

Estimación de la Biomasa de Pepino de Mar (*Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*) en dos Áreas de la Costa de Yucatán entre Octubre del 2000 y Marzo del 2001

CARLOS ZETINA MOGUEL¹, VERÓNICA RIOS LARA², MANUEL KOYOC CRUZ¹, ISIS HERNANDEZ HERRERA¹, KENNETH CERVERA CERVERA², DAVID DE ANDA FUENTES², PATRICIA ARCEO BRISEÑO², ELISEO ORTIZ E³, y MARIO GUEVARA ORTIZ³

¹ Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán
Av. de Industrias no contaminantes por Periférico Norte
Mérida Yucatán, México

² Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpeten, Yucatan I.N.P.
A. P. 73. Progreso
Yucatán, México C.P. 97320

³ Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera
"Pescadores Unidos de San Felipe"

S.C. de R.L. Domicilio Conocido Puerto de San Felipe
Yucatán México C. P. 97616

RESUMEN

Las especies potencialmente comercializables en las costas de Yucatán son tres. *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*. El objetivo de este trabajo es evaluar la biomasa de estas tres especies en dos áreas de las costas de Yucatán, durante el periodo Octubre del año 2000 a Marzo del año 2001. Las áreas de interés están ubicadas en la costa oriental y central del Estado de Yucatán. El área de la costa oriental tiene una superficie aproximada de 596,803 ha y el área de la costa central tiene una superficie aproximada de 581,197 ha. La evaluación de la biomasa se hizo tomando como base conteos de organismos de cada especie en transectos. Los conteos se realizaron durante los meses de Octubre Marzo (2000-2001). Se hicieron estimaciones de densidad en número de organismos por metro cuadrado y por hectárea; Las estimaciones de densidad en número de organismos por hectárea para el área de la costa oriental son: *Astichopus multifidus*: 5.92, *Isostichopus badionotus*: 5.08, *Holothuria floridana*: 120, para la costa central son: *A. multifidus*: 32.18, *I. badionotus*: 25.29, *H. floridana*: 142.53. El peso medio en Kg de los individuos colectados de cada especie son: *A. multifidus*: 1.454, *I. badionotus*: 0.790, *H. floridana*: 0.118; la biomasa estimada para el área de la costa oriental en toneladas es: *A. multifidus*: 2 570, *I. badionotus*: 1 196 y *H. floridana*: 1 016. la Biomasa estimada para el área de la costa central en toneladas es: *A. multifidus*: 13 600, *I. badionotus*: 5 806 y *H. floridana*: 1 968. Esta estimación de biomasa se realizó considerando que *A. multifidus* ocupa solo un 50% de cada área de interés, *I. badionotus* también un 50% y *H. floridana* ocupa solo un 20 % de cada una de las áreas.

PALABRAS CLAVES: Pepino de Mar, *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*

**Sea Cucumber (*Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus*
Y *Holothuria floridana*) Biomass Estimation in
Two Areas of Yucatan Coast between October of 2000 to
March of 2001 Year**

ABSTRACT

There are three sea cucumber species potentially marketed from the Yucatan Coast: *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* and *Holothuria floridana*. The objective of this work was to get a biomass evaluation of these three species from two areas to Yucatan Coast during October (2000) to March (2001). The areas are located in the eastern and central coast of the Yucatan State, Mexico. The eastern coast area has an surface approximate of 596,803 ha, and the central coast area has an approximate surface of 581,197 ha. The biomass evaluation was made using counts of sea cucumbers of each specie in transects. The counts were made during October to March. Density were estimated in organism for square meters and organism for hectares. The density estimates in number of organism by hectare for the area of the eastern coast is: *Astichopus multifidus*: 5.92, *Isostichopus badionotus*: 5.08, *Holothuria floridana*: 120; for central coast are: *A. multifidus*: 32.18, *I. badionotus*: 25.29, *H. floridana*: 142.53. The average weight in kg. of the collected individuals of each specie is: *A. multifidus*: 1.454, *I. badionotus*: 0.790, *H. floridana*: 0.118; Biomass estimations for the area of the eastern coast in tons is: *A. multifidus*: 2,570, *I. badionotus*: 1,196 and *H. floridana*: 1,016. Biomass estimation for the area of the central coast in tons is: *A. multifidus*: 13,600, *I. badionotus*: 5,806 and *H. floridana*: 1,968. This biomass estimation was does considering that *A. multifidus* occupies only a 50% of each interest area, *I. badionotus* also a 50% and *H. floridana* occupies only a 20 % of each area.

KEY WORDS: Sea Cucumbers, *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*

INTRODUCCION

En Yucatán la pesca es una actividad económica de gran importancia, de ella dependen las comunidades de pescadores que habitan en la costa y durante la década pasada un gran número de campesinos se han integrado a la pesca. Esto dio como resultado un crecimiento considerable del esfuerzo pesquero de tal manera que en la actualidad se piensa que las pesquerías tradicionales como son la de mero, pulpo y langosta tienen un reducido margen de crecimiento si no es que ya han

alcanzado niveles de aprovechamiento pesquero que sobrepasan los niveles óptimos biológicos y/o económicos. Ante esta incapacidad de los recursos pesqueros tradicionales para soportar un crecimiento económico de la actividad, es posible hacer más eficiente el uso de la infraestructura pesquera existente, utilizándola en el aprovechamiento de recursos que hasta hoy no son sujetos a la pesca. Este trabajo es parte de un proyecto que tiene como objeto sentar las bases, mediante la adquisición de conocimientos científicos, para el aprovechamiento de un recurso pesquero con una gran demanda internacional y que en la actualidad no tiene mercado local ni nacional: el pepino de mar.

La primera fase del proyecto consistió en identificar las especies de pepino de mar de las costas de Yucatán que son potencialmente comercializables en el mercado internacional. Esto requirió una fase de prospección, colecta de ejemplares robustos y la identificación taxonómica, el trabajo fue realizado recientemente por Zetina et al. (2001) y el resultado fue la identificación de tres especies que son potencialmente comercializables: *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*. Otro aspecto importante que sirve como base para la definición de estrategias de aprovechamiento pesquero en un marco de sustentabilidad y manejo responsable, es la evaluación del tamaño y biomasa de las poblaciones.

Los métodos utilizados para la estimación del tamaño y biomasa de las poblaciones de pepinos de mar se basan en datos procedentes de las pesquerías o en observaciones directas como son el conteo de organismos en cuadrantes, transectos o métodos basados en mediciones de la distancia entre los organismos. La selección de la técnica depende de los objetivos y de las condiciones en que se harán las estimaciones, esto es: las características de distribución de la población en el ambiente natural y los recursos económicos disponibles, entre otras cosas (Conand 1986, Pérez-Ruzafa y Macos-Diego 1985). La mayor parte de las estimaciones de biomasa de pepino de mar realizadas en México, se han llevado a cabo en las costas del Pacífico y se refieren a *Isostichopus fuscus* e *I. parvimenses* (Fajardo y Vélez 1996). En el mar Caribe se han reportado algunas estimaciones de densidad, particularmente de la especie *Isostichopus badionotus* (Conde 1997). En las costas de Yucatán el único antecedente de estimación de la biomasa de pepinos de mar fue publicada por Ríos (2000) y no hace distinción entre las especies que conforman el recurso.

El objetivo de este trabajo es obtener una evaluación de la biomasa de tres especies de pepino de mar potencialmente comercializables (*Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*.) en dos áreas de las costas de Yucatán situadas en las inmediaciones del puerto de San Felipe (área de la costa oriental) y Progreso (área de la costa central), Yucatán, durante el periodo Octubre del año 2000 a Marzo del año 2001.

METODO

Para obtener estimaciones de densidad se realizaron campañas de colecta utilizando como técnica el buceo libre, semi autónomo (con manguera y compresor) y autónomo (tanques). Al inicio de las campañas se midió el tiempo en que tarda un buzo en recorrer una distancia de 50 metros, estas mediciones sirvieron como base para calcular el recorrido de un buzo durante diferentes tiempos de buceo. El área revisada por un buzo se estimó utilizando los cálculos de la distancia recorrida (largo) y el ancho calculado por una estimación de la visibilidad durante la operación de búsqueda. En cada buceada se contaron los organismos de cada especie recolectando algunos para obtener estimaciones de peso promedio de los organismos de cada especie. En las dos áreas de interés se realizaron buceadas durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2000, así como Enero, Febrero y Marzo del año 2001. Las buceadas tuvieron lugar en profundidades entre 1 y 20 metros de profundidad, casi siempre se iniciaron las buceadas en aguas profundas y se continuó con dirección a la costa hasta alcanzar las menores profundidades. En la costa oriental se recorrió un área de 30,716.7 m² y en la costa central se recorrieron 4 350 m².

El área de la costa oriente de Yucatán de interés en este estudio está comprendida en los cortes de la Costa de Yucatán con las longitudes 187° 35' Oeste y 88° 36' Oeste, el área de inferencia es de 596,803 ha. El área Central se ubica entre los cortes de la línea costera con las longitudes de 89° 16' y 90° 00' y el área de inferencia es de 581,197 ha.

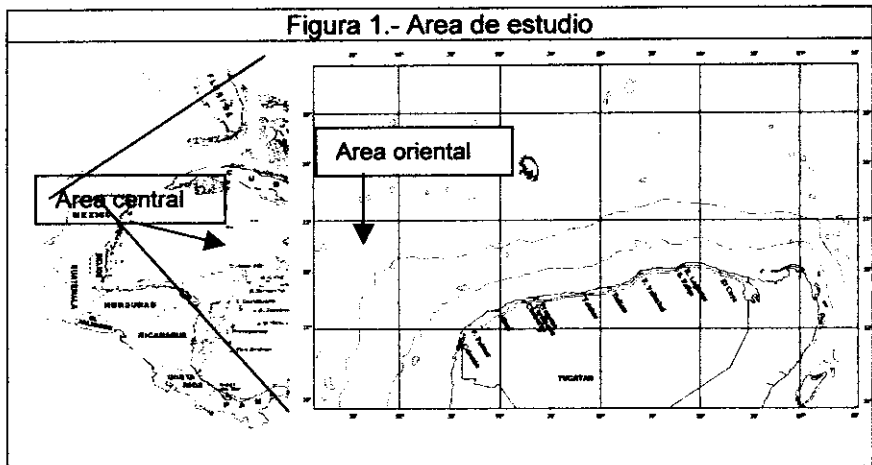


Figura 1. Area de estudio

La estimación de densidad para cada especie y área se obtuvo mediante la fórmula:

$$R = \frac{\sum n_i}{\sum a_i} = \frac{N}{A} \quad (1)$$

Donde:

R= estimación de la densidad

n_i = Número de organismos encontrados en el transecto i

a_i = Area recorrida en el transecto i, medida en m² o en Ha

A= Area total recorrida durante las buceadas, medida en m² o en Ha

N= Número total de organismos encontrados

La varianza estimada para R es:

$$Var(\hat{R}) = \frac{\sum n_i}{\sum a_i^2} \quad (2)$$

El cálculo del número total de organismos en cada área se calculó mediante la fórmula:

$$Norg(j) = R(j) * A(j) \quad (3)$$

Donde:

Norg (j) = Número de organismos en el área j

R(j) = Densidad promedio en el área j

A(j) = Area j

La varianza de la estimación del número de organismos en el área es:

$$Var(\hat{Norg}) = Cf * (\sum (n_i)^2 + (R^2) * \sum (a_i)^2) - (2 * R * \sum (n_i * a_i)) \quad (4)$$

Donde:

Cf es el factor de corrección por finictud.

$$Cf = ((\text{Areacostera}^*(A-1))/(A^*(A-1))) \quad (5)$$

Los límites para el error de estimación se obtuvieron en todos los casos por:

$$\text{LPEE} = \hat{e} \pm 1.96 \sqrt{\text{Var}(\hat{e})} \quad (6)$$

Donde:

LPEE = Límite para el error de estimación

\hat{e} = Estimación

La biomasa se calculó para cada especie multiplicando el número de organismos en cada j-ésima área por el peso promedio de los organismos encontrados. El peso fue medido en gramos de peso fresco y en tierra después de haber transportado a los organismos a los puertos:

$$B_{j,k} = N_{j,k} * \bar{W}_k \quad (7)$$

Los límites para el error de estimación inferior y superior de las estimaciones de biomasa se calcularon multiplicando el peso el límite calculado para el número de organismos en el área por el peso medio de los organismos de cada especie (Krebs 1989, Seber 1982).

RESULTADOS

En las tablas siguientes se presentan las estimaciones realizadas con base en las observaciones realizadas en el campo. Las estimaciones de biomasa que se reportan en la Tabla 1 difieren de las que se reportan en la Tabla 4, esto se debe a que en esta última se considera que las especies no se distribuyen en toda el área de inferencia, sino solo en una fracción de ellas cuya aproximación se consiguió calculando el porcentaje de ocurrencias de las especies en los transectos.

La estimaciones del porcentaje de ocurrencia de cada una de las especies en los transectos, presentados en la Tabla 3 se utilizaron para calcular la biomasa en cada una de las áreas, esto permite estimaciones más conservadoras entre que se tienen mejores criterios para realizar las estimaciones como son el tipo preferido de fondo y las evaluaciones de las áreas que cubren.

Tabla 1. Estimación de densidades en organismos por metro cuadrado (Org/m²) y por hectárea (Org/Ha) con estimaciones de varianza y límites para el error de estimación (LIPEE y LSPEE), totales poblacionales por área con cálculos de varianza y límites para el error de estimación, así como estimación de la biomasa en toneladas en el área y en kg por hectárea de *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana* en la costa oriental de Yucatán.

Costa oriental			
Parámetro	<i>A. multifidus</i>	<i>I. badionotus</i>	<i>H. floridana</i>
Densidades Org/m ²	0.0006	0.0005	0.012
Densidad Org/Ha	6	5	120
Abundancia	3,535,365	3,030,313	71,616,396
Cf	252,526	252,526	1,377,238
Var(Ab)	4,836,570	8,649,742	2,060,349
LIPEE	3,531,055	3,024,549	71,527,430
LSPEE	3,539,676	3,036,077	71,705,363
peso medio (kg)	1.45	0.79	0.07
Biomasa (Toneladas)	5,140	2,393	5,085
LIPEE	5,134	2,389	5,078
LSPEE	5,146,688	2,398,501	5,091,081
Biomasa (kg/ha)	8.6	4.0	8.5

Tabla 2. Estimación de densidades en organismos por metro cuadrado (Org/m²) y por hectárea (Org/Ha) con estimaciones de varianza y límites para el error de estimación (LIPEE y LSPEE), totales poblacionales por áreas con cálculos de varianza y límites para el error de estimación, así como estimación de la biomasa en toneladas en el área y en kg por hectárea de *Astichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana* en la costa central de Yucatán.

Costa central			
Parámetro	<i>A. multifidus</i>	<i>I. badionotus</i>	<i>H. floridana</i>
Densidades Org/m ²	0.003218	0.002529	0.014253
Densidad Org/ha	32.18	25.29	142.53
Abundancia	18,705,198	14,696,942	82,837,307
Var(Ab)	50,047,164	44,285,527	450,620,771
LP EEI	18,691,332.5	14,683,898.2	82,795,700.2
LP EES	18,719,064.1	14,709,984.8	82,878,913.3
peso medio (kg)	1.45	0.79	0.12
Biomasa (Toneladas)	27,197.358	11,610.584	9,774.802
LP EEI	27,177	11,600	9,770
LP EES	27,218	11,629	9,780
Biomasa (kg/ha)	47	20	17

Tabla 3. Estimación del porcentaje de ocurrencia de cada una de las especies en los transectos.

Especie	Costa Oriental	Costa Central
<i>Astichopus multifidus</i>	43%	55%
<i>Isostichopus badiionotus</i>	43%	55%
<i>Holothuria floridana</i>	19%	22%

Tabla 4. Estimación de Biomasa en kg. de tres especies comercializables de pepino de mar en las costas oriental y central de Yucatán. Este cálculo de la biomasa se basa en porcentajes aproximados de áreas de distribución de las especies en relación al área aproximada sujeta a solicitud o con permiso de pesca de fomento, la aproximación se basó en el porcentaje de ocurrencia de las especies en los transectos.

Area Costera	Area en Hectáreas	<i>A. multifidus</i> (50% del área solicitada)	<i>I. badiionotus</i> (50% del área solicitada)	<i>H. floridana</i> (20% del área solicitada)
Oriental	596,803	2,570,133	1,196,591	1,016,953
Central	581,197	13,600,015	5,806,160	1,967,934

DISCUSION

En relación al método de conteo de organismos es importante señalar que el trabajo en transectos pequeños (50 m o menos) resulta inconveniente para el área de estudio, esto se debe a que las densidades de pepino de mar, inducen un gran número de transectos que no tienen organismos, por otra parte los costos asociados a muestreos utilizando transectos cortos se incrementan y lo más importante es que requiere de un mayor número de ascensos e inmersiones de los buzos en áreas profundas (rebotes) lo que facilita la ocurrencia de accidentes de buceo. El usar transectos largos tiene el inconveniente de que se introduce cierta imprecisión en las mediciones o cálculo de las distancias, sin embargo en esta área de estudio en nuestra opinión los inconvenientes son menores que los causados por los transectos cortos.

Los métodos de estimación utilizados en este trabajo suponen que las observaciones fueron realizadas sin incertidumbre, es decir que las mediciones de áreas medidas y el conteo de organismos se hizo con un 100% de detectabilidad. Si bien en el futuro se utilizarán estimadores más apropiados, consideramos que los utilizados son más convenientes en esta primera aproximación ya que permiten estimaciones conservadoras. Algunas observaciones en las áreas de estudio realizadas durante la noche, mostraron densidades de *H. floridana* mucho mayores de las que se pueden observar durante el día. Durante la noche muchos organismos

enterrados en áreas fangosas emergen a la superficie del fondo del mar alcanzando densidades hasta de 15 organismos por metro cuadrado.

Las estimaciones de densidad que se obtuvieron en este trabajo son bajas en relación a las reportadas para otras especies de pepino de mar (0.59 a 0.03 organismos/m²) del Pacífico mexicano reportados en el Libro de "Sustentabilidad y Pesca Responsable en México" y que proceden principalmente de las costas de la Baja California Sur (Aguilar et al. 2000), sin embargo es posible que las estimaciones del Pacífico se basen en conteos realizados sobre agrupaciones de organismos. En relación a las estimaciones reportadas por Ríos (2000), en el orden de 5.47 organismos/ha, las densidades de este trabajo son elevadas. La explicación que tenemos a esta diferencia es que el trabajo de Ríos *op cit.* estaba orientado principalmente al conteo de langostas y los datos de pepino fueron secundarios, por otra parte a excepción de *A. multifidus*, las otras dos especies robustas comunes en las costas de Yucatán (*I. badionotus* y *H. floridana*) tienden a ocupar grietas o se entierran en el fondo de manera que su detectabilidad disminuye, además el estimador utilizado por Ríos incorpora una detectabilidad menor al 100% a diferencia de este trabajo. En relación a las densidades reportadas para *I. badionotus* en otras partes del Mar Caribe de 7.66 org/ha (Conde 1997), las densidades estimadas para el área oriental es similar y estadísticamente igual con un nivel de significancia de 0.05. Sin embargo, las densidades estimadas para la costa central son significativamente más altas.

Los resultados de este trabajo sugieren que la biomasa en las áreas y de las tres especies estudiadas, permiten realizar estudios de pesca en áreas definidas (modelos de decaimiento) y la evaluación de los tiempos de recuperación de la biomasa en dichas áreas.

CONCLUSIONES

Las técnicas de observación para la obtención de datos de densidad no pueden ser homogéneas para estudiar las especies de pepino de mar presentes en las costas de Yucatán. En algunas áreas y condiciones es necesario realizar adecuaciones en términos de tamaño de los transectos y modo de realizar los conteos. En trabajos subsecuentes es conveniente utilizar estimadores como los descritos por Ríos (2000).

Las estimaciones realizadas en el presente trabajo muestran densidades y biomasa de pepino de mar que resultan adecuadas para el establecimiento de una pesquería, sin embargo para establecerla bajo un marco de desarrollo sustentable y pesca responsable, es necesario profundizar el estudio de características de la población como crecimiento individual y diferentes aspectos de reproducción y reclutamiento, así como otros tópicos de la biología y ecología de los pepinos de mar en la región.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CONACyT-SISIERRA, al Instituto Nacional de la Pesca, a la Facultad de Ingeniería de la UADY, a la S. C. de P. P. "Pescadores Unidos de San Felipe", a Mauricio Garduño, Ramón Díaz, Efraín Ortiz, Javier Rivas, Carlos Herrera, Domingo Addiego, José Luis Carrillo, Roberto Centeno, Francisco Duarte, Elba Castillo, Roger Méndez y Carlos Quintal por el apoyo económico, material y técnico manifestado, el cual hizo posible la realización de este documento.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, A., M.C. Fajardo, J.A. Maso, G. Ramírez, y A. Gutierrez. 2000. Pepino de mar. En: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. SEMARNAP. INP. México.
- Conand, C., M. De San, G. Refeno, G. Razafitseheno, E. Mara, and S. Andriajatovo. 1998. Sustainable management of the sea cucumber fishery sector in Madagascar. *Beche de Mer Information Bulletin* # 10
- Conde J.E., Díaz H, and Sambrano A. 1991. Disintegration of holothurian fecal pellets in beds of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Journal of Coastal Research* 7:853
- Conde, J.E. 1997. Una historia de sushi, sedimentos y codicia holothurios o pepinos de mar. *Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*. Vol. 7. No. 39.
- Fajardo Ma. Y A. Velez 1996. Pesquería de pepino de mar. en: Valdéz M. y G. Ponce (eds.) *Estado del Potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*.
- Krebs C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. USA.
- Ríos-Lara, G.V. 2000. Evaluación de la población de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y otros recursos bentónicos de las costa del Estado de Yucatán y el Arrecife Alacranes, utilizando el conteo de organismos. Tesis de Licenciatura. Universidad Simón Bolívar. 87 pp.
- Seber, G.A.F. 1982. *The Estimation of Animal Abundance*. Edward Arnold. United Kingdom.