Aspectos Pesqueros y Sociales de la Nueva Pesquería de Pepino de Mar en la Península de Yucatán

Fishing and Social Aspects of the New Sea Cucumber Fishery in the Yucatan Peninsula

Aspects de Pêche et Social de la Neva Peche Concombre de Mer dans la Peninsule du Yucatan

JORGE ALBERTO LÓPEZ-ROCHA[1]*, HÉCTOR CISNEROS-REYES[1] y FRANCISCO ARREGUÍN-SÁNCHEZ[2]
[1]*Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal. UNAM. Puerto de abrigo s/n Sisal, Yucatán, Mexico. C.P. 97356. *jorgelopezrocha@ciencias.unam.mx.*
[2]*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN. Apartado Postal 592, La Paz, 23000 Baja California Sur, Mexico.*

RESUMEN

La extracción de pepino de mar en la península de Yucatán constituye una nueva pesquería. En el 2013 será declarada oficialmente como pesca comercial, por lo que resulta importante generar los conocimientos tanto biológicos-pesqueros como socioeconómicos en que estarán basadas las medidas de manejo para un aprovechamiento sustentable. En este sentido, se presentan los resultados obtenidos durante las evaluaciones realizadas en las tres temporadas de pesca (2010 – 2012) en el puerto de Sisal, Yucatán. Se estimó la distribución y abundancia de la principal especie explotada *Isostichopus badionotus*, se analizó la vulnerabilidad a la pesca con un modelo de depleción y se monitoreó la captura y esfuerzo en el puerto. En el ámbito social, se realizaron encuestas a pescadores para identificar y describir su forma de vida, organización, costumbres y creencias, además de que se analizaron nueve indicadores de marginación. Con base en indicadores de marginación, no obstante que el 76% de los pescadores se mostró conforme con sus ganancias en la pesquería, resaltan los porcentajes personas que viven en hacinamiento y el de personas con ingresos menores a dos salarios mínimos. Los resultados muestran que la densidad (número de organismos / m^2) ha disminuido notablemente, el área de pesca se ha incrementado como producto de la búsqueda de nuevas zonas de pesca y los modelos de depleción indican una rápida disminución de la abundancia en las áreas explotadas. En lo que se refiere a la administración de la pesquería, aunque existen medidas de manejo (cuota global de captura, cuotas de captura por embarcación, permisos de pesca, artes y métodos de pesca autorizados, número de días de pesca y veda) en general, la actividad se desarrolla de manera desordenada, pues ninguna de las medidas se cumple a cabalidad, poniendo en grave riesgo la sustentabilidad de la pesquería.

PALABRAS CLAVE: Holoturidae, *Isostichopus badionotus,* pesquería, social, manejo

INTRODUCCIÓN

La extracción y comercialización de pepinos de mar tiene sus orígenes en Asia en aguas del Pacífico occidental desde el siglo XVI (Akamine 2004). Está larga tradición de explotación pesquera envuelve a países como China, Indonesia, Malasia, Filipinas, Tailandia y Vietnam (Bruckner 2005). En estas regiones, donde se explotan más de 30 especies de pepinos de mar de aguas templadas y tropicales, se ha documentado que las poblaciones de peino de mar han sido fuertemente explotadas y muchas de ellas han sido sobrexplotadas e incluso agotadas (Choo 2008). Al respecto, Purcell et al. (2011) mencionan que el 20% de las pesquerías de pepino de mar en el mundo han colapsado y el 38% están sobrexplotadas.

La gran demanda de pepino de mar principalmente de países asiáticos como China y Japón, ha incentivado la creación de nuevas pesquerías de pepino de mar prácticamente en todas las áreas de su distribución en mares templados y tropicales del planeta, de está manera podemos ver pesquerías de pepino de mar en África, Latinoamérica, Norteamérica e incluso en Europa (Toral-Granda et al. 2008). Muchas de estas pesquerías han seguido un patrón de pulsos de pesca intensiva de dos a cuatro años seguido del cierre de las pesquerías por la diminución de la abundancia poblacional por efecto de la pesca (Purcell et al. 2011). Está rápida declinación de los stocks explotados ha obligado a imponer moratorias sobre este recurso en las pesquerías de las Islas Marianas, Costa Rica, Ecuador, Egipto, India, Mauricio, Panamá, entre otras (Purcell 2010).

El pepino de mar es un recurso de alto valor económico y ha significado una oportunidad de subsistencia de miles de pescadores en países en desarrollo, en los que la extracción de pepinos de mar se desarrolla en forma de pesquerías de pequeña escala o ribereñas, y que representa un reto para estos países en términos del manejo sustentable de las pesquerías.

El incentivo para la pesca de pepino de mar en México se inicia formalmente en la costa del Pacífico mexicano. En 1989 en la península de Baja California comienza la explotación pesquera de *Isostichopus fuscus* y *Parastichopus parvimensis*. Sin embargo sies años después *I. Fuscus* cayó en sobreexploación y fue declarada por el gobierno mexicano como especie bajo protección especial y prohibió su pesca. Hasta la fecha *I. Fuscus* continua bajo protección pero desde el 2000 se permite una extracción controlada cuando las investigaciones prueban que una parte del stock puede ser aprovechada (Herrero-Pérezrul y Chávez 2005). *Parastichopus parvimensis* se pesca desde 1990 y su pesquería se ha mantenido relativamente estable (Herrero-Pérezrul 2004).

La historia del aprovechamiento del pepino de mar en la península de Yucatán inicia en el año 2001 con operaciones de pesca de prospección y/o investigación contemplada en la legislación mexicana como pesca de fomento. Esta figura legal establece que la pesca de fomento es aquella que se realiza con fines de investigación. Bajo esta figura, la cual permite la comercialización del producto capturado, se desarrolló la extracción de pepino de mar en la península de Yucatán en la década pasada de forma intermitente y con relativo bajo esfuerzo de pesca, aunque se sabe que ha existido la pesca ilegal desde hace una década por lo menos (Rodríguez-Gil 2007a, 2007b). Una nueva etapa en el aprovechamiento de este recurso inicia en el 2010 y hasta el 2012 (López-Rocha 2011, 2012). En este periodo se expiden un mayor número de permisos de pesca de fomento a pescadores de varias comunidades costeras de Campeche y Yucatán para la extracción de las especies *I. Badionotus* y *Holothuria floridana*. En el 2012 se autorizó un esfuerzo de pesca total de 230 embarcaciones dejando una importante derrama económica en la región.En este periodo se establecen las primeras medidas de manejo de la pesquería, las cuales incluyen una cuota global máxima de captura, permisos de pesca, artes de pesca autorizados, captura máxima por embarcación por día de pesca y una veda para proteger la reproducción que en el último año se estableció del 1 de abril de 2012 al 14 de febrero de 2013 (DOF 2012a).

En el 2012 cuatro especies de pepino de mar de la península de Yucatán (*H. floridana, I. badionotus, A. multifidus y H. mexicana*) fueron incluidas en la Carta Nacional Pesquera (lo que permite su reglamentación como pesquería comercial) (DOF, 2012b). Este nuevo estatus legal impone nuevos retos a todos los sectores involucrados.

En este trabajo se presentan algunos aspectos pesqueros y sociales que se han obtenido de evaluaciones realizadas en las tres últimas temporadas de pesca (2010 – 2012) del pepino de mar *I. badionotus*frente a la costa de Sisal, Yucatán con el fin de aportar elementos que puedan ayudar en el establecimiento de estrategias óptimas de pesca y en las medidas de manejo para un aprovechamiento sustentable.

MATERIAL Y MÉTODOS

La pesquería de pepino de mar en la Península de Yucatán se realiza mediante buceo semiautónomo tipo Hooka en profundidades de 2 a 30 m. Se utilizan embarcaciones menores con motor fuera de borda en lo que por lo general son operadas por tres o cuatro pescadores. La temporada de pesca de 2010 se efectuó de julio a septiembre, la de 2011 del 1 de abril al 15 de mayo, y la de 2012 del 22 de febrero al 30 de marzo.

Distribución y Abundancia

Para la estimación de la distribución y abundancia de *I. badionotus*, se obtuvo información mediante observadores a bordo del número de pepinos capturados por unidad de tiempo de inmersión y la posición geográfica del área de captura. El índice de abundancia relativa se definió como el número de organismos capturados por unidad de tiempo de inmersión (no. ind./hora). Se realizó una estimación del área total de pesca frente a la costa de Sisal, mediante la división del área marina frente al puerto de Sisal en celdas de 2' de latitud x 2' de longitud (Figura 1). Se registró la localización de los viajes de pesca con observador a bordo y mediante entrevistas en puerto. El área de pesca se estimó mediante la suma de las áreas de todas las celdas en que se tuvo registro de viajes de pesca.

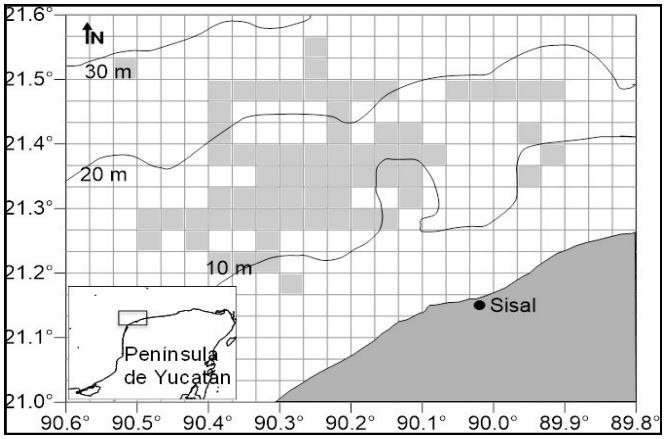

Figura 1. División del área de estudio en celdas de de 2' de latitud x 2' de longitud como unidad espacial base para el análisis de la distribución del esfuerzo y área de pesca del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán. Las celdas donde se registró al menos un viaje de pesca se muestran en color gris.

Vulnerabilidad a la Pesca

Se realizó una estimación de la vulnerabilidad a la pesca por medio del modelo de depleción de Leslie (Hilborn y Walters 1992). Este modelo provee estimaciones da capturabilidad y disponibilidad a la pesca. El concepto del modelo es examinar como las capturas influyen en la abundancia relativa (CPUE) de los organismos que permanecen en el stock en un área de pesca designada. En el caso más simple, para un stock cerrado donde no hay reclutamiento ni mortalidad, el concepto es esencialmente predecir que cantidad del total de las capturas (acumuladas) debe haber para conducir la abundancia relativa del stock a cero. Esta predicción del total de capturas es un estimado del tamaño del stock inicial antes de que empezaran las capturas. El modelo está dado por:

$$C_t / F_t = qN_1 - qK_{t-1}$$

Donde:

C_t / F_t es el índice de abundancia relativa al tiempo t, en este caso la CPUE en número de organismos por hora de inmersión;

K_{t-1} son las capturas acumuladas antes del tiempo t;

N_1es el tamaño de la población inicial en número de organismos; y q es el coeficiente de capturabilidad.

Para la aplicación del modelo de depleción se debe definir en un principio zonas delimitadas geográficamente en donde se realicen extracciones sucesivas y se presente un patrón de disminución de la CPUE. Sin embargo, la información de CPUE fue tomada directamente de las operaciones de pesca comercial con observadores abordo, por lo que no fue posible determinar *a priori* las áreas de depleción. Como alternativa, se realizó un análisis de la distribución del esfuerzo de pesca mediante la generación de mapas para localizar grupos de inmersiones cercanos y que presentaran una tendencia de disminución de la CPUE.

El modelo se ajustó a los datos observados del índice de abundancia (C_t /F_t) y de captura acumulada (K_t) y se obtuvieron estimaciones del número de organismos disponibles a la pesca antes del inicio de la pesca (N_1) y del coeficiente de capturabilidad (q) para cada área de depleción. El coeficiente de capturabilidad representa tanto la eficiencia de la aplicación del esfuerzo pesquero, como la vulnerabilidad del recurso al arte de pesca (Arreguín-Sánchez 1996, Arreguín-Sánchez y Pitcher 1999). En la concepción teórica del modelo de Leslie y Davis (1939), para una población cerrada, la capturabilidad es una expresión directa de la vulnerabilidad del stock a la explotación a través de la relación inversa entre la abundancia relativa y la magnitud de la captura como medida de remoción del stock. En este modelo la capturabilidad representa la velocidad con la cual la abundancia relativa decrece por efecto de la pesca.

Adicionalmente se calculó la tasa de cosecha (HR) como, $HR = C / N_1$. Donde C y N_1 son la captura y la disponibilidad a la pesca de cada área de depleción respectivamente.

Densidad

Se realizaron estimaciones de densidad en número de organismos por metro cuadrado (no. ind./m^2) por medio de transectos por buceo de 100 m de longitud por 4 m de ancho. A lo largo de los transectos se recolectaron y contaron todos los organismos de *I. badionotus* observados. Los transectos se ubicaron en las zonas de intensa explotación, en los casos de 2010 y 2011 durante la temporada de pesca y en el 2012 a la finalización de la temporada.

Aspectos Sociales

Se investigó mediante encuestas y entrevistas las formas de organización, y costumbres de los pescadores de pepino de mar mediante la técnica de campo observación participante. Adicionalmente se construyeron siete indicadores de marginación consistentes en los porcentajes de: población de 15 años o más analfabeta; población de 15 años o más sin primaria completa; ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado; ocupantes en viviendas sin energía eléctrica; ocupantes en viviendas sin agua entubada; viviendas con algún nivel de hacinamiento; y población ocupada con ingreso de hasta dos salarios mínimos mensuales ($286 dólares americanos aproximadamente). La marginación se puede concebir como un fenómeno estructural que expresa la dificultad para propagar el progreso en toda la estructura productiva, puesto que excluye a grupos sociales del goce de los beneficios del desarrollo (CONAPO 2012).

RESULTADOS

Distribución y Abundancia, Esfuerzo de Pesca

El área de pesca frente a Sisal para las tres temporadas de pesca se ubicó entre los 21.18º y 21.55º N y los 89.91º y 90.51º O (Figura 1). Con respecto a las celdas de 2' x 2' en que se dividió el área de estudio, se registraron 67 celdas con almenos un viaje de pesca para los tres años, lo que significa un área de pesca total estimada de 860 km^2. El área de pesca aumentó en el 2012 con respecto al 2010, en estos años se utilizaron datos tanto de observadores a bordo como de entrevistas en puerto; en el 2011 la información corresponde unicamente a los viajes de pesca con observador a bordo. En el 2010 el área de pesca estimada fue de 423 km^2, para el 2011 fue de 154 km^2 (datos unicamente de observadores a bordo) y en el 2012 se estimó un área total de pesca de 590 km^2 (Tabla 1).

Tabla 1. Estimaciones del área de pesca de pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán. Se muestran el número de celdas de 2' de latitud x 2' de longtud en el que se registró al menos un viaje de pesca y la estimacón del area de pesca correspondiente en km^2.

	2010	2011	2012	Total
No. de celdas	33	12	46	67
km^2	423	154	590	860

El índice de abundancia relativa varió en un rango de 32 a 526 no. ind./hora con una media de 134 no. ind./hora (± 84 d.e.) para las tres temporadas. Se observó una disminución significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0.005$) del índice de abundancia relativa de 177 no. ind./hora (± 105 d.e.) en 2010 a 105 no. ind./hora (± 56 d.e.) (Figura 2).

Vulnerabilidad a la Pesca

Se obtuvieron estimaciones de vulnerabilidad a la pesca para la temporada 2010. Se definieron nueve áreas de reducción de stock con un área promedio de 2.95 km^2 (± 2.3 d.e.) (Figura 3). En dichas áreas se realizaron buceos de pesca sucesivos en periodos de tiempo que variaron de 1 a 14 días. El esfuerzo total fue de 327 horas de buceo con una captura total de 22,437 kg (38,988 pepinos de mar) (Tabla 2). Las áreas de reducción de stock se localizaron en las zonas de mayor captura dentro del área de pesca de pepino de mar frente a Sisal. La estimación del área en km^2 de cada una de estas zonas se presenta de forma preliminar y se realizó calculando el área tomando en cuenta las coordenadas geográficas extremas dela inmersiones de cada área de depleción. Estimaciones más precisas tendrían que ver con el cálculo del área promedio que puede recorrer un pescador durante una inmersión.

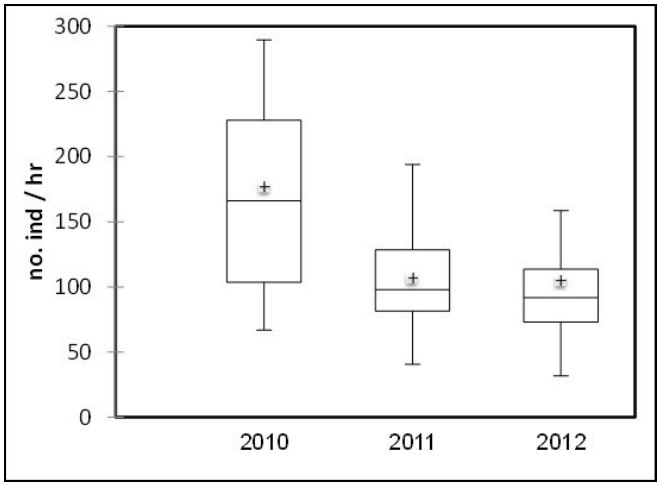

Figura 2. Captura por unidad de esfuerzo promedio en número de individuos por hora de inmersión (no. ind /hr) en las tres temporadas de pesca del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán. Se presentan la media, mediana, primer y tercer cuartiles, máximo y mínimo.

Las estimaciones de disponibilidad para cada una de las áreas de depleción variaron de 2,517 organismos en la zona I hasta los 160,180 organismos en la zona B. El promedio de disponibilidad a la pesca obtenido para las nueve zonas fue de 36,349 organismos. El área I fue la zona con la mayor capturabilidad estimada. Las tasas de cosecha variaron de 3% en la zona B a 74% en la zona I. El promedio de la tasa de cosecha para las nueve zonas fue de 35% (Tabla 3 y Figura 3).

Densidad

Las estimaciones de densidad por medio de transectos por buceo se realizaron durante la temporada de pesca en el 2010 y 2011 y al finalizar la temporada en el 2012. En los tres años los transectos se localizaron en las zonas de mayor intensidad de pesca. Los resultados de las tres campañas prospección se muestran en la Tabla 4. Se observa una disminución notable en las densidades estimadas entre 2010 y 2012. En la Figura 4 se muestra la localización de los transectos en las tres temporadas de pesca observándose una clara disminución de la densidad en la zona donde más incidió la pesca.

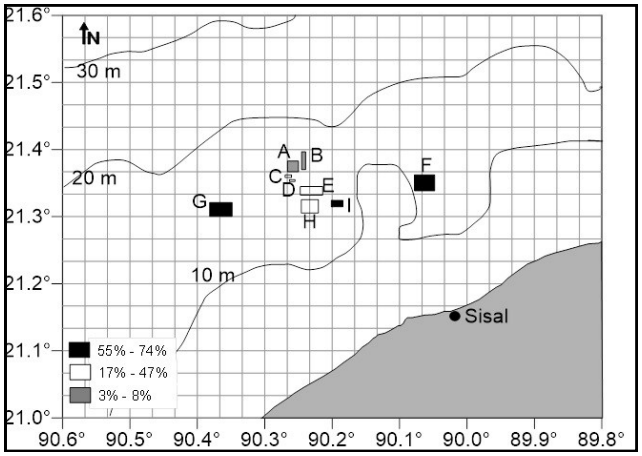

Figura 3. Localización y tasas de cosecha de las nueve áreas de reducción de stock definidas en la pesca de pepino de mar *I. badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán.

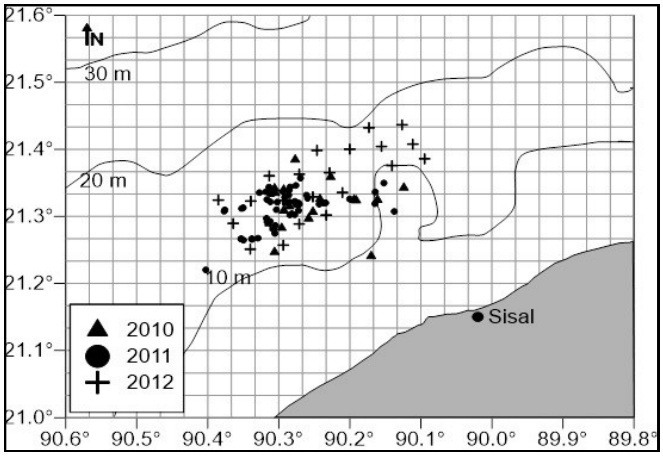

Figura 4. Localización de los transectos en las tres temporadas de pesca del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán.

Tabla 2. Estadísticas básicas de las zonas de reducción de stock para la estimación de capturabilidad, disponibilidad y tasa de cosecha para la temporada de pesca 2010 del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán.

Área	Distancia del puerto (km)	Área (km^2)	Número de días de pesca	Captura total (kg)	Captura total (No.)	Esfuerzo total (hr)	CPUE promedio (no. Ind./hr)
A	30.7	2.20	8	3,778	7,696	46	176
B	30.0	1.86	10	2,136	4,650	24	216
C	29.8	0.16	7	2,665	3,296	40	82
D	29.1	0.07	5	2,180	2,633	33	80
E	26.5	4.15	14	3,841	6,100	46	156
F	19.5	5.97	2	2,117	3,865	42	99
G	33.4	6.14	8	2,785	6,320	46	159
H	24.8	4.54	10	1,935	2,578	29	91
I	22.1	1.50	1	1,000	1,850	21	89
Media =	**27.3**	**3.0**	**7**	**2,493**	**4,332**	**36**	**128**

Tabla 3. Estimaciones de capturabilidad, como indicador de vulnerabilidad a la pesca, de disponibilidad y tasa de cosecha para la temporada de pesca 2010 del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán.

Área	Capturabilidad (q)	Disponibilidad N_1 (número de pepinos)	Tasa de cosecha
A	0.0019	93,667	8%
B	0.0012	160,180	3%
C	0.0049	18,208	18%
D	0.0105	8,926	29%
E	0.0137	12,998	47%
F	0.0168	7,018	55%
G	0.0231	9,485	67%
H	0.0061	15,041	17%
I	0.0556	2,517	74%
Media =	**0.0149**	**36,449**	**35%**

Tabla 4. Estimaciones de densidad en número de organismos por metro cuadrado (no. Ind./m^2)del pepino de mar *I. Badionotus* frente a la costa de Sisal en la península de Yucatán.

Estadística	2010	2011	2012
No. de transectos	17	55	22
Mínimo	0.000	0.003	0.000
Máximo	0.480	0.060	0.015
Mediana	0.103	0.020	0.005
Media	0.129	0.022	0.005
Coeficiente de variación	0.981	0.616	0.856
Error estándar de la media	0.032	0.002	0.001
Límite inferior de la media (95%)	0.062	0.018	0.003
Límite superior de la media (95%)	0.196	0.025	0.006

Aspectos Sociales

Se realizaron 43 encuestas a pescadores de pepino de mar y 37 encuestas de vivienda de las familias de los pescadores (en total 142 integrantes). Con respecto al origen de los pescadores entrevistados, el 58% fueron oriundos de Sisal, 35% de otras localidades de Yucatán y el restante 7% fueron originarios de otros estados.

Con respecto a los índices de marginación estudiados se encontró que los porcentajes más altos fueron los de viviendas con algún nivel de hacinamiento (40%) y de la población con ingresos mensuales inferiores a $238.00 dólares americanos (26%). Sin embargo los índices de marginación calculados para la población de pescadores de pepino de mar de Sisal son màs bajos que los presentados para toda la población del municipio de Hunucmá, incluso en los dos indicadores más elevados para los pescadores de Sisal (Figura 5).

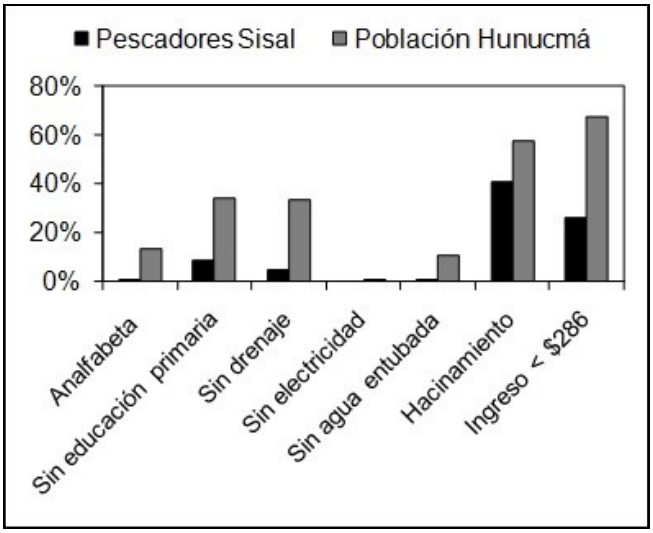

Figura 5. Indicadores de marginación de la población de pescadores de pepino de mar de Sisal. Se muestra la comparación respecto a los índices de marginación para la población del municipio de Hunucmá, Yucatán.

DISCUSIÓN

Un elemento clave a conocer en el inicio de una pesquería de invertebrados de escasa movilidad es el área de pesca, lo que tendrá relación con la distribución y abundancia del recurso, los cuales son aspectos claves para la elaboración de medidas de manejo de este tipo de recursos, por ejemplo estrategias de rotación de áreas de pesca y zonas de reserva o de restricción de pesca. En el presente estudio se incluyeron dos fuentes de información para la estimación del área total de pesca: la obtenida directamente con observadores a bordo de los viajes de pesca; y la que se obtuvo mediante entrevistas en puerto a la finalización de los viajes de pesca. Se hace esta distinción debido a la diferencia de precisión y confiabilidad entre las dos formas de estimación, siendo la obtenida con los observadores más precisa y confiable pero evidentemente con una menor cobertura. Sin embargo, tomando cualquiera de estas dos estimaciones, el punto relevante es el incremento del área total de pesca estimada del 2010 al 2012. Si bien es evidente que al inicio de una pesquería se de una expansión del área de pesca conforme se exploran nuevas zonas, no debe dejarse de lado que esto también refleja una disminución de los rendimientos en las zonas tradicionalmente explotadas.

Es notorio la disminución de la CPUE de 2012 con respecto a la CPUE estimada en 2010 y 2011. De esta forma, se puede hablar de una disminución de la CPUE del 28% con respecto al 2011 y del 43% con respecto al 2010. Tomando en cuenta el efecto de hiperestabilidad de la CPUE en este tipo de pesquerías, por la búsqueda y explotación de nuevas zonas de pesca conforme van disminuyendo los rendimientos en las zonas donde se inició la explotación, es muy probable que estos valores estén aun subestimados debido a la expansión del área total de pesca, lo que es aun más crítico.

Las estimaciones de densidad por medio de transectos concuerdan con la disminución de la CPUE registrada de 2010 a la fecha. Sin embargo la diminución en la densidad estimada por transectos fue mucho más pronunciada, alre-

dedor del 80% con respecto a lo estimado en el 2011. Por supuesto que la variabilidad en los datos es muy grande lo que implica una elevada incertidumbre en los estimadores de abundancia de la población, sin embargo debido a las características y circunstancias en que se ha dado la explotación de pepino de mar y de la biología del recurso, es muy probable la presencia de tales tendencias de declinación de la población.

Los métodos de reducción de stock o de depleción (Hilborn y Walters 1992) son considerados una herramienta poderosa para la estimación de tamaño poblacional cuando la información de la pesquería es muy limitada, como es común en pesquerías de reciente creación. Los métodos de reducción de stock o de depleción pueden ser aplicados para la estimación de disponibilidad y vulnerabilidad en la pesca del pepino de mar *I. badionotus* de Yucatán como han sido aplicados en otras pesquerías de pepino de mar (Trianni 2000) y otros invertebrados bentónicos (Perry et al. 1999). El objetivo es obtener estimaciones de abundancia que puedan ser ligadas a las medidas de manejo de la pesquería como cuotas de captura o nivel de esfuerzo de pesca. Además provén valiosa información acerca de cómo la población se ve afectada por las operaciones de pesca a través de la estimación del coeficiente de capturabilidad, el cual, en este caso, indica la velocidad a la que decrece la abundancia relativa por efecto de la pesca.

El principal problema de estos métodos es encontrar un índice de abundancia que sea proporcional al tamaño poblacional. En el caso de pesquerías de invertebrados bentónicos de escasa movilidad con formas de distribución en parches principalmente, la captura por unidad de esfuerzo no es considerado un buen indicador de la abundancia poblacional. Es muy común que la pesca se inicie en las zonas de mayor abundancia y conforme estas se van agotando el esfuerzo de pesca es dirigido a nuevas zonas con mejores abundancias, esto provoca que la captura por unidad de esfuerzo permanezca estable mientras que el tamaño de la población ha sido reducido, efecto conocido como hiperestabilidad (Harley et al. 2001). Por lo tanto, en este tipo de pesquerías es de vital importancia incorporar a los análisis la dinámica espacial tanto del recurso como de la pesquería.

En el caso de *I. badionotus* de Yucatán y su evaluación a través de los modelos de reducción de stock, el uso de la captura por unidad de esfuerzo como índice de abundancia está delimitado por las áreas de depleción. En este caso se tiene la posición de pesca y las fechas en las que se pescó en cada sitio, por lo que es razonable asumir que la captura por unidad de esfuerzo es un indicador de la abundancia cuando se toma en cuenta explícitamente la distribución espacial del esfuerzo de pesca.

En las nueve zonas de reducción de stock se presentó una tendencia de disminución de la captura por unidad de esfuerzo, lo que está directamente relacionado con la disminución de la abundancia en la zona debido a la pesca. Aunque el coeficiente de determinación de los modelos en algunos casos fue bajo, el patrón de disminución fue consistente en las nueve zonas.

Las tasas de cosecha encontradas junto con los días de pesca en cada zona y el área de pesca estimada dan un buen indicador de la vulnerabilidad del recurso. En forma general y tomando únicamente los promedios para las nueve zonas de reducción de stock, se tiene una tasa de cosecha de 35%, un promedio de 7 días de pesca y un área promedio de 2.95 km^2 (295 ha). Como se había mencionado la estimación de área en cada zona de reducción de stock es preliminar y deberá ser ajustada, sin embargo por la forma de análisis y delimitación de cada zona, puede considerarse que cada zona de reducción de stock puede comprender un parche de distribución de pepino de mar de alta abundancia. De esta forma se tendría que se requieren 7 días de pesca con el nivel de esfuerzo observado (327 horas de buceo) para reducir en 35% la abundancia local de un parche de distribución de pepino de mar en un área promedio de 2.95 km^2. Estas estimaciones son sólo del 2010 y se presentan com un indicador de la vulnerabilidad del recurso. Las estimaciones de abundancia relativa, densidad y vulnerabilidad presentan tendencias negativas que indican una disminución marcada dela población de *I. badionotus* frente a la costa de Sisal, Yucatán.

En cuanto a la administración de la pesquería, aunque se han establecido medidas de ordenación pesquera (DOF, 2012b), las temporadas de pesca se han desarrollado de una forma descontrolada y ninguna de las medidas de manejo han podido ser aplicadas completamente. Lo anterior se considera como un grave riesgo para la sustantabilidad de la pesquería. La pesca ilegal (pescadores sin permiso, pesca fuera de temporada y pesca por arriba de la cuota de captura establecida en la temporada de pesca) es uno de los principales problemas. Se requiere un esquema de manejo en el que todos los actores participen activamente para implementar medidas de ordenación consensadas que tengan la posibilidad de ser aplicadas y respetadas exitósamente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todas las Cooperativas de Producción Pesquera de Sisal con permiso de pesca de fomento de pepino de mar y que colaboraron en la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

Akamine, J. 2004. Historical overview on holothurian exploitation, utilization and trade in Japan. Paginas 39-48 en: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel y A. Mercier,(eds.) *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Italy.

Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability, a key parameter for fish stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **6**:221-242.

Arreguín-Sánchez, F. y T.J. Pitcher. 1999. Catchability estimates accounting for several sources of variation: aplication to the red grouper fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fishery Bulletin* **97**(4):746-757.

Bruckner, A.W. 2005. The recent status of sea cucumber fisheries in the continental United States of America. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* **22**:39-46.

Choo, P. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Asia. Paginas 81-118 en: *Sea Cucumbers: A Global Review of Fisheries and Trade.* Fisheries and Aquaculture Technical Paper 516. FAO, Rome, Italy.

CONAPO. 2012. Índice de marginación por localidad 2010. Colección: índices sociodemográficos. Consejo Nacional De Población. México, D. F. 325 pp.

DOF. 2012a. Acuerdo por el que se modifica el aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994. Diario Oficial de la Federación (segunda sección). México, D. F. 3 pp.

DOF. 2012b. Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación (segunda sección). México, D. F. 128 pp.

Harley, S.J., R. Myers y A. Dunn. 2001. Is catch-per unit effort proportional to abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**:1760-1772.

Herrero-Pérezrul, D. 2004. *Análisis de la Pesquería de Pepino de Mar en la Península de Baja California, México*. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, México. 143 pp.

Herrero-Pérezrul, M.D. y E.A. Chávez. 2005. Optimum yield of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, México. *International Journal of Tropical Biology* **53**:357-366.

Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York, New York USA. 570 pp.

Leslie, P.H. y H.S. Davis. 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *Journal of Animal Ecology* **8**:94-113.

López-Rocha, J.A. 2011. Disponibilidad y vulnerabilidad a la pesca del pepino de mar *Isostichopusbadionotus* frente a la costa de Sisal, Yucatán. Memorias del Segundo Simposium para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México. Cd. del Carmen, Campeche. 6-11 Junio de 2011. 152 – 153 pp.

López-Rocha J.A. 2012. Distribución y abundancia del pepino de mar *Isostichopus badionotus* frente a la costa de Sisal, Yucatan. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **64**:153-160.

Perry R.I., C.J. Walters, and J.A. Boutillier. 1999. A framework for providing scientific advice for the management of new and developing invertebrate fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **9**:125-150.

Purcell, S.W. 2010. Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. Editado/compilado por Lovatelli, A.; M. Vasconcellos y Y. Yimin. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. No. 520. FAO, Roma, Italia. 169 pp.

Purcell, S., A. Mercier, C. Conand, J. Hamel, M. Toral-Granda, A. Lovatelli y S. Uthicke. 2011. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* **14**:34-59.

Rodríguez-Gil, L.A. 2007a. El pepino de mar como un recurso potencial de la costa del estado de Yucatán, México. *Proceedings of Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **59**:255-262.

Rodríguez-Gil, L.A. 2007b. Informe Final del permiso de pesca e fomento DGOPA-09966.200906-4634 con vigencia del 29 de septiembre de 2006 al 28 de septiembre de 2007 a la Soc. de Producción Pesquera "Pescadores de Sisal" S.C.R.L. 49 pp. http://promepca.sep.gob.mx/archivospdf/produccion/Producto1097994.PDF (23/09/2011).

Toral-Granda, V., A. Lovatelli y M. Vasconcellos. 2008. *Sea Cucumbers. A Global Review of Fisheries and Trade.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. FAO, Rome, Italy. 317 pp.

Trianni M.S. 2000. Evaluation of the resource following the sea cucumber fishery of Saipan, Northern Mariana Islands. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium* **2**.