Sea Cucumber Population and Biomass Estimate for New Fishing Limit Assignation in Sisal Fishing Cooperative, through the Yucatan State Coast

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ GIL[1], CARLOS F. REYES SOSA,
RAMIRO ALPIZAR CARRILLO y JORGE TELLO CETINA
[1]*Laboratorio Aprovechamiento Recursos Marinos,*
Instituto Tecnológico de Mérida.
Km5. Carretera Mérida-Progreso, Mérida, Yucatán, México.97118

ABSTRACT

Three are the main fisheries developed across the coast of Yucatan; Grouper, Lobster and Octopus. Coastal Fisheries in the last years has notably diminished, due to a growing fishing effort. Facing this situation, sea cucumber fishery in Yucatan State waters, has resulted as a potential alternative in order to diversify fisheries in the state, due to the increasing demand for this product in the Asian market. In order to participate in this fishery is necessary to evaluate its situation. Reason why, the purpose of this study is to present an abundance and biomass estimation for sea cucumber in order to assign a proper fishing limit, being the only way to manage this resource through a promotional fishery permit. A 25 station network was established in order to dive and study population, separated 4 nautical miles from each other, all through the zone assigned to this cooperative. Information was obtained through submarine observation using SCUBA, running a lineal distance (transect) of 150 m, and a wide spread of 4 m. To estimate total zone population and biomass, consideration of the amount observed was accounted. The estimation of biomass to be exploited was 438.62 T, considering 2 % of the total biomass in a granted fishing area of 114,747.67 Hectares. It is recommended to evaluate sea cucumber population answer capacity to this promotional fishery and also to estimate an annual quota before open fisheries is granted, in order to maintain the resource in a responsible and sustainable way.

KEY WORDS: Sea Cucumber, Biomass Estimation, Fishing Quota.

Estimación de la Abundancia Poblacional y Biomasa del Pepino de Mar para la Asignación de Cuota de Pesca a la Cooperativa Pescadores de Sisal, en la Costa del Estado de Yucatán, México

Tres son las principales pesquerías en las costas del Estado de Yucatán: Mero, Langosta y Pulpo. La pesca ribereña en los últimos años ha disminuido notablemente, debido a un aumento en el esfuerzo pesquero. Ante esta situación el recurso pepino de mar en el Estado de Yucatán, resulta ser una alternativa potencial para la diversificación de la pesca en el Estado, debido a que este recurso pepino de mar actualmente tiene una fuerte demanda en el mercado Asiático. Para poder participar en esta pesquería es necesario evaluar el recurso. Por lo que, el propósito de este trabajo es presentar la estimación de la abundancia poblacional y biomasa del pepino de mar para la asignación de cuota de pesca a través de permiso de pesca de fomento. Se diseñó una red de 25 estaciones para realizar los muestreos, separadas a una distancia de cuatro millas náuticas entre si, en la zona asignada a la cooperativa. La información se obtuvo mediante observaciones submarinas por buceo autónomo (SCUBA), recorriendo una distancia (transecto) lineal de 150 m y un ancho de banda de 4 m. Para la estimación de la población y biomasa total de la zona de trabajo, se tomó en consideración a la población y biomasa total muestreada. La estimación de la biomasa a ser explotada fue de 438.62 T., considerando el 2 % de la biomasa total en una un área concesionada total de 114, 747.67 ha. Se recomienda evaluar la capacidad de respuesta de la población de pepino a la pesca de fomento y estimar la cuota anual antes de la pesca, que contribuya a mantener el recurso de una manera responsable y sustentable.

PALABRAS CLAVES: Pepino de Mar, Estimación de Biomasa, Cuota de Pesca

INTRODUCCION

Importancia

La importancia del pepino de mar comenzó hace más de mil años en el lejano oriente. En el siglo XXI esta pesquería se expandió con China como el principal importador mundial. Durante el presente siglo se abrieron al comercio internacional también los mercados de Japón, Corea, Singapur y Taiwán (Conan y Sloam 1988).

Aunque son diez las especies que se comercializan a nivel internacional, en las estadísticas de la FAO (1995) se agrupa a todas estas con otros equinodermos, como son el erizo de mar y la estrella de mar. Por ello, es difícil saber cual es el nivel de producción de pepino de mar en el mundo.

En México la demanda por el pepino de mar fomentó el inicio de la captura comercial en la región del Pacífico Mexicano y Golfo de California a partir de 1988, principalmente en los dos litorales de la península de Baja California. La Producción anual llegó a superar las 2,400 toneladas en 1991. En 1993 el estado de Baja California el valor que se obtuvo con este recurso fue de aproximadamente un millón y medio de dólares por su exportación como producto procesado (Salgado 1994).

La única manera de acceder a estas especies es en forma precautoria mediante permisos de pesca de fomento, bajo los términos y condiciones que marca la Ley de Pesca y su Reglamento. Se contempla de esa forma la posibili-

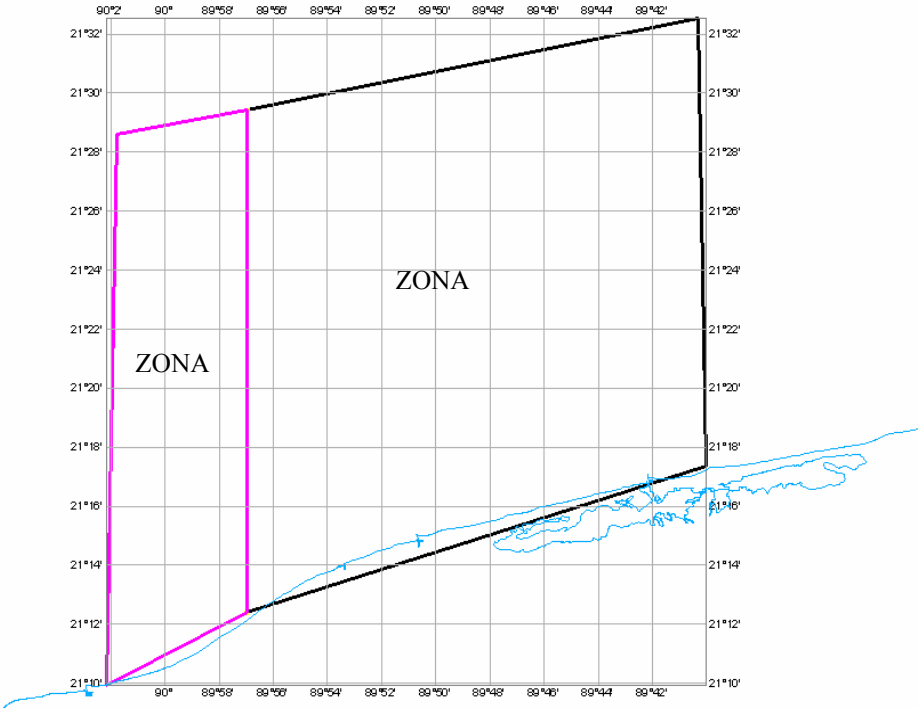

Figura 1. Localización del área de estudio en las Zonas 1 y 2 y la localización de dos bancos frente a la costa de los puertos de Sisal y Progreso, Yucatán.

dad de permitir el desarrollo de proyectos de investigación mediante permisos de pesca de fomento para coadyuvar al conocimiento de recursos pesqueros que poseen alguna característica particular que les impide ser aprovechados bajo esquemas comerciales, como es el caso específico del pepino de mar.

En nuestro estado se tiene conocimiento que este recurso se ha estado explotando desde hace aproximadamente ocho años y que existe una pesca actualmente ilegal. Se otorgo pesca de fomento en el año 2001 en el estado de Yucatán, pero por causa de los efectos de la marea roja no fue posible tener resultados pues las poblaciones de pepino fueron severamente afectadas.

Por lo que el propósito del INP es que de una manera formal y continua, se generen conocimientos básicos sobre la biología, ecología y dinámica poblacional del recurso, con dos objetivos primordiales: reunir elementos suficientes para evaluar la capacidad regenerativa de las poblaciones silvestres y concluir en la posibilidad de llevar o no, a cabo una captura comercial.

Mucha información se ha generado en el litoral del pacifico con la especie *Isostichopus fuscus*; por lo que, es necesario generar información para las especies de la costa del Estado de Yucatán.

Los pepinos de mar pertenecen al Phylum Echinodermata y en México se distribuyen tanto el litoral del Pacifico como en el Golfo de México y el Caribe.

El sustrato en el que vive es principalmente de tipo rocoso y pedregoso, aunque se le encuentra también en fondos de conchas y arcillas, así como entre algas, si existen en la zona. La profundidad de distribución va de los 0.50 m hasta los 61 m (Kerstitch 1989), aunque normalmente la máxima profundidad es de 33 m.

Los individuos pequeños (60 a 160 mm) se localizan principalmente dentro de oquedades y grietas entre las piedras, así como debajo de las mismas, mientras que organismos de tallas grandes se encuentran principalmente sobre piedras y rocas; además son individuos de hábitos nocturnos.

Los sexos son separados, sin embargo, ocasionalmente se han registrado individuos hermafroditas (Herrero-Pérezrul, 1994). No hay dimorfismo sexual externo. La proporción sexual es 1:1. La gónada presenta cinco estadios de desarrollo: indiferenciado, gametogénesis, madurez, desove y postdesove. El ciclo reproductor es anual, con un desove en verano (Salgado-Castro 1994, Herrero-Pérezrul 1994, Fajardo-León *et al*. 1995).

El desarrollo gonádico y el índice gonadosomático, están relacionados con variaciones en la temperatura; ésta juega un papel importante como sincronizador del ciclo reproductor pero no como activador del desove (Herrero-Pérezrul 1994, Fajardo *et al*. 1995).

La posición taxonómica de las especies que se han encontrado en la zona que se solicita para el estudio son las que se enlistan a continuación, sin embargo, cabe la posibilidad de encontrar otras especies no mencionadas para la costa del estado de Yucatán.

Figura.2. Mapa de distribución de estaciones muestreo de la zona 1 y 2 asignados a la cooperativa Pescadores de Sisal

Phylum	Echinodermata
Subphylum	Equinozoa
Clase:	Holothuroidea
Orden:	Aspidochiratidae
Familia:	Holothuridae
Géneros:	*Isostichopus*, y *Holothuria*
Especies:	*I. badionotus* y *H. floridana*

Uno de los datos biológicos importantes que se deben conocer es su distribución y su densidad promedio basado en el número de organismos/m^2, que permita calcular la biomasa total para un área determinada.

Por lo que, la finalidad de este trabajo es la de concertar los esfuerzos de los productores (entidades privadas y organizaciones sociales) e instituciones de investigación del sector público (INP) y académicas Instituto Tecnológico de Mérida) en el establecimiento y desarrollo de la pesquería de pepino de mar bajo una perspectiva de desarrollo sustentable, ante la problemática de la sobreexplotación de la pesca en el estado de Yucatán, lo cual es una alternativa de pesca que debe considerarse para mejorara la calidad de vida de los pescadores y por ende mejorar sus ingresos; por medio de estimar la abundancia poblacional y la biomasa en un área asignada a una cooperativa por medio de la pesca de fomento.

MATERIALES Y METODOS

Area de Estudio

El área de estudio concesionada se dividió en dos zonas: la zona 1 con área un total de 28,272.24 ha y la zona 2 con 86,475.43 ha, correspondiendo a un área total concesionada de 114, 747.67 ha y comprende entre los puertos de Progreso y Sisal de la costa del Estado de Yucatán, Mèxico (Figura 1).

Estaciones de muestreo

Se diseñó una red de 25 estaciones para realizar los muestreos, separadas a una distancia de cuatro millas náuticas entre si y que comprenden las dos aéreas de estudio (Figura 2).

Evaluación de las Poblaciones

Para definir la metodología de evaluación de las poblaciones de pepino de mar se obtiene la siguiente información:

i) Observación directa del tipo de fondo en el área de pesca por medio de buceo.
ii) Distribución batimétrica de este organismo así como las zonas de mayor concentración (bancos).

Una vez obtenida esta información se aplica un muestreo aleatorio estratificado en las áreas referidas con mayor abundancia.

Por medio de buceo autónomo se realizan las observaciones de abundancia utilizando una cuerda emplomada de veinticinco (150) metros de longitud la cual se extiende en el lecho marino, una vez colocada ésta, el buzo desciende al fondo y recorre la longitud de la cuerda contando y recolectando todos los organismos que encuentra en una amplitud de cuatro (4) metros de ancho, resultando un área de 600 m^2 de área muestreada para cada estación (Figura 3).

Cálculo de la Abundancia de la Población

Para el cálculo de la población total de la zona de trabajo, se tomó en consideración a la población total muestreada, y luego esta población se extrapoló para toda el área de trabajo, esto nos dio como resultado la población total de pepinos en el área.

Cálculo de la Biomasa para las Zonas de Muestreo

Formula utilizada para el cálculo de la biomasa en la Zona de trabajo:

$$BT\ (\text{zona de muestreo}) = \frac{\sum_{i=1}^{n} BTE \times AT}{ATM}$$

donde:

BT = Biomasa Total Zona de muestreo
BTE = Biomasa Total de las Estaciones muestreadas en la Zona de muestreo
AT = Area Total Zona de muesteo
ATM = Area Total en la Zona Muestreada

$$BT\ (\text{zona de muestreo}) = \frac{kg \times ha}{ha} = Kg$$

donde:

BT (zona de muesteo) = kg de pepino fresco

RESULTADOS

Población total estimada de pepinos Zona 1

En la zona 1, se encontraron un total de 213 pepinos de los cuales 208 (97.65%) fueron de la especie *Isostichopus badionotus* y 5 (2.35%) de la especie *Astichopus multifidus*, estos organismos fueron colectados en 9 estaciones, dichas estaciones suman un área total de muestreo de 5,400 m^2**.**

a) Conversión del área muestreada de m^2 a hectáreas.

En base a que una hectárea (ha) corresponde a 10,000 m^2, y el área total muestreada fue de 5,400 m^2 se tiene como resultado que el área muestreada equivale a 0.54 ha.

Esta área de 0.54 ha corresponde a una población de 213 pepinos (Tabla 1).

b) Cálculo de la población total de pepinos en la zona 1.

Teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total de 28,272.24541958 ha

Para el cálculo de la población total de la zona 1, se tomó en consideración que la población total muestreada fue de 213 individuos, corresponde a un área muestreada de 0.54 ha, y teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total de 28,272.24 ha; esto da como resultado una población total para la zona 1 de 11, 151,830.13 pepinos.

Población de *Isostichopus badionotus* en la Sona 1

Para el cálculo de la población total de los pepinos *I. badionotus* de la zona 1, se tomó en consideración que la población total muestreada de *I. badionotus* con 208 individuos, corresponde a un área muestreada de 0.54 ha, y teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total de 28,272.24541958 ha; esto da como resultado una población total para la zona 1 de 10, 890,050.08 pepinos de la especie *I. badionotus.*

Población de *Astichopus multifidus* en la Zona 1.

Para el cálculo de la población total de los pepinos *A. multifidus* de la zona 1, se tomó en consideración que la población total muestreada de *A. multifidus* con 5 individuos (Tabla 2), corresponde a un área muestreada de 0.54 ha, y teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total de 28,272.24 ha; esto da como resultado una población total para la zona 1 de 261,780.05 pepinos de la especie *A. multifidus.*

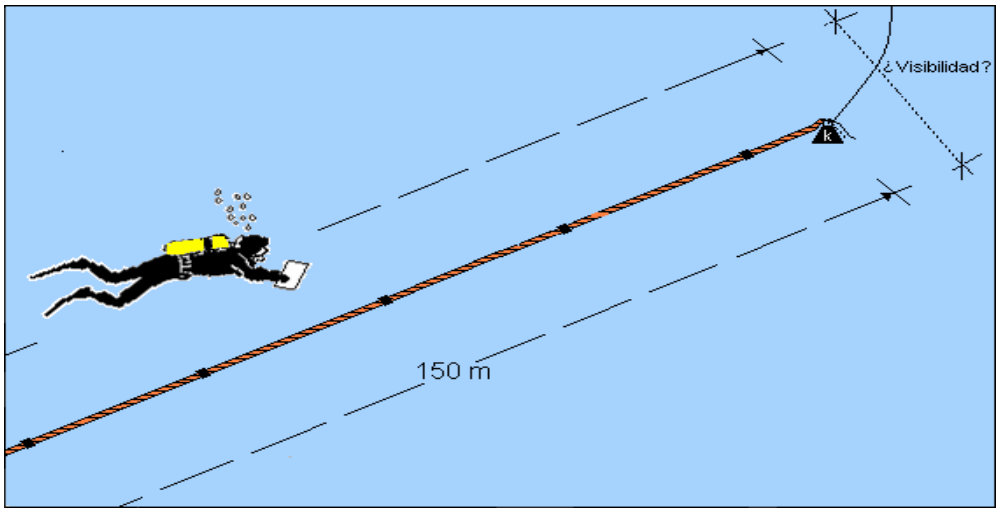

Figura. 3. Metodología de recolecta y conteo de la abundancia de pepino de mar por cada estación

Tabla 1. Estaciones de la zona 1, con el número de pepinos capturados (*I. badionotus* y *A. multifidus*), y la biomasa que representan los mismos en el área de las estaciones.

ZONA 1			
# Estación	# de Pepinos	Biomas (kg)	Área Muestreo (m^2)
49	9	3.320	600
50	104	40.414	600
51	17	9.618	600
* 52	0	0	600
53	10	4.997	600
54	41	16.933	600
55	1	0.415	600
56	15	7.548	600
193	16	8.011	600
TOTAL	213	91.256	5,400

Tabla 2. Estaciones de la zona 1 con el número de pepinos *A. multifidus* capturados, y la biomasa que representan los mismos en el área de las estaciones

ZONA 1			
# Estación	# de Pepinos	Biomas (kg)	Área Muestreo m^2
49	0	0	600
50	2	0.808	600
51	2	1.108	600
52	0	0	600
53	0	0	600
54	0	0	600
55	0	0	600
56	0	0	600
193	1	546.0	600
TOTAL	5	2.462	5,400

Población total estimada de pepinos Zona 2

En la zona 2, se encontraron un total de 391 pepinos de los cuales 380 (97.20%) fueron de la especie *I. badionotus* y 11 (2.80%) de la especie *A. multifidus*, estos organismos fueron colectados en 16 estaciones, dichas estaciones suman un área total de muestreo de 8,700 m^2**.**

a) Conversión del área muestreada de m^2 a hectáreas.

En base a que una hectárea (ha) corresponde a 10,000 m^2, y el área total muestreada fue de 8,700 m^2 (Tabla 3), se tiene como resultado que el área muestreada equivale a 0.87 ha.

Esta área de 0.87 ha corresponde a una población total de 391 pepinos.

b) Cálculo de la población total de pepinos en la zona 2.

Teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43 ha .

Para el cálculo de la población total de la zona 2, se tomó en consideración que la población total muestreada de corresponde a un área muestreada de 0.87 ha, y teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43 ha; esto da como resultado una población total para la zona 2 de 38, 864,245.37 pepinos.

Población de *Isostichopus badionotus* en la Zona 2.

Para el cálculo de la población total de los pepinos *I. badionotus* de la zona 2, se tomó en consideración que la población total muestreada de 380 pepinos, corresponde a un área muestreada de 0.87 ha, y teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43087269 ha; esto da como resultado una población total para la zona 2 de 37, 770,878.85 pepinos.

Población de *Astichopus multifidus* en la Zona 2

Para el cálculo de la población total de los pepinos *A. multifidus* de la zona 2, se tomó en consideración que la población total muestreada fue de 11 pepinos (Tabla 4), corresponde a un área muestreada de 0.87 ha, y teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43 ha; esto da como resultado una población total para la zona 2 de 1, 093,367.52 pepinos.

Biomasa total estimada de pepinos Zona 1

a) Conversión del área muestreada de m^2 a hectáreas.

En base a que una hectárea (ha) corresponde a 10,000 m^2, y el área total muestreada fue de 5,400 m^2 (Tabla 1), se tiene como resultado que el área muestreada equivale a 0.54 ha.

Esta área de 0.54 ha corresponde a una biomasa total de 91.256 kg.

b) Cálculo de la biomasa total de la zona 1.

Teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total de 28,272.24 ha .

Para el cálculo de la biomasa total de la zona 1, se tomó en consideración que la biomasa total muestreada de 91,256 kg corresponde a un área muestreada de 0.54 ha, y teniendo en cuenta que la zona 1 tiene como área un total

Tabla 3. Estaciones de la zona 2 con el número de pepinos capturados (*I. badionotus* y *A. multifidus*), y la biomasa que representan los mismos en el área de las estaciones.

ZONA 2			
# Estación	# de Pepinos	Biomas (kg)	Área Muestreo m^2
58	11	2.671	600
59	8	1.811	600
60	70	27.750	600
61	12	7.105	600
* 63	0	0	600
64	6	2.944	450
65	100	23.590	600
66	18	11.600	600
67	3	1.127	600
68	2	0.927	300
69	39	25.900	600
70	55	38.490	600
* 71	0	0	450
72	3	1.637	300
73	40	16.800	600
74	24	10.250	600
TOTAL	391	172.602	8,700

Tabla 4. Estaciones de la zona 2 con el número de pepinos *A. multifidus* capturados, y la biomasa que representan los mismos en el área de las estaciones. * No se encontraron pepinos en las estaciones.

ZONA 2			
# Estación	# de Pepinos	Biomas (kg)	Área Muestreo m^2
58	0	0	600
59	0	0	600
60	0	0	600
61	0	0	600
* 63	0	0	600
64	0	0	450
65	0	0	600
66	0	0	600
67	0	0	600
68	0	0	300
69	6	5.850	600
70	4	5.500	600
* 71	0	0	450
72	0	0	300
73	1	0.400	600
74	0	0	600
TOTAL	11		8,700

de 28,272.24541958 ha; esto da como resultado una biomasa total para la zona 1 de 4, 777,800.05185 kg.

Esto corresponde a 4,777.800 T de pepino fresco**.**

Tomando en consideración que la Dirección General de Ordenamiento Pesquero y Acuícola de la CONAPESCA autoriza una cuota de captura de extracción susceptible a explotación del 2% de la biomasa estimada de la captura del pepino de mar. Y teniendo en cuenta que la biomasa total estimada para la zona 1, es de:

4,777.800 T X 0.02 = 95.5 T

Se sugiere que la cuota de captura debe ser reconsiderada, puesto que la cuota anterior asignada es de 23.5 T (de peso entero fresco de pepino de mar).

Determinación de la biomasa en la Zona 2

Estimaciones previas.

Para determinar la biomasa en la Zona 2 fue necesario estimar el área total de dicha zona, el cual correspondió a un total de 86,475.43087269 ha.También fue necesario utilizar la biomasa total de muestreo de **172.602** kg resultante de un total de 391 pepinos los cuales fueron colectados en 16 estaciones, dichas estaciones suman un área total de muestreo de 8,700 m^2. Estas estaciones fueron asignadas y se encuentran en la zona 2 (Tabla 4).

Cálculo de la Biomasa

a) Conversión del área muestreada de m^2 a hectáreas.

En base a que una hectárea (ha) corresponde a 10,000 m^2, y el área total muestreada fue de 8,700 m^2 se tiene como resultado que el área muestreada equivale a 0.87 ha.

Esta área de 0.87 ha corresponde a una biomasa total de 172.602 kg.

b) Cálculo de la biomasa total de la zona 2.

Teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43087269 ha.

Para el cálculo de la biomasa total de la zona 2, se tomó en consideración que la biomasa total muestreada de

172.602 kg corresponde a un área muestreada de 0.87 ha, y teniendo en cuenta que la zona 2 tiene como área un total de 86,475.43087269 ha; esto da como resultado una biomasa total para la zona 2 de **17, 156,129.1** kg.

Esto corresponde a **17,156.1291** T de pepino fresco**.**

Tomando en consideración que la Dirección General de Ordenamiento Pesquero y Acuícola de la CONAPESCA autoriza una cuota de captura de extracción susceptible a explotación del 2% de la biomasa estimada de la captura del pepino de mar. Teniendo en cuenta que la biomasa total estimada para la zona 2, es de:

17,156.1291 T X 0.02 = **343.12** T

Como resultado del estudio de prospección, se sugiere que la biomasa existente estimada en la zona 2 es de **343.12** T (de peso entero fresco de pepino de mar) sería la cuota de captura que se propone para la zona 2.

CONCLUSIONES

Se concluye que para la zona 1 se encuentra una población total igual a 11, 151,830.13 pepinos, y una biomasa igual a 4, 777,800.05185 kg.

El 2 % de la biomasa total de la zona 1 es de 95.5 T .

Y que para la zona 2 de muestreo se encontró una población total igual a 38, 864,245.37 pepinos. Esto representa una biomasa para la misma zona de 17, 156,129.1kg.

El 2 % de la biomasa total de la zona 2 es de 343.12 T .

El 2 % es el porcentaje que recomienda la Dirección General de Ordenamiento Pesquero y Acuícola de la CONAPESCA, para estimar de la biomasa a explotar, de la biomasa total estimada pepinos en la Zona 1 y 2 = 50,016,075.5 pepinos.

Con relación a la Biomasa Total Estimada en la Zona 1 y 2 es de 438.62 T

RECONOCIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Cooperativa Pescadores de Sisal, ubicada en el Puerto de Progreso por el apoyo al muestreo el área de estudio, así como al Instituto Nacional de la Pesca por darle validez al trabajo y a la Fundación Produce Yucatán por el apoyo económico.

LITERATURA CITADA

Atlas Pesquerode México. 1994. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca.

Bakus, G.l ,1968. Defensive Mechanisms and ecology of some tropical holothurians. *Marine Biology* **2**(1):23- 32.

Bakus, G.l 1973. The biology and ecology of tropical holothurians. Pages 325-367 in: *Biology and Geology of Coral Reefs. Volume 11*: . Academic Press. New York, London.

Billet, D.S.M. and B. Hansen. 1989. Abyssal aggregations of *Kolga hyalina* Danielssen and Koren (Echinodermata: Holothurioldea) in the northeast Atlantic Ocean: a preliminary report *Deep Sea Research* **29**(7A):799- 818.

Borstow, M.H. 1977. Holothurians and toxins. Pages 184-189 in: J. Knerger (ed.) *Pharmacology.* Marine Publisher Company, Huntington, New York USA.

Brand, T. and E. Muñoz Ley. 1980. On the newly discovered relationship between the parasitic gastropod *Balcis catalinensis* and its holothurian host *Brandtothuria arenicola. Bulletin of the American Malacological Union* : 5 - 10.

Brower, J.E. y J.H. Zar. 1981. *Field and Laboratory Methods for General Ecology.* Wm. C. Brown Comp. Publishers U SA. 194 pp.

Buitrón-Sánchez, B.E.y F.A. Solís-Marín. 1993. La biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. Vol. Esp. (XLIV) Rev. Soco Mex. Hist. Nat. 209-231 pp.

Cameron, lL. Y P.v. Fankboner. 1986. Reproductive biology of the sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodennata: Holothuroidea). 1. Reproductive periodicity and spawning behavior. *Canadian Journal of Zoo1ogy* **64**:168- 175.

Campos- Villarroel, R.A.and O. Macsotay. 1979. Nociones sobre técnicas de colección, transporte y preservacion de invertebrados marinos. *Boletin Sociedad Venezolana Ciencias Naturales* **136**(XXXIV): 157- 205.

Castro Salgado, L.R. 1994. Opciones de manejo del recurso *Isostichopus fuscus del* mar de Cortés Baja California, México. Revista del X Simposium. Insituto de Biologico Marina, Ensenada, México.

Conand, C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the Lagoon of new Ca1edonia. *Bulletin of Marine Science* **31**(3):523-543.