

NOTA CIENTÍFICA

Reporte de desove de *Plexaura homomalla* (Esper, 1794) en el Parque Nacional Guanahacabibes, occidente de Cuba

Plexaura homomalla (Esper, 1794) spawning report at Guanahacabibes National Park, western Cuba

Daniela Pérez-Castillo^{1*}

Sandra Delfín de León¹

Pedro Pablo Chevalier Monteagudo¹

Dorka Cobián Rojas²

Raúl Igor Corrada Wong¹

Ximena Escovar Fadul³

Miguel Adrián Pino Prieto⁴

¹Acuario Nacional de Cuba, Avenida Ira y Calle 60, Miramar, Playa, La Habana, Cuba.

²Parque Nacional Guanahacabibes, Centro de Investigación y Servicios Ambientales, Ecovida, Km 2½ Carretera Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba.

³Caribbean Division, The Nature Conservancy, 4245N Fairfax Drive Suite 100, Arlington, VA, 22203 United States.

⁴Centro Nacional de Áreas Protegidas, Calle 18ª #4114, entre 41 y 47, Playa, La Habana, Cuba.

Autor para correspondencia:
daniela951031@gmail.com

OPEN ACCESS

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

Editor:
Silvia Patricia González-Díaz
Centro de Investigaciones Marinas
Universidad de La Habana

Recibido: 29.06.2022

Aceptado: 10.04.2023

Resumen

El efecto directo del cambio climático y otros factores han colocado a los arrecifes de coral como uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial. Los octocorales constituyen uno de los grupos macrobentónicos más diversos en los arrecifes y, aunque no intervienen directamente en la construcción de arrecifes, pueden contribuir significativamente al aporte de sedimentos y carbonato de calcio. Además, este es uno de los grupos ampliamente utilizados como indicadores ecológicos de la eutrofización, permitiendo rastrear los aportes antropogénicos de nutrientes en los ecosistemas marino-costeros. El crecimiento y desarrollo a través de la reproducción asexual en los octocorales ("astogenia") se caracteriza por la replicación iterativa de las ramas y los pólipos. Sus patrones generales de reproducción sexual están bien documentados y se encuentran entre los pocos taxa, cuya tasa de fertilización puede ser predecible y medida directamente durante eventos naturales de desoves. En Cuba, el conocimiento sobre el período exacto del desove de gorgonias como *Plexaura homomalla* es escaso y no existe ningún reporte científico sobre el tema. En agosto de 2019, fue observado el desove de 10 colonias de *P. homomalla* en el Parque Nacional Guanahacabibes (PNG). Algunos autores plantean que el desarrollo inicial de los gametos ocurre solo cuando la media diaria de la temperatura del mar, durante el mes previo al desove, sobrepasa las 27°C. Este comportamiento se corresponde con los valores de temperatura durante los meses de junio y julio en el Parque Nacional Guanahacabibes, previos al desove de *P. homomalla*; lo que pudiera explicar la observación del desove en el mes de agosto. No obstante, no se puede asegurar que el desove ocurrió solamente en el mes de agosto, pues no se cuentan con datos de los meses de junio y julio, pico reproductivo descrito para la especie.

Palabras clave: arrecifes de coral, desove, reproducción sexual de gorgonias, Guanahacabibes, Cuba.

Abstract

The direct effect of climate change and other factors have placed coral reefs as one of the most threatened ecosystems worldwide. Octocorals are one of the most diverse macrobenthic groups on reefs and although they are not directly involved in reef building, they can contribute significantly to sediment and calcium carbonate supply. In addition, this is one of the groups widely used as ecological indicators of eutrophication, allowing the tracking of anthropogenic nutrient inputs in marine-coastal ecosystems. Growth and development through asexual reproduction in octocorals ("astogeny") is characterized by iterative replication of branches and polyps. Their general patterns of sexual reproduction are well documented and they are among the few taxa whose fertilization rate can be predicted and directly measured during natural spawning events. In Cuba, the knowledge about the exact spawning period of gorgonians such as *Plexaura homomalla* is limited and there is no scientific report on the subject. In August 2019, the spawning of 10 colonies of *P. homomalla* was observed in the Guanahacabibes National Park (PNG). Some authors suggest that the initial development of the gametes occurs only when the mean daily sea temperature during the month prior to spawning exceeds 27°C. This behavior corresponds to the temperature values during the months of June and July in the Guanahacabibes National Park, prior to the spawning of *P. homomalla*; which could explain the observation of spawning in the month of August. However, it cannot be ensured that spawning occurred only in the month of August; since there are no data for the months of June and July, the reproductive peak described for the species.

Keywords: coral reef, spawning, gorgonian sexual reproduction, Guanahacabibes, Cuba.

Introducción

Los ecosistemas marinos han sido influenciados por el calentamiento del océano, su acidificación, la elevación del nivel del mar, los cambios en los patrones de circulación e incremento en la severidad de las tormentas,

entre otros (Schutte *et al.* 2010; Pérez-Angulo & de la Nuez, 2011; Malhi *et al.*, 2020). Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial y aproximadamente el 75 % de los mismos se encuentran degradados (Hoegh-Guldberg, 2011; Pandolfi *et al.*, 2011; Hoegh-Guldberg, 2014). Como consecuencia, en los últimos años se han incrementado los estudios sobre los arrecifes coralinos, ecosistemas que constituyen una reserva de alta diversidad, brindan refugio, alimento y sustrato a numerosas especies de interés comercial o farmacológico (Groombridge & Jenkins, 2002; Vega *et al.*, 2002; Pérez-Angulo & de la Nuez, 2011).

Mientras que la cobertura de corales escleractíneos en el Caribe ha disminuido (Hughes, 1994; De Bakker *et al.*, 2016), la abundancia de octocorales ha incrementado (Ruzicka *et al.*, 2013; Lenz *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2019). Algunos autores sugieren que este fenómeno podría deberse, entre otros procesos biológicos, al éxito que ha tenido el reclutamiento de los octocorales en la región, que pudiera hacerlos más resistentes a perturbaciones a largo plazo en comparación con los corales escleractíneos (Lasker *et al.*, 2020; Tonra *et al.*, 2021).

Los octocorales constituyen uno de los grupos macrobentónicos más diversos en los arrecifes del Caribe y el Indo-Pacífico (Alcolado *et al.* 2008; Fabricius, 2011a; Pérez-Angulo & de la Nuez, 2011; Sánchez *et al.*, 2019). Proveen algunos de los mismos servicios ecosistémicos que los arrecifes, como refugio, sustrato y alimento de gran número de invertebrados y peces (Opresko, 1973; Tsounis & Edmunds, 2017). Son organismos tolerantes al incremento de las temperaturas (hasta aproximadamente los 32°C), lo que los hace muy resistentes al blanqueamiento o la expulsión de sus simbioses (Lasker, 2003; Drohan *et al.* 2005), fenómeno que afecta mucho a los corales hermatípicos. A diferencia de los corales, los octocorales no contribuyen directamente en la construcción de arrecifes. Sin embargo, tienen un aporte significativo de sedimentos y carbonato de calcio en forma de espículas microscópicas que

forman parte de su esqueleto (Opresko, 1973). Además, este es uno de los grupos ampliamente utilizados como indicadores ecológicos de la eutrofización, pues permite rastrear los aportes antropogénicos de nutrientes en los ecosistemas marino-costeros a través de isótopos estables de nitrógeno en sus tejidos (Risk *et al.*, 2014; González-De Zayas *et al.*, 2020).

El crecimiento y desarrollo a través de la reproducción asexual en los octocorales ("astogenia") se caracteriza por la replicación iterativa de las ramas y los pólipos (Lasker & Sánchez, 2002). Los fragmentos desprendidos de una colonia son capaces de fijarse al sustrato y formar una nueva colonia genéticamente idéntica (Lasker, 1990). En cuanto a la reproducción sexual en octocorales, sus patrones generales están bien documentados. Las especies son principalmente gonocóricas y la reproducción comienza con la emisión sincronizada de gametos por las colonias de ambos sexos, los cuales son transportados fundamentalmente por las corrientes marinas (Brazeau & Lasker, 1992; Kahng *et al.*, 2011).

En el Caribe, los gorgonáceos se encuentran entre los pocos taxa cuya tasa de fertilización puede ser predecible y medida directamente durante eventos naturales de desoves. Muchos gorgonáceos exhiben desoves sincrónicos (Coma & Lasker, 1997), y los gametos liberados pueden colectarse desde la columna de agua (Lasker *et al.*, 1996) o desde la superficie de la colonia (Coma & Lasker, 1997). Para los corales escleractíneos del Caribe, el tiempo de la reproducción sexual es relativamente bien conocido, mientras que la información sobre el comportamiento del desove de otros grupos de cnidarios es escasa (Bastidas *et al.*, 2005).

Plexaura homomalla (Esper, 1794) es un miembro común de las comunidades de arrecifes poco profundos del Caribe y se encuentra típicamente hasta los 10 m de profundidad, siendo rara o escasa a profundidades superiores (Alcolado, 1981; Kim & Lasker, 1997). Es un octocoral de crecimiento relativamente rápido, de aproximadamente 2 cm/año (Kinzie, 1974; Yoshioka & Yoshioka, 1991), y se han descrito varios eventos de

desove en junio y julio para la Florida (Fitzsimmons-Sosa *et al.*, 2004), en agosto y septiembre para Venezuela (Bastidas *et al.*, 2005), y en julio (*ex situ*) para colonias colectadas en Round Bay, St. Jhon (Tonra *et al.*, 2021).

De manera general, en la reproducción de los cnidarios, la temperatura juega un papel crítico en las diferentes etapas de su ciclo de vida (Bosch *et al.*, 2014). Este puede verse afectado positiva o negativamente por la temperatura, reduciendo o aumentando la fecundidad, el éxito de la fertilización y la supervivencia de las larvas (Baird *et al.*, 2009; Rossi *et al.*, 2017). Adicionalmente, otros factores también influyen en el proceso de desove, como las fases lunares, la duración del día, la disponibilidad de alimentos, el flujo de mareas entre otros (Rossi *et al.*, 2019).

En Cuba, el conocimiento sobre el período de desove de gorgonáceos como *P. homomalla* es escaso y no existe ningún reporte científico sobre el tema. El presente documento constituye el primer registro sobre el desove de dicha especie en los arrecifes locales.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio forma parte de la zona marina del Parque Nacional Guanahacabibes, área protegida que presenta alrededor de 15 950 hectáreas. Se extiende desde Cabo Corrientes hasta el Cabo de San Antonio, región suroccidental de Pinar del Río, donde la empresa Gaviota S.A., destinada al turismo subacuático, cuenta con alrededor de 50 sitios de buceo recreativo (Caballero *et al.*, 2007).

En esta zona, solo se permite la actividad de buceo contemplativo y pesca de subsistencia en determinados sectores, por lo que los efectos antropogénicos en esta región han sido disminuidos desde la creación del área protegida en el año 2001 (Cobián & Chevalier, 2009).

Sitio Monitoreado

El sitio monitoreado fue Yemayá (21° 50' 05.4'' N; 84° 29' 27.2'' W) (Fig. 1), el cual tiene una zona arrecifal

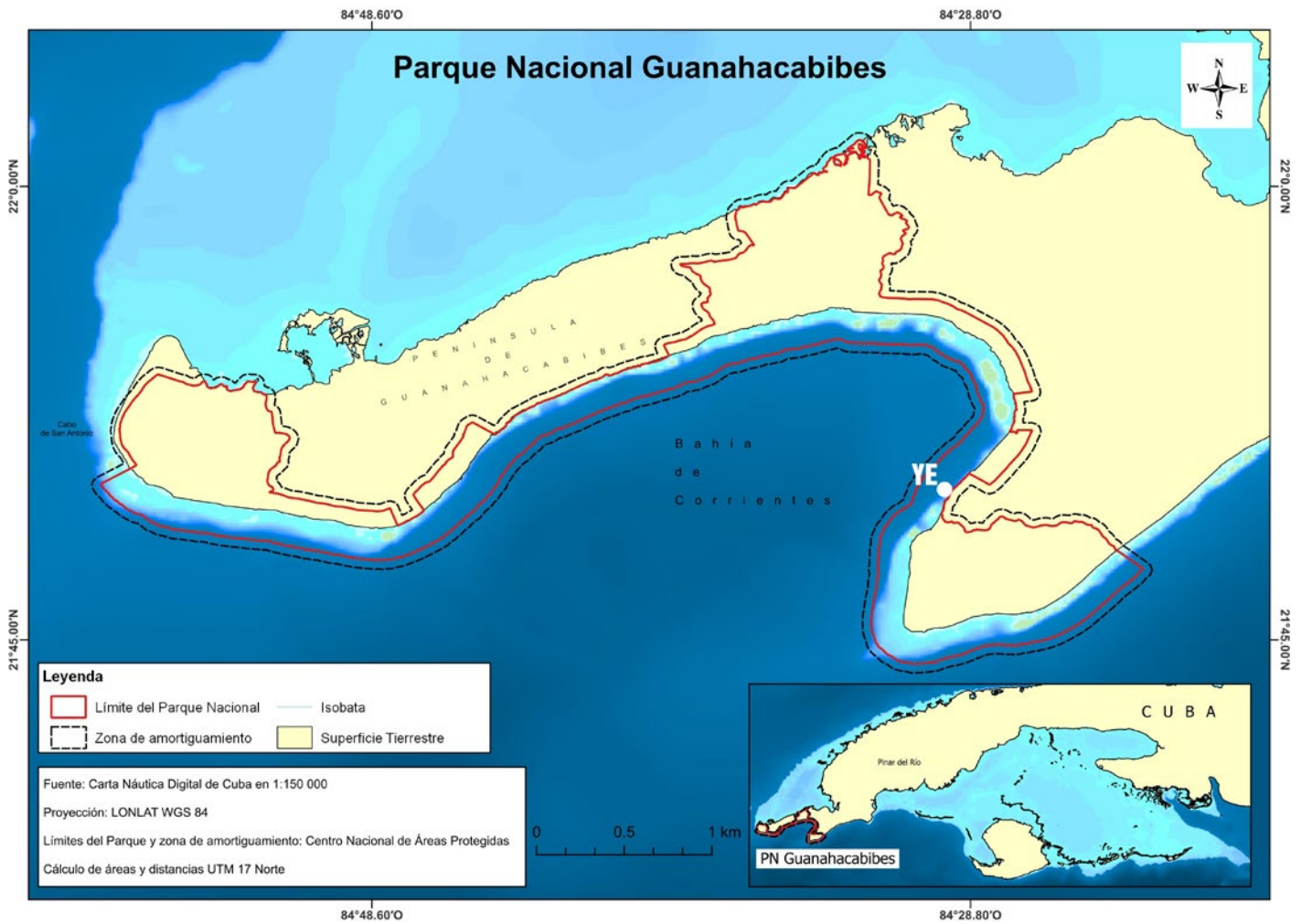


Fig. 1. Ubicación del sitio de muestreo Yemayá (21° 50' 05.4" N; 84° 29' 27.2" W) en el Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. Elaborado por Amanda Bringuier Acosta

de poca profundidad, aproximadamente 7 m, y una franja profunda de unos 12 m, con abundantes cabezos, grietas, y túneles que lo hacen muy irregular.

Los monitoreos se realizaron del 18 al 21 de agosto del 2019 (del tercer al sexto día después de la luna llena), desde las 21:22 h hasta las 22:30 h. El área seleccionada comprende aproximadamente 750 m² del sitio.

Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales se mantuvieron estables durante las noches del monitoreo: cielo nublado, con pocos vientos, agua turbia y alta densidad de

zooplancton. La velocidad del viento registrada alcanzó valores de aproximadamente 5,5 km/h y la temperatura superficial del mar osciló de 29.8 a 30.6°C (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2018-2021; NEO, 2021; NOAA, 2021);

Resultados y discusión

Los arrecifes de coral han sido ampliamente estudiados, sin embargo, existe un vacío en lo referente a la biología reproductiva de muchas especies en distintas partes del mundo (Benayahu & Loya, 1986). En las últimas décadas han sido más frecuentes las investigaciones que describen los aspectos fundamentales acerca del desove de



Fig. 2. Colonia de *Plexaura homomalla* liberando los gametos, Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba.

corales (Levitan *et al.*, 2004; Harrison, 2011; Levitan *et al.*, 2011; Fogarty & Marhaver, 2019; Lin & Nozawa, 2017; Jordan, 2018; Shlesinger & Loya, 2019; Baird *et al.*, 2021; Delfin *et al.*, 2021), mientras que para los octocorales son mucho menos los estudios realizados en este sentido (Kapela & Lasker, 1999; Fitzsimmons-Sosa *et al.*, 2004; Bastidas *et al.*, 2005 y Tonra *et al.*, 2021).

El 19 de agosto de 2019, cuatro días después de la luna llena, fue observado el desove de 10 colonias de *P. homomalla* (Fig. 2), entre las 21:22 y las 23:10 h (aproximadamente de 2 a 4 horas luego de la puesta de sol). Aunque solo se confirmó el desove de pocas colonias, se puede inferir que ocurrió un desove masivo de la especie, pues se observó un gran número de paquetes de

gametos flotando en la columna de agua y siendo trasladados por la corriente, provenientes de colonias ubicadas fuera del área monitoreada. Bastidas *et al.* (2005) reportaron el desove de esta especie en dos sitios de Venezuela en el mes de agosto, entre 6 y 7 días luego de la luna llena, en horario similar al de la presente investigación (Morrocoy: 22:10-22:30 h y Archipiélago de Los Roques: 20:40-23:00 h).

En contraste, en Florida (Estados Unidos), las colonias de *P. homomalla* desovaron tanto en junio como en julio; pero no se reporta el momento exacto del ciclo lunar en el que ocurrió (Fitzsimmons-Sosa *et al.*, 2004). El desove de esta especie se ha reportado durante los meses de verano y estudios histológicos indican el

Tabla 1. Valores nocturnos de Temperatura Superficial del Mar en el Parque Nacional Guanahacabibes (Sitio Yemayá), durante los meses de junio, julio y agosto del 2019 (3 - 9 días después de la luna llena) (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2018-2021).

Fecha	Sitio	Temperatura Superficial del Mar Nocturna (°C)
20/06/2019	Yemayá	30
21/06/2019	Yemayá	30.1
22/06/2019	Yemayá	29.9
23/06/2019	Yemayá	29.8
24/06/2019	Yemayá	29.7
25/06/2019	Yemayá	30.2
26/06/2019	Yemayá	30.2
19/07/2019	Yemayá	30
20/07/2019	Yemayá	30
21/07/2019	Yemayá	30.2
22/07/2019	Yemayá	30.4
23/07/2019	Yemayá	30.5
24/07/2019	Yemayá	30.9
25/07/2019	Yemayá	30.9
18/08/2019	Yemayá	30.1
19/08/2019	Yemayá	29.8
20/08/2019	Yemayá	30.3
21/08/2019	Yemayá	30.3
22/08/2019	Yemayá	30.6
23/08/2019	Yemayá	30
24/08/2019	Yemayá	30.2

pico de actividad reproductiva en los meses de junio y julio (Brazeau & Lasker 1989; Beiring & Lasker 2000; Fitzsimmons-Sosa *et al.*, 2004).

En un estudio realizado *ex situ* en St. John, Islas Vírgenes, se observó el desove sincrónico de esta especie dos horas después de la puesta de sol, de 3-6 días posteriores a la luna llena, similar a lo observado en ambas localidades de Venezuela y en Cuba. Sin embargo, en Islas Vírgenes, el desove ocurrió durante el mes de julio por cuatro noches consecutivas, un mes antes a lo reportado en la presente investigación y en Venezuela. Se observó en una colonia individual

la liberación de gametos por más de dos horas en un máximo de tres noches consecutivas, en contraste con el relativamente corto período de desove de los corales pétreos (Bastidas *et al.*, 2005; Tonra *et al.*, 2021). Tonra *et al.* (2021) no rechazan la posibilidad de ocurrencia de desove en el mes de junio, pero confían que no ocurrió en el mes de agosto, ya que no se detectaron huevos en las colonias luego del desove, que demoran alrededor de 18 meses en desarrollarse (Kahng *et al.*, 2011). Durante el primer y último día de desove del estudio (tres y seis noches después de la luna llena), las colonias liberaron pocos gametos en comparación con las noches pico de desove (cuatro y cinco noches después de la luna llena). Estas observaciones controladas en un laboratorio permiten detectar colonias que comienzan el desove temprano y liberan solo unos pocos gametos.

Uno de los factores por los que no se puede asegurar si solamente ocurrió el desove de la especie en el mes de agosto, tanto en Cuba como en Venezuela, es precisamente que la fecha de monitoreo no coincide con el pico reproductivo de la especie en junio y julio. La diferencia en la hora del comienzo y la duración del desove, entre observaciones *ex situ* e *in situ*, podría ser una consecuencia de la recolección de las colonias y de su introducción en un entorno de laboratorio (contaminación lumínica, estrés, etc.) (Tonra *et al.*, 2021).

Según De Putron & Ryland (2009), la diferencia temporal entre los meses de desove corresponde a las variaciones interanuales de los perfiles de temperatura del mar. Estos autores plantean que el desarrollo inicial de los gametos ocurre solamente cuando la media de la temperatura del mar diaria, durante el mes previo al desove, sobrepasa los 27°C, fenómeno que también se observa en nuestro estudio en los meses previos al desove de *P. homomalla* (Tabla 1). En el sitio Yemayá (Parque Nacional Guanahacabibes), la temperatura superficial del mar durante el mes de agosto de 2019 mantuvo valores similares a los meses de junio y julio; los dos últimos reportados como pico de desove para

la especie. Este comportamiento de la temperatura pudiera explicar la observación del desove durante el mes de agosto. Sin embargo, no se puede asegurar que solo ocurrió durante este mes pues no se cuenta con información de los meses de junio y julio. La diferencia temporal entre los desoves en diferentes lugares se ha observado en otras especies de octocorales y se ha relacionado con los patrones de temperatura local (Bastidas *et al.*, 2005; Pakes & Woollacott, 2008; De Putron & Ryland, 2009).

Nuestros resultados sugieren que los valores de temperatura durante el mes de agosto del 2019 son favorables para el desove de *P. homomalla* en el PNG. Por otro lado, este estudio representa el punto de inicio en las investigaciones acerca del comportamiento del desove de la especie en Cuba, contribuyendo a posteriores estudios de la biología reproductiva de la especie en el país y la región.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar los monitoreos del desove de *P. homomalla* a los meses de junio y julio para precisar su período reproductivo en el PNG. Además, también es necesario realizar dicho monitoreo en otros sitios de Cuba para conocer si existe variación a nivel espacial en cuanto a los horarios y las fechas de dicho fenómeno. Esto permitiría determinar a qué escala espacial están influenciados los mecanismos de sincronización local que desencadenan el desove en esta especie.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer especialmente a: Lic. Mileidy Soto Vazquez, Téc. Miraysis Noda Redonet, MSc. Juliett González Mendez, Dr. Ramón Alexis Fernández Osoria, Raidel Hayes Mirabal, Víctor Isla Lara, Adrián Sánchez, Abel Castro, Romel Castillo Serrano, María de los Ángeles Serrano Jerez, Reynaldo Estrada y al personal del Centro Internacional de Buceo "María la Gorda" por su colaboración y participación durante la expedición; a la ONG The Nature Conservancy por el apoyo logístico.

Declaraciones

Contribución de los autores:

Conceptualización, DP-C, SD, PPCh; Investigación, DP-C, SD, PPCh; Curación de datos, DP-C, SD, PPCh, DC, RIC, XE, MAP; Escritura-Original y preparación del borrador, DP-C; Escritura- Revisión y edición, SD, PPCh, DC, RIC, XE, MAP; Visualización, DP-C, SD, PPCh; Supervisión, PPCh; Administración del proyecto, PPCh; Adquisición de fondos, PPCh, XE.

Financiamiento

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el proyecto "Cultivo y propagación de corales pétreos para la restauración de arrecifes en Cuba" y por la ONG The Nature Conservancy.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen conflictos de intereses financieros o no financieros que declarar que sean relevantes para el contenido del manuscrito.

Comportamiento ético

No se utilizaron animales durante la realización del presente estudio.

Permisos de muestreo y otros permisos:

Los autores han recibido de las autoridades pertinentes los permisos necesarios para realizar los muestreos.

Referencias bibliográficas

- Alcolado, P. M. (1981): *Zonación de los octocorales someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos*. Informe Científico Técnico. 187, 1-43.
- Alcolado, P. M., García-Parrado, P., Hernández-Muñoz, D. (2008). Estructura y composición de las comunidades de gorgonias de los arrecifes del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba: conectividad y factores determinantes. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37(1), 11-29.
- Baird, A. H., Guest, J. R., Edwards, A. J., Bauman, A. G., Bouwmeester, J., Mera, H., Abrego, D., Alvarez-Noriega,

- M., Babcock, R. C., Barbosa, M.B., Bonito, V., Burt, J., Cabaitan, P.C., Chang, C. F., Chavanich, S., Chen, C. A., Chen, C. J., Chen, W. J., Chung, F. C., Yusuf, S. (2021). An Indo-Pacific coral spawning database. *Nature*, 8, 35.
- Baird, A. H., Guest, J. R., Willis, B. L. (2009). Systematic and biogeographical patterns in the reproductive biology of scleractinian corals. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 40, 551-571. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120220.
- Bastidas, C., Cróquer, A., Zubillaga, A. L., Ramos, R., Kortnik, V., Weinberger, C., Márquez, L. M. (2005). Coral mass- and split-spawning at a coastal and an offshore Venezuelan reef, southern Caribbean. *Hydrobiologia*, 541, 101-106, DOI 10.1007/s10750-004-4672-y.
- Beiring, E. A., Lasker, H. R. (2000). Egg production by colonies of a gorgonian coral. *Mar. Ecol-Prog Ser.*, 196, 169-177.
- Benayahu, Y., Loya, Y. (1986). Surface brooding in the red sea soft coral *Parerythropodium fulvum* (Forskal, 1775). *Biol. Bull.*, 165, 353-369.
- Bosch, T. C. G., Adamska, M., Augustin, R., Domazet-Lošo, T., Foret, S., Fraune, S., Funayama, N., Grasis, J., Hamada, M., Hatta, M., Hobmayer, B., Kawai, K., Klimovich, A., Manuel, M., Shinzato, C., Technau, U., Yum, S., Miller, D.J. (2014). How do environmental factors influence life cycles and development? An experimental framework for early-diverging metazoans. *Bioessays*, 36, 1185-1194. DOI: 10.1002/bies.201400065.
- Brazeau, D., Lasker, H. R. (1989). The reproductive cycle and spawning in a Caribbean gorgonian. *Biol. Bull.*, 176, 1-7.
- Brazeau, D., Lasker, H. R. (1992). Reproductive success in the Caribbean octocoral *Briareum asbestinum*. *Mar. Biol.*, 114, 157-163.
- Caballero, H., González-Ferrer, S., Cobián, D., Álvarez, S., Alcolado-Prieto, P. (2007). Evaluación AGRRA del bentos en diez sitios de buceo de María la Gorda, Bahía de Corrientes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 131-138.
- Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., Valdéz-Chavarin, J., Rosique-de la Cruz, L., Perera-Valderrama, S., López-Perea, J., Caballero-Aragón, H., Ressler, R. (2018-2021). *Sistema de Información y Análisis Marino-Costero (SIMAR)*. CONABIO, México.
- Cobián, D., Chevalier, P. P. (2009). Evaluación de las asociaciones de peces de los arrecifes coralinos del Centro Internacional de Buceo María la Gorda, Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Cienc. Mar. Cost.*, 1, 111-125.
- Coma, R., Lasker, H. R. (1997^a). Effects of spatial distribution and reproductive biology on in situ fertilization rates of a broadcast-spawning invertebrate. *Biol. Bull.*, 193, 20-29.
- De Bakker, D. M., Meesters, E. H., Bak, R., Nieuwland, G., Van Duyl, F. (2016). Long-term shifts in coral communities on shallow to deep reef slopes of Curaçao and Bonaire: are there any winners? *Front. Mar. Sci.*, 3, 247.
- De Putron, S. J., Ryland, J. S. (2009). Effect of seawater temperature on reproductive seasonality and fecundity of *Pseudoplexaura porosa* (Cnidaria: Octocorallia): Latitudinal variation in Caribbean gorgonian reproduction. *Invertebr. Biol.*, 128(3), 213-222.
- Delfin, S., Chevalier, P. P., Cobián, D., Corrada, R. I., Caballero, H., Escovar, X., Pino, M. A. (2021). *Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816) spawning at Guanahacabibes National Park, Western Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41 (2), 98-108.
- Drohan, A. F., Thoney, D. A., Baker, A. C. (2005). Synergistic effect of high temperature and ultraviolet-B radiation on the gorgonian *Eunicea tourneforti* (Octocorallia: Alcyonacea: Plexauridae). *Bull. Mar. Sci.*, 77(2), 257-266.
- Fabricius, K. E. (2011). Factors determining the resilience of coral reefs to eutrophication: a review and conceptual model. In *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer, 493-505.
- Fitzsimmons-Sosa, K., Hallock, P., Wheaton, J., Hackett, K. E., Callaghan, M. K. (2004). Annual cycles of gonadal development of six common gorgonians from Biscayne National Park, Florida, USA. *Caribb. J. Sci.*, 40, 144-150.
- Fogarty, N.D., Marhaver, K.L. (2019). Coral spawning, unsynchronized. *Science*, 365 (6457), 987-988.

- González-De Zayas, R., Rossi, S., Hernández-Fernández, L., Velázquez-Ochoa, R., Soares, M., Merino-Ibarra, M., Castillo-Sandoval, F. S., Soto-Jiménez, M. F. (2020). Stable isotopes used to assess pollution impacts on coastal and marine ecosystems of Cuba and México. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 39.
- Groombridge, B., Jenkins, M. D. (2002). *World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century*. University of California Press, Berkeley.
- Harrison, P. L. (2011). Sexual reproduction of scleractian corals. In Z. Dubinsky and N. Stambler (eds), *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition* (pp. 59-85). The Netherlands: Springer Nature.
- Hoegh-Guldberg, O. (2011). Coral reef ecosystems and anthropogenic climate change. *Reg. Environ. Change*, 11, 215-227.
- Hoegh-Guldberg, O. (2014). Coral reefs in the anthropocene: persistence or the end of the line? *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 395(2), 167-183.
- Hughes, T.P. (1994). Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265, 547-551.
- Jordan, A. C. (2018). *Patterns in Caribbean Coral Spawning*. (Thesis submitted in fulfillment of the academic requirements for the degree of Master of Marine Biology), Nova Southeastern University, Florida, United States of America.
- Kahng, S. E., Benayahu, Y., Lasker, H. R. (2011). Sexual reproduction in octocorals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 443, 265-283.
- Kapela, W., Lasker, H. R. (1999). Size-dependent reproduction in the Caribbean octocoral *Pseudoplexaura porosa*. *Mar. Biol.*, 135, 107-114.
- Kim, K., Lasker, H. R. (1997). Flow-mediated resource competition in the suspension feeding gorgonian *Plexaura homomalla* (Esper). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 215, 49-64.
- Kinzie, R. A. III. (1974). *Plexaura homomalla*: the biology and ecology of a harvestable resource. *Stud. trop. Oceanogr.*, 12, 22-38.
- Lasker, H. R. (1990). Clonal propagation and population dynamics of a gorgonian coral. *Ecology*, 71 (4), 1578-1589.
- Lasker, H. R. (2003). Zooxanthella densities within a Caribbean octocoral during bleaching and non-bleaching years. *Coral Reef*, 22(1), 23-26.
- Lasker, H. R., Brazeau, D. A., Calderon, J., Coffroth, M. A., Coma, R., Kim, K. (1996). In situ rates of fertilization among broadcast spawning gorgonian corals. *The Biol. Bull.*, 190(1), 45-55.
- Lasker, H. R., Martínez-Quintana, Á., Bramanti, L., Edmunds, P. J. (2020). Resilience of octocoral forests to catastrophic storms. *Sci. Rep.*, 10(1), 4286.
- Lasker, H. R., Sánchez, J. A. (2002): Allometry and astogeny of modular organisms. In , R. N. Hughes, (Ed.), *Reproductive Biology of Invertebrates. Vol. XI* (pp. 207-253). Progress in Asexual Reproduction. John Wiley & Sons, New York.
- Lenz, E. A., Bramanti, L., Lasker, H. R., Edmunds, P. J. (2015). Long-term variation of octocoral populations in St. John, US Virgin Islands. *Coral Reefs*, 34(4), 1099– 1109.
- Levitán, D.R., Fukami, H., Jara, J., Kline, D., McGovern, T.M., McGhee, K.E., Swanson, C.A., Knowlton, N. (2004). Mechanisms of reproductive isolation among sympatric broadcast-spawning corals of the *Montastraea annularis* species complex. *Evolution*, 58, 308-323.
- Levitán, D.R., Fogarty, N. D., Jara, J., Lotterhos, K. E., Knowlton, N. (2011). Genetic, spatial, and temporal components of precise spawning synchrony in reef building corals of the *Montastraea annularis* species complex. *Evolution*, 65(5), 1254-1270.
- Lin, C.H, Nozawa Y. (2017). Variability of spawning time (lunar day) in *Acropora* versus merulinid corals: a 7-yr record of in situ coral spawning in Taiwan. *Coral Reefs*, 36, 1269-1278.
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C.B., Knowlton, N. (2020) Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 375, 20190104.

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Coast Watch. (2021). *The Environmental Research Division ERDDAP Version 2.12* <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/>; searched on May 14th, 2021.
- Opresko, D. (1973). Abundance and distribution of shallow-water gorgonians in the area of Miami, Florida. *Bull. Mar. Sci.*, 23(3), 535-558.
- Pakes, M. J., Woollacott, R. M. (2008). Reproduction of the gorgonian *Plexaura flexuosa* in Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 357(2), 121-127.
- Pandolfi, J. M., Conolly, S. R., Marshall, D. J., Cohen, A. L. (2011). Projecting coral reefs futures under global warming and ocean acidification. *Science*, 333(6041), 418-22.
- Pérez-Angulo, A. & de la Nuez, D. (2011). Composición y estructura de la comunidad de octocorales en los bajos de Sancho Pardo, arrecife de los colorados, Cuba. *Rev. Mar. Cost.*, 3, 127-138.
- Risk, M. J., Burchell, M., Brunton, D. A., McCord, M. (2014). Health of the coral reefs at the US Navy Base, Guantánamo Bay, Cuba: A preliminary report based on isotopic records from gorgonians. *Mar. Pollut. Bull.*, 83 (1), 282-289. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.02.008>.
- Rossi, S., Coppari, M., Viladrich, N. (2017). Benthic-Pelagic Coupling: New Perspectives in the Animal Forests. In S. Rossi, L. Bramanti, A. Gori, C. Orejas, (eds). *Marine Animal Forests: The ecology of benthic biodiversity hotspots* (pp. 855-886). Germany: Springer.
- Rossi, S., Gravili, C., Milisenda, G., Bosch-Belmar, M., De Vito, D., Piraino, S. (2019). Effects of global warming on reproduction and potential dispersal of Mediterranean Cnidarians, *Eur. Zool. J.*, 86, 1, 255-271. DOI: 10.1080/24750263.2019.1631893.
- Ruzicka, R. R., Colella, M. A., Porter, J. W., Morrison, J. M., Kidney, J. A., Brinkhuis, V., Lunz, K. S., Macaulay, K. A., Bartlett, L. A., Meyers, M. K., Colee, J. (2013). Temporal changes in benthic assemblages on Florida Keys reefs 11 years after the 1997/1998 El Niño. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 489, 125-141.
- Sánchez, J. A., Gómez-Corrales, M., Gutiérrez-Cala, L., Vergara, D. C., Roa, P., González-Zapata, F. L., Gnecco, M., Puerto, N., Neira, L., Sarmiento, A. (2019). Steady decline of corals and other benthic organisms in the Sea Flower Biosphere Reserve (Southwestern Caribbean). *Front. Mar. Sci.*, 6, 1-13.
- Schutte, V. G. W., Selig, E. R., Bruno, J. F. (2010). Regional spatio-temporal trends in Caribbean coral reef benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 402, 115-122.
- Shlesinger T., Loya, Y. (2019). Breakdown in spawning synchrony: A silent threat to coral persistence. *Science*, 365, 1002 (2019)
- Tonra, K. J., Wells, C. D., Lasker, H. R. (2021). Spawning, embryogenesis, settlement, and post-settlement development of the gorgonian *Plexaura homomalla*. *Invertebr. Biol.*, 00, e12319. DOI 10.1111/ivb.12319.
- Tsounis, G., Edmunds, P. J. (2017). Three decades of coral reef community dynamics in St. John, USVI: A contrast of scleractinians and octocorals. *Ecosphere*, 8(1), e01646.
- Vega, A., Font, Y., Zayas, C. (2002). Composición de la fauna más representativa en el arrecife de coral costero de playa Corinthia, región nororiental de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 23(3), 167-172.
- Yoshioka, P. M., Yoshioka, B. B. (1991). A comparison of the survivorship and growth of shallow-water gorgonian species of Puerto Rico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 69(3), 253-260.

Como citar este artículo

Pérez-Castillo, D., Delfín de León, S., Chevalier Monteagudo, P.P., Cobián Rojas, D., Corrada Wong, R.I., Escovar Fadul, X., Pino Prieto, M.A. (2023). Reporte de desove de *Plexaura homomalla* (Esper, 1794) en el Parque Nacional Guanahacabibes, occidente de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 43(1), 130-139.