etcétera). La presentación en este formato de datos cualitativos y cuantitativos permite indicar la existencia de actividades marinas actuales y potenciales, la evaluación del estado de las pesquerías, la determinación de falta de información, y una indicación del grado de confiabilidad de los datos. La idea ha recibido un gran impulso con el desarrollo de enfoques geoestadísticos y de sistemas de información geográfica (SIG) para ordenar, analizar y presentar resultados de estudios sobre actividades humanas.

La investigación visual de distribuciones espaciales apoya el análisis estadístico, la formulación de hipótesis y la detección de cambios espacio-temporales

en los patrones de distribución (Fortunati *et al.* 2002). Por ejemplo, ha sido utilizada para evaluar proyectos de acuicultura (Kapetsky *et al.* 1987), proponer redes de reservas marinas (Sala *et al.* 2002), representar cambios temporales en la estructura de la captura y la distribución espacial del esfuerzo pesquero (Sala *et al.* 2004), determinar hábitats esenciales para peces (Valavanis *et al.* 2004), y analizar interacciones entre puertos, flota costera y recursos pesqueros locales no migratorios (Seijo *et al.* 1993; Caddy y Carocci 1999).

Los mapas, de muchas formas y en varios grados de detalle, ilustran la distribución espacial de los recursos, características y actividades, incluyendo usos, en una comunidad o área. Permiten localizar, clasificar y analizar las condiciones del recurso, pasadas, presentes y predichas; revelan la significación de los participantes en las actividades; y proveen focos para la discusión de patrones de uso, percepciones de los usuarios, problemas y alternativas. Entre los tipos de mapas están los históricos, que ilustran cambios y tendencias; los sociales, que representan las formas en que una comunidad está dividida en grupos sociales, económicos, étnicos y ocupacionales; mapas de abundancia, que ilustran y cuantifican la prosperidad relativa de diferentes grupos de gente (índices de bienestar, riqueza, marginalidad, etc.), y mapas de catastrofismo, que representan posibles modificaciones del litoral por efectos de fenómenos como huracanes, tsunamis y cambios del nivel del mar.

Entre los mapas temáticos deberán considerarse los relacionados con zonas de uso (pesca, turismo, acuicultura, minería, transporte, estudios científicos), de procesos ecológicos (zonas de reproducción y crianza), estados de zonas, áreas o sitios, (contaminación, degradación, conflictos entre usuarios) y de propuestas de manejo u ordenamiento. Lo anterior deberá desarrollarse a escalas adecuadas al tipo de decisiones que se pretende aplicar, teniendo en cuenta para ello su posible alcance a escala macrorregional (Golfo de California), mesorregional (grupo de municipios, cuencas), o microrregional (municipio, área de pesca, área marina protegida).

Palacio-Prieto *et al.* (2004) señalan que en México existen indicadores desarrollados por diversas instituciones pero, por la baja densidad espacial de los datos, la mayor parte de ellos se representan en mapas a escala nacional (1: 4 000 000), que no es la adecuada para el ordenamiento territorial. Por ello, la

escala de referencia para los programas regionales de OEM en México se ha establecido en 1:250 000. Sin embargo, hay fenómenos que no serán bien representados a esta escala, y se considera elaborar mapas a escala entre 1:50 000 y 1:10 000 (INE, 2005). Para unidades costeras o ambientales ligadas a parques marinos la escala podría ser similar a la urbana, de 1:5 000.

Para los estudios de ordenamiento se debería considerar un sistema jerárquico para las escalas cartográficas que, de manera normalizada, permita la integración de diversos estudios, a pesar de las diferencias en las escalas de cada uno de ellos, especificando el sistema y la definición de cada una de las escalas, y su resolución (tamaño mínimo del objeto que se puede representar). En este sentido, se han propuesto diversos criterios que responden al problema de las escalas en un contexto particular. Por ejemplo, la iniciativa de conservación de la Comisión de Cooperación Ambiental denominada Áreas prioritarias de conservación marina de Baja California al mar de Bering considera la extensión física del objeto de estudio en cuatro escalas: local (1-10 km²), subregional (10-100 km²), regional (100-1000 km²) y continental (1000-10 000 km²). Sin embargo, el tratamiento geográfico, en lo que se refiere a su representación cartográfica y su resolución, no fue especificado (Morgan *et al.* 2005). Por otra parte, Dahdouh-Guebas *et al.* (1998) proponen utilizar un sistema jerárquico que defina tanto las escalas como las unidades cartográficas mínimas en cada una de ellas.

De la misma manera, se debe definir para cada escala la malla (*grid*) recomendable para observar, registrar, medir e interpolar aquellos atributos, propiedades o variables que, por su naturaleza continua o difusa en el dominio espacial del área de estudio, requieran ser muestreados para poder ser representados como clases temáticas en la cartografía del caso de estudio. En este rubro, también convendría establecer los mínimos de representatividad geoestadística en el diseño de muestreo de la malla, así como las técnicas de interpolación más recomendables.

En general, para los indicadores de las actividades socioeconómicas en la zona costera y marina utilizados en México, es necesario generar una base cartográfica formal SIG que integre la línea de costa y elementos biogeográficos mínimos con información de batimetría a escala media (isobatas menores de 100 m de intervalo para plataforma y talud continental, y menores de 20 m de

intervalo para la zona inmediata a la línea de costa) y tipos de sustrato. También se tendría que incluir lo relacionado con aspectos de oceanografía física, química y biológica. Estos mapas permitirían considerar el área de influencia o dispersión de las cargas ambientales de las actividades humanas, y ubicar arrecifes, bajos, cañones, mesetas y escarpes en zonas someras.

Ejemplo de lo anterior es la cartografía marina de mayor detalle y precisión que se está desarrollando para ciertas áreas marinas protegidas en México, donde confluyen valores ambientales con intereses económicos definidos, como es el caso de Marismas Nacionales al sur de Sinaloa y norte de Nayarit, y en las del Caribe mexicano (por ejemplo, Celestún). Un caso particular se tiene en el Alto Golfo de California, donde además existen comunidades nativas que preceden a la constitución de las fronteras internacionales.

En términos de diagnóstico y pronóstico, los mapas temáticos son una herramienta de planeación generada a partir de diversas bases de datos y, como en el caso de los planes para la conservación ecorregional del arrecife mesoamericano del Caribe, permiten identificar áreas prioritarias para la conservación considerando los valores del índice de persistencia, esto es, del grado en que tenderán a retener su estado actual si la presión ejercida por las actividades humanas no cambia (Kramer y Kramer 2002).

En principio, se buscan descripciones básicas encaminadas a la comprensión de la dinámica de las actividades que se desarrollan en un área dada. Un buen ejemplo es el trabajo de Cudney-Bueno y Turk-Boyer (1998) sobre la pesca artesanal en el norte del Golfo de California, que, basado en entrevistas estructuradas, informales y no estructuradas, incluye aspectos históricos de las pesquerías principales e información sobre especies objetivo y fauna de acompañamiento, métodos de pesca, zonas y temporadas de pesca y reproducción, y aspectos de la comercialización. Además presenta una revisión sobre propuestas y opiniones de manejo de los pescadores.

Otro enfoque es el desarrollado por Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera (2000), quienes, utilizando información sobre volúmenes de captura por especie de los registros oficiales de estadística pesquera de embarcaciones menores en México, proponen la definición de áreas de pesca caracterizadas por la composición específica de la captura generada por la interacción de diferentes pesquerías.

Es claro que la representación de las actividades socioeconómicas que se desarrollan en zonas costeras y marinas dependerá del tipo de información de que se dispone para el cálculo de los indicadores escogidos. Por ejemplo, para las pesquerías de atunes y peces picudos en el océano Pacífico oriental, se dispone de un buen programa de recolección de datos (que incluye técnicos observadores a bordo, bitácoras de pesca y muestreo en muelles) que genera series de tiempo de variables clave que permiten análisis sobre cambios en las características de las flotas que participan, capturas y descargas de las especies de interés, con resultados sobre capacidad de acarreo por tipo de flota (de cerco, palangre y caña), número de lances de pesca de cada tipo de barco y arte de pesca, lances realizados con estrategias de pesca diferentes, captura por especie y tamaño de los individuos por área de pesca. Además, dada la cantidad de información, el análisis va más allá de la descripción para pasar a la estimación y la simulación de tendencias de indicadores del estado del recurso, como mortalidad por pesca, reclutamiento, biomasa total y cocientes de biomasa reproductora y rendimiento máximo sostenido promedio; la representación de estos resultados se efectúa a través de histogramas y mapas (CIAT 2004).

En general, la representación estadística tiene límites respecto al espacio geográfico que designa, y debería referirse a la escala de los fenómenos que describen. Por ejemplo, los datos sobre municipios no tienen correspondiente con el espacio funcional de cuencas o paisajes, y la representación de ciudades o localidades como puntos en los mapas minimiza su poder o influencia sobre el territorio que va más allá del propio punto (León *et al.* 2004). La idea es definir unidades que, de manera similar al caso de las cuencas (SEMARNAT-INE 2000; Cotler y Priego 2004), integren la estructura, el funcionamiento y la distribución de los ecosistemas que la conforman. Las unidades deben expresar de manera sustentada cuál es su fragilidad y su vulnerabilidad ambiental. Las unidades geográficas deben permitir el entendimiento de los efectos de las actividades socioeconómicas en el ambiente, reflejando la escala geográfica de los procesos ecológicos que razonablemente definen los límites del ecosistema (reconociendo que los límites de los ecosistemas acuáticos son abiertos), los recursos y las jurisdicciones políticas. Sin embargo, hay que reconocer que los procesos ecoló-

gicos operan de manera simultánea y anidada a diferentes escalas espaciales y temporales (Maass 2004), por lo que es necesario evitar tanto limitaciones en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas, como problemas a la hora de implementar esquemas de manejo integrado.

La delimitación de unidades debe considerar el valor económico actual y potencial que las áreas poseen para recreación, subsistencia, usos tradicionales por habitantes, apreciación por turistas, y otros, como áreas de criadero, refugio o suministro para especies económicamente importantes. Se deben incluir áreas de importancia para pesquerías o que se usan para ejemplificar prácticas de manejo adecuadas. El objetivo del estudio en cada unidad debería ser compatible con los propuestos por Palacio-Prieto *et al.* (2004) y SEMARNAT-SEDESOL (2005), en el sentido de identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos por el uso de recursos en cada unidad, que justifican la definición de estrategias y medidas para la protección y la conservación, y que identifican áreas con aptitud para el desarrollo de actividades humanas. Para ello, se deben considerar las siguientes metas:

1. Conocer las características naturales del territorio, estructurales, organizativas y funcionales, mediante su inventario y la interpretación de su funcionamiento.
2. Identificar las áreas que por su condición, relevancia ambiental o importancia cultural requieren ser protegidas, conservadas o restauradas.
3. Comprender las formas de utilización del territorio y sus recursos naturales, incluyendo las degradaciones y amenazas (peligros) que actúan sobre el mismo.
4. Valorar el territorio en términos de sus méritos de conservación, con base en el estado y la calidad de su patrimonio natural.
5. Estimar la potencialidad del territorio, en términos de las oportunidades que ofrece en cuanto a recursos para las actividades humanas.
6. Definir las áreas con aptitud territorial para el desarrollo sustentable de los sectores productivos y de los asentamientos humanos.
7. Analizar los conflictos territoriales derivados de la concurrencia espacial de programas y proyectos.

8. Conocer la fragilidad o vulnerabilidad del territorio frente a las actividades humanas. Identificar zonas críticas con base en las condiciones demográfico-sociales, y económico-productivas, y expresarlas cartográficamente.
9. Conocer los riesgos naturales que se dan en el territorio, y sus implicaciones para los asentamientos y las actividades humanas.
10. Determinar las zonas de riesgo asociadas con la presencia de amenazas naturales y antropogénicas.
11. Analizar el papel que desempeñan y deberían desempeñar los actores relevantes para el proceso de ordenamiento.
12. Determinar el estado legal del suelo, que puede condicionar su uso y aprovechamiento.

Respecto a la importancia social, hay que considerar el valor de las áreas para las comunidades, a nivel local, nacional o internacional, debido tanto a su herencia, como a sus cualidades históricas, culturales, tradicionales, estéticas, educativas, religiosas o recreativas. Otros factores se refieren al grado de uso por residentes locales, y a los tipos de conflicto de intereses. Hay que tomar en cuenta la accesibilidad del área, su cercanía a los centros de población humana, y el uso que hacen los visitantes.

Un ejemplo de regionalización en la zona costera y marina se da en la etapa de caracterización del Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (OEMGC) (SEMARNAT 2005), trabajo que se basó principalmente en diagnósticos elaborados en talleres sectoriales, y cuyos resultados se analizan a escala 1:250 000 y se presentan en mapas a 1:1 000 000, planteando problemas y requerimientos (sin delimitarlos en el tiempo) de la pesca industrial y artesanal, la acuicultura, el turismo, el sector indígena y el sector conservación, siendo clara la necesidad de escalas de mayor resolución. El trabajo propone la regionalización del Golfo de California y, para ello, considerando la hidrología de 31 arroyos o ríos, la concentración de pigmentos y la región batimétrica, pero sin incluir la distribución ni la intensidad de las actividades socioeconómicas, define 98 unidades marino-costeras, 25 marino-oceánicas y 32 unidades de influencia terrestre alrededor de la zona marina.

Para representar las actividades socio-económicas en el área de ordenamiento ecológico del Golfo de California se utilizaron índices de aptitud de los sec-

tores de pesca industrial, pesca ribereña, turismo y conservación, en los que se analizaron diversos atributos para el índice de aptitud de pesca industrial se incorporaron los valores de pesquerías industriales de camarón, peces pelágicos menores, calamar, corvina y tiburón; de pesquerías artesanales de lisa, pargo, robalo, huachinango, tiburón y jaiba, y de su presencia en bahías y lagunas costeras. Para el turismo se incluyeron valores sobre atractivos naturales marinos (presencia de especies de interés para el turismo, áreas naturales protegidas, ocurrencia de playas de interés, bahías y lagunas), servicios turísticos (sitios de buceo, sitios para *surf*, zonas de pesca deportiva, sitios de interés para deportes acuáticos), puertos (centros náuticos, marinas, fondeaderos y puertos naturales), aeropuertos (número de aeropuertos internacionales, nacionales y aeropistas en la unidad de influencia terrestre), caminos (kilómetros de carreteras pavimentadas y de terracerías en la unidad de influencia terrestre) y hoteles (número de cuartos de hotel en la unidad de influencia terrestre). Para determinar el índice de aptitud del sector conservación, se consideraron valores de biodiversidad (número de especies), presencia de aves, presencia de especies en estatus de riesgo o sujetas a protección especial (vaquita, totoaba, tortugas, ballena azul, ballena jorobada, delfín nariz de botella, pepino de mar, tiburón ballena, tiburón blanco, tiburón peregrino), concentración de pigmentos, presencia de especies de algas endémicas, presencia de humedales, de bahías y lagunas costeras, y de áreas naturales protegidas.

Otras expresiones de regionalización en México se refieren al uso de unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMAS) que funcionan como centros de pie de cría, bancos de germoplasmas, alternativas de conservación y reproducción de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo, en labores de educación ambiental, investigación con fines cinegéticos, y como unidades de producción de ejemplares, productos y subproductos que pueden ser incorporados a los diferentes circuitos del mercado legal para su comercialización. Las UMAS son uno de los mecanismos estratégicos más importantes para la realización de las finalidades de la política nacional sobre la vida silvestre (SEMARNAT-INE 2000).

De manera similar, se deben considerar otras expresiones de áreas marinas protegidas, como las definidas en el Golfo de California: reservas de la biósfera

del Alto Golfo de California, del Delta del Río Colorado, y de las Islas Marías; zona de refugio para la vaquita marina; parques marinos de Loreto y de Cabo Pulmo; Parque Nacional Isla Isabel; Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, y Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas.

Resumiendo: para el estudio de las relaciones humanas con los mares y costas es necesario considerar que los límites de las regiones costeras comprenden la transición física entre la tierra y el mar, los sistemas terrestres adyacentes que afectan al mar, y los ecosistemas marinos afectados por su proximidad a la tierra en continentes o en islas pobladas, o en el mismo mar al encontrarse en áreas alejadas pero con acciones humanas frecuentes, como la pesca de altura, la navegación comercial y turística, así como en la exploración o explotación de recursos minerales. Ejemplos de lo anterior se encuentran en el reporte sobre la perspectiva mundial del medio ambiente (PNUMA 2002), en donde se utilizan tablas y gráficos para informar, por ejemplo, sobre incidentes del transporte marítimo petrolero, rutas de buques petroleros, tendencias mundiales en las poblaciones de peces, áreas pesqueras sobreexplotadas o plenamente aprovechadas, población costera y cubierta terrestre alterada.

BIBLIOGRAFÍA

- Baan, P. J. A. y J. T. van Buuren. 2003. *Testing of indicators for the marine and coastal environment in Europe- Part 3: Present state and development of indicators for eutrophication, hazardous substances, oil and ecological quality*. European Environment Agency, Tech. Rep.
- Belfiore, S. 2004. Indicadores para la gestión integrada y el desarrollo sostenible de las zonas costeras: iniciativas recientes a nivel regional. En: E. Rivera-Arriaga, G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 51-68.
- Bunce, L., P. Townsley, R. Pomeroy y R. Pollnac. 2000. *Socioeconomic manual for coral reef management*. The World Conservation Union IUCN, Australian Institute of Marine Science, NOAA.
- Caddy, J. F. y F. Carocci. 1999. The spatial allocation of fishing intensity by port-based inshore fleets: a GIS application. *Journal of Marine Science* 56:388-403.

- Caddy, J. F. y G. P. Bazigos. 1985. *Practical guidelines for statistical monitoring of fisheries in manpower limited situations*. FAO Fish. Tech. Pap., Roma.
- CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). 2004. *Atunes y peces picudos en el océano Pacífico Oriental en 2003*. CIAT Informe de la situación de la pesquería 2.
- Comisión Europea. 2000. *Por un turismo costero de calidad: gestión integrada de la calidad de los destinos turísticos costeros*. Comisión Europea, Dirección General de Empresa, Unidad Turismo, Bruselas.
- Cotler, H. y A. Priego. 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. *En: H. Cotler, (comp.). El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México. Pp. 63-74.
- Cudney-Bueno, R. y 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*. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, Sonora, México.
- Dahdouh-Guebas, F., L. Triest y M. Verneirt. 1998. The importance of a hierarchical ecosystem classification for the biological evaluation and selection of least valuable sites. *Impact Assessment and Project Appraisal* 16(3):185-194.
- ETC-TE (European Tropic Center on Terrestrial Environment). 2003. *Measuring sustainable development on the coast*. Report to the European Union Integrated Coastal Zone Management Expert Group by the Working Group on Indicators and Data under the lead of ETC-TE.
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). 2004. *The state of world fisheries and aquaculture*. Editorial Production and Design Group Publishing Management Service.
- 2000. *Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina*. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. FAO, Roma.
- Flores-Nava, A. y J. Euán-Avila. 2004. La acuicultura en el marco del manejo integral de la zona costera: reflexiones generales. *En: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 551-560.
- Fortunati, L., G. Garofal y R. Demontis. 2002. TSDV: A GIS tool for inspecting trawl survey data. *Journal of Marine Science* 59:168-178.

- Herrmann, H. 2004. El papel de las organizaciones de la sociedad civil en el manejo costero en México. *En*: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 115-131.
- Hockings, M., S. Stolton y N. Dudley. 2000. *Evaluating effectiveness: A framework for assessing the management of protected areas*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, Gran Bretaña.
- INEGI-INE (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Instituto Nacional de Ecología). 2000. *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. INEGI-INE, México.
- INP (Instituto Nacional de la Pesca). 2000. *Sustentabilidad y pesca responsable: evaluación y manejo*. INP, SEMARNAP, México.
- Kapetsky, J. M., L. McGregor y H. Nanne 1987. *A geographical information system and satellite remote sensing to plan aquaculture development: a FAO-UNEP/GRIS cooperative study in Costa Rica*. FAO Fish. Tech. Pap., Roma.
- Kesteven, G. L. 1978. Manual de procedimientos diagnósticos y pronósticos para la planificación del manejo y desarrollo pesquero. FAO, Versión preliminar.
- Kramer, P.A. y P.R. Kramer. 2002. *Ecoregional Conservation Planning for the Mesoamerican Caribbean Reef*. World Wildlife Fund, Washington.
- León, C. 2004. Piezas de un rompecabezas: dimensión socioeconómica de las costas de México. *En*: E. Rivera-Arriaga, G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México Pp. 5-26.
- León, C., I. Espejel, L. C. Bravo, J. L. Ferman, B. Graizbord, L. J. Sobrino y J. Sosa. 2004. El ordenamiento ecológico como un instrumento de política pública para impulsar el desarrollo sustentable: caso en el Noroeste de México. *En*: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 342-352.
- Maass, J. M. 2004. La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. *En*: H. Cotler, (comp.). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México. Pp. 49-62.

- Palacio-Prieto, J. L., M. T. Sánchez-Salazar, J. M. Casado-Izquierdo, E. Propin-Frejomil, J. Delgado-Campos, A. Velázquez Montes, L. Chias-Becerril, M. I. Ortiz-Álvarez, J. González-Sánchez, G. Negrete-Fernández, J. Gabriel-Morales, R. Márquez-Huitzil, T. Nieda-Manzano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López, D. Ocaña-Nava, E. Juárez-Aguirre, C. Anzaldo-Gómez, J. Hernández-Esquivel, K. Valderrama-Campos, J. Rodríguez-Carranza, J. M. Campos Campuzano, H. V. Llamas-Cruz y C. G. Camacho-Ramírez. 2004. *Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial*. Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2002. Zonas marinas y costeras, panorama mundial pasado, presente y futuro. En: *Geo 3 Perspectiva mundial del medio ambiente*. PNUMA, México.
- Pomeroy, R. S., J. E. Parks y L. M. Watson. 2004. *How is your MPA doing? A Guidebook of natural and social indicators for evaluating Marine Protected Area management effectiveness*. IUCN, The World Conservation Union, Programme on Protected Areas.
- Quijano-Poumian, M. y B. Rodríguez-Aragon. 2004. El marco legal de la zona costera. En: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 69-84.
- Ramírez-Rodríguez, M. y A. Hernández-Herrera. 2000. Pesca artesanal en la costa oriental de Baja California Sur, México (1996-1997). En: O. Aburto-Oropeza, y C. A. Sánchez-Ortiz (comps.). *Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. UABCS–Birch Aquarium at SCRI-PPS.Pp.18-29.
- Rivera-Arriaga, E. y G. Villalobos. 2001. The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean & Coastal Management* 44:729–756.
- Sabatella, E. y R. Franquesa. 2004. *Manual of fisheries sampling surveys: Methodologies for estimations of socio-economic indicators in the Mediterranean Sea*. FAO, General Fisheries Commission for the Mediterranean-Studies and Reviews No.73.
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C. Barrera y P. K. Dayton. 2002. A General Model for Designing Networks of Marine Reserves. *Science* 298:1991-1993.

- Sala E., O. Aburto-Oropeza, M. Reza, G. Paredes, y L. G. López-Lemus. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries* 29(3):19-25.
- Salas-Roiz, A. 2004. *Evaluando la sostenibilidad: las actividades de turismo sustentable. Conferencia Mesoamericana de Turismo Sostenible*. Noviembre de 2004. El Salvador.
- Seijo, J. C., J. F. Caddy y J. Euan. 1993. SPATIAL: Space-time dynamics in marine fisheries- a bio-economic software package for sedentary species. FAO Computerized Inf. Ser.
- SEMARNAT. 2006. Base de datos estadísticos del sistema nacional de información ambiental y de recursos naturales. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>. Consultado el: 18 de Septiembre de 2006.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005a. *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- SEMARNAT. 2005a. Propuesta de programa de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California. Disponible en: [//www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/ORDENAMIENTOECOLOGICO/Pages/bitacora_golfo.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/ORDENAMIENTOECOLOGICO/Pages/bitacora_golfo.aspx). Consultado el: 19 de Septiembre del 2006
- SEMARNAT-SEDESOL (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Secretaría de Desarrollo Social). 2005. Agenda de transversalidad SEMARNAT-INE-SEDESOL. Términos de referencia para la elaboración del programa municipal de ordenamiento ecológico y territorial (PMOET). Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas-Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial Dirección General de Desarrollo Territorial SEDESOL, México.
- SEMARNAT-INE (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología). 2000. *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental*. Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Gestión e Información Ambiental, México.
- Valavanis, V. D., S. Georgakarakos, A. Kapantagakis, A. Palialexis e I. Katara. 2004. A GIS environmental modelling approach to essential fish habitat designation. *Ecological Modelling* 178: 417-427

- Zarate-Lomeli, D. 2004. Instrumentos para la gestión y el manejo de la zona costera en México. En: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 39-50.
- Zenetos, A., N. Streftaris y L.H. Larsen. 2002. *An indicator-based approach to assessing the environmental performance of European marine fisheries and aquaculture: Scoping study*. European Environment Agency, Tech. Rep.

Propuesta metodológica para la regionalización de los mares mexicanos

Ileana Espejel y Rafael Bermúdez

INTRODUCCIÓN

México se destaca en el mundo por contar con una ZEE, que abarca 2 715 012 km², de los cuales 231 813 km² corresponden al mar territorial. Lo anterior, aunado a la situación geográfica y a la conformación de los mares y las costas, permite la presencia de diversos ambientes. De acuerdo con Escofet y Espejel (2004), nuestro país posee la mayor diversidad de grandes ecosistemas marinos y se distingue del resto de América, por tener al Golfo de California como el único mar semicerrado propio.

Como parte de los trabajos de sistematización sobre este tema, recientemente la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha trabajado en el Atlas de México donde se incorpora el mar y las costas (Ortiz-Perez y de la Lanza 2006), lo que podrá utilizarse para estudios posteriores sobre el tema de regionalización marina y costera de México.

Según la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), los mares mexicanos son hábitat de 20 796

Este trabajo es la conclusión del grupo de manejo costero de la UABC, donde José Luis Fermán, Concepción Arredondo, Luis Galindo y Alejandro García Gastelum son investigadores con muchos años de trabajo conjunto, y como alumnos y técnicos están Georges Seinger, Juan Carlos Ramírez, Alejandro Espinoza, Tonatiuh Mendoza y Dagoberto Alvarado. Anamaría Escofet, del CICESE.

especies, de las cuales 340 son endémicas (SEMARNAT 2006b). Recientemente, en un ejercicio colectivo de conservación de la biodiversidad marina, se identificaron 105 sitios prioritarios utilizando grupos taxonómicos marinos en función del conocimiento y experiencia de especialistas así como de las características bióticas y abióticas. Adicionalmente, se identificaron y caracterizaron 20 zonas de relevancia por sus procesos oceanográficos, como surgencias, mezcla vertical, oleaje, mareas, corrientes y contracorrientes, descargas de ríos, giros o remolinos y fenómenos meteorológicos y climáticos. En dicho trabajo se incluye información de 1 365 cuerpos insulares y los 105 sitios son clasificados en tres categorías (de extrema importancia, muy importantes o importantes) e incluyen información si los sitios están dentro de una categoría administrativa de protección (CONABIO *et al.* 2007).

El mar mexicano está delimitado administrativamente por la ZEE la cual incluye áreas mayores a la plataforma continental porque incorpora el gran número de islas que le pertenecen al país. La plataforma continental es una franja heterogénea, con porciones anchas en el Golfo de México y angostas en el Pacífico sur. Por esta razón, el mar territorial, una franja de 12 millas de la línea de costa hacia mar adentro, puede incluir toda la plataforma o sólo una porción de ésta.

A su vez, la costa es una línea de 11 122 km que corre a lo largo del litoral de 17 estados y 150 municipios; ha sido intensamente utilizada y por ende, transformada, con la excepción de la península de Baja California, la cual, hasta muy recientemente, había permanecido casi abandonada.

Cerca de la mitad del turismo nacional se lleva a cabo en las costas. La pesca ribereña, los puertos, el tráfico naviero, la industria del petróleo, el transporte del gas natural, la minería, las fuentes puntuales de contaminación (descargas de plantas de tratamientos), la transformación de paisajes naturales para actividades recreativas y crecimiento urbano, la basura, etcétera, están muy bien documentadas en Rivera-Arriaga y Villalobos (2001) y Ortiz-Lozano *et al.* (2005).

Según el índice de marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO) (1995 y 2005), utilizado por Gutiérrez (2001) y citado también en León (2004) y actualizado por Gabriel y Pérez (2006) y Espejel (2006), la población costera de México tiene un nivel de marginación mayor al promedio nacional. Sin embargo, según estos autores, la asimetría es notoria: hay una he-

terogeneidad no sólo entre estados, sino entre municipios de una misma entidad. Por ejemplo, en la zona del Pacífico, al noroeste hay municipios de baja marginalidad, y al suroeste se encuentran algunos de los municipios más pobres de la zona costera, especialmente en los estados de Oaxaca, Guerrero y Chiapas.

Tanto en los ecosistemas marinos como en los costeros se desarrollan actividades económicas que ejercen presión sobre ambientes frágiles y de gran diversidad biológica. A su vez, por la falta de orden, las propias actividades económicas terminan afectándose a sí mismas negativamente; hay ejemplos en la pesca, la acuicultura y el turismo. Por esta razón, es necesario formular un ordenamiento marino y costero a nivel nacional que busque el desarrollo sustentable de dichas actividades, sin detrimento de los recursos naturales ni de las especies con valor para la conservación.

Una de las características de mayor importancia del ordenamiento ecológico es que en su concepción e instrumentación se coordinan tanto los diversos órdenes de gobierno como la participación social por medio de los diferentes agentes interesados: ciudadanos, productores, comerciantes, empleados, organizaciones sociales y no gubernamentales y académicos. En el caso del Ordenamiento Ecológico Marino (OEM), que puede incluir la zona costera, debido a su particular conformación espacial (tridimensional y dinámica), resulta importante diseñar unidades de análisis en las que se pueda realizar la valoración de sus atributos ambientales y socioeconómicos, modelar la aptitud productiva y de protección, y plantear propuestas para la resolución de la problemática ambiental y para el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales marinos y costeros.

Este trabajo es una contribución que pretende sentar las bases para la regionalización en los estudios de OEM en México. Con esto se podrá avanzar en el trabajo de planeación de actividades en el ambiente marino y costero del país dentro del marco de este instrumento de política ambiental. Una metodología sólida para la definición de unidades espaciales en el ambiente marino y costero servirá para fortalecer las fases de diagnóstico, prospectiva y propuesta en los procesos de ordenamiento, en sus diferentes niveles y escalas. La definición de regiones para los mares mexicanos será el punto de partida para la planeación de las actividades productivas y de conservación, así como para su monitoreo y evaluación.

MARCO CONCEPTUAL

Esta propuesta está basada en el proceso de *regionalización* como concepto geográfico, en el cual se clasifica un espacio utilizando atributos geomorfológicos permanentes (Cendrero 1989; Finkl 2004); hasta ahora, dicho proceso ha sido más utilizado en los ecosistemas terrestres que en los marinos. Asimismo, se utiliza un sistema jerárquico y de escalamiento (O'Neill *et al.* 1989; O'Neill *et al.* 1988; Wu y Loucks 1995) para poder identificar unidades espaciales equivalentes en varias resoluciones de una fotografía aérea o una imagen de satélite.

Coincidentemente se utilizaron conceptos de la ecología del paisaje, como la identificación de fragmentos del territorio marino que tienen una explicación tanto espacial como temporal (McGarigal y Mark 2002) y que expresan, entre otras cosas, conectividad entre sistemas y fragmentación de hábitats.

Asimismo, el uso de herramientas de los sistemas de información geográfica, SIG (Turner *et al.* 2001; Forman 1995; Gómez-Orea 2001), permite conciliar bases de datos de diversa índole y de gran tamaño; éstas, a su vez, tienen un valor significativo en su aplicación a los procesos de planificación del desarrollo.

Finalmente, la propuesta está enfocada para que los insumos de la regionalización sean utilizados como algunos de los indicadores ambientales para el diseño de modelos capaces de medir el desarrollo sustentable, los cuales se han aplicado en diversos países y localidades (Friends y Raport 1979; Cendrero 1989; OCDE 1993; Winograd 1995; Winograd *et al.* 1995; Bruff y Wood 2000), y en México se han usado en zonas costeras de regiones o áreas protegidas particulares (Espejel *et al.* 2004; Espejel *et al.* 2005; García 2006; Arredondo 2006; Espejel *et al.* 2007; Fermán 2007).

ANTECEDENTES

El OEM es concebido como un instrumento de planeación ambiental que integra las variables ambientales y humanas que conforman los ecosistemas costeros y marinos. La finalidad del OEM es "dar cuenta de la organización espacial" de las actividades productivas, para proponer la utilización sustentable de los recursos, así como las medidas para su protección y preservación.

Tanto el Instituto Nacional de Ecología (INE) como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) han sido los principales gestores de la zona costera nacional en términos de ordenamiento. El INE, por ejemplo, propuso una Estrategia Ambiental para la Gestión Integrada de la Zona Costera de México (INE 2000), en la cual, después de un amplio proceso de consulta y un taller de expertos, sugiere líneas de política y diversas acciones, entre las que destaca la investigación de las condiciones ambientales y humanas de dicha zona.

En el año 2003, la publicación del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de ordenamiento ecológico dio la pauta para la realización de diversas investigaciones con miras al OEM, en particular en el Golfo de California.

En 2004 se publica un libro sobre el manejo costero de México (Rivera et al. 2004), que conjunta una serie de trabajos de los expertos costeros del país con sus diferentes visiones y propuestas. Esta compilación de visiones es una muestra de la diversidad de aproximaciones a la problemática costera del país.

El INE organizó en noviembre de 2004 un taller de expertos donde se expusieron las diversas aproximaciones metodológicas al ordenamiento marino. Después de una riquísima discusión, se presenta como conclusión más importante que “la regionalización en el ordenamiento ecológico marino debe basarse en parámetros físicos como primera instancia, por tratarse de los más estables en el tiempo” (Córdova et al. 2006). De ahí, el origen y la justificación del presente trabajo.

En julio de 2006, la SEMARNAT presenta su política de océanos y costas de México (www.semarnat.gob.mx), que recopila todos los instrumentos existentes para el buen gobierno de las costas mexicanas.

En agosto de 2006 el INE convocó el segundo taller de regionalización marina, donde se presentaron trabajos más avanzados y una primera versión de la propuesta que aquí se expone, la cual fue enriquecida con las múltiples aportaciones de todos los asistentes y culmina en la publicación de este libro.

LA REGIONALIZACIÓN DEL MAR EN UN CONTEXTO INTERNACIONAL

Los mares del mundo, históricamente, han sido subdivididos para poder estudiarlos, entenderlos y administrarlos. Las zonificaciones obedecen a diversos

objetivos y por ello han incluido básicamente parámetros físicos y biológicos. En esta sección se toman varios argumentos de Escofet (2004) y se presenta una sinopsis de los principales trabajos que esta autora menciona y apoyan esta propuesta de regionalización del mar y la zona costera de México.

Dietrich (1957) separa al océano profundo de las capas superficiales, y reconoce que en éstas, además de su importancia para el ser humano, son más numerosos los procesos y fenómenos que en el océano profundo. El autor propone una regionalización basada en la uniformidad de las condiciones características de la circulación superficial (dirección, velocidad y persistencia de las corrientes superficiales), delimitando siete regiones hidrográficas del océano mundial. Su regionalización se ocupa de los "verdaderos océanos", y deja fuera a los mares marginales, a los cuales considera parte de la zona de transición (margen costera) que separa a los océanos propiamente dichos, de los continentes.

La regionalización de todo el océano, según Longhurst (1998), debe equipararse a la usualmente aplicada en ecosistemas terrestres. Menciona que en el océano sólo ha sido necesario identificar una discontinuidad real entre regiones costeras y oceánicas, y sugiere que puede hacerse algo mejor para establecer biomas pelágicos compatibles con las bien establecidas en el medio terrestre. Ese paralelismo se refleja cuando usa los términos *bioma* y *provincia*, ya reconocidos en estudios biogeográficos y de ecosistemas, para denotar jerárquicamente áreas primarias y secundarias del océano superficial para las cuales sugiere límites definibles y observables dentro de los que pueden predecirse singularidades ecológicas. Asimismo, este autor distingue grandes discontinuidades regionales en los procesos físicos, principalmente los que afectan la estabilidad del kilómetro superior del océano o la mezcla del agua profunda en la zona eufótica. Las discontinuidades de primer orden se ubican en el gran ecotono asociado con las plataformas continentales, identificándose así los biomas costeros y los biomas oceánicos. Dentro de cada uno ocurren a su vez divisiones latitudinales (provincias oceánicas y provincias costeras) a favor de los ecotonos que se establecen entre diferentes grandes masas de agua o sistemas de corrientes.

Por otro lado, Hayden *et al.* (1984) defienden el uso de los factores abióticos (estructuras geofísicas) como aproximación básica para la regionalización

en cualquier medio, y señalan que ni las aproximaciones puramente oceánicas ni las puramente terrestres son suficientes para la regionalización del espacio costero. Su clasificación únicamente se refiere al medio marino, el cual dividen en reinos: oceánicos, y de margen costera. Con base en mapas y cartas de la circulación estacional del océano y la atmósfera, ubican a lo largo de la costa las discontinuidades que ocurren en las características físicas (por ejemplo, divergencia de las corrientes respecto de la costa; convergencia de dos corrientes; gradientes térmicos superficiales). En los reinos de la margen costera incluyen a los mares regionales que se subordinan a algunos de ellos, y les asocian secundariamente las provincias faunísticas, comprobando la casi total correspondencia entre ambos. Por lo tanto, confirman que la regionalización basada en atributos físicos es un buen factor de predicción de la regionalización basada en atributos bióticos.

Finalmente, asocian cada segmento con los reinos oceánicos e integran todo en un sistema que es globalmente simétrico. En su sistema, la margen costera cartografiada tiene una anchura de aproximadamente 400 km, en correspondencia con el borde de talud y la ZEE más que con el borde de plataforma, cuyo ancho promedio es de 74 km. Sugieren que en adyacencia a los mares marginales se debe trazar una línea imaginaria uniendo los puntos sobresalientes de la línea de costa. Desde esa línea hacia el océano abierto se debe repetir la delimitación de la margen costera. Entre esa línea y la línea de costa de las grandes indentaciones, yacen los mares marginales.

El esquema de los Grandes Ecosistemas Marinos (GEM) es una regionalización mundial de gran aceptación, dinámica e inacabada, ya que está siendo permanentemente actualizada (www.edc.uri.edu). Básicamente las contribuciones de Sherman (1994, 1996) y Sherman y Tang (1999) alimentan esta propuesta. Los GEM se declaran regiones relativamente amplias del espacio costero (200 000 km² o mayores) que abarcan desde las cuencas hidrológicas y estuarios hasta el borde de las plataformas continentales y el margen marino de las grandes corrientes oceánicas, y que tienen batimetría, hidrografía, productividad y cadenas tróficas que les son características (Sherman 1994). Se han descrito hasta el momento 64 GEM (figura 1) en el mundo, repartidos casi por partes iguales en dos grandes tipos morfológicos y funcionales: abiertos y semicerrados. Dentro de los primeros, se

distinguen dos subtipos: los limitados hacia el mar por una gran corriente oceánica, y los limitados hacia el mar por la plataforma continental.

La revisión de las aplicaciones de los GEM revela que su cobertura espacial se restringe a los mares, y es bastante menor que la declarada para cuencas hidrológicas y estuarios. Por haber derivado de iniciativas internacionales para la protección del medio marino frente a actividades desarrolladas en tierra, tiene una nomenclatura estandarizada que facilita su empleo con propósitos aplicados y en estudios con aproximaciones interdisciplinarias. Tiene una cobertura espacial que comprende prácticamente todo el globo terráqueo, y añade una caracterización funcional de los mares.

El esquema de jerarquías para la regionalización marina presentado por Zacharias y Roff (2000), y aplicado en el Pacífico norte de América, parece sumamente útil para los procesos de regionalización porque incorpora el concepto de *escalas*. Su esquema menciona escalas donde el ecosistema, basado en parámetros físicos, es incluyente de otras escalas de trabajo, como son las comunidades y las poblaciones (cuadro 1). Cuando no se tienen datos, o la escala es muy gruesa, los atributos del ecosistema marino son suficientes. Éstos, además, son divididos en estructurales o funcionales del sistema, y son equivalentes a otros en niveles bajos de la jerarquía. Los parámetros físicos generalmente incorporan otros procesos fundamentales en los ecosistemas, íntimamente asociados con factores bióticos. El esquema que presentan para apoyar un proceso de toma de decisiones entre escalas es muy útil en trabajos de regionalización marina en países como México, donde no se cuenta con mucha información biológica utilizable para comparaciones a escala nacional.

Una de las propuestas más completas para la regionalización de las costas y mares mexicanos la propone Escofet (2004a; 2006). En un modelo tan simple como claro, en la figura 2 se presenta el esquema de franjas donde esta autora representa las divisiones de los mares mexicanos e incorpora una sección de planicies costeras y tierras emergidas que está básicamente administrada por los municipios costeros del país.

Se utilizará este esquema a lo largo del texto, para definir las diferentes franjas que se han seleccionado en esta propuesta de regionalización de los mares y costas de México.

Cuadro 1. Atributos del nivel jerárquico más alto de clasificación del mar (el ecosistema) y su relación con atributos bióticos. En negritas, los parámetros utilizados indirecta o directamente en esta propuesta de regionalización de los mares mexicanos. Adaptado de Zacharias y Roff (2000)

Estructura (estático) Parámetros físicos y químicos	Proceso (función) Parámetros químicos y biológicos
Propiedades del agua 1,2,3	Ciclos biogeoquímicos 1,2,3
Batimetría 1,2,3	Productividad 1,2,3
Fronteras 1,2,3	Movimiento del agua 1,2,3
Exposición al oleaje 1,2,3	Eventos/disturbios 1,2,3
Tipo de sustrato 1,2,3	Anomalías 1,2,3
Profundidad 1,2,3	Zonas de mezcla 1,2,3
Iluminación 1,2,3	Zonas de retención 1,2
Estratificación 1,2,3	Entradas 1,2
Parchado 1,2,3	Zonas de desecación 1,2
Gases disueltos 1,2	
Áreas representativas y áreas diferentes 1,2,3	

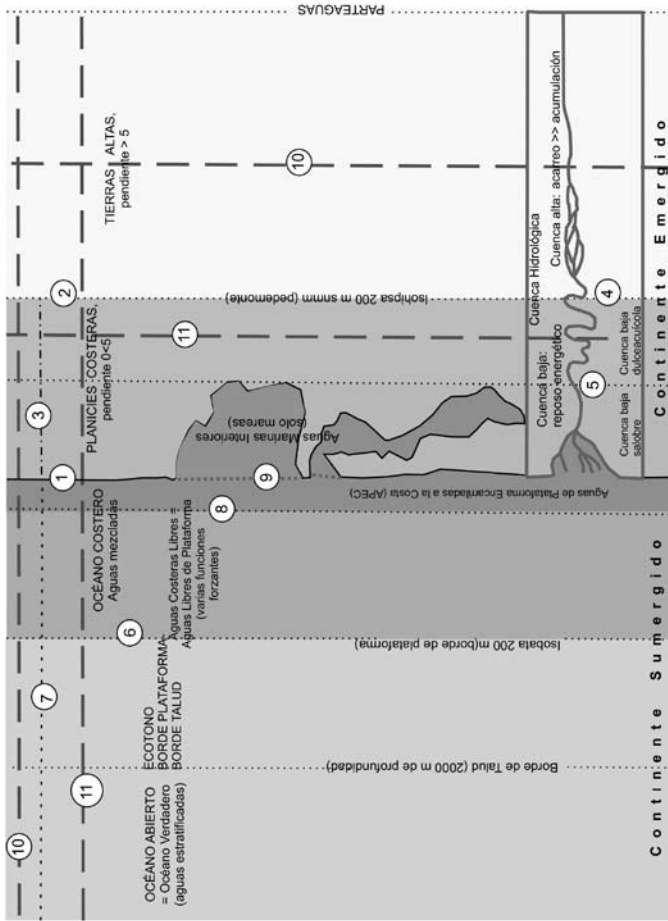
1. Fenómeno observable. 2. Fenómeno observable que ha sido medido, cuantificado o modelado, dando lugar al entendimiento de su influencia en la biodiversidad. 3 Fenómeno observable que ha sido aplicado al monitoreo de la biodiversidad.

LA DELIMITACIÓN DE LOS MARES DE MÉXICO

Mar Patrimonial

El Mar Patrimonial es un área legalmente definida para su administración, y por ello es el área objetivo de un proceso de regionalización nacional. El mar mexicano corresponde a un área entre dos límites sobre los cuales México tiene derechos y ejerce su jurisdicción y soberanía: la línea referente al contorno continental, que se denomina Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), y la ZEE, que a su vez contiene al Mar Territorial (MT) (figura 3). La propiedad marina de México incluye la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, cayos y arrecifes (Ibarra 2004).

Figura 2. Esquema de franjas para la regionalización marina y costera de México. Tomado de Escofet (2004) y Escofet (2006)



1. Interfase sólido-líquido; Discontinuidad: estado de la materia
2. Interfase sólido-sólido; Discontinuidad: pendiente topográfica.
3. Interfase Sólido-sólido entre regiones tipo pedregales; Discontinuidad: geología, ancho promedio.
4. Interfase líquido-líquido; Discontinuidad: velocidad de flujo
5. Interfase líquido-líquido; Discontinuidad: composición química
6. Interfase Líquido-Líquido; Discontinuidad: relación D-L
7. Interfase Líquido-líquido entre masas de agua; Discontinuidad: valores promedio T° y S‰
8. Interfase líquido-líquido; Discontinuidad: dirección predominante paralela a la costa vs no dirección predominante
9. Interfase Líquido-Líquido; Discontinuidad: vigencia relativa de las funciones forzantes
10. Límite antropogénico tipo a: los elementos funcionales están contenidos en el espacio administrativo
11. Límite antropogénico tipo b: los elementos funcionales se extienden por fuera del espacio administrativo

Mar Territorial (MT)

Según los artículos 26 y 27 de la Ley Federal del Mar, el Mar Territorial (MT) tiene una anchura de 12 millas marinas (22 224 metros). Para medir estas distancias se traza una línea recta, denominada “línea base”, que une los puntos sobresalientes de la costa, intentando hacer del perímetro costero del país una línea lo más recta posible. El límite exterior del MT es la línea tal que cada uno de sus puntos está a una distancia de 12 millas marinas del punto más próximo de las líneas que constituyen su límite interior.

Zona Contigua (ZC)

Según los artículos 43 al 45 de la Ley Federal del Mar, se reconoce una Zona Contigua (ZC), la cual se extiende a 24 millas marinas (44 448 metros) contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del MT. El límite inferior de la ZC coincide idénticamente con el límite exterior del MT. El límite exterior de la ZC mexicana es la línea tal que cada uno de sus puntos está a una distancia de 24 millas marinas del punto más próximo de las líneas de base del MT.

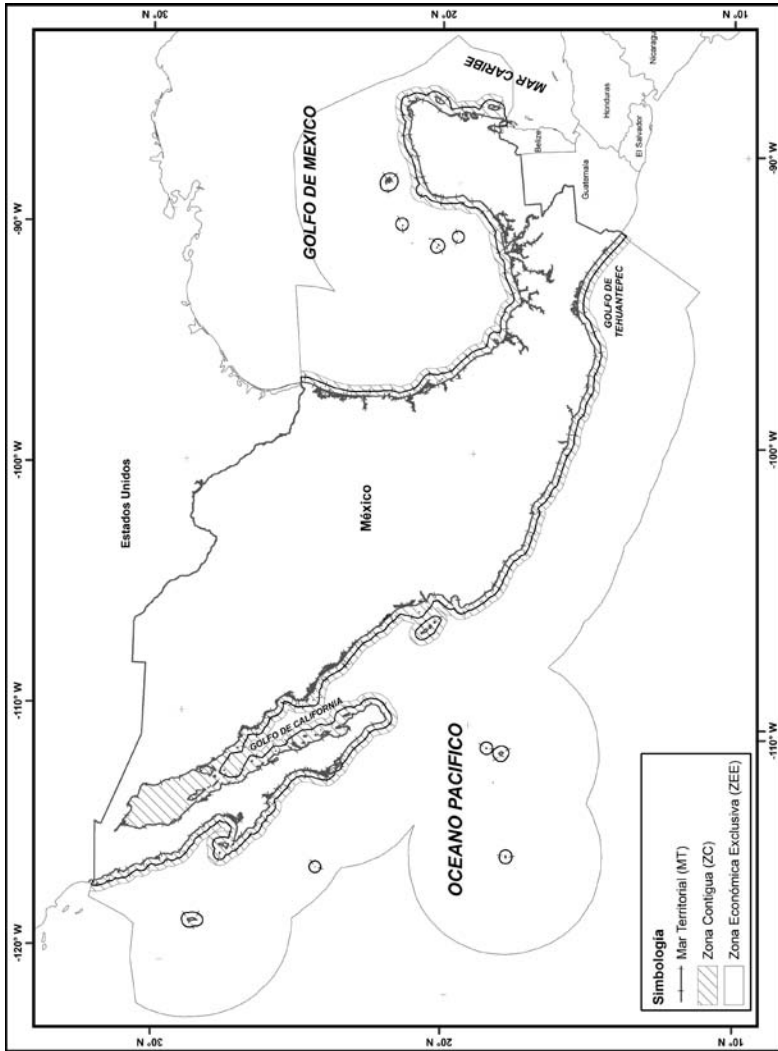
Zona Económica Exclusiva (ZEE)

Según los artículos 50 al 53 de la Ley Federal del Mar, la ZEE se extiende a 200 millas marinas (370 400 metros) contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial. El límite interior de la ZEE coincide idénticamente con el límite exterior del MT.

Aguas Marinas Interiores (AMI)

Según el artículo 36 de la Ley Federal del Mar, las Aguas Marinas Interiores (AMI) son aquellas superficies comprendidas entre la costa y las líneas de base, normales o rectas, a partir de las cuales se mide el Mar Territorial. Incluyen la parte norte del

Figura 3. Mar Territorial (MT), Zona Contigua (ZC) y Zona Económica Exclusiva (ZEE). Dibujados a partir de nuestra propia información cartográfica y de las definiciones de la Ley Federal del Mar



Golfo de California, las bahías internas, los puertos, las internas de los arrecifes y las desembocaduras o deltas de ríos, lagunas y estuarios comunicados permanentemente e intermitentemente con el mar (De la Lanza y Hernandez Pulido 2007).

Plataforma Continental

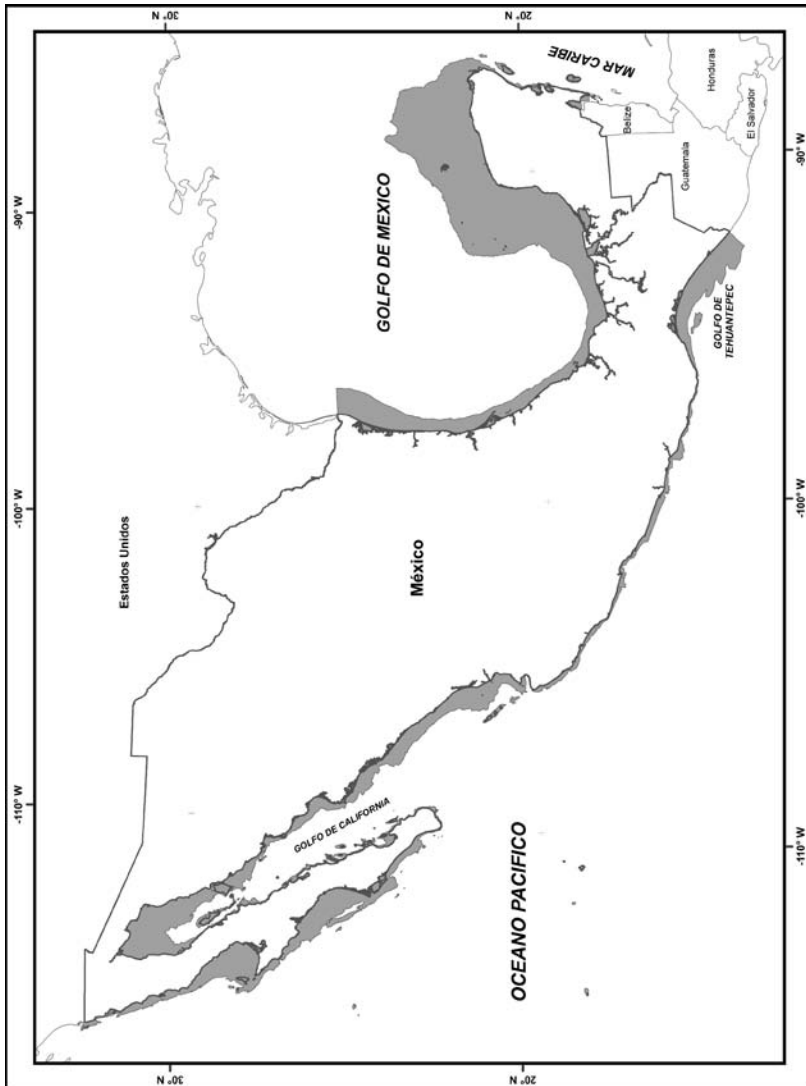
Los artículos 62 al 65 de la Ley Federal del Mar reconocen un límite natural, la Plataforma Continental y las Plataformas Insulares mexicanas, las cuales “comprenden el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá del mar territorial, y a todo lo largo de la prolongación natural del territorio nacional hasta el borde exterior del margen continental, o bien hasta una distancia de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, en los casos de que el borde exterior del margen continental no llegue a esa distancia, de acuerdo con lo dispuesto por el derecho internacional. La definición anterior comprende la plataforma de islas, cayos y arrecifes que forman parte del territorio nacional. El límite interior de la Plataforma Continental y de las Plataformas Insulares mexicanas coincide con el límite exterior del suelo del Mar Territorial. En los lugares donde el borde exterior del margen continental de la Plataforma Continental y de las Plataformas Insulares no llegue a 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide el Mar Territorial, el límite exterior de las citadas plataformas coincidirá idénticamente con el límite exterior del suelo de la Zona Económica Exclusiva.

Por otro lado, la “línea” que define la plataforma continental fue definida por Lecuanda y Ramos (1996), y es más bien una franja que se divide en tres secciones: la “línea” de la plataforma, una zona de quiebre y la “línea” que marca el inicio del talud. La plataforma continental del Golfo de México alcanza grandes dimensiones frente a las costas de Yucatán y Campeche, y es mucho más angosta, por ejemplo, frente a las costas del Pacífico sur (figura 4).

LA DELIMITACIÓN DEL CONTORNO CONTINENTAL COSTERO

La Zona Costera dentro del continente sería un área dentro del límite de la Zona Federal Marítimo Terrestre ZOFEMAT y los 200 m de altitud, como sugieren

Figura 4. Plataforma Continental mexicana. Generada con la información batimétrica del INEGI, 2006



Merino (1987) y Escofet (2004 a y b). Para que esa porción tenga un apoyo administrativo, es necesario referirla a los estados y municipios costeros del país, dado que la unidad territorial básica para la definición de usos del suelo, según la constitución mexicana, es el municipio.

Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT)

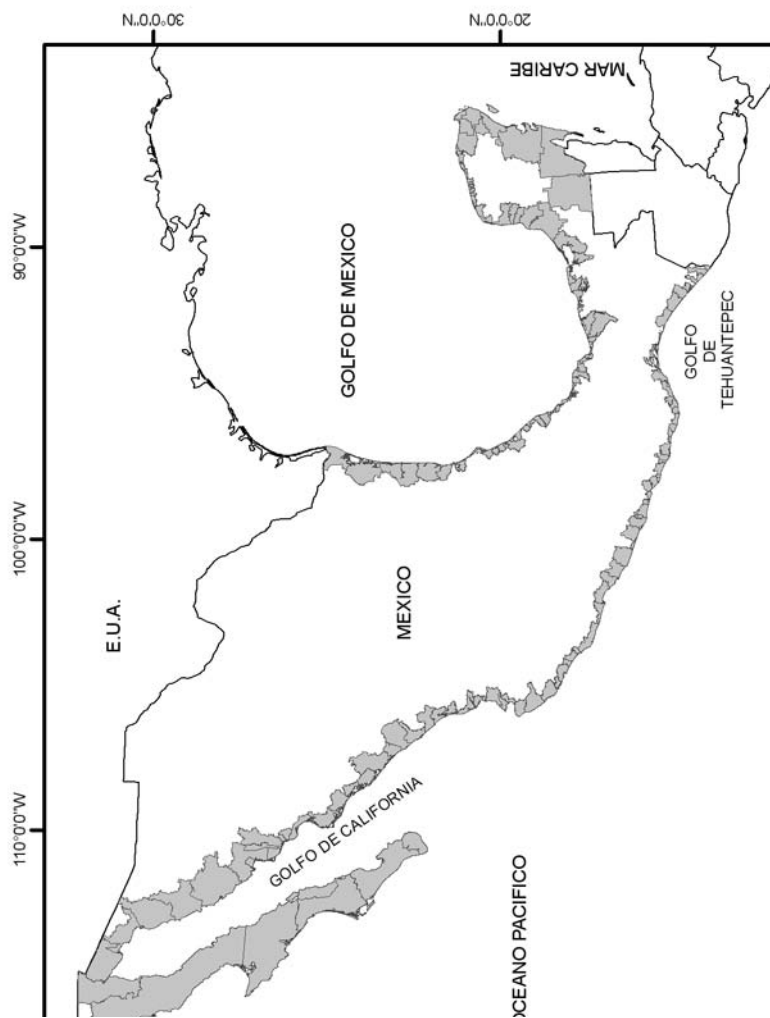
El límite que se impone al mar con respecto al contorno terrestre es la denominada Zona Federal Marítimo Terrestre. Es otra "línea" que define el límite marino sobre la tierra, y corresponde a los 20 metros de la línea de marea más alta. El uso de esta zona puede negociarse entre la Federación y los municipios para que estos últimos la administren.

Según Saavedra (2004), la aplicación de los límites administrativos para fines de manejo tiene el inconveniente de no reflejar la extensión y los límites naturales de la zona costera y marina. En el caso de la ZOFEMAT, la zona costera puede extenderse más allá de los límites fijados por ésta, y en la zona marina, a una distancia menor de los límites establecidos por el MT y la ZEE. Esta discusión es interminable, y mientras se sugiere la necesidad de ajustar los límites administrativos actuales o de proponer otros acordes con la estructura y la dinámica de la zona costera donde queden mejor enmarcadas la influencia espacial y temporal del mar, los existentes parecen de suma utilidad para regionalizar los mares mexicanos.

Municipios costeros

Aunque la literatura revisada sobre municipios costeros difiere en el número total de municipios, para este trabajo se tomaron aquellos que tienen frente de playa (150 municipios) (figura 5); sin embargo, también hay municipios de segundo orden, que están cuenca arriba hasta los 200 m de altitud, los cuales suman 164 (León 2004) y cubren una superficie de 424 604.69 ha. En el trabajo reciente de SEMARNAT (2006b) se mencionan 299, de los cuales 23 tienen influencia costera baja, 90 media y 186 alta, dado un índice que mide la cercanía a la costa y la presencia de vegetación costera.

Figura 5. Los 164 municipios costeros (150 con frente de mar considerados de primer orden) y de segundo orden (cuenca arriba dentro de los 200 msnm) de México



Las delimitaciones que se han descrito incorporan atributos físicos del territorio que tienen un significado ecosistémico, por lo que fueron seleccionados para la elaboración de esta propuesta para la regionalización de los mares de México. Dado que el propósito de la regionalización es que sea utilizada en la política pública del OEM, se incorporan aspectos administrativos de la costa y los mares mexicanos.

LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS MARES MEXICANOS

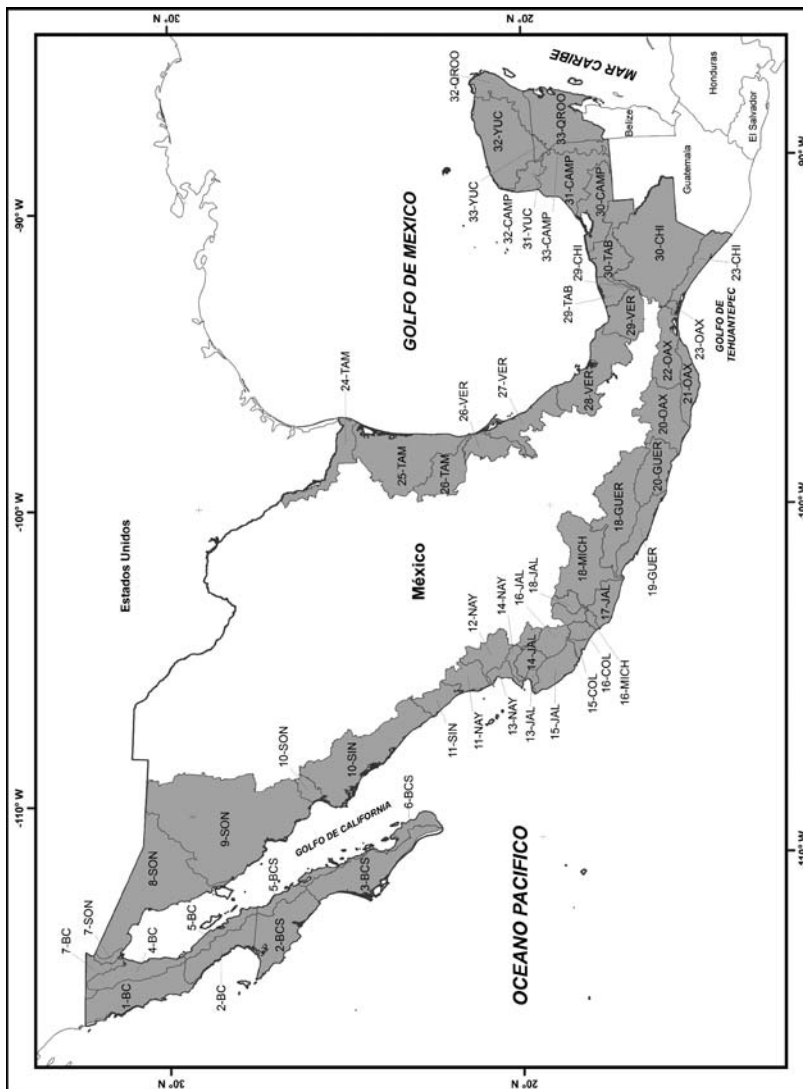
Considerando que la regionalización del mar conlleva una fuerte influencia terrestre, es importante integrar los conceptos mayormente utilizados en tierra, como son las cuencas hidrográficas, unidades naturales que relacionan al mar con los procesos terrestres, y los límites administrativos, representados por los 17 estados costeros de México (figura 6), que cubren una superficie de 1 097 024.85 ha.

Antecedentes de regionalización de los mares mexicanos

En cuanto a regionalizaciones netamente marinas, existen pocos antecedentes en México. Merino (1987) distingue siete zonas costeras, poniendo el borde de plataforma como límite oceánico de la Zona Costera, y la isohipsa de los 200 m sobre el nivel medio del mar como límite continental. La contribución de Arriaga *et al.* (1998), también en Botello *et al.* (2000), reconoce siete provincias costeras y cinco provincias oceánicas. Las primeras se establecen entre el borde de plataforma y la isohipsa de 15 m sobre el nivel medio del mar (snmm); las segundas, por fuera del borde de la Plataforma Continental y hasta el límite de la ZEE.

Ambas contribuciones contienen la recomendación de Sorensen y Brandani (1987) acerca de incluir porciones marinas y terrestres para definir zonas costeras. Sin embargo, aunque ambas reconocen los diferentes tipos de mares en torno a México, la componente terrestre es tratada como una sola franja, sin diferencias latitudinales (Arriaga *et al.* 1998), o en forma descriptiva pero sin denominación formal (Merino 1987). Las zonas costeras de estos trabajos están definidas por características exclusivamente marinas.

Figura 6. Regiones hidrológicas de México y estados costeros. Datos tomados de CNA y CONABIO e INEGI



Por otro lado, el esquema de US Globec (1994) incluye una porción del país muy singular (figura 7): la corriente de California, a la cual divide en cuatro zonas que se diferencian por las variaciones espaciales de diez atributos físicos y procesos biológicos. Las zonas III y IV cubren parte de México; la primera corresponde con la cuenca del sur de California y es de particular importancia por ser una cuenca marina compartida entre México y los Estados Unidos (Sánchez 1990; Macías-Zamora 1996).

Hasta aquí se han citado regionalizaciones de tipo oceanográfico, básicamente porque el objetivo de esta propuesta es basarse en variables físicas de gran escala. Otras descripciones de los mares incluyen la de la Lanza (2001) y lo presentado en el atlas geomorfológico de Ortiz-Pérez y de la Lanza (2006) pero que no fueron incorporadas en este análisis ya que estuvieron disponibles posteriormente a la elaboración de la propuesta.

A continuación se resumen las principales regionalizaciones de tipo biológico que existen a la fecha.

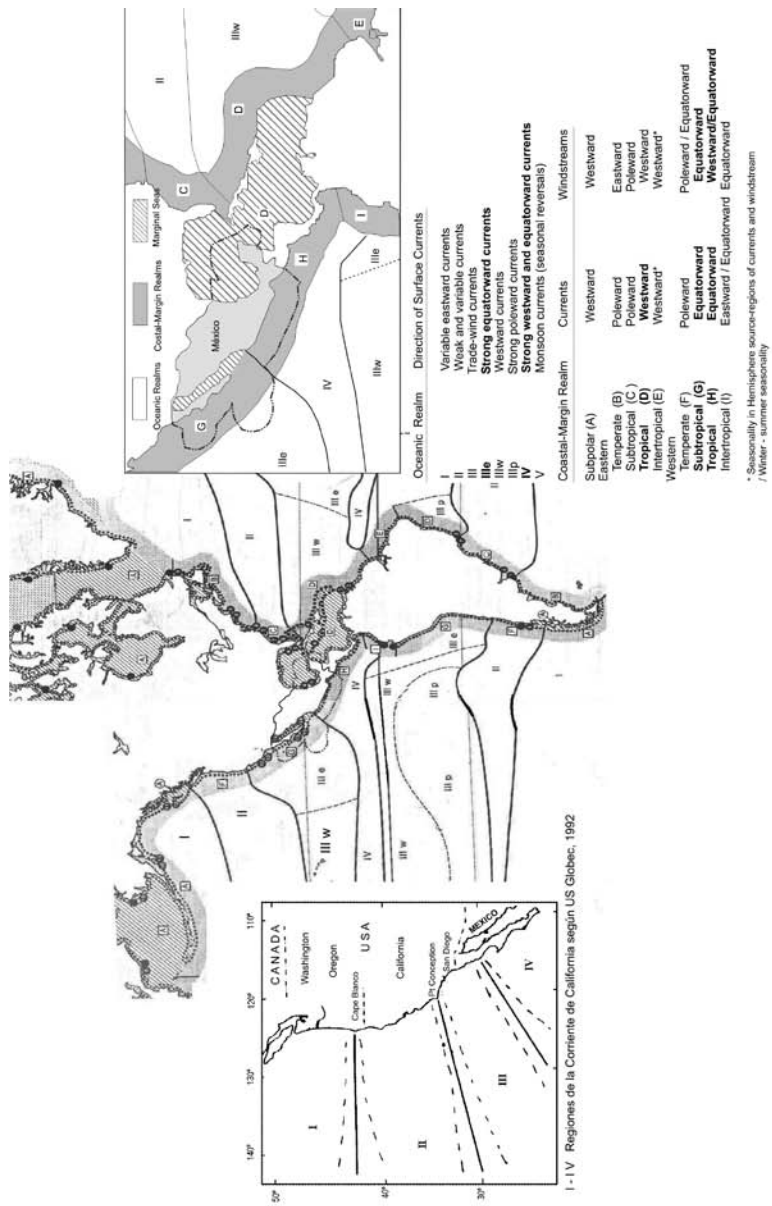
Regionalizaciones biogeográficas marinas

En el océano se pueden distinguir diferentes zonas de distribución de especies conforme se avanza en latitud. La distribución de los organismos en los mares no sólo debe considerar el área donde se localizan los seres vivos, sino también las dimensiones del mismo en cuanto a longitud y amplitud, los rangos batimétricos, así como la temperatura del agua, que es generalmente el factor físico más importante para la distribución de la biota marina.

En la dimensión horizontal es usual establecer una regionalización del océano en provincias oceánicas o dominios, los cuales también son diferentemente nombrados dependiendo de lo que se considere en la regionalización. Por ello, las aguas que cubren las plataformas continentales (hasta 200 m de profundidad) se incluyen en la *zona nerítica*, mientras que el resto de las aguas se consideran como la *zona oceánica*.

En la dimensión vertical existen dos grandes divisiones, el *dominio pelágico*, relacionado con la columna de agua, y el dominio bentónico, con el fondo del océano. Desde otro aspecto, la orilla del mar influenciada por el subir y bajar de

Figura 7. El espacio marino de México en el contexto de los ambientes costeros y marinos (Hayden et al. 1984) y de las regiones de la corriente de California (US Globec 1992 <http://www.usglobec.org>). Tomado de Escofet (2004)



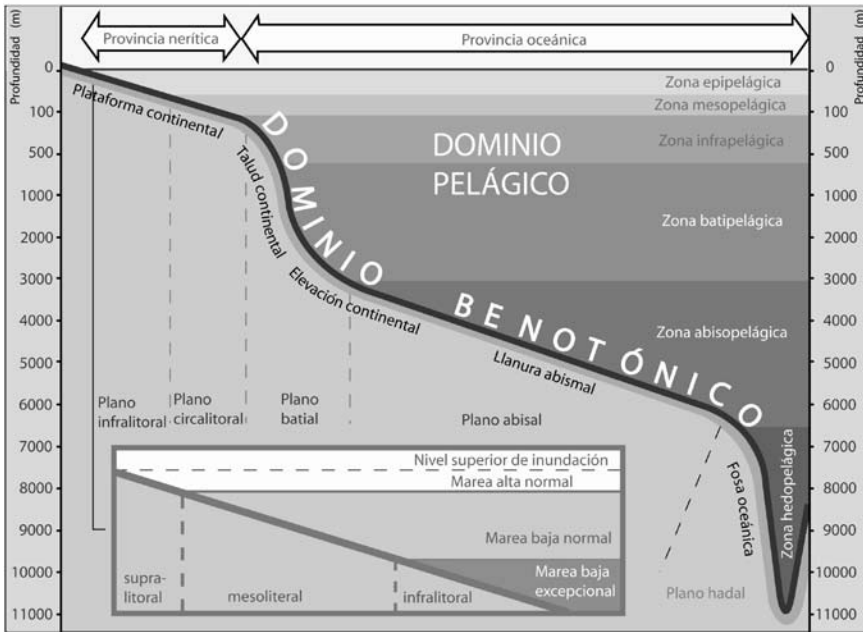
la marea es la *zona litoral* (*intermareal o intercotidal*); por arriba de ésta se encuentra la *zona supralitoral* (*playa*), mientras que por abajo está la *zona sublitoral* (*plataforma continental*). Los declives contienen conformaciones: la *zona batial* (*talud continental*) (figura 8). Los llanos abisales forman la *zona abisal* o abismal, y las fosas constituyen la *zona hadal*. Considerando las variaciones de la penetración de la luz según la profundidad, se presenta una *zona eufótica*, donde la luz es suficiente para efectuar procesos fotosintéticos; debajo de ésta hay otra zona de transición (*zona disfótica*), hasta el fondo del océano, donde la oscuridad es total, constituyendo la *zona afótica*. Finalmente, de acuerdo con la ubicación de los organismos, se pueden registrar tres grandes divisiones: *plancton* (organismos pequeños que viven suspendidos en la columna de agua y cuyo desplazamiento depende de las corrientes de agua, no de su habilidad para nadar); *necton* (organismos nadadores que tienen locomoción propia en la columna de agua); y *bentos* (todas las especies que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse sobre su superficie, excavarlo o nadar cerca de sus vecindades).

La distribución de los seres vivos en México, como todos los lugares de la Tierra, es resultado de una serie de eventos e interacciones complejas que han estado ocurriendo históricamente, y ha estado determinada por la interacción de las propiedades morfológicas y fisiológicas de los organismos, las condiciones ambientales, y la historia evolutiva de ambos componentes en el ecosistema.

Los mapas de distribución de las especies provienen de las bases de datos de los estudios biogeográficos, disciplina que tiene como objetivo principal describir y comprender los patrones de distribución geográfica y temporal de las especies y taxones supraespecíficos. Los mapas de las regiones biogeográficas señalan localidades y áreas para las diferentes especies animales y vegetales, poniendo en evidencia las causas que rigen esta distribución (Brown y Gibson 1983; Nelson y Platnick 1984; Morrone 2001).

Las provincias biológicas o regiones biogeográficas están caracterizadas, principalmente, por los organismos endémicos que las habitan, de tal forma que un mayor endemismo en una región indica, por lo general, el aislamiento relativo de esa zona durante un periodo prolongado (considerando que los factores aislantes no afectan a todos los grupos de organismos de la misma forma). Con el

Figura 8. Divisiones para zonificar el mar de acuerdo con algunos conceptos biológicos de las especies marinas



objeto de entender la distribución de las diferentes especies y tratar de comprender los factores que determinan que ciertos conjuntos de biotas permanezcan en una región dada del planeta, éste es comúnmente regionalizado con diferentes enfoques. En este caso, las divisiones buscan respetar condiciones naturales que determinen la distribución de los organismos. La primera división general del mundo tiene que ver con la latitud de la tierra, por lo que es posible reconocer zonas frías, templadas y tropicales en cada uno de los hemisferios; México se encuentra en esta última categoría. De acuerdo con Briggs (1974; 1995), las regiones marinas están divididas en 1) Indo Pacífico Oeste, 2) Pacífico Este, 3) Atlántico Oeste y 4) Atlántico Este. México está colocado en dos de estas regiones (2 y 3). A su vez, cada una de estas regiones está dividida en provincias, las cuales están determinadas por el número de endemismos que se presentan en un área común determinada. Las provincias van a estar influenciadas por diferen-

tes condiciones físicas que determinan el hábitat de sus organismos. En México es posible reconocer las siguientes provincias:

En el caso del océano Pacífico mexicano se plantean cuatro provincias generales (de norte a sur): 1) la Provincia Californiana (templada-cálida), cuyos límites son (conforme a regionalizaciones previas) desde los 34° N (sur de Oregon) hasta los 24° N (norte de Bahía Magdalena, B.C.S.); 2) la Provincia de Cortés (subtropical), cuyos límites van de Bahía Magdalena (24° N) hasta Cabo Corrientes, Nayarit, incluyendo en su totalidad al Golfo de California; 3) la Provincia Mexicana (tropical), desde Cabo Corrientes hasta su límite sur en Oaxaca a los 16° N; y 4) la Provincia Panámica (tropical), que mantiene sus límites entre los 16° N y los 3° S, al sur de Centroamérica.

En el caso del océano Atlántico de México (de norte a sur), se han planteado dos regiones: 1) la Provincia Carolínea (incluye las aguas estadounidenses del Golfo de México, hasta Cabo Rojo en la Laguna de Tamiahua), y 2) la Provincia Caribeña (que incluye al Caribe mexicano), que se extendería al sur desde Cabo Cañaveral y Cabo Romano en Florida y Cabo Rojo, en México, hacia el límite norte del delta del río Orinoco. Algunos incluyen una provincia para Las Antillas denominada Antillana o Indias Occidentales (Engle y Summers 2000). Existe un planteamiento reciente de una provincia denominada Gran Caribe, que incluiría desde el Golfo de México hasta Brasil, y estaría compuesta por un conjunto de "subprovincias" que, para el caso de nuestro país, comprendería: 1) Lusitana (norte del Golfo de México); 2) Golfo de México y 3) Antillas Mayores, en donde se incluye al Caribe mexicano (véase Salazar-Vallejo 2000).

Cabe mencionar que las regionalizaciones descritas son generales y que no siempre se aplican de la misma manera para todos los grupos, y que hay sus diferencias para el caso de los organismos marinos bentónicos y los planctónicos o nectónicos (Hedgpeth 1957; Hendrickx 1992). Lo mismo ocurre con los diferentes métodos (Hayden y Dolan 1976; Wilson y Schmida 1984; Naranjo *et al.* 1998).

También existen trabajos que regionalizan en el ámbito marino con base en los ecosistemas, determinados por las características ambientales o principales recursos y usos costeros; otras (Salazar-Vallejo y González 1992) han hecho propuestas en función de la biodiversidad marina y costera de México (figura 9).

El Instituto Nacional de la Pesca (1994) elaboró su propia regionalización en función de la explotación de los recursos bióticos pesqueros (figura 10).

Por su parte, la World Wildlife Fund (WWF) dividió al país en cinco regiones para la conservación de zonas costeras y marinas, y CONABIO diseña una regionalización que considera áreas prioritarias de conservación en función del acervo biótico de cada área (Arriaga *et al.* 1998). Este mapa (figura 11) está siendo actualizado por la CONABIO en un taller organizado por PRONATURA

Figura 9. Regionalización marina ecosistémica, según Salazar-Vallejo y González (1992)

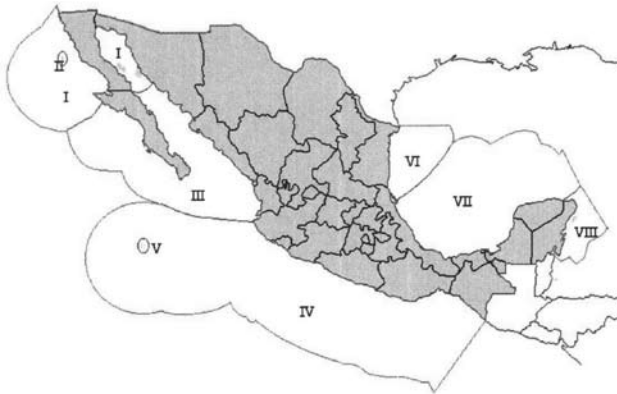
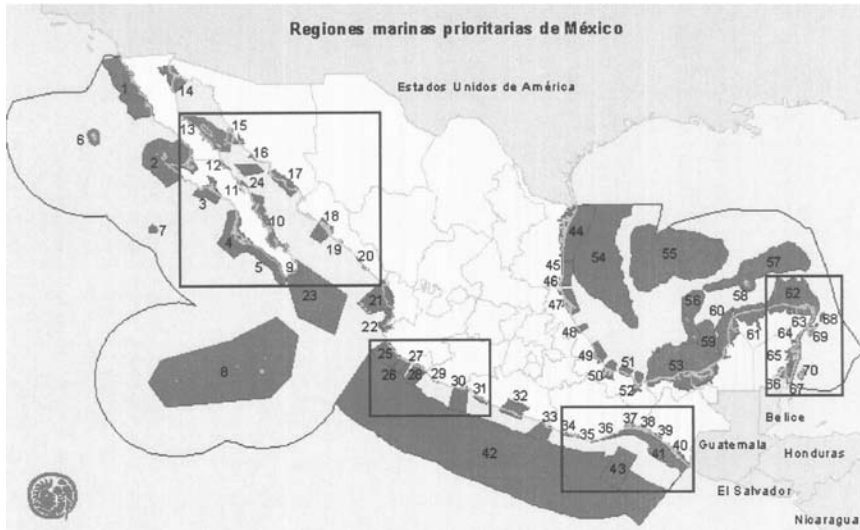


Figura 10. Regionalización de México con fines pesqueros (INP 1994)



Figura 11. Regionalización de los mares y costas mexicanas con el fin de priorizar áreas para la conservación (Arriaga *et al.* 1998)



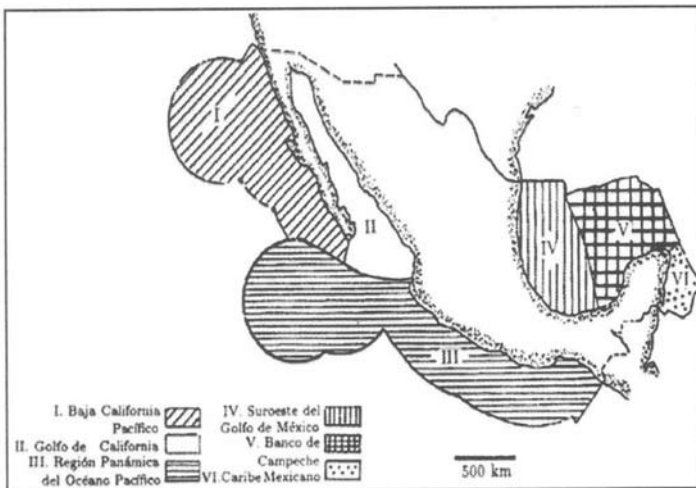
para identificar prioridades por vacíos y omisiones de conservación (CONABIO *et al.* 2007).

Regiones socioeconómicas y administrativas

No existen muchas propuestas de regionalizaciones socioeconómicas de los mares mexicanos, ya que no se le reconoce en su totalidad, ni siquiera como una entidad intersectorial, en términos económicos. Las existentes, si se pudieran llamar regionalizaciones, son mapas de las pesquerías (como la que presenta la Carta Nacional Pesquera en la figura 10) y de las zonas turísticas en lo que sería la porción costera, más orientada a lo terrestre que a lo marino (aunque recientemente se ha abierto el rubro “turismo náutico y cruceros”).

Recientemente se publicó el acuerdo para definir las Administraciones Costeras Integrales (ACI) (DOF 2006), en donde se entrega a los estados y municipios la administración de sus costas. Sin embargo, el esquema no ha definido

Figura. 12. Zona Económica Exclusiva dividida en subprovincias: I. *Baja California-Pacífico*: está situada en la porción occidental de la península de Baja California: esta zona es afectada por la corriente de California, que es fría y de baja salinidad, y se desplaza del noroeste al su-
 reste, o sea paralelamente a la costa de la península. II. *Golfo de California*: esta zona es semi-
 restringida, es decir, la circulación del agua dentro del golfo no es muy efectiva; los cambios
 ocurren en su extremo sur, que recibe la influencia de la corriente de California y del Pacífico
 sur. III. *Región Panámica del Océano Pacífico*: está ubicada en la porción meridional de nues-
 tro país, en el océano Pacífico, desde las islas Revillagigedo hasta el Golfo de Tehuantepec.
 Recibe la influencia de la corriente Tropical Ecuatorial del Pacífico oriental, que se extiende
 desde las zonas aledañas al ecuador hasta el extremo sur del Golfo de California. IV. *Suroeste
 del Golfo de México*: está delimitada por el río Bravo al norte y el río San Pedro al sur. Nume-
 rosos sistemas fluviales descargan sus aguas, las que poseen un alto contenido de sedimentos
 provenientes del continente en esta zona. Por ello, tanto la plataforma continental como el
 fondo oceánico están constituidos por lodos y arenas de composición variable. V. *Banco de
 Campeche*: su límite occidental bisecta la porción sur del Golfo de México, y el oriental coinci-
 de con el borde de la plataforma marina calcárea de Yucatán, hasta Isla Mujeres en el estado
 de Quintana Roo. Debido a la composición de la península de Yucatán, los sedimentos ma-
 rinos depositados en esta gran provincia son de carbonato de calcio. VI. *Caribe mexicano*: la
 zona está situada en la porción oriental de la plataforma de Yucatán, y se extiende desde Isla
 Mujeres, al norte, hasta la zona limítrofe de México con Belice. Debido a la poca afluencia de
 sedimentos continentales, la región se caracteriza por el desarrollo de complejos arrecifales de
 origen coralino, por lo que los sedimentos marinos, producto de ellos, también son calcáreos.
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/141/htm/sec_10.htm



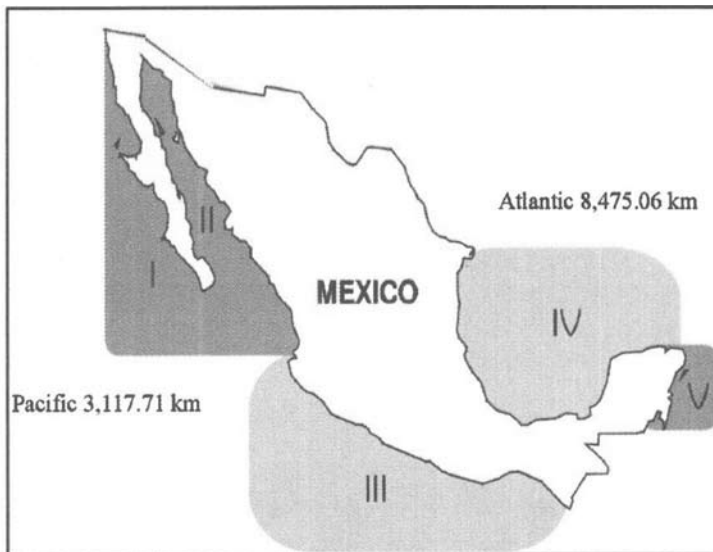
especialmente las ACI a escala nacional, por lo que no es posible utilizar esta unidad marina costera en la propuesta de regionalización.

La Secretaría de Marina (SEMAR) reconoce regiones y subprovincias dentro de la ZEE (figura 12), definidas por características oceanográficas: geológicas, biológicas, físicas y químicas.

Por otro lado, la primera aproximación de regionalización de los mares desde una perspectiva socioeconómica es la de Rivera-Arriaga y Villalobos (2001), quienes hacen una clasificación, que denominan "arbitraria", pero que intuitivamente es reconocida por muchos (figura 13). Dicha regionalización es retomada en la nueva política de océanos y costas de México por la SEMARNAT (2006b).

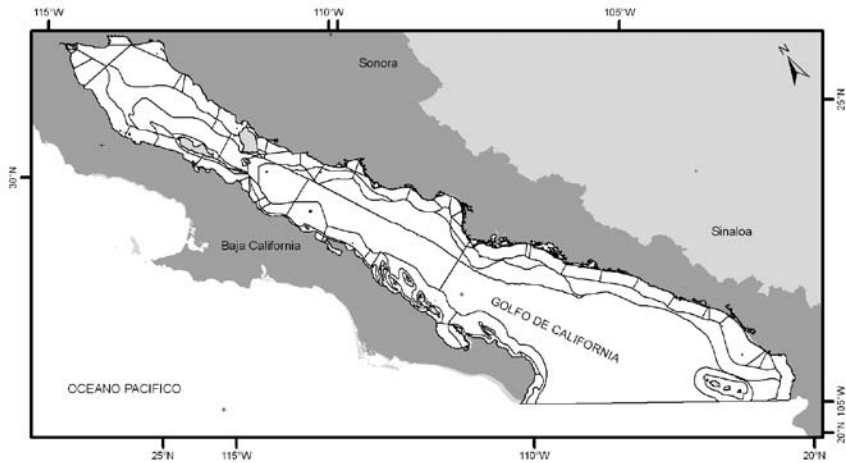
A continuación se mencionan dos casos de regionalizaciones particulares. Uno de ellos es el ejercicio de regionalización más completo de los mares mexicanos es el del Golfo de California (SEMARNAT 2006a). Sus autores

Figura 13. Divisiones "arbitrarias" que proponen Rivera-Arriaga y Villalobos (2001) para su diagnóstico, y que retoma la SEMARNAT (2006b) para su política ambiental de océanos y costas



elaboraron el primer ordenamiento marino del país y presentan una regionalización basada en un esquema de variables físicas, como son batimetría, turbidez, influencia de las cuencas, etcétera (figura 14). (SEMARNAT 2006a; Fermán 2007).

Figura 14. Regionalización del Golfo de California para el ordenamiento marino. Tomada de SEMARNAT (2006a) y Fermán (2007)



Para el Golfo de México, Zavala y Fernández (2006) ofrecen una regionalización con bases físicas (figura 15) en la cual reconocen el límite de la sonda de Campeche, ligeramente modificada de la orientación que presenta la figura 12. No se incluyen las zonas 9 y 10 de la clasificación del Golfo de México de estos autores, ya que no entran en la ZEE de México.

METODOLOGÍA

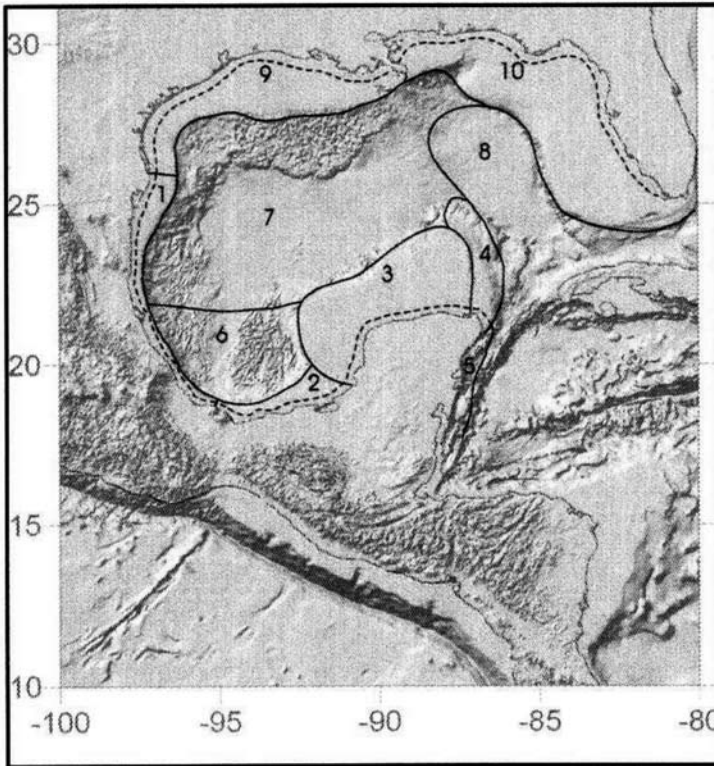
En la figura 16 se presenta un diagrama metodológico (con los mapas de resultados) donde se explica el proceso de jerarquización para regionalizar los mares mexicanos con el objetivo de apoyar al ordenamiento marino. Es importante insistir en que siempre se utilizaron parámetros físicos disponibles a 2005 como insumo para la regionalización de los mares mexicanos.

Figura 15 (*página siguiente*). Propuesta de regionalización con bases físicas (Zavala y Fernández 2006). 1. Plataforma de Tamaulipas y Veracruz. Afectada por los vientos que tienen una fuerte componente estacional, generando corrientes estacionales hacia el norte durante el verano y hacia el sur durante otoño e invierno. Tiene un considerable intercambio con la plataforma de Texas, y es fuertemente afectada por los remolinos que interactúan con el talud, principalmente en la plataforma externa. La influencia de los remolinos es mayor en la zona de Tamaulipas. 2. Zona de confluencia de las corrientes costeras provenientes de la plataforma de Tamaulipas y Veracruz, y de Campeche. Tiene influencia de los ríos Grijalva y Usumacinta. Se observan importantes flujos de la plataforma hacia la zona oceánica. 3. Banco de Campeche. Tiene fuerte influencia de los vientos y está caracterizada por una surgencia costera. No es afectada por la descarga de ríos, aunque hay aportes de agua dulce del fondo marino. Las corrientes estacionales no cambian de dirección, pero se ven fuertemente afectadas por los "nortes". 4. Frontera de la corriente de Yucatán. Caracterizada por una surgencia y por el aporte de agua subsuperficial al banco de Campeche. 5. Costa de Quintana Roo. La circulación en esta zona está caracterizada por la corriente de Yucatán y por la influencia de contracorrientes costeras. El oleaje es muy importante durante tormentas tropicales y huracanes. 6. Zona oceánica de la Bahía de Campeche. Con influencia no muy intensa de los remolinos generados en el este del golfo, con rotacional del esfuerzo del viento negativo y circulación predominantemente ciclónica. 7. Zona oceánica del norte y noroeste del golfo. Transitan los remolinos que se desprenden de la corriente del Lazo. También es afectada por el viento que tiene un rotacional positivo. 8. Región de la corriente del Lazo. 9. Región de la plataforma de Texas y Louisiana. Con fuerte influencia del viento y de los ríos Mississippi y Atchafalaya. 10. Región de las plataformas de Mobile, Alabama y Florida

De la aproximación jerárquica para los ecosistemas marinos propuesta por Zacharias y Roff (2000) se seleccionó la escala ecosistémica como ideal para comenzar el proceso de la regionalización. Se eligió la batimetría (relacionada con la profundidad) y aquellos parámetros referentes al contorno costero de áreas especiales, en este caso los GEM y sus fronteras, como atributos posibles recomendados por estos autores (cuadro 1). Los límites administrativos utilizados (que pueden coincidir con límites físicos) son los que reconoce la SEMAR, presentados en los antecedentes de este capítulo, así como los estados y municipios costeros, correlacionados con las cuencas hidrográficas (figura 6).

Los GEM mexicanos coinciden, en parte, con los límites de la regionalización marina de la SEMAR, aunque ésta divide el GEM del Golfo de México en tres secciones (figura 8).

En resumen, de la incorporación de los GEM internacionales y nacionales, limitados por la Plataforma Continental, el Mar Territorial y ZEE, se obtuvieron los

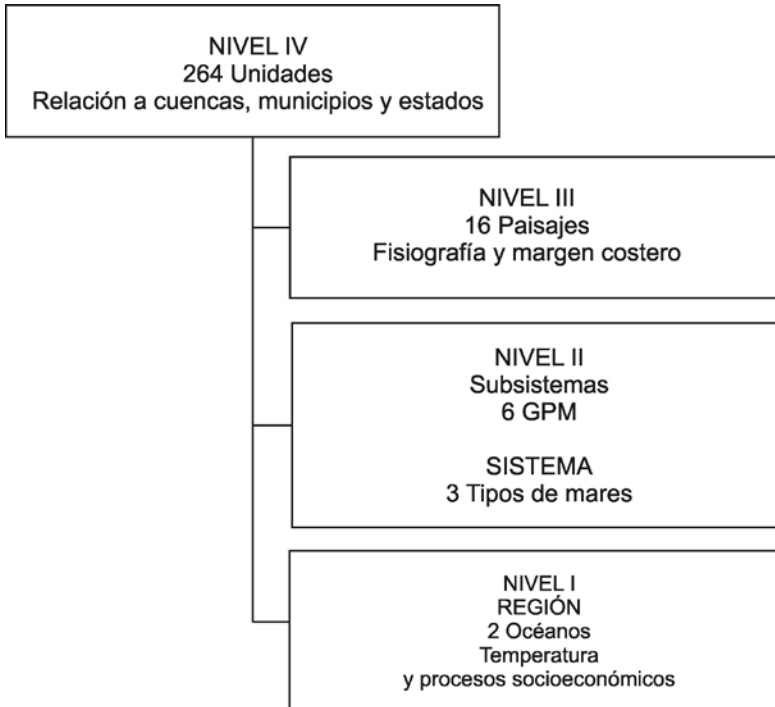


elementos básicos para construir la regionalización marina (figura 17 a color). El GEM del Golfo de México se divide en tres porciones reconocidas por la SEMAR y corresponden al Caribe (VI), al Banco de Campeche (V) y al Suroeste del Golfo (IV), según la figura 17.

En esta propuesta, se aplicó el esquema que Escofet (2004a, 2004b) propone para México y ejemplifica en la costa del Pacífico mexicano, mismo que Escofet y Espejel (2004) aplican para las costas de América. Por otra parte, se retoman los resultados del primer taller de regionalización, en especial la propuestas que reconocen fronteras con bases físicas y que proponen mapas (Zavala y Fernández 2006; Gallejos *et al.* 2006; Fermán *et al.* 2006; Euán y Cuevas 2006; Escofet 2006).

Se sugiere que la primera división del medio marino sea por bordes, según Zacharias y Roff (2000), o en bandas, según Escofet (2004, 2006). Para las

Figura 16. Diagrama metodológico



regionalizaciones locales, debería considerarse tanto el ecotono marino como las entradas en tierra de los cuerpos de agua.

El esquema jerárquico anidado (*sensu* Escofet 2004) que se propone seguirá la clasificación señalada en el cuadro 3, nivel IV, cuyas unidades son identificables a escala 1:1000 000.

A la escala que se trabajó esta propuesta nacional, la línea de la ZOFEMAT no se distingue. Sin embargo, en los ordenamientos marinos, regionales y municipales esta zona debe considerarse como el límite del mar dentro del contorno terrestre.

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DE REGIONALIZACIÓN DE LOS MARES MEXICANOS

Los siguientes cuadros resumen el sistema de clasificación que se utiliza. Cada columna representa una "franja". En el cuadro 2 puede identificarse el tipo de ecosistemas que posee y el nivel administrativo que le corresponde a cada franja. En el cuadro 3 se presentan los niveles jerárquicos utilizados para la regionalización; el nivel III está representado en los mapas de las figuras 17 y 18, y el nivel IV en los mapas de las figuras 19 a 21. En la figura 16 se incluye un esquema con la secuencia de los mapas generados: arriba los de las unidades marinas, y abajo el mapa de unidades costeras (ver enlistados de anexos 1 y 2).

Regionalización de la porción marina

La regionalización marina de México (cuadro 3 y figura 18 a color) resulta en dos regiones (Pacífico y Atlántico), a las cuales se clasifica como nivel I de la escala jerárquica. Ambas regiones se subdividen en nivel II, que incluye tres sub-sistemas que equivalen a la franja de océanos abiertos, la de océanos costeros y la de mares semicerrados o marginales. El nivel III contiene 18 paisajes y, finalmente, el Nivel IV se subdivide en 27 unidades marinas, que en la figura 18 aparecen con su clave, y en la figura 19 (a color) con su nombre.

Porción terrestre o zona de influencia

Como se mencionó en los antecedentes, el ordenamiento marino y costero necesariamente debe estar ligado a una instancia administrativa reconocida. En el caso de la porción terrestre, los estados y municipios costeros arreglados por cuencas hidrológicas serían las unidades que cumplirían con este requisito, incluyendo un concepto ecosistémico de primordial importancia para la costa. En la figura 20 (a color) se muestran las 59 unidades costeras terrestres que se proponen para la administración de las costas mexicanas.

Cuadro 2. Esquema de franjas marinas y costeras para una regionalización de los mares mexicanos

Espacio para la regionalización marina		Zona costera		Espacio para la regionalización terrestre	
Franja de océano abierto Borde de plataforma a límite de Zona Económica Exclusiva	Franja de océano costero Plataforma Continental, batimetría 200 m)		Franja de planicies costeras Franja de 0 m a isohipsa de 200 msnm (regiones ipsográficas costeras) ZOFEMAT-municipios costeros		Tierras altas Municipios costeros cuenca
	Franja de aguas de plataforma externa	Franja de aguas de plataforma interna	Franja costera Cuenca baja salobre y demás Aguas Marinas Interiores: bahías, lagunas, esteros, caletas, puertos	Franja terrestre Cuenca baja dulceacuícola	Área de influencia Cuenca alta
Predominantemente federal				Predominantemente federal y estatal	
Ordenamiento ecológico marino				Ordenamiento ecológico regional y local, ordenamientos territoriales estatal y municipal	
			Las nuevas administraciones costeras integrales sustentables (estatal asociado a municipal)		

Cuadro 3. Propuesta para un esquema de regionalización marina para México. Las unidades del mar exterior (ZEE) son los paisajes; en los sistemas costeros son las unidades (AMI)

Nivel I		Nivel II		Nivel III		Nivel IV				
Región	Sistema	Subsistema	Paisaje	Unidad						
Océanos Coincide con regiones de temperatura y socioeconómicas	Distancia de la línea costera y tipo de mar (capacidad de limpieza)	Grandes ecosistemas marinos	Fisiografía costera e hidrología	Margen costero	Aguas marinas interiores (deltas, lagunas costeras, caletas, bahías) de municipios, estados y cuencas					
								1. Corriente de California	1. Zona III (USGlobecc)	Contenida en la RH1
								2. Pacífico sur	2. Zona IV (USGlobecc)	Contenida en la RH2
1. Pacífico mexicano (sur y norte)	1. Franja de océano abierto	1. Mares abiertos								
								3. Ille corriente ecuatorial (Hayden)*	1. Costa grande y chica	Contenida en la RH4
									2. Golfo de Tehuantepec	Contenida en la RH5
2. Atlántico (Golfo de México y Caribe)	2. Franja de océano costero	2. Mares semicerrados o marginales	1. Golfo de California	Continental	Contenida en la RH3					
								Peninsular	Contenida en la RH1	

Cuadro 3. Continúa

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
Región	Sistema	Subsistema	Paisaje
2. Atlántico (Golfo de México y Caribe)	2. Franja de océano costero	2. Mares semicerrados o marginales	2. Golfo de México
			1. Platf. de Tampico y Veracruz 2. Zona de confluencia 3. Banco de Campeche 4. Front Corriente Yucatán 5. Costa Quintana Roo 6. Zona Océánica Bahía Campeche 7. Zona Océánica N y NW Golfo 8. Región Corriente Lazo
	3. Franja marina de la planicies costeras		3. Mar caribe
			Contenida en la RH6

La regionalización integrada de los subsistemas y las zonas de influencia

La figura 21 (a color) representa gráficamente el cuadro 2.

Las unidades costeras

La sugerencia de integrar a las AMI como unidades básicas para la regionalización de las costas mexicanas resulta en 178 unidades costeras, de las cuales hay 54 en el Golfo de México y el Caribe (anexo 1), y en la costa del Pacífico se identificaron 124 (anexo 2 y figura 22, a color) además de las costas rectas (playas, cantiles, etc.) que quedan entre ellas y que no fueron nombrados ni contabilizados en este trabajo. En los enlistados de las AMI con sus costas rectas vecinas se pueden apreciar los municipios y las cuencas hidrológicas que los contienen. Ésta es una información útil para los estados y municipios que puedan adoptar el esquema Administraciones Costeras Integrales Sustentables para el desarrollo de sus costas. Es además una propuesta de unidades para la regionalización de los ordenamientos locales costeros que pudieran desarrollarse y han sido retomadas por De la Lanza y Hernández Pulido (2007) en el análisis de las costas mexicanas.

En las imágenes a color (figuras 23 a 25, a color) que ilustran este trabajo se presentan las AMI por “ventanas” para hacer más clara su identificación.

Utilidad de la información generada

Diversas metodologías, pero siempre con atributos ecosistémicos, se están aplicando en otros países con fines similares al que se pretende en esta propuesta (<http://www.niwascience.co.nz/ncco/mec/>) Generalmente usan datos físicos del ambiente porque consideran que son un indicador razonable de patrones biológicos, particularmente en escalas espaciales grandes; los datos biológicos, si se cuenta con ellos (Zacharias y Roff 2000), se utilizan sólo para afinar las clasificaciones. Si se ven los esquemas que se han generado desde el punto de vista biológico (Salazar-Vallejo y González 1992; INP 1994; Arriaga *et al.* 1998), hay grandes coincidencias especialmente en el nivel II de nuestro esquema. Adaptarlos, será una tarea a futuro.

Cuando Escofet y Espejel (2004) utilizan un enfoque similar al propuesto para clasificar a los países costeros del continente americano, encuentran agrupaciones interesantes en términos de manejo costero. Por ejemplo, Nuestro país es más complejo que Canadá en cuanto al descriptor de los GEM y, consistentemente, México se separa de otros países latinoamericanos y de Canadá y Estados Unidos por la presencia del único GEM semicerrado (el Golfo de California). Este atributo puede ser útil en la asignación de prioridades financieras para los mares y costas de América, en tanto el dato de la proporción superficie-volumen puede significar mayor diversidad y cantidad de recursos pesqueros o, como esa proporción está relacionada con la capacidad de carga de un cuerpo de agua, podría marcar rápidamente prioridades administrativas por las descargas establecidas tierra adentro.

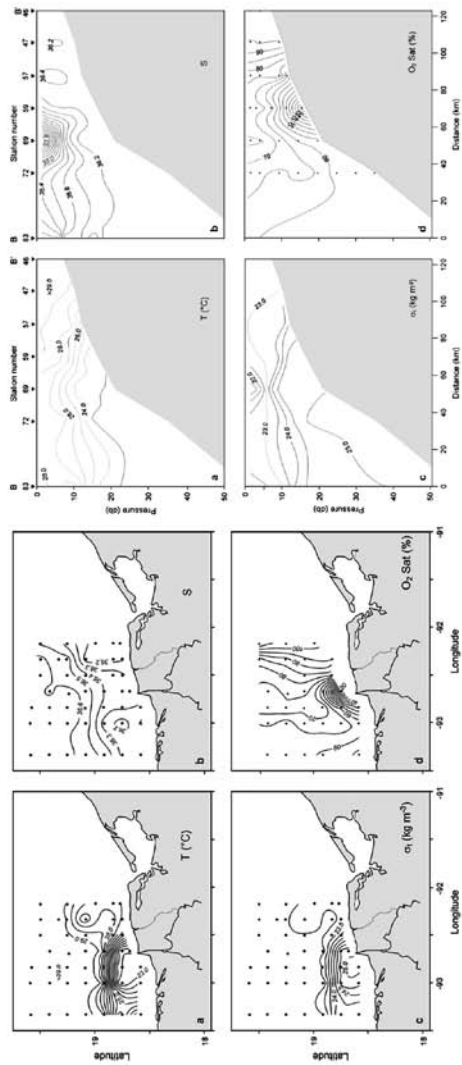
Utilizar un sistema equivalente en la escala más fina, como es la de orden nacional, puede ser muy importante para priorizar acciones de manejo para las instancias de gobierno encargadas de ordenar el uso del suelo costero y de los mares mexicanos.

Por ejemplo, Signoret *et al.* (2006) identifican puntos que merecen una atención en procesos de regionalización a otra escala. Ellos describen el frente que se forma delante de las costas de Tabasco y Veracruz, y que le da características especiales a esa parte del sur del Golfo de México (figura 26). La zona de la Laguna de Términos, por estar muy influenciada por la principal cuenca de descarga fluvial del país, amerita que sea una zona por sí misma.

Lo mismo sucede con el Golfo de Tehuantepec, el cual no se “corta” con las AMI, sino que prolonga la influencia terrestre hasta el área del GEM, por lo que habría que dividir este último en su porción más sureña. Sin embargo, todas estas subdivisiones y particularidades son propiedades emergentes de otra escala más fina que la de 1:1 000 000 utilizada para regionalizar los mares mexicanos en esta propuesta.

Parece muy útil que México cuente con un marco ecológico y geográfico de tipo jerárquico que separe la biodiversidad y las actividades humanas en unidades conformadas por atributos estructurales, funcionales y de composición, en niveles de organización ecosistémica y de paisaje, tal y como sugieren Zacharias y Roff (2000). En países de grandes longitudes litorales es común que la infor-

Figura 26. Distribución horizontal a 1.5 m (izquierda) de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad, (c) σ_t (kg m^{-3}) y (d) porcentaje de saturación de oxígeno. Distribución vertical (derecha) de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad, (c) σ_t (kg m^{-3}), y (d) porcentaje de saturación de oxígeno (%) a lo largo de un transecto. Tomada de Signoret *et al.* (2006)



mación científica esté muy concentrada en sitios accesibles o donde se han desarrollado centros de investigación. Con bases de datos dispersas y heterogéneas es complicado realizar trabajos regionales o nacionales sin perder la precisión y la calidad de la información puntual. Por esta razón, los atributos físicos de un sistema costero, definidos en mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélite, proporcionan un insumo de gran utilidad para trabajar los océanos y la zona costera de un país con dos frentes marinos y un largo y diverso litoral.

La biodiversidad actual de los mares mexicanos y de la zona costera es sumamente dinámica. La disminución de la diversidad y de la cantidad de pesquerías, por un lado, y el crecimiento desordenado y acelerado del turismo en las costas del país, por otro, son responsables de cambios drásticos en las unidades naturales que conforman a los ecosistemas marinos y costeros. Ante esto, parece más seguro contar con un esquema de delimitación de unidades basado en parámetros físicos, los cuales, en principio, cambian con menor celeridad y severidad que los atributos netamente biológicos o humanos con los que podrían delimitarse las unidades para la regionalización.

El sistema jerárquico de regionalización marina y costera que se presenta permite diferenciar, en un esquema nacional, aquellas unidades operativas que demuestran mayor complejidad para el manejo, y, aunque cambie su contenido biológico o humano, la unidad es persistente (con la excepción de algún evento extremo). De hecho, el sistema propuesto genera un índice de complejidad costera nacional, el cual puede ser utilizado para asignar prioridades de atención, y puede mejorarse si se suma a un diagnóstico más fino, que contenga los atributos tanto de la calidad biológica como de las actividades humanas.

La propuesta para regionalizar los mares y costas mexicanas es la conclusión de hacer concordar toda la información existente expresada en esfuerzos anteriores. La propuesta organiza y proporciona la información para hacer operativos los resultados de la regionalización en proyectos no sólo de ordenamientos ecológicos locales, regionales y marinos, sino que se puede aplicar en nuevas propuestas administrativas como son las ACI.

En el anexo 3 se presentan los datos que se sugiere calificar en cada una de las unidades propuestas para la regionalización de los mares y costas mexicanas con el objetivo del ordenamiento marino y costero nacional.

El libro de Córdova *et al.* (2006) presenta, un capítulo sobre la percepción que tienen los académicos de la regionalización de lo que denominan “la dimensión humana”. Especialmente, la de Luque (2006) expresa una visión muy particular de un grupo indígena: un pueblo que entiende la regionalización de una manera integradora y muy específica para su cultura. La concepción indígena del espacio no va desligada del uso de los recursos, ni de la historia, ni de las creencias y sus costumbres. Alcanzar este tipo de regionalización cuyo origen no sólo es milenario, sino comunitario, sería entonces el objetivo del proceso que recién comienza y que será necesario continuar para ir construyendo la regionalización de los mares y costas mexicanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo, M. C. 2006. Modelo multiescalar de indicadores como herramienta para la planificación ambiental en la región del Golfo de California. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Marina, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, México.
- Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz y V. Aguilar (comps.). 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Botello, A. V., A. Toledo, G. de la Lanza-Espino y S. Villanueva. 2000. The Pacific Coast of Mexico. *En*: C. Sheppard (eds.). *Seas of the Millennium: An Environmental Evaluation*. Elsevier Science.
- Briggs, J.C. 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science. Amsterdam.
- 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill. EUA.
- Brown, J. H. y A. C. Gibson. 1983. *Biogeography*. The C.V. Mosby Co. St. Louis, EUA.
- Bruff, G. E. y A. P. Wood. 2000. Local Sustainable Development: Land-use Planning's Contribution to Modern Local Government. *Journal of Environmental Planning and Management* 43(4):519-39.
- Cendrero, A. 1989. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. *Ocean and Shoreline Management* (5-6):427-462.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007 *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. Comisión

- para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México y Pronatura, México.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) 2005. Consultado en: Septiembre 2006. Disponible en: www.conanp.gob.mx.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) 1995. Proyecciones Municipales 1995-2010. Consultado en Septiembre 2006. Disponible en: www.conapo.gob.mx.
- Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México.
- De la Lanza, G. 2001. *Características físico-químicas de los mares de México. Temas selectos de geografía de México*. Instituto de Geografía-UNAM, Plaza y Valdés, México.
- De la Lanza Espino G. y S. Hernández Pulido, 2007. *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. AGT Editores, S. A., México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. *Guía práctica para la constitución y operación de las Administraciones costeras Integrales Sustentables*. Diario Oficial de la Federación, 23 de noviembre de 2006. México.
- Dietrich, D. 1957. *General Oceanography: An Introduction*. Interscience Publishers, New York.
- Engle, V. D. y J. K. Summers. 2000. Biogeography of benthic macroinvertebrates in estuaries along the Gulf of Mexico and western Atlantic coasts. *Hydrobiologia* 436:17-33.
- Ekman, S. 1953. *Zoogeography of the sea*. Sidgwick & Jackson, Londres.
- Escofet, A. 2006. Escalas jerárquicas anidadas. En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE. México. Pp. 87-102.
- Escofet, A. e I. Espejel. 2004. Geographic indicators of coastal orientation and large marine ecosystems: alternative basis for management-oriented cross-national comparisons. *Coastal Management* 32:117-128.
- Escofet A. 2004a. Marco operativo de macro y meso escala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico Mexicano. En: Rivera-Arriaga, E. Villalobos-Zapata, G. J., I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO. México. Pp. 223-234.
- Escofet, A. 2004b. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de doc-

- torado, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- Espejel, I., A. Espinoza, O. Cervantes, I. Popoca, A. Mejía, y S. Delhumeau. 2007. Proposal for an integrated risk index for the planning of recreational beaches: use at seven Mexican arid sites. En: *Journal of Coastal Researchs International Coastal Symposium*. Queensland Australia, 2007.
- Espejel, I., C. Leyva, A. Espinoza, R. Martínez, G. Arámburo, H. Riemann, Y. Cruz, S. Bullock y T. Mendoza. 2005. Estrategias metodológicas para el manejo de la zona costera: área de protección de flora y fauna, Valle de los Cirios, Baja California. En: P. Moreno, E. Peresbarbosa y A. C. Travieso (ed.). *Estrategia para el manejo costero integral: El enfoque municipal*. INECOL, México. Pp. 737-752.
- Espejel, I., C. León, J. L. Fermán, G. Bocco, F. Rosete, B. Graizbord, A. Castellanos, O. Arizpe y G. Rodríguez. 2004. Planeación del uso del suelo en la región costera del Golfo de California y Pacífico Norte de México. En: E. Rivera-Arriaga, Villalobos-Zapata, G. J., I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 321-340.
- Euan, J y A. Cuevas. 2006. La regionalización costera: un marco para el desarrollo de un programa de manejo costero y marino integrado. En: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. Pp. 67-78.
- Fermán, J. L. 2007. Modelo de ordenamiento marino del Golfo de California. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- Finkl, W. C. 2004. Coastal Classification: systematic approaches to consider in the development of a comprehensive scheme. *Journal of Coastal Research* 20(1):166-213.
- Forman, R. T. T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10:133-142.
- Friends, A. y D. Raport. 1979. *Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: A stress-response approach*. Statistics Canada, Ottawa.
- Gabriel, J. y J. L. Pérez. 2006. Crecimiento poblacional e instrumentos para la regulación ambiental de los asentamientos humanos en los municipios costeros de México. *Gaceta ecológica* 79:53-77.

- Gallegos, A., J. Zavala y R. Lecuanda. 2006. Huellas térmicas sobre la superficie oceánica resultado de procesos físicos a escala regional y local detectados con radiómetros satelitales AVHRR. Algunos ejemplos en el Pacífico mexicano. En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. Pp. 39-52.
- García, A. 2006. Modelo regional de Vulnerabilidad costera. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Gómez-Orea, D. 2001. Ordenación Territorial. Mundi Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A., Madrid.
- Gutiérrez, V. C. 2001. Análisis de la zona federal marítimo terrestre: potencial para el manejo costero en México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- Hayden, B. P., G. C. Ray y R. Dolan. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11(3):199-207.
- Hayden, B. P. y R. Dolan. 1976. Coastal marine fauna and marine climates of the Americas. *Journal of Biogeography* 3:71-81.
- Hedgpeth, J. W. 1957. Marine Biogeography. En: *Traetise on Marine Ecology and Paleoecology*. Vol. 1. Memoires of the Geological Society of America 67: 359-382.
- Hendrickx, M. E. 1992. Distribution and zoogeographic affinities of decapod crustaceans of the Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 20:1-11.
- Ibarra, M. S. 2004. Legislación naval y mercante aplicada a la protección, conservación y planeación de la zona costera. En: E. Rivera-Arriaga, Villalobos-Zapata, G.J., I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, México. Pp. 85-97.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2000. *Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México*. INE, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2006. Batimetría de México. Disco compacto. INEGI, México.
- INP (Instituto Nacional de Pesca). 1994. *Atlas Pesquero de México*. Secretaría de Pesca, México.
- Lecuanda, R. y F. Ramos. 1996. El límite exterior de la plataforma continental: una revisión terminológica y conceptual. *Geografía y Desarrollo* 13:57-62.

- León, C. 2004. Piezas de un rompecabezas: dimensión socioeconómica de las costas de México. En: E. Rivera-Arriaga, Villalobos-Zapata, G.J., I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). *El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO, p:5-26.
- Longhurst, A. 1998. *Ecological Geography of the Seas*. Academic Press, San Diego.
- Luque, D. 2006. El mapa de los sitios de valor cultural COMCÁAC (seri): un antecedente de ordenamiento ecológico del territorio TAHEOJC (Isla Tiburón) y XEPE COSOT (Canal del Infiernillo), Golfo de California. En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. Pp. 133-146.
- Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management* 15:27-42.
- McGarigal, K. y B. J. Marks. 2002. *FRAGSTATS-Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Corvallis, Oregon, USA, Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, OR 97331.
- Morrone, J. J. 2001. Sistemática, biogeografía y evolución: los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. Las Prensas de Ciencias. México.
- Naranjo, S., J. L. Carballo y J. C. García-Gómez. 1998. Toward a knowledge of marine boundaries using ascidians as indicators: characterizing transition zones for species distribution along Atlantic-Mediterranean shores. *Biological Journal of the Linnean Society* 64:154-177.
- Nelson, G. y N. I. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance*. Columbia University Press, Nueva York.
- O'Neill, R. V., A. R. Johnson y A. W. King. 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape Ecology* 3:193-205.
- O'Neill, R. V., J. R. Krumme, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L. De Angelist, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. W. Christensen, V. H. Dale y R. L. Graham. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1:153-162.
- Ortiz-Pérez, M. A. y G. de la Lanza-Espino, 2006. *Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional*. Geografía para el siglo XXI. Serie Textos Universitarios, Instituto de Geografía, México.
- Ortiz-Lozano L., A. Granados-Barbab, V. Solís-Weissa y M. A. García-Salgado. 2005. Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management* 48(2):161-176.

- Reynolds, J. F. y J. Wu. 1999. Do landscape structural and functional units exist? En: J. D. Tenhunen y P. Kabat (eds.). *Integrating Hydrology, Ecosystem Dynamics, and Biogeochemistry in Complex Landscapes*. John Wiley.
- Rivera E., G. J. Villalobos, I. Azuz y F. Rosado (coords.). 2004. El manejo costero en México. EPOMEX, CETYS, UQROO, SEMARNAT, México. 654 pp.
- Rivera-Arriaga, E. y G. Villalobos. 2001. The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean and Coastal Management* 44:729-756
- Saavedra, P. 2004. Estado de derecho de la zona costera en México. En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. Pp. 99-114.
- Salazar-Vallejo, S. I. 2000. Biogeografía marina del Gran Caribe. *Interciencia* 25(1):7-12.
- Salazar-Vallejo, S. I. y N. E. González. 1992. Biodiversidad marina y costera de México. *Ciencia y Desarrollo*. CONACYT, México.
- Sánchez, R. 1990. *El medio ambiente como fuente de conflicto en la relación binacional México-Estados Unidos*. El Colegio de la Frontera Norte, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006b. Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable. SEMARNAT, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Propuesta de programa de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California Consultado en agosto del 2006. Disponible en: [//www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/ORDENAMIENTOECOLOGICO/Pages/bitacora_golfo.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/ORDENAMIENTOECOLOGICO/Pages/bitacora_golfo.aspx)
- Sherman, K. 1994. Sustainability, biomass yields and health of coastal ecosystems: an ecological perspective. *Marine Ecology Progress Series* 112:277-301.
- Sherman, K. 1996. Achieving regional cooperation in the management of marine ecosystems: the use of the large marine ecosystem approach. *Ocean and Coastal Management* 29(1-3):165-185.
- Sherman, K. y Q. Tang (eds.). 1999. *Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim, Assessment, Sustainability and Management*. Blackwell Science, Massachusetts.
- Signoret, M., M. A. Monreal-Gómez, J. Aldeco y D. A. Salas-de-León. 2006. Hydrography, oxygen saturation, suspended particulate matter and chlorophyll-a fluores-

- cence in an oceanic region under freshwater influence. *Estuarine, Coastal and shelf Science* 69(1-2):153-164
- Sorensen, J. y A. Brandani. 1987. An overview of coastal management efforts in Latin America. *Coastal Management* 15:1-25.
- Turner, M. G., R. H. Gardiner y R. V. O'Neil. 2001. *Landscape Ecology, in Theory and Practice, Pattern and Process*. Spring Verlag, Nueva York.
- U S Globec. 1994. *Eastern boundary current program, a science plan for the California Current*. Report 11, August.
- Wilson, M.V. y A. Schmida. 1984. Measuring β diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology* 72:1055-1064.
- Winograd, M. 1995. *Environmental indicators for Latin America and the Caribbean: Toward land-use sustainability*. GASE en colaboración con IICA/GTZ, OAS y WRI, Washington, D.C.
- Winograd, M., N Fernández y R. M. Franco. 1995. Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para Toma de decisiones en América Latina y el Caribe.
- Wu, J. y O. E. Loucks. 1995. From balance-of-nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *Quarterly Review of Biology* 439-466.
- Zacharias, M y J. Roff. 2000. A hierarchical approach to conserving marine biodiversity. *Conservation Biology* 14(5):1327-1334.
- Zavala, J y J. Fernández. 2006. Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos desde el punto de vista de los procesos físicos: el caso del Golfo de México. En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (coords.). 2006. *Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización*. INE, México. Pp. 21-32.

Anexo 1. Listado de unidades costeras, equivalentes en las aguas marinas interiores del Golfo de México

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (ha)
1	Laguna Madre	Tamaulipas	Matamoros; Soto la Marina; San Fernando	25	184,632.87
2	Delta río Soto La Marina	Tamaulipas	Soto la Marina	25	2,448.67
3	Laguna de Morales	Tamaulipas	Soto la Marina	25	3,873.84
4	Estero del Tordo	Tamaulipas	Aldama	25	729.07
5	Laguna de San Andrés	Tamaulipas	Aldama; Altamira	25	9,073.50
6	Puerto de Altamira	Tamaulipas	Altamira	25	279.81
7	Delta río Panuco	Tamaulipas; Veracruz	Ciudad (T) Madero; (V) Pueblo viejo; (V) Tampico alto	26	16,483.60
8	Laguna Tamiahua	Veracruz	Tampico Alto; Tamiahua	27	79,162.38
9	Delta de río Tuxpan	Veracruz	Tuxpan	27	3,173.05
10	Delta río Cazones	Veracruz	Cazones	27	368.20
11	Delta del río Tecolutla	Veracruz	Tecolutla	27	842.80
12	Delta río Nautla	Veracruz	Tecolutla; Nautla	27	413.29
13	Bahía de Tecolutla	Veracruz	Vega de Alatorre; Alto Luro de Gutiérrez Bar	27	2,035.80
14	Bahía La Guadalupe	Veracruz	Alto Lucero de Gutiérrez Bar	27	218.95
15	Bahía Casitas	Veracruz	Alto Lucero de Gutiérrez Bar	27	140.60
16	Bahía de Nautla	Veracruz	Alto Lucero de Gutiérrez Bar	27	50.29

Anexo 1. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrográfica	Área (ha)
17	Bahía de Palmas	Veracruz	Alto Lucero de Gutiérrez Bar; Actopan	28	383.46
18	Bahía Pta Villa Rica-Pta Penon	Veracruz	Actopan	28	589.06
19	Bahía Punta Macha-Punta Zempoala	Veracruz	Actopan; Ursulo Galván	28	2,048.77
20	Bahía Pta Zempoala-Pta Antigua	Veracruz	La Antigua; Veracruz	28	11,762.87
21	Bahía Punta Gorda	Veracruz	Veracruz	28	800.04
22	Laguna Mandinga Grande	Veracruz	Veracruz	28	183.37
23	Bahía s/n	Veracruz	Veracruz; Boca del río	28	104.96
24	Bahía Punta Mocambo	Veracruz	Boca del río; Alvarado	28	6,130.41
25	Bahía de Alvarado	Veracruz	Alvarado; Ángel R Cabada; San Andrés Tuxtla ;Lerdo de Tejada	28	136,629.12
26	Bahía Pta Roca Partida-Pta Zapotitlán	Veracruz	San Andrés Tuxtla; Catemaco; Mecayapan	28	14,905.48
27	Bahía Santa Martha	Veracruz	Tatahuicapan de Juárez; Pajapan	28	1,184.75
28	Bahía Punta San Juan	Veracruz	Pajapan	28	490.25
29	Bahía de Coatzacoalcos	Veracruz	Pajapan; Coatzacoalcos	29	25,214.29

Anexo 1. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (ha)
30	Delta del río Tonalá	Veracruz; Tabasco	(V) Aguadulce; (T) Cárdenas; Huimanguillo	29	2,185.91
31	Laguna Machona	Tabasco	Cárdenas; Paraíso	29	17,477.71
32	Puerto dos Bocas	Tabasco	Paraíso	30	380.64
33	Laguna Mecoacan	Tabasco	Paraíso	30	5,842.38
34	Bahía s/n	Tabasco; Campeche	(T) Paraíso; (T) Centla; (C) Carmen	30	100,885.19
35	Laguna de Términos	Campeche	Carmen; Champotón	31	202,553.82
36	Bahía Punta Seybaplaya	Campeche	Champotón	31	1,486.31
37	Bahía de Campeche	Campeche	Champotón; Campeche; Tenabo	31	36,004.61
38	Estero La Zona	Campeche	Calkini	32	2,435.96
39	Laguna Celestún	Campeche; Yucatán	(C) Calkini; (Y) Celestún	32	3,272.34
40	Laguna Chuburna	Yucatán	Progreso; Hunucma	32	2,196.81
41	Estero Chelem	Yucatán	Progreso	32	1,670.36
42	Estero El Islote	Yucatán	Dzilam de Bravo	32	1,058.75
43	Bahía Punta Bachul-Punta Nichili	Yucatán	Río Lagartos; San Felipe	32	5,444.99
44	Laguna de Yalahau	Quintana Roo	Lázaro Cárdenas; Isla Mujeres	32	53,434.39

Anexo 1. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (ha)
45	Laguna Chacmochak	Quintana Roo	Isla Mujeres	32	16,333.78
46	Bahía s/n	Quintana Roo	Isla Mujeres	32	123.53
47	Bahía de Mujeres	Quintana Roo	Isla Mujeres; Benito Juárez	32	7,618.44
48	Laguna Nichupté	Quintana Roo	Benito Juárez	32	988.91
49	Bahía Punta Nizuc-Punta Caracol	Quintana Roo	Benito Juárez	32	2,552.69
50	Bahía El Paraíso	Quintana Roo	Benito Juárez; Solidaridad	32	1,119.88
51	Laguna Cooapechen	Quintana Roo	Solidaridad; Felipe Carrillo Puerto	32	4,193.55
52	Bahía de La Ascención	Quintana Roo	Solidaridad; Felipe Carrillo Puerto	33	66,533.27
53	Bahía del Espíritu Santo	Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto	33	37,363.22
54	Bahía Chetumal	Quintana Roo	Othón P. Blanco	33	128,451.08
	Área Total				1,205,962.09

Anexo 2. Listado de unidades costeras, equivalentes en las aguas marinas interiores del Pacífico mexicano

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
1	Bahía El descanso	Baja California	Playas de Rosarito (PR); Ensenada (E)	1	11,303.77
2	Bahía Salsipuedes	Baja California	Ensenada	1	2,318.53
3	Bahía Todos Santos	Baja California	Ensenada	1	19,441.25
4	Bahía Soledad	Baja California	Ensenada	1	7,861.37
5	Bahía Almejas	Baja California	Ensenada	1	53,605.64
6	Bahía Colonet	Baja California	Ensenada	1	3,566.45
7	Bahía San Ramón	Baja California	Ensenada	1	23,530.76
8	Bahía Santa María	Baja California	Ensenada	1	54,612.94
9	Bahía del Rosarío	Baja California	Ensenada	1	12,190.52
10	Punta Canoas-Punta Blanco	Baja California	Ensenada	1	76,905.66
11	Punta Blanco-Punta Cano	Baja California	Ensenada	2	12,366.52
12	Bahía Santa Rosalita	Baja California	Ensenada	2	4,696.93
13	A-Bahía Punta Rosarío- Morro Santo Domingo	Baja California	Ensenada	2	19,711.58
13	B-Bahía Morro Santo Domingo-Boca Laguna Guerrero Negro	Baja California	Ensenada	2	7,379.03

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
13	C-Laguna Guerrero Negro	Baja California (BC); Baja California Sur	(BC) Ensenada; (BCS) Mulegé	2	8,893.66
13	D-Laguna Ojo de Liebre	Baja California Sur	Mulegé	2	54,672.47
14	Bahía Tortugas	Baja California Sur	Mulegé	2	10,463.26
15	Bahía San Cristóbal	Baja California Sur	Mulegé	2	8,205.20
16	Bahía La Asunción	Baja California Sur	Mulegé	2	17,240.54
17	Bahía San Hipólito	Baja California Sur	Mulegé	2	22,476.94
18	Bahía de Ballenas	Baja California Sur	Mulegé	2	18,189.25
19	Laguna San Ignacio	Baja California Sur	Mulegé	2	25,799.01
20	Estero San Juan	Baja California Sur	Mulegé	2	2,337.97
21	Bahía San Juanico	Baja California Sur	Comondu	2	22,990.51
22	Estero San Gregorio	Baja California Sur	Comondu	2	268.73
23	Complejo Bahía Magdalena	Baja California Sur	Comondu (C); La Paz (LP)	3	134,701.32
24	Bahía Santa María	Baja California Sur	Comondu	3	10,985.04
25	Playa Punta Lobos	Baja California Sur	La Paz	3	14,133.76
26	Playa San Pedro	Baja California Sur	La Paz (LP); Los Cabos (LC)	3	6,037.32
27	Bahía San Lucas	Baja California Sur	Los Cabos	5	498.32

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
28	Bahía Chileno	Baja California Sur	Los Cabos	5	1,114.32
29	San José del Cabo	Baja California Sur	Los Cabos	5	2,994.10
30	Bahía de Las Palmas	Baja California Sur	La Paz (LP); Los Cabos (LC)	5	18,544.50
31	Bahía de Los Muertos	Baja California Sur	La Paz	5	9,957.28
32	Bahía de La Ventana	Baja California Sur	La Paz	5	12,235.83
33	Bahía de La Paz	Baja California Sur	La Paz	5	84,712.37
33	Bahía de La Paz	Baja California Sur	La Paz	5	12,720.54
34	Bahía Punta San Narcisca-Pta San Telmo	Baja California Sur	Loreto (L); La Paz (LP)	5	26,526.30
35	Bahía Punta Candeleros-Punta San Narcisca	Baja California Sur	Loreto	5	12,108.65
36	Bahía Puerto Escondido-Punta Candeleros	Baja California Sur	Loreto	5	3,061.24
37	Bahía San Basilio	Baja California Sur	Loreto	5	5,886.72
38	Bahía San Nicolás	Baja California Sur	Mulegé (M); Loreto (L)	5	9,439.65
39	Bahía Punta Santa Inés-Punta Concepción	Baja California Sur	Mulegé (M); Loreto (L)	5	51,008.62
40	Bahía Punta San Lucas	Baja California Sur	Mulegé	5	5,457.26

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrográfica	Área (has)
41	Caleta Santa María	Baja California Sur	Mulegé	5	3,884.40
42	Bahía Santa Ana	Baja California Sur	Mulegé	5	603.71
43	Bahía San Carlos	Baja California Sur	Mulegé	5	10,105.25
44	Bahía San Juan Bautista	Baja California	Ensenada	5	5,157.30
45	Bahía Punta San Francisquito-Punta San Miguel	Baja California	Ensenada	5	9,141.48
46	Bahía San Rafael	Baja California	Ensenada	5	35,261.35
47	Bahía de Las Ánimas	Baja California	Ensenada	5	9,875.70
48	Bahía Puerto Don Juan	Baja California	Ensenada	5	690.69
49	Bahía de Los Ángeles	Baja California	Ensenada	5	10,448.05
50	Bahía Guadalupe	Baja California	Ensenada	5	2,334.65
51	Bahía San Luis Gonzaga	Baja California	Ensenada	5	9,560.32
52	Bahía Puertecitos	Baja California	Ensenada	4	3,831.68
53	Bahía de San Felipe	Baja California	Mexicali	4	4,251.56
54	Bahía Punta El Machorro-Playa San José	Baja California	Mexicali	4	17,708.65

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
55	Bahía Orrotepec	Baja California	Mexicali	4	1,567.77
56	Delta del río Colorado	Baja California (BC); Sonora (SO)	(BC) Mexicali; San Luis río Colorado (SO)	4	52,385.15
57	Bahía Adair	Sonora	San Luis río Colorado; Puerto Peñasco	8	60,496.41
58	Puerto Peñasco	Sonora	Puerto Peñasco	8	632.30
59	Bahía San Jorge	Sonora	Puerto Peñasco	8	39,088.52
60	Bahía San Francisquito	Sonora	Puerto Peñasco; Caborca	8	6,039.63
61	Bahía Los Tanques	Sonora	Caborca	8	13,336.71
62	Bahía Tepoca	Sonora	Caborca; Pitiquito	8	17,268.57
63	Bahía Punta Tepoca Sur	Sonora	Pitiquito	8	36,837.84
64	Bahía Sargento	Sonora	Hermosillo	8	6,565.36
64	Bahía Sargento	Sonora	Pitiquito; Hermosillo	8	12,270.25
65	Bahía Kino	Sonora	Hermosillo	8	7,868.62
66	Bahía El Cardonal	Sonora	Hermosillo	9	6,576.30
67	Bahía Punta El Cardonal-Punta San Antonio	Sonora	Hermosillo	9	8,667.88
68	Bahía San Francisco	Sonora	Guaymas	9	6,292.65
69	Bahía Punta Paraje nuevo-Isla Lobos	Sonora	Guaymas; Empalme; San Ignacio río Muerto	9	119,978.60

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrográfica	Área (has)
70	Bahía Punta los Megalos-Boca Estero El Rillito	Sonora	Cajeme; Bacum; San Ignacio río Muerto; Etchojoa; Benito Juárez; Huatabampo	9	58,085.02
71	Delta del río Mayo	Sonora	Huatabampo	9	45.23
72	Bahía Punta Santa Luarda-Boca Estero San Juan	Sonora (SO); Sinaloa (SI)	(SO) Huatabampo; (SI) Ahome	9	201,758.27
73	Bahía S/N	Sinaloa	Ahome	10	4,082.60
74	Bahía Punta El Burro-Punta Santa María	Sinaloa	Ahome	10	32,854.03
75	Bahía Punta Ajoro-Isla Macapule	Sinaloa	Ahome; Guasave	10	31,721.55
76	Bahía Punta Perihuate-Punta Varadito	Sinaloa	Guasave; Angostura; Navolato	10	58,442.78
77	Bahía Altata-Ensenada Pabellones	Sinaloa	Navolato; Culiacán	10	34,314.95
78	Ensenada de Quevedo	Sinaloa	Culiacán; Elota	10	7,522.90
79	Bahía de Mazatlán	Sinaloa	Mazatlán	11	1,199.69
79	Bahía de Mazatlán	Sinaloa	Mazatlán	11	1,092.19

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
80	Laguna El Caimanero	Sinaloa	Mazatlán; Rosario	11	13,187.14
81	Delta río Panuco-Baluarte	Sinaloa	Mazatlán	11	58.20
82	Laguna Grande	Sinaloa	Rosario; Escuinapa	11	2,758.80
83	Laguna Agua Grande-Norte Marismas Nacionales	Sinaloa (SI); Nayarit (NY)	(SI) Escuinapa; (NY) Tecuala	11	7,521.42
84	Laguna S/N -Sur Marismas Nacionales	Nayarit	Tecuala; Santiago Ixcuintla	11	12,535.17
85	Bahía S/N	Nayarit	Tecuala; Santiago Ixcuintla	11	11,784.35
86	Delta Río San Pedro	Nayarit	Santiago Ixcuintla; San Blas	12	1,852.50
87	Bahía Matachón	Nayarit	San Blas; Compostela; Bahía de Banderas	13	187,212.23
88	Bahía Banderas	Nayarit (NY); Jalisco (JL)	(NY) Bahía De Banderas; (CO) Cabo Corrientes	13	97,891.06
89	Bahía Tehuamixtle	Jalisco	Cabo Corrientes; Tomatlán	15	7,711.69
90	Laguna S/N	Jalisco	Tomatlán	15	984.81
90	Laguna S/N	Jalisco	Tomatlán	15	850.43
90	Laguna S/N	Jalisco	Tomatlán	15	1,014.66
91	Bahía Chamela	Jalisco	La Huerta	15	10,629.58
92	Bahía Tenacatita	Jalisco	La Huerta	15	3,865.24

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrográfica	Área (has)
93	Bahía Navidad	Jalisco (JL); Colima (CO)	(JL) La Huerta; (JL) Cihuatlán; (CO) Manzanillo	15	3,911.86
94	Bahía Manzanillo	Colima	Manzanillo	15	8,206.69
95	Laguna Cuyutlan	Colima	Manzanillo	15	2,002.88
96	Bahía río Coahuayana- Punta La Playa	Colima	Armeria; Tecoman	16	176.09
97	Bahía Punta La Playa- Punta Tejupan	Colima (CO); Michoacán (MI)	(CO) Tecoman; (MI) Aquila; (MI) Coahuaya	16	28,663.36
98	Bahía Punta Piedras-río Coalcoman	Michoacán	Aquila	17	2,493.17
Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (ha)
99	Delta río Balsas	Michoacán (Mi); Guerrero (Ge)	(MI) Lázaro Cárdenas; (Ge) La Unión de Isidoro Montes D	17	1,072.93
100	Bahía Petacalco	Guerrero	La Unión de Isidoro Montes D; Jose Azueta	18	55,379.58
101	Bahía Zihuatanejo	Guerrero	Jose Azueta; Petatlán	19	9,062.10
102	Bahía Papanao	Guerrero	Petatlán; Tecpan de Galeana	19	19,911.02

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
103	Laguna Nuxco	Guerrero	Tecpan de Galeana	19	1,157.75
104	Laguna El Plan	Guerrero	Tecpan de Galeana; Benito Juárez	19	285.20
105	Laguna San Jerónimo	Guerrero	Benito Juárez	19	440.53
106	Laguna Mitla	Guerrero	Coyuca de Benítez; Benito Juárez	19	4,803.38
107	Laguna Coyuca	Guerrero	Coyuca de Benítez; Acapulco de Juárez	19	1,438.63
108	Bahía Acapulco	Guerrero	Acapulco de Juárez	19	2,302.06
109	Laguna Tres Palos	Guerrero	Acapulco de Juárez	19	2,079.48
110	Laguna Tecomate	Guerrero	San Marcos	20	3,196.34
111	Delta río Nexpa	Guerrero	Acapulco de Juárez; San Marcos	19	765.01
112	Laguna Chautengo	Guerrero	Florencio Villareal; Copala	20	3,338.44
113	Bahía Punta Casa de Piedra-Punta Maldonado	Guerrero	Azoyu; Copala; Cuajinicuilapa	20	17,939.15
114	Laguna Corralero	Guerrero	Santiago Pinotepa Nacional	20	2,494.69
115	Bahía S/N	Oaxaca	Sant Pinotepa Nal; Sant Jamiltepec; Sta M Huazolotitlan; V Tututepec de Melcho	20	4,464.78
116	Bahía Punta Galera-Puerto Escondido	Oaxaca	Villa Tututepec de Melcho; San Pedro Mixtepec-Distr, Santa María Colotepec	20	32,973.33
117	Bahía Punta Cometa-Punta Ixtlahuite	Oaxaca	Santa María Huatulco; Santa María Tonameca; San Pedro Pochutla	21	4,060.52

Anexo 2. Continúa

Clave de identificación	Nombre de la AMI	Estado	Municipio	Región hidrológica	Área (has)
117	Bahía Punta Cometa-Punta Ixtlahuite	Oaxaca	Santa María Huatulco; Santa María Tonameca; San Pedro Pochutla	21	323.19
117	Bahía Punta Cometa-Punta Ixtlahuite	Oaxaca	Santa María Huatulco; Santa María Tonameca; San Pedro Pochutla	21	4,467.16
118	Ensenada Guelaguichi	Oaxaca	Santo Domingo Tehuantepec; Salina Cruz; San Mateo del Mar	21	11,901.65
119	Laguna Superior	Oaxaca	Juchitán de Zaragoza; S Dionisio del Mar; S Franc del Mar; San Mateo del Mar	22	74,137.85
120	Laguna Mar Muerto	Oaxaca (OZ); Chiapas (CH)	(OX) San Francisco del Mar; (CH) Tonalá	23	52,010.20
121	Laguna La Joya	Chiapas	Tonalá; Pijjapan	23	910.53
122	Laguna Buenavista	Chiapas	Pijjapan	23	634.40
123	Estero San Francisco	Chiapas	Pijjapan	23	221.68
123	Estero San Francisco	Chiapas	Pijjapan	23	149.30
124	Estero Francisco I Madero	Chiapas	Acapetahua	23	2,005.09
	Área total				2,592,235.51

Anexo 3. Ejemplo de los factores que habría que identificar en las unidades propuestas para regionalizar los mares y costas mexicanos para el ordenamiento marino y costero nacional

Indicador	Factor medio natural (indicadores de estado) medio físico	Criterio de evaluación
	Importancia del paisaje	
SINGU	Singularidad de la unidad	Común/Único
AT_FUN	Atributos funcionales del litoral	Presencia/Ausencia
	Fragilidad fisiográfica	
CAP_LIMP	Capacidad de limpieza	Alta/Media/Baja
PEND_L	Pendiente del litoral	Baja (0-10%)/Media (10-30%)/Alta (>30%)
PEND_M	Pendiente marina	Baja (0-5%) Media (6-10%)/Alta (>10%)
ESTABI	Estabilidad de línea de costa	Baja (barra arenosa)/Media (playa)/Alta (cantil)
Medio biótico		
	Fragilidad biótica	
E_VEG_LI	Estatus de la vegetación en el litoral terrestre	Sin estatus/Spp protegidas/Spp amenazadas
SP_C_M	Comunidades o especies clave en la fracción marina	Presencia/Ausencia/Se ignora
Estatus de las especies		
SP_ENDE	Endémicas	Presencia/Ausencia
SP_RIES	Especies en riesgo	Presencia/Ausencia
SP_CLAV	Especies clave	Presencia/Ausencia
SP_PRÍO	Especies prioritarias	Presencia/Ausencia
SP_MACROMIGR	Migratorias	Presencia/Ausencia
SP_RESI	Residentes	Presencia/Ausencia
SP_UTIL	Útiles	Presencia/Ausencia

Anexo 3. *Continúa*

Indicador	Factor medio natural (indicadores de estado) medio físico	Criterio de evaluación
SP_MICROMIGR	A qué otras unidades se mueve y en qué temporada	
Medio transformado (indicadores de presión)		
	Uso actual de la unidad	
INFREST	Infraestructura	Presencia/Ausencia
USO_TUR	Turístico-Recreativo	NA/Temporal/ Permanente
USO_ACU	Acuicultura	NA/Temporal/ Permanente
USO_PESC	Pesca	NA/Temporal/ Permanente
USO_SUA	Sin uso aparente	NA/Temporal/ Permanente
USO_PORT	Portuario	NA/Temporal/ Permanente
USO-NAU	Náutico	NA/Temporal/ Permanente
USO.PROT	Área protegida	Presencia/Ausencia
	Intensidad de uso	
IN_EMB	Número de embarcaciones	Alto/Media/Baja
IN_PER	Número de permisos	Alto/Media/Baja
Uso actual de la unidad terrestre adyacente		
USO-L_NA	Natural	Presencia/Ausencia
USO-L_UR	Urbano	Presencia/Ausencia
USO-L_PE	Campamento pesquero	Presencia/Ausencia
USO-L_TU	Turístico	Presencia/Ausencia
USO-L_SU	Sin uso aparente	Presencia/Ausencia

Figura 18c. Niveles jerárquicos considerados para la regionalización de los mares mexicanos . Nivel IV de la propuesta de regionalización de los mares mexicanos

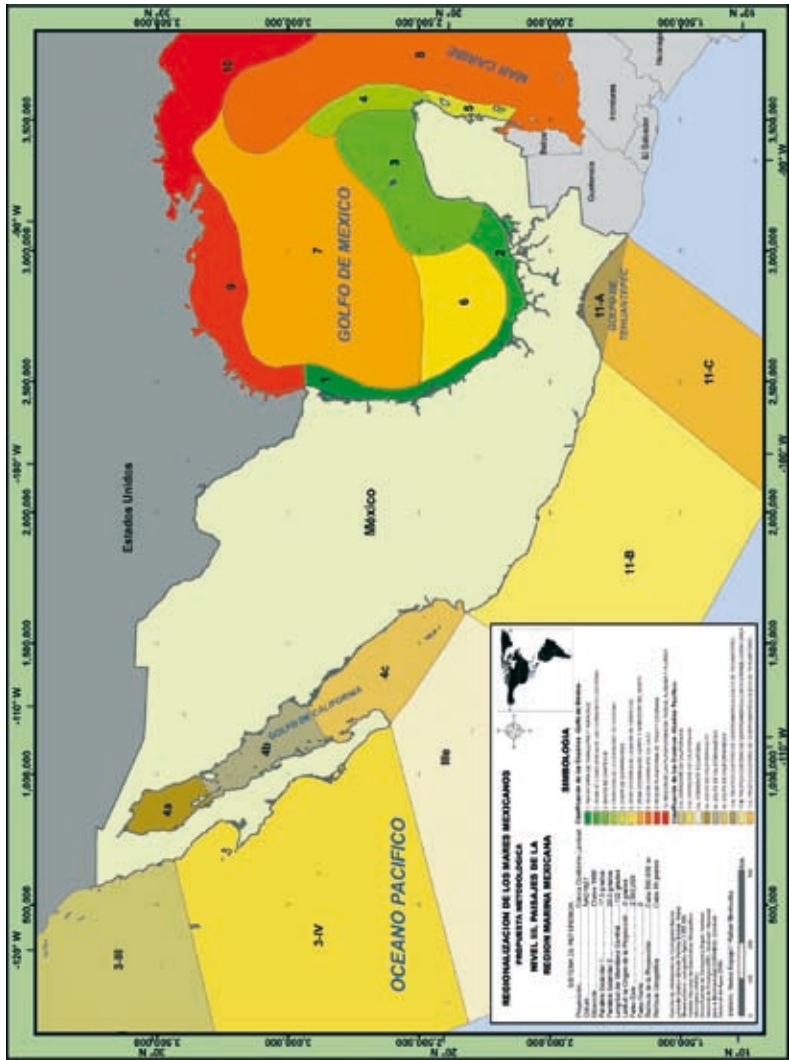


Figura 19. Propuesta de sistemas marinos para la regionalización de los mares de México. OP-Océano Pacífico; OA-Océano Atlántico; FOC-Franja de Océano Costero; FOA-Franja de Océano Abierto; MA-Mar Abierto; MSM-Mar Semicerrado o Marginal; CC-III-Corriente de California III, Punta Concepción, EUA-Punta Baja, México; CC-IV-Corriente de California IV, Punta Baja-Cabo San Lucas, México; CE-IIIe-Corriente Ecuatorial*; GC-A-Golfo de California-Alto; GC-BC-Golfo de California-Bajo-Costero; GC-BP-Golfo de California-Bajo-Peninsular; GC-MC-Golfo de California-Medio-Costero; GC-MP-Golfo de California-Medio-Peninsular; PS-GT- Pacífico Sur-Golfo de Tehuantepec; PS-CGCH-Pacífico Sur-Costa Grande y Costa Chica; GM-SR-BC-Golfo de México-Sin Ríos-Bahía de Campeche; GM-SR-RCL-Sin Ríos-Región Corriente del Lazo; GM-CR-PTV-Con Ríos-Plataforma de Tampico-Veracruz; GM-CR-ZOBC-Con Ríos-Zona Oceánica del Banco de Campeche; GM-CR-ZONNW-Con Ríos-Zona Oceánica del Norte y Noroeste del Golfo; GM-SR-FCY-Sin Ríos-Frontera de la Corriente de Yucatán; GM-CR-ZCCC-Con Ríos-Zona de Confluencia de las Corrientes Costeras; MC-SR-CQR-Mar Caribe-Sin Ríos-Costa de Quintana Roo. Todas las líneas se dibujan pero en realidad son franjas que representan una franja con área de diversas anchuras. Hay dos zonas de ecotono todavía no bien delimitadas por los oceanógrafos: la corriente ecuatorial que define la boca del Golfo de California, y la prolongación hacia el océano del Golfo de Tehuantepec

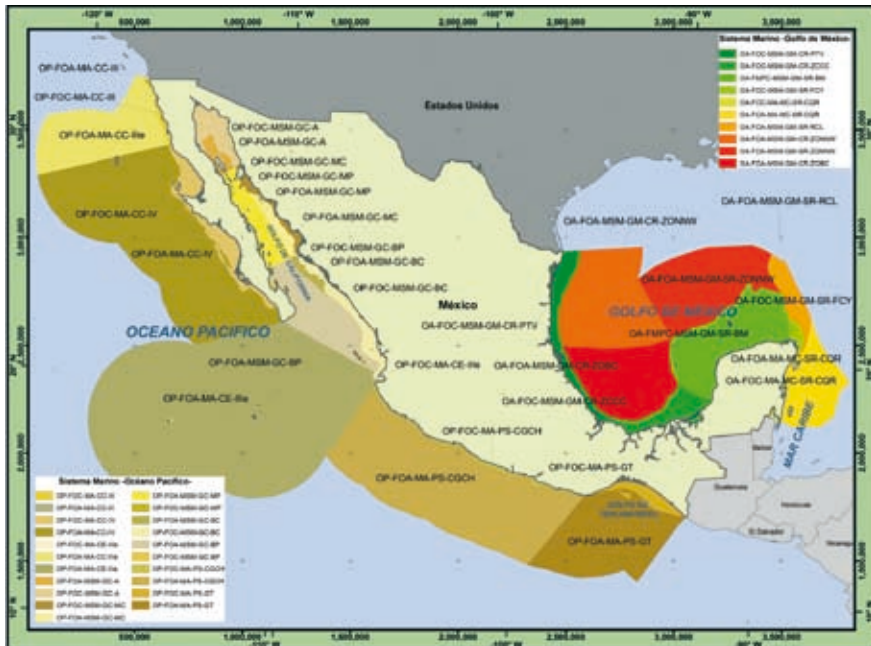


Figura 20. Estados costeros y regiones hidrológicas de México. Resultan 59 unidades que deberán considerarse para hacer operativo el ordenamiento ecológico marino

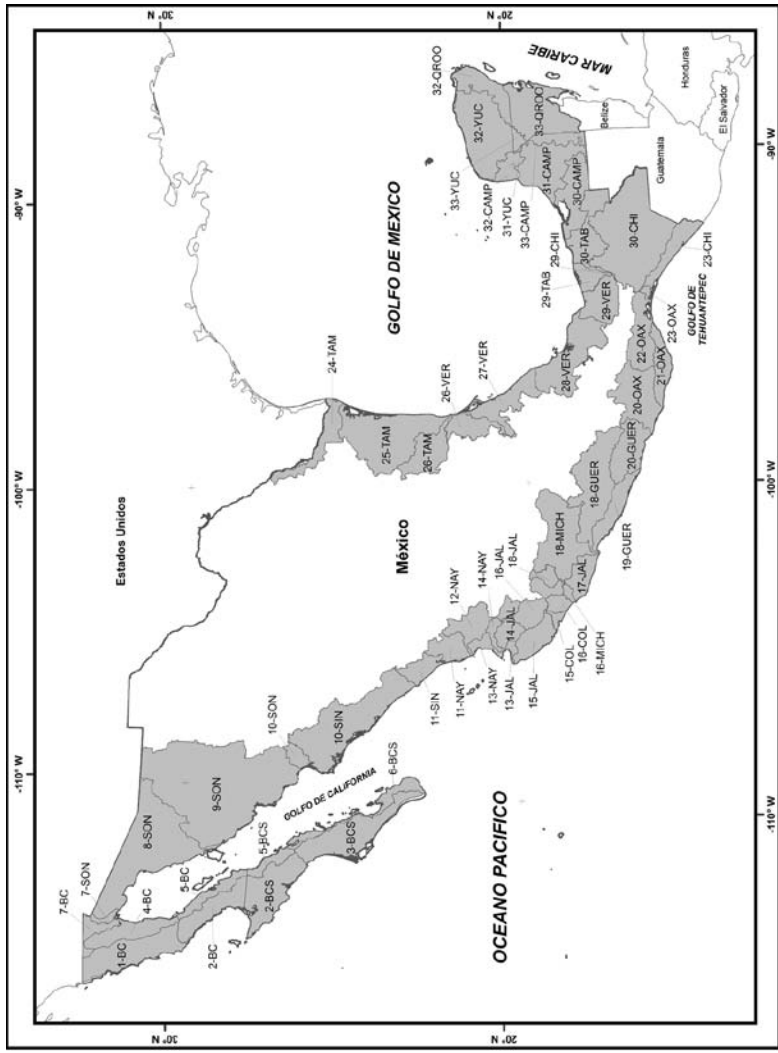


Figura 2.1. Propuesta de regionalización marina para México: franja de océano abierto; franja de océano costero, franja de planicies costeras y franja de tierras altas

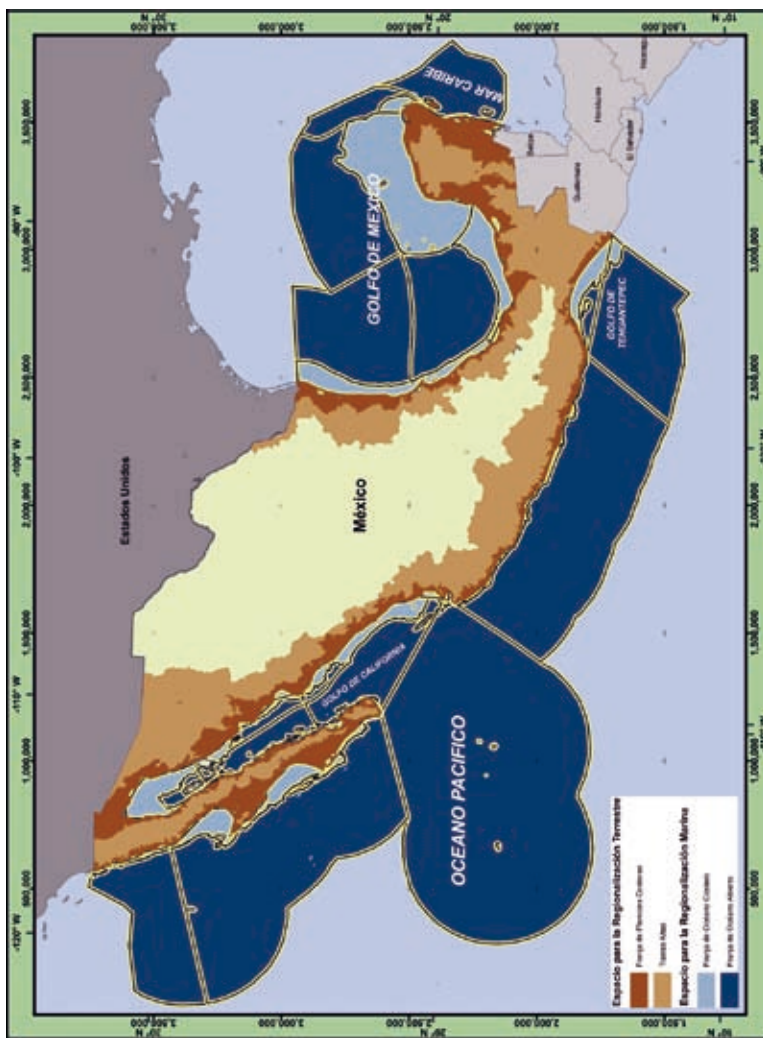


Figura 22. Unidades costeras para la regionalización de las costas mexicanas basada en las unidades reconocidas como de Aguas Marinas Interiores o AMI

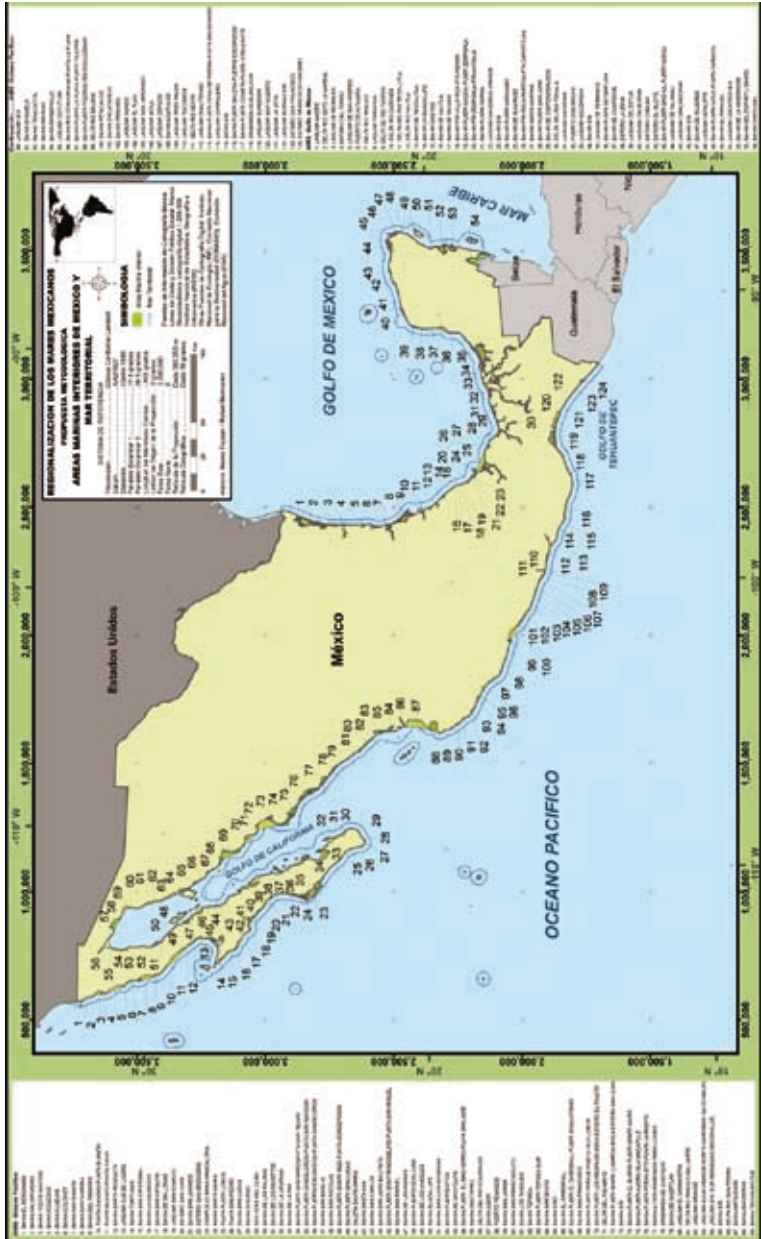


Figura 24. Continúa

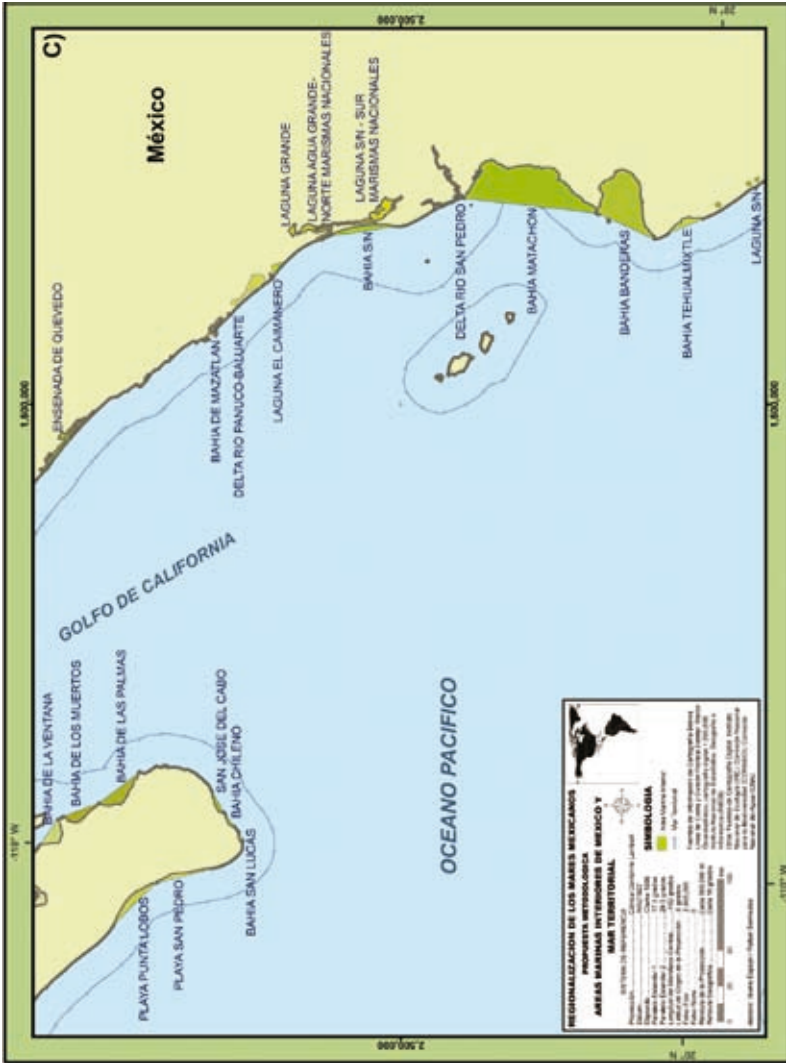


Figura 25. Mapas de las Aguas Marinas Interiores y el Mar Territorial del Pacífico sur de México (ver anexo 2 con el listado de unidades). La línea azul corresponde a la franja del Mar Territorial



Conclusiones generales y agenda de investigación

Fernando Rosete y Gilberto Enríquez

En este capítulo se presentan las conclusiones generales del evento que da origen al presente libro, así como uno de los principales consensos logrados durante el taller: la agenda de investigación para fortalecer el proceso de regionalización marina en México.

CONCLUSIONES GENERALES

Es necesario generar un esquema de regionalización jerárquico y anidado que integre el aspecto socioeconómico desde el nivel más amplio (oceánico), pero desarrollarlo hasta la escala más fina, recuperando al nivel conceptual la importancia de lo oceánico como espacio privilegiado.

A partir de la realidad ambiental actual y los retos que presenta la adaptación y mitigación del cambio climático global al nivel local, es necesario implementar el ordenamiento costero como un instrumento jurídico de planeación, ya que no existe claridad en cómo abordar una planeación integrada en las zonas costeras con los instrumentos existentes en la actualidad.

Para hacer frente a la carencia de información en algunos temas específicos y sobre varias regiones de los mares de México, es muy importante considerar la información generada por instituciones extranjeras, que ya tienen bases de datos

con información que puede ser de mucha utilidad para apoyar la regionalización marina a mayor detalle.

Para fortalecer los procesos de planeación en las zonas costeras y marinas es necesario realizar un análisis de tendencias proyectándolas al futuro, además de investigar sobre la resiliencia de ecosistemas marinos y poder vincular las proyecciones realizadas con la información generada sobre los procesos de resiliencia en diferentes ecosistemas, incluyendo los posibles efectos del cambio climático, con la finalidad de poder conocer los cambios posibles más probables en los ecosistemas generados por los impactos de las actividades que hasta ahora hemos realizado en los ambientes marinos y costeros.

Para poder tener una regionalización que refleje mejor los procesos biofísicos del medio marino, es necesario incorporar otras variables para complementar el modelo desarrollado para la temperatura superficial del mar, así como tratar de generar modelos que vayan a mayor profundidad y no sólo al nivel superficie.

Con la finalidad de mejorar el conocimiento de las actividades productivas que se desarrollan en las zonas costeras y marinas, es necesario incorporar en la parte socioeconómica otras actividades de importancia económica o social, que complementen la información de la actividad pesquera, así como incluir aquellos recursos que no tienen actualmente un valor en el mercado pero presentan potencial de utilización.

El desarrollo del esquema de regionalización jerárquica en sus categorías inferiores está supeditado a la existencia de información a mayor escala, por lo que es necesario generar más información con mayor detalle sobre la distribución de especies, inventarios de recursos de profundidad y caracterización de las comunidades bentónicas. Esa información también puede ser de utilidad para asignar valores de fragilidad a los diversos ecosistemas a esa escala de trabajo.

Considerar, en forma integrada, los procesos que se dan en tierra y tienen efectos en el mar (por ejemplo, la distribución de la pluma de descarga de los ríos), así como los procesos que se dan en el ambiente marino y tienen influencia sobre la tierra (por ejemplo, el transporte litoral) es de trascendental importancia en la elaboración de instrumentos de planeación en las zonas costeras.

Es necesario incorporar los resultados y aportes de las regionalizaciones elaboradas a partir de diferentes aspectos temáticos (biológico, social, económico),

para poder definir, mediante los índices de aptitud sectorial, los mejores usos del medio marino en los instrumentos de planeación existentes.

Agenda de investigación

Como parte fundamental de los resultados del taller, se elaboró una agenda de investigación con temas relacionados directamente con el ordenamiento ecológico marino (OEM), y en especial, sobre el tema de la regionalización marina.

De los resultados obtenidos en el taller de 2004, se identificaron grandes temas para integrar la agenda de investigación. Esos temas fueron propuestos por cada una de las mesas de trabajo, y durante el segundo taller se revisó en cada una de las mesas temáticas la lista de esos temas identificados y se propusieron nuevos para complementarla, como resultado del trabajo de análisis y la discusión realizada.

A continuación se presentan los temas propuestos para cada mesa, que son el resultado del enriquecimiento del planteamiento inicial elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) como resultado del trabajo colectivo en cada una de las mesas temáticas.

MESA OCEÁNICA

- Cruzar datos de imágenes dinámicas con datos de pesca, turismo, desarrollo portuario, salud; esto, con un SIG dinámico.
- Priorizar las variables según la cantidad de información que proporcionen (profundidad de la luz, oleaje, altitud, etc.).
- Vulnerabilidad antropogénica hacia la dinámica del océano. Incremento del nivel del mar.
- Entender cómo un ecosistema marino perturbado regresa a su estado original.
- Generar series de datos sobre el estado de salud de los ecosistemas costeros, orientado esto hacia el monitoreo y la evaluación, incorporando las variables que se consideren más adecuadas.

MESA COSTERA

- Crear un catálogo de capacidad de carga de la franja de aguas marinas interiores (AMI), así como de capacidad de limpieza y tiempo de residencia, para todo el país (como el estudio realizado en Bahía Tortugas).
- Proponer mecanismos de vinculación del ordenamiento ecológico terrestre con el ordenamiento marino a través de cuencas.
- Definir qué elementos deben considerarse para regionalizar a lo largo de la costa.
- Revisar cómo incorporar al proceso de regionalización las llanuras de inundación, ya que la ZOFEMAT no las refleja.
- Explorar la posibilidad de que el ordenamiento costero sea un instrumento de planeación territorial de competencia federal, identificando el sustento jurídico necesario.
- Realizar estudios hidrodinámicos a mesoescala en las AMI.
- Determinar ecotonos de los grandes ecosistemas marinos (GEM).
- Definir provincias biogeográficas.
- Desarrollar estudios de vulnerabilidad, considerando el cambio climático, y proponer escenarios a futuro.
- Estudiar la resiliencia de los ecosistemas oceánicos.

MESA DE ESPECIES

- Conjuntar y sistematizar la información no digitalizada existente sobre la distribución de especies.
- Generar más información sobre patrones de distribución de especies.
- Elaborar inventarios de recursos de profundidad. Se puede hacer algún convenio de colaboración con una institución de investigación extranjera que cuente con equipo sofisticado para hacer esos trabajos.
- Integrar la información de las bitácoras de pesca y generar bases de datos.
- Generar atlas de distribución de especies a partir de la información con la que ya se cuenta, considerando los datos de la FAO (mapas de especies, talla,

movilidad). Ubicar las especies por su dinámica (considerando su ciclo biológico) en relación con su valor para la conservación.

- Completar la carpeta de normas oficiales mexicanas por recursos.
- Actualizar sistemáticamente la Carta Nacional Pesquera.

MESA SOCIOECONÓMICA

- Crear un eje interdisciplinario, que abarque tanto ciencias duras como humanísticas, para trabajar la parte de regionalización socioeconómica, incorporando conceptos como el desarrollo regional, y que defina mejores metodologías para establecer la aptitud del territorio marino y costero.
- Identificar cuáles son las áreas de injerencia socioeconómica y cómo se relacionan con los temas de las otras mesas y éstos entre sí, y cómo actuará el ordenamiento ecológico en la articulación de los temas.
- Incluir temas de investigación poco desarrollados, como la etnología.

Participantes en el taller

Dr. Porfirio Álvarez Torres. Proyecto Gran Ecosistema Marino del Golfo de México, ONUDI. Tel. 044-55-4140-6296. Correo-e: alvarez.porfirio@gmail.com

M. en C. Rafael Bermúdez. Facultad de Ciencias Naturales, UABC. Tel. (646) 174-7431. Correo-e: rbermudez@uabc.mx

Dra. Ana Córdova. El Colegio de la Frontera Norte. Tel. (656) 616-7490. Correo-e: acordova@colef.mx

M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN. Tel. (612) 122-5366. Correo-e: gaguero@ipn.mx

Dr. Antonio Díaz de León. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tel. 5628- 0749. Correo-e: adiazdeleon@semarnat.gob.mx

M. en C. Gilberto Enríquez. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. Tel. 5424-6400, ext. 13106- Correo-e: enrigil@ine.gob.mx

Dra. Anamaría Escofet Giansone. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tel. (646) 175-0500 ext. 24246. Correo-e: aescofet@cicese.mx

Dra. Ileana Espejel Carvajal. Universidad Autónoma de Baja California. Tel. (646) 174-4560. Correo-e: ileana@uabc.mx

Dr. Artemio Gallegos García. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Tel. 5622-5792. Correo-e: gallegos@icmyl.unam.mx

Dr. Carlos García Saez. Programas de Conservación, Manejo y Capacidades, CO-NANP. Tel. 5449-7006. Correo-e: cgarcia@conanp.gob.mx

M. en C. Benigno Hernández. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. Tel. (646) 175-0500 ext. 22100. Correo-e: bhernan@ine.gob.mx

Ing. Ecol. Orlando Iglesias Barrón. ORIBA, Soluciones Ecológicas. Tel. (967) 110-7390. Correo-e: orlando@oriba.com.mx

Ocean. Raymundo Lecuanda. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Tel. 5622-5792. Correo-e: gallegos@icmyl.unam.mx

Lic. César López Ferreira. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN. Tel. (612) 122-5366. Correo-e: kumutu@yahoo.com

M. en C. Adriana Mateos Jasso. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Tel. 5622-4048. Correo-e: jzavala@atmosfera.unam.mx

Dr. Mauricio Ramírez Rodríguez. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN. Tel. (612) 122-5366. Correo-e: mramirr@ipn.mx

M. en C. Ranulfo Rodríguez Sobreya. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Tel. 5622-5792. Correo-e: gallegos@icmyl.unam.mx

Dr. Fernando Rosete. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. Tel. 5424-6426. Correo-e: frosete@ine.gob.mx

Dr. Jorge Zavala Hidalgo. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Tel. 5622-4048. Correo-e: jzavala@atmosfera.unam.mx

M. en C. Olmo Zavala Romero. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Tel. 5622-4048. Correo-e: jzavala@atmosfera.unam.mx