

Monitoreo del blanqueamiento coralino de arrecifes de Veracruz mediante el uso de drones

Eduardo Juventino Ramírez Chávez¹ , Javier Bello Pineda^{2*} ,
& Guillermo Horta Puga³ 

Resumen

En este estudio se utilizaron dos tipos de drones, uno aéreo y uno submarino, para documentar el evento más reciente de blanqueamiento coralino en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. A partir de las fotografías aéreas obtenidas con el dron aéreo se realizaron mosaicos fotográficos para cubrir las zonas someras de dos arrecifes e identificar corales con síntomas de blanqueamiento. Con el dron submarino se obtuvieron videos de alta resolución, que permitió identificar una mayor incidencia de colonias blanqueadas a profundidades menores a 15 m. Se registraron temperaturas superficiales del agua por encima del umbral de blanqueamiento. Mediante buceo y fotografía submarina se verificó que las colonias con síntomas de blanqueamiento pertenecen a 11 especies de corales hermatípicos, un coral blando y una anémona colonial. Se evidencia que el uso de drones, complementado con verificación de campo, son herramientas útiles para determinar la extensión de eventos de blanqueamiento, al permitir cubrir amplias zonas, disminuyendo el esfuerzo y tiempo de muestreo.

Palabras clave: Blanqueamiento coralino masivo, cambio climático, calentamiento global, percepción remota, ROV, PNSAV, arrecifes coralinos.

Recibido: 29 de noviembre de 2024.

Abstract

In this study, two types of drones, one aerial and one underwater, were used to document the most recent mass coral bleaching event in the Veracruz Reef System National Park. From the aerial photographs obtained with the aerial drone, photographic mosaics were made to cover the shallow areas of two reefs and identify corals with symptoms of bleaching. With the underwater drone, high-resolution videos were obtained, which made it possible to identify a higher incidence of bleached colonies at depths of less than 15 m. Surface water temperatures above the bleaching threshold were recorded. Through diving and underwater photography, it was verified that the colonies with bleaching symptoms belong to 11 species of hermatypic corals, a soft coral and a colonial anemone. It is evident that the use of drones, complemented by field verification, are useful tools to determine the extent of bleaching events, as they allow covering wide areas, reducing the effort and sampling time.

Key words: Mass coral bleaching, climate change, global warming, remote sensing, ROV, PNSAV, coral reefs.

Aceptado: 21 de enero de 2025.

¹ Instituto de Ecología, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Cd. Universitaria s/n, Puerto Ángel, Oaxaca, 70902, México.

² Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Miguel Hidalgo 617, Río Jamapa, 94290 Boca del Río, Veracruz, México.

³ UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

* **Autor de correspondencia:** jabello@uv.mx (JBP)

Introducción

Cada vez estamos más familiarizados con escuchar que cada año se rompen récords de altas temperaturas, siendo el 2023, el año más cálido registrado a la fecha, con una temperatura global promedio de 14.98°C, y se avizora que, en 2024 se volverán a romper estos récords. Está bien documentado que el calentamiento global se atribuye a las actividades humanas, particularmente a la quema de combustibles fósiles y el consecuente aumento en la concentración de bióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera terrestre. Las cuales pasaron de 280 partes por millón, desde el inicio de la era industrial en el siglo XIX, a cerca de 420 partes por millón, en la actualidad. Este aumento del CO₂ en la atmósfera, junto al aumento de otros gases invernadero, ha contribuido a que la temperatura global promedio de nuestro planeta haya aumentado cerca de 1.5 °C en los últimos dos siglos.

El calentamiento global afecta de distintas formas a todos los ecosistemas, y en el caso de los arrecifes coralinos, uno de los efectos más notorios son los eventos denominados “blanqueamiento coralino masivo”. Este fenómeno se produce cuando la temperatura del agua excede por 1°C o más, la temperatura promedio del mes más cálido del año (agosto para México). Estas altas temperaturas provocan que las zooxantelas, microalgas unicelulares que viven en el interior del coral y que les brindan hasta el 90% de sus requerimientos alimenticios, pierdan su capacidad fotosintética. Como respuesta, los pólipos coralinos las expulsan de su cuerpo, tornando su coloración de oscura a blanquecina, lo cual frecuentemente es la primera etapa de la muerte del coral.

Se han registrado eventos de blanqueamiento coralino masivo a escala global, para los años 1998, 2010,

2015, y recientemente en 2023, cuando se reportó por primera vez, un evento de blanqueamiento coralino masivo simultáneamente para los arrecifes del Pacífico, Caribe y Golfo de México. Para el caso de Veracruz, una de las áreas naturales protegidas más importantes es el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). En este parque, a principios de septiembre del 2023, se documentó un blanqueamiento coralino generalizado. La temperatura promedio del agua superficial en Veracruz, excedió por al menos 0.2°C la temperatura umbral (30.8°C) que desencadena el blanqueamiento. Así, en 27 especies de corales formadores de arrecifes se registró blanqueamiento, y el promedio general de corales blanqueados fue de 56%. Aunque para octubre la temperatura bajo a un nivel ya tolerable, muchos corales siguieron presentando una coloración blanquecina hasta marzo del 2024.

Tradicionalmente, para documentar signos de blanqueamiento o con coloraciones pálidas que denotan un coral estresado, usamos el buceo autónomo y fotografía submarina. Si bien, el buceo autónomo es una técnica muy efectiva y nos permite obtener un detalle muy fino de análisis e identificar las especies que están siendo más afectadas, un buzo puede monitorear solo una pequeña área de este enorme parque, y se requiere un esfuerzo de un equipo numeroso de buzos y varios días de esfuerzo para tener idea de la magnitud espacial del evento de blanqueamiento. Además, el buceo autónomo tiene como límite los 30 m de profundidad para desarrollarse con seguridad, y el tiempo que puede trabajar un buzo es más corto conforme aumenta dicha profundidad, ya que se consume el aire más rápido y puede sufrir efectos fisiológicos indeseables y hasta peligrosos.

En años recientes, el desarrollo de vehículos controlados remotamente, llamados popularmente DRONES, abre la oportunidad de usar estas herramientas para apoyar los esfuerzos de monitoreo de grandes áreas con gran eficacia. Durante nuestra campaña de muestreo más reciente en los arrecifes del PNSAV (Figura 1), del 18 al 21 de septiembre del 2024, utilizamos en una primera etapa, un DRON modelo DJI mavic Pro, equipado con una cámara de 12 megas pixeles, para hacer vuelos a 90 m de altura y obtener imágenes aéreas para identificar corales blanqueados en las zonas poco profundas, ya que, debido a las características ópticas del agua, la capacidad de discriminar elementos del fondo, disminuye conforme aumenta la profundidad. Usando programas de fotogrametría y sistemas de información geográfica se generaron mosaicos con estas imágenes que nos permitieron mapear los arrecifes Isla de Enmedio y Santiaguillo e

identificar áreas blancas en las imágenes, que corresponden presumiblemente a colonias de coral blanqueadas. La figura 2 muestra el mosaico generado para el arrecife Santiaguillo y un acercamiento a colonias blanqueadas de la especie *Acropora palmata*.

En una segunda etapa, para verificar si los manchones blancos observados en las imágenes aéreas corresponden a colonias blanqueadas y para investigar si el fenómeno de blanqueamiento también se estaba dando a mayor profundidad, se utilizó el dron submarino (también conocidos como ROV, por sus siglas en inglés) modelo V6 de la compañía FIFISH, el cual está equipado con una cámara de video con resolución 4K, dos lámparas led, seis grados de movimiento, sensores de temperatura y profundidad y que se puede controlar desde la embarcación mediante un cable conectado a un teléfono celular, donde se trasmite

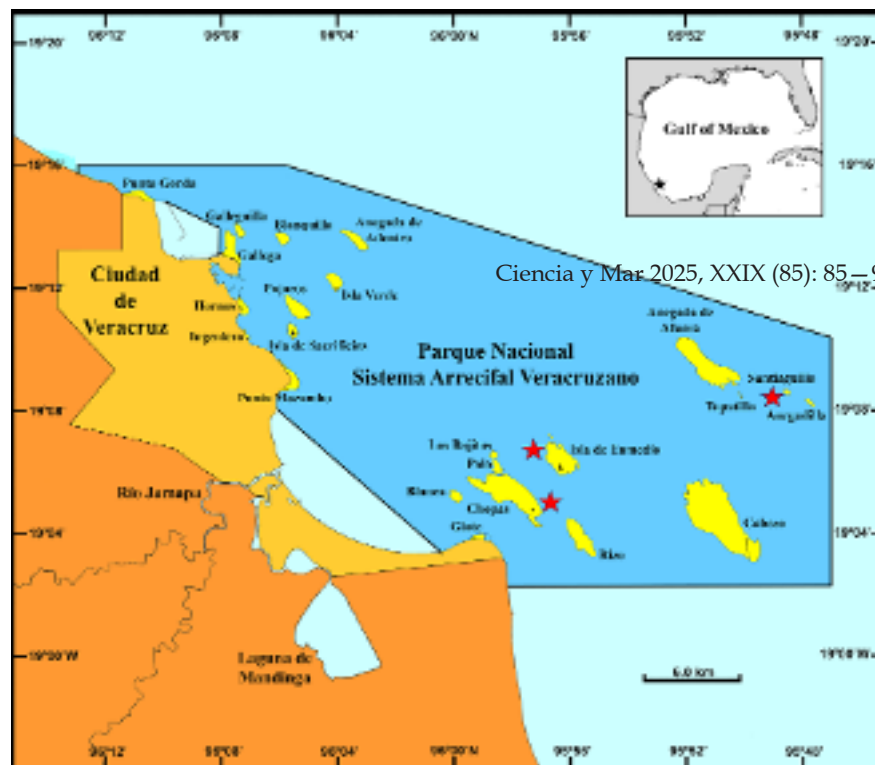


Figura 1. Poligonal del PNSAV y sus arrecifes emergentes. Se muestran con estrellas rojas los sitios de muestreo de septiembre 2024.

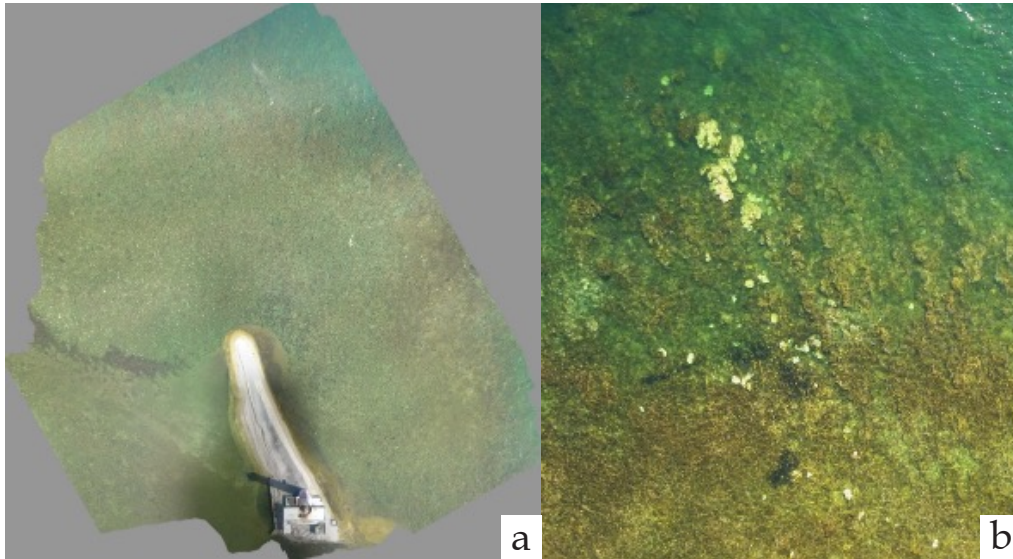


Figura 2. a) Mosaico del arrecife Santiaguillo a partir de las tomas aéreas con el Dron DJI Mavic Pro a 90 metros de altura. Los manchones blancos representan posibles colonias de coral blanqueadas. b) Acercamiento a colonias coralinas blanqueadas de la especie *A. palmata*.

en tiempo real la imagen del video que se está grabando. Con este dron se puede navegar para subir y bajar por las pendientes del arrecife sin preocupación por el cambio de profundidad y el efecto de descompresión que, en su caso, sufriría un buzo, o el tiempo de buceo, pues cuenta con batería recargable. Se obtuvieron videos submarinos haciendo recorridos paralelos a las pendientes en los arrecifes Chopas, Isla de Enmedio y Santiaguillo, cubriendo el gradiente de profundidad desde la superficie hasta la profundidad máxima encontrada en cada arrecife. La figura 3 muestra ejemplos de cuadros del video adquirido con este equipo, que permitió hacer una evaluación visual rápida de los componentes bentónicos en los sitios visitados. Se pudo identificar que la mayor incidencia de colonias con signos de blanqueamiento se dio en el rango de profundidad menor a 15 m, sin embargo, se registraron colonias con estos signos hasta los 18 m de profundidad. El sensor de temperatura del dron, permitió registrar que la temperatura del agua en el rango de 1 a 5 m de profundidad,

alcanzó hasta 32°C, rebasando el umbral de blanqueamiento por más de 1°C. En el rango de profundidad de 5 a 20 m se registraron temperaturas de 29°C y por debajo de los 20 m se registraron 28°C.

Para verificar y complementar lo registrado con ambos drones, se hicieron buceos y se tomó fotografía submarina en estaciones puntuales de los arrecifes Anegada de Adentro, Chopas, Isla de Enmedio y Santiaguillo, con lo que se pudo identificar con gran detalle que las especies de corales hermatípicos con distintos síntomas de blanqueamiento eran: *Acropora palmata*, *A. cervicornis*, *Agaricia lamarcki*, *Millepora alcicornis*, *Orbicella faveolata*, *Pseudodiploria clivosa*, *P. strigosa*, *Porites astreoides*, *P. porites*, *Siderastrea stellata*, y *Stephanocoenia intersepta*. También el coral blando *Erythropodium caribaeorum* y la anémona colonial *Palythoa caribaeorum*, presentaron síntomas de blanqueamiento. La figura 4 muestra ejemplos de colonias de diferentes especies con síntomas de blanqueamiento.

Este trabajo muestra que los DRONES



Figura 3. Ejemplo de las imágenes obtenidas con el equipo FIFISH V6, que muestra colonias con síntomas de blanqueamiento.

son herramientas de monitoreo muy eficientes para cubrir amplias zonas y determinar la extensión de eventos de blanqueamiento, disminuyendo el esfuerzo y tiempo de muestreo, pero cabe señalar que su uso no excluye continuar el monitoreo directo mediante buceo y la toma directa de fotografías, cuando sea posible, sino que deben verse como herramientas complementarias. En este trabajo se documenta un evento de blanqueamiento masivo de coral en el PNSAV por segundo año consecutivo, pero existen indicios de que, al igual que el año pasado, también en las costas del Océano Pacífico, se reporta la presencia de colonias coralinas con síntomas de blanqueamiento. La recurrencia de estos eventos debe alertar tanto a la comunidad científica, los tomadores de decisiones y la población en general, sobre el riesgo que esto representa para la prevalencia de los arrecifes coralinos a escala global y las consecuencias devastadoras que significaría su pérdida, no solo de tipo ecológicas, sino también económicas y sociales, pues hay importantes sectores de la población humana que dependen de los servicios ecosistémicos que proveen los arrecifes coralinos.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Sandra S. Blas Barrera y Cynthia M. Téllez Islas, del Laboratorio de SIG y PR de la Universidad del Mar y a Jonathan Aguilera Arias, Itzayana Gutiérrez Hernández y Víctor M. Téllez Soria, del Laboratorio de análisis espacial del ICIMAP-UV, por su apoyo en campo y laboratorio.

Referencias

- Horta-Puga, G. & M. Victoria-Muguira. 2023. Blanqueamiento coralino en el sur del Golfo de México: cuando el destino nos alcance. *Espacio Profundo* 184:16-22.
- Horta-Puga, G., J. Gutiérrez-Martínez, A. A. Morales-Aranda & M. Victoria-Muguira. 2023. First report of mass bleaching in the Southwestern Gulf of Mexico. *Reef Encounter* 38:59-64.
- López-Pérez, A. R., E. Ramírez-Chávez, R. Granja-Fernández, F. A. Rodríguez-Zaragoza & V. A. Pérez. 2024. Corales blancos, corales estresados. Huatulco 2023. *Espacio Profundo* 183:33-36.
- López-Pérez, A. R., R. Granja-Fernández, E. Ramírez-Chávez, O. Valencia-Méndez, F. A. Rodríguez-Zaragoza, T. González-Mendoza, A. Martínez-Castro. 2024. Widespread coral bleaching and mass mortality of reef-building corals in Southern Mexican Pacific reefs due to 2023 El Niño warming. *Oceans* 5:196-209.

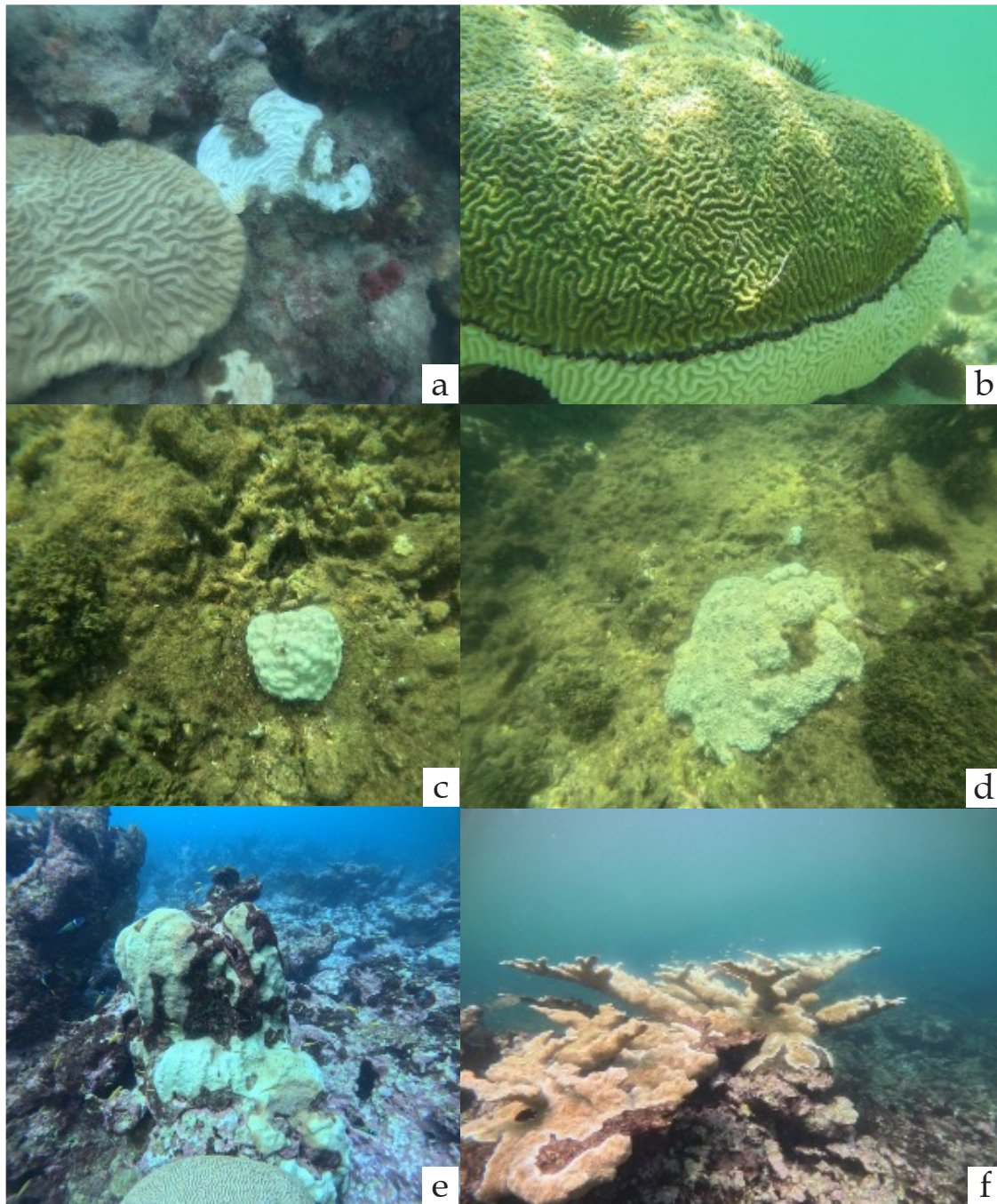


Figura 4. a) *Colpophyllia natans* (enmedio) y *Stephanocoenia intersepta* (abajo) en el talud de barlovento del arrecife Chopas a 12 m de profundidad. b) *Pseudodiploria strigosa*, blanqueada y con signos de la enfermedad de la banda negra en la planicie arrecifal del arrecife Isla de Enmedio a 1m de profundidad. c) *Porites astreoides* en el talud de sotavento del arrecife Santiaguillo a 2m de profundidad. d) *Pseudodiploria clivosa* en el talud de sotavento del arrecife Santiaguillo a 2m de profundidad. e) *Montastraea cavernosa* en el talud de barlovento del arrecife Santiaguillo a 10 m de profundidad. f) *Acropora palmata* en el talud de barlovento del arrecife Santiaguillo a 7 m de profundidad.