

ARTICULO DE REVISIÓN

Reproducción y tallas mínimas de captura en esponjas comerciales: razones para el incremento de la esponjicultura cubana

Reproduction and minimal sizes for commercial sponges catches: aims for incrementing Cuban's sponges culture

Alexander Lopeztegui-Castillo^{1,2*}

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Alimentaria, Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, Barlovento, Playa, La Habana, Cuba. C.P. 19100

² Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. Instituto Politécnico Nacional, Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, México. C.P. 23096

Autor para correspondencia:
alopeztegui@yahoo.com

OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional
(CC BY-NC 4.0)

Editor:
Julia Azanza Ricardo
(CIM-UH)

Recibido: 25.06.2023
Aceptado: 14.03.2024

Resumen

El desconocimiento de los procesos reproductivos y la talla de madurez sexual de las esponjas comerciales de baño (familia Spongiidae) en Cuba constituye, actualmente, una limitante para el adecuado manejo de la pesquería de estas especies. El objetivo de esta revisión fue compilar la información existente sobre reproducción de esponjas comerciales, experiencias de repoblación basados en sistemas de cultivo, y el establecimiento de tallas mínimas de captura. La información acumulada permitió identificar vacíos en el conocimiento regional, inferir tallas límite para regular la actividad extractiva en Cuba y elaborar una propuesta de medidas coyunturales que minimicen el riesgo del colapso en la pesquería cubana de esponjas. Se comprobó que urge la realización de estudios histológicos, citológicos y de supervivencia larval en las especies cubanas. Además, se corroboró que una talla mínima legal de 15 cm de diámetro mayor se corresponde con los estándares internacionales actualmente establecidos para esponjas comerciales de otras regiones y, por tanto, contribuiría a mejorar el rendimiento pesquero sin mayores afectaciones al potencial reproductivo de las poblaciones en explotación. Sin embargo, la extracción de esponjas menores (a 15 cm de diámetro mayor) podría hacer colapsar la población por generar fallas en el reclutamiento y afectaciones desconocidas en los procesos reproductivos poblacionales. La implementación definitiva del cultivo de esponjas a escala nacional es la solución más plausible y biológicamente aceptable para la obtención de las esponjas de pequeña talla, que satisfacen de mejor manera las actuales demandas del mercado internacional.

Palabras clave: Pesca responsable, manejo pesquero, cultivo de esponjas, aspectos reproductivos, pesquería de poríferos.

Abstract

The lack of knowledge about the reproductive processes and the size of sexual maturity of commercial bath sponges (Family Spongiidae) in Cuba, currently constitutes a limi-

tation to develop adequate management and conservation plans in the fishery of these species. This review aimed to summarize the existing information on the reproduction of commercial sponges, repopulation experiences based on farming systems, and the establishment of minimum capture sizes. These data helped to identify the main gaps in regional knowledge, to infer size limit to regulate extractive activity in Cuba, and to prepare conjunctural measures that minimize the risk of collapse in the Cuban sponge's fishery. It was concluded that it is urgent the need of histological, cytological, and larval survival studies in Cuban species. In addition, it was confirmed that a legal minimum size of 15 cm in largest diameter corresponds to the international standards currently established for commercial sponges from other regions and, therefore, would contribute to improving fishing yield without further affecting the reproductive potential of populations in exploitation. However, the extraction of smaller individuals (with a largest diameter of 15 cm or smaller) could cause the population to collapse due to recruitment failures and unknown effects on population reproductive processes. The definitive implementation of sponge culture on a national scale is the most plausible and biologically acceptable solution for obtaining small-sized sponges, which better satisfy the current demands of the international market.

Keywords: Sustainable fishing, fisheries management, sponges farming, reproductive aspects, porifera fishery.

Introducción

En comparación con recursos de alto valor comercial, como las langostas espinosas, los túnidos o algunos camarones decápodos, las investigaciones sobre la pesquería de esponjas comerciales no han sido numerosas. Sin embargo, varios de los escasos estudios existentes señalan que el impacto ambiental de dicha pesquería sobre otras especies bentónicas y sobre las poblaciones de otras esponjas no comerciales es mínimo (Stevely *et al.*, 2010; Butler *et al.*, 2017; Betanzos-Vega *et al.*, 2019a).

Desde la segunda mitad del pasado siglo, Cuba se reconoce a nivel internacional como uno de los mayores productores de esponjas comerciales en América (Pronzato, 1999; Stevely *et al.*, 2010). Desde que comenzó a desarrollarse esta pesquería en Cuba, se realizaron esfuerzos por lograr cultivos de las especies de esponjas implicadas en las capturas (Betanzos-Vega *et al.*, 2019a). En el medio natural, las densidades de esponjas en Cuba han decrecido con respecto a las de mediados del pasado siglo y actualmente se reportan valores entre 0.001 y 0.006 esponjas por metro cuadrado, equivalente a entre 10 y 60 esponjas por hectárea (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020). Esta disminución de la abundancia ha generado una reducción de más del 50 % de la captura media anual actual (2018-2022) respecto al período de mayores desembarques en la historia de esta pesquería (Betanzos-Vega *et al.*, 2019a, Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020; Betanzos-Vega *et al.*, 2023). No obstante, el cultivo de esponjas en Cuba, destinado tanto a la repoblación de los bancos naturales como a la comercialización directa del producto, es aún incipiente. Además, son reducidos los estudios sobre la reproducción de las especies comerciales y no se abordan directamente temas como la talla mínima de primera madurez o la talla mínima legal de captura.

Las investigaciones científicas publicadas hasta el momento y los hechos empíricos vinculados a la observación directa y la revisión del proceso productivo sugieren que, a nivel internacional, se necesitan datos adicionales sobre los patrones de reproducción de las esponjas comerciales y el éxito del reclutamiento, para parametrizar empíricamente los modelos de población capaces de evaluar cuantitativamente la sostenibilidad de los niveles actuales de cosecha (Butler *et al.*, 2017; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020). El objetivo de esta revisión es compilar la información existente sobre reproducción de esponjas comerciales, experiencias de repoblación basados en sistemas de cultivo y el establecimiento de tallas mínimas de captura. Con estos datos, se pretende identificar los principales vacíos en el

conocimiento regional, inferir tallas límite para regular la actividad extractiva en Cuba (hasta que se realicen los respectivos experimentos específicos) y elaborar una propuesta de medidas coyunturales que minimicen el riesgo del colapso en la pesquería de una población de esponjas de la que no se conocen todos los parámetros poblacionales necesarios.

Origen de la literatura consultada y organización de la información obtenida

Se analizó el contenido de 80 investigaciones de carácter nacional e internacional, publicadas como capítulos de libros o como artículos en revistas científicas indexadas, cuatro tesis, siete artículos de divulgación o en memorias de congresos, y varios informes de investigación inéditos consultados en los archivos de documentos impresos del Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba. Sumado a esto, se realizó la valoración de los resultados de informes técnicos y muestreos biológicos de campo de los últimos 10 años, tanto en el golfo de Batabanó como en Caibarién (archipiélago Sabana-Camagüey), que son las regiones en las que se concentra la producción (tanto natural como de cultivo) de esponjas comerciales en Cuba. Como compendio general, se sintetizó información de reportes realizados desde 1970 hasta abril de 2023.

Se confeccionó una tabla que lista las principales especies en explotación (familia Spongiidae) e ilustra, de forma sintética, el tratamiento investigativo de los aspectos de interés para el presente texto. Se incluye, además, información sobre las principales regiones geográficas en que estas especies están presentes o en que se han desarrollado estudios sobre actividad reproductiva, tallas mínimas o máximas establecidas y experiencias de cultivo. En este último caso, el conocimiento sobre el cultivo se consideró “nulo” cuando no se encontraron estudios sobre la especie, “incipiente” cuando se encontraron entre uno y tres investigaciones, y “vasto” cuando se encontraron cuatro o más estudios. La ubicación taxonómica y nomenclatura de cada una de las especies

mencionadas se actualizó mediante el *World Register of Marine Species* (WoRMS), consultado por última vez el 20 de octubre de 2023.

Aspectos reproductivos con base histológica

Desde hace varias décadas, fue científicamente reconocido que el conocimiento sobre los patrones reproductivos, el suplemento larval y el comportamiento de las larvas era vital para comprender la biología y ecología de las esponjas comerciales y, por tanto, para establecer adecuados planes de conservación y manejo pesquero (Kaye & Reiswig, 1991a, b). Desafortunadamente, las esponjas comerciales de baño (*Spongia* e *Hippospongia*), cuyo ciclo reproductivo ha sido mejor estudiado, pertenecen a la región del Mediterráneo (Maslin *et al.*, 2021; Bierwirth *et al.*, 2022). Varias de las especies de mayor valor comercial, como *Spongia officinalis* Linnaeus, 1759 e *Hippospongia communis* (Lamarck, 1814), pueden citarse entre aquellas sobre las que se han desarrollado pormenorizadas investigaciones (Baldaconi *et al.*, 2006, 2007, 2010; Zarrouk *et al.*, 2013).

A partir de lo reportado en esponjas comerciales del género *Spongia*, se infiere que se encuentran células sexuales prácticamente en todos los segmentos de una esponja de 20 cm de diámetro mayor (Chung *et al.*, 2010). Dichos autores, reportaron un pico reproductivo entre junio y agosto, con una densidad de entre 2.7 y 10.7 embriones o larvas por milímetro cúbico de cuerpo de esponja. Además, no observaron esponjas reproduciéndose entre octubre y febrero. Los embriones y larvas se encontraron fundamentalmente en la vecindad de los canales acuíferos de las esponjas analizadas. Los mencionados autores analizaron esponjas de la especie *Spongia ceylonensis* Dendy, 1905, de la región de Taiwan. Esta especie es considerada gonocórica y vivípara, pero debido a que no se incluyeron ejemplares menores a la talla especificada (20 cm de diámetro mayor), no puede descartarse la posibilidad de que esponjas de menor talla presenten ya células sexuales completamente desarrolladas.

El carácter colonial de las esponjas, organismos en que la integración de las células no llega a constituir verdaderos tejidos especializados, propicia que la totipotencia de cada célula sea elevada durante toda su vida (Ereskovsky & Dondua, 2006). Sin embargo, los procesos reproductivos son extremadamente variables entre especies y la reorganización de las células, tras la reproducción, se encuentra deprimida durante la embriogénesis y la producción de nuevas células somáticas con elevada capacidad de autoexpresión (Ereskovsky, 2018; Lavrov *et al.*, 2020). Las capas germinales en las esponjas se forman desde muy tempranas etapas del desarrollo, por lo que desde tallas muy pequeñas las esponjas tienen la capacidad de reproducirse y generar nuevos ejemplares (Ereskovsky & Dondua, 2006).

En Cuba, debido a la diversidad de tamaños que se pueden encontrar de ejemplares de la misma especie en una misma área de pesca, y a que las capturas comerciales se generan a partir de al menos 4 especies, debe ser posible encontrar esponjas en reproducción (con presencia de larvas o embriones) durante cualquier mes del año (García del Barco, 1972; Grovas-Hernández, 1998). Las investigaciones con vistas a determinar las densidades de larvas o embriones en las aguas de las regiones de pesca son escasas en el mundo y nulas en Cuba. No obstante, ha podido establecerse que el proceso reproductivo en las especies comerciales parece estar condicionado más por la estacionalidad y la época del año que por la talla de los ejemplares. En las poblaciones de Florida, se ha reportado que la producción y liberación de larvas y gametos ocurre durante los meses de verano (Storr, 1964; Kaye & Reiswig, 1991b). El pico de actividad reproductiva reportado para la especie *S. ceylonensis* coincide con los meses de mayores temperaturas en las aguas, aunque los primeros oocitos con signos de maduración se observan desde el mes de marzo (Chung *et al.*, 2010).

En *Rhopaloeides odorabile* Thompson, Murphy, Bergquist & Evans, 1987, de aguas australianas, se ha comprobado que la espermatogénesis ocurre desde

octubre hasta enero, mientras que las hembras inician la ovogénesis en septiembre con el asíncrono desarrollo de ovocitos, embriones y larvas que se producen dentro de las cámaras de cría. No obstante, el comienzo y cierre de la gametogénesis coincide con el aumento y disminución de la temperatura de las aguas, 29 °C y 24 °C, respectivamente (Whalan *et al.*, 2007). En esta especie, la expulsión de larvas ocurre durante 5 a 6 semanas entre los meses de enero y febrero, con la detección de esponjas reproductivas de una talla mínima de 176 cm³ (≈ 6 cm de diámetro mayor) para hembras y 192 cm³ (≈ 7 cm de diámetro mayor) para machos (Whalan *et al.*, 2007). En comparación con otras especies comerciales del Mediterráneo, se considera que *R. odorabile* tiene un bajo potencial reproductivo y una supervivencia *in situ* también inferior (Louden *et al.*, 2007; Whalan *et al.*, 2007).

Basado en los resultados de experimentos de fragmentación y traslocación de ejemplares con fines de cultivo, se pudo concluir que, incluso fragmentos menores a 6 cm de diámetro mayor (100 centímetros cúbicos de volumen total), presentan células reproductivas expresadas en toda su dimensión y tienen la capacidad de crecer y generar nuevas esponjas con un 100% de supervivencia (Baldaconi *et al.*, 2006; 2010). El aspecto que entonces resulta más relevante es que los ejemplares de mayor talla tienen potencialmente mayor capacidad para dejar una mayor descendencia, por lo que tendrán mayor éxito para restituir el tamaño de una población bajo régimen intensivo de explotación (Chung *et al.*, 2010; Butler *et al.*, 2017).

Por tanto, aunque los ejemplares menores de 6 cm de diámetro mayor están biológicamente aptos para reproducirse, aún no presentan el tamaño suficiente para dejar elevada descendencia, por lo que su captura compromete el potencial reproductivo de la población. Çelik *et al.* (2011) reportaron, para *S. officinalis*, una de las principales especies comerciales del Mediterráneo, que fragmentos de esponja de incluso de 50 g de peso húmedo, pueden crecer y mantener su capacidad

reproductiva. Sin embargo, las tasas de crecimiento (en términos de ganancia de peso húmedo) fueron mayores para los fragmentos entre 160 y 360 g que para los fragmentos entre 50 y 150 g.

De modo similar, Storr (1964) encontró que el potencial reproductivo era directamente proporcional el volumen (biomasa) de los ejemplares en *Hippospongia lachne* (de Laubenfels, 1936), con un rápido incremento de la producción larval a partir de los 14 cm de diámetro. Antes del asentamiento, las larvas permanecen entre 1 y 2 días como parte del zooplancton, por lo que las probabilidades de dispersión a largas distancias a partir del punto producción son bajas y estarán en estrecha relación con la intensidad y dirección de los sistemas de corrientes, y con la existencia de barreras físico-geográficas (Kaye & Reiswig, 1991b; Betanzos-Vega & Millares, 2013).

Los primeros conocimientos sobre la biología reproductiva de *S. officinalis* se deben a los estudios citológicos, a nivel de ultra-estructura, realizados por Gaino *et al.* (1984) para determinar la diferenciación de las células espermáticas. Desde entonces, se estableció que la espermatogénesis tiene lugar dentro de los espermatozoides, que están rodeados de las células del folículo y que se desarrollan de forma asincrónica a partir de las cámaras de los coanocitos, por lo que estos terminan transformándose en oogonias. Durante este proceso, las espermatogonias parecen mostrar actividad fagocítica, formando vacuolas para digerir las bacterias del mesohilo. Un desarrollo asincrónico de huevos y embriones ha sido también reportado para varias de las especies caribeñas: *H. lachne*, *Spongia barbara* Duchassaing & Michelotti, 1864, *S. graminea* Hyatt, 1877 y *S. cheris* (actualmente renombrada como *S. graminea*), también consideradas vivíparas y gonocóricas (Kaye, 1991; Kaye & Reiswig, 1991b).

Mediante división mitótica, la oogonia genera el ovocito primario que, mediante meiosis, da lugar al ovocito secundario, que es luego fertilizado. El cigoto crece mediante fagocitosis y debido al ingreso de los nutrientes

transportados por las fibras citoplasmáticas. Durante el clivaje del cigoto, se forman evaginaciones entre los embriones y las capas de células nodrizas, mediante ellas ocurre la transferencia de bacterias simbiotas y otras sustancias del mesohilo desde el progenitor al embrión. Estos simbiotas, ubicados entre los blastómeros de los embriones jóvenes y los maduros, se observaron luego entre las células internas de las larvas ya citodiferenciadas. Esta transferencia extracelular de bacterias simbiotas, de los tejidos maternos a los embriones en desarrollo, no se ha reportado en ningún otro invertebrado vivíparo (Kaye, 1991).

Al igual que en *S. officinalis*, en las especies caribeñas las espermatogonias se diferencian directamente de los coanocitos *in situ*. En las especies del Caribe, que se consideran dioicas, el desarrollo de los elementos reproductivos dentro del mismo saco espermático o cisto individual ocurre sincrónicamente, mientras que el desarrollo entre cistos es asincrónico (Kaye & Reiswig, 1991a). En el momento de ser expedidas, las larvas miden $350 \times 420 \mu\text{m}$, tienen capacidad direccional de nado con rotación lateral constante, y fototaxismo negativo (Kaye & Reiswig, 1991b). El asentamiento de las larvas ocurre entre 26 y 56 horas después de ser expedidas, mediante la formación de un disco basal entre las post-larvas y el sustrato, pero sin evidencias que sugieran algún tipo de selección. A partir de los 6 días posteriores al asentamiento comienza a desarrollarse el sistema de canales y los ósculos son ya evidentes a los 11 días (Kaye & Reiswig, 1991b).

Aunque se ha avanzado en la investigación de los temas mencionados anteriormente, varios aspectos relacionados a la proporción entre especímenes gonocóricos y hermafroditas, o a la magnitud y tiempo en que la reproducción es dependiente de la edad o la talla de los ejemplares, son aún vacíos que la actividad investigativa debe cubrir en todo el rango de distribución de las esponjas comerciales en América Central y el Caribe (Baldacconi *et al.*, 2007). En Cuba, deben además ser establecidos otros muchos importantes aspectos como

la proporción por sexos (la naturalmente existente y la idónea para lograr el máximo potencial reproductivo), el éxito de la reproducción sexual en comparación con la asexual, la densidad de larvas en el medio natural, y las cuestiones ambientales que determinan la supervivencia de las larvas y dificultan el éxito del asentamiento larval.

En estas circunstancias se debe ser sumamente cuidadoso en la actividad extractiva. La carencia de un enfoque precautorio en la pesquería podría conllevar al colapso de las poblaciones. Debe tenerse en cuenta, además, que la vulnerabilidad del recurso aumenta en un ambiente deteriorado que es periódicamente impactado por fenómenos naturales de gran intensidad, como los huracanes, que disminuyen la abundancia de esponjas viables inmediatamente tras su paso (Blanco, 2007). Los huracanes, además, provocan afectaciones en los patrones de crecimiento, el potencial reproductivo y los procesos de reclutamiento (Reiswig, 1973; Wuff, 1995; Cropper & DiResta, 1999).

Talla mínima legal

Aunque los primeros registros de pesca de esponjas comerciales de baño (*Spongia* e *Hippospongia*) en Cuba datan de la segunda mitad del siglo XIX (Sánchez-Roig, 1957; García-Ramón, 1970; Arrazcaeta & Chong, 1983), los avances tecnológicos y las demandas del mercado imperante en aquella época indujeron aumentos en el esfuerzo pesquero, lo que conllevó a la evolución de las medidas de manejo y la implementación de las primeras ideas de cultivo ya desde mediados del siglo XX (García del Barco, 1972; Ubeda, 1980; Espinosa & González, 2002). Una excelente síntesis de la historia de las pesquerías de esponjas, y las respectivas actividades de cultivo, fue presentada por Betanzos-Vega *et al.* (2019a).

En los últimos 10 años, las demandas del mercado internacional han socavado las políticas de manejo pesquero de este recurso, debido a la superlativa crisis económica que por más de tres décadas ha azotado al

país (Cuba) y que se ha recrudecido en el último decenio. Como resultado, comenzaron a violarse, o quedaron obsoletas (por falta de actualización), algunas de las medidas establecidas. Desafortunadamente, los aspectos relacionados con la talla mínima legal de las esponjas comerciales han sido un ejemplo de tales medidas. En la Resolución 126/09 (2009) se mantuvieron constantes las tallas mínimas establecidas desde el pasado siglo, las cuales se ratificaron en el pasado año 2021 (Resolución 47/21), y definen que: para *H. lachne* es 35.6 cm, para *Spongia obscura* es 30.5 cm, y 20.8 cm para *S. barbara* y *S. graminea* (no legislada).

Sin embargo, actualmente la industria esponjera cubana, operativamente, comercializa ejemplares de 15 cm de diámetro mayor, lo cual está registrado bibliográficamente (Pineda-Muro, 2018; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020), pero carece de ordenamiento resolutivo gubernamental. Una mala interpretación debido a problemas de redacción en antiguos manuales de pesca y cultivo de esponjas, en los que se confunde diámetro mayor (recto) con perímetro o con semiperímetro (diámetro mayor curvo), unido a la falta de actualización consensuada de las tallas mínimas de captura a legislar por el poder gubernamental, parecen ser la explicación a estas discrepancias. En las resoluciones existentes (mencionadas en el párrafo anterior) estas medidas son tratadas como “diámetro” (sin especificar si se trata del mayor o el menor). En Betanzos-Vega *et al.* (2019), estas mismas medidas son enunciadas como “medidas perimetrales”. Por estos motivos, actualmente en Cuba existen, para cada especie de esponja comercial de baño que se produce en cultivo o que se extrae de áreas naturales de pesca, dos medidas: 1) una “talla mínima legislada” (que en la práctica no se cumple ya que las tallas de comercialización, según los precios del mercado, incluyen rangos incluso menores a la mitad de la talla legislada); y 2) una “talla mínima operativa” que, bajo criterios científicos avalados por la literatura internacional, ha sido parcialmente introducida por los investigadores con la intención de crear un “punto medio”

entre la máxima ganancia económica que podría aportar este recurso (imprescindible para el país) y la pesca responsable del mismo.

No ha faltado preocupación del gobierno cubano por la conservación y el uso responsables de los recursos naturales, ya que, desde 2011, el reconocimiento nacional del papel ecológico de las esponjas, de las afectaciones en sus hábitats y de la disminución de sus abundancias relativas motivó que se incluyeran en el apéndice II del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) para la protección y control de aquellas especies de significación especial para la diversidad biológica cubana, mediante la Resolución 160/11 (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020).

Aunque Cuba constituye uno de los mayores productores de esponjas de baño en América, la calidad de este recurso se considera inferior a la que presentan las especies del Mediterráneo (Verdenal & Verdenal, 1987). La mayor oportunidad de tener éxito en el mercado internacional es mediante la comercialización de las tallas más demandadas (entre 10 y 15 cm de diámetro mayor), que son a las que se les confiere mayor calidad y que además deberán ser adecuadamente procesadas y blanqueadas (Verdenal & Verdenal, 1987). Según los criterios de Munro *et al.* (1999), en dependencia de los usos para los que se destine, la calidad de las esponjas puede llegar a ser más importante que sus tallas.

En general, varios estudios utilizan medidas volumétricas para expresar atributos propios de especies comerciales de esponjas. En estudios sobre incremento de biomasa, la estimación del volumen puede indirectamente brindar información más precisa y exacta que el diámetro. Sin embargo, usualmente las tallas comerciales y, por tanto, también las tallas mínimas legales para el cultivo o la pesquería de esponjas en áreas naturales se definen a partir del diámetro mayor (Yi *et al.*, 2005). No obstante, algunos autores establecen estas medidas a partir del peso de las esponjas (MacMillan, 1996; Çelik *et al.*, 2011). En este grupo de organismos (Porifera), las

clases de edad no pueden ser determinadas, porque la talla de las esponjas no necesariamente se correlaciona con la edad de estas (De Caralt *et al.*, 2007). En consecuencia, será difícil prever o evitar variación en el crecimiento y talla de ejemplares en cultivo, usualmente originados a partir de segmentos de igual tamaño, o de ejemplares regenerados a partir de las bases dejadas luego de extraer las esponjas de las áreas naturales de pesca (De Caralt *et al.*, 2007).

Según la literatura consultada, promediando las tallas mínimas utilizadas en los experimentos conducidos por varios de los autores citados en la presente revisión (Baldacconi *et al.*, 2006; 2010; Chung *et al.*, 2010; Çelik *et al.*, 2011), y teniendo en cuenta la experiencia acumulada durante años de estudios de campo, una talla mínima de 15 cm de diámetro mayor está ya en el límite inferior de lo que una población natural en explotación puede satisfactoriamente asimilar. Pronzato y Manconi (2008) describen deterioro poblacional y procesos de sobrepesca de las poblaciones de esponjas comerciales del Mediterráneo, exponiendo como uno de los motivos, la disminución gradual de la talla mínima de captura de 15 cm (de diámetro mayor), en 1970, a 7 cm en 1995.

Experiencias de cultivo como fuente de ejemplares para repoblar poblaciones en explotación

En corroboración a lo que varios autores han sugerido con anterioridad, la implementación de granjas de cultivo es la única opción factible no solo para generar y comercializar esponjas de pequeña talla (si así lo demanda el comercio), sino también para generar ejemplares destinados a repoblar las áreas naturales (Croft, 1995; Blanco & Formoso, 2009a y b; Betanzos-Vega *et al.*, 2019a; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020). De esta manera, se tendrían tres beneficios fundamentales: 1) se obtendrían ejemplares de pequeña talla, mejor pagados y más demandados por el comercio internacional, sin afectar las poblaciones naturales; 2) Se complementaría la producción total de esponjas, lo que implicaría

una menor extracción de ejemplares del medio natural, disminuyendo el riesgo de sobrepesca; y 3) Se generarían ejemplares destinados a repoblar las áreas naturales de pesca, lo que contribuiría a restablecer el tamaño de las poblaciones naturales y, debido al papel ecológico de las esponjas en los ecosistemas marino-costeros, contribuiría a mitigar otros múltiples impactos ambientales, como la eutrofización y la turbidez (Alcolado, 1985; 2007; Alcolado *et al.*, 2004).

Además de su aporte económico, como esponjas de baño o como sustrato para la extracción de sustancias bioactivas de uso médico, las esponjas comerciales (familia Spongiidae) realizan una importante labor como depuradoras de contaminación, lo que se les confiere un importante papel en la biorremediación (Storr, 1964; Butler *et al.*, 1995; Stabili *et al.*, 2006) y como refugio para otros organismos bentónicos. La supervivencia de las esponjas después de trasplantados depende más de la especie, el tratamiento a los explantes (fragmentos o recortes de esponja) y las condiciones del hábitat, que del tamaño de los recortes. En especies como *R. odorabile* y *Coscinoderma mathewsi* (Lendenfeld, 1886) se ha demostrado que, a las 24 horas de trasplantados, los recortes ya han formado una capa protectora de colágeno que es reemplazada por el pinacodermo entre 3 y 41 días posteriores a la escisión (Louden *et al.*, 2007).

El cultivo de esponjas ha sido una temática estudiada tradicionalmente y bien desarrollada por los expertos cubanos y de otras regiones del mundo en que la producción de esponjas es significativa (Pronzato, 1999; Duckworth & Wolff, 2007; Pronzato & Manconi, 2008; Maslin *et al.*, 2021; Bierwirth *et al.*, 2022). Desde antaño, las investigaciones en Cuba proponen fomentar el cultivo como alternativa más viable a la explotación intensiva de las poblaciones naturales para repoblar áreas naturales o como complemento para obtener productos y tallas demandadas por el comercio internacional, pero cuya extracción podría comprometer el reclutamiento y la restitución poblacional (García del Barco, 1972; Ubeda, 1980; Artiaga,

1985; Páez, 1990; Grovas-Hernández, 1998; Grovas-Hernández & Oliva-Mieres, 1999; Blanco & Formoso, 2009a y b; Quirós *et al.*, 2009; Grovas-Hernández, 2011; Betanzos-Vega & Millares, 2013; Pineda-Muro, 2018; Betanzos-Vega *et al.*, 2019a; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020).

Además de las especies estudiadas en América, en la franja tropical destacan los estudios realizados con *C. mathewsi* (Kelly-Borges, 1995, 1996) y *R. odorabile* (Louden *et al.*, 2007). Desde 1970 a la fecha, más del 90 % de las investigaciones sobre esponjas comerciales en Cuba abordan el tema del cultivo colateralmente al tratamiento de las pesquerías naturales o abordan solo el tema del cultivo, y lo proponen como alternativa para incrementar la producción y compensar impactos. En estas circunstancias, queda sugerido que el bajo nivel de introducción de resultados científicos y la pobre implementación de los cultivos de esponjas en el país (Cuba) es prácticamente un problema administrativo o de poca disponibilidad de recursos, y no se debe a la carencia de investigaciones especializadas. Actualmente, como tendencia internacional, se dedica mayor atención y recursos al cultivo a microescala (en estanques artificiales de laboratorio, o *in vitro*) de especies de esponja que proveen compuestos químicos de elevada importancia para la industria farmacéutica o la cosmetología (Thakur & Müller, 2004; Ariza-Pérez, 2017; Kiruba-Sankar *et al.*, 2017; Mathivanan *et al.*, 2019). Esto ha motivado que, además de las tradicionales esponjas de baño (*bath sponges*), en la actualidad la categoría de “esponjas comerciales” abarca otras especies que pertenecen a otras familias dentro del filo Porifera y presentan, por tanto, características diferentes a las tradicionales esponjas de baño (Spongiidae), cuyo cultivo y estudio requerirá cada vez de mayor fundamentación y sólidos argumentos biológico-pesqueros para obtener atención y financiamiento.

La mayoría de los estudios de repoblación y cultivo de esponjas comerciales han tenido lugar en la región del mar Mediterráneo (Verdenal & Vacelet, 1990;

Corriero *et al.*, 2004; Bierwirth *et al.*, 2022). En esta área, incluso se fomenta el cultivo de especies de otros géneros, no consideradas como esponjas de baño, pero cuya importancia para la producción y extracción de sustancias químicas les ha conferido un elevado carácter comercial, como el descrito para la demospongia

Chondrosia reniformis Nardo, 1847 (G kalp *et al.*, 2022). También en Cuba se realizan estudios semejantes, gracias a los cuales especies como *Agelas cerebrum* Assmann, van Soest & Köck, 2001 y *Niphates digitalis* (Lamarck, 1814) han adquirido importancia comercial (Regalado *et al.*, 2010).

En América, la producción y los estudios sobre esponjas comerciales de baño se concentran en Florida (Estados Unidos de América), Belice, Bahamas y Cuba (Stevely *et al.*, 1978; Stevely & Sweat, 1985, 1994; Stevely *et al.*, 2010). En la región del Caribe, aunque se han intentado experiencias de cultivo, los estudios sobre repoblación de especies comerciales son escasos. Sin embargo, el potencial para la pesca y la esponjicultura se amplía con la identificación y el reporte reciente de nuevas especies, como *Spongia (Heterofibria) sucrensis* en el área caribeña (David-Colón & Marín-Casas, 2020).

Tradicionalmente, los brotes de enfermedades, seguidos de eventos superlativos de mortalidades masivas de esponjas de baño, han afectado tanto a las poblaciones del Mediterráneo como a las de América. En los cayos de Florida (E.U.A.), actualmente la captura comercial es de alrededor de un 5 % del máximo histórico de captura, ocurrido antes del evento de mortalidad masiva (Butler *et al.*, 2017). En Cuba, la captura actual de esponjas de baño representa un 8 % de lo capturado entre 1920 y 1929, antes de las mortalidades masivas (Betanzos-Vega *et al.*, 2019a). Estos aspectos les confieren vital importancia a los intentos de repoblación y al desarrollo de investigaciones al respecto.

En Cuba, la atención durante los muestreos biológicos en áreas naturales ha estado centrada en ejemplares grandes (mayores de 15 cm de diámetro mayor). Sin embargo, los ejemplares de menor talla, además de

presentar un crecimiento más lento, están más expuestos a la contaminación antrópica, a los efectos mecánicos de embarcaciones y buzos, y son más vulnerables a los impactos ambientales. En consecuencia, además de las esponjas extraídas para comercialización (si se autorizara la captura de ejemplares menores a 15 cm de diámetro mayor, para satisfacer la tendencia actual del mercado), las cohortes pequeñas de la población natural sufrirían el impacto de las variaciones desfavorables del medio ambiente y se dificultaría el reclutamiento a la pesquería. El deterioro de la biota marina y la calidad de las aguas ha sido ampliamente documentado tanto en el golfo de Batabanó como en la región de Caibarién (archipiélago Sabana-Camagüey), principales regiones de pesca de esponjas en Cuba (Capetillo-Piñar *et al.*, 2015, 2016; Martínez-Daranas *et al.*, 2018; Betanzos-Vega *et al.*, 2019b; Lopeztegui-Castillo & Martínez-Coello, 2020; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2021; Martínez-Daranas *et al.*, 2021). En esponjas pequeñas de poblaciones naturales de esponjas comerciales de Florida, se han reportado mortalidades de hasta un 7 % anual, con pequeñas variaciones entre especies (Butler *et al.*, 2017).

Sobre la base de las capturas comerciales, la abundancia relativa de cada especie en las áreas naturales de pesca en Cuba ha disminuido desde la primera mitad del pasado siglo hasta al presente, en la misma medida en que se han incrementado los impactos ambientales, tanto antrópicos como naturales (Corfield, 1938; Sánchez-Roig, 1957; Betanzos-Vega *et al.*, 2019; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020). La consistencia de los fondos, que se han vuelto más fangosos y desprovistos de vegetación (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2008), y la presencia y tipo de macrofitobentos y de megazoobentos, que han disminuido significativamente su diversidad y abundancia (Lopeztegui-Castillo & Martínez-Coello, 2020; Martínez-Daranas *et al.*, 2018, 2021), influyen determinantemente en la composición, abundancia y distribución de la comunidad de esponjas (Marcos-Sardiñas & Espinosa, 2021). Además, se debe tener en

cuenta que, en todo momento, la población es vulnerable al impacto de enfermedades y mortalidades masivas por cuestiones de salud (Gaino *et al.*, 1992; Cebrian *et al.*, 2011), lo cual aumenta el riesgo de un colapso ante presiones pesqueras elevadas dado lo estocástico e impredecible de estos fenómenos (Stevely *et al.*, 2010). En especies comerciales del Mediterráneo se ha documentado que la acción combinada de la presión pesquera y la incidencia de enfermedades pueden llevar al colapso de la población, lo cual pondría a las especies explotadas en peligro de extinción debido a que la recuperación de la población luego de eventos de mortalidad masiva por enfermedades es incompleto y extremadamente lento (Pronzato, 1999; Castritsi-Catharios *et al.*, 2011).

Aunque recientes estudios acerca de la restauración y repoblación de esponjas de valor comercial reportan que las pocas granjas de esponjas (de baño) que funcionan económicamente utilizan exclusivamente sistemas de cuerdas (Bierwirth *et al.*, 2022), en Cuba hay evidencias de otros sistemas colaterales de cultivo que han demostrado ser eficientes y rentables al menos a escala experimental (Pineda-Muro, 2018; Betanzos-Vega *et al.*, 2019a). Sin embargo, el cultivo en sistemas de cuerdas sigue siendo una variante utilizada con frecuencia en Cuba y otros países productores de esponjas. A largo plazo, estos cultivos en cuerdas parecen ser muy susceptibles a enfermedades graves y brotes de depredadores, y están asociados con costos de mantenimiento relativamente altos. Como proponen Bierwirth *et al.* (2022), parte de la solución a estos problemas podría ser la implementación del cultivo en parcelas rotativas, de modo similar a como se ha implementado en la industria agrícola.

Otros factores ambientales de origen estocástico pueden también tener un impacto negativo en las poblaciones comerciales de esponjas. Se ha reportado que niveles medios de sedimentación favorecen el crecimiento en varias especies de esponjas comerciales, debido a los mecanismos fisiológicos que propician la remoción del sedimento y que, por tanto, les confieren

a los poríferos una elevada tolerancia ante este tipo de perturbación (Bell *et al.*, 2015; Kornder *et al.*, 2022). Sin embargo, durante los muestreos biológicos de campo se ha observado que la acumulación sostenida de sedimento afecta la calidad de las esponjas, fundamentalmente, aunque no de manera única, de ejemplares de pequeña talla. Se ha constatado que la permanencia de sedimento sobre el cuerpo de las esponjas provoca daños (blanqueamiento) en el tejido, lo que pudiera llegar a perjudicar la supervivencia y el potencial reproductivo del ejemplar afectado.

Se requiere de un mayor número de estudios que permitan establecer umbrales en las tasas de crecimiento y tasas mínimas de supervivencia, aspectos requeridos para una restauración exitosa tanto de poblaciones en cultivo como en áreas naturales. En el cultivo con fines comerciales, generalmente se recomienda una tasa de supervivencia mínima de al menos el 90 % (Oronti *et al.*, 2012). Sin embargo, en dependencia de las presiones económicas, tasas de supervivencia ligeramente más bajas pueden ser suficientes para iniciar acciones de restauración exitosas. Toda información científicamente avalada y precisa será útil para escalar los experimentos y elevar la magnitud de las producciones. En la mayoría de las publicaciones (Stevely & Sweat, 1985; Çelik *et al.*, 2011; Betanzos-Vega & Millares, 2013; Betanzos-Vega *et al.*, 2019a), el crecimiento de las esponjas es utilizado como medida del éxito del cultivo. Sin embargo, cuando el objetivo es la restauración de la población natural, la evaluación de las capacidades de reproducción que presentan los explantes puede ser un indicador más útil. En este caso, el crecimiento puede descuidarse, ya que las esponjas pequeñas o de crecimiento lento también pueden reproducirse (Baldaconi *et al.*, 2010).

En corroboración a lo concluido por Bierwirth *et al.* (2022), la información recopilada en la presente revisión sugiere que, a pesar de la escasez de estudios sobre la temática, la creciente tendencia a concientizar que las esponjas marinas juegan un papel ecológico clave en los

ecosistemas está cautivando a los científicos. Debido a esto, varias esponjas de interés comercial han sido incluidas en proyectos de restauración con un alto impacto ecológico-pesquero y social (comunitario). Una síntesis de los temas tratados, para las principales especies de la familia Spongiidae que resultan de relevancia

comercial en distintas regiones del mundo, se presenta en la tabla 1.

Hasta el presente, en la literatura consultada se encontraron reportadas, como esponjas de baño comercialmente explotadas o explotables en Cuba, seis especies: *H. lachne*, *H. gossypina*, *S. barbara*, *S. obscura*,

Tabla 1. Lista de especies de la familia Spongiidae con mayor importancia comercial en el mundo, según reportes bibliográficos de los siglos XX y XXI. Tmín: Talla mínima legal de captura (respectiva al diámetro mayor); Tmáx: Talla máxima legal de captura (respectiva al diámetro mayor); IR: Investigaciones específicas, con base histológica, sobre reproducción; “-“: no se encontró información concreta al respecto.

Table 1. List of sponges (Spongiidae) with greatest commercial importance around the world, according to what was reported from the 20th and 21st centuries. Tmin: Minimum legal catch size (relative to the largest diameter); Tmax: Maximum legal catch size (relative to the largest diameter); IR: Existence of histological studies providing information on specie’s reproduction; “-“: no specific information was found in this regard.

Especie	Región	IR	Tmín	Tmáx	Cultivo	Referencias
<i>Coscinoderma mathewsi</i> (Lendenfeld, 1886)	Micronesia	Sí	800 g	No	Incipiente	MacMillan (1996)
<i>Hippospongia communis</i> (Lamarck, 1814)	Mediterráneo	Sí	10 cm	No	Vasto	Pronzato <i>et al.</i> (1999), De Caralt <i>et al.</i> (2007), Quirós <i>et al.</i> (2009), Bucarano <i>et al.</i> (2013)
<i>Hippospongia gossypina</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)	Cuba	No	Legislada: No Operativa: 15 cm (12,5-12,8)	No	Incipiente	Bucarano <i>et al.</i> (2013)
	Florida	Sí	Operativa: 12 cm Legislada: 35,6	No	Vasto	Storr (1964)
<i>Hippospongia lachne</i> (de Laubenfels, 1936)	Cuba	No	Operativa: 15 cm (12,5-12,8)	No	Vasto	García del Barco (1972)
	Florida	Sí	Operativa: 12 cm	No	Vasto	Stevely <i>et al.</i> (2010), Butler <i>et al.</i> (2017)
<i>Spongia agaricina</i> Pallas, 1766	Mediterráneo	Sí	10 cm	No	Vasto	Verdenal and Vacelet (1990), Pronzato <i>et al.</i> (1999)
<i>Spongia barbara</i> Duchassaing & Michelotti, 1864	Cuba	Sí	Legislada: 20,8 cm Operativa: 15 cm (12,5-12,8)	No	Nulo	García del Barco (1972)
	Florida	Sí	Operativa: 12 cm	No	Vasto	Stevely <i>et al.</i> (2010), Butler <i>et al.</i> (2017)
<i>Spongia ceylonensis</i> Dendy, 1905	Taiwán	Sí	-	No	Vasto	Chung <i>et al.</i> (2010)
<i>Spongia graminea</i> Hyatt, 1877	Cuba	No	Legislada: 20,8 cm Operativa: 15 cm (12,5-12,8)	No	Nulo	García del Barco (1972)
	Florida	Sí	Operativa: 12 cm	50 cm	Vasto	Cropper <i>et al.</i> (1999)
<i>Spongia (Spongia) lamella</i> (Schulze, 1879)	Mediterráneo	No	10 cm	No	Incipiente	Vacelet (1991)
<i>Spongia (Heterofibria) manipulates</i> Cook & Bergquist, 2001	Nueva Zelanda	Sí	-	No	Incipiente	Kelly <i>et al.</i> (2004)
<i>Spongia mollissima</i> Schmidt, 1862	Mediterráneo	Sí	10 cm	No	Incipiente	Verdenal & Verdenal (1987)
<i>Spongia nitens</i> (Schmidt, 1862)	Mediterráneo	No	10 cm	No	Incipiente	Verdenal & Vacelet (1990)

Especie	Región	IR	Tmín	Tmáx	Cultivo	Referencias
<i>Spongia obscura</i> Hyatt, 1877	Cuba	No	Legislada: 30,6 cm	No	Incipiente	García del Barco (1972)
	Florida	Sí	Operativa: 15 cm (12,5-12,8) Operativa: 12 cm	No	Vasto	Rützler <i>et al.</i> (2000)
<i>Spongia officinalis</i> Linnaeus, 1759	Mediterráneo	Sí	10 cm	No	Vasto	Verdenal & Vacelet (1990), Pronzato <i>et al.</i> (1999)
<i>Spongia pertusa</i> , aceptada como <i>Spongia (Spongia) anclotea</i> de Laubenfels & Storr, 1958	Bahamas Florida	y Sí	14 cm	No	Vasto	Storr (1964), Oronti <i>et al.</i> (2012)
<i>Spongia tubulifera</i> Lamarck, 1814	Bahamas Florida	y Sí	14 cm	No	Incipiente	Oronti <i>et al.</i> (2012)
<i>Spongia zimocca</i> Schmidt, 1862	Mediterráneo	Sí	10 cm	No	Incipiente	Josupeit (1991), Castritsi-Catharios <i>et al.</i> (2011)
<i>Rhopaloeides odorabile</i> Thompson, Murphy, Bergquist & Evans, 1987	Australia	Sí	20 cm	No	Vasto	Thompson &. (1987), Louden <i>et al.</i> (2007)

S. graminea, y *S. anclotea*. Sin embargo, se carece de información para corroborar, taxonómicamente, la existencia de estas seis especies en aguas de la plataforma cubana.

Consideraciones finales

La carencia de información acerca de los eventos reproductivos que contribuyen al crecimiento poblacional en especies de esponjas comerciales (*Spongia* e *Hippospongia*) en Cuba constituye una limitante para establecer un eficiente manejo pesquero. Desafortunadamente, esto obliga a establecer medidas y realizar conjeturas e inferencias, sobre la base de lo escasamente descrito para estas especies, u otras de los mismos géneros, en otras regiones del mundo donde las condiciones hidroclimáticas son notablemente diferentes. Por tales motivos, se exhorta a los investigadores a desarrollar estudios locales sobre potencial reproductivo (por especies) y velocidad de repoblación de áreas naturales. El resultado de estas investigaciones locales contribuirá a la creación de bases de datos internacionales que ayudarán a la comprensión de los procesos de recuperación regional de las poblaciones de esponjas comerciales. El establecimiento de puntos comunes y fenómenos que se repiten espacial o temporalmente puede

contribuir a identificar impactos y generar estrategias de recuperación a niveles tanto regional como global.

Urge actualizar la clasificación taxonómica de las especies comerciales presentes en aguas cubanas, de ser posible, mediante métodos moleculares y/o genéticos ¿Hay realmente seis especies de esponjas de baño comercialmente explotables en Cuba? ¿Es similar el potencial genético y reproductivo de las especies presentes? Estas cuestiones se consideran de vital importancia, debido a que la amplia variabilidad de mecanismos reproductivos, de patrones de crecimiento y de propiedades intrínsecas de las fibras de esponjina que componen el esqueleto de estas esponjas, determina el potencial de cada especie para actividades de cultivo e influye en el establecimiento de niveles de explotación y otras regulaciones específicas vinculadas al adecuado manejo pesquero.

Los fines de la industria esponjera han variado desde sus inicios a la fecha. La especie que antes se utilizaba solo para decoración o para baño, hoy se emplea, además, para la extracción de sustancias bioactivas. En consecuencia, las tasas de explotación, y las especificidades y técnicas de cultivo deben adaptarse para cumplir las nuevas exigencias del comercio sin afectar

las poblaciones naturales. Muy pocas pesquerías en el mundo manejan, como especie objetivo, organismos coloniales. El establecimiento de medidas regulatorias y tallas mínimas de captura para estos casos es un proceso complejo y quedará determinado no por la talla de primera madurez sino por la cantidad de descendencia que es capaz de generar cada colonia según su especie y su tamaño. En esponjas, definidas además como organismos longevos de lento crecimiento, la dinámica poblacional pudiera resultar seriamente afectada si se extraen los ejemplares de mayor talla, que, además de resistir con mayor éxito los impactos ambientales, son capaces de producir un número mayor de descendientes. Esto sugiere que pudiera ser útil establecer una talla máxima de captura (por especies) para proteger las esponjas de mayor talla (“reproductores”).

En Cuba, la extracción de esponjas de pequeña talla (inferiores a 15 cm de diámetro mayor), además de violar lo establecido en múltiples resoluciones de la Gaceta Oficial de la República, produciría afectaciones en el reclutamiento, análogas a las que produciría la extracción de juveniles en las pesquerías de peces. Por otro lado, la extracción de esponjas de mayores tallas (superiores a 60 cm de diámetro mayor), análogos a los “reproductores” en las pesquerías de peces, afectaría el potencial reproductor. A nivel poblacional, ambas opciones son perniciosas y podrían conducir al colapso de la pesquería a mediano o a largo plazo, en dependencia de la magnitud de la acción sinérgica entre la sostenida presión pesquera y el impacto ambiental desfavorable. La constante actualización y radical cumplimiento de las medidas de manejo pesquero, como el establecimiento de cuotas máximas, tallas mínimas y tallas máximas de captura, por especie y por rangos de talla (cuando corresponda), podría contribuir al desempeño de una pesquería sostenidamente responsable.

Las tallas mínimas que hoy rigen en la industria esponjera cubana, además de no tener un fundamento resolutivo adecuado, están dictadas por el mercado y los precios imperantes en el comercio internacional.

La extracción de esponjas pertenecientes a clases de talla inferiores a los 15 cm de diámetro mayor carece de fundamento biológico, compromete el reclutamiento y conspira contra la dinámica poblacional del recurso, a la vez que constituye un factor desfavorable para el funcionamiento del ecosistema. Una talla mínima legal de captura de 15 cm de diámetro mayor es suficientemente pequeña y no debe incumplirse. Con esta talla mínima legal se satisfacen, al menos parcialmente, ambos objetivos: 1) se aportan esponjas pequeñas (aunque no extremadamente pequeños) a las capturas comerciales; y 2) no se introducen grandes afectaciones al suplemento larval y el crecimiento de nuevas esponjas, que garantizan la restitución del tamaño poblacional.

Teniendo en cuenta el desconocimiento sobre el potencial reproductivo, sobre las densidades y la supervivencia larval, y sobre el éxito del asentamiento, se infiere que no es posible predecir el número mínimo de ejemplares, de cada especie, que es capaz de restablecer la abundancia local de esponjas. Por tal motivo, se propone el establecimiento de “densidades mínimas permitidas” a partir de las cuales se vedaría la pesca en la zona evaluada. Basado en los informes de los últimos 10 años de nuestro biológico, se propone que se decreta la veda temporal (por 8 meses) de una zona, cuando se detecte una densidad inferior a 10 esponjas por hectárea (0.001 esponja por metro cuadrado).

Al menos tres líneas de investigación se identificaron como “vacíos en el conocimiento acerca de las esponjas comerciales (de baño) en América” o como aspectos requeridos para perfeccionar el manejo pesquero y potenciar la pesca responsable de esponjas comerciales en Cuba: 1) evaluación periódica (bienal) de la presencia de hongos, bacterias y otras patologías que puedan provocar eventos de mortalidad masiva o disminución de la calidad de las esponjas. Esto, acompañado de la disminución del esfuerzo pesquero cuando se detecte la enfermedad; 2) evaluación anual de la composición y abundancia de la fauna asociada a las esponjas comerciales, tanto en cultivo como en el

área natural de pesca, con vistas a identificar potenciales depredadores y a estimar la repercusión ecológica de la presencia/ausencia de cada especie de esponja (*Spongia* e *Hippospongia*); 3) evaluar la tasa de crecimiento y la velocidad natural de restauración de las poblaciones de cada una de las especies comerciales, en las condiciones climáticas que actualmente imperan en las áreas tradicionales de pesca.

La implementación definitiva del cultivo de esponjas a escala nacional es la solución más plausible y biológicamente aceptable para la obtención de las esponjas de pequeña talla que satisfacen de mejor manera las actuales demandas del mercado internacional, las cuales son tradicionales y producen las mayores ganancias en términos monetarios. Debido a que las tallas a obtener (las demandadas) son pequeñas (entre 7 y 15 cm de diámetro mayor), los períodos y costos de producción se acortan significativamente respecto a los necesarios para producir esponjas de casi el doble de tamaño (aproximadamente 2 años para obtener un ejemplar de 30 cm de diámetro mayor).

Agradecimientos

Reconocimiento especial debe hacerse a las empresas pesqueras de Batabanó y Caibarién, a los pescadores de esponjas, y a las tripulaciones de embarcaciones como el Traviesa, Plástico 10, y la Lambada, que prestaron total servicio a los muestreos biológicos y actividades investigativas colaterales. Se agradece particularmente el conocimiento y las enseñanzas de Juan (experimentado patrón esponjero de la UEB Caimar), de Pável, Maickel y El Polaco (patrones esponjeros de Batabanó). Además, se agradece el trabajo de los biólogos pesqueros Evelyn y Samuel, Oneysi y Marquito.

Declaraciones

Financiamiento

El autor de este trabajo declara que no se ha recibido ningún tipo de financiamiento para la realización de este.

Conflicto de intereses

El contenido expuesto en este manuscrito no genera conflicto de intereses, financieros o no financieros, que se requieran declarar o sean relevantes.

Comportamiento ético

No se utilizaron animales durante la realización del presente estudio.

Permisos de muestreo

Los muestreos biológicos utilizados como datos para generar los informes empleados en la confección de esta revisión fueron realizados con el consentimiento y los permisos necesarios de las autoridades gubernamentales y empresas pesqueras implicadas.

Referencias

- Alcolado, P.M. (1985). *Estructura ecológica de las comunidades de esponjas en Punta del Este, Cuba*. Reporte de Investigación, Instituto de Oceanología, 38, 1-65.
- Alcolado, P. M. (2007). Esponjas – Filo PORIFERA. En R. Claro (ed.) *La Biodiversidad marina de Cuba*. (CD-ROM) (pp. 28-33). Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Alcolado, P.M., Grovas-Hernández A.J., Marcos Z. (2004). General Comments on species inventory, Fisheries, Culture, and some Community features of Porifera in Cuba. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Génova*, 68, 175-186.
- Ariza-Pérez, F.I. (2017). *Análisis metagenómico de los microbiomas asociados a esponjas marinas del Parque Nacional Cabo Pulmo (BCS), dirigido a la búsqueda de genes involucrados en la síntesis de policétidos y péptidos no ribosomales con potencial actividad antimicrobiana*. (Tesis presentada en opción del grado de Maestra en Ciencias). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.
- Arrazcaeta R, Chong F. (1983). La pesca y el comercio marítimo en Batabanó. *Mar y Pesca*, 216, 16-21.

- Artiaga, L., (1985). *Análisis de los resultados de la cosecha de un parque de cultivo de esponjas en el CPI Batabanó*. (Tesis en opción del título de Licenciado). Instituto de la Pesca Andrés González Lines, La Habana, Cuba.
- Baldacconi, R., Cardone, F., Nonnis-Marzano, C., Corriero, G. (2006). Riproduzione sessuale in una popolazione naturale e in frammenti reimpiantati di *Spongia officinalis* var. adriatica (Porifera, Demospongiae). *Biol. Mar. Mediterr.*, 13(1), 797-800.
- Baldacconi, R., Nonnis-Marzano, C., Gaino, E., Corriero, G. (2007). Sexual reproduction, larval development, and release in *Spongia officinalis* L. (Porifera, Demospongiae) from the Apulian coasts. *Mar. Biol.*, 152, 969-979. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0747-4>.
- Baldacconi, R., Cardone, F., Longo, C., Mercurio, M., Marzano, C.N., Gaino, E., Corriero, G. (2010). Transplantation of *Spongia officinalis* L. (Porifera, Demospongiae): a technical approach for restocking this endangered species. *Mar. Ecol.-Evol. Persp.*, 31, 309-317. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2009.00299.x>.
- Bell, J.J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Bennett, H., Marlow, J., Shaffer, M. (2015). Sediment impacts on marine sponges. *Mar. Pollut. Bull.*, 94, 5-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.03.030>
- Betanzos-Vega, A., Millares, N. (2013). Cultivo de esponjas en ambiente marino. Opción de desarrollo pesquero sostenible en Cuba. *Revista ACPA*, 2, 20-21
- Betanzos-Vega, A., Mazón-Suástegui, J.M., Formoso-García, M., Avilés-Quevedo, M.A. (2019a). Sponge Fishery and Aquaculture in Cuba: Impacts and Challenges. In S. Ray, G. Diarte-Plata, R. Escamilla-Montes (Eds.) *Invertebrates - Ecophysiology and Management*. Intech Open Books. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.84785>.
- Betanzos-Vega, A., Capetillo-Piñar, N., Lopeztegui-Castillo, A., Garcés-Rodríguez, Y., Tripp-Quezada, A. (2019b). Parámetros meteorológicos, represamiento fluvial y huracanes. Variaciones en la hidrología del golfo de Batabanó, Cuba. *Rev. Biol. Mar. Oceanog.*, 54(3), 308-318. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.3.2024>.
- Betanzos-Vega, A., Martínez-Arencibia, Y., Mazón-Susategui, J.M., Arencibia-Carballo, G., Tizol-Correa, T. (2023). *Cultivos de ostión y esponjas en la plataforma nororiental de Cuba. Alternativas pesqueras sostenibles basadas en la protección de ecosistemas*. Memorias del XI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura, 11, 534-546.
- Bierwirth, J., Pulido-Mantas, T., Villechanoux, J., Cerrano, C. (2022). Restoration of Marine Sponges—What Can We Learn from over a Century of Experimental Cultivation? *Water*, 14, 1055. <https://doi.org/10.3390/w14071055>.
- Blanco, J.C. (2007). *Esponjas comerciales de Cuba. Escenario actual*. (Tesis presentada en opción del título de Maestro en Ciencias). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba
- Blanco, J.C., Formoso, M. (2009a). Estimado de la abundancia de esponjas comerciales. *Rev. Invest. Mar.*, 30(2), 99-106.
- Blanco, J.C., Formoso, M. (2009b). La esponjicultura en Cuba. *Revista ACPA*, 1, 22-23.
- Bucarano, L., Rodríguez-Moya, E., González-Hernández O., Castillo-González, E. (2013). *Práctica de producción sostenible en la actividad pesquera. Experiencia piloto de la creación de una granja demostrativa y experimental para el cultivo de esponjas comerciales*. Programa: Manejo sostenible de los recursos pesqueros al Centro del Archipiélago Sabana-Camagüey, pp. 5-10.
- Butler IV, M.J., Hunt J.H., Herrnkind W.F., Childress, M.J., Bertelsen, R., Sharp, W., Matthews, T., Field, J.M., Marshall, H.G. (1995). Cascading disturbances in Florida Bay, USA: cyanobacteria blooms, sponge mortality, and implications for juvenile spiny lobsters *Panulirus argus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 129, 119-125.
- Butler IV, M., Behringer, D.C., Valentine, M.M. (2017). Commercial sponge fishery impacts on the population dynamics of sponges in the Florida Keys, FL (USA). *Fish. Res.*, 190, 113-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.007>.

- Capetillo-Piñar, N., M.T. Villalejo-Fuerte, A. Tripp-Quezada. (2015). Distinción taxonómica de los moluscos de fondos blandos del Golfo de Batabanó, Cuba. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(5), 856-872. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue5-fulltext-6>
- Capetillo-Piñar N, Espinosa-Sáez J, Tripp-Valdez A, Tripp-Quezada A. (2016). The impact of cyclonic activity during 1981-1985 and 2004-2009 on taxonomic diversity of mollusks in the Gulf of Batabanó, Cuba. *Hidrobiológica*, 26(1), 121-131. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcb/hidro/2016v26n1/Tripp>
- Castritsi-Catharios, J., Miliou, H., Kaporis, K., Kefalas, E. (2011). Recovery of the commercial sponges in the central and southeastern Aegean Sea (NE Mediterranean) after an outbreak of sponge disease. *Mediterr. Mar. Sci.*, 12(1), 5-20. <https://doi.org/10.12681/mms.50>
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J., Ballesteros, E. (2011). Sponge Mass Mortalities in a Warming Mediterranean Sea: Are Cyanobacteria-Harboring Species Worse Off? *PLoS ONE*, 6(6), e20211. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020211>
- Çelik, I., Cirik, Ş., Altınağaç, U., Ayaz, A., Çelik, P., Haluk Tekeşoğlu, Yılmaz, H., Öztekin, A. (2011). Growth performance of bath sponge (*Spongia officinalis* Linnaeus, 1759) farmed on suspended ropes in the Dardanelles (Turkey). *Aquac. Res.*, 42, 1807-1815. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02781.x>
- Cerdeira-Estrada, S., Lorenzo-Sánchez, S., Areces-Mallea, A., Martínez-Bayón, C. (2008). Mapping of the spatial distribution of benthic habitats in the Gulf of Batabanó using Landsat-7 images. *Cienc. Mar.*, 34(2), 213-222.
- Chung, I-Fu., Huang, Yen-Ming., Lee, Tsung-Han., Liu, Li-Lian. (2010). Reproduction of the Bath Sponge *Spongia ceylonensis* (Dictyoceratida: Spongiidae) from Penghu, Taiwan. *Zool. Stud.*, 49(5), 601-607. <http://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/49.5/601.pdf>
- Corfield, G.S. (1938). Sponge industry of the Caribbean area. *Econ. Geogr.*, 14(2), 201-206. <http://www.jstor.org/stable/141672>
- Corriero, G., Longo, C., Mercurio, M., Nonnis Marzano, C., Lembo, G., Spedicato, M.T. (2004). Rearing performance of *Spongia officinalis* on suspended ropes off the southern Italian coast (Central Mediterranean Sea). *Aquaculture*, 238, 195-205. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.030>
- Croft, R. (1995). Commercial sponge survey in Kiribati and sponge farming development in the South Pacific. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Suva. 18 pp.
- Cropper Jr. W.P., DiResta, D. (1999). Simulation of a Biscayne Bay, Florida commercial sponge population: effects of harvesting after Hurricane Andrew. *Ecol. Modell.*, 118, 1-15. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(99)00039-3)
- David-Colón, J., Marín-Casas, D. (2020). *Spongia (Heterofibria) sucrensis* sp. nov. (Dyctiocerata: Spongiidae): una nueva especie de esponja para el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 49(2), 67-78. <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.2020.49.2.976>
- DeCaralt, S., Otjens, H., Uriz, M.J., Wijffels, R.H. (2007). Cultivation of Sponge Larvae: Settlement, Survival, and Growth of Juveniles. *Mar. Biotechnol.*, 9, 592-605. <https://doi.org/10.1007/s10126-007-9013-5>
- Duckworth, A.R., Wolff, C. (2007). Bath sponge aquaculture in Torres Strait, Australia: Effect of explant size, farming method and the environment on culture success. *Aquaculture*, 271, 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.06.037>
- Ereskovsky, A.V. (2018). Sponge Reproduction. In M.K. Skinner (Ed.) *Encyclopedia of Reproduction*. vol. 6, pp. 485-490. Academic Press: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20596-7>
- Ereskovsky, A.V., Dondua, A.K. (2006). The problem of germ layers in sponges (Porifera) and some issues concerning early metazoan evolution. *Zool. Anz.*, 245, 65-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcz.2006.04.002>
- Espinosa, L., González, D. (2002). *Sinopsis de las Esponjas Comerciales en Cuba*. XV Foro de Ciencia y Técnica,

- Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera, La Habana, Cuba.
- Gaino, E., Burlando, B., Zunino, L., Pansini, M., Buffa, P. (1984). Origin of male gametes from choanocytes in *Spongia officinalis* (Porifera, Demospongiae). *Int. J. Invert. Reprod. Develop.*, 7, 83-93.
- Gaino, E., Pronzato, R., Corriero, G., Buffa, P. (1992). Mortality of commercial sponges: Incidence in two Mediterranean areas. *Ital. J. Zool.*, 59(1), 79-85. <http://dx.doi.org/10.1080/11250009209386652>.
- García del Barco, F. (1972). *Manual de Esponjicultura*. La Habana, Cuba. Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera.
- García-Ramón, M.D. (1970). Las pesquerías cubanas: el golfo de Batabanó y el puerto de Surgidero como caso-modelo. *Rev. Geogr.*, 4(1), 43-68. <https://raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/view/45638>.
- Gökalp, M., Wijgerde, T., Murk, A., Osinga, R. (2022). Design for large-scale maricultures of the Mediterranean demosponge *Chondrosia reniformis* Nardo, 1847 for collagen production. *Aquaculture*, 548, 737702. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737702>.
- Grovas-Hernández, A.J. (1998). El factor fijación en la esponjicultura suspendida. *Rev. Invest. Mar.*, 19(2-3), 118-122.
- Grovas-Hernández, A.J. (2011). *Manual de procedimientos operacionales de trabajo para las minigranjas esponjícolas atendidas por tripulaciones extractivas*. Dirección Pesca, MINAL, La Habana, Cuba.
- Grovas-Hernández, A.J., Oliva-Mieres, D. (1999). Análisis de las pesquerías de esponjas de la Asociación PESCA-BAT. *Mar y Pesca*, 319, 1-30.
- Josuweit, H. (1991). Sponge world production and trade. *INFOFISH Int.*, 91, 21-26.
- Kaye, H.R. (1991). Sexual reproduction in four Caribbean commercial sponges. II. Oogenesis and transfer of bacterial symbionts. *Invert. Reprod. Develop.*, 19(1), 13-24. <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.1991.9672152>.
- Kaye, H.R., Reiswig, H.M. (1991a). Sexual reproduction in four Caribbean commercial sponges. I. Reproductive cycles and spermatogenesis. *Invert. Reprod. Develop.*, 19(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.1991.9672151>.
- Kaye, H.R., Reiswig, H.M. (1991b). Sexual reproduction in four Caribbean commercial sponges. III. Larval behavior, settlement, and metamorphosis. *Invert. Reprod. Develop.*, 19, 25-35. <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.1991.9672153>.
- Kelly-Borges, M. (1995). Cultivation of natural bath sponges: a green alternative to wild harvest. *Centre for Tropical and Subtropical Aquaculture Regional Notes* 6(3), 3-4.
- Kelly-Borges, M. (1996). *Research report on aquaculture of the sponge *Coscinoderma matthewsi* (Dictoceratida: Spongiidea) in the Pohnpei Lagoon, Micronesia*. Consultant's report to the Centre for Tropical and Subtropical Aquaculture, Hawaii.
- Kelly, M., Handley, S., Page, M., Butterfield, P., Hartill, B., Kelly, S. (2004). Aquaculture trials of the New Zealand bath-sponge *Spongia (Heterofibria) manipulates* using lanterns. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 38, 231-241.
- Kiruba-Sankar, R., Vinod, K., Dam-Roy, S., Krishnan, P., Chadha, N.K., Banerjee-Sawant, P., Saharan, N. (2017). Cultivation of marine sponges with pharmaceutical value: Status and future prospects in India. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 6(12), 4334-4351.
- Kornder, N.A., Esser, Y., Stoupin, D., Leys, S.P., Mueller, B., Vermeij, M.A., Huisman, J., de Goeij, J.M. (2022). Sponges sneeze mucus to shed particulate waste from their seawater inlet pores. *Curr. Biol.*, 32, 3855-3861. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.07.017>.
- Louden, D., Whalan, S., Evans-Illidge, E., Wolff, C., de Nys, R. (2007). An assessment of the aquaculture potential of the tropical sponges *Rhopaloeides odorabile* and *Coscinoderma* sp. *Aquaculture*, 270, 57-67.
- Lopeztegui-Castillo, A., D. Martínez-Coello. (2020). 35 años de cambio en densidad y biomasa del megazoo-bentos del golfo de Batabanó, Cuba, e implicaciones para la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae). *Rev. Biol. Trop.*, 68(4), 1346-1356. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i4.41209>.

- Lopeztegui-Castillo, A., Betanzos-Vega, A., Formoso-García M. (2020). Abundancia y talla de esponjas comerciales (Spongiidae) en el golfo de Batabanó, Cuba: actualización y recomendaciones de manejo. *Rev. Invest. Mar.*, 40(1), 71-84.
- Lopeztegui-Castillo, A., Capetillo-Piñar, N., Betanzos-Vega, A., Martínez-Daranas, B., Martínez-Coello, D., Abitia-Cárdenas, L.A. (2021). Space-time variations of megazoobenthos subject to natural and anthropogenic impacts in two Cuban bays: evidence of recovery? *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 49(1), 97-109. <https://doi.org/10.3856/vol49-issuel1-fulltext-X>.
- MacMillan, S.M. (1996). *Starting a successful commercial sponge aquaculture farm*. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, Sea Grant College Program, University of Hawaii.
- Marcos-Sardiñas, Z., Espinosa, J. (2021). Esponjas marinas (Porifera) del Parque Nacional Caguanes, Sancti Spiritus, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41(número especial), 52-58.
- Martínez-Daranas, B., Betanzos-Vega, A., Lopeztegui-Castillo, A., Capetillo-Piñar, N. (2018). Características del hábitat en la zona de cría de la langosta espinosa *Panulirus argus* al este de la Isla de la Juventud, Cuba (2010-2011). *Rev. Invest. Mar.*, 38(1), 13-32.
- Martínez-Daranas, B., Betanzos-Vega, A., Lopeztegui-Castillo, A., Capetillo-Piñar, N., Castellanos-Iglesias, S. (2021). Influence of several stressful factors on the condition of seagrasses at Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 47, 101939. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101939>.
- Maslin, M., Gaertner-Mazouni, N., Debitus, C., Joy, N., Ho, R. (2021). Marine sponge aquaculture towards drug development: An ongoing history of technical, ecological, chemical considerations and challenges. *Aquac. Rep.*, 21, 100813. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100813>.
- Mathivanan, A., Ravikumar, S., Selvakumar, G. (2019). Bioprospecting of sponge and its symbionts: new tool for mosquitocidal and insecticidal metabolites. *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 19, 101158. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101158>.
- Munro, M.H.G., Blunt, J.W., Dumdei, E.J., Hickford, S.J.H., Lill, R.E., Battershill, C.N., Duckworth, A.R. (1999). The discovery and development of marine compounds with pharmaceutical potential. *J. Biotechnol.*, 70, 15-25.
- Oronti, A., Danylchuk, A.J., Elmore, C.E., Auriemma, R., Pesle, G. (2012). Assessing the feasibility of sponge aquaculture as a sustainable industry in The Bahamas. *Aquac. Int.*, 20, 295-303.
- Páez, J. (1990). El recurso esponja de la Plataforma Cubana, I: Síntesis histórica, biología y ecología. *Rev. Invest. Mar.*, 11(1), 11-25.
- Pineda-Muro, L. (2018). *Evaluación del cultivo de esponjas rodadoras como alternativa pesquera para la conservación en el Refugio de Fauna Las Picúas-Cayo Cristo*. (Tesis presentada en opción del título de Maestra en Ciencias). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.
- Pronzato, R. (1999). Sponge-fishing, disease, and farming in the Mediterranean Sea. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 9(5), 485-493. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0755\(199909/10\)9:5<485::AID-AQC362>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0755(199909/10)9:5<485::AID-AQC362>3.0.CO;2-N).
- Pronzato, R., Manconi, R. (2008). Mediterranean commercial sponges: over 5000 years of natural history and cultural heritage. *Mar. Ecol.*, 29, 146-166. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2008.00235.x>.
- Quirós, A., Perdomo, M.E., Rodríguez, S. (2009). *Cultivo de esponjas marinas. Manual de buenas prácticas*. Resultado del Proyecto CUB/OP/2/07/09 "Uso Sostenible de los Recursos Naturales en la Comunidad Costera de Carahatas"; CESAM-CITMA, Villa Clara, Cuba. 2009.
- Regalado, E.L., Laguna A., Martínez, J.R. (2010). Las esponjas marinas como fuente de nuevas sustancias bioactivas. *Cub@ Medio Ambiente Desarro.*, 10(19), 1-11. <https://www.researchgate.net/publication/277219752>.
- Resolución 126/09. (2009). *Ministerio de Justicia, Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Edición Ordinaria 022(10 de junio), 626-629.

- Resolución 160/11. (2011). *Ministerio de Justicia, Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Edición Ordinaria 026(4 de agosto), 723-745.
- Resolución 47/21. (2021). *Ministerio de Justicia, Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Edición Ordinaria 44(28 de abril), 1372-1373.
- Rützler, K., Diaz, M.C., van Soest, R.W.M., Zea, S., Smith, K.P., Alvarez, B., Wulff, J. (2000). Diversity of sponge fauna in mangrove ponds, Pelican Cays, Belize. *Atoll Res. Bull.*, 476, 229-248.
- Sánchez-Roig, M. (1957). La riqueza esponjícola cubana. *Mar y Pesca*, 1(3), 28-32.
- Stabili, L., Licciano, M., Giangrande, A., Longo, C., Mercurio, M., Nonnis-Marzano, C., Corriero, G. (2006). Filtering activity of *Spongia officinalis* var. *adriatica* (Schmidt) (Porifera, Demospongiae) on bacterioplankton: Implications for bioremediation of polluted seawater. *Water Res.*, 40, 3083-3090. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.012>.
- Stevely, J.M., Sweat, D.M. (1985). *Survival and Growth of Cut vs Hooked Commercial Sponges in the Florida Keys*. Technical Paper No. 38, Hume Library, Florida Sea Grant College, University of Florida, U.S.A.
- Stevely, J.M., Sweat, D.M. (1994). A preliminary evaluation of the commercial sponge resources of Belize with reference to the location of the Turneffe Islands sponge farm. *Atoll Res. Bull.*, 424, 1-21.
- Stevely, J.M., Thompson, J., Warner, R.E. (1978). *The biology and utilization of Florida's Commercial Sponges*. Technical paper, Florida Sea Grant College Program 8, University of Florida, 49 pp. <http://ufdc.ufl.edu/UF00072259/00001>.
- Stevely, J.M., Sweat, D.E., Bert, T.M., Sim-Smith, C., Kelly, M. (2010). *Commercial Bath Sponge (Spongia and Hippospongia) and total sponge community abundance and biomass estimates in the Florida middle and upper Keys, USA*. <http://hdl.handle.net/1834/31305>.
- Storr, J.F. (1964). *Ecology of the Gulf of Mexico commercial sponges and its relation to the fishery, US Fish and Wildlife Service*. Special Scientific Report Fisheries No. 466.
- Thakur, N., Müller, W. (2004). Biotechnological potential of marine sponges. *Curr. Sci.*, 86(11), 1506-1512.
- Thompson, J.E., Murphy, P.T., Bergquist, P.R., Evans, E.A. (1987). Environmentally induced variation in diterpene composition of the marine sponge *Rhopaloeides odorabile*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 15, 595-606.
- Ubeda, L. (1980). Sembrando esponjas en el Golfo de Batabanó. *Mar y Pesca*, 183, 32-35.
- Vacelet, J. (1991). Statut des éponges commerciales en Méditerranée. En C.F. Bouduresque, M. Avon, V. Gravez (Eds.) *Les espèces marines à protéger en Méditerranée* (pp. 35-42). GIS Posidonie, Francia.
- Verdenal, B., Verdenal, M. (1987). Evaluation de l'Intérêt économique de la Culture d'éponges Commerciales sur les Côtes Méditerranéennes Françaises. *Aquaculture*, 64(1), 9-29. <http://www.marinespecies.org/porifera/porifera.php?p=taxdetails&id=131759>.
- Verdenal, B., Vacelet, J. (1990). Sponge Culture on Vertical Ropes in the Northwestern Mediterranean Sea. In K. Rützler (Ed.) *New Perspectives in Sponge Biology* (pp. 416-424). Smithsonian Institution Press: Washington, DC, USA.
- Whalan, S., Battershill, C., de Nys, R. (2007). Sexual reproduction of the brooding sponge *Rhopaloeides odorabile*. *Coral Reefs*, 26, 655-663. <https://doi.org/10.1007/s00338-007-0236-8>.
- Wuff, J. (1995). Effects of hurricane on survival and orientation of large erect coral reef sponges. *Coral Reefs*, 14, 55-61.
- Yi, Q., Wei, Z., Hua, L., Xingju, Y., Meifang, J. (2005). Cultivation of marine sponges. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 23(2), 194-198.
- Zarrouk, S., Ereskovsky, A.V., Mustapha, K.B., El-Abed A., Pérez, T. (2013). Sexual reproduction of *Hippospongia communis* (Lamarck, 1814) (Dictyoceratida, Demospongiae): comparison of two populations living under contrasting environmental conditions. *Mar. Ecol.*, 34, 432-442. <https://doi.org/10.1111/maec.12043>.