

Rehabilitación de la cobertura de corales del género *Pocillopora* (Lamarck 1816) usando una técnica adaptada a hábitats rocosos sublitorales

Antonieta Gina Figueroa-Camacho✉ y Héctor Nava

Laboratorio de Biodiversidad Marina. Departamento de Zoología. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Resumen

Los arrecifes coralinos son ecosistemas que han sufrido un continuo deterioro por los efectos del cambio climático y los impactos de origen antropogénico. Estas condiciones comprometen su recuperación de manera natural, por lo que se requiere de medidas de restauración activa que ayuden a recuperar la mayor parte del ecosistema o al menos reparar parcialmente su estructura, conocida esta última como rehabilitación, centrada en recuperar un grupo específico como son los corales. En este sentido, la presente investigación estudió la efectividad de una técnica de rehabilitación de la cobertura de coral vivo en comunidades coralinas altamente deterioradas. En este caso, la aplicación y seguimiento de la técnica se realizó en la comunidad coralina de Playa Las Gatas, en Zihuatanejo Guerrero, un sitio con una alta cobertura de roca (57%). La técnica consistió en trasplantar fragmentos recientemente desprendidos de colonias de corales del género *Pocillopora*, utilizando mallas metálicas de construcción como medio de fijación al sustrato rocoso. A lo largo de un año se registró el porcentaje de fijación y supervivencia. A partir de los primeros tres meses se registró un alto porcentaje de fijación ($77.7 \pm 11.9\%$) que alcanzó su máximo a partir de los nueve meses ($98 \pm 4\%$). La supervivencia se mantuvo estable durante los primeros cuatro meses ($99 \pm 2\%$) y únicamente al final del estudio se observó un decremento importante ($90.9 \pm 6.4\%$), posiblemente debido al anclaje de embarcaciones en el sitio. Nuestros resultados muestran que la efectividad de la técnica es superior a otras estrategias empleadas en arrecifes de otras partes del mundo y sostienen que el uso de esta técnica promueve la supervivencia de trasplantes de coral en comunidades coralinas altamente deterioradas, en las que el sustrato rocoso es el principal elemento disponible para su fijación. Otra ventaja de la técnica es su bajo costo y fácil manejo.

Palabras clave: trasplantes, rehabilitación, *Pocillopora*, fijación, supervivencia.

Abstract

Coral reefs are ecosystems that have suffered a continuous deterioration from the effects of climate change and anthropogenic impacts. These conditions compromise their natural recovery, thus, it requires active restoration measures that will help recover most of the ecosystem, or at least partially reconstruct their structure, the former is known as rehabilitation, focused on recovering a specific group such as the corals. In this regard, this research aimed to study the effectiveness of a live coral cover rehabilitation technique in heavily damaged coral communities. In this case, the implementation and monitoring of the technique was performed on the reef of Playa Las Gatas, Zihuatanejo Guerrero a site with a high coverage of rock (57%). The technique consisted in transplanting recently detached fragments of pocilloporid coral colonies, using steel wire meshes as a means of fastening to the rocky substrate. Over a year the percentage of survival and fastening was registered. From the first three months, a high percentage of fastening ($77.7 \pm 11.9\%$) was registered. Reaching its peak after nine months ($98 \pm 4\%$). Survival was stable during the first four months ($99 \pm 2\%$) and only at the end of the study a decrease ($90.9 \pm 6.4\%$) was observed, possibly due to boat anchoring at the site. Our results show that the effectiveness of the technique is superior to other strategies employed in reefs around the world, and holds that the use of construction meshes as fasteners promotes the survival of transplants in highly degraded coral reef communities, where rocky substrate is available as fastening element. More observed advantages are their low cost and ease of handling.

Key words: transplant, rehabilitation, *Pocillopora*, fastening, survival.

Introducción

Los arrecifes coralinos son ecosistemas de gran importancia ecológica y económica, ya que albergan alrededor del 25% de las especies marinas, las cuales utilizan estas estructuras como zona de refugio y de alimentación (Birkeland, 1997; Spalding *et al.*, 2001; Carballo *et al.*, 2010). Además, proveen servicios ambientales como es la protección contra el embate del oleaje funcionando como trampas de sedimentos y nutrientes (Cesar, 2000; Ruiz-Zárate *et al.*, 2003). Entre los beneficios económicos generados por los arrecifes coralinos, se cuenta con las ganancias proporcionadas por el turismo

recreativo y las actividades pesqueras (Carballo *et al.*, 2010). Además, estos ecosistemas contribuyen a la fijación global de Nitrógeno y a la regulación climática con la asimilación de CO_2 y control de Ca (Cesar, 2000). No obstante, estos ecosistemas han venido sufriendo un continuo deterioro por las alteraciones de origen antropogénico, así como por los impactos producidos por los efectos del cambio climático en fenómenos como El Niño, que ha generado la pérdida de hasta un 20% de los arrecifes coralinos del mundo en los últimos 10 años, sin mencionar que el 60% restante podría desaparecer en las siguientes décadas a consecuencia del cambio climático (Buddemeier *et al.*, 2004; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007; Carballo *et al.*, 2010).

Ante este escenario, los arrecifes coralinos están constantemente expuestos a perturbaciones que

✉ **Autor de correspondencia:** Antonieta Gina Figueroa Camacho. Av. San Juanito Itzicuaro s/n. Colonia Nueva Esperanza. C.P. 58337. Morelia Michoacán, México. email: welling_93@hotmail.com

comprometen la recuperación natural de las estructuras arrecifales tras estos impactos, por lo que se requiere de medidas de restauración arrecifal activa que ayuden a recuperar ya sea la mayor parte de la comunidad coralina o reparar parcialmente su estructura, conocida esta última como rehabilitación, en la cual las acciones únicamente se centran en recuperar un grupo en específico, como es el caso de los corales (Primack y Massardo, 2001; Edwards y Gómez, 2007; Pizarro *et al.*, 2012). En los ecosistemas coralinos se han utilizado diversas técnicas de rehabilitación. Una muy común consiste en el uso de trasplantes con fragmentos de coral producidos en guarderías de coral o granjas (Ferse, 2010). La utilización de sustratos que sean resistentes a la corrosión marina ha tenido mucha relevancia, pues la mortalidad de los trasplantes se ha atribuido a la desintegración de los sustratos empleados en algunos casos madera o bambú. De igual manera, también se ha podido observar que los sitios expuestos a fuertes corrientes y olas provocan el desprendimiento de los trasplantes, además de que les genera un gasto energético considerable, para mantenerse fijos al sustrato (Edwards y Gómez, 2007; Ferse, 2010).

Algunas técnicas empleadas en experimentos de restauración consisten en emplear conglomerados de coral, los cuales son insertados entre las grietas del arrecife o dejados sobre el lecho arenoso (Liñán-Cabello *et al.*, 2011). El anclaje de fragmentos de coral a varillas de metal que se clavan en la roca del arrecife también ha sido empleado (García y Nava, 2006). En otro de los casos se utilizan soluciones adherentes, las cuales se ha observado que son ideales para restaurar áreas de arrecifes donde la matriz calcárea ha quedado desprovista de corales vivos (Liñán-Cabello *et al.*, 2011).

Dichas técnicas deben de implementarse de acuerdo a las condiciones del sitio que se desea rehabilitar. En el caso del presente trabajo, Playa Las Gatas es un sitio que ha sido dañado por el impacto del turismo, lo cual ha generado la pérdida de la mayor parte de la estructura arrecifal y ha originado que la cobertura coralina consista principalmente en colonias de coral creciendo dispersos sobre las rocas, así como fragmentos vivos desprendidos de estas colonias. Por lo cual se tuvo como objetivo implementar una técnica de rehabilitación que fuera idónea para el sitio, además de ser de bajo costo y de fácil manejo. Esta técnica aprovecha las condiciones del lugar, y utiliza como trasplantes los fragmentos de coral desprendidos de las colonias ancladas al sustrato, que debido a su condición reciente de fragmentación, se espera que su capacidad de regeneración contribuya a la fijación rápida en el sustrato y por ende a su éxito de supervivencia.

Materiales y métodos

Área de estudio

La comunidad coralina de Playa Las Gatas se ubica en el polígono de 17° 37' 19.7'' N, 101° 33' 10.5'' O. Se encuentra ubicada en el extremo sureste de la Bahía de Zihuatanejo, Guerrero (**Figura 1**). Las condiciones de temperatura en el lugar fluctúan desde 27 °C durante el invierno hasta 30 °C durante los meses cálidos de verano. Las condiciones de sedimentación rondan los $0.48 \pm 0.19 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, la transparencia vertical de la columna de agua los $3.71 \pm 0.7 \text{ m}$, la concentración de clorofila ha sido registrada en $1.82 \pm 0.86 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y la concentración de sólidos totales en $18.74 \pm 11.57 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Nava *et al.*, 2013). Esta localidad alberga una comunidad coralina compuesta principalmente por colonias

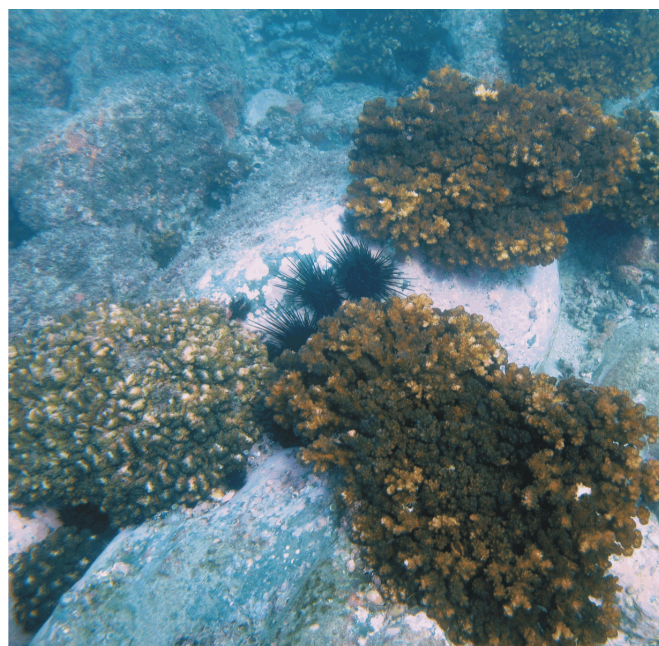
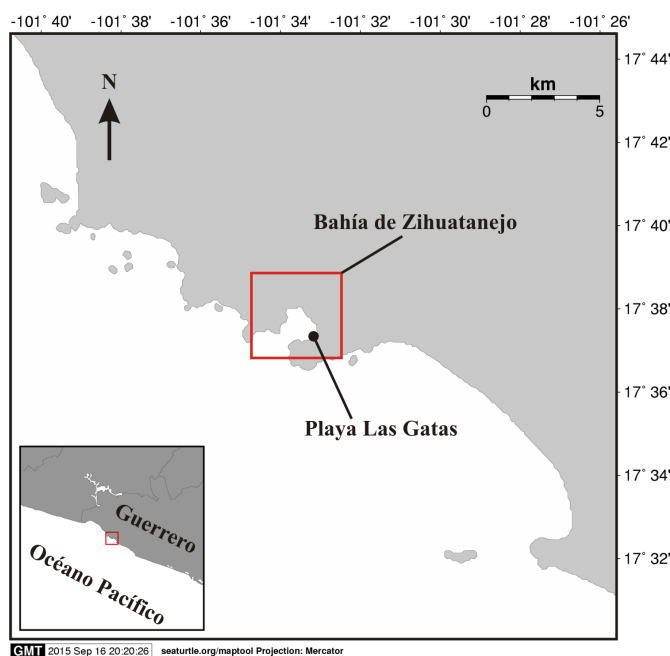


Figura 1. a) Localización de la comunidad coralina de Playa Las Gatas. **b)** Detalle de las características del hábitat en el área de estudio.

de *Pocillopora verrucosa*, *P. damicornis* y *P. capitata*, aunque también se encuentra presente el coral incrustante *Pavona gigantea*. Históricamente esta localidad albergó un parche arrecifal que actualmente se encuentra en un estado de deterioro considerable, posiblemente a causa del turismo y el desarrollo urbano que se ha intensificado a lo largo de las últimas tres décadas. Actualmente, la cobertura de coral vivo se distribuye a profundidades que oscilan entre los tres y los seis metros y se encuentra reducida a colonias coralinas dispersas sobre un sustrato rocoso compuesto de cantos rodados de hasta 1.5 m de diámetro alternados con parches arenosos y de escombros coralino.

Trasplante de fragmentos de coral

La rehabilitación de coral fue iniciada en la época de estiaje, debido a que en esta época las condiciones de poca energía del oleaje hacen que el ambiente sea más estable (Noviembre del 2012). El material biológico para los trasplantes se obtuvo de fragmentos de corales del género *Pocillopora* de al menos 10 cm de longitud que fueron desprendidos de las colonias ancladas por causas naturales. Estos fragmentos, al desprenderse de la estructura original tienen poca probabilidad de sobrevivir, debido a que suelen ser enterrados en el sedimento. No obstante, mientras tengan tejido vivo son ideales para ser utilizados como trasplantes (Edwards y Gómez, 2007).

Los fragmentos de corales fueron sujetos a mallas metálicas usadas para la construcción, de 60 cm por lado con divisiones cuadrangulares de 15 cm, las cuales fueron atadas a las rocas con cable de 3 mm de grosor y se etiquetaron con números ordinarios en cada una de las extremos para hacer más fácil su identificación (**fig. 2a**). En total se colocaron 5 mallas y en cada una de ellas fueron sujetados 25 fragmentos de coral usando bridas de plástico, cuidando que la mayor parte del tejido vivo de los fragmentos hiciera contacto con el sustrato. Para evaluar la efectividad de la técnica se tomaron en cuenta los siguientes parámetros

tomados cada 2 o 3 meses, a lo largo de un año: (i) El porcentaje de fijación al sustrato se registró considerando los 25 trasplantes fusionados a la roca como el 100%; (ii) El porcentaje de supervivencia, cuantificando los trasplantes vivos que aun permanecieron fijos al sustrato, considerando los 25 fragmentos iniciales como el 100%.

Análisis de los datos

El éxito de fijación, así como la supervivencia de los trasplantes a lo largo del periodo de estudio fue analizado para comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Prueba de Sokal y Rohlf, 1981). En el caso de los que no cumplieron estos requisitos, los datos fueron transformados usando la raíz cuarta (Field *et al.*, 1982). La variación temporal del porcentaje de fijación y de la supervivencia de los trasplantes fueron analizadas por separado usando un Análisis de la Varianza (ANOVA) de una vía de medidas repetidas, en la que el factor de repetición fueron los periodos de muestreo y el factor independiente fue cada parámetro medido en el tratamiento (porcentaje de fijación y supervivencia).

Resultados

Porcentaje de fijación al sustrato y supervivencia de los trasplantes

De acuerdo al análisis de varianza, el porcentaje de fijación en los fragmentos registrado durante el primer bimestre mostró diferencias significativas ($F= 48.41$, $P < 0.005$) respecto a los meses consecutivos. El porcentaje de fijación alcanzó un $19.7 \pm 14.9\%$ a los dos meses, teniendo un aumento importante a partir de los cuatro meses que llegó a un $77.7 \pm 11.9\%$ y a partir de los 9 meses alcanzó hasta un $98 \pm 4\%$ de fijación al sustrato (**fig. 3**). El porcentaje de supervivencia se mantuvo alto desde el principio, y durante el experimento el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($F= 2.28$, $P < 0.005$), sin embargo el porcentaje de supervivencia entre los

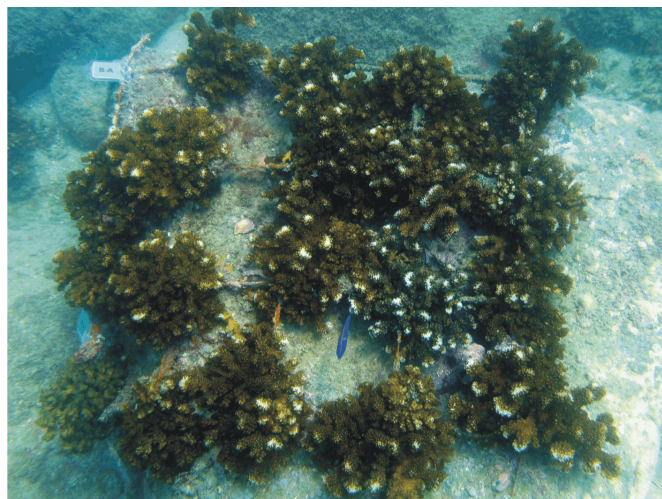
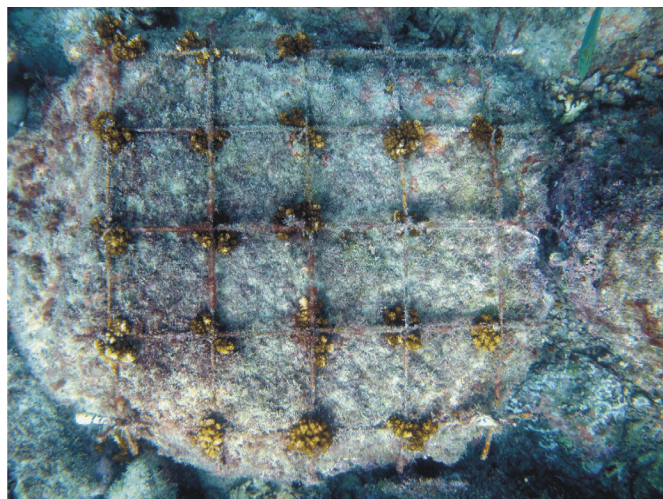


Figura 2. Detalle de las técnicas de muestreo. a) Fragmentos de coral sujetos a mallas metálicas al inicio del experimento de rehabilitación y **b)** crecimiento final de los fragmentos de coral al final del estudio.

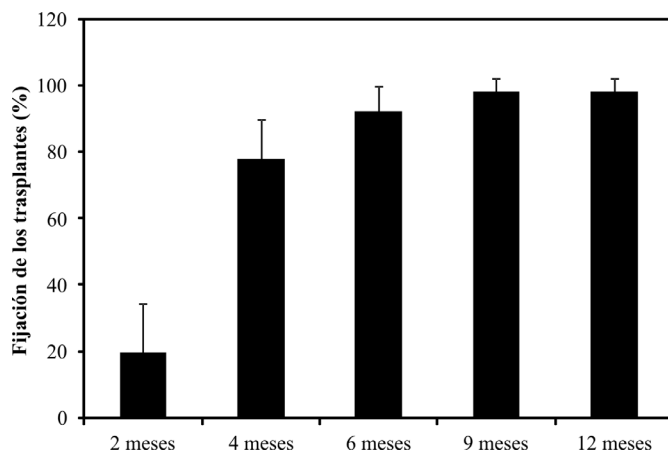


Figura 3. Porcentaje de fijación promedio de los fragmentos colocados al inicio de la temporada de estiaje, a los 2 meses, 4 meses, 6 meses, 9 meses y 12 meses (noviembre del 2012 a noviembre del 2013). Las barras verticales sobre las columnas indican la desviación estándar.

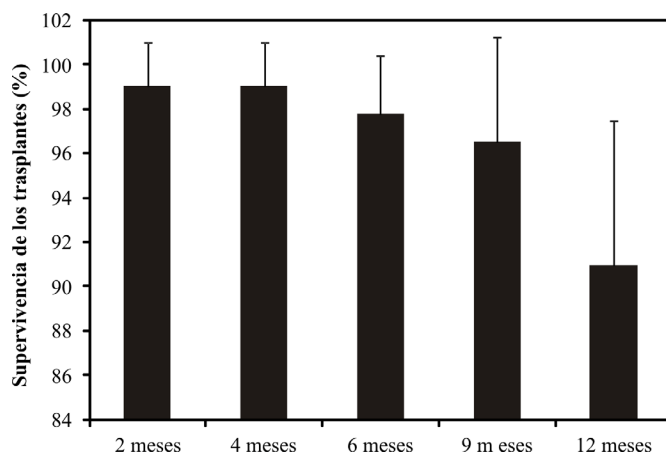


Figura 4. Porcentaje de supervivencia promedio de los fragmentos colocados al inicio de la temporada de estiaje, a los 2 meses, 4 meses, 6 meses, 9 meses y 12 meses (noviembre del 2012 a noviembre del 2013). Las barras verticales sobre las columnas indican la desviación estándar.

registros del primer y último muestreo, varió de un $99 \pm 2\%$ a un $90.9 \pm 6.4\%$ respectivamente (**figura 4**).

Durante el inicio del experimento, las mallas de metal utilizadas para la fijación de los trasplantes mostraron ser un material efectivo para sujetar firmemente los trasplantes contra el sustrato. Su maleabilidad permitió adaptarlas fácilmente a la superficie de la roca, siendo además lo suficientemente resistentes ante el embate de las corrientes. Otra característica notable fue que su paulatina desintegración permitió liberar a los corales y a la roca de ese material, pues al cabo de un año las mallas metálicas prácticamente se desintegraron en su totalidad. Al término de este plazo, los trasplantes lograron fijarse a la roca y su crecimiento fue lo bastante considerable para que se fusionaran unos con otros, cubriendo la mayor parte del sustrato rocoso (**figura 2b**).

Discusión

El continuo deterioro de los ecosistemas arrecifales ha propiciado la pérdida parcial o total de la cobertura de coral vivo en distintas localidades alrededor del mundo debido a los efectos directos del impacto antropogénico y por fenómenos globales relacionados con el cambio climático (Carriquiry *et al.*, 2001; Buddemeier *et al.*, 2004; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007; Carballo *et al.*, 2010; Nava y Ramírez-Herrera, 2012). Esto hace que cada vez sea más urgente implementar medidas de rehabilitación para la recuperación de estos ecosistemas. En el presente estudio la técnica de rehabilitación propuesta es novedosa y a diferencia de estudios anteriores (Yeemin *et al.*, 2006; Liñán-Cabello *et al.*, 2011) su estrategia fue mantener estables los fragmentos hasta que se produjo su fijación. En general, se obtuvieron resultados favorables a partir del trasplante de 125 fragmentos pertenecientes a tres especies de coral: *Pocillopora verrucosa*, *Pocillopora capitata* y *Pocillopora damicornis*. A partir de los primeros cuatro meses se pudo observar que una alta proporción de los trasplantes se fijaron

al sustrato, alcanzando un porcentaje del $77.7 \pm 11.9\%$, que incrementó hasta un $98 \pm 4\%$ al cabo de un año. En estudios hechos en corales ramificados se ha encontrado que el periodo de fijación de los corales al sustrato se da entre los primeros 3 o 4 meses (Guzmán, 1991). Por lo general ha sido observado que las especies de coral que tienden a fragmentarse poseen tasas más altas de crecimiento, además de que parecen fijarse más rápidamente al sustrato (García *et al.*, 1996). En el presente estudio, el éxito de fijación de los fragmentos pudo deberse a que al poseer menor tamaño ofrecieron menos resistencia al agua, lo cual pudo reducir su movimiento y favorecer su anclaje al sustrato (Liñán-Cabello *et al.*, 2011). Este es un factor crítico que puede determinar el éxito de su supervivencia, ya que del porcentaje de fijación inicial depende que los corales puedan contener con los cambios ambientales estacionales en el sitio, pues una vez fijados al sustrato son menos susceptibles a ser desprendidos por las corrientes. Esto puede otorgarles una ventaja de manera que puedan invertir su energía en su crecimiento y supervivencia.

Dado que también se obtuvo un porcentaje de supervivencia alto, se puede inferir que la técnica empleada es altamente efectiva, pues la supervivencia se mantuvo cercana al 100% durante todo el estudio. Es importante mencionar que durante el monitoreo realizado al cabo de un año de haber comenzado el experimento se registró un decremento súbito en la supervivencia que llegó a un $90.9 \pm 6.4\%$. Esta disminución en el porcentaje de supervivencia se debió a la destrucción aparentemente selectiva de algunas mallas, posiblemente a consecuencia del anclaje de embarcaciones. En este sentido, es importante controlar este tipo de impactos, que podrían tener una gran influencia en los resultados finales de este tipo de iniciativas, por lo que deben considerarse durante la planeación, para asegurar el éxito de los trasplantes. El porcentaje de supervivencia alcanzado en este estudio es alto comparado con los resultados alcanzados en otros

arrecifes (García *et al.*, 1996; Rojas *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2011). Un ejemplo de caso se ha documentado en el Caribe Colombiano, donde se utilizaron cuatro tratamientos para la rehabilitación de la cobertura de corales vivos (García *et al.*, 1996). El primer tratamiento consistió en atar los fragmentos de coral vivos a sustrato de coral muerto usando pita como material de sujeción. Este alcanzó un porcentaje de supervivencia del 30% en un término de tres meses, reduciéndose hasta llegar a un 0% al quinto mes. En el tercer tratamiento los fragmentos se ataron también a corales muertos usando pita como material de sujeción, pero en este caso los trasplantes provinieron de un arrecife diferente. Los resultados de este tratamiento fueron una supervivencia del 40% a los tres meses y de 0% al séptimo mes. En el cuarto tratamiento se ataron fragmentos de coral a estacas de madera sobre el sustrato arenoso, alcanzando una supervivencia del 0% a partir de los dos primeros meses. El tratamiento que se consideró el más exitoso fue en el que se hizo uso de cemento epóxico para la fijación de los trasplantes al sustrato. Con ello se registró una supervivencia de 90% al mes de haber sido trasplantados, 80% a los dos meses y 70% a los tres meses. En otro estudio realizado con trasplantes de *Porites rus* y *Porites cylindrica* (Rojas *et al.*, 2008) se obtuvo una supervivencia del 93.3% y del 23.3% a los 18 meses de ser trasplantados, respectivamente. En este caso, en ambas especies se hizo uso de cemento epóxico para su fijación. Otra técnica utilizada, que intentó promover asentamiento de trasplantes de corales del género *Acropora* en placas de rejilla de plástico (Suzuki *et al.*, 2011), ha registrado un porcentaje de supervivencia relativamente bajo, alcanzando sólo un 14% a los seis meses. Esto hace pensar que la estabilidad proporcionada por los materiales de sujeción es importante en los primeros estadios del trasplante. En este sentido, el material de metal usado en el presente estudio tiene la ventaja de ser bastante resistente al embate mecánico por la corriente y el oleaje, además de que gradualmente se va desintegrando, dejando a los trasplantes fijados al sustrato rocoso, los cuales eventualmente generarán colonias de coral. De acuerdo a los resultados de este estudio, también se puede sugerir la temporada de estiaje como apta para iniciar proyectos de rehabilitación de este tipo, pues permite que los trasplantes permanezcan estables el tiempo suficiente para fijarse al sustrato. Con respecto al tipo de trasplantes, los fragmentos de coral vivo mostraron ser muy efectivos para ser usados en estas iniciativas de rehabilitación, ya que son fáciles de manipular y por su reducido tamaño no ofrecen resistencia al agua, lo cual contribuye a que se fijen más rápido al sustrato aumentando así sus posibilidades de supervivencia.

Agradecimientos

Los autores reconocen el financiamiento obtenido de los proyectos de investigación PROMEP UMSNH-PTC-338 y SEP-CONACYT de Ciencia Básica no. 177537 y al apoyo recibido por parte de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se agradece al M. en C. Carlos Federico Candelaria Silva y la Dra.

Norma López por su asistencia logística durante las fases iniciales del proyecto.

Referencias

- Edwards AJ, Gómez ED** (2007) *Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Programme: St Lucia, Australia. iv + 38 p.
- Birkeland C** (1997) *Geographic differences in ecological processes on coral reefs*, in: *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman and Hall, New York, 536 p.
- Buddemeier RW, Kleypas JA y Aronson RB** (2004) *Coral reefs and global climate change: potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems*. Pew Center for Global Climate Change. 56 p.
- Carballo JL, Bautista-Guerrero E, Nava H y Cruz-Barraza JA** (2010) Cambio climático y ecosistemas costeros, Bases fundamentales para la conservación de los arrecifes de coral del Pacífico este. In A Hernández-Zanuy, PM Alcolado (eds), *La Biodiversidad en Ecosistemas Marinos y Costeros del Litoral de Iberoamérica y el Cambio Climático: I*. Red Cyted Biodivmar, La Habana, pp 183-193.
- Carriquiry JD, Cupul-Magaña AL, Rodríguez-Zaragoza F y Medina-Rosas P** (2001) Coral bleaching and mortality in the Mexican Pacific during the 1997-98 El Niño and prediction from a remote sensing approach. *Bulletin of Marine Science*. 69(1): 237-249.
- Cesar SJ** (2000) Coral reefs: Their functions threats and economic value. Collected Essays on the Economics of Coral Reefs. In HSJ Cesar (ed), *Collected Essays on the Economics of Coral Reefs*, Kalmar, Sweden: CORDIO. 26 p.
- Ferse SC** (2010) Poor performance of corals transplanted onto substrates of short durability. *Restoration Ecology* 18(4): 399-407
- Field JG, Clarke KR, Warwick RM** (1982) A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*. 8: 37-52.
- García M y Nava G** (2006) *Técnicas de Restauración y Monitoreo en Arrecifes Coralinos*. OCEANUS, CONANP, Mexico, 28 p.
- García R, Alvarado EM, Acosta A** (1996) Crecimiento del coral *Acropora palmata* (Lamarck, 1886) en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 25: 7-18.
- Guzmán H** (1991) Restoration of coral reefs in Pacific Costa Rica. *Conservation Biology* 5 (2): 189-195.
- Hoegh-Guldberg O, Mumby PJ, Hooten AJ, Steneck RS, Greenfield P, Gomez E, Harvell CD, Sale PF, Edwards AJ, Caldeira K, Knowlton N, Eakin M, Iglesias-Prieto R, Muthiga N, Bradbury RH, Dubi A y Hatzioiols ME** (2007) Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318: 1737-1742.
- Liñán-Cabello MA, Flores-Ramírez LA, Laurel-Sandoval MA, García-Mendoza E, Soriano-Santiago O, Delgadillo-Nuño MA** (2011) Acclimation in *Pocillopora* spp. during a coral restoration program in Carrizalez Bay, Colima, México. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 44: 61-72

- Nava H y Ramírez-Herrera MT** (2012) Land use changes and impact on coral communities along the Central Pacific coast of Mexico. *Environmental Earth Sciences*. 65: 1095–1104.
- Nava H, Ramírez-Herrera MT, Figueroa-Camacho AG, Villegas-Sánchez BM** (2013) Habitat characteristics and environmental factors related to boring sponge assemblages on coral reefs near populated coastal areas on the Mexican Eastern Pacific coast. *Marine Biodiversity*. 44: 45-54.
- Pizarro JC, Anderson CB, Rozzi R** (2012) Birds as marine-terrestrial linkages in sub-polar archipelagic systems: avian community composition, function and seasonal dynamics in the Cape Horn Biosphere Reserve, (54-55°S), Chile. *Polar Biology*. 35: 39-51.
- Primack R y Massardo** (2001) Restauración ecológica. En R Primack (ed), *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México. pp 559-582.
- Rojas PT, Raymundo LJ, Myers RL** (2008) *Coral transplants as rubble stabilizers: a technique to rehabilitate damaged reefs*. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008 Session number 24
- Ruiz-Zárate MA, Hernández-Arana H, Jorgensen P** (2003) *La importancia de los arrecifes*. Consejo Consultivo Nacional Científico y Técnico de los arrecifes Coralinos de México. Humberto Baena. De Nuestro Pozo. Ecofronteras, pp 1-4.
- SEATURTLE.ORG Maptool** (2002) *SEATURTLE.ORG, Inc.* <http://www.seaturtle.org/maptool/> (16 de septiembre del 2015)
- Sokal RR y Rohlf FJ** (1981) *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 2nd edition. W.H. Freeman: San Francisco.
- Spalding MD, Ravilious C y Green EP** (2001) *World atlas of coral reefs*. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- Suzuki G, Kai S, Yamashita H, Suzuki K, Iehisa Y, Hayashibara T** (2011) Narrower grid structure of artificial reef enhances initial survival of in situ settled coral. *Marine Pollution Bulletin* 62: 2803–2812.
- Yeemin T, Sutthacheep M, Pettongma R** (2006) Coral reef restoration projects in Thailand. *Ocean & Coastal Management*. 49: 562-575.