

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71iS1.54914>

Evaluación de la eficiencia de dos estructuras para jardines de coral de la especie *Acropora cervicornis* (Scleractinia: Acroporidae) en el Parque Nacional Portobelo

Luis Enrique Bernal^{1*};  <https://orcid.org/0000-0002-9048-8411>
Yessenia del Carmen Gonzales¹;  <https://orcid.org/0000-0002-6148-5414>
Beatriz del Carmen Medina¹;  <https://orcid.org/0000-0001-9997-7660>
René Ricardo Gómez²;  <https://orcid.org/0000-0002-2167-6937>

1. Universidad Marítima Internacional de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá; lbjr12345@gmail.com (*Correspondencia), ygonzalez@umip.ac.pa, bmedina@umip.ac.pa
2. Commercial Diving Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá; rene@commercialdivingpanama.com

Recibido 14-IX-2022. Corregido 27-I-2023. Aceptado 20-II-2023.

ABSTRACT

Evaluation of the effectiveness of two structures for coral gardens of the species *Acropora cervicornis* (Scleractinia: Acroporidae) in Portobelo National Park.

Introduction: In Panama and the world, for several years, reefs have been threatened by actions such as coastal development, sedimentation, and contamination by terrestrial entities, which are the most frequent, giving rise to the implementation of restoration methodologies.

Objective: To compare the efficiency of two coral garden structures in the growth of the species *Acropora cervicornis* in Huertas Bay, Portobelo National Park, Colon Panama.

Methods: Two fixed-type structures were placed, using PVC together with hydraulic concrete bases, and two clothesline-type structures, using PVC and nylon thread. The coral fragments that were placed in the structures came from Bahía Huertas and Buenaventura Island. The growth of the corals was determined using the linear growth and tissue extension measurement method.

Results: A total of 80 coral fragments were planted, representing an estimated extension of 9.71 m of coral in Huertas Bay. After nine months of study, a total of 15.3 m of totally new coral (1 525.6 cm) was estimated, where only 4.6 % belonged to the fragments of the fixe-type structure, while 95.4 % belonged to the clothesline-type structure.

Conclusions: The clothesline-type structure was the most efficient and viable within the study, with better survival and growth rate compared to the fixed type structure, where it did present a mortality of 45 %.

Key words: Acroporids; efficiency.; coral nurseries; coral survival; coral growth.

RESUMEN

Introducción: En Panamá y el mundo, desde hace varios años, los arrecifes se han visto amenazados por acciones como el desarrollo costero, sedimentación, contaminación por entidades terrestres, que son las más frecuentes, dando lugar a la implementación de metodologías de restauración.

Objetivo: Comparar la eficiencia de dos estructuras de jardines coralinos en el crecimiento de la especie *Acropora cervicornis* en Bahía Huertas, Parque Nacional Portobelo, Colón Panamá.



Métodos: Se colocaron dos estructuras de tipo fijo, utilizando PVC junto con bases de concreto hidráulico, y dos estructuras tipo tendadero, utilizando PVC e hilo de nylon. Los fragmentos de coral que se colocaron en las estructuras provenían de Bahía Huertas e Isla Buenaventura. El crecimiento de los corales se determinó mediante el método de medición de crecimiento lineal y extensión tisular.

Resultados: Se plantaron un total de 80 fragmentos de coral, lo que representa una extensión estimada de 9.71 m de coral en Bahía Huertas. Tras nueve meses de estudio, se estimó un total de 15.3 m de coral totalmente nuevo (1 525.6 cm), donde sólo el 4.6 % pertenecía a los fragmentos de la estructura de tipo fijo, mientras que el 95.4 % pertenecía a la estructura de tipo tendadero.

Conclusiones: La estructura tipo tendadero fue la más eficiente y viable dentro del estudio, con mejor tasa de supervivencia y crecimiento en comparación con la estructura tipo fija, donde sí presentó una mortalidad del 45 %.

Palabras clave: viabilidad; supervivencia; jardinería coralina; degradación; sobrecrecimiento.

INTRODUCCIÓN

El declive global significativo en la abundancia de coral se ha producido en las últimas décadas debido a perturbaciones antropogénicas y ambientales, tales como el desarrollo costero, sedimentación, especies invasoras, tormentas, aumento de temperaturas, enfermedades, contaminación, sobrepesca y la eutrofización (Grimsditch & Salm, 2006; Hughes et al., 2003). Una gran parte de la disminución registrada en la abundancia de coral en la región del Caribe es debido a la dramática pérdida de los corales del género *Acropora* spp. Las especies *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata* fueron catalogados en el 2008, como en peligro crítico en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], ya que, desde finales de 1980, las poblaciones de estos corales se han reducido en un 80–90 % (Bruckner, 2002).

La degradación de los arrecifes coralinos en el Caribe ha llevado al desarrollo de conceptos y técnicas para su rehabilitación y restauración (Pickering et al., 1999). Diversas técnicas de restauración han sido probadas en todo el Caribe y en otras regiones del mundo. La metodología de “jardinería de coral”, en la que las colonias de coral o fragmentos se cultivan en estructuras bajo el agua y luego se trasplantan a arrecifes degradados, se ha aplicado con éxito en diversas escalas (Rinkevich, 2000; Shafir et al., 2006).

La especie más utilizada en esta práctica es *Acropora cervicornis*, debido a que ésta especie es propensa a la fragmentación, tienen una tasa de crecimiento rápida y muestran la habilidad de crecer en sustratos inestables (Bowden-Kerby, 2001; Johnson et al., 2011; Shafir et al., 2006; Young et al., 2012). Además *A. cervicornis* sirve como un hábitat importante que provee refugio para peces y especies de invertebrados (Young et al., 2012). Reportes de Drury & Lirman (2017), O'Donnell et al. (2017), Opel et al. (2017), y Rinkevich (2014) hablan del éxito de crecimiento de los corales en guarderías y de la restauración de las colonias de *A. cervicornis*, actividad que está ayudando a restaurar las comunidades de peces arrecifales que son de importancia alimenticia y económica para las comunidades costeras. En la zona de estudio, el esfuerzo por conservar los arrecifes permitirá aumentar el área de cobertura de esta especie de coral pétreo, formadora de arrecife y mantenedora de la cadena alimenticia natural del ecosistema, por tanto, el objetivo de este proyecto es evaluar la tasa de crecimiento de la especie *A. cervicornis* dentro de un jardín de corales, con el fin de restaurar zonas de arrecifes degradadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra localizada en el distrito de Portobelo, provincia de Colón, República de Panamá. La provincia de Colón

limita al norte con el Mar Caribe, al sur con las provincias de Panamá y Coclé, al este con la Comarca Guna Yala y al oeste con la provincia de Veraguas. El proyecto se llevó a cabo específicamente en el área conocida como Bahía de Huertas, cuyas coordenadas geográficas son 9° 33' 40.414" N - 79° 41' 4.67" W (Fig. 1). El estudio se llevó a cabo dentro del Parque Nacional Portobelo, creado en el año 1976 bajo el decreto 91 del 22 de diciembre, siendo el primer Parque Nacional del litoral del Caribe.

En total se construyeron cuatro estructuras para guarderías, que equivalen a dos unidades para el crecimiento de las colonias; dos estructuras son de tipo tendedero horizontal (Estructura C, Estructura D) y dos de tipo vivero fijo (Estructura A, Estructura B) (Johnson et al., 2011). Cada una de estas guarderías tuvieron una separación al menos de dos metros entre ellas, con 20 fragmentos de *Acropora cervicornis*, cada una, dando un total de 80 fragmentos que se cultivaron. Para ambas metodologías, las estructuras fueron construidas con tubos de

PVC, lo que le brinda mayor durabilidad a la estructura y reduce la interacción de los corales con los depredadores, así como el riesgo a adquirir enfermedades (Edwards, 2010), ya que el material tiene un periodo de vida más largo que la de los metales, que son corroídos por el agua salada. Ambos tipos de estructuras se colocaron al este de la Bahía Huertas.

Descripción del tipo de estructura de viveros de coral

Tipo tendedero horizontal: consistió en una estructura de PVC de 1 ½", con cuatro tubos de soporte del mismo material enclavados en el fondo arenoso y apoyadas a bloques de concretos (15.25 x 45.72 cm). Cada unidad midió en total 200 cm de largo x 110 cm de ancho, con forma de rectángulo, elevado sobre el fondo a 50 cm (Fig. 2). En su interior poseía cinco filas de hilo de nylon, que están separadas a una distancia de 40 cm, cada una de estas, sujetando de forma colgada cuatro fragmentos con separación de 27.5 cm (Fig.

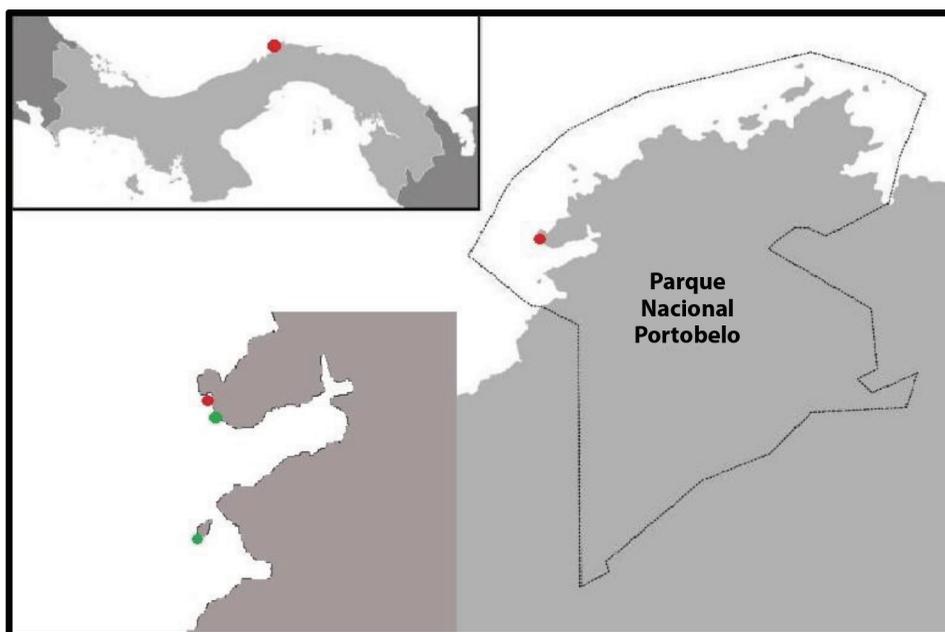


Fig. 1. Área de estudio. El punto rojo señala la localización de la guardería de coral en la zona de Bahía de Huertas y los puntos verdes las colonias en donde se extrajeron los fragmentos de coral (1. Pared de huertas, 2. Isla de Buenaventura). / **Fig. 1.** Study area. The red dot marks the location of the coral nursery in the Bahía de Huertas area and the green dots the colonies where coral fragments were extracted (1. Huertas wall, 2. Buenaventura Island).

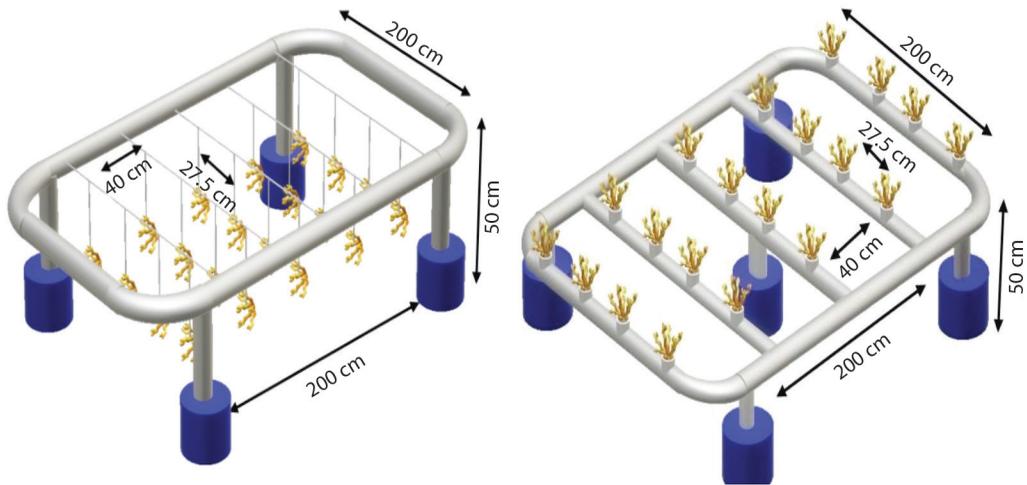


Fig. 2. A. Estructura tipo tendadero y **B.** estructura tipo fijo; para el cultivo de *Acropora cervicornis*. / **Fig. 2. A.** Clothesline type structure and **B.** fixed type structure; for *Acropora cervicornis* farming.

2), para evitar que las corrientes empujen los corales y choquen unos con otros, como también minimizar los posibles efectos de contacto como lo son la abrasión y la re-fragmentación de los fragmentos.

Tipo de vivero fijo: cada una de las estructuras midió en total 200 cm de largo x 110 cm de ancho, conformadas por cinco filas de tubos de PVC de 2" separadas 40 cm una de otra, además de una columna la cual conecta las filas de tubos para evitar que se puedan caer en "efecto dominó"; están elevadas sobre el fondo a 50 cm y apoyadas a bloques de concreto. Cada fila posee cuatro agujeros con una distancia de 27.5 cm donde están insertadas piezas de tubos de PVC de 1 x 3/4" en forma vertical que sostienen pequeñas bases de concreto en forma de pedestales en donde permanecen fijados los fragmentos de los corales, debido a que según Edwards (2010), es uno de los sustratos más económicos y viables para la fijación y supervivencia de corales duros con diferentes tipos de crecimiento en guarderías a media agua, además de ajustar los fragmentos mediante hilos de nylon para una mayor seguridad y estabilidad.

Los fragmentos se escogieron de dos zonas con características geomorfológicas diferentes;

una colonia en la zona de Pared de Huertas a 400 m hasta las guarderías de coral, en donde el arrecife tiene forma de canal y otra en la zona de Buenaventura a tres kilómetros de las guarderías de coral, en donde la colonia se encontró al borde de una pared arrecifal. En ambas zonas se tomó en cuenta que fueran colonias saludables en el ambiente natural con características como lo abundancia, tamaño, color y grosor, además de la condición de tejido adecuada, la ausencia de blanqueamiento y la ausencia de competidores como algas, esponjas, corales o mileporidos (Zárate-Arévalo et al., 2019), sin embargo, el factor de los diferentes genotipos no se pudo tomar en cuenta a profundidad en este estudio por la falta de tiempo y de materiales.

Cada fragmento se etiquetó con una marca de plástico, con el número de individuo y de igual manera cada estructura estuvo marcada con un número específico para facilitar la colecta de los datos y el análisis de estos. La toma de datos sobre el crecimiento se realizó 17 días luego de la colocación de los fragmentos de coral en las estructuras, posteriormente cada 15 días se procedió con el mantenimiento de las mismas, siguiendo el protocolo descrito por Edwards & Gómez (2007) donde mencionan que, en el esfuerzo y la inversión

económica de la restauración coralina, las limpiezas periódicas funcionan como estrategia para maximizar las probabilidades de supervivencia de los fragmentos. El kit de limpieza consistía en cepillos de hebras gruesas para los tubos de PVC y cepillos de dientes para los fragmentos, removiendo algas, invertebrados pequeños, organismos coralívoros y sedimento acumulado, que deterioran la calidad del agua circundante o afectan el tejido vivo de los fragmentos de coral (Shafir et al., 2006).

Para la toma de datos de crecimiento y ramificación de los fragmentos se siguió el método implementado por Johnson et al. (2011) que permite realizar una sumatoria total de tejido vivo por cada fragmento. Esta consistió en la toma de medidas del crecimiento lineal, la cual es la medida de la rama principal del fragmento y la extensión del tejido, medida de las ramificaciones que se generan a partir de la rama principal del fragmento, cada uno

enumerado con etiquetas plásticas desde el inicio del estudio.

RESULTADOS

Se sembraron un total de 80 fragmentos de coral, lo que representa un estimado de 9.71 m de coral en Bahía Huertas. Posterior a los nueve meses de estudio se estimó un total de 15.3 m de coral totalmente nuevo (1 525.6 cm) (Fig. 3). De los 80 fragmentos en las estructuras, 18 presentaron palidez o blanqueamiento, lo que conllevó posteriormente a un sobrecrecimiento de algas y muerte de estos. Cabe resaltar que ocho de estos fragmentos fueron tomados del arrecife de la zona de Pared de Huertas, los otros 10 pertenecían a la zona de Buenaventura.

Todos estos fragmentos con palidez y sobrecrecimiento algal se encontraban ubicados en las estructuras de tipo fijo. En comparación con la estructura de tipo tendadero, en donde no se presentó pérdida de ningún fragmento de

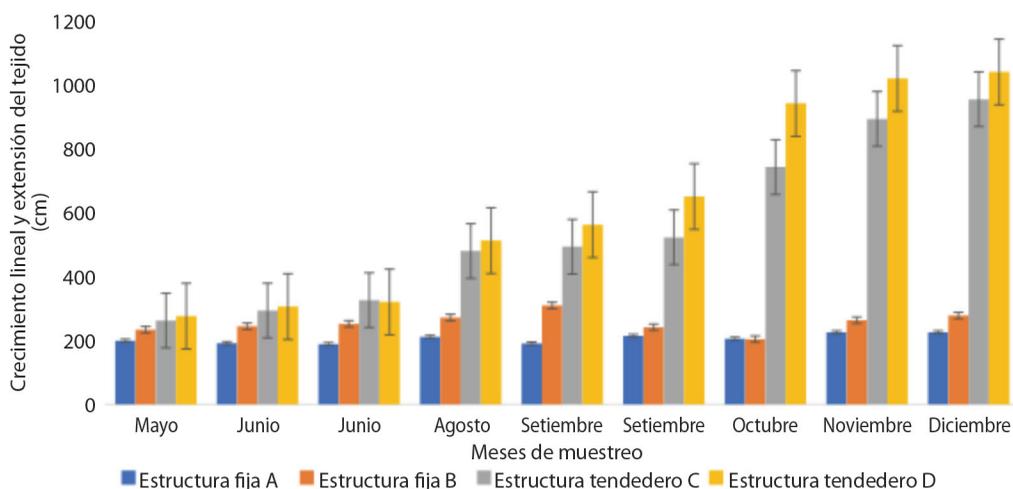


Fig. 3. Crecimiento lineal total de fragmentos de *A. cervicornis* en ambos tipos de estructuras durante los meses de mayo hasta diciembre del año 2021. Las estructuras A y B son del tipo fijo, mientras que las estructuras C y D son del tipo tendadero. En el cuadro de los meses de muestreo se representa la sumatoria del crecimiento lineal de dicha salida. / **Fig. 3.** Total linear growth of *A. cervicornis* fragments in both types of structures from May to December 2021. Structures A and B are of the fixed type, while structures C and D are of the clothesline type. The table of the sampling months shows the sum of the linear growth of this output.

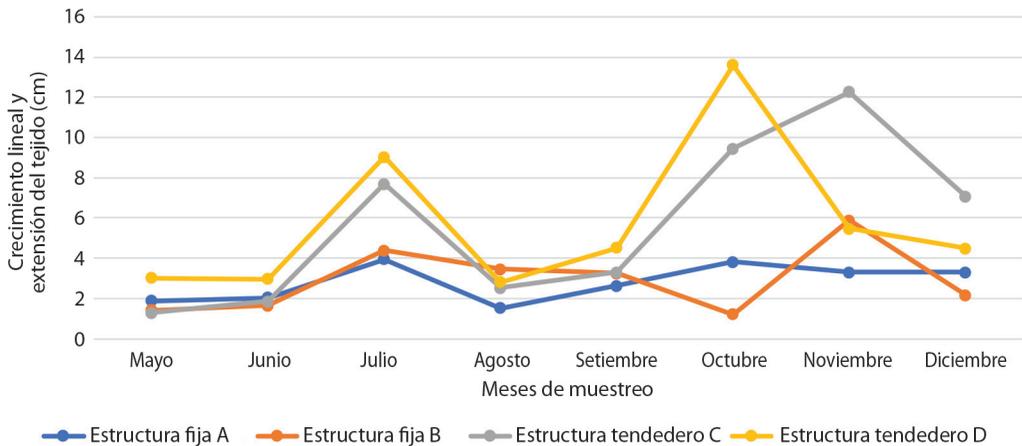


Fig. 4. Promedio de crecimiento de los fragmentos de *A. cervicornis* de cada estructura por salida de campo. / **Fig. 4.** Average growth of *A. cervicornis* fragments of each structure per field trip.

coral con palidez o sobrecrecimiento de algas. Independientemente del tipo de estructura, la presencia de palidez y sobrecrecimiento algal que lleva consigo al blanqueamiento de los fragmentos de coral, representó un 14 % de todos los fragmentos sembrados.

Los fragmentos de la estructura de tipo tendadero tuvieron un crecimiento constante, ascendente y muy diferencial a lo largo de los meses en comparación con los fragmentos de tipo fijo. Cabe resaltar que de los 15.3 m de coral totalmente nuevo que se desarrolló dentro de las estructuras con el pasar del tiempo, tan solo el 4.6 % pertenecían a los fragmentos de la estructura tipo fijo, mientras que el 95.4 % pertenecían a la estructura tipo tendadero.

El promedio de crecimiento de los fragmentos de *A. cervicornis* en la estructura tipo fijo A fue de 2.73 cm y B fue de 2.92 cm por mes, mientras que el tipo tendadero C tuvo un promedio de 5.67 cm y en el D con 5.73 cm por mes (Fig. 4). En cuanto al tamaño promedio de los fragmentos de coral al final del estudio obtuvimos que la estructura tipo fijo A alcanzó 25.2 cm y la B 28.0 cm, mientras que en la estructura tipo tendadero A fue de 48.2 cm y la de tipo B 50.2 cm, casi duplicando la

efectividad de crecimiento en comparación con la de tipo fijo.

DISCUSIÓN

Naturalmente el coral tiene un crecimiento promedio rápido si las condiciones de temperatura, salinidad y pH son las más adecuadas como el estudio realizado por Zárate et al. (2019) en Colombia, donde el mayor crecimiento de fragmentos en promedio fue de 13 cm, muy similar a lo que presenta por un fragmento de coral proveniente de Pared de Huertas, en la estructura tipo tendadero donde el promedio de crecimiento fue de 12.1 cm cada 15 días. En los fragmentos de coral provenientes del arrecife de Buenaventura se encontraron algas incrustantes del género *Porolithon* la cual se creen o se supone están asociadas de una manera simbiótica al *A. cervicornis* y se mantuvieron con los fragmentos durante el transporte desde su lugar de origen hacia las estructuras, provocando una posterior afectación en algunos fragmentos de coral. Esta observación encontrada, se compara con lo mencionado por Rinkevich (2000), quien sostuvo que el

crecimiento no depende únicamente de cambios en el ambiente, sino también de características genéticas, por lo que en un futuro deben hacerse un estudio con más enfoque en el área genética y morfológica de estos fragmentos, además de un estudio en el volumen ecológico, puesto que ofrece mayor información sobre las colonias.

En la zona de estudio se determinaron siete parámetros fisicoquímicos que nos permiten conocer el estado de la columna de agua en donde se colocaron las estructuras de estudio. Dentro de los factores fisicoquímicos no se obtuvieron cambios drásticos en la columna de agua, teniendo un mínimo de 28.3 °C y un máximo de 30.1 °C de temperatura, casi al límite de su rango óptimo de crecimiento (cabe destacar que se tomaron dichos datos solamente en horas de la mañana), una salinidad entre 32 y 35 ppm, y un oxígeno disuelto entre 6.1 y 8.1 mg/l rango que concuerda con el estudio realizado por Herlan & Lirman (2008), donde se encuentra entre los 6 a 9 mg/l, considerándose adecuado para el desarrollo de los arrecifes de coral. La temperatura promedio concuerda con los datos obtenidos según las fichas de especies prioritarias (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2011).

Cabe destacar que el mayor promedio de crecimiento durante los siete meses de estudio que alcanzó un fragmento durante el estudio fue de 13.6 cm en la estructura de tipo tendadero solamente en el mes de octubre, lo que probablemente esté relacionado con la conductividad y los totales de sólidos disueltos en dicha columna de agua durante los meses de octubre y noviembre con valores de conductividad de 60.1 mS/cm y de sólidos totales disueltos de 35.08 g/l. Se piensa que dicha cantidad de nutrientes y el comportamiento de la conductividad en este mes fueron los más óptimos para el desarrollo en el crecimiento de los fragmentos de coral.

Las aguas del Mar Caribe dependen de parámetros oceanográficos en donde existen múltiples interacciones entre ellos, sin embargo, los más influyentes para el desarrollo de

los corales fueron la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto, por lo que se hizo énfasis en estos factores. Se destaca que la calidad de rayos UVR influye en el crecimiento de los corales (parámetro que no fue medido en este estudio) y que solo fue observado mediante los cambios de clima en la zona (precipitación, tormentas, nubosidad) (Torres et al., 2007).

Comparación de la viabilidad entre las estructuras: Para comparar la viabilidad de las estructuras estudiadas se consideraron diferentes parámetros los cuales son: la depredación, el bajo costo y fácil acceso de configuración, la tasa de crecimiento, la acumulación de algas, su mantenimiento, su durabilidad con el pasar del tiempo. Tomando en consideración estos parámetros podemos mencionar que, desde el punto de vista económico, la estructura tipo tendadero resultó ser la más viable en comparación a la estructura de tipo fijo, ya que se necesitaron menos materiales para su construcción y su posterior mantenimiento, concordando con el manual de Johnson et al. (2011) donde se plantea la viabilidad más presente en las estructuras de tipo tendadero por su bajo costo y acceso a los materiales.

Desde el punto de vista técnico o de manejo de las estructuras, la estructura de tipo fijo resultó ser un poco más cómoda a la hora de realizar la limpieza a los fragmentos, ya que, al tener un sustrato fijo, la manipulación al fragmento era más sencilla en comparación con la del tipo tendadero, se debía tener en cuenta que estos fragmentos estaban suspendidos a un hilo de nylon el cual puede cortar, si no se tiene el cuidado adecuado. Sin embargo, en la estructura de tipo tendadero observamos menos sobrecrecimiento algal que en la de tipo fijo, esto puede deberse a lo mencionado por Quinn & Kojis (2006) que en la estructura de tendadero utilizaba menos cantidad de PVC y ofrece un área mínima para la colonización algal. Las líneas de nylon que sostenían los fragmentos no daban tanto margen para que las algas pudieran asentarse sobre estas; en cambio en la estructura tipo se podía notar como el alga se esparcía alrededor de las bases de



concreto en donde se colocaban los fragmentos de coral y necesitaban de un mantenimiento más constante. Además de eso, desde el punto de vista de la funcionabilidad de las estructuras, que es la de crecimiento de los fragmentos, la estructura tipo tendadero resultó ser la que mejor manejaba esta función, esta adquirió un promedio de crecimiento de 5.7 cm de tejido nuevo por salida y donde se obtuvo un porcentaje de supervivencia del 100 %, en comparación con la estructura de tipo fijo, que fue de 2.8 cm de tejido nuevo por salida y tuvo un porcentaje de supervivencia del 55 %, representando una similitud a las observaciones obtenidos por Zárate-Arévalo et al. (2019) con sus estructuras flotantes con hilos de nylon, las cuales representan un incremento de manera significativa en la sobrevivencia y el crecimiento de los fragmentos, reduciendo la mortalidad ocasionada por la competencia de espacio y la depredación y/o colonización de organismos epibiontes.

En relación con la viabilidad económica de cada estructura, las de tipo tendadero fueron más accesibles al igual que las estructuras de Zárate-Arévalo et al. (2019). Cabe señalar que ambas estructuras utilizadas para este estudio fueron modificadas y no son originales de los autores mencionados anteriormente, aun así, no hubo tanta diferencia en comparación con la estructura de tipo fijo con respecto a los materiales que se necesitaban para su construcción y mantenimiento, ya que, además de conseguir estos materiales, también estaba el tema de la adhesión de los fragmentos a las estructuras, utilizando la mezcla del cemento hidráulico con sus respectivos materiales.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento

legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Yessenia Gonzales y a sus estudiantes de la Universidad Marítima Internacional de Panamá por el apoyo financiero, logístico y de transporte gracias al proyecto I-FACIMAR-011, también a René Gómez, junto a Scuba Panamá que fueron de mucha ayuda en el transporte marítimo y aporte en los equipos de buceo, además de la empresa Doit Center por donar los materiales para la construcción de las estructuras.

REFERENCIAS

- Bowden-Kerby, A. (2001). Low-tech coral reef restoration methods modeled after fragmentation process. *Bulletin of Marine Science*, 69, 915–931.
- Bruckner, A. W. (2002). *Taller de Procedimientos de la Acropora del Caribe: Aplicación Potencial de la Ley de Especies en Peligro de Extinción de EE.UU. como una estrategia de conservación* [Memorando Técnico NOAA NMFS-OPR-24]. NOAA.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2011). *Fichas de especies prioritarias. Coral Cuerno de Alce y Coral Cuerno de Ciervo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Drury, C., & Lirman, D. (2017). Making biodiversity work for coral reef restoration. *Biodiversity*, 18(1), 23–25.
- Edwards, A. (2010). *Reef rehabilitation manual*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management.
- Edwards, A., & Gómez, E. (2007). *Reef restoration: concepts and guidelines*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building For Management.
- Grimsditch, G. D., & Salm, R. V. (2006). *Resiliencia de los Arrecifes de Coral y resistencia al blanqueamiento*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Herlan, J., & Lirman, D. (2008). Development of a coral nursery program for the threatened coral *Acropora cervicornis* in Florida. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, 24, 1244–1247.
- Hughes, T. P., Baird, H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg,

- O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nyström, M., Palummi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B., & Roughgarden, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, 301(5634), 929–933.
- Johnson, M. E., Lusic, C., Bartels, E., Baums, I., Gilliam, D. S., Larson, L., Lirman, D., Miller, M. W., Nedimyer, K., & Schopmeyer, S. (2011). *Guía de Restauración de Acropora del Caribe*. The Nature Conservancy.
- O'Donnell, K. E., Lohr, K. E., Bartels, E., & Patterson, J. T. (2017). Evaluation of staghorn coral (*Acropora cervicornis*, Lamarck 1816) production techniques in an ocean-based nursery with consideration of coral genotype. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 487, 53–58.
- Opel, A. H., Cavanaugh, C. M., Rotjan, R. D., & Nelson, J. P. (2017). The effect of coral restoration on Caribbean reef fish communities. *Marine Biology*, 164(12), 221.
- Pickering, H., Whitmarsh, D., & Jensen, A. (1999). Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. *Marine Pollution Bulletin*, 37, 505–514.
- Quinn, N., & Kojis, B. (2006). Evaluating the potential of natural reproduction and artificial techniques to increase *Acropora cervicornis* populations at Discovery Bay, Jamaica. *Revista de Biología Tropical*, 54, 105–116.
- Rinkevich, B. (2014). Rebuilding coral reefs: does active reef restoration lead to sustainable reefs?. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 28–36.
- Rinkevich, B. (2000). Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using a small branch fragment. *Marine Biology*, 136, 807–812.
- Shafir, S., J. van Rijn, J., & Rinkevich, B. (2006). Steps in the construction of underwater coral nursery, an essential component in reef restoration acts. *Marine Biology*, 149, 679–687.
- Torres, J. A., Armstrong, R. A., Corredor, J. E., & Gilbes, F. (2007). Physiological responses of *Acropora cervicornis* to increased solar irradiance. *Photochemistry and Photobiology*, 83, 839–850.
- Young, C., Schopmeyer, S., & Lirman, D. (2012). A review of reef restoration and coral propagation using the threatened genus *Acropora* in the Caribbean and Western Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 88(4), 1075–1098.
- Zárate-Arévalo, J. C., Jáuregui-Romero, G. A., & Rojas Ruíz, J. A. (2019). Evaluación de morfotipos de coral *Acropora cervicornis* en guarderías colgantes para restauración. *Revista Mutis*, 9(1), 9–19. <https://doi.org/10.21789/22561498.1452>.