

<https://doi.org/10.15517/rdhw1j23>

## Restauración de *Porites lobata* (Scleractinia: Poritidae) después del evento global de blanqueamiento de 2023 en El Salvador

José Enrique Barraza-Sandoval<sup>1\*</sup>;  <https://orcid.org/0000-0001-6804-5617>

1. Dirección de Ecosistemas y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador; jose.barraza@ambiente.gob.sv (\*Correspondencia)

Received 01-XI-2025. Corrected 22-IV-2026. Accepted 24-IV-2026.

### ABSTRACT

#### Restoration of *Porites lobata* (Scleractinia: Poritidae) after the 2023 global bleaching event in El Salvador

**Introduction:** The global bleaching of stony corals in 2023–2024 affected the intertidal and subtidal colonies of *P. lobata*, allowing macroalgal invasions on their surface.

**Objective:** To share the evolution of the bleaching event in *P. lobata*, as well as to summarize monitoring and restoration activities carried out by the Ministry of Environment and Natural Resources.

**Methods:** Monitoring was carried out using photographs of *P. lobata* mounds in an intertidal and subtidal zone (< 3 m) from late 2022 to the present. Their condition was recorded, including levels of bleaching and the presence of invasive algae on their surface. These intertidal fronds near Punta Remedios were initially removed with towels every two weeks, but the algae quickly recolonized. Subsequently, wire brushes were used.

**Results:** A severe bleaching event was recorded in intertidal colonies of *P. lobata* in April 2023. All subtidal colonies showed bleaching from approximately November onward, with significant macroalgal invasions. Removing the algae with small towels was ineffective due to rapid recolonization. The use of brushes showed some stability in surviving colonies larger than 20 cm in diameter. A similar situation was also observed in subtidal mounds from November 2023, which, until May 2025, exhibited bleached surface tissues with macroalgae on their surfaces.

**Conclusions:** A strong bleaching event of *P. lobata* was described, followed by colonization by macroalgae and turf, as well as restoration activities.

**Key words:** algae; bleaching; coral; Los Cobanos; restoration.

### RESUMEN

**Introducción:** El blanqueamiento global de corales pétreos de 2023–2024 afectó a las colonias intermareales y submareales de *P. lobata*, propiciando invasiones de macroalgas sobre su superficie.

**Objetivos:** Divulgar la evolución del evento de blanqueamiento en *P. lobata*, así como, resumir actividades de monitoreo y restauración realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Métodos:** Se realizaron monitoreos mediante fotografías de montículos de *P. lobata* en una franja intermareal y una submareal (< 3m) desde finales de 2022 a la fecha, en los que se registraron los niveles de blanqueamiento y presencia de algas invasoras en su superficie. Estas frondas aledañas a Punta Remedios fueron removidas con toallas en un primer intento con frecuencia quincenal, pero las algas recolonizaron rápidamente. Posteriormente se utilizaron cepillos con alambre metálico.



**Resultados:** Se registró un evento fuerte de blanqueamiento en colonias intermareales de *P. lobata* en abril de 2023. Todas las colonias submareales presentaron blanqueamiento desde noviembre aproximadamente con importantes invasiones de macroalgas. La eliminación de las algas con toallas pequeñas no funcionó por la rápida recolonización. El uso de cepillos ha reflejado cierta estabilidad en colonias sobrevivientes de más de 20 cm de diámetro. También se detectó similar situación en los montículos submareales desde noviembre de 2023, que hasta mayo de 2025 presentaron tejidos superficiales blanqueados con macroalgas en sus superficies.

**Conclusiones:** Se describió un evento fuerte de blanqueamiento de *P. lobata*, seguido de colonización de macroalgas y turf, así como actividades de restauración.

**Palabras clave:** macroalgas, blanqueamiento coralino, Los Cóbanos, restauración coralina.

## INTRODUCCIÓN

Recientemente han ocurrido cuatro eventos globales de blanqueamiento de corales, el tercer y cuarto blanqueamiento de corales pétreos con incidencia mundial ocurrieron en los períodos 2014–2017 y 2023–2024, respectivamente (Reimer et al., 2024). Estos eventos ocurren cuando el coral expulsa a las zooxantelas simbiotas por alguna situación estresante (Won & Liva, 2023).

El único coral pétreo relativamente común en el área natural protegida y sitio Ramsar Complejo Los Cóbanos, El Salvador, es *Porites lobata* Dana, 1846 (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003). Esta especie que generalmente se ubica desde la zona intermareal hasta los tres metros de profundidad, ha experimentado varios eventos de blanqueamiento causados por florecimiento algal nocivo y en la mayoría de los casos posiblemente por condiciones oceanográficas y meteorológicas que incrementan la temperatura del agua y la radiación solar (Barraza, 2023).

La pérdida de corales pétreos ha generado iniciativas mundiales de restauración que trascienden los esfuerzos tradicionales de conservación de especies e incluyen las siguientes actividades con diferentes variantes: traslado de colonias o fragmentos de coral hacia otra zona o hacia un vivero para ser reubicado posteriormente en un área específica; colocación de fragmentos de “viveros” o recién recolectados en estructuras bajo el mar destinadas a crecimiento para posteriormente reubicarlos

(Boström-Einarsson et al., 2020; Vargas-Ugalde et al., 2020).

Existen muchos esfuerzos en diferentes partes del mundo donde se ha experimentado la reubicación inmediata de fragmentos de coral de corales pétreos, particularmente especies del género *Pocillopora* como una medida de restauración ante su pérdida en islas Maldivas (Pancrazi et al., 2023), Pacífico de México (Nava et al., 2023; Martínez-Castillo et al., 2023; Tortolero-Langarica et al., 2014) y Costa Rica (Chomitz et al., 2023; Palou-Zúniga et al., 2023). La reubicación (trasplante) y la respectiva sobrevivencia de fragmentos o domos del coral masivo *Porites* ha reflejado diferentes niveles de complejidad debido a su morfología, en diferentes partes del mundo (Knapp et al., 2022; McLeod et al., 2022; Titlyanov & Titlyanova, 2009). Otro esfuerzo ha incluido la remoción física del alga *Kappaphycus alvarezii* de corales en la India, con resultados contradictorios, mostrando un incremento en la recolonización de esa especie, pérdida de coral y también la disminución de la cobertura de algas nativas (Kamalakaran et al., 2014).

Algunas de las causas de la degradación de corales a nivel mundial incluyen el cambio climático, pesca no sostenible, contaminación, desarrollo costero, blanqueamiento y enfermedades (Bayraktarov et al., 2020). El blanqueamiento se refleja cuando una gran cobertura de colonias de coral pétreo palidece rápidamente debido a la pérdida de sus algas endosimbiotas ante ondas cálidas en el mar que puede conducir a la muerte, si no se asegura

una fuente energética alternativa (Suggett & Smith, 2019). Sumado al blanqueamiento, también las macroalgas incrementan su cobertura en arrecifes de coral degradados debido a diferentes estresores y alteraciones ambientales (Ceccarelli et al., 2018; Ceccarelli et al., 2020; Smith et al., 2022).

Este manuscrito pretende divulgar la evolución del evento de blanqueamiento en *P. lobata*, así como, resumir los esfuerzos técnicos realizados de monitoreo y restauración por funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en El Salvador ante el fuerte evento de blanqueamiento de 2023.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** el área natural protegida (ANP) y humedal Ramsar Complejo Los Cóbanos se ubica en la zona suroeste de El Salvador, posee 21 312 hectáreas que incluyen superficie marina, playas rocosas y arenosas, remanentes de bosque tropical seco y manglares (Díaz & López, 2021). Esta ANP se caracteriza por la presencia de terrazas rocosas y peñascos de origen volcánico que ocurren en la zona intermareal y submareal hasta aproximadamente 40 m de profundidad (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003). Este sustrato se encuentra sujeto a la acción abrasiva de olas durante la época lluviosa principalmente, cuando también los ríos aportan sedimentos (Gierloff-Emden, 1976), incrementando la turbidez del agua. Lo contrario ocurre en época seca, lo que permite actividades de buceo recreativo (Barraza, 2018). El área presenta una importante riqueza de biodiversidad marina de arrecife rocoso (Reyes-Bonilla & Barraza, 2003; Segovia-Prado & Trejo-Ramos, 2023).

Los monitoreos mediante snorkeling y buceo autónomo permitieron el registro fotográfico del aparente estado de conservación y cobertura de blanqueamiento en las colonias de *P. lobata* en el ANP, se han mantenido sin frecuencia específica, después de los mencionados por Barraza (2023), que presentó datos hasta de agosto de 2022 de las franjas intermareales (13°31'16.3" N, -89°48'24.4" W) y sublitorales

de poca profundidad (< 3 m) (13°31'25.6" N-89°48'22.5" W). En la zona intermareal se utilizó un transecto de 300 m, perpendicular a la línea de playa y en el área submareal se tomaron fotografías al azar. Esto permitió registrar, usualmente cada mes, la intensidad y presencia de macroalgas durante un fuerte evento de blanqueamiento en la primera área desde abril de 2023, considerando las categorías de blanqueamiento propuestas por Barraza (2023) para esa zona.

Considerando que la remoción de macroalgas de corales en zonas degradadas puede incrementar la recuperación de estos cnidarios (Smith et al., 2022; Smith et al., 2023), a partir de octubre de 2023, se realizaron intentos de eliminación de macroalgas alrededor de aproximadamente 20 colonias blanqueadas de *P. lobata* en la franja intermareal mediante frotación intensa con toallas pequeñas, con una frecuencia quincenal y la participación de cuatro o cinco voluntarios o guarda recursos debidamente entrenados en el reconocimiento de colonias blanqueadas y uso de toallas. La frotación fue menos intensa con las algas, usualmente turf, sobre el coral vivo. La remoción total de algas alrededor y sobre las colonias fue imposible de realizar previniendo daños al coral. Los fragmentos de frondas quedaron a la deriva debido a la dificultad de capturar ese material removido en una zona de corrientes. La maniobra se repitió dos veces, pero debido a la aparición de las algas en similar cobertura entre esos lapsos de tiempo, se desistió de implementar esta actividad en noviembre del mismo año. La remoción de algas (invasoras) fue considerada como restauración por Won & Liva (2023).

En septiembre de 2024 se observaron pequeños parches de colonias sobrevivientes de *P. lobata*, en otra zona aledaña a Punta Remedios (850 m al NW), denominada "La Privada" (13°31'42.9" N, -89°48'44.1" W), dentro de la misma área natural protegida, por lo que se mantuvieron monitoreos mensuales desde ese momento en esa franja. A partir de noviembre de 2024 se comenzaron a realizar limpiezas de macroalgas que rodeaban y crecían sobre

estas colonias, con cepillos de cerdas metálicas (1.3 cm de altura por 4 cm de largo y 0.8 cm de ancho) considerando que representan un elemento perturbador para su crecimiento y reproducción (Fig. 1) (Ceccarelli et al., 2018). La utilización de este tipo de cepillos para remover turf fue descrita por Cetz-Navarro et al. (2013). Estos monitoreos usualmente mensuales, con restauración, así como fotografías hasta la fecha y con apoyo de guarda recursos locales debidamente entrenados, han permitido registrar la intensidad del evento de blanqueamiento y los géneros de macroalgas que cubrieron a las colonias sobrevivientes de *P. lobata*. Las fotografías permitieron determinar la cobertura del blanqueamiento de corales.

Además, se realizaron varios buceos autónomos para verificar el estado de las colonias submareales (<3 m) de ese coral y abundancia de algas durante épocas secas (noviembre-abril),

entre enero de 2023 y marzo de 2026. En este caso se utilizaron cepillos con cerdas metálicas más grandes (2.0 x 11 x 2.3 cm) con apoyo de buzos voluntarios debidamente entrenados (enero-marzo 2026). Se optó por este tipo de material para prevenir la generación de microplásticos. En ambos casos la remoción de algas fue parcial, ya que una eliminación total dañaría las colonias blanqueadas del coral pétreo. En el caso del alga del género *Padina*, la remoción fue manual. Las frondas removidas quedaron a la deriva debido a la dificultad de capturar pequeños fragmentos en una zona agitada por corrientes, lo que representó una limitación en el presente estudio.

Este monitoreo facilitó el registro fotográfico del estado de los corales basado en datos cualitativos. Existieron limitaciones logísticas para realizar un monitoreo con datos



**Fig. 1.** Eliminación (parcial) de macroalgas con cepillo metálico en *P. lobata*, La Privada. / **Fig. 1.** Removal (partial) of macroalgae with metallic brush in *P. lobata*, La Privada.

cuantitativos. Parte de éstas incluyeron la turbidez del agua durante la época lluviosa en el área submareal.

## RESULTADOS

La Tabla 1 presenta en forma cualitativa los resultados de las observaciones realizadas entre 2022 y 2026 en “El Faro” y el área submareal. Las colonias intermareales aledañas a Punta Remedios comenzaron a experimentar blanqueamiento intenso y el incremento de la aparición de nódulos rosados superficiales en abril de 2023. Las algas sobre las colonias de *P. lobata* totalmente blanqueadas que aparecieron fueron: principalmente turf, y alrededor se observó la ocurrencia de los géneros *Halimeda* J.V. Lamouroux, 1812 y *Polysiphonia* Greville, 1823. A partir de octubre de 2023, también apareció *Caulerpa* J.V. Lamouroux (Fig. 2, Tabla 1).

Las observaciones de las colonias sobrevivientes de “La Privada” registradas desde octubre de 2024 reflejaron que las fragmentadas aparentemente experimentaron posible pérdida de tejido y poca pigmentación. En cambio, las colonias de mayor diámetro (más de 20 cm) evidenciaron mayor exposición de tentáculos en el agua y mayor concentración aparente de pigmento.

Los corales en la zona submareal posiblemente comenzaron a experimentar blanqueamiento entre mayo y octubre de 2023, ya que en noviembre del mismo año (Fig. 3), se confirmó este estado con la ocurrencia de turf que permaneció hasta mayo de 2025, período en el que se registraron importantes pérdidas de cobertura de coral. También macroalgas de los géneros de *Caulerpa*, *Halimeda*, *Padina* Adamson, 1763 y *Polysiphonia* invadieron la superficie de las colonias incluyendo a las de más de 3 m de diámetro. Hasta el momento se interviene suavemente en la restauración (eliminación de macroalgas) que ocurren sobre el coral masivo previniendo daño a tejidos del coral.

Otros géneros de macroalgas presentes sobre y alrededor del coral *P. lobata* fueron *Codium* Stackhouse 1797 e *Hypnea* J.V. Lamouroux, 1813. En las zona intermareal “El Faro” la

**Tabla 1**

Registros cualitativos de blanqueamiento y cobertura de algas alrededor y sobre las colonias de *P. lobata* en “El Faro” (EF), “La Privada” (LP) y zona submareal (SB) entre 2022 y 2026. / **Table 1.** Qualitative records of bleaching and algae coverage around and on *P. lobata* colonies in “El Faro” (EF), “La Privada” (LP) and subtidal zone (SB).

AÑO	MES	EF	LP	SB
2022	EN 22	N		N
	MA 22	N-T*		N-S*
	AB 22	T-N*		N-S*
	MY 22	N-T		
	AG 22	N		
	OC 22	N		
	NO 22	N		
	DI 22	N		
2023	EN 23	N	N	
	FE 23	N		
	AB 23	S	N	
	MY 23	S		
	JL 23	S		
	AG 23	S		
	SE 23	S-AL		
	OC 23	S-AL		
2024	NO 23	S-AL		S-AL
	DI 23	S-AL		
	EN 24			S-AL
	MA 24	AL		S-AL
	AB 24			S-AL
	AG 24	AL		
	SE 24	AL		
	OC 24		N-AL	
2025	NO 24		N-AL	
	DI 24	AL		S-AL
	FE 25	TE		S-AL
	AB 25	TE	N-AL	
	MY 25	TE	N-AL	S-AL
	JL 25	TE	N-AL	
	AG 25	TE	N-AL	
	OC 25	TE	N-AL	
2026	NO 25	TE	N-AL	
	DI 25	TE	N-AL	S-AL
	EN 26	TE	N-AL	S-AL
	FE 26	TE	N-AL	S-AL
	MA 26	TE		S-AL

Simbología: AL: presencia de algas, N: sin evidencia de blanqueamiento, S: blanqueamiento severo, T: blanqueamiento tenue, TE: transecto eliminado. \* evento de floración algal nociva.



**Fig. 2.** *Porites lobata* con blanqueamiento intenso cubierto de *Caulerpa*, *Halimeda* y turf, franja intermareal, octubre de 2023. / **Fig. 2.** *Porites lobata* with intense bleaching covered by *Caulerpa*, *Halimeda* and turf, intertidal fringe, October 2023.

recolonización por algas fue extremadamente agresiva. En “La Privada” los resultados son mixtos, algunas colonias fueron rodeadas por sucesiones de diferentes especies de algas con crecimiento moderado o intenso hasta la fecha y que varían. En la zona submareal, la cobertura de algas también ha experimentado sucesión de especies y algunas colonias de coral fragmentadas sobrevivientes (15 %) donde se han eliminado algas de forma física, se mantienen con escasa recolonización.

## DISCUSIÓN

Los eventos de blanqueamiento afectaron al coral pétreo *P. lobata* en la franja intermareal y submareal después de los registrados entre

2006 a 2022 en el área natural protegida y sitio Ramsar Complejo Los Cóbanos (Barraza, 2023). Los primeros cambios evidentes observados fueron los abundantes puntos o nódulos rosados abundantes en la mayoría de colonias con pigmentación pálida. Después, con escasa pigmentación se observó que el primer grupo de algas en invadir los corales con blanqueamiento fue turf (Fig. 3), usualmente con uno o varios parches dispersos en la superficie y después aparecieron los géneros mencionados anteriormente. Estos síntomas incluyendo el crecimiento invasivo de algas es descrita como enfermedad en *Porites* (Siladharma & Karim, 2017).

El intento de remoción quincenal de macroalgas circundantes con toallas en la zona



**Fig. 3.** Colonia submareal de *P. lobata* afectada por blanqueamiento e invasión de algas /turf). Noviembre de 2023. / **Fig. 3.** *P. lobata* subtidal colony affected by bleaching and algae (turf) invasion. November 2023.

intermareal en octubre-noviembre de 2023 posiblemente no fue efectivo debido a la aparente agresividad para recolonizar los sitios “limpios” en un período de alrededor de 30 días. En cambio, el proceso de restauración mediante eliminación de turf y macroalgas en colonias supervivientes de La Privada a partir de octubre de 2024 hasta la fecha, con una frecuencia mensual y dos a tres personas colaborando, aparentemente ha presentado resultados al menos estables para colonias supervivientes con diámetros mayores a 20 cm. Lo que parcialmente coincide con la práctica de remoción manual de macroalgas la Gran Barrera de Coral de Australia, donde se determinó que la maniobra permite una recuperación rápida de corales en pequeña escala (Smith et al., 2022).

Las colonias de coral submareales, que han sobrevivido a otros eventos de blanqueamiento

anteriores (Barraza, 2023), experimentaron pérdida de tejido e invasión de macroalgas con variaciones de dominancia hasta la fecha, a partir de noviembre de 2024. La presencia de coral blanqueado o con ligeras pigmentaciones abarca parches dispersos que cubren alrededor de un 15 % de la cobertura original del año 2023. La remoción de macroalgas comenzó en febrero de 2026 cuando se logró conseguir apoyo de voluntarios con una escuela de buceo. Aproximadamente el 15 % de los parches sobrevivientes presentan un reducido crecimiento de macroalgas, reflejando posiblemente resiliencia de algunas antiguas colonias, coincidiendo en parte con los hallazgos de Smith et al. (2022) y Smith et al. (2023) en arrecifes de coral afectados por turf y macroalgas. En el manejo de esta área natural protegida, se deben considerar otras estrategias relativas a reducción



de nutrientes, sedimentación y colocación de herbívoros en la zona, lo que requiere revisar inventarios pasados de biodiversidad de la zona con la finalidad de controlar el crecimiento excesivo de las macroalgas y turf.

En general se requiere mucha mayor investigación sobre las interacciones de *P. lobata* con factores ambientales que desencadenan el blanqueamiento, la proliferación de turf y macroalgas, así como la restauración natural o asistida posterior.

Como conclusión en este estudio se determinó que el evento de blanqueamiento de coral pétreo de 2023–2024 ha sido el más intenso registrado en El Salvador y causó importantes mortalidades en colonias intermareales y submareales, además se observó que las algas turf fueron principalmente las primeras en colonizar la superficie de las colonias blanqueadas en las franjas intermareales y submareales, así como los ensayos de restauración mediante remoción de algas con toallas con cuatro personas quincenalmente aparentemente no pudieron reducir esa expansión entre octubre y noviembre de 2023, mientras que hasta la fecha y con base a fotografías, algunas colonias sobrevivientes con diferentes niveles de fragmentación y diámetros de más de 20 cm han subsistido por más de un año con remoción de macroalgas mediante cepillado iniciado en noviembre de 2024, otras reflejan avance de la invasión de algas. Se colocarán viñetas de identificación en las colonias sobrevivientes para individualizar su monitoreo.

#### **Declaración de la contribución del autor:**

el autor reconoce que: realizó y planificó los monitoreos, eliminó con apoyo de terceros las algas, recolectó datos, tomó fotografías, analizó datos y redactó el manuscrito.

**Declaración de ética:** El autor declara que está de acuerdo con esta publicación que justifica su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que ha cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa su agradecimiento a la Dirección de Ecosistemas y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente incluyendo a Wilfredo Antonio López Martínez por su apoyo logístico, así como a los guardarrecurso Karen Cáceres, Manolo Campos, Silvia Jiménez, Carlos Pineda y Karla Rodríguez. También a Cindy Fernández de la Universidad de Costa Rica y Alberto Beylán de la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo en la identificación de algunos géneros de macroalgas.

## **REFERENCIAS**

- Barraza, E. (2018). Buceo responsable en El Salvador. *Realidad y Reflexión*, 47, 13–20. <https://doi.org/10.5377/ryr.v0i47.6208>
- Barraza, J. E. (2023). Eventos de blanqueamiento del coral *Porites lobata* (2006–2022) y actividades de restauración en el sitio Ramsar “Complejo Los Cóbanos”, El Salvador. *Revista de Biología Tropical*, 71(S1), e54739. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.54739>
- Bayraktarov, E., Banaszak, A. T., Montoya-Maya, P., Kleypas, J., Arias-González, J. E., Blanco M, Calle-Triviño, J., Charuvi, N., Cortés-Useche, C., Galván, V., García-Salgado, M. A., Gnecco, M., Guendulain-García, S. D., Hernández-Delgado, E. A., Marín-Moraga, J. A., Maya, M. F., Mendoza-Quiroz, S., Mercado-Cervantes, S., Morikawa, M., ... Frias-Torres, S. (2020). Coral reef restoration efforts in Latin American countries and territories. *PLOS One*, 15(8), e0228477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228477>
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D. J., Stewart-Sinclair, P., Vardi, T., & McLeod, I. M. (2020). Coral restoration—A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PLOS One*, 15(1), e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Ceccarelli, D. M., Löffler, Z., Bourne, D. G., Al Moajil-Cole, G. S., Boström-Einarsson, L., Evans-Illidge, E., Fabricius, K., Glasl, B., Marshall, P., McLeod, I., Read, M., Schaffelke, B., Smith, A. K., Jorga, G. T., Williamson, D. H., & Bay, L. (2018). Rehabilitation of coral reefs through removal of macroalgae: state of knowledge and considerations for management and implementation. *Restoration Ecology*, 26(5), 827–838. <https://doi.org/10.1111/rec.12852>
- Ceccarelli, D. M., Evans, R. D., Logan, M., Mantel, P., Puotinen, M., Petus, C., Russ, G. R., & Williamson, D. H. (2020). Long-term dynamics and drivers of coral

- and macroalgal cover on inshore reefs of the Great Barrier Reef Marine Park. *Ecological Applications*, 30(1), e02008. <https://doi.org/10.1002/eap.2008>
- Cetz-Navarro, N. P., Espinoza-Avalos, J., Hernandez-Arana, H. A., & Carricart-Ganivet, J. P. (2013). Biological responses of the coral *Montastraea annularis* to the removal of filamentous turf algae. *PLOS One*, 8(1), e54810. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054810>
- Chomitz, B. R., Kleypas, J. A., Cortés, J., & Alvarado, J. J. (2023). Change in the composition of fauna associated with *Pocillopora* spp. (Scleractinia, Pocilloporidae) following transplantation. *Revista de Biología Tropical*, 71(Suppl. 1), e54882. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71iS1.54882>
- Díaz, A., & López, W. (2021). *Plan de manejo del área natural protegida y sitio Ramsar Complejo Los Cóbanos, Sonsonate 2021–2025* [Plan de Manejo]. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador. <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/plan-de-manejo-del-area-natural-protegida-y-sitio-ramsar-complejo-los-cobanos-sonsonate-2021-2025/>
- Gierloff-Emden, H. G. (1976). *La Costa de El Salvador. Monografía Morfológica-Oceanográfica*. Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación.
- Kamalakkannan, B., Jeevamani, J. J. J., Nagendran, N. A., Pandiaraja, D., & Chandrasekaran, S. (2014). Impact of removal of invasive species *Kappaphycus alvarezii* from coral reef ecosystem in Gulf of Mannar, India. *Current Science*, 106(10), 1401–1408.
- Knapp, I. S. S., Forsman, Z. H., Greene, A., Johnston, E. C., Bardin, C. E., Chan, N., Wolke, C., Gulko, D. & Toonen, R. J. (2022). Coral micro-fragmentation assays for optimizing active reef restoration efforts. *PeerJ*, 10, e13653. <https://doi.org/10.7717/peerj.13653>
- Nava, H., González-Rodríguez, A., Narchi, N. E., Méndez-Medina, A. C., Maldonado-López, Y., Cárdenas-Alvarado, M. A., Figueroa-Camacho, A. G., Drouet-Cruz, H. T., & Corona-Morales, N. (2023). Towards reef restoration in Zihuatanejo, Guerrero, México: lessons learned. *Revista de Biología Tropical*, 71(S1), e54792. <https://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71iS1.54792>
- Martínez-Castillo, V., Rodríguez-Troncoso, A. P., Tortolero-Langarica, J. J. A., & Cupul-Magaña, A. L. (2023). Active restoration efforts in the Central Mexican Pacific as a strategy for coral reef recovery. *Revista de Biología Tropical*, 71(Suppl. 1), e54795. <http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71iS1.54795>
- McLeod, I. M., Hein, M. Y., Babcock, R., Bay, L., Bourne, D. G., Cook, N., Doropoulos, C., Gibbs, M., Harrison, P., Lockie, S., van Oppen, J. H., Mattocks, N., Page, C. A., Randall, J., Smith, A., Smith, H. A., Suggett, D. J., Taylor, B., Vella, K. J., ... Boström-Einarsson, L. (2022). Coral restoration and adaptation in Australia: The first five years. *PLOS One*, 17(11), e0273325. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273325>
- Palou-Zúniga, N., Madrigal-Ballester, R., Schlüter, A., & Alvarado, J. J. (2023). Applying the SES Framework to coral reef restoration projects on the Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 71(Suppl. 1), e54853. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71iS1.54853>
- Pancrazi, I., Fearheller, K., Ahmed, H., di Napoli, C., & Montefalcone, M. (2023). Active coral restoration to preserve the biodiversity of a highly impacted reef in the Maldives. *Diversity*, 15(9), 1022. <https://doi.org/10.3390/d15091022>
- Reimer, J. D., Peixoto, R. S., Davies, S. W., Traylor-Knowles, N., Short, M. L., Cabral-Tena, R. A., Burt, J. A., Pessoa, L., Banaszak, A. T., Winters, R. S., Moore, T., Schoepf, V., Kaullysing, D., Calderon-Aguilera, L. E., Wörheide, G., Harding, S., Munbodhe, V., Mayfield, A., Ainsworth, T., ... Woolstra, C. R. (2024). The fourth global coral bleaching event: where do we go from here? *Coral Reefs*, 43(4), 1121–1125. <https://doi.org/10.1007/s00338-024-02504-w>
- Reyes-Bonilla, H., & Barraza, J. E. (2003). Corals and associated marine communities from El Salvador. En J. Cortés (Ed.), *Latin American Coral Reefs* (pp. 351–360). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-044451388-5/50016-3>
- Segovia-Prado, J. V., & Trejo-Ramos, A. (2023). Comunidades bénticas someras de Los Cóbanos (El Salvador), con dos nuevos registros a la biodiversidad. *Realidad y Reflexión*, 1(57), 76–90. <https://doi.org/10.5377/rry.v1i57.16699>
- Siladharma, I. G., & Karim, W. (2017). Contribution of terrestrial runoff to coral disease prevalence on North Bali's massive *Porites*. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 22(4), 193–200. <https://doi.org/10.14710/ik.jims.22.4.193-200>
- Smith, H. A., Brown, D. A., Arjunwadkar, C. V., Fulton, S. E., Whitman, T., Hermanto, B., Mastroianni, E., Mattocks, N., Smith, A. K., Harrison, P. L., Böstrom-Einarson, L., McLeod, I. M., & Bourne, D. G. (2022). Removal of macroalgae from degraded reefs enhances coral recruitment. *Restoration Ecology*, 30(7), e13624. <https://doi.org/10.1111/rec.13624>
- Smith, H. A., Fulton, S. E., McLeod, I. M., Page, C. A., & Bourne, D. G. (2023). Sea-weeding: manual removal of macroalgae facilitates rapid coral recovery. *Journal of Applied Ecology*, 60(11), 2459–2471. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14502>
- Suggett, D. J., & Smith, D. J. (2019). Coral bleaching patterns are the outcome of complex biological and environmental networking. *Global Change Biology*, 26(1), 68–79. <https://doi.org/10.1111/gcb.14871>



- Titlyanov, E. A., & Titlyanova, T. V. (2009). The dynamics of the restoration of mechanical damage to colonies of the scleractinian coral *Porites lutea* under conditions of competition with algal settlers for substratum. *Russian Journal of Marine Biology*, 35, 230–235. <https://doi.org/10.1134/S1063074009030067>
- Tortolero-Langarica, J. J. A., Cupul-Magaña, A. L., & Rodríguez-Troncoso, A. P. (2014). Restoration of a degraded coral reef using a natural remediation process: A case study from a Central Mexican Pacific National Park. *Ocean & Coastal Management*, 96, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.04.020>
- Vargas-Ugalde, R., Gómez-Salas, C., Pérez-Reyes, C., Umaña-Vargas, E., & Acosta-Nassar, M. (2020). Gardening for coral reef restoration in the Golfo Dulce, Costa Rica: A practical test. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(1), 40–53. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2809>
- Won, D., & Liva, M. (2023). A review of coral reef restoration methods. *Journal of Student Research*, 12(2), 1–10.