

## Primeras experiencias para el desarrollo del cultivo de holoturidos (*Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*) endémicos del golfo de México.

Miguel Rodríguez-Serna<sup>1</sup>, Claudia Carmona-Osalde<sup>1</sup>, Xóchitl Guzmán-García<sup>2</sup>, Puerto-Novelo, E.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM-I).<sup>1</sup>División de Ciencias Básicas e Ingeniería; Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica; Laboratorio T14.

<sup>2</sup>División de Ciencias Biológicas y de la Salud; Departamento de Hidrobiología. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa 09340 México D.F. Tel. (+52 55) 5804 4646, Ext. 014; e-mail: [mrserna@gmail.com](mailto:mrserna@gmail.com)

### Resumen

Se realizaron los primeros trabajos encaminados a desarrollar el cultivo de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana* ambas especies endémicas del Golfo de México. Se realizaron trabajos encaminados a determinar una dieta óptima, sistemas de confinamiento y manejo reproductivo. De estos resultados se obtuvo información preliminar que sirve como base para el desarrollo de su cultivo. El manejo controlado y reproducción requieren inminentemente de la conformación de un banco de reproductores, dietas adecuadas, calidad de agua y control de enfermedades, entre las más importantes.

Palabras clave: Pepino de mar, cultivo, reproducción.

### Summary

First experiences for the development of culture of holothurids (*Isostichopus badionotus* & *Holothuria floridana*) endemic gulf of Mexico.

They were carried out the first works guided to develop of cultivation of *Isostichopus badionotus* and *Holothuria floridana* both endemic species of the Gulf of Mexico. They were carried out works guided to determine a good diet, confinements systems and reproductive handling. Of these results preliminary information was obtained that serves like base for the development of its cultivation. The controlled handling and reproduction require imminently of the conformation of a bank of reproducers, adequate diets, quality of water and control illnesses, among the most important.

Key words: Sea cucumber, cultivate, reproduction.

### Introducción

La sustentabilidad de los recursos pesqueros es un objetivo prioritario para nuestro país. Es deseable que el manejo y las alternativas de las pesquerías estén fundamentadas en más y mejores conocimientos sobre las poblaciones naturales (composición, distribución, abundancia, biología: desarrollo y reproducción), así como de los sistemas de producción, que incluyen aspectos tecnológicos, económicos, sociales y culturales. La gran demanda que tiene el pepino de mar, se debe al mercado que tiene en el oriente, principalmente para la realización del tradicional sushi. Es tal su aceptación, que puede alcanzar precios que resultan atractivos para nuestra economía. Su demanda se ve incrementada por las propiedades afrodisíacas que se le atribuyen, no sólo al namako (tradicional platillo) sino también al trepang (Caso, 1972), el cual es consumido en casi todo Oriente. Este último es un platillo constituido por trozos desecados y cocidos de pepino, añadidos a la sopa.

El pepino de mar se incluyó dentro de la lista de especies en peligro de extinción el 22 de marzo de 2000 en el Diario Oficial de la Federación y a la especie del Golfo de California (*Isostichopus fuscus*) como «bajo protección especial». Es por ello que en la Carta Nacional Pesquera publicada el 28 de agosto del 2000, se dispone que ya no se otorgaran permisos de pesca comercial para ninguna especie de pepino de mar distribuida en aguas de jurisdicción Nacional. La única manera de acceder a estas especies será en forma precautoria mediante permisos de pesca de fomento, bajo los términos y condiciones que marca la Ley de Pesca y su Reglamento.

Su alto valor comercial y demanda lo ha colocado en los últimos años como un recurso atractivo para la pesca (FAO, 1995). Muchos productores en nuestro país han solicitado permisos para su explotación. En varios estados como Baja California llegaron a presentarse alrededor de 20 solicitudes para obtener permisos de pesca de fomento. En tanto que para el Estado de Yucatán se solicitaron y otorgaron 9 permisos para pesca de fomento del 2007 al 2011. Estos permisos en Yucatán se otorgaron sin contar con suficiente información del estado actual del recurso y sin considerar que la pesca de fomento se define como captura de organismos con fines de estudio o investigación y no para extracción comercial de grandes volúmenes. Estos permisos sólo han servido para justificar la extracción de cantidades importantes de pepino que han llegado a ser decomisadas cuando se exportan en forma seca (30 Tn/mes).

La falta de dirección técnica y escasos conocimientos conducen al mal uso de los permisos. El Instituto Nacional de la Pesca presentó un documento con los controles mínimos de pesca que deben incluirse en los permisos de fomento que se otorguen para esta especie, así como los lineamientos generales que deberá cubrir el protocolo de investigación a desarrollar.

El propósito 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.

Dadas a las anteriores circunstancias y a la poca información que se tiene, se comenzó con el estudio del pepino de mar, que se distribuye en las costas de Yucatán. La mayor parte de la información con la que se cuenta está enfocada esencialmente hacia la taxonomía del SE del Golfo de México y Caribe en donde se destacan los trabajos de Caso (1968; 1971; 1987) y Hernández (1999) para Quintana Roo. En estudios ecológicos realizados en 2007 se ha reportado la presencia de ejemplares de *Holothuria arenicola*, *Ocnus suspectus* y *Holothuria occidentalis*, de los cuales la primera especie no ha sido reportada para esta zona (Guzmán-García y cols., 2007).

Recientemente Zetina-Moguel y cols. (2002) han destacado la importancia comercial del pepino de mar para el Estado de Yucatán, un estudio muy breve que proporciona las tres especies más importantes: *Astichopus multifidus* (43 cm), *Isostichopus badionotus* (28 cm) *Holothuria floridana* (13 cm).

## Materiales y métodos

---

La investigación, montaje y seguimiento se llevó a cabo en las instalaciones del CINVESTAV-IPN, Mérida, las cuales se encuentran en el Puerto de Telchac, Yucatán. Para llevar a cabo el manejo controlado, con el fin de determinar que especie de holotúrido es la más apta para su domesticación, se recolectaron mediante buceo, enfrente de las costas de Sisal, Yucatán (21° 04,034' N; 90° 20,309' W), dos especies de pepino de mar (*Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*) los cuales fueron

identificados mediante las claves de Zetina-Moguel y cols. (2002). Los organismos se confinaron en un sistema de recirculación a base de 6 tinas de fibra de vidrio de 4 m<sup>2</sup>, con una capa de sedimento (100% arena), aireación constante y con un recambio diario del 40% diario agua el cual paso por un sistema de filtración de arenas a base de bombeo. Mediante un equipo para clima artificial se estableció una temperatura controlada a 22° C y se reguló la salinidad a 34‰ según lo sugerido por la FAO (2004). La temperatura, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto en el agua se registraron diariamente mediante un Oxímetro YSI55.

Para evitar el estrés se mantuvieron en total oscuridad (Carmona y cols., 2004) y teniendo en cuenta que son organismos de fondo, se manejó una densidad de 10 organismos/m<sup>2</sup>, ocupando 60 organismos para cada una de las especies (120 organismos en total en el experimento). Al ser organismos limpiadores de fondo, el alimento se les suministró directamente en la arena, a manera de enriquecerla, por lo que ésta se molió, para después mezclarla y presentarla (Tabla 1). El alimento se suministró a razón del 10% del peso corporal, dos veces al día. Antes de ser colocados en el sistema, a todos los organismos se les registró el peso y la talla inicial dando un promedio inicial para *Isostichopus badionotus* de 447,48 ±35 g con 28±1 cm y para *Holothuria floridana* 265,30 ±10 g con 13 ±1 cm.

Tabla 1. Tipos de alimentos utilizados y porcentaje de mezcla en la investigación.

Alimento	Mezcla	Proporción (%)
(A) Natural	Espirulina – arena	50-50
(B) Balanceado	Harina de alimento balanceado (Camaronina 40®) – arena	30-70
(C) Mixto	Ensilado de alga –arena– harina de trigo	30-60-10

Mediante un biométrico mensual, durante 150 días de experimentación, se midió la longitud total con un vernier (0,01 mm) y el peso se registró con una balanza analítica Ohaus (0,01 g) en todos los organismos experimentales.

Para evitar fluctuaciones por la retención o pérdida de agua de los organismos se utilizó un recipiente de 1 l, con peso conocido y el cual se descontó al final de cada uno de los pesajes. Asimismo se trató de evitar el contacto al máximo para evitar estrés por manejo.

Todos los días, cuando hubo, se registró la mortalidad. Los resultados de la supervivencia y el crecimiento se compararon mediante un análisis estadístico básico mediante el paquete computacional Statgraphics V. 4.1.

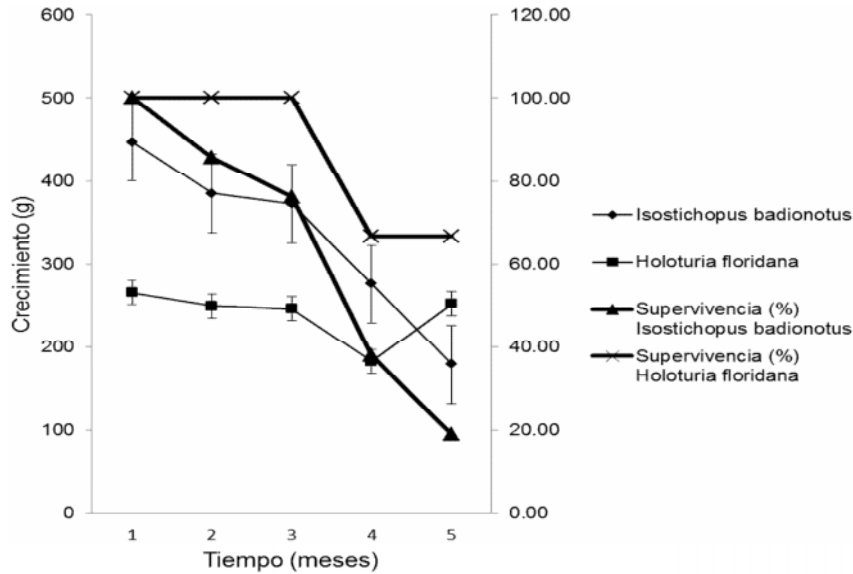
## Resultados

Los registros medios de temperatura, salinidad y oxígeno se mostraron estables durante todo el experimento con valores de 21,8 ±1° C, 34 ±1‰ y de 5,68 ±1 mg/l respectivamente.

La supervivencia se presenta gráficamente en la Figura 1. En ella se observa, desde el inicio del experimento para *Isostichopus badionotus*, una mortalidad constante, llegando a obtener al final del experimento 19% de supervivencia, en contraste, en *Holothuria floridana*, se obtuvo una supervivencia del 100% hasta el tercer mes de trabajo, posterior, la mortalidad se incrementó un 33%, generando al final del experimento un 66,7% de supervivencia. Lo cual nos indica una mayor tolerancia al manejo y a las condiciones de confinamiento de *Holothuria floridana* que para *Isostichopus badionotus*. Sin embargo, aunque el registro de mortalidad es alto para una de las especies de trabajo, el mantenimiento del pepino de mar bajo condiciones controladas resultó sencillo ya que no hay agresividad, ni competencia por refugio,

conviven en armonía con otros organismos de su especie o de otras especies en el mismo sistema, mostrando preferencias por permanecer fijos a algún sustrato sólido.

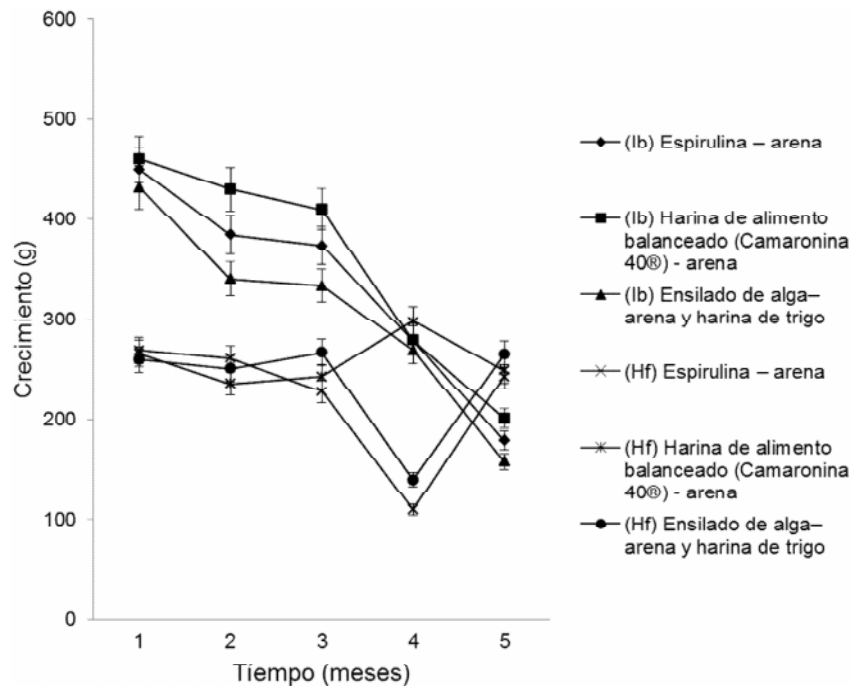
Figura 1. Supervivencia y curvas de crecimiento conjunto para las tres dietas en peso (media  $\pm$  desviación estándar) del pepino mar durante un periodo de 5 meses.



	Tiempo (meses)	Dietas			Promedio	$\pm$ D.S.	Supervivencia (%)
		A	B	C			
Isostichopus bacionotus (N=60)	1 (inicial)	450,00	460,00	432,00	447,33	14,19	100,00
	2	385,00	430,00	341,00	385,33	44,50	85,71
	3	374,00	410,00	334,00	372,67	38,02	76,19
	4	279,00	279,00	269,00	275,67	5,77	38,10
	5	179,00	201,00	158,00	179,33	21,50	19,05
Holoturia floridana (N=60)	1 (inicial)	269,00	266,00	260,00	265,00	4,58	100,00
	2	261,00	236,00	251,00	249,33	12,58	100,00
	3	228,00	243,00	267,00	246,00	19,67	100,00
	4	110,00	298,00	140,00	182,67	10,80	66,67
	5	243,00	249,00	265,00	252,33	11,37	66,67

El crecimiento para ambas especies resultó negativo. El registro promedio de crecimiento, en conjunto de todas las dietas, para *Isostichopus bacionotus* fue de 447 g inicialmente y finalizando con 179 g, similar resultado se observa en *Holothuria floridana* la cual registró un crecimiento, en conjunto de todas las dietas, de 265,3 g inicialmente y finalizando con 252 g (Figura 1). En la Figura 2 se observa el crecimiento en cada especie por dieta suministrada, observándose similar crecimiento en casi todas ellas, exceptuando la dieta de espirulina-arena suministrada a *Holothuria floridana*, en la cual se observa el único incremento en peso durante el registro del cuarto mes, sin embargo, recae al final del experimento.

Figura 2. Crecimiento (media  $\pm$  desviación estándar) de *Isostichopus badionotus* (Ib) y *Holothuria floridana* (Hf) con tres dietas de enriquecimiento de arena durante un periodo de cinco meses en un sistema experimental.



## Discusión

Una de las observaciones más importantes fue la elevada sensibilidad al manejo. En todos los casos los organismos manipulados produjeron una secreción mucosa transparente que desprenden de todo su cuerpo y que denota un desgaste físico por estrés, de ahí que se recomienda poca o nula manipulación pues es evidente una respuesta negativa. Asimismo durante los diferentes biométricos realizados aún cuando se trató de aislar al organismo para evitar contacto con éste, fue alto el estrés demostrado.

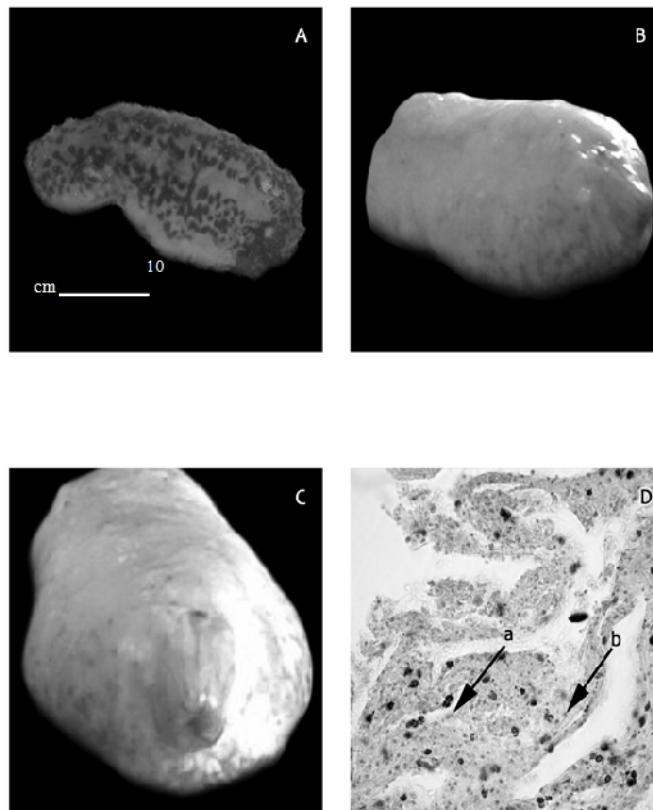
Por lo anterior, para desarrollar el cultivo del pepino de mar, ante los resultados observados el manejo y la adaptación a los sistemas, es importante señalar que la selección de la especie a trabajar es de suma importancia. Dado que *Holothuria floridana* demostró mayor tolerancia a la manipulación y mejor adaptación a los sistemas de confinamiento, obtuvo la mayor supervivencia, se presenta como la mejor opción para desarrollar el cultivo de entre estas dos especies en el Golfo de México.

Hasta este momento, no se ha observado reproducción, ni se ha logrado el desove de *Isostichopus badionotus* u *Holothuria floridana* bajo condiciones controladas. Una de las principales dificultades es la determinación del sexo del organismo. Inicialmente se desconoce la relación de sexos dentro de los sistemas, debido a la falta de caracteres secundarios, lo cual impide saber la cantidad de machos y de hembras sin realizar una disección del organismo, y aún se desconocen las condiciones ideales (temperatura, fotoperiodo, salinidad o densidad) para su reproducción. Actualmente se trabaja en la determinación de características secundarias para la determinación del sexo (color, manchas, arrugas, etc.) mediante la correlación de éstas con la disección del organismo para determinar el sexo mediante el reconocimiento de la gónada (Rodríguez et al., datos aun sin publicar).

A pesar de un desempeño negativo en el crecimiento, *H. floridana* presentó el mejor resultado, aún cuando inicialmente tuvo un decremento, la recuperación posterior de su peso inicial demuestra una mejor adaptación a los sistemas. Además no presentaron daños por la presencia de copépodos, como ocurrió con *I. badionotus*, los cuales no sólo presentaron una curva decreciente durante todo el tiempo del experimento, sino que resultaron ser más sensibles a la presencia de copépodos localizados en la cama de arena, y que incrementaron su presencia debido al alimento utilizado. Asimismo, debe considerarse la densidad utilizada en este trabajo, la cual presenta una influencia negativa, dado que lo que se reporta bajo condiciones naturales son densidades de 0,0005 a 0,002 y 0,012 a 0,014 organismos/m<sup>2</sup> para *I. badionotus* y *H. floridana* respectivamente (Zetina et al., 2003). En este experimento se consideró una densidad de manejo para un cultivo comercial (10 organismos/m<sup>2</sup>) y como hasta momento es escasa la información sobre el manejo de densidades en cultivos comerciales se realizó la corrida experimental tomando en cuenta la inversión en el cultivo.

La presencia de copépodos en el mismo sistema les generó a *Isostichopus badionotus* irritación y pérdida de la capa superficial de la piel. La lesión provocada por los copépodos se debe a que la epidermis es destruida y las fibras de colágena y osículos quedan expuestos al medio externo. Alrededor solo existe una línea donde la degradación de la epidermis se mezcla con el tejido conectivo. Ésta y otras alteraciones también son evidentes en estudios histológicos (Figura 3).

Figura 3. *Isostichopus badionotus*. En A) Apariencia normal en B y C) Efecto de exceso de copépodos en los sistemas en D) Imagen del tracto digestivo se observan restos de alimento así como inclusiones dentro del tejido conectivo.



Dado que las infecciones se han reportado como inductoras de altas tasas de mortalidad (se presentó un 80%), es importante generar estudio en este tipo de problemas, a fin de prevenir estos problemas de salud en pesquería y cultivo de holotúridos (FAO, 2004). Los daños inducen respuestas inflamatorias en el tejido conectivo y activan diversos mecanismos de defensa (Wang et al., 2007). Estas respuestas así como el desarrollo gonadal, son procesos que pueden ser evaluados a través de la histología. Estudios preliminares han permitido caracterizar los tejidos de estos organismos, así como algunas alteraciones epiteliales, atrofas a nivel del sistema digestivo, ulceraciones de la piel y evidenciar la presencia de diversas inclusiones (originadas por virus, bacterias u hongos) (Guzmán-García et al., 2008; datos sin publicar). Además de que son organismos muy exigentes en la aceptación de dietas y muy sensibles a los daños por organismos parasitarios (FAO, 2004).

Para evitar este tipo de problemas inicialmente debe “esterilizarse” la cama de arena para evitar la presencia de copépodos en los sistemas. En este experimento se realizó la limpieza de la arena mediante la exposición de ésta al sol durante 15 días, revolviéndola diariamente para evitar humedad en las partes del fondo, lo cual no tuvo éxito. Ante ello, es de considerar la utilización de una estufa donde se pueda secar la arena al 100%, con el incremento en los costos que esto implica. Asimismo los sistemas de filtrado juegan un papel importante, dado que al ingresar nueva agua de mar, y en el mismo reciclamiento, en los sistemas, ésta debe pasar por un proceso de limpieza a base de arenas, cartuchos y UV, con lo cual se evite la presencia de organismos nocivos a los pepinos de mar.

De acuerdo a los resultados de crecimiento la dieta natural y mixta presentaron los mejores resultados y aceptación para *H. floridana*. Asimismo, se observó un rechazo al alimento a base de harinas, en ambas especies de pepinos, esto ocasionado por su consistencia en la arena dado que se forman cúmulos y no llega a mezclar de manera adecuada con ésta. Esto impide su ingesta por parte de los pepinos de mar, ya que no la consumen. Es por ello que se recomienda el uso de alimento natural o mixto, el cual se mezcle y permita enriquecer la cama de arena, lo cual permite un mejor desempeño alimentario (FAO, 2004).

Aunque los resultados son pobres en cuanto a la búsqueda de una adaptación al manejo alimentario, en sistemas cerrados, de holotúridos. Los resultados preliminares indican lo que puede ser el punto a desarrollar en el futuro de la biotecnología de cultivo de los holotúridos del Golfo de México. Considerando el desconocimiento de la situación de las poblaciones naturales y su explotación irracional, lo que afecta la abundancia del recurso natural en la región, el manejo controlado y reproducción, requieren de técnicas de manejo local o regional que permitan el establecimiento de un banco de reproductores, una dieta adecuada y sistemas que permitan una calidad de agua que evite enfermedades. Apoyando esto, está la visión mundial en la cual se observan manuales, reuniones y congresos en diversas áreas para el manejo de los pepinos de mar, más es hasta la fecha que no se produce una real acuicultura del pepino de mar.

---

## Agradecimientos

Se agradece al Dr. Víctor Vidal-Martínez su apoyo al facilitarnos las instalaciones de la Unidad Marina Telchac, para el desarrollo de este documento y a Saúl López Vite por la digitalización de imágenes.

---

## Bibliografía

---

1. Carmona-Osalde, C., Rodríguez-Serna, M. and Olvera-Novoa, M.A., 2002. The influence of the absence of light on the onset of first maturity and egg laying in the crayfish *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Villalobos, 1955). *Aquaculture*, 212 (1-4): 289-298 pp.
2. Caso, M. E. 1968. Contribución al estudio de los holoturoideos de México. *Ecología y morfología de Holothuria glaberrima* Selenka. *An. Inst. Biol., Univ. Nal. Autón. México* 39, Ser. Cienc. Del Mar y Limnol. (1): 21-30 pp.
3. Caso, M. E. 1971. Contribución al estudio de los holoturoideos de México. *Ecología y morfología externa e interna de Holothuria grisea* Selenka. *An. Inst. Biol., Univ. Nal. Autón. México* 42, Ser. Cienc. Del Mar y Limnol. (1): 31-40 pp.
4. Caso, M. E. 1972. El aspecto económico de las holoturias o Pepino de Mar en la alimentación humana. *El Trepang*. *Revista. Soc. Mex. Nat.*, 33: 85-98 pp.
5. Caso, M. E. 1987. Ciencia y técnica de los equinodermos en relación con el hombre. Primera parte. Aspecto Científico, *Ciencias del Mar y Limnología*, Univ. Nal. Autón. México, 5(1): 265-266 pp.
6. Guzmán-García, X., Arenazas-Gutiérrez A., Duran A. y Torres J., 2007. Pepino de mar. XVII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural, encuentro entre los naturalistas a la orillas del Atlántico: Interrelaciones e Influencias (México-España) del 1 al 6 de julio, Puerto Morelos, Q.R. México.
7. Hernández, P.P. 1999. Pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea) del Estado de Quintana Roo, México, de la colección nacional de equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Tesis Licenciatura, Fac. Ciencias, Univ. Autón. Edo. México. 123 p.
8. Wang, P., Chang Y., Yu J., Li C. y Gaorong X., 2007. Acute peristome edema disease in juvenile and adult sea cucumbers *Apostichopus japonicus* (Selenka) reared in North China. *Journal of Invertebrate Pathology* 96: 11–17 pp.
9. Zetina-Moguel, C., G. Ríos-Lara, I. Hernández-Herrera, M. Guevara-Ortiz, E. Ortiz-Avilés y J. Pool-Gómez. 2002. Catálogo de Especies de Pepino de Mar Comercializables del Estado de Yucatán. Editado Universidad Autónoma de Yucatán, México. 103 p.
10. Zetina-Moguel, C., Ríos-Lara V., Koyoc-Cruz M., Hernández-Herrera I., Cervera-Cervera K., de Anda-Fuentes D., Arceo-Briseño P., Ortiz E., Guevara-Ortiz M., 2003. Estimación de la biomasa de pepino de mar (*Apostichopus multifidus*, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*) en dos áreas de la costa de Yucatán entre octubre del 2000 y marzo del 2001. *54<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institutes (GCFI)*, 54: 297-306 pp.
11. Weirich, C., Smith, T., Stokes, A., Denson, M., Jenkins, W., 2004. Pond rearing of larval and juvenile cobia (*Rachycentrom canadum*) in the southeastern United States: initial observations. *J. Appl. Aquac.* 16, 27-44.