

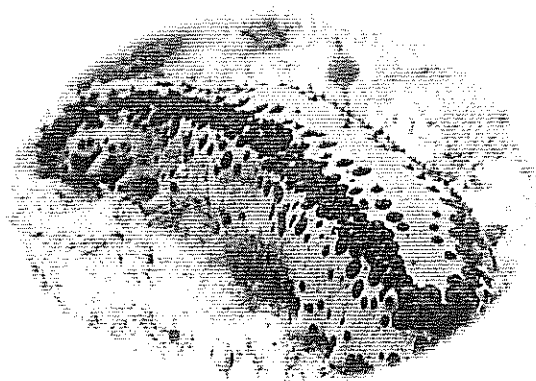
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

DICTAMEN TÉCNICO

FUNDAMENTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VEDA DEL PEPINO DE MAR *Isostichopus badionotus* FRENTE A LAS COSTAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Marzo de 2011



Fotos: Kenneth Cervera-Cervera (2010)

AUTORES:

Dr. Pedro Luis Ardisson Herrera¹

Dr. Miguel Ángel Olvera Novoa¹

M. en C. Alicia Virginia Poot Salazar¹

M. en C. Gabriela Galindo Cortes²

Dr. Álvaro Hernández Flores²

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida

²Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén

ÍNDICE

I. FUNDAMENTO LEGAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VEDA DEL PEPINO DE MAR <i>Isostichopus badionotus</i>	1
I.1. Introducción	1
I.2. Biología del pepino de mar <i>Isostichopus badionotus</i>	2
I.3. Distribución y abundancia de la especie en la península de Yucatán	3
I.4. Ciclo reproductivo	6
I.5. Propuesta de periodo de veda para 2011	8
II. CONCLUSIONES	8
III. LITERATURA CITADA	8

I. FUNDAMENTO LEGAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VEDA DEL PEPINO DE MAR *Isostichopus badionotus*

El Artículo 7 de la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables (LGPAS), faculta a la Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), órgano del Gobierno Federal, como responsable de propiciar el desarrollo integral y sustentable de la pesca en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. En este sentido, la LGPAS en su Artículo 8 contempla el establecimiento de medidas de protección de los recursos pesqueros, como los decretos para establecer y modificar o suprimir y fijar las épocas y zonas de veda. Para tal efecto, el mecanismo legal del establecimiento de vedas tiene su fundamento en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-PESC-1993 que define el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diversas especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción nacional. El pepino de mar de la especie *Isotichopusbadionotus* en la península de Yucatán es un recurso con potencial para la pesca comercial y ha sido objeto de permisos de pesca de fomento autorizados a través de la SAGARPA desde el 2002 (INAPESCA, 2010), por lo que su aprovechamiento puede estar regulado por diversos mecanismos incluyendo temporadas de veda para proteger su reproducción.

I.1. Introducción

El pepino de mar es un recurso con potencial pesquero para la región de la península de Yucatán y a pesar de que en México no es consumido, su demanda internacional podría fomentar una explotación sostenida que permitiría generar empleo e ingresos para las poblaciones costeras. La sustentabilidad de la pesca del pepino de mar es de gran importancia para las comunidades costeras. Sin embargo, es un recurso particularmente vulnerable a la sobre-pesca por tratarse de poblaciones con escasa movilidad, que forman densas agregaciones, que poseen lento crecimiento, gran longevidad y baja mortalidad natural, y que alcanzan la edad de reproducción después de dos años (FAO, 2010). Como resultado de la demanda creciente de este recurso en el mercado internacional y de la falta de esquemas de manejo adecuados, las poblaciones de pepino de mar en muchos países han sido sobreexplotadas, en algunos casos, llevadas hasta la extinción local.

Los pepinos de mar forman agregaciones masivas para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo, por su limitada movilidad, pueden ser fácilmente detectados por los pescadores. Así mismo, su lenta tasa de crecimiento y la edad de primera reproducción repercuten en la producción de biomasa a niveles sostenibles para el establecimiento de una pesquería. En la península de Yucatán, desde los años 1990s se realizaron los primeros

estudios sobre la disponibilidad de pepinos de mar (INAPESCA, 2010). Actualmente, diversos productores han solicitado permisos para extraer, comercializar y exportar el recurso. Para dar respuesta al sector, la SAGARPA realiza diversas acciones que permitan establecer el marco administrativo para el manejo sostenible del recurso y abrir una pesquería comercial. Entre estas acciones es necesario proteger las poblaciones de pepino de mar, particularmente en los periodos de reproducción, por lo que el objetivo del presente dictamen es proporcionar las bases científicas para el establecimiento de una veda para la especie *Isostichopus badionotus* de la península de Yucatán.

I.2. Biología del pepino de mar *Isostichopus badionotus*

Isostichopus badionotus es una especie dioica con desarrollo indirecto, el cual consiste en la presencia de tres estadios larvarios, los cuales son auricularia, con tres subestadios, seguido de doliolaria, una etapa de transición, y pentactula, misma que, posterior a su asentamiento, da lugar a un juvenil bentónico. Durante la época de reproducción, cada hembra dependiendo de su talla, puede expulsar hasta un millón de huevos en una sola puesta, los cuales son fertilizados por los machos al expulsar sus gametos de manera sincronizada. Se ha observado que bajo condiciones de cultivo es posible que una hembra realice al menos tres puestas por temporada (en menos de cuatro meses) para entrar posteriormente en etapa de reposo durante la época invernal. La fecundación de los ovocitos de *I. badionotus* es externa y una vez que los huevos fertilizados se transforman en larvas planctónicas de nado libre en la columna de agua, pueden transcurrir de 20 a 25 días antes de transformarse en larva pentactula para asentarse en sitios en donde existan condiciones propicias en términos de sustrato, alimento y condiciones ambientales de la columna de agua como temperatura. Durante la fase juvenil, los pepinos de esta especie poseen hábitos crípticos pero conforme crecen se les encuentra expuestos, tanto de día como de noche.

Los pepinos de mar son consumidos por una variedad de predadores, particularmente invertebrados como estrellas de mar, cangrejos y algunos gasterópodos. Los individuos juveniles son presa de peces y se cree que algunas aves, tortugas y mamíferos los consumen ocasionalmente. Como mecanismo de defensa, cuando *I. badionotus* se ve amenazado, contrae su cuerpo adoptando alguna de las dos estrategias siguientes: (i) expulsa las vísceras para confundir al predador (esta especie no cuenta con túbulos de Cuvier) o (ii) lisa su cuerpo por acción de las saponinas uholothurinas, sustancias líticas presentes en la pared y que también se encuentran en los túbulos de Cuvier en las especies que los poseen (Stabili et al., 1992). Las saponinas son tóxicas para algunos organismos, por lo que las utilizan como defensa. Esta segunda estrategia es lo que los pescadores locales denominan como “babeo del pepino”, quienes saben que cuando esto ocurre deben devolverlo al mar para evitar afectar al resto de la captura presente en la embarcación.

Existen pocos estudios sobre la dinámica de las poblaciones silvestres de esta especie. Sin embargo, al igual que otras especies de pepino de mar, es posible que la tasa de crecimiento de *I. badionotus* sea lenta, su ciclo de vida largo y tarde entre dos o tres años en alcanzar la madurez sexual y la talla comercial (FAO, 2010). Esta aseveración se confirma y sustenta con las observaciones realizadas después del evento de marea roja del 2008 en la costa de Yucatán, la cual provocó la desaparición de los bancos conocidos, no siendo sino hasta el 2010 que se notó una recuperación de algunas poblaciones especialmente en la parte occidental de la plataforma, misma que fue la menos afectada por la marea. Así mismo, la tasa de mortalidad natural debe ser baja; sin embargo, esta tasa, como se señala, puede incrementarse cuando se presentan disturbios ambientales, como eventos de marea roja, a los que las poblaciones de pepino de mar son extremadamente sensibles (Orensanz et al., 2003).

1.3. Distribución y abundancia de la especie en la península de Yucatán

En la plataforma de Yucatán se ha observado la presencia de tres especies de pepino de mar de importancia comercial: *Isostichopus badionotus*, *Astichopus multifidus* y *Holothuria floridana*. De éstas, *I. badionotus* es la especie sobre la que se tiene mayor interés por parte de los productores por su semejanza a las especies asiáticas más apreciadas. La distribución de estas especies no es homogénea, sino que forma agregaciones de extensión variable. Estas agregaciones tienden a mantener una densidad constante durante varios meses, ya que se ha observado que la mayoría de los individuos no se desplazan más de 100 m en un año. Por tal razón, las evaluaciones de abundancia se basan por lo general en la estructura espacial de las agregaciones de individuos.

Desde el año 2002, el personal técnico del CRIP Yucalpetén ha efectuado seis campañas de buceo en cuatro zonas de la península de Yucatán como parte de la prospección del recurso pepino de mar. Durante el año 2002 las densidades por especie para cada área de interés se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Densidades de pepinos de mar, por especie y zona de estudio, registradas en el año 2002.

Especie	Localidad			
	Celestún (Ind/ha)	Telchac (Ind/ha)	Dzilam (Ind/ha)	Río Lagartos (Ind/ha)
<i>I. badionotus</i>	0.6	1.1	0.5	2.3
<i>A. multifidus</i>	2.4	1.6	11.5	
<i>H. floridana</i>	25.4			

Un año después, Zetina-Moguelet al. (2003) publicaron una estimación de biomasa en la misma área para esas mismas especies, extrapolada a una extensión de 597,000 ha, siendo de: 2,570 t para *A. multifidus*, 1,196 t para *I. badionotus* y 1,016 t para *H. floridana*. Por su parte, en el 2006, el INAPESCA llevó a cabo una evaluación de la distribución y abundancia de *I. badionotus* en el litoral yucateco, cuyos resultados se muestran en la Figura 1.

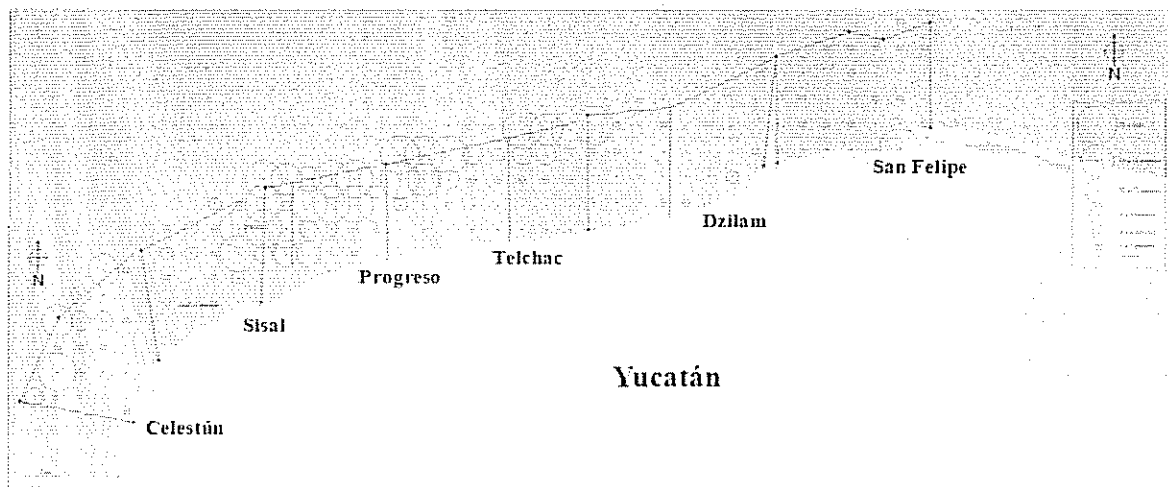


Figura 1. Distribución y abundancia de *I. badionotus* en las costas del estado de Yucatán en el verano del 2006.

De acuerdo con esos resultados, en el 2003 se presentó una densa agregación al norte de Sisal, la cual se extendió hacia el este, disminuyendo notablemente frente al puerto de Telchac. Al noroeste de Celestún se observaron abundancias elevadas, aunque en un menor número de sitios que en las áreas de Sisal y Progreso. En el resto de los sitios muestreados, principalmente hacia el este del Estado, la presencia de pepino fue muy escasa.

Como resultado de una prospección llevada a cabo de julio a agosto del 2010, se concluye que en el transcurso de los últimos cuatro años, la ubicación de la agregación de *I. badionotus* cambió, probablemente como resultado del efecto de la pesca aunado al fuerte evento de marea roja que se presentó en junio del 2008 en la plataforma de la península de Yucatán, desde Holbox hasta Sisal. Los resultados de la evaluación se presentan en la Figura 2.

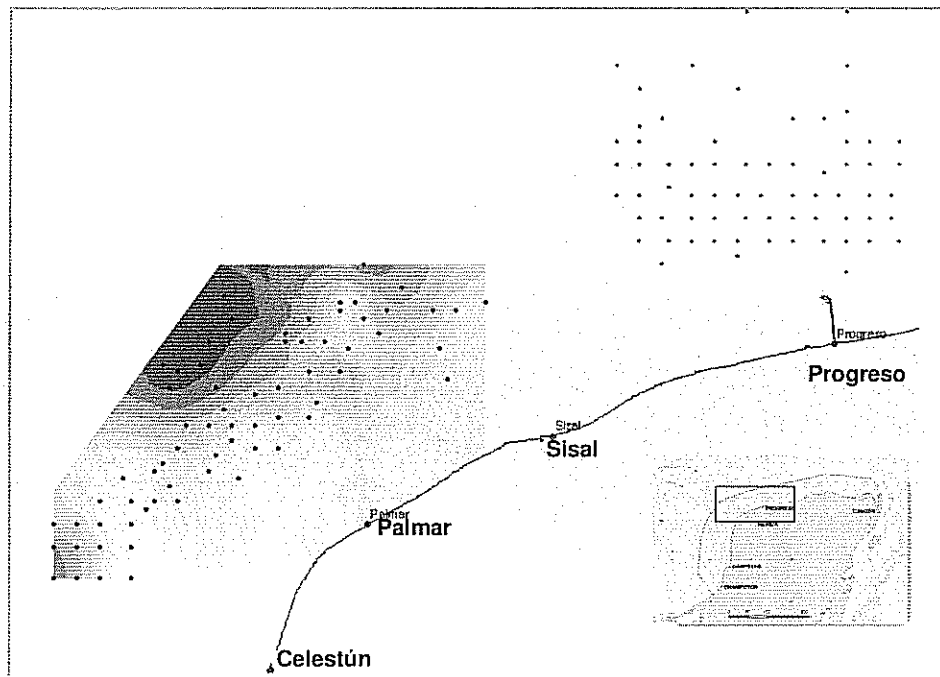


Figura 2. Distribución de la abundancia de *I. badionotus* durante 2010. Los puntos indican la ubicación de los sitios de muestreo ($n=137$).

La evaluación más reciente muestra que la agregación presenta mayor densidad hacia el poniente de la plataforma continental, es decir hacia el norte de Celestún frente al poblado el Palmar y que se extiende hacia Sisal. La elevada abundancia detectada en el 2006 frente a Progreso y Telchac disminuyó significativamente pero, en contrapartida, se incrementó en el 2010 en dirección de Celestún (Figura 3). Este cambio, como ya se mencionó, podría ser resultado del evento de marea roja ocurrido en 2008 y constituye un indicador de la fragilidad de las poblaciones, de su lenta recuperación en zonas con baja tasa de reclutamiento, aunado a una pesca selectiva que extrae a los pocos individuos supervivientes que lograron alcanzar la talla reproductiva.

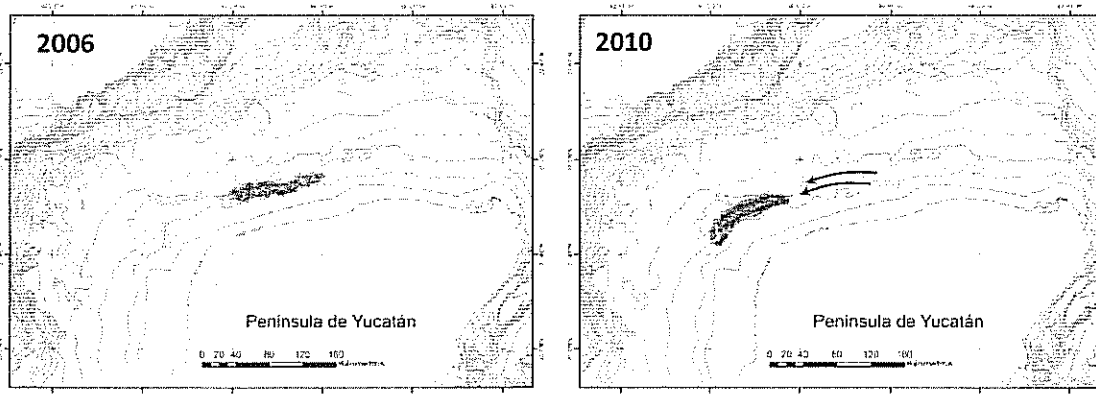


Figura 3. Cambio en la distribución de la agregación de *I. badionotus* con mayor densidad en las costas de Yucatán de 2006 a 2010.

I.4. Ciclo reproductivo

La información que se presenta a continuación forma parte de los resultados del trabajo de investigación de tesis doctoral titulado “Crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios de *Isostichopus badionotus* Selenka, 1867 (Echinodermata: Holothuroidea) en el poniente del estado de Yucatán”, desarrollado en el CINVESTAV-Mérida por la M. en C. Alicia Virginia Poot Salazar, bajo la dirección del Dr. Pedro Luis Ardisson Herrera.

Para determinar el ciclo reproductivo, se colectaron 457 individuos de la especie *I. badionotus* en tres sitios en el poniente del estado de Yucatán, frente a los puertos de Celestún, Progreso y Sisal (entre los 20° 50' LN, 90° 40' LW y 21° 30' LN, 89° 59' LW). Las colectas se realizaron entre julio del 2009 y diciembre del 2010 por medio de buceo SCUBA a profundidades de 10 a 18 m. A cada individuo se le registró la longitud total (LT medida dorsalmente de la boca al ano), el peso húmedo total (PT) y el peso eviscerado (PE), obtenido al remover las gónadas, el canal alimentario y los árboles respiratorios (Conand, 1981).

Para el estudio de reproducción se tomó una muestra de gónada de 20 a 40 individuos colectados por mes (Conand, 1981, 1982; Ramo-fafia et al., 2000; Hoareau y Conand, 2001, Guzmán et al., 2003; Foglietta et al., 2004; Muthiga, 2006; Galley et al., 2008). Las gónadas se fijaron y procesaron apropiadamente para su análisis histológico. Para determinar el ciclo reproductivo y el período estimado de desove de *I. badionotus* se empleó el Índice Gonadosomático (IGS), el cuál usa la relación entre el peso gonadal y el peso eviscerado:

$$IGS = \frac{\text{peso gonadal}}{\text{peso gonadal} + \text{peso eviscerado}} \times 100$$

Los datos se agruparon cada dos meses y se calculó el IGS promedio por bimestre, así como su error estándar. Los valores del IGS inferiores a uno muestran una baja actividad reproductiva de los organismos, mientras que los valores superiores a uno indican aumento en la actividad reproductiva. Los resultados muestran que la población presentó actividad reproductiva diferencial a través del tiempo; en mayo de 2010 empezó a presentarse un mayor porcentaje de organismos en estado de reproducción ($IGS > 1.8$), alcanzó su pico máximo en julio y agosto ($IGS = 3.5$), y empezó a disminuir en octubre ($IGS > 1.2$) (Figura 4).

Macroscópicamente, también fue posible apreciar una marcada diferencia en la coloración de las gónadas durante julio y agosto, con un color amarillo mostaza para las hembras y blanco cremoso para los machos (Figura 5). Este patrón de coloración de las gónadas maduras y en actividad reproductora ha sido reportado por otros autores en *I. badionotus* (Guzmán et al., 2003; Foglietta et al., 2004) y también en otras especies (Conand, 1990; Ramo-fafia et al., 2000; Fajardo-León et al., 2008).

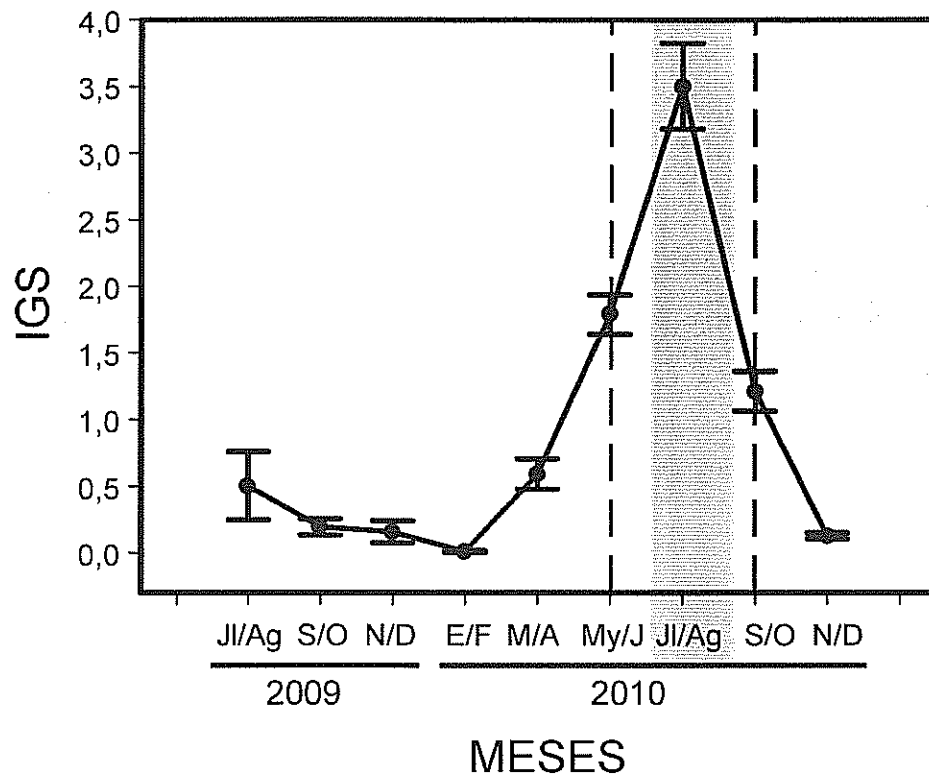


Figura 4. Índice gonadosomático (IGS) promedio ($\pm$ error estándar) de *Isostichopusbadionotus* a finales del 2009 y durante el 2010. Las líneas punteadas marcan el inicio y el final del ciclo reproductivo en condiciones naturales, mientras que la banda gris indica la máxima actividad reproductiva.

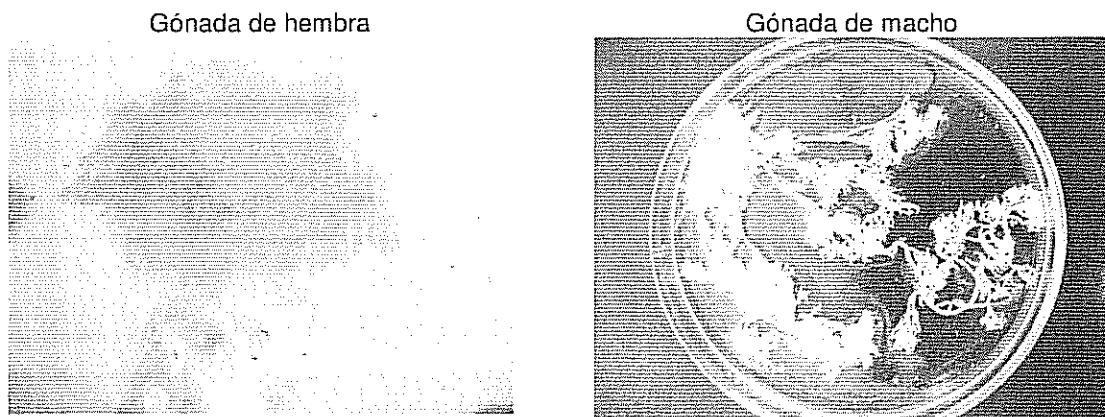


Figura 5. Gónadas maduras de *Isostichopusbadionotus*. En la parte izquierda se aprecia la coloración característica de una gónada de hembra madura, mientras que en la parte derecha se muestra en blanco y negro la gónada de un macho (Fotos: Alicia Poot).

I.5. Propuesta de periodo de veda para *Isostichopus badionotus* durante el 2011

De acuerdo con los resultados presentados en este dictamen y con la finalidad de proteger la época de máxima reproducción de la especie *I. badionotus* en aguas de jurisdicción federal frente a la península de Yucatán, se propone establecer un **periodo de veda** para esta especie **del 15 de mayo al 15 de diciembre** del presente año. El inicio de la veda permitirá incrementar la probabilidad de éxito de la reproducción para generar el reclutamiento de nuevos individuos a la población cuyo crecimiento individual permitirá mantener la población y sostener una eventual pesquería. Por otra parte, se propone extender la veda hasta el 15 de diciembre, lo cual evitará posibles conflictos entre los pescadores, ya que durante este periodo se realiza la pesca de pulpo, cuya veda entra en vigor a partir del 15 de diciembre. Asimismo, se recomienda desarrollar los mecanismos administrativos y de inspección y vigilancia necesarios para asegurar el cumplimiento de esta medida. El INAPESCA continuará con los estudios de abundancia y biomasa, así como los estudios del ciclo reproductivo para dar seguimiento a la actividad reproductiva de esta especie y de otras especies de pepino de mar de importancia comercial.

II. CONCLUSIONES

- El pepino de mar es un organismo de escasa movilidad y con tendencia a formar agregaciones como una estrategia para favorecer el éxito reproductivo; por lo mismo, una explotación desordenada puede poner en riesgo la sustentabilidad de las agregaciones de individuos susceptibles de ser aprovechadas.
- Tomando en consideración los efectos de la marea roja del 2008 que provocaron la desaparición de la mayoría de las poblaciones de pepino conocidas en la costa yucateca y los resultados de la presente opinión técnica, es probable que los organismos de la especie *I. badionotus* que se encuentran al poniente de la península de Yucatán alcancen su primera madurez sexual después de los dos años de edad.
- En su medio natural, la actividad reproductiva de *I. badionotus* en el 2010 inició en el mes de mayo y concluyó en el mes octubre.
- Las gónadas presentaron coloración diferenciada entre machos y hembras, lo que fue evidente durante los meses de máxima actividad reproductiva.
- Se propone establecer para el año 2011 un periodo de veda que entre en vigor **del 15 de mayo y concluya el 15 de diciembre** para proteger la época de máxima reproducción de la especie en la península de Yucatán y evitar conflictos con pescadores de pulpo.

III. LITERATURA CITADA

- Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Science* 31: 523-543.
- Conand C. 1982. Reproductive cycle and biometric relations in a population of *Actinopygaechinites* (Echinodermata: Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, western tropical Pacific. International Echinoderms Conference, Tampa Bay. J.M. Lawrence, ed. (A.A. Balkema, Rotterdam, 1982), p.437-442.
- Conand C. 1990. The fisheries resources of Pacific island countries. Part 2. Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272.2: 1-143.
- Fajardo-León M.C., M.C.L. Suárez-Higuera, A. del Valle-Manríquez y A. Hernández-López. 2008. Biología reproductiva del pepino de mar *Parastichopusparvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) de Isla Natividad y Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 34: 165-177.
- FAO, 2010. Putting into practice an ecosystem approach to managing sea cucumber fisheries. Rome. 81p.
- Foglietta L. M., M.I. Camejo, L. Gallardo y F.C. Herrera. 2004. A maturity index for holothurians exhibiting asynchronous development of gonad tubules. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 303: 19-30.
- Galley E.A., P.A. Tyler, C.R. Smith y A. Clarke. 2008. Reproductive biology of two species of holothurians from the deep-sea order Elasipoda, on the Antarctic continental shelf. *Deep-Sea Research II* 55: 2515-2526.
- Guzmán H.M., C.A. Guevara e I.C. Hernández. 2003. Reproductive cycle of two commercial species of sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from Caribbean Panama. *Marine Biology* 142: 271-279.
- Hoareau T. y C. Conand. 2001. Sexual reproduction of *Stichopuschloronotus*, a fissiparous sea cucumber, on Reunion Island, Indian Ocean. *SPC Beche-de mer Information Bulletin* 15: 4-12.
- INAPESCA, 2010. Plan de manejo para la apertura de la pesca comercial de pepino de mar de la península de Yucatán, México. SAGARPA - CONAPESCA. 41p.
- Muthiga N. A. 2006. The reproductive biology of a new species of sea cucumber, *Holothuria (Mertensiothuria) arenacava* in a Kenyan marine protected area: the possible role of light and temperature on gametogenesis and spawning. *Marine Biology* 149: 585-593.
- Orensanz, J.M., Parma, A.M., Turk, T., Valero, J. 2003. Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. In: S.E. Shumway (ed.). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. 2nd Edition. Elsevier. Amsterdam 109p.
- Stabili L., P. Pagliari, M. Metrangola y C. Canicatti. 1992. Comparative aspects of echinoideacytolysins: The cytolytic activity of *Spherechinusgranularis* (Echinoidea) coelomic fluid. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 101A:553-556.
- Ramofafia C., S.C. Battaglione, J. D. Bell y M. Byrne. 2000. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuriafuscogilva* in the Solomon Islands. *Marine Biology* 136: 1045-1056.
- Zetina-Moguel, C.E., Ríos-Lara, G.V., Cruz, M.K., Hernández Herrera, I., Cervera-Cervera, K., De Anda Fuentes, D.E., Arceo Briceño, P., Ortiz, E., Guevara Ortiz, M. 2003. Estimación de la biomasa de pepino de mar (*Astichopusmultifidus*, *Isostichopusbadionotus* y *Holothuriafloridana*) en dos áreas de la costa de Yucatán entre Octubre de 2000 y Marzo de 2001. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 54: 207-306.