

Artículo de Divulgación

Variabilidad cromática del pepino de mar *Isostichopus badionotus* (Selenka 1867) (Holothuroidea: Esticopodidae) en Yucatán

Chromatic variability of the Sea Cucumber *Isostichopus badionotus* (Selenka 1867) (Holothuroidea: Stichopodidae) in Yucatan, Mexico

Iván Oribe-Pérez ¹ , Alicia Poot-Salazar ²
& Edgar Cob-Pech ³

Resumen

El pepino de mar *Isostichopus badionotus*, conocido como choco-chip o ballenato, es una especie ampliamente distribuida en el Caribe y presente en las costas de Yucatán, donde desempeña un papel ecológico fundamental al reciclar nutrientes. Además de su importancia ecológica y pesquera, esta especie destaca por su notable variabilidad cromática, presentando una amplia diversidad de patrones y tonalidades. Esta diversidad ha generado cuestionamientos sobre posibles diferencias taxonómicas entre individuos con distintos colores. Estudios recientes han revelado que algunas de las formas de color que anteriormente se consideraban variantes de una misma especie corresponden en realidad a especies diferentes, distinguibles por sus características genéticas, patrones de coloración y hábitats preferentes. El presente trabajo tiene como objetivo documentar la amplia variación cromática de *I. badionotus* observada durante los monitoreos efectuados por el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera en Yucalpetén, en la costa de Yucatán, contribuyendo al conocimiento de la diversidad fenotípica de esta especie en la región. La coloración podría estar influenciada por factores ambientales, ecológicos y genéticos. Comprender y documentar esta variabilidad es relevante para mejorar la identificación, el monitoreo y las estrategias de conservación y manejo del recurso.

Palabras clave: *Isostichopus badionotus*, pepino de mar, choco-chip, variabilidad cromática, Yucatán..

Resumen

The sea cucumber *Isostichopus badionotus*, commonly known as choco-chip or ballenato, is a species widely distributed throughout the Caribbean and present along the coast of Yucatan, where it plays a fundamental ecological role through nutrient recycling. In addition to its ecological and fishery importance, this species stands out for its remarkable chromatic variability, exhibiting a wide diversity of color patterns and tonalities. This diversity has raised questions regarding potential taxonomic differences among individuals displaying distinct color patterns. Recent studies have revealed that some color forms previously considered variants of a single species actually represent distinct species, distinguishable by their genetic characteristics, color patterns, and habitat preferences. The present study aims to document the extensive color variation of *I. badionotus* observed during monitoring surveys conducted by the Regional Center for Aquaculture and Fisheries Research in Yucalpeten, along the coast of Yucatan, thereby contributing to the understanding of the phenotypic diversity of this species in the region. Understanding and documenting this variability is important for improving species identification, population monitoring, and conservation and management strategies for this resource.

Key words: *Isostichopus badionotus*, sea cucumber, choco-chip, chromatic variability, Yucatán.

Recibido: 10 de junio de 2026.

Corregido: 07 de septiembre de 2026.

Aceptado: 09 de septiembre de 2026.

¹ Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera en Mazatlán, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable (IMIPAS). Calzada Sabalo-Cerritos SN. Contiguo Estero El Yugo, Mazatlán 82112, Sinaloa, México.

² LComisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). Avenida Camarón Sábalo, No. 1210, Fraccionamiento Sábalo Country Club, Mazatlán 82100, Sinaloa, México.

³ Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera en Yucalpetén, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable (IMIPAS). Bolevard del Pescador s/n, Yucalpetén. Progreso 97320, Yucatán, México.

* **Correspondencia:** ivan.oribe@imipas.gob.mx



Introducción

En el Golfo de México, particularmente en la plataforma continental de los estados de Yucatán y Campeche, se han registrado más de 14 especies de pepino de mar. Sin embargo, dos especies son de mayor importancia comercial: *Isostichopus baddonotus* (Selenka 1867) y *Holothuria floridana* (Pourtales 1851) (Poot-Salazar *et al.* 2015). En Yucatán, los permisos de pesca de pepino de mar iniciaron en 2013; sin embargo, las poblaciones de pepino de mar fueron rápidamente sobreexplotadas debido a la alta demanda en el mercado internacional (López-Rocha & Velázquez-Abunader 2019, López-Rocha *et al.* 2020). Este rápido desarrollo de la pesquería superó la capacidad de las autoridades para implementar estrategias de manejo adecuadas que garantizaran el aprovechamiento sostenible del recurso (Gamboa-Álvarez *et al.* 2020; López-Rocha *et al.* 2020). De acuerdo con Anderson *et al.* (2011), este patrón es común en las pesquerías de pepino de mar a nivel mundial, las cuales suelen expandirse con tal rapidez que exceden la capacidad de los gobiernos para desarrollar e implementar medidas de manejo eficientes. La extracción intensiva de pepino de mar en Yucatán generó preocupación sobre la viabilidad de sus poblaciones naturales, lo que llevó a establecer, desde 2018, una veda permanente para todas las especies de pepino de mar en la costa de la península de Yucatán (DOF 2018).

El pepino de mar café, choco-chip o ballenato (*I. baddonotus*; Fig. 1), es reconocido principalmente por su importancia pesquera; sin embargo, también cumple diversas funciones ecológicas: al alimentarse, ingiere sedimentos y aprovecha la materia orgánica en descomposición, contribuyendo a limpiar y renovar el

fondo marino (Birkeland 1989, Uthicke 2001). Durante este proceso remueve y mezcla las capas superficiales del sedimento, favoreciendo su oxigenación; esta actividad se conoce como bioturbación (Birkeland 1989, Uthicke 2001). Además, libera nutrientes como nitrógeno y fósforo, que funcionan como fertilizantes naturales y favorecen el crecimiento de otros organismos (Purcell *et al.* 2016). Los pepinos de mar también participan en la cadena alimentaria como presa de peces, crustáceos y otros animales, y pueden servir como refugio para pequeños organismos asociados (Purcell *et al.* 2016). En conjunto, estas funciones contribuyen al reciclaje de nutrientes, la biodiversidad y el mantenimiento de la salud de los ecosistemas costeros (Birkeland 1989, Uthicke 2001, Purcell *et al.* 2016). Esta especie se distribuye ampliamente en el Atlántico occidental tropical y subtropical, desde Carolina del Sur y Florida (Estados Unidos), a través del Golfo de México y el mar Caribe, hasta las costas del norte y este de Sudamérica, incluyendo Brasil (Purcell *et al.* 2023). *Isostichopus baddonotus* habita sobre fondos arenosos, praderas de pastos marinos y zonas arrecifales someras (Amador-Carrillo 2017).

Más allá de su importancia ecológica y pesquera, *I. baddonotus* también llama la atención por la diversidad de colores que puede presentar, la cual es conocida como variabilidad cromática, incluye desde tonos oscuros hasta matices más claros y contrastes llamativos (López-Rocha *et al.* 2020). En algunos individuos predominan los fondos cafés con manchas claras; en otros, se observan tonalidades moradas, rojizas o incluso verdes (Borrero-Pérez *et al.* 2024).





Figura 1. Ejemplar de pepino de mar chocochip común (*Isostichopus badionotus*), caracterizado por su coloración café clara y la presencia de numerosas manchas oscuras. Fotografiado sobre un fondo rocoso, a 10 m de profundidad, frente a la comunidad pesquera de Sisal, Yucatán (Fotografía: Kenneth Cervera).

¿Por qué importa el color en el mar?

En los organismos marinos, el color no es simplemente una característica estética, puede estar relacionado con el camuflaje, la adaptación al tipo de sustrato, la profundidad, la intensidad de luz o incluso los procesos evolutivos (Stevens & Merilaita 2011). En muchas especies, las diferencias de color han llevado a confusiones taxonómicas, especialmente cuando no se analizan otros rasgos morfológicos o genéticos (Borrero-Pérez *et al.* 2024, Zhang *et al.* 2016).

Por ello, la variabilidad cromática de *I. badionotus* ha generado preguntas entre investigadores de distintas regiones del mundo: ¿Se trata simplemente de diferencias dentro de una misma especie o

podrían ser especies distintas que parecen similares?

El debate científico en el Caribe

La duda no es nueva, a lo largo de su área de distribución, investigadores notaron que *I. badionotus* podía verse muy diferente según su patrón de color. En Colombia, algunos estudios hablaron de “morfotipos” para referirse a variantes con colores distintos y preferencias de hábitat particulares (Vergara *et al.* 2018). Estas observaciones llevaron a plantear que quizá no se trataba solo de variaciones superficiales.

Más recientemente, una revisión amplia del género realizada por Borrero-Pérez

et al. (2024) quienes analizaron los ejemplares de *I. badionotus* observados en el medio natural y especímenes de museos, comparando su morfología externa y estructuras internas microscópicas llamadas osículos (pequeñas estructuras calcáreas no visibles a simple vista que forman parte del “esqueleto” interno de los pepinos de mar; y que son como una huella microscópica que ayuda a diferenciar entre especies), incorporaron información genética mediante el análisis de fragmentos de ADN mitocondrial.

Los resultados de Borrero-Pérez *et al.* (2024) revelaron que durante muchos años lo que se consideró como una sola especie de pepino de mar en realidad corresponde a dos especies diferentes: *I. badionotus* e *I. maculatus* (Clark 1922). Además, esta última presenta dos formas o subespecies reconocidas. Los investigadores encontraron que ambas especies pueden habitar en las mismas zonas del mar Caribe y el Golfo de México. A simple vista son muy parecidas e incluso comparten estructuras microscópicas similares; sin embargo, presentan diferencias claras en su ADN, en los patrones de coloración de su cuerpo y en los hábitats que prefieren.

La evidencia en Yucatán

En las costas de Yucatán, esta diversidad es particularmente evidente. El Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Yucalpetén, perteneciente al Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS), a través del proyecto de monitoreo de recursos bentónicos, ha documentado con fotografías desde el 2009 una amplia gama de patrones de color en *I. badionotus* (Fig. 2).

La figura 2 muestra la notable

variabilidad cromática registrada en las comunidades pesqueras de Yucatán. Las denominaciones asignadas a las variantes tienen un propósito exclusivamente descriptivo e ilustrativo y no corresponden a una clasificación taxonómica formal. Estos nombres se establecieron con base en las características visuales más distintivas de cada organismo, como el color predominante, la presencia de puntos o manchas y la combinación de tonalidades; algunos de ellos también son utilizados coloquialmente por los pescadores de la región. La intensidad del color, la distribución de las manchas y el contraste dorsal pueden variar considerablemente entre individuos. En ciertos casos, el patrón recuerda al clásico “choco-chip”; en otros, el moteado es más fino o denso. Algunas variantes muestran un predominio de tonos oscuros, mientras que otras presentan colores más claros y contrastantes.

Durante los monitoreos, las distintas variantes cromáticas se han observado en diversos ambientes, como fondos arenosos, praderas de pastos marinos y zonas con algas o fragmentos coralinos. Sin embargo, todavía no se ha determinado si algunas coloraciones son más frecuentes en determinados tipos de hábitat. ¿Podrían las características del entorno influir en la coloración de estos organismos? Responder esta pregunta requerirá estudios más detallados y representa una interesante línea de investigación sobre la ecología de la especie en la región.

¿Qué puede explicar esta diversidad de colores?

La presencia de múltiples variantes cromáticas de *I. badionotus* plantea una pregunta adicional: ¿Por qué existen tantos colores dentro de una misma





Figura 2. Variantes cromáticas de *Isostichopus badionotus* registradas en la costa de Yucatán. La figura reúne 18 registros fotográficos obtenidos entre 2009 y 2016. Para cada variante, la comunidad pesquera donde fue fotografiada y el año de observación se indican entre paréntesis. Las denominaciones utilizadas son descriptivas e ilustrativas, no corresponden a una clasificación formal y se basan en las características visuales de los ejemplares y en algunos nombres empleados por los pescadores de la región: chocochip común (Celestún 2010); punteado (Celestún 2010); chocochip pálido (San Crisanto 2016); chocochip moteado (Celestún 2010); chocochip moteado (Sisal 2010); moteado (Sisal 2009); moteado morado (Dzilam de Bravo 2010); duvalín (Sisal 2010); morado (Santa Clara 2010); morado fuerte (Sisal 2009); amarillo (Sisal 2015); negro con puntos (Dzilam de Bravo 2013); café con puntos crema (Sisal 2009); café pálido (San Felipe 2009); café (San Felipe 2009); verde amarillento (Río Lagartos 2009); verde punteado (Río Lagartos 2016), y verde moteado (Río Lagartos 2009). Los ejemplares de Celestún, Sisal, Dzilam de Bravo, San Crisanto y Santa Clara se registraron a profundidades de entre 3 y 15 m, mientras que los de San Felipe y Río Lagartos se observaron entre 8 y 25 m (Fotografías: Alicia Poot-Salazar).

especie? En organismos bentónicos, como los pepinos de mar, la coloración puede estar influenciada por diversos factores ambientales. El tipo de sustrato, la profundidad, la disponibilidad de luz e incluso la presencia de algas o materia orgánica podrían influir en la pigmentación de estos organismos.

En fondos arenosos claros, las coloraciones pálidas podrían facilitar el camuflaje, mientras que las tonalidades oscuras o los patrones moteados podrían ser ventajosos en ambientes con macroalgas, rocas o fragmentos coralinos. Esta semejanza con el entorno podría dificultar que los organismos sean detectados por sus depredadores. También es posible que algunas diferencias de coloración estén relacionadas con la dieta o con condiciones ambientales locales, como la temperatura y la salinidad.

En diversos organismos, la variabilidad cromática puede tener componentes genéticos y ambientales (Stevens & Merilaita 2011). Sin embargo, todavía se desconoce qué factores explican los patrones observados en *I. badionotus* en Yucatán y si determinadas coloraciones ofrecen alguna ventaja ecológica. Para responder estas preguntas será necesario realizar estudios que relacionen la coloración con el hábitat e incorporen análisis ecológicos y genéticos de las poblaciones locales.

Identificación y manejo: más que una cuestión estética

En contextos de monitoreo y manejo pesquero, la identificación correcta de las especies es fundamental (Purcell *et al.* 2023). La alta variabilidad cromática puede generar confusión cuando solo se consideran características externas superficiales (Borrero-Pérez *et al.* 2024).

Una identificación inadecuada podría afectar estimaciones poblacionales o registros de captura (Poot-Salazar *et al.* 2015).

Combinar la observación del patrón de color con otros rasgos morfológicos y, cuando sea posible, con herramientas genéticas, fortalece la precisión en el monitoreo. Documentar sistemáticamente las variantes cromáticas contribuye a construir una base de referencia local útil para investigadores y autoridades pesqueras.

Conclusión

La diversidad cromática de *I. badionotus* en Yucatán nos recuerda que incluso los organismos que parecen discretos pueden esconder historias biológicas complejas. Lo que a simple vista podría interpretarse como una simple diferencia de color puede estar relacionado con procesos ecológicos, variación genética o dinámicas evolutivas aún en desarrollo.

Conocer y documentar esta diversidad no es solo un ejercicio académico. Una identificación correcta es fundamental para el monitoreo de poblaciones naturales, la implementación de medidas de manejo y la evaluación del estado del recurso. En especies de importancia comercial, como el pepino de mar, la claridad taxonómica y el entendimiento de su variabilidad biológica son piezas clave para su conservación.

En un contexto donde las poblaciones han enfrentado presión pesquera significativa y donde la regulación busca recuperar el recurso, comprender su diversidad natural adquiere una dimensión aún mayor. Cada tonalidad observada en el fondo marino yucateco no es solo una expresión estética de la



biodiversidad, sino también una ventana hacia los procesos ecológicos y evolutivos que sostienen nuestros ecosistemas costeros.

Agradecimientos

A los participantes y colaboradores del proyecto bentónicos del CRIAP-Yucalpetén: Kenneth Cervera, Carlos Mena, Juan Espinoza y Fredy Chable por su valiosa labor en el monitoreo y seguimiento del recurso. A los revisores anónimos que aportaron valiosos comentarios para mejorar el presente documento.

Referencias

- Anderson, S. C., J. M. Flemming, R. Watson & H. L. Lotze. 2011. Serial exploitation of global sea cucumber fisheries. *Fish and Fisheries* 12: 317-339. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00397.x>
- Amador-Carrillo, S.R. 2017. Taxonomía de los pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea) de la Península de Yucatán y algunos de la University of Miami Deep Sea Expeditions. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur.
- Birkeland, C. 1989. The influence of echinoderms on coral-reef communities. *Echinoderm studies* 3(1): 1-79.
- Borrero-Pérez, G. H., F. A. Solís-Marín & H. Lessios. 2024. Understanding the color variability and resolving taxonomic confusion in the sea cucumber *Isostichopus badiotus* (Echinodermata, Holothuroidea): a revision of the genus *Isostichopus*. *European journal of taxonomy*, 949, 1-96. <https://doi.org/10.5852/ejt.2024.949.2641>
- Clark, H. L. 1922. The holothurians of the genus *Stichopus*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology Cambridge Mass* 65(3): 39-74.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. Acuerdo por el que se modifica el Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994, para establecer la cuota de aprovechamiento de pepino de mar café (*Isostichopus badiotus*) en las aguas marinas de jurisdicción federal colindantes con el Estado de Yucatán en el año 2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación, México. Publicado el 06 de abril de 2018.
- Gamboa-Álvarez, M. Á., J. A. López-Rocha, G. R. Poot-López, A. Aguilar-Perera & H. Villegas-Hernández. 2020. Rise and decline of the sea cucumber fishery in Campeche Bank, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 184: 105011. [10.1016/j.ocecoaman.2019.105011](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105011)
- López-Rocha, J. A. & I. Velázquez-Abunader. 2019. Fast decline of the sea cucumber *Isostichopus badiotus* as a consequence of high exploitation in Yucatan, Mexico. *Regional Studies in Marine Science* 27: 100547. [10.1016/j.rsma.2019.100547](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100547)
- López-Rocha, A. J., C. Pedroza-Gutiérrez, L. Vidal-Hernández, M. A. Gamboa-Álvarez, I. Velázquez-Abunader, S. Romero-Gallardo & J. Arteaga-Muñoz. 2020. La pesquería de pepino de mar en Yucatán: Auge, declive y perspectivas a futuro. Pp. 508-534 En: Pérez-Morales A., J. A. Aké-Castillo & C. A. Poot-Delgado (Editores). *Investigaciones marinas en el Golfo de México y Mar Caribe mexicano*. Universidad de Colima.
- Poot-Salazar, A., Á. Hernández-Flores & P. L. Ardisson. 2015. Indicadores de sostenibilidad para la evaluación de las pesquerías de pepino de mar en la península de Yucatán, México. *Ciencia Pesquera* 23(2): 11-24.
- Pourtales, L.F. 1851. On the Holothuriae of the Atlantic Coast of the United States. pp. 8-16 In: *Proceedings American Association Advancement Science, Fifth Meeting, Washington*.
- Purcell, S. W., A. Lovatelli, Y. Samyn & C. Conand. 2023. Commercially important sea cucumbers of the world. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. No. 6. Rome, FAO. 2012. 150 pp.
- Purcell, S. W., C. Conand, S. Uthicke & M. Byrne. 2016. Ecological roles of exploited sea cucumbers. pp. 375-394 In: *Oceanography and marine biology*. CRC press.
- Selenka, E. 1867. Beiträge zur Anatomie und Systematik der Holothurien. *Zeitschrift Für Wissenschaftliche Zoologie* 17.
- Stevens M. & S. Merilaita S. 2011. *Animal Camouflage: Mechanisms and Function*. Cambridge University Press. 357. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511852053>
- Uthicke S. 2001. Nutrient regeneration by abundant

coral reef holothurians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265: 153-170. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00329-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00329-X)

Vergara, W., V. Agudelo, A. Rodríguez & I. Eeckhaut. 2018. Morphological and molecular characterization of *Isostichopus sp.* in the Colombian Caribbean Sea. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 33-48.

Zhang, W., Z. Cao, Y. Li, H. Zhao, J. Huang, Z. Liang & L. Huang. 2016. Taxonomic status of the three color variants in sea cucumber (*Apostichopus japonicus*): evidence from mitochondrial phylogenomic analyses. *Mitochondrial DNA Part A*, 27(4), 2330-2333. <https://doi.org/10.3109/19401736.2015.1022765>

