

# **Evaluación del pepino de mar *Isostichopus fuscus* según el Método de Evaluación de Riesgo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

## **1 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE**

Luis E. Calderón Aguilera<sup>1</sup>, Luis Hernández<sup>2</sup>, Héctor Reyes Bonilla<sup>2</sup>, Georgina Ramírez Ortiz<sup>3</sup> y M.D. Herrero Pérezrul<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología y Pesquerías de la Zona Costera, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas, C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México

<sup>2</sup> Laboratorio de Sistemas Arrecifales, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Biología Marina, Carretera al sur km 5.5, C.P. 23080, La Paz, Baja California Sur, México. A.P. 19-B

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, CP 23205, La Paz, Baja California Sur, México

<sup>4</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CP 23205, La Paz, Baja California Sur, México

## **2 NOMBRE CIENTÍFICO**

*Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875)

### **Nombres científicos sinónimos**

- *Stichopus fuscus* Ludwig, 1875;
- *Stichopus badionotus* Selenka, 1867;
- *Isostichopus fuscus* Deichmann, 1958

### **Nombres comunes**

- Español: Pepino de mar café, Pepino de mar gigante,
- Francés: Cocombre de mer géant
- Inglés: Brown sea cucumber, Giant sea cucumber, Chocolate sea cucumber

Enseguida se muestra la clasificación sistemática de la especie tomando como referencia el sistema de clasificación del Registro mundial de especies marinas (WoRMS por sus siglas en inglés):

|         |               |
|---------|---------------|
| Reino   | Animalia      |
| Phylum  | Echinodermata |
| Clase   | Holothuroidea |
| Orden   | Synallactida  |
| Familia | Stichopodidae |



**Figura 1:** Pepino de mar *Isostichopus fuscus* de la región de Bahía de los Ángeles, B.C. (Foto: Laboratorio de Ecología y Pesquerías de la Zona Costera, CICESE 2016).

## Motivo de la propuesta

Con la presente ficha se pretende evaluar la categoría del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en la Norma Oficial Mexicana bajo los criterios del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) para conocer si el resultado que de aquí surja, es coherente con lo que actualmente se contempla en la NOM-059-SEMARNAT-2010 “sujeta a protección especial” (DOF, 2010).

### 4 MER

#### CRITERIO A. AMPLITUD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAXÓN

##### ***Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón.***

- Descripción de la distribución

En el Pacífico Oriental Tropical (POT) *I. fuscus* se distribuye desde el alto Golfo de California (31°34'N) hasta el norte de Perú (-5° 49'S) incluyendo las islas oceánicas como archipiélago de Revillagigedo, Isla Cocos, Malpelo y las islas Galápagos (Toral-Granda, 2008). También se tiene un registro en la costa occidental de la península de Baja California en la región de Bahía Magdalena (Turrubiates-Morales, 2009). Esta especie de pepino se encuentra en los fondos marinos desde la zona submareal hasta los 61m de profundidad (Solís-Marín *et al.*, 2009; Turrubiates-Morales, 2009). Se le puede encontrar en diversos tipos de sustrato, ya que se registra lo mismo en sustratos suaves (arenas y limos) que en sustratos duros (rocas y corales) (Gutiérrez-García, 1999; Purcell *et al.*, 2012). Sin embargo, en investigaciones recientes (Calderon Aguilera 2017) sí encontramos una clara preferencia por los sustratos de tipo duro (roca y bloque).

- Cómo se hizo el mapa

En el siguiente mapa se representa la distribución geográfica de *I. fuscus* cuya fuente de información proviene de la Lista Roja (IUCN sitio web), así como de los registros obtenidos de diferentes bases de datos como OBIS, Smithsonian Institute, Sonora-Arizona Desert Museum, entre otros. También se incorporaron los registros de

las bitácoras de campo (en las costas del Pacífico mexicano) de los co-autores de la presente propuesta.



**Figura 2:** Mapa de distribución del pepino café *Isostichopus fuscus* a lo largo del Pacífico Oriental Tropical (tomado de <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=180373>).

- Evaluación del tamaño relativo de la distribución

Por tratarse de una especie marina de hábitos costeros, el criterio del porcentaje de ocupación en el territorio mexicano podría ser relativamente pequeño; no obstante, considerando su amplia distribución geográfica a lo largo de las costas del Pacífico (Toral-Granda, 2008) y la distribución batimétrica conocida, el pepino de mar café es una especie que se ha registrado en prácticamente todos los estados costeros del Pacífico mexicano, con excepción de Chiapas, donde no se tienen registros hasta ahora. Históricamente, el mayor número de ejemplares *I. fuscus* se ha documentado en el Golfo de California (Reyes-Bonilla *et al.*, 2008). Por todo lo aquí mencionado, la presencia del pepino café en el litoral mexicano no se considera restringida, **por lo que el valor de *Isostichopus fuscus* para este criterio es de 2.**

#### **CRITERIO B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón**

- Antecedentes (tipo de hábitat que la especie ocupa)

El pepino de mar café es una especie de hábitos bentónicos que se encuentra con estrecha asociación a los fondos arenosos donde suele alimentarse, pero también con presencia de fondos rocosos donde suele refugiarse durante el día (Toral-Granda, 2008). Como se mencionó previamente, los individuos de *I. fuscus* se pueden encontrar en varios tipos de sustratos, siendo registrado en arenas, limos, concherías y hasta en sustratos coralinos (usualmente se observa en comunidades coralinas del género *Pocillopora*). En la región de las islas Galápagos, se observó que el pepino de mar café prefiere fondos rocosos dominados por el alga verde *Ulva sp.* mientras que en Baja California se le encontró en hábitats de roca y coral (Purcell *et al.*, 2012).

- Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat y descripción de cómo se llevó a cabo la diagnosis

Dentro de los resultados del proyecto antes mencionado (Calderon Aguilera 2017), se determinó una preferencia por parte del pepino de mar en el Golfo de California, por los hábitats con sustratos duros (roca y bloques). A pesar de ello hasta el día de hoy, puntualmente no hay un trabajo dirigido a la degradación del hábitat de pepino de mar. No obstante, Nava y Ramírez-Herrera (2011) mencionaron el impacto que genera el cambio en el uso del suelo de la línea de costa, sobre las comunidades marinas adyacentes. Dada la proyección del crecimiento poblacional humano en los municipios costeros de la república mexicana (Azus-Adeath y Rivera-Arriaga, 2009) es evidente el potencial deterioro del hábitat para el pepino café, por lo que es imperioso observar que los desarrollos en la zona costera no generen alteraciones en las comunidades marinas; o incluso se controlen o disminuyan los vertidos de origen continental directamente hacia los cauces que llegan al mar.

- Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del taxón

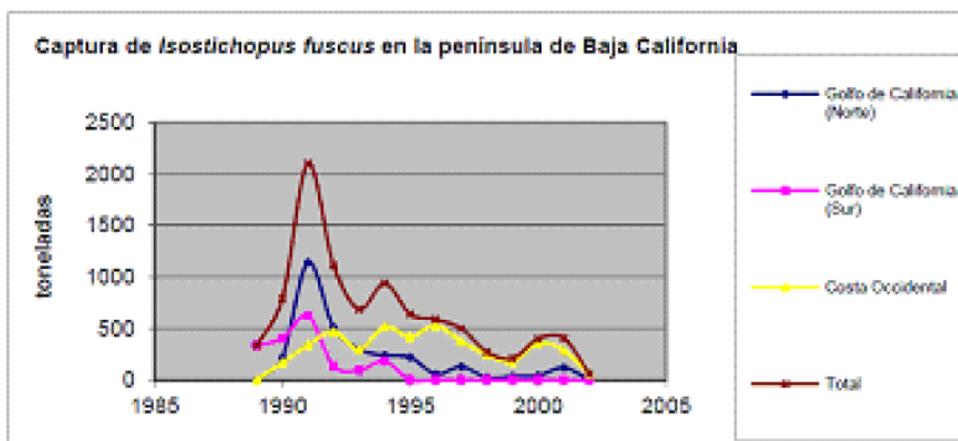
Además de lo mencionado en el punto anterior, la actividad pesquera no parece provocar disturbios en el hábitat del pepino de mar café ya que la pesca se realiza de forma manual mediante buceo. Durante las temporadas se pesca se ratificó que los únicos disturbios registrados fueron por el uso de ganchos o anclas para evitar la deriva

de la embarcación. Diferentes factores afectan la consideración de este tipo de disturbio. **En este sentido, la evaluación para el criterio del estado de hábitat de *Isostichopus fuscus* es 2.**

### **CRITERIO C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón**

- Antecedentes (historia de vida de la especie)

En algunas especies de pepino de mar se ha registrado como estrategia de defensa ante depredadores, la producción de algún metabolito para alejar a los agresores. Particularmente el pepino de mar café *I. fuscus* no mostró una estrategia de defensa química (Reyes-Bonilla, 1997), posiblemente por la falta de depredadores en estado adulto. No obstante, durante la etapa larvaria, es altamente probable que sea susceptible de ser depredado, ya que no presenta estructuras que le permitan evadir a los organismos planctívoros. A pesar de ello, parece ser que la mayor amenaza que tiene *I. fuscus* es la explotación pesquera desmedida y la falta de reglas por las autoridades para definir cuotas. Aunado a lo anterior, y dada la escasa movilidad del pepino y larga sucesión generacional (los reproductores maduran hasta los 4 o 5 años de edad; Herrero Pérezrul et al. 1999) hoy en día las poblaciones se encuentran en los niveles más bajos de su historia en prácticamente toda la región del Pacífico Oriental Tropical (Reyes-Bonilla, 1997; Wolff et al., 2012; Defeo et al., 2014; Glockner-Fagetti et al., 2016; CONANP 2017; Conand, 2018; Calderón-Aguilera (en prensa).



Fuente: CNP, 2017.

- Análisis diagnóstico del estado actual de la especie y descripción de cómo se obtuvo dicha diagnosis

Al día de hoy no se cuenta con una evaluación dirigida a determinar el estatus poblacional de *I. fuscus* en el litoral mexicano, no obstante, se cuenta con información de diferentes trabajos donde se describieron estructura de tallas, proporción de sexos, temporada reproductiva y estimaciones de densidad (Fajardo-León y Vélez-Barajas, 1996; Herrero-Pérezrul y Chávez, 2005; Reyes-Bonilla *et al.*, 2008; 2017; 2018; Glockner, 2014; Pañola Madrigal, 2016; Pañola-Madrigal *et al.* 2017). El pepino de mar café fue una especie conspicua en el Golfo de California, donde se observaba en grandes números a mediados del siglo pasado (Ricketts y Steinbeck en Reyes-Bonilla, 1997). Posteriores estudios indicaron que la densidad de pepino en el alto Golfo de California promediaba 0.27 org/m<sup>2</sup> lo que extrapolaba un tamaño poblacional de 7'823,333 pepinos, de los cuales un 37% fueron mayores a 20 cm, la talla comercial (Anónimo, 2007), en 2013 alcanzó una densidad mínima de 0.15 org/m<sup>2</sup> (Glockner-Fagetti, *et al.*, 2016). Estudios comparativos de la densidad de *I. fuscus* en la región de Bahía de Los Ángeles (29°N) indicaron mermas en las poblaciones, en 1992 se tenía un valor de 0.378 ind/m<sup>2</sup> (Salgado-Castro, 1992), en 2005-2007 disminuyó a 0.12 ind/m<sup>2</sup> (Glockner-Fagetti *et al.*, 2016), Reyes-Bonilla y Herrero-Pérezrul en 2006 obtuvieron una densidad similar con 0.14 ind/m<sup>2</sup> y en el 2013 ésta disminuyó a 0.07 ind/m<sup>2</sup> (Glockner-Fagetti *et al.* 2016). En el medio Golfo la densidad calculada fue de 0.028 ind/m<sup>2</sup> (Reyes-Bonilla *et al.*, 2008); y en una localidad de la isla Espíritu Santo en el sur del Golfo la densidad fue de 0.0023 ind/m<sup>2</sup> (Reyes-Bonilla, 1997). En un estudio reciente (octubre de 2014 – diciembre de 2016; Calderon Aguilera, 2017) llevado a cabo del límite norte de la reserva de la biosfera de Bahía de los Ángeles al paralelo 28, incluyendo la región insular de la reserva y del Archipiélago de San Lorenzo, se estimó una densidad promedio 0.028 ind/m<sup>2</sup> dando como resultado un tamaño de poblacional extrapolado de 1'135,120 pepinos (esta extrapolación fue calculada con base en un habitat plausible de 40.54 km<sup>2</sup>) de los cuales se estima que el 36.7% son mayores a los 20 cm, con una tasa de mortalidad calculada de 0.327 (año<sup>-1</sup>) y con los parámetros de crecimiento de  $L_{\infty} = 40$  cm y  $K = 0.27$  año<sup>-1</sup>. La temporada reproductiva de *I. fuscus* parece guardar un patrón anual, con desoves en verano o a finales de este, aparentemente relacionados

con los valores de temperatura superficial del mar más altas durante el año y se mantuvo una relación machos:hembras de 1:1 (Fajardo-León et al., 1995; Herrero-Pérezrul et al., 1999) para este trabajo en específico se determinó que la temporada reproductiva abarca de junio a noviembre con un pico en los meses de julio a octubre y la relación machos:hembras difirió de 1:1 (Pañola-Madrigal et al., 2017).

- Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable

Debido a la sobre pesca *I. fuscus* fue declarado en peligro de extinción por el gobierno de México en 1994 (Fajardo-León y Vélez-Barajas, 1996). A pesar de ello, el precio histórico en el mercado asiático (precios superiores a 1.4 USD /unidad fresca o 80 USD/kg fresco) ha ido aumentando en años actuales (entre 180 a 210 USD/kg fresco) lo cual ha motivado la pesca ilegal en prácticamente toda su distribución geográfica (Torral-Granda, 2008; Purcell et al., 2012; Glockner, 2014). También, el reclutamiento de pepino de mar se ha visto afectado cuando se presentan condiciones de agua de mar anómalamente fría (fenómeno de La Niña) principalmente en la región de las islas Galápagos (Wolff et al., 2012). No obstante, en el Pacífico mexicano y Golfo de California también se han presentado condiciones anómalas de agua fría en los últimos años (Hernández et al., 2008; Paz-García et al., 2012), sin que se hayan evaluado los efectos de estas condiciones en las poblaciones de pepino de mar café de México. Adicionalmente, el pepino de mar café presenta condiciones particulares de su biología como un pausado crecimiento, alta mortalidad natural y tardía edad de primera reproducción (Reyes-Bonilla, 1997; Herrero-Pérezrul et al., 1999), lo cual lo hacen una especie susceptible de ser sobreexplotada e incluso extinguir a algunas poblaciones locales sujetas a la pesca. **Por todo lo mencionado para este criterio, se asigna un valor de 3 a la vulnerabilidad de *Isostichopus fuscus*.**

#### **CRITERIO D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón**

- Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos

Desde la perspectiva antrópica, la vulnerabilidad del pepino de mar *I. fuscus* es alta debido a la extracción pesquera. De manera muy limitada, Koch (2015) señala que

los Predios Federales sujetos a manejo se instituyeron principalmente para el pepino café entre otras especies; sin embargo, no han tenido el resultado esperado en cuanto a la conservación y el aprovechamiento sustentable del recurso. Las poblaciones se encuentran en niveles muy bajos debido a la pesca ilegal, por el otorgamiento de cuotas muy altas otorgadas por la DGVS (com. Per. D. Meza) y por falta de conciencia de los permisionarios. Así mismo cabe sumar la escasa vigilancia y vacíos en la ley aplicable. Aunado a ello, se han llevado a cabo decomisos y aseguramientos en el periodo de 2015-2018 de pepino café, por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), como se muestra en el cuadro siguiente:

| AÑO  | ESTADO              | ESPECIES DECOMISADAS       | CANTIDAD, UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS      | ASEGURAMIENTO / DECOMISO |
|------|---------------------|----------------------------|---|--------------------------|
| 2015 | Baja California     | <i>Isostichopus fuscus</i> | 6183 piezas en fresco y cocidos           | Aseguramiento            |
| 2015 | Baja California     | <i>Isostichopus fuscus</i> | 96 especímenes en fresco y sancochados    | Decomiso                 |
| 2015 | Baja California Sur | No específica              | 94 piezas en fresco                       | Decomiso                 |
| 2015 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 284 piezas en seco                        | Aseguramiento            |
| 2015 | Distrito Federal    | No específica              | 73 piezas                                 | Decomiso                 |
| 2016 | Baja California     | <i>Isostichopus fuscus</i> | 229 especímenes, 220 cocidos y 09 en seco | Aseguramiento            |
| 2016 | Baja California     | <i>Isostichopus fuscus</i> | 40,396 piezas en seco                     | Aseguramiento            |
| 2016 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 47 piezas                                 | Decomiso                 |
| 2016 | Distrito Federal    | No específica              | 2 kg                                      | Decomiso                 |
| 2017 | Baja California     | <i>Isostichopus fuscus</i> | 15,763 piezas                             | Aseguramiento            |
| 2017 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 630 piezas en seco                        | Aseguramiento            |
| 2017 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 44 piezas en seco                         | Decomiso                 |
| 2017 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 076 kg en seco                            | Decomiso                 |
| 2018 | Distrito Federal    | <i>Isostichopus fuscus</i> | 532 piezas en seco                        | Decomiso                 |

Fuente: PROFEPA, 2018

Así mismo se han realizado decomisos como el ocurrido el 12 de noviembre de 2014 en la aduana Mesa de Otoy ([http://www.afntijuana.info/seguridad/33893\\_decomisan\\_pepino\\_de\\_mar\\_en\\_tijuana](http://www.afntijuana.info/seguridad/33893_decomisan_pepino_de_mar_en_tijuana)) el 14 de abril de 2016, en las inmediaciones del aeropuerto de Guadalajara, Jalisco la Policía Federal decomisó 400 Kg de pepino de mar en estado seco (<https://www.informador.mx/Jalisco/Decomisan-pepino-de-mar-en-Aeropuerto-de-Guadalajara-20160414-0132.html>), entre otros; lo que hace pensar que el saqueo continúa a pesar de las prohibiciones. Por otro lado, los cambios en el uso del suelo en la zona costera propician el transporte terrígeno que altera el fondo marino por acumulación de sustancias y/o materiales ajenos al ecosistema marino. Esto podría alterar el ecosistema bentónico y en consecuencia el hábitat del pepino de mar café.

- Análisis pronóstico de la especie

A pesar de que no se han visto poblaciones recuperadas de pepino de mar, actualmente hay varios antiguos sitios de pesca que son parte de las áreas naturales protegidas (ANP) en el Golfo de California (p. ej. Bahía de los Ángeles, Loreto, Archipiélago Espíritu Santo) y que en consecuencia, han limitado la extracción de pepinos. Si el principio de no extracción favorece a las especies dentro de las ANP's, es de esperarse que en dichos sitios, las poblaciones de *I. fuscus* se estén recuperando. No obstante, se tendría que hacer una evaluación exhaustiva para determinar el tamaño poblacional de la especie, ya que a pesar de haber registrado densidades relativamente muy bajas de pepinos (0.028 ind/m<sup>2</sup>) en la región de Loreto (26°N), Reyes-Bonilla y colaboradores (2008) mencionaron que no representa una situación crítica para las poblaciones locales. En lo concerniente al proyecto mencionado (Calderon Aguilera 2017) se alcanza a visualizar la existencia de diferencias estadísticamente significativas (Prueba ANOVA,  $p < 0.05$ ) entre las zonas dentro y fuera de una ANP encontrando una mayor abundancia y densidad en las primeras, sin embargo, es importante señalar que ese proyecto no contemplaba dicha comparación desde su origen, por lo cual no se considera la temporalidad ni el esfuerzo de muestreo, los cuales claramente deben ser incluidos para poder llegar a una conclusión efectiva.

- Evaluación del impacto

La extracción de *I. fuscus* tuvo su auge a principios de los 90's, sin embargo, dada la falta de reglamentación y el exceso de pesca, se decretó la veda total para esta especie a partir de 1994 (Glockner-Fagetti et al, 2016) Cabe resaltar que en los arribos de pesca que recibía la CONAPESCA en los años 1990, se mencionaba al recurso pepino sin especificar cuánto de las cuotas de captura provenían de la especie *Parastichopus parvimensis* y cuánto de *I. fuscus*. Esta imprecisión no permite evaluar cuánto se extrajo de cada especie. Por otro lado, los asentamientos humanos en la zona costera son también una fuente de impacto al ecosistema que potencialmente puede afectar al pepino de mar café. Sin embargo, la extracción ilegal sigue siendo el mayor impacto directo a las poblaciones.

**Para este criterio, se considera que el impacto humano es alto = 4**

### **VALOR ASIGNADO TOTAL DEL MER (suma de los valores de los criterios)**

**A = 2, B = 2, C = 3, y D = 4. TOTAL = 11.** La puntuación sitúa al pepino café *I. fuscus* en la categoría de “**AMENAZADA (A)**”, por lo que se deberá tomar en cuenta para modificar su estatus en la NOM-059- SEMARNAT- 2010 (DOF 2010) donde aparece todavía como especie sujeta a protección especial (Pr).

## **5 Relevancia de la especie**

El pepino de mar café es una especie de hábitos bentónicos que se alimenta de microorganismos y de la materia orgánica depositada en el fondo marino. Se ha mencionado que un ejemplar de pepino (no exclusivamente *I. fuscus*) puede remover al año un volumen aproximado de 45 kg de sedimentos (Solís-Marín *et al.*, 2011). Con esta actividad el pepino evita la acumulación de materia orgánica en el fondo marino, promueve la oxigenación de los sedimentos y previene condiciones de anoxia en el ecosistema bentónico. Durante su ciclo biológico, el pepino de mar café muestra un desarrollo larvario de aproximadamente un mes (Gutiérrez-García, 1999; Toral-Granda, 2008), lo cual lo hace susceptible a la depredación por parte de los organismos planctívoros, formando así parte de las tramas tróficas también en las comunidades pelágicas.

## **6 Propuesta de medidas de seguimiento (recomendaciones para la conservación de la especie)**

Los principales problemas que enfrenta el pepino de mar café son la extracción descontrolada por parte de los pescadores ilegales, alentado por la falta de vigilancia por parte de las autoridades en el sentido de que la pesca ilegal se realiza durante todo el año y gran parte de ella se realiza en la noche. También, la modificación de la zona costera (cambio del uso del suelo) por desarrollos humanos favorece el aporte terrígeno a los ecosistemas costeros y perturba el hábitat para muchas especies (Nava y Ramírez-Herrera, 2011), incluyendo entre otras al pepino de mar café. En este sentido, las ANP's parecen ser áreas estratégicas que deberían favorecer el reclutamiento de ejemplares ya que normalmente se mantienen como áreas de no pesca; sin embargo, hacen falta estudios de conectividad para definir sitios “fuente” y sitios “sumidero” para

esta especie. Asimismo, falta estudiar el establecimiento de una (o más) ANP's a lo largo del Pacífico central mexicano ya que en un gradiente norte-sur, después de las islas Marietas (20°N) no hay otra área natural protegida, sino hasta Huatulco (15°N) lo que representa más de 1,300 km de litoral sin protección.

Respecto al manejo pesquero, los permisos de capturas podrían ser otorgados con fundamento en evaluaciones estrictas del tamaño poblacional y de las tallas (o pesos) comerciales que permitan a los ejemplares explotados haber librado la primera reproducción. Estas evaluaciones deberán tomar en cuenta una metodología estructurada y de fácil aplicación para unificar la toma de muestras, se deberá incluir los datos correspondientes al área de cada predio, la proporción del hábitat viable y un formato general que facilite la estructura de dicho informe.

Si bien, debido al pausado crecimiento de la especie y lo lento de su reclutamiento a la primera reproducción, la lógica desde el punto de vista biológico indica que se debería considerar una pesquería bianual o de mayor tiempo. Consideramos que, desde un punto de vista práctico, al no poder garantizar la vigilancia de las zonas de pesca la presencia de los permisionarios legales sigue siendo la forma más efectiva de combatir esta problemática y que es preferible una pesquería bianual con tasas de captura precautorias.

De igual manera, con el fin de evitar la comercialización de esta especie fuera de las temporadas de pesca, se podría sugerir la unificación de una bitácora y/o avisos de arribo únicos para cada permisionario evitando el tráfico ilegal, considerando una temporada de pesca larga con una actividad únicamente diurna y limitada a los 30 metros de profundidad, esto con tres grandes finalidades, la primera es salvaguardar la integridad de los buzos pescadores dedicados a este recurso limitando su actividad a una profundidad segura, la segunda tratar de contrarrestar el efecto de la pesca ilegal con la presencia de permisionarios el mayor tiempo posible, y tercera garantizar que una parte de la población de la especie quede a resguardo.

Por otro lado, la acuicultura deberá ser un detonante para proteger el recurso del medio natural y de alguna manera repoblar áreas marinas anteriormente explotadas. De esta manera, se podrá tener un mayor control sobre las exportaciones de esta especie

y garantizar la comercialización de pepino de mar café producido bajo condiciones controladas, lo que favorecería a la recuperación de los stocks naturales.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 2007. Evaluación de las poblaciones silvestres de pepino de mar (*Isostichopus fuscus*). Consultores Acuícolas y Pesqueros S.C. Ensenada. 43 pp.
- Azus-Adeth I. y E. Rivera-Arriaga, 2009. Descripción de la dinámica poblacional en la zona costera mexicana durante el periodo 2000-2005. Papeles de Población 62: 75-107.
- Butchart, S.; Akcakaya, R.; Kennedy, E.; Miltontaylor, C. 2006. Biodiversity Indicators Based on Trends in Conservation Status: Strengths of the IUCN Red List Index. Cons. Biol. 20: 579-581.
- Calderon Aguilera, L.E. (Inv. Resp.) 2017. Evaluación de la biología y dinámica de población del pepino de mar (*Isostichopus fuscus* L.) y diseño de áreas de reproducción y explotación comercial en el estado de Baja California. Fondo Sectorial SAGARPA – CONACYT (Ref. 2013-2-225235). Inf. Final.
- Calderón-Aguilera. L. E. (en prensa). Illegal fishing of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* is rampant in the Gulf of California, Mexico. Accepted for publication in the SPC Beche-de-mer Information Bulletin.
- Carta Nacional Pesquera (CNP). 2017. ACUERDO por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. (Continúa en la Tercera Sección). DOF del 11 de junio de 2018.
- Conand, Ch. 2018. Recent information on worldwide illegal fisheries for sea cucumbers. SPC Beche-de-mer Information Bulletin #38 – March 2018.
- Carignan, V.; Villard, M. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. Env. Monit. Assess. 78: 45-61.
- Defeo O., M. Castrejón, L. Ortega, A.M. Kuhn y A. Álava. 2014. Variabilidad climática y su impacto en pesquerías de pequeña escala de invertebrados en América Latina. Desarrollo e Medio Ambiente. 32:29-39.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Ley General de Vida Silvestre. 3 de julio de 2000. Última Reforma DOF 19-01-2018.

- Diario Oficial de la Federación. 2006. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. 30 de noviembre de 2006. Última Reforma DOF 09-05-2014.
- Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo por el que se dan a conocer los formatos y trámites que aplica en materia de vida silvestre.
- Fajardo-León M.C., E. Michel-Guerrero, J. Singh-Cabanillas, J.A. Vélez-Barajas y J.A. Massó-Rojas. 1995. Estructura poblacional del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, B.C.S., México. Ciencia Pesquera. 11 (Nueva Época) 45-53.
- Fajardo-León M.C. y A. Vélez-Barajas. 1996. Pesquería de pepino de mar. 151-165. En: Casas-Valdez y Ponce-Díaz (Eds.) Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. CIBNOR, La Paz. Vol1. 350 pp.
- Glockner A.F. 2012. Densidad poblacional y estructura de tallas del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en tres localidades de bahías de Huatulco, Oax. Tesis de Licenciatura. UMAR. 74 pp.
- Glockner-Fagetti, A., L. E. Calderon-Aguilera, M.D. Herrero-Pérezrul. 2016. Density decrease in an exploited population of brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* in a biosphere reserve from the Baja California peninsula, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 121:49-59.
- Gutiérrez-García A. 1999. Potential culture of sea cucumber in Mexico. *Bêche de mer Information Bulletin*. 11: 26-29.
- Hernández, L., Balart, E.F. y H. Reyes-Bonilla. 2008. Effect of hurricane John (2006) on the invertebrates associated with corals in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale, Florida. 10: 301-304.
- Herrero-Pérezrul M.D., H. Reyes-Bonilla, F. García-Domínguez. 1998. Casual hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) of the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Msr. Sc.* 63(3): 611-615.
- Herrero-Pérezrul M.D., H. Reyes-Bonilla, F. García-Domínguez y C. Cintra-Buenrostro. 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata:

- Holothuroidea) in the southern Gulf of California, México. *Marine Biology*. 135: 521-532.
- Herrero-Pérezrul M.D. y E. Chávez. 2005. Optimum fishing strategies for *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Gulf of California, México. *Rev. Biol. Trop.* 53 (sup. 3): 357-366.
- IUCN Lista Roja de especies en peligro. <http://www.iucnredlist.org/details/180373/0> (fecha de acceso 27 de julio de 2017).
- Koch, V. 2015. Análisis Comparativo de Instrumentos para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en el Golfo de California. Primera edición. GIZ / BIOMAR. Ciudad de México, México.
- Nava H. y M.T. Ramírez-Herrera. 2011. Government conservation policies on Mexican coastal areas: is “top-down” management working? *Rev. Biol. Trop.* 59 (4): 1487-1501.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. D. O. F. (Segunda sección) del 30 de diciembre de 2010. SEMARNAT.
- Nicholson, E.; Possingham, H. 2006. Objectives for multiple-species conservation planning. *Cons. Biol.* 20: 871-881
- Noss, F. R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Cons. Biol.* 4: 355-364.
- Ochoa-Chávez, J.M., M.A. Del Río Portilla, L.E. Calderon-Aguilera, A. Rocha-Olivares. 2018. Genetic connectivity of the endangered brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the northern Gulf of California revealed by novel microsatellite markers. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 89(2).
- Pañola Madrigal, Abigail. Caracterización del ciclo gonádico del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en la costa oriental de Baja California Tesis de maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 2016.
- Pañola-Madrigal, A., L.E. Calderon-Aguilera, C.A. Aguilar-Cruz, H. Reyes-Bonilla, M.D. Herrero-Pérezrul. 2017. Reproductive cycle of the sea cucumber (*Isostichopus*

- fuscus) and its relationship with oceanographic variables at its northernmost distribution site. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. Vol. 65 (Supl. 1): S180-S196*
- Pañola-Madriral Abigail; Galaviz-López Juan M.; Castañeda-Rivero Francisco R. y Calderón-Aguilera Luis E. 2017. El papel del pepino de mar en el flujo de carbono orgánico de los sedimentos. P. 307-312. En: Paz, F., R. Torres y A. Velázquez (Editores). 2017. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-5-0. 656 p.
- Paz-García, D.A., Balart, E.F. y F.J. García-de-León. 2012. Cold water bleaching of *Pocillopora* in the Gulf of California. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia. 9° Coral bleaching and climate change. 11: 1- 5.*
- Prieto-Ríos E. 2010. Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar de Perú. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, 79 pp.
- Purcell S.W. 2012. Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. Documento técnico de pesca y acuicultura FAO 520. Roma, 169 pp.
- Purcell, S. W., Samyn, Y. & Conand, C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. Rome, FAO. 2012. 150 pp.*
- Reyes-Bonilla H. 1997. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Informe final Proy. H216 CONABIO. 98 pp.
- Reyes-Bonilla, H., L. E. Calderon-Aguilera, J. M. Galaviz-López and M. D. Herrero-Pérezrul. 2018. Size and relative condition of the brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the northern gulf of California, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 46(4): 831-836
- Reyes Bonilla, H., G. Ramírez Ortiz, M.D. Herrero Pérezrul y L. E. Calderon Aguilera. 2016. Subestimación de la abundancia del pepino café *Isostichopus fuscus*

(Holothuroidea: Echinodermata), en muestreos diurnos con respecto a nocturnos en el Golfo de California. Rev. Mex. Biodiv. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.05.004>.

- Reyes-Bonilla H. M.D. Herrero-Pérezrul, S. González-Romero<sup>1</sup>, A. González-Peralta y Y. Ramírez-Hernández. 2008. Abundance of the Brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* at the National Park Bahía de Loreto, México. Rev. Biol. Trop. 56 (sup 3): 256-272.
- Salgado-Castro, L. 1992. Summer evaluation of the commercial resource sea cucumber *Isostichopus fuscus* in Bahía de los Angeles and southern and northern adjacent areas in Baja California state, Mexico. Reporte técnico.
- Salgado-Castro L.R. 1994. Propuesta de las opciones de manejo de las pesquerías de pepino de mar en las costas oriental y occidental de Baja California, México. CRIP, Ensenada, 27 pp.
- Sánchez H. O., R. Medellín, A. Aldana, B. Goettsch, J. Soberón y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). 1ª. Edición. SEMARNAT / INE / Inst. de Ecología de la UNAM / CONABIO. México, D. F. Solís-Marín F.A., J.A. Arriaga-Ochoa, A. Laguarda-Figueras, S.C. Fontana-Urbe y A. Durán-González. 2009. Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Golfo de California. CONABIO. México. 177 pp.
- Solís-Marín F.A., J. Madrigal Guridi, M.G.I. Honey-Escandón, J.A. Arriaga Ochoa, A. García Meraz y P. Salazar Araujo. 2011. Diagnóstico de las poblaciones arrecifales del pepino de mar *Holothuria inornata* Samper, 1868 en la costa del Estado de Michoacán. Informe final. 52 pp.
- Steneck, R. 2005. An ecological context for the role of large carnivores in conserving biodiversity. En Ray J, Redford K, Steneck R, Berger J (Eds.) Large Carnivores and the Conservation of Biodiversity. Island Press. Washington, DC, EEUU. pp. 9-33.
- Tambutti, M.; Aldama, A.; Sánchez, O.; Medellín, R.; Soberón, J. 2001. La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. Gaceta Ecológica. 60: 11-21.

- Toral-Granda, V. 2008. Galapagos Islands: a hotspot of sea cucumber fisheries in Central and South America. *En* V. Toral-Granda, A. Lovatelli y M. Vasconcellos (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO. pp. 231–253.
- Turrubiates-Morales J.R. 2009.Registro geográfico del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Baja California Sur, México. *Ciencia Pesquera*. 17 (1): 81-82.
- Wolff M., A. Schuhbauer y M. Castrejón. 2012. A revised strategy for the monitoring and management of the Galapagos sea cucumber *Isostichopus fuscus* (Aspidochirotida: Stichopodidae). *Rev. Biol. Trop.* 60 (2): 539-551.
- WoRMS <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=529516>,(fecha de acceso 02/10/2018).

## 8. RESUMEN

La evaluación del pepino café *Isostichopus fuscus* mediante los criterios del MER le otorgaron un puntaje de 11, que de acuerdo con las categorías establecidas, lo ubican como una especie AMENAZADA (A), lo cual no coincide con lo establecido previamente por la NOM-059-SEMARNAT-2010 donde se clasificó como “sujeto a protección especial (Pr)”

**Criterio A = 2.** Distribución medianamente restringida ya que de toda la zona económica exclusiva, el pepino café ha sido registrado en la zona costera en profundidades entre 0 y 61m. Debido a sus hábitos bentónicos, el pepino café no puede ocupar toda la zona marina territorial.

**Criterio B = 2.** El estado del hábitat para el pepino café *Isostichopus fuscus* se consideró intermedio ya que hasta el momento no hay un estudio dirigido a evaluar el hábitat de la especie. En cambio, las actividades de pesca, como la perturbación de la zona costera por efectos antropogénicos resultan en un potencial deterioro del hábitat para esta especie.

**Criterio C = 3.** El pepino café tiene una vulnerabilidad alta ya que se tomó en cuenta que las tallas de primera madurez son pausadas, el crecimiento es lento y la mortalidad natural elevada. Con dichos parámetros demográficos, además de la pesca ilegal, es evidente que *I. fuscus* presenta una rareza demográfica. Adicionalmente son necesarios más estudios genéticos que ayuden a definir la diversidad genética entre poblaciones y más estudios que permitan definir temporadas o sitios de reclutamiento de esta especie de pepino de mar a lo largo de su distribución geográfica.

**Criterio D = 4.** Impacto alto. Entre los riesgos detectados, y a pesar de los esfuerzos por disminuir la pesca ilegal del pepino café, esta no parece considerar la extracción de ejemplares que hayan pasado por su primera reproducción por lo que se podría comprometer severamente el reclutamiento de las siguientes generaciones. También se encontró que el desarrollo urbano en la zona costera promueve el potencial cambio de suelo y posiblemente el transporte de materiales (y sustancias) ajenos al bentos costero donde el pepino café tiene su hábitat. Estos impactos no parecen tener una adecuada medida de control y representan un alto riesgo potencial para las poblaciones de *I. fuscus*.