

USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESQUERÍAS: LA PESCA EN YUCATÁN, AL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Use of geographic information systems in fisheries: the fishery in Yucatan, Southern Gulf of Mexico

G Mexicano-Cíntora ✉, MA Liceaga-Correa, S Salas

(GMC)(MAL)(SS) Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida. Departamento de Recursos del Mar. Kilómetro 6, Antigua Carretera a Progreso, Apdo. postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.
lupemex@mda.cinvestav.mx

Artículo recibido: 24 de abril de 2008, **aceptado:** 23 de febrero de 2009

RESUMEN. Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para mostrar un panorama general de la pesca en el Estado de Yucatán, en un contexto espacio-temporal, a fin de identificar los principales componentes del sistema pesquero y las condiciones de la actividad en Yucatán. En esta región, la actividad pesquera tiene una importante contribución social y económica, dado que miles de pescadores y sus familias dependen de ella. El SIG permitió generar mapas que muestran gráficamente la composición por especies, las zonas de operación de la flota, la distribución de la infraestructura y la población pesquera, discriminados por puertos. Estos mapas fueron asociados con sus metadatos, lo que permitió describir el origen de los datos espaciales, y facilitó la clasificación de la información generada. Los resultados mostraron que en ocho puertos se concentraron las mayores capturas, integradas principalmente por pulpo, mero, rubia y langosta. En el 37.5 % de los puertos analizados se observó una concentración de los centros de recepción, congeladoras y fábricas de hielo y la distribución de la población pesquera resultó heterogénea en la zona. Además, la producción pesquera mostró un descenso de los principales recursos, que fueron mero y pulpo. El empleo del SIG permitió manejar bases heterogéneas de datos, optimizar el almacenamiento para generar información dinámica, así como organizar de manera sencilla y práctica la información generada. El análisis de la pesquería por medio de los SIGs facilitarán la comunicación entre investigadores, administradores, pescadores y otros usuarios de los recursos, al dar acceso a la información integrada de los mismos y brindar herramientas para la toma de decisiones.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, pesca, metadatos, Interdisciplina, Yucatán.

ABSTRACT. A Geographic Information System (GIS) was used to obtain a general profile of the fisheries in the state of Yucatan in a spatial-temporal context, in order to identify the main components of the fisheries system and the conditions under which fishing activities take place in the region. Fishing represents an important social and economic contribution in this region as thousands of fishermen and their families depend on it. The GIS generated maps that indicate the composition of species, the areas where the fleet operates, and the distribution of the fishery infrastructure and fishery population organised by port. The maps were associated with their metadata, which helped to describe the source of the spatial data and facilitated the classification of the generated information. Results show that the major catches were concentrated in eight fishing ports, and consisted mainly of octopus, grouper, snapper and lobster. A concentration of reception centers, freezers and ice plants was observed in 37.5 % of the analysed ports. The distribution of the population of fishermen was heterogeneous throughout the area. The fishery production presented a decrease in the main resources, in this case grouper and octopus. The use of GIS made it possible to use heterogeneous data bases, to optimise data storage in order to generate dynamic information, and to easily and practically organise the generated information. Analyses of fisheries using GISs will facilitate communication among researchers, managers, fishermen and other resource users by providing access to the integrated knowledge and tools for decision making.

Key words: Geographic Information Systems, fishery, metadata, interdiscipline, Yucatan.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) son utilizados en múltiples actividades técnico-científicas, de planeación y ordenamiento de recursos naturales para obtener una visión más completa e integrada en la evaluación de problemas complejos (Meaden & Kapetsky 1992; Dale et al. 1998; Taconet & Bensch 1998; Randall 2004). Estas herramientas han permitido resolver preguntas sobre conectividad y restauración de hábitats, distribución y patrones migratorios de especies, análisis de pesquerías recreacionales y comerciales, evaluación de impactos y efectividad de áreas protegidas, entre otros problemas asociados con diferentes ecosistemas (Isaac & Hubert 1997; Pierce et al. 2002; Cerdeira-Estrada et al. 2008).

En términos de manejo y planeación ha resultado difícil transmitir resultados de evaluaciones de manera efectiva a personas que no han participado directamente en los análisis. De esta forma, los mapas, producto de los SIGs, pueden ser usados como interfaces de comunicación entre investigadores, administradores y usuarios de los recursos (Supaporn et al. 2003). Estos materiales pueden servir como elementos de negociación, al permitir transformar planteamientos tradicionales y unidimensionales en una nueva dimensión espacial, que de otra forma podrían ser ignorados.

Además de las ventajas que ofrece la generación de múltiples mapas con el SIG, el valor de esta herramienta se ha complementado con la integración de sus metadatos, que es información asociada con los mismos. Los metadatos describen la fuente de los datos, permiten dar seguimiento a los cambios que se lleguen a presentar y facilitan la clasificación y localización de la información. De esta forma, los metadatos detallan el contenido, calidad, condición, proceso y estructura de la información además de agregar valor a los datos y longevidad a la información generada (Michener 2006).

La generación de mapas complementarios y superpuestos han mejorado la capacidad de análisis de pesquerías al plantear soluciones simultáneas a problemas de componentes espaciales, como lo indican Close & Hall (2006), quienes integraron infor-

mación cualitativa y cuantitativa en SIGs, y obtuvieron información para manejo pesquero. Igualmente, Bello et al. (2005) y Ríos et al. (2007) incorporaron información pesquera, biológica y espacial del hábitat de la langosta, para evaluar su densidad y biomasa poblacional. En este sentido, el uso de los SIGs, ha permitido producir información útil y oportuna para la administración de pesquerías.

Los recursos pesqueros han manifestado cambios en sus poblaciones debido a diferentes factores, entre ellos las presiones antropogénicas, que se han incrementado en forma acelerada (Spalding & Kramer 2004, Aguilar-Ibarra et al. 2006).

Esto ha generado cambios en las tendencias de captura, población pesquera, infraestructura, zonas de pesca, movimientos, migraciones, redes de transporte y mercados, lo cual ha afectado directamente a la actividad pesquera (Pierce et al. 2002; Battista & Monaco 2004; Hutchings & Reynolds 2004; Ehrhardt 2005). Todo esto demanda la búsqueda de técnicas de evaluación integral, considerando aspectos espaciales.

En particular, para el Estado de Yucatán, la pesca ha representado una actividad costera de gran importancia económica y social. Por ejemplo en 2007, los volúmenes de captura de 29 mil toneladas contribuyeron con 726 millones de pesos, equivalentes a 66.44 millones de dólares americanos (Anónimo 2008). A pesar de los elevados ingresos, la actividad pesquera en Yucatán enfrenta problemas de sobreexplotación de varios recursos (Burgos & Defeo 2004; Giménez-Hurtado et al. 2005), así como la tendencia a la reducción de las capturas de otros más. Esta tendencia y la sobreexplotación se han asociado con la presión de pesca, deterioro de hábitat, contaminación de la zona costera y el impacto de eventos meteorológicos como huracanes y marea roja (Herrera-Silveira et al. 2004; Salas et al. 2006; Tapia et al. 2008).

Aunado a ello, la demanda de productos pesqueros a nivel internacional, al igual que en otros países en Latinoamérica (Salas et al. 2007) ha estimulado el ingreso de más barcos, pescadores y capital a la actividad pesquera, lo cual ha generado inversiones en infraestructura (Alcantar datos no publicados) y a largo plazo puede provocar problemas

de sobrecapitalización, exceso de mano de obra y sobrepesca, lo que hace más complejos los problemas de manejo y planeación en el ámbito pesquero. Ante este panorama, la elaboración de un diagnóstico de la pesca en Yucatán es imprescindible en la búsqueda de alternativas de solución a estos problemas.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue mostrar un panorama general de la pesca en el Estado de Yucatán, dentro de su variación espacio-temporal, que permita identificar los principales componentes del sistema pesquero y las condiciones de la actividad en la región. Así mismo, las ventajas y limitaciones del uso de las herramientas del SIG se discutieron en el marco de sus implicaciones en planeación y manejo pesquero. Esta evaluación se enmarcó dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) (Anónimo 2007). Se espera que la información vertida en los mapas y el diagnóstico aquí presentados, sirvan como línea base para futuras investigaciones y en el manejo de los recursos pesqueros, dentro de un marco de desarrollo sustentable de la zona costera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona costera del Estado de Yucatán colinda al norte con el Golfo de México e integra a 16 comunidades pesqueras, de las cuales, ocho de ellas se ubican como principales puertos de descarga de capturas y concentración de los productos pesqueros. Estos puertos son: 1) Celestún, 2) Sisal, 3) Progreso, 4) Telchac Puerto, 5) Dzilam de Bravo, 6) San Felipe, 7) Río Lagartos y 8) El Cuyo (Tabla 1).

Fuentes de información

Los datos utilizados para la elaboración de los mapas generados proceden principalmente del Departamento de Pesca de la Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en Yucatán. La información incluyó: datos de captura (toneladas) y valor comercial (pesos mexicanos y la tasa de cambio correspondiente en dólares) (Anónimo 2005a), infraestructura y

Tabla 1. Localización geográfica de los principales puertos pesqueros del Estado de Yucatán. Coordenadas en grados, minutos y segundos (E = Este y N = Norte).

Table 1. Geographical location of the major fishing ports in the state of Yucatan. Coordinates in degrees, minutes and seconds (E = East, N = North).

Puertos	Longitud (E)	Latitud (N)
Celestún	90° 24' 00".00	20° 51' 33".12
Sisal	90° 01' 50".16	21° 09' 55".08
Progreso	89° 39' 47".88	21° 17' 03".84
Telchac Puerto	89° 15' 47".16	21° 20' 26".16
Dzilam de Bravo	88° 53' 29".04	21° 23' 33".00
San Felipe	88° 13' 51".96	21° 34' 01".92
Río Lagartos	88° 09' 28".08	21° 35' 51".00
El Cuyo	87° 40' 45".84	21° 30' 45".00

población pesquera (Anónimo 2003) y el número de embarcaciones (Anónimo 2004). Esta información fue agrupada en los ocho puertos referidos anteriormente. Los datos de captura fueron analizados en dos etapas. La primera se basó en el análisis de datos del año 2004 para determinar la composición por especie y su valor comercial en cada uno de los puertos. La segunda etapa involucró el análisis temporal de las tendencias de la captura por puerto en 12 años (Figura 1). Con este último grupo de datos se identificaron dos períodos, el primero desde 1994 hasta 1999, en donde la captura se mantuvo alrededor de las 40 mil t en promedio y el segundo a partir del año 2000, en el cual la captura declinó hasta las 20 mil t en el 2005, con un promedio de 30 mil t en ese período. De esta forma, el cambio en las tendencias de las capturas se analizó contrastando los períodos 1994 - 1999 con el 2000 - 2005. Este contraste se efectuó por puerto y por recurso. El promedio y el porcentaje de cambio correspondiente se determinó con especial énfasis en pulpo (*Octopus maya* y *O. vulgaris*), mero (*Epinephelus morio*), langosta (*Panulirus argus*) y rubia (*Lutjanus synagris* y *Ocyurus chrysurus*), ya que estas seis especies representaron el 78 % de la captura total estatal (Anónimo 2008). Para el año 2002, se contó con el registro del número de pescadores por puerto (16 196) e instalaciones pesqueras (centros de recepción, congeladoras y fábricas de hielo) y para el 2003 con las embarcaciones registradas que incluyen flota industrial, flota artesanal y alijos (embarcaciones pequeñas de tres metros que son llevadas en embarcaciones más gran-

des, lo que permite expandir el esfuerzo de pesca). Esta fue la información disponible más actualizada. De 1999 a la fecha, dada la actual regulación, no se han reportado cambios significativos en estas variables (Gavaldón 2004; Mexicano-Cíntora et al. 2007).

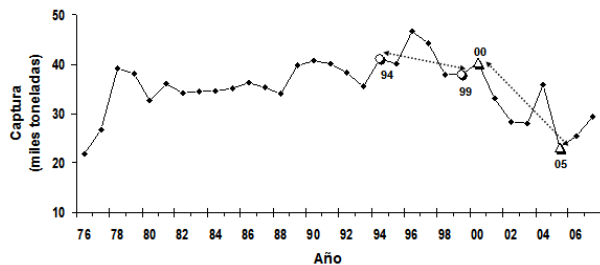


Figura 1. Tendencia histórica de las captura anual (toneladas) en el Estado de Yucatán de 1976 a 2007 (Anónimo 2008). Se indican los periodos incluidos para el análisis (1994-1999 y 2000-2005).
Figure 1. Historical trend of annual catch (tonnes) in the state of Yucatan from 1976 to 2007 (Anonymous 2008). Periods included in the analysis are indicated (1994-1999 and 2000-2005).

Análisis de la información

La base de datos se sistematizó usando el programa Excel de Microsoft Office XP (2003). Para las variables de estudio se diseñaron gráficos con el programa Arc View (9.0), en el mapa topográfico (carta base) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con escalas 1:500 000 y 1:1 000 000. El sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) se utilizó con el datum WGS84 (World Geodetic System 1984). La selección de colores para los gráficos permitió diferenciar y caracterizar a las variables en la zona de estudio.

Para detallar el mapa de la producción y el valor de los principales recursos pesqueros por puerto, los registros de cada puerto se ubicaron dentro de categorías para los diferentes recursos descargados en la zona. Esta información fue integrada en gráficos circulares de diferentes tamaños (según la categoría), con dos anillos que incluyen la captura (anillo interno) y el valor (anillo externo). En cada gráfico circular se identificaron independientemente los cinco principales recursos por un color, con las

proporciones correspondientes para cada puerto.

El volumen de la captura estatal presentó un intervalo de 870 a 17 170 t, el cual se dividió arbitrariamente en cuatro categorías a fin de ser integradas en los mapas: a) mayor que 1 000 t, b) 1 000 - 1 999 t, c) 2 000 - 5 000 t y d) mayor que 5 000 t. El valor de la captura presentó un intervalo de 28 a 355 millones de pesos (mp) (2.48 - 31.45 millones USD) y de la misma forma, la variable se dividió en cuatro categorías: a) mayor que 30 mp (mayor que 2.66 millones USD), b) 30 - 49 mp, (2.66 - 4.34 millones USD), c) 50 - 100 mp (4.43 - 8.86 millones USD) y d) mayor a 100 mp (mayor que 8.86 millones USD).

Para observar la variación de la captura por puerto de los principales recursos en los periodos 1994 - 1999 y 2000 - 2005, se estimó el porcentaje de cambio con los volúmenes de captura de los puertos y los recursos (mero, pulpo, langosta y rubia) y se compararon los dos periodos analizados. Para cada puerto se diseñó un gráfico circular con dos anillos; el anillo externo representa el cambio en las capturas del puerto y el anillo interior representa los recursos (una sección para cada recurso). Los valores porcentuales de cambio se agruparon en tres categorías: a) con incremento, b) con decremento y c) sin cambio. Las dos primeras categorías fueron definidas de acuerdo a tres niveles: alto, medio y bajo.

Estos tres niveles (bajo, medio y alto) se definieron para contextualizar las condiciones en que se encontró cada uno de los puertos en términos de población pesquera, infraestructura, captura y valor de la captura. Así mismo, el índice de capacidad pesquera estimado se calculó usando las variables referidas de forma estandarizada. Los valores generados para este índice se definieron entre cero y uno, en donde uno fue el indicador de mayor capacidad. Las estimaciones del índice para cada uno de los puertos incluyeron nueve variables y se obtuvieron en términos de proporción como se indica en las ecuaciones 1 y 2. En este caso, la fórmula solamente indica la sumatoria de tres variables por puerto para abreviar (centros de recepción, congelados, fabricas de hielo). Otras variables consideradas incluyeron: flota industrial por puerto, flota artesanal por puerto,

alijos por puerto, número de pescadores por puerto, captura por puerto (t), valor de la captura por puerto (millones de pesos).

$$ICP_1 = \frac{\frac{CRp_1}{n} + \frac{CONp_1}{n} + \dots + \frac{FHp_1}{n}}{\sum_i CRp_i + \sum_i CONp_i + \sum_i FHp_i} \quad (1)$$

$$ICP_2 = \frac{\frac{CRp_2}{n} + \frac{CONp_2}{n} + \dots + \frac{FHp_2}{n}}{\sum_i CRp_i + \sum_i CONp_i + \sum_i FHp_i} \quad (2)$$

donde: ICP_i = Índice de capacidad pesquera expresada en proporción para cada puerto, i = puerto, N = número de variables estandarizadas (9), CRp_i = centros de recepción por puerto, $CONp_i$ = congeladoras por puerto, FHp_i = fabricas de hielo por puerto.

El índice estimado se usó como un indicador de la disposición técnica y humana que presentó la pesca en cada uno de los puertos. La estimación de este índice, partió de la premisa de que la capacidad de pesca puede medirse desde el punto de vista tecnológico (tonelaje bruto de la embarcación, la potencia de los motores y el número de embarcaciones) y/o económico (producción desglosada por especies, valor de la producción), lo que permite evaluar las condiciones pesqueras en un momento dado (Pascoe *et al.* 2007).

A fin de mostrar las zonas de operación de las diferentes flotas que inciden sobre los recursos, mero, pulpo y langosta, se ubicaron sus áreas de pesca con base a información registrada por varios autores: mero (Giménez-Hurtado *et al.* 2005), pulpo (Hernández *et al.* 2001) y langosta (Salas *et al.* 2005). Estas zonas se digitalizaron, se agregaron como una cobertura más y se anexaron al mapa batimétrico reportado para el área del Banco de Campeche (Licéaga & Hernández 2006), a una escala de 1:1 000 000. En las zonas de pesca ha intervenido una flota industrial y una flota artesanal, ambas mexicanas. En el caso del mero se tiene autorizada una cuota de captura a la flota industrial de Cuba.

Para la elaboración de los metadatos se siguieron los siguientes pasos: a) recopilación de información, b) creación de bases de datos y mapas, c) selección y aplicación de un estándar, d) generación de metadatos y e) revisión, validación y publicación de los metadatos. El estándar seleccionado fue el "Federal Geographic Data Committee" (FGDC), específico para datos geográficos y que ofrece una base sólida en contenido y estilo. Este paquete esta organizado en módulos para la adecuada clasificación de los datos y esta en congruencia con los lineamientos del INEGI.

El estándar se desarrolló con el programa Metalite V.1.7.5. De esta forma, las coberturas o mapas generados en formato ArcView (.shp) tuvieron asociado un archivo de metadato (.mdb), lo que permite a los usuarios saber como fueron obtenidos y procesados los productos cartográficos. El estándar de metadatos presentó información agrupada en siete módulos: 1) Identificación, con información básica (título, área geográfica, descripción de los datos, temporalidad, normas para obtener y utilizar los datos, contacto, temas, actualización, restricciones, palabras clave), 2) calidad de los datos, que considera la evaluación general de la calidad, métodos y tiempos de captura o creación, 3) organización espacial de los datos, involucra los mecanismos usados para representar espacialmente el conjunto de datos (vector o raster, número de puntos, líneas o polígonos), 4) referencia espacial, que provee los medios para codificar los datos (proyección, parámetros de proyección, datum, resolución del sistema de coordenadas), 5) entidades y atributos, indica el tipo de objetos geográficos y sus atributos, 6) distribución, que incluye información de cómo obtener los datos (distribuidor, formato, disponibilidad, ubicación, accesibilidad, costo) y 7) referencia del metadato, con la actualidad de la información y persona responsable del mismo.

El programa Metalite solamente cubre un conjunto mínimo de elementos del estándar FGDC (módulos 1, 3, 6 y 7), y en este caso, los módulos faltantes (2, 4 y 5) se desarrollaron en forma independiente y se insertaron como información suplementaria en una sección del módulo 1.

Tabla 2. Principales recursos pesqueros del Estado de Yucatán. (sp = incluye varias especies).

Table 2. Major fishery resources of the state of Yucatan (sp = includes several species).

Nombres comunes	Nombres científicos
Bonito	<i>Euthynnus alletteratus</i> , <i>Sarda sarda</i>
Carito	<i>Scomberomorus cavalla</i>
Cazón	<i>Rhizoprionodon terraenovae</i> , <i>Mustelus canis</i> , <i>Carcharhinus sp.</i>
Corvina	<i>Cynoscion sp.</i>
Chac-Chi	<i>Haemulon plumieri</i>
Huachinango	<i>Lutjanus campechanus</i> , <i>L. bucanella</i> , <i>L. vivanus</i>
Langosta	<i>Panulirus argus</i>
Mero	<i>Epinephelus morio</i>
Pulpo	<i>Octopus maya</i> , <i>O. vulgaris</i>
Rubia	<i>Lutjanus synagris</i> , <i>Ocyurus chrysurus</i>
Sardina	<i>Harengula sp.</i> , <i>Opisthonema oglinum</i>
Tiburón	<i>Carcharhinus sp.</i> , <i>Sphyrna tiburo</i>

RESULTADOS

Producción y valor de los principales recursos pesqueros por puerto

La composición de las capturas mostró que en 2004, los volúmenes descargados en la región estuvieron constituidos por múltiples especies, sin embargo cerca del 80 % de éstas lo integraron doce recursos (Tabla 2). En general, Progreso captó más del 50 % de la producción estatal, le siguieron Celestún (14 %) y Dzilam Bravo (11 %). El pulpo y el mero fueron descargados en todos los puertos, no obstante los volúmenes de pulpo superaron a los del mero en todos los casos, con promedios de 52 y 13 % respectivamente). Este recurso generó los mayores ingresos económicos en todos los puertos, con valores promedio de 58 %, seguido del mero, langosta y rubia. Algunas especies adicionales fueron registradas en las capturas por la flota artesanal e industrial, la cuales fueron definidas en este estudio como "otras especies" (Figura 2). Si bien estas especies no contribuyen con volúmenes mayores al 4 % del total, representaron un complemento a los ingresos generados por la pesca.

Variación de la captura por puerto y principales recursos

Los registros históricos de captura pesquera

en la región señalaron que las capturas oscilaron en un promedio de 35 mil toneladas en los años ochentas y principios de los noventa, (Figura 1). Entre los periodos 1994 - 1999 y 2000 - 2005, la captura registró una caída de las descargas del primer período al segundo, con reducciones de hasta el 39 % (Figura 3). Los decrementos máximos se observaron en: Celestún, Río Lagartos, Dzilam Bravo, Progreso y San Felipe (con cambios entre el 20 y 39 %) y con menores fluctuaciones en Sisal y el Cuyo (entre el 9 y 16 %). La excepción fue Telchac, que se mantuvo sin cambio en los registros de capturas (Figura 3).

Cuando se evaluaron las tendencias en las capturas por tipo de recurso, al contrastar los dos periodos (polígonos internos), se observó la reducción más drástica en el caso del mero (cerca del 50 %) en Dzilam Bravo y Río Lagartos. En contraste, el menor decremento se detectó en Celestún y Progreso (menos del 20 %). El resto de los puertos manifestaron un decremento entre 20 y 39 %. En ningún caso se presentó una tendencia creciente en las capturas de este recurso. En el caso del pulpo, se observó un decremento de entre el 20 y 29 % en Celestún, Sisal y Dzilam Bravo, así como una ligera disminución en Progreso y el Cuyo (1-10 %). En Telchac, San Felipe y Río Lagartos se presentó un incremento en las capturas del molusco entre 1 y 10 %.

Los volúmenes de captura de langosta en Sisal decrecieron cerca del 80 % entre el primero y segundo período, mientras que en Celestún y Progreso se presentaron incrementos del 100 %. En San Felipe y Río Lagartos hubo un ligero incremento en las descargas del crustáceo.

La rubia presentó reducción en sus capturas en Telchac, entre 20 y 30 %, mientras en Dzilam Bravo se detectó un decremento entre 1 y 10 %. Incrementos superiores al 100 % se observaron en la zona oriente, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo.

Población dedicada a la pesca e infraestructura pesquera

La población pesquera registrada en el 2002 para el Estado de Yucatán fue de 16 196 individuos (no incluyó empleos indirectos). Progreso fue el puerto con el mayor porcentaje de la población

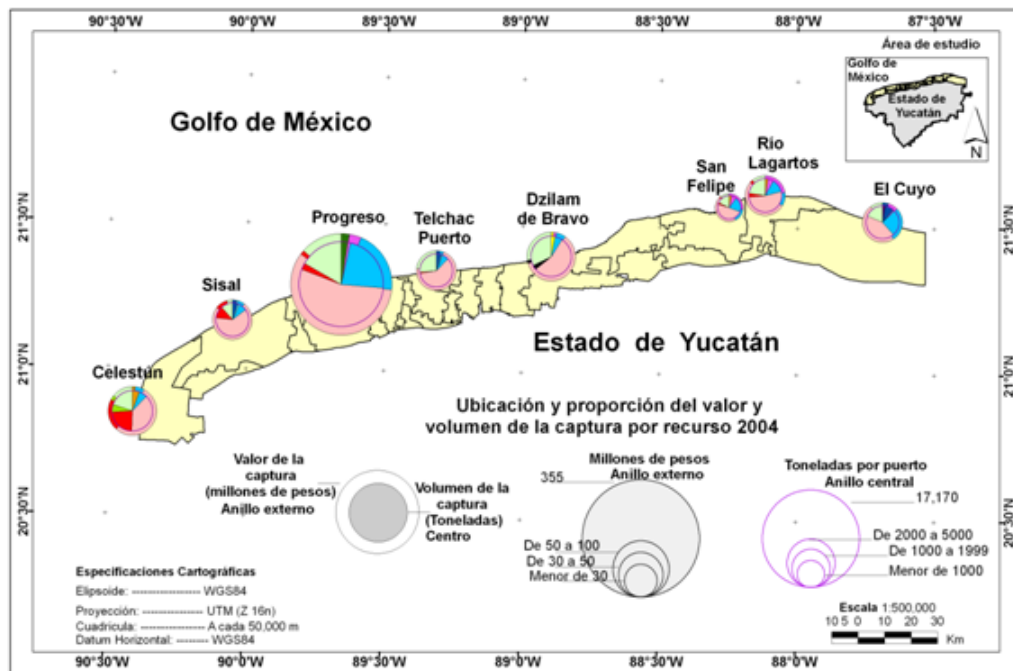


Figura 2. Captura y valor de los principales recursos pesqueros del Estado de Yucatán. En cada puerto se exponen la proporción de los cinco principales recursos en volumen de captura (anillo interno) y valor de la misma (anillo externo). El tamaño del círculo representa una escala de valor. 1) bonito (*Euthynnus alleteratus*, *Sarda sarda*), 2) carito (*Scomberomorus cavalla*), 3) cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*, *Mustelus canis*, *Carcharhinus* sp.), 4) corvina (*Cynoscion* sp.), 5) chac-chi (*Haemulon plumieri*), 6) huachinango (*Lutjanus campechanus*, *L. bucanella*, *L. vivanus*), 7) langosta (*Panulirus argus*), 8) mero (*Epinephelus morio*), 9) pulpo (*Octopus maya*, *O. vulgaris*), 10) rubia (*Lutjanus synagris*, *Ocyurus chrysurus*), 11) sardina (*Harengula* sp., *Opisthonema oglinum*), 12) tiburón (*Carcharhinus* sp., *Sphyrna tiburo*), 13) otras especies.

Figure 2. Catch and value of the main fishery resources in the state of Yucatán. The proportions of the five major resources are presented for each port as catch volume (inner ring) and value (outer ring). The size of the circle represents a value scale. 1) little tunny (*Euthynnus alleteratus*, *Sarda sarda*), 2) king mackerel (*Scomberomorus cavalla*), 3) Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terraenovae*, *Mustelus canis*, *Carcharhinus* sp.), 4) seatrout (*Cynoscion* sp.), 5) white grunt (*Haemulon plumieri*), 6) red snapper (*Lutjanus campechanus*, *L. bucanella*, *L. vivanus*), 7) spiny lobster (*Panulirus argus*), 8) red grouper (*Epinephelus morio*), 9) octopus (*Octopus Maya*, *O. vulgaris*), 10) snapper (*Lutjanus synagris*, *Ocyurus chrysurus*), 11) herring (*Harengula* sp., *Opisthonema oglinum*), 12) shark (*Carcharhinus* sp., *Sphyrna tiburo*), 13) other species.

ocupada en la pesca, con más de cinco mil pescadores (35%), Dzilam Bravo y Celestún presentaron un nivel medio con valores promedio entre 2 000 y 2 500 (15 y 14% respectivamente) y el resto de los puertos variaron entre 500 y 1 500 (Tabla 3). En Progreso también se concentró el mayor número instalaciones pesqueras. Este puerto agrupó el 40% de los centros de recepción, el 71% de las congeladoras y el 36% de las fábricas de hielo en el período analizado. Celestún siguió con un nivel medio del 17% de los centros de recepción, el 10% de las congeladoras y el 7% de las fábricas de hielo y Dzilam Bravo con el 14% de los centros de recepción, el 10% de las congeladoras y el 7% de las fabricas

de hielo. El resto de los puertos se ubicaron en un nivel bajo de infraestructura (Tabla 3).

La flota que se utilizó para la captura en Yucatán en el 2003 señala que Progreso concentró al 85% de las 534 unidades de la flota mayor o industrial (Tabla 4), el resto de las embarcaciones se ubicaron en Celestún, Telchac y Dzilam Bravo con valores entre 20 y 40 unidades. En Río Lagartos se registraron solamente dos embarcaciones mayores, y en el resto de los puertos solo existe flota artesanal. Esta última flota (4 593) presentó una distribución más homogénea y el máximo nivel con un intervalo de 900 a 1 200 unidades se presentó en Progreso (25% de la flota), seguido por Celestún (20%).

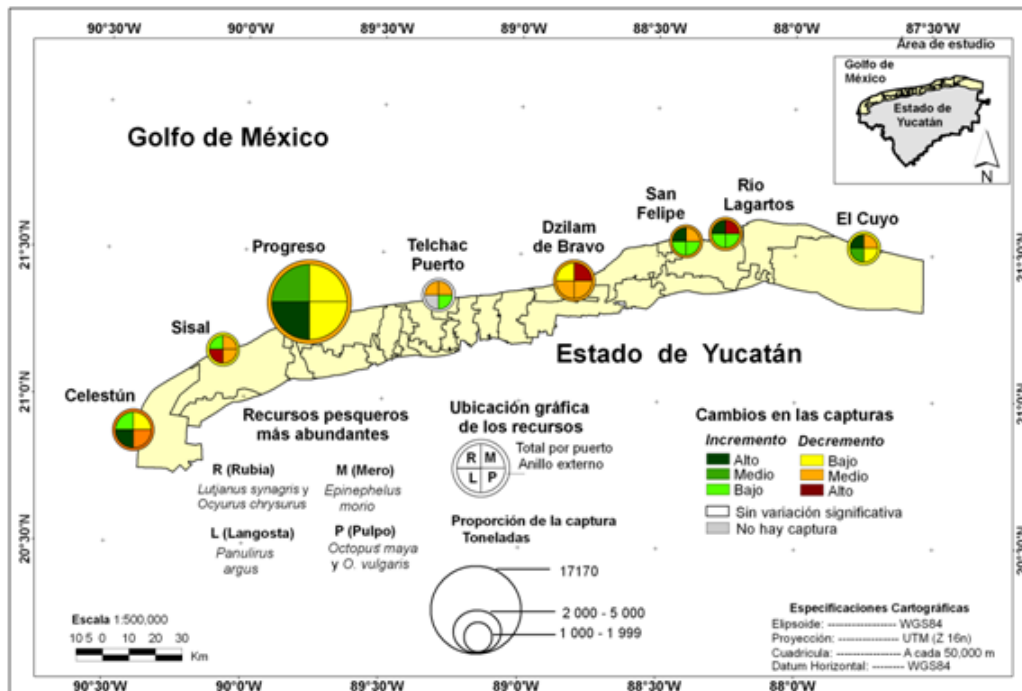


Figura 3. Cambios porcentuales de captura para los principales puertos y recursos en los periodos 1994-1999 y 2000-2005. El anillo externo del gráfico señala los cambios de la captura total por puerto y las divisiones internas corresponden a los recursos (R = rubia, M = mero, P = pulpo y L = langosta). Las tonalidades en verde representan los incrementos (alto, medio y bajo) y los colores amarillo, naranja y rojo los decrementos (bajo, medio y alto). El color claro indica que no hay cambios y el gris que no hay captura de ese recurso. Los gráficos presentan tamaños de acuerdo a la proporción de la captura por puerto (toneladas).

Figure 3. Changes in catch in terms of percentage for the main ports and resources for the periods 1994-1999 and 2000-2005. The outer ring of the graph indicates the changes of the total catch by port, and the internal divisions correspond to the resources (R = snapper, M = red grouper, P = octopus and L = lobster). The green shades represent increases (high, medium and low) and the colours yellow, orange and red represent decreases (low, medium and high). The light colour indicates there is no change and the gray indicates that the resource was not caught. The size of the graphs represents the proportion of catch per port (tonnes).

Con un nivel medio se reportaron Sisal, Dzilam Bravo y Río Lagartos (400-699 unidades). En el resto de los puertos, la flota presentó menos embarcaciones (200-399). De igual forma, los alijos se concentraron principalmente en Progreso (4 180), Celestún, Sisal y Dzilam Bravo (750-1200) y los otros puertos tuvieron un menor número de estas embarcaciones (250-749).

En cuanto al índice de capacidad pesquera, el valor máximo estimado correspondió al puerto de Progreso, con valor de uno. Esta localidad contó con la mayor capacidad instalada para el desarrollo de la pesca y presentó los niveles más altos de todas las variables (Tabla 4). Dzilam de Bravo y Celestún se ubicaron también con un nivel alto, pero representaron solamente un tercio de la capacidad

de Progreso. En un nivel menor se situaron Río Lagartos, Telchac y Sisal con un índice entre 0.16 y 0.17 y en un nivel inferior estuvieron San Felipe y El Cuyo con un índice entre 0.12 y 0.14. Además, estos dos últimos puertos mostraron una población pesquera menor y en ellos solamente descargó la flota artesanal.

Zonas de pesca

La pesca en Yucatán resultó multi-específica con el uso de diversos artes para la captura de especies alternativas o complementarias. Las principales especies (mero, pulpo y langosta) se distribuyeron en toda la costa y las diferentes flotas incidieron sobre ellas en relación a su distribución. Así por ejemplo, la flota que tiene como objeto a las poblaciones

Tabla 3. Población e infraestructura pesquera registrada para el 2002 en el Estado de Yucatán (Anónimo 2003). Datos agrupados en tres categorías (nivel bajo, medio y alto).

Table 3. Fishing population and fishing infrastructure recorded in 2002 in the state of Yucatan (Anonymous 2003). Data grouped in three categories (low, medium and high level).

Puertos	Número de pescadores	Centros de recepción	Congeladoras	Fábricas de hielo
Celestún	2 292	41	5	1
Sisal	1 344	21	0	0
Progreso	5 631	95	35	5
Telchac	1 393	16	1	1
Dzilam de Bravo	2 455	32	5	3
San Felipe	1 474	5	1	1
Río Lagartos	621	20	1	2
El Cuyo	986	5	1	1
Nivel				
Bajo	500 - 1 499	5 - 24	1	1
Medio	1 500 - 2 500	25 - 50	5	2 - 3
Alto	>5 631	>95	>35	>5

de pulpo ocurrió en áreas que alcanzan profundidades de hasta 20 m para el caso de *O. maya* y de 40 m ó mayores profundidades para la pesca de *O. vulgaris* (Figura 4).

La flota que captura mero operó en gran parte de la plataforma continental de Yucatán. En particular la flota industrial mexicana se distribuyó en áreas con profundidad mayor a los 35 m, mientras la flota artesanal mexicana se ubico en la franja costera. En otra zona pescó la flota cubana, principalmente al noroeste de la península de Yucatán, donde se sobrepuso con la flota industrial mexicana.

En la Langosta se registraron cuatro polígonos: zona oriente (de San Felipe a El Cuyo), zona centro (Dzilam de Bravo), zona poniente (Sisal y Celestún) y Progreso (cuya captura proviene del Arrecife Alacranes y zonas aledañas). A excepción de la flota que operó en Arrecife Alacranes y zonas contiguas, la flota artesanal que participó en la captura de langosta en el período de estudio fue costera. Esta flota capturó generalmente el crustáceo por medio de buceo, pescando en refugios naturales o artificiales a una profundidad de entre los 5 y 18 m. En la flota industrial algunos barcos operaron en el Arrecife Alacranes. Entre estos barcos, unos llevaron embarcaciones menores (alijos) para capturar langosta dentro del área arrecifal mediante buceo con gancho. En cambio, otros barcos usaron trampas, las cuales se desplegaron a profundidades de 25

a 50 m en la zona circundante.

La esquematización que se presentó de las áreas de pesca en el mapa es general, a fin de mostrar la sobreposición de las operaciones de todas las flotas que incidieron en los diferentes recursos, sobre todo en las áreas cercanas a la costa. La flota artesanal llegó a operar desde 5 hasta 35 m de profundidad en zonas de ocurrencia de juveniles y adultos de tallas menores de especies demersales. En cambio, la flota industrial pescó hasta 200 m de profundidad. Tanto la pesquería de langosta como la pesquería de mero, representaron casos de pesquerías secuenciales. En el pulpo no se identificó con claridad este tipo de externalidad. El reconocimiento de estas interacciones es relevante ya que un exceso de captura de juveniles puede afectar en el largo plazo la producción de reproductores y afectar a la flota industrial y viceversa.

DISCUSIÓN

Las pesquerías

Las tendencias de la pesca en Yucatán han sido registradas previamente (Castro-Suaste *et al.* 2000, Salas *et al.* 2006, Mexicano-Cíntora *et al.* 2007). Sin embargo, estos autores no presentaron la información dentro de un contexto espacial y temporal como el obtenido en este trabajo. Los mapas generados en este estudio resumieron información

Tabla 4. Embarcaciones registradas en el 2003 (Anónimo 2004), volumen y valor de la captura por puerto en el 2004 (Anónimo 2005). Datos agrupados para su análisis en tres categorías (nivel bajo, medio y alto) (mp = millones de pesos, md = millones de dólares, ICP = índice de capacidad pesquera).

Table 4. Boats registered in 2003 (Anonymous 2004), volume and catch value by port in 2004 (Anonymous 2005). Data grouped into three categories for analysis (low, medium and high level) (mp = millions of pesos, md = millions of dollars, ICP = index of fishing capacity).

Puertos	Flota mayor (2003)	Flota menor (2003)	Alijos (2003)	Captura 2004 (t)	Valor 2004 (mp)	Valor 2004 (md)	ÍCP
Celestún	28	939	1123	4 669	79	7	0.34
Sisal	0	455	775	1 771	47	4.16	0.16
Progreso	534	1 159	4 182	17 170	354	31.36	1
Telchac	36	354	532	1 973	46	4.07	0.17
Dzilam de Bravo	28	672	1 026	3 573	89	7.88	0.33
San Felipe	0	211	260	869	28	2.48	0.12
Río Lagartos	2	456	377	1518	43	3.81	0.17
El Cuyo	0	347	391	1931	38	3.37	0.14
Nivel							
Bajo	<5	200-399	250-749	800-3 000	25 - 50	2.21-4.43	0.1 - 0.14
Medio	20 - 40	400-699	750-1 200	3 001-5 000	51 - 90	4.52-7.97	0.15 - 0.3
Alto	>534	900 -1 200	>4 180	>17 170	>354	>31.36	0.31 - 1.00

de una manera integral, lo cual permitió contrastar la información en diferentes periodos. Los resultados mostraron descriptivamente las tendencias en relación al volumen y valor de las capturas de las principales especies, capacidad instalada de los diversos puertos y distribución de la flota en la región.

Con este análisis se confirmó la reducción en las capturas de varias especies registradas en todos los puertos, lo que coincidió con las tendencias globales (Díaz de León *et al.* 2004; Arreguín-Sánchez 2006). Este decremento fue más evidente en el mero, en el cual se han reportado niveles de sobreexplotación debidas al decremento actual en las capturas en un 50 % con respecto a lo obtenido en la década de los 90s (Burgos & Defeo 2004; Giménez-Hurtado *et al.* 2005; Salas *et al.* 2006). En el pulpo se detectaron ligeras tendencias decrecientes, el cual fue declarado como explotado a niveles que alcanzaron la capacidad máxima del recurso (Pérez *et al.* 2006, Solana *et al.* 2006). Así mismo, los incrementos en la captura de langosta registrados en los puertos de Progreso y Celestún se han atribuido a la introducción de trampas, como método de pesca del crustáceo y empleadas por embarcaciones industriales que descargan en dichos puertos (Ríos *et al.* 2007). El uso de embarcaciones industriales en la pesquería de langosta, que generalmente se había concentrado en la costa, permitió a los pescadores acceso a

nuevas áreas de pesca, lo que provocó un aumento en las capturas. Una reducción de casi un 80 % en las capturas en las descargas en el puerto de Sisal fue atribuida a un abandono de esta pesquería por parte de los pescadores, ya que ellos dirigieron su esfuerzo pesquero a la captura del pulpo, que es una especie de alta demanda y de fácil acceso (Salas *et al.* 2005).

A pesar de que desde 1999 se ha definido una restricción al aumento en la flota pesquera en el Estado de Yucatán (Salas *et al.* 2006), esta política no necesariamente ha reducido la presión de pesca que se ejerce sobre los recursos y en especial sobre el mero. Generalmente, el esfuerzo pesquero es evaluado en términos del número de embarcaciones que operan en la zona, en este sentido, los datos más confiables correspondieron al censo realizado en 2003, sobre el número de embarcaciones ribereñas dedicadas a la actividad pesquera (4 318) y el número de embarcaciones que cuentan con permisos vigentes, 3 414 (Anónimo 2005b). Sin embargo, la evaluación de la composición de la flota definida por artes de pesca y características de las embarcaciones es necesaria.

Las fluctuaciones observadas en los volúmenes de captura de pulpo y langosta descargados en los diferentes puertos, se han atribuido a la introducción de la flota industrial en nuevas áreas de pesca



Figura 4. Zonas de pesca de los recursos pesqueros más importantes de la región de Yucatán. Isolíneas en metros sobre el nivel medio (msnm). 1) Pulpo: *Octopus maya*, hasta los 20 msnm ■■■■; *O. vulgaris* hasta los 40 msnm, ———; 2) Mero (*Epinephelus morio*), Flota mayor mexicana, mayor a los 35 msnm, ▨; Flota cubana, mayor a los 35 msnm, ▩; Flota menor mexicana hasta los 10 msnm, □; 3) Langosta (*Panulirus argus*), polígonos: Arrecife Alacranes, Poniente, Centro y Oriente. Datos provenientes de: a) Giménez-Hurtado et al. 2005 (mero), b) Hernández et al. 2001 (pulpo), c) Salas et al. 2005 (langosta) y d) Liceaga & Hernández 2006 (líneas batimétricas).

Figure 4. Fishing areas of the most important fishery resources in the Yucatan region. Isolines in meters above average sea level (msnm). 1) Octopus: *Octopus maya*, up to 20 m ■■■■; *O. vulgaris* up to 40 meters ———, 2) Red grouper (*Epinephelus morio*), Mexican commercial fleet, above 35 msnm ▨; Cuban fleet, above 35 m ▩; Mexican minor fleet, below 10 msnm, □; 3) Lobster (*Panulirus argus*), areas: Alacranes Reef, West, Central and East. Sources of information are: a) Gimenez-Hurtado et al. 2005 (grouper), b) Hernandez et al. 2001 (octopus), c) Salas et al. 2005 (lobster) and d) Liceaga & Hernandez 2006 (bathymetry lines).

en años recientes, como es el caso del pulpo *Octopus vulgaris* (Mexicano-Cíntora et al. 2007). El incremento en recursos como la rubia en la zona oriente del Estado de Yucatán se atribuyó al decremento de las capturas del mero, lo que ha motivado al pescador a capturar otras especies que tienen similar demanda en el mercado (Salas et al. 2006).

Con respecto a la infraestructura pesquera existente en los puertos, la concentración de plantas y fábricas de hielo en Progreso es evidente, ya que se captó más del 50% de la producción estatal. El pulpo fue el recurso que contribuyó con los mayores ingresos. Es precisamente un aumento en la demanda a nivel internacional del pulpo, que varias empresas pesqueras decidieron invertir en mejorar sus plantas en años recientes (Alcantar datos

no publicados). En Progreso y Celestún se agrupó el mayor número de estas instalaciones (centros de recepción, congeladoras y fábricas de hielo).

En Progreso se concentró la flota mayor, dada la infraestructura portuaria y pesquera que ha permitido su operación. Aunque, el índice de capacidad pesquera generado en este estudio mostró mayor concentración de la producción y de la infraestructura en Progreso, cabe hacer notar que este índice es un indicador parcial y de corto plazo, porque no consideró otros factores como las interacciones entre las diferentes flotas, interacciones socioeconómicas y biológicas entre otras (Anónimo 2000). Para evaluaciones más detalladas se deben considerar otros elementos que involucren tendencias de capturas y esfuerzo en el largo plazo, demanda de los diferentes

productos, mercados, condiciones de las instalaciones, capacidad instalada de los centros de acopio y características físicas de la flota. Los principales indicadores de la capacidad que se aplican en muchos países son valores como el tonelaje bruto (que mide el volumen de la embarcación), la potencia de los motores y el número de embarcaciones (Anónimo 2000). A pesar de sus limitaciones, el índice estimado sugirió el riesgo de una sobrecapacidad instalada frente a un contexto de declinación de los recursos, si no se atienden las condiciones de decremento de las capturas de algunos recursos como el mero y el pulpo. Los problemas principales de la actividad pesquera han sido la sobrepesca y aumento del esfuerzo pesquero, porque éste último a pesar de haber decrecido en número, ha aumentado en términos de eficiencia tecnológica y poder de captura de la flota. A los problemas de la actividad pesquera, anteriormente señalados, se han agregado políticas laxas de manejo, problemas de contaminación y deterioro de hábitat y de las áreas de crianza (Díaz de León *et al.* 2004; Salas *et al.* 2006). Una estrategia sugerida para aumentar los beneficios de la actividad pesquera, además del cumplimiento de la normatividad para sustentar los recursos, involucra mejorar la calidad de los productos, dado un manejo apropiado en la búsqueda de valor agregado, como se ha intentado con el desarrollo de los Sistema Producto, el cual ha sido promovido por la Comisión Nacional de Pesca para la cadena productiva de pulpo y langosta, entre otros recursos.

Relevancia del uso de los SIG en el entendimiento de las pesquerías

El desarrollo de mapas que permitan visualizar las tendencias de captura y capacidad instalada han sido menos comunes que aquellos asociados con zonas de operación de diferentes flotas (Arreguín-Sánchez 1992; Salas *et al.* 2005; Ríos *et al.* 2007). La información generada en este trabajo, da la pauta para producir, en un futuro, mapas complementarios que permitan hacer análisis integrados con otras variables, así como el de actualizar la información existente. Un producto complementario a los aquí generados, es el mapeo de la información que tiene la población pesquera sobre el medio ambiente

y los recursos. Por ejemplo sobre áreas de pesca, distribución y variabilidad de las especies, además de los cambios físicos del hábitat. Estos datos a pesar de ser importantes, son raramente considerados en evaluaciones pesqueras al ser señalados como subjetivos y fraccionados (Silver & Campbell 2005; Aswani & Lauer 2006; Close & Hall 2006). Sin embargo, la información puede actualizarse regularmente y generar nuevos datos geo-espaciales a través de formularios de sistemas de información geográfica. La información que proporcionen los pescadores permitirá visualizar tendencias de los recursos y de la actividad pesquera. La información contenida en los SIGs ha ofrecido alternativas prácticas en los procesos de co-manejo de las pesquerías, esquema de manejo que empieza a ser cada vez más común en algunas comunidades pesqueras (Anuchiracheeva *et al.* 2003; Chuenpagdee *et al.* 2004).

Los SIGs ofrecen un enorme potencial en la integración de información con fines de planeación y manejo (Taconet & Bensch 1998; Randall 2004), y en particular para el Estado de Yucatán, se han desarrollado programas de ordenamiento como el de Ordenamiento Estatal (POETY) y Ordenamiento Costero (POETCY), con el uso de estos sistemas. Sin embargo, en el área de la pesca, no hay datos espaciales suficientes para conformar un SIG estructurado con una amplia variedad de fuentes de información geográfica que permitan mejorar la calidad de los productos cartográficos. La naturaleza multi-específica de la pesca en la zona ha dificultado la colecta de información detallada de los recursos y de las zonas de pesca donde operan las diferentes flotas. A ello se sumó el hecho de ser pesquerías secuenciales, donde las embarcaciones industriales han incurrido sobre especímenes de tallas mayores, mientras que la flota artesanal o costera han incidido sobre organismos de talla menor (Seijo *et al.* 1998). La necesidad de promover investigaciones que generen datos espaciales se incrementa al aumentar la demanda del uso de los recursos por parte de múltiples usuarios. La funcionalidad del SIG para evaluar patrones de comportamiento de los recursos y sus usuarios será mayor al tener mayor disponibilidad de datos (Meaden & Chi 1996).

Los resultados aquí presentados pueden ser

limitados por la insuficiencia de datos espaciales para conformar un SIG estructurado, pero generaron información útil para abordar nuevas líneas, identificar huecos en el conocimiento, al mismo tiempo que pueden servir como herramientas prácticas en la discusión de talleres y reuniones entre los administradores y los usuarios de los recursos al buscar un lenguaje común para definir planes y estrategias de manejo de los recursos pesqueros de manera coordinada (Riolo 2006).

La importancia de los metadatos

La generación de metadatos en análisis espaciales, permite complementar la información referida en los mapas, aumentando la confianza en la información. Así se puede crear un banco de datos, para producir líneas de base de las variables o fenómenos analizados en los mapas, para que puedan ser actualizados y procesados con facilidad en futuras investigaciones. Este proceso se ha utilizado en el Estado de Yucatán, con el desarrollo del POETCY, el cual involucró a investigadores de varias disciplinas. En México se tienen antecedentes de programas similares en Baja California, Jalisco, Michoacán y Sinaloa (Anónimo 2009). En este sentido, el tener mapas documentados con estándares, facilita su comparación y estandarización con otros mapas de su tipo en otras regiones o incluso en la misma región en diferentes periodos. Además, facilita el acceso a la información de manera digital, de esta forma, los metadatos añaden valor a los datos

originales recopilados.

Actualmente, los recursos pesqueros de la región están en su mayoría plenamente explotados (langosta y pulpo) o sobreexplotados (mero) y algunos mostraron clara tendencia a la baja (Rubia y Huachinango). El panorama pesquero es complejo y en este contexto los productos como los obtenidos en este trabajo, pueden contribuir a la planificación del desarrollo en las áreas costeras y al manejo de sus recursos a fin de mantener en el largo plazo la integridad ecológica, la productividad y el beneficio económico de las regiones costeras (Anónimo 1999). La generación de políticas de desarrollo en la zona costera en una forma planificada visualiza de manera integral el desarrollo de la zona, al considerar las diferencias espaciales y los contextos particulares. Esto favorece el entendimiento de los problemas por parte de todos los involucrados de una manera coordinada, lo que permitirá definir esquemas prácticos y resolver problemas regionales.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Biólogo Eric May del Departamento de Administración de Pesquerías, Subdelegación de Pesca de la SAGARPA, por facilitarnos la información estadística pesquera. Este trabajo forma parte de un proyecto integral desarrollado para generar el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorio Costero del Estado de Yucatán. <http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx>.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Ibarra A, Villanueva-Fragoso S, Gúzman-Amaya P, Vázquez-Botello A (2006) La contaminación del agua como una externalidad para la producción pesquera y acuícola. En: Gúzman-Anaya P, Fuentes-Castellanos DF (eds) Pesca, Acuicultura e Investigación en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). Cámara de Diputados. Comisión de Pesca. 400 pp.
- Anónimo (1999) Las contribuciones de la ciencia al manejo de la zona costera. Grupo de Expertos de la IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP sobre Aspectos Científicos de Protección Marino Ambiental (GESAMP). Informes y Estudios 61. Roma. 65 pp.
- Anónimo (2000) Informe de consulta técnica sobre la medición de la capacidad pesquera. FAO. Informe de Pesca. No. 615. Roma. 59 pp.
- Anónimo (2003) Estadísticas población e infraestructura pesquera, 2002. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). Delegación Federal de Yucatán. Departamento

- de Administración de Pesquerías. Yucatán. Páginas sin número.
- Anónimo (2004) Estadísticas de embarcaciones pesqueras registradas en el Estado de Yucatán, 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). Delegación Federal de Yucatán. Departamento de Administración de Pesquerías. Yucatán. Páginas sin número.
- Anónimo (2005a) Estadísticas de la producción pesquera y valor en peso vivo 2004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). Delegación Federal de Yucatán. Departamento de Administración de Pesquerías. Yucatán. Páginas sin número.
- Anónimo (2005b) Resumen de resultados del padrón de embarcaciones de pesca ribereña 2003. OEIDRUS. Yucatán. <http://www.oeidrus.yucatan.gob.mx>.
- Anónimo (2007) Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY). <http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx>.
- Anónimo (2008) Estadísticas de la producción pesquera y valor en peso vivo 2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Delegación Federal de Yucatán. Departamento de Administración de Pesquerías. Yucatán. Páginas sin número.
- Anónimo (2009) Ordenamientos decretados. SEMARNAT. http://www.semarnat.gob.mx/quessemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Pages/ordenamientos_decretados.aspx.
- Anuchiracheeva S, Demaine H, Shivakoti G, Ruddle K (2003) Systematizing local knowledge using GIS; fisheries management in Bang Saphan Bay, Thailand. *Ocean and Coastal Management* 46:1049-1068.
- Arreguín-Sánchez F (1992) An approach to the study of the catchability coefficient with application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery from the continental shelf of Yucatán, México. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-IPN. Mérida. 222 pp.
- Arreguín-Sánchez F (2006) Pesquerías de México. En: Gúzman-Anaya P, Fuentes-Castellanos DF (eds) Pesca, Acuicultura e Investigación en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). Cámara de Diputados. Comisión de Pesca. 400 pp.
- Aswani S, Lauer M (2006) Incorporating fishermen's local knowledge and behavior into geographical information systems (GIS) for designing marine protected areas in Oceania. *Human Organization* 65: 81-102.
- Battista TA, Monaco ME (2004) Geographic information systems applications in coastal marine fisheries. En: Fisher WL, Rahel FJ (eds) Geographic Information Systems in Fisheries. American Fishery Society. Bethesda. 276 pp.
- Bello PJ, Ríos GV, Liceaga MA, Zetina MC, Cervera K, Arceo P, Hernández H (2005) Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes reef, Yucatan, México. *Fisheries Research* 73(1-2): 37-47.
- Burgos R, Defeo O (2004) Long-term population structure, mortality and modeling of a tropical multi-fleet fishery: the red grouper *Ephinephelus morio* of the Campeche Bank, Gulf of Mexico. *Fisheries Research* 66: 325-335.
- Castro-Suaste T, Mexicano-Cíntora G, Defeo O (2000) Las pesquerías del Estado de Yucatán (México): evolución y manejo durante el período 1976 - 1997. *Océánides* 15: 47-61.
- Cerdeira-Estrada S, Lorenzo-Sánchez S, Areces-Mallea A, Martínez-Bayón C (2008) Cartografía de la distribución espacial de los hábitats bentónicos en el Golfo de Batabanó utilizando imágenes Landsat-7. *Ciencias Marinas* 34(2): 213-222.

- Close CH, Hall GB (2006) A GIS-based protocol for the collection and use of local knowledge in fisheries management planning. *Journal of Environment Management* 78(4): 341-352.
- Chuenpagdee R, Fraga J, Euán-Ávila J (2004) Progressing toward co-management through participatory research. *Society and Natural Resources* 17:147-161.
- Dale VH, King AW, Mann LK, Washington-Allen RA, Mccord RA (1998) Assessing Land-Use Impacts on Natural Resources. *Environmental Management* 22(2): 203-211.
- Díaz de León JA, Fernández JI, Álvarez-Torres P, Ramírez-Flores O, López-Lemus LG (2004) La sustentabilidad de las pesquerías del Golfo de México. En: Caso M, Pisanty I, Ezcurra E (eds) *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Distrito Federal. 104 pp.
- Ehrhardt N (2005) Population dynamic characteristics and sustainability mechanisms in Key Western Central Atlantic spiny lobster, *Panulirus argus* fisheries. *Bulletin of Marine Science* 76: 501-525.
- Gavaldón HA (2004) Género, pesquerías e instituciones: Estudio de caso en un puerto de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. Mérida. 162 pp.
- Giménez-Hurtado E, Coyula-Pérez-Puelles R, Lluch-Cota SE, González-Yañez AA, Moreno-García V, Burgos-de-la-Rosa R (2005) Historical biomass, fishing mortality, and recruitment trends of the Campeche Bank red grouper (*Epinephelus morio*). *Fisheries Research* 71(3): 267-277.
- Hernández A, Solís M, Espinoza J C, Mena R, Aguilar F, Ramírez F (2001) Pulpo. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo, 1999 - 2000. Instituto Nacional de Pesca. SEMARNAT. <http://inp.semarnat.gob.mx/Publicaciones/Publicaciones.htm>.
- Herrera-Silveira JA, Comín FA, Capurro FL (2004) Los usos y abusos de la zona costera en la península de Yucatán. En: Rivera A, Villalobos GJ, Adeath IA, Rosado MF (eds) *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS- Universidad de Quintana Roo. Campeche. 654 pp.
- Hutchings J, Reynolds J (2004) Marine fish population collapses: consequences for recovery and extinction risk. *BioScience* 54: 297-309.
- Isaac DJ, Hubert WA (1997) Integrating new technologies into fisheries science: the application of geographic information systems. *Fisheries* 22: 6-10.
- Liceaga MA, Hernández H (2006) Mapa de Topobatemetría. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY). CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. <http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx>.
- Meaden GJ, Kapetsky JM (1992) Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura. FAO. Documento Técnico de Pesca. No. 318. Roma. 266 pp.
- Meaden GJ, Do Chi T (1996) Geographical information systems: applications to machine fisheries. FAO. Fisheries Technical Paper. No. 356. Rome. 335 pp.
- Mexicano-Cíntora G, Leonce-Valencia C, Salas S, Vega-Cendejas ME (2007) Recursos Pesqueros de Yucatán: Fichas técnicas y Referencias bibliográficas. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV) Unidad Mérida. Mérida. 150 pp.
- Michener WK (2006) Meta-information concepts for ecological data management. *Ecological informatics* 1: 3-7.

- Pascoe S, Gréboval D, Kirkle J (2007) Un marco para la evaluación de la capacidad en el sector pesquero. En: Agüero M (ed) Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO. Documento Técnico de Pesca. No. 461. Roma. 403 pp.
- Pérez M, Burgos R, Wakida A, Santos J (2006) Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán, 2006. Dictamen. INP-SAGARPA. CRIP-Yucalpetén, CRIP-Lerma. <http://www.inp.sagarpa.gob.mx/Dictamenes/Dictamenes>. 12 pp.
- Pierce GJ, Wang J, Valavanis V (2002) Application of GIS to cephalopod fisheries: workshop report. Bulletin of Marine Science. 71: 35-46
- Randall MP (2004) Possible solutions to some challenges facing fisheries scientists and managers. ICES Journal of Marine Science 61: 1331-1343
- Riolo F (2006) A geographic information system for fisheries management in American Samoa. Environment Modelling Software 21(7): 1025-1041.
- Ríos V, Salas S, Bello-Pineda J, Peniche AI (2007) Distribution patterns of the spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential hábitat. Fisheries Research 87: 35-45.
- Salas S, Bello J, Ríos V, Cabrera MA, Rivas R, Santa-María A (2005) Programa Maestro del Sistema Producto de la Pesquería de Langosta en Yucatán. SAGARPA/CONAPESCA/CINVESTAV. Mérida. 127 pp.
- Salas S, Mexicano-Cíntora G, Cabrera MA (2006) ¿Hacia dónde van las pesquerías en Yucatán? Tendencias, Retos y Perspectivas. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV) Unidad Mérida. Campeche. 110 pp.
- Salas S, Chenpagdee R, Seijo JC, Charles A (2007) Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. Fisheries Research 87: 5-16.
- Seijo JC, Defeo O, Salas S (1998) Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. FAO. Fisheries Technical Paper. No. 368. Rome. 108 pp.
- Silver JJ, Campbell LM (2005) Fisher participation in research: Dilemmas with the use of fisher. Ocean and Coastal Management 48: 721-741.
- Solana R, Pérez M, Wakida A, Burgos R, Santos J (2006) Evaluación de la población de pulpo (*Octopus maya*) en la Península de Yucatán 2005. Dictamen. INP-SAGARPA, CRIP-Yucalpetén, CRIP-Lerma. 11 pp. <http://www.inp.sagarpa.gob.mx/Dictamenes/dictamen%20de%20pulpo%202005.pdf>.
- Spalding M, Mark P (2004) The Caribbean. En: Glover LK, Earl SA (eds) Defying Ocean's End: An Agenda for Action. Island Press. Washington DC. 283 pp.
- Supaporn A, Harvey D, Ganesh PS, Kenneth R (2003) Systematizing local knowledge using GIS: fisheries management in Bang Saphan Bay, Thailand. Ocean & Coastal Management 46: 1049-1068.
- Taconet M, Bensch A (1998) Towards the Use of Geographic Information Systems as a Decision Support Tool for the Management of Mediterranean Fisheries (On line). FAO, Informes y Estudios COPEMED N° 4. [Consulta: enero de 2008]. <http://www.faocopemed.org/v1docs/0000028/synthese.pdf>.
- Tapia FU, Herrera-Silveira JA, Aguirre-Macedo ML (2008) Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucatan peninsula. Estuarine, Coastal and Shelf Science 76: 418-430.