



NOTA / NOTE

**Mortalidad del coral *Acropora palmata*  
por una enfermedad similar al *white pox* en la bahía de Cinto,  
Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano**

**Mortality of the coral *Acropora palmata* for a disease similar to white pox  
in Cinto Bay, Tayrona National Natural Park, Colombian Caribbean**

Raúl Navas-Camacho<sup>1\*</sup>, Rebeca Franke Ante<sup>2</sup> y Andrés Acosta Chaparro<sup>1</sup>

0000-0002-6062-315X

0000-0002-0956-0915

0000-0002-0618-5689

1. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar. [raul.navas@invemar.org.co](mailto:raul.navas@invemar.org.co)\*, [andres.acosta@invemar.org.co](mailto:andres.acosta@invemar.org.co)

2. Parques Nacionales de Colombia, Dirección Territorial Caribe. [rebeca.franke@parquesnacionales.gov.co](mailto:rebeca.franke@parquesnacionales.gov.co)

\* Autor de correspondencia / Corresponding author.

RESUMEN

El Parque Nacional Natural Tayrona, ubicado en la costa Caribe colombiana, está formado por una costa de acantilados y bahías en su mitad occidental, en cuyo interior se encuentran formaciones coralinas. En 2005 se encontró una formación en la bahía de Cinto dominada por *Acropora palmata* afectada por una enfermedad cuyas lesiones eran similares a las causadas por la enfermedad de White Pox. Durante los siguientes dos años se realizó un seguimiento a 15 lesiones mediante registro fotográfico en tres ocasiones distintas (mayo y agosto de 2006 y marzo 2007), coincidiendo con las dos épocas climáticas contrastantes de la región. Se encontró un crecimiento permanente en todas las lesiones con un promedio de 0,8 cm<sup>2</sup>/día. Contrario a lo observado en el white pox y otras enfermedades en la región, estas lesiones no dejaron de crecer al descender la temperatura en los primeros meses del año. Este trabajo describe el aspecto general, los distintos estadios de crecimiento y la velocidad con que se expanden las lesiones en comparación con estudios previos en el Caribe. Por su aspecto y porque solo afectaba a colonias de *A. palmata* se pensó que se trataba de white pox, pero esta hipótesis no pudo verificarse concluyentemente.

**PALABRAS CLAVE:** *Acropora palmata*, mortalidad coralina, enfermedades coralinas, SIMAC, Parques Nacionales.

ABSTRACT

The Tayrona National Natural Park, located on the Colombian Caribbean coast, has a coastline shaped by cliffs and bays in its western part, with the presence of coral formations. In 2005, a coral formation dominated by *Acropora palmata* affected by lesions similar to those caused by White Pox disease was found in Cinto bay. Subsequently, 15 lesions were followed and photographed in three different occasions (May and August 2006 and March 2007), coinciding with the two contrasting climatic seasons of the region. Permanent growth was found in all lesions with an average of 0.8 cm<sup>2</sup>/day. Contrary to what was observed with white pox and other diseases in the region, these lesions did not stop growing when the temperature dropped in the first months of the year. This work describes the general appearance of the lesions, their different growth stages and the speed with which they expanded compared to previous studies of white pox in the Caribbean. Due to its appearance and that it only affected colonies of *A. palmata*, it was originally thought that this disease was a white pox, but this hypothesis could not be verified conclusively.

**KEYWORDS:** *Acropora palmata*, coral mortality, coral diseases, National Parks.

*Acropora palmata* es una especie de coral considerada amenazada en todo el planeta (Sullivan *et al.*, 1993), incluida en el Apéndice II de CITES. En Colombia está incluida en el Libro Rojo de Especies Amenazadas, catalogada como especie en peligro de extinción (Ardila *et al.*, 2002; Reyes y Santodomingo, 2002; García-Urueña y Garzón-Machado, 2020). Se ha encontrado que esta especie es susceptible al blanqueamiento y a diversas enfermedades de corales (Holden, 1996; Smith *et al.*, 1996; Goreau *et al.*, 1998; Green y Bruckner, 2000; Bruckner, 2002; Rosenberg y Bem-Haim, 2002; Sutherland *et al.*, 2004, 2011; Cróquer *et al.*, 2006; Weil *et al.*, 2006; Gil-Agudelo *et al.*, 2009; Navas-Camacho *et al.*, 2010; Vega *et al.*, 2014), en particular el White Pox, que solo afecta a *A. palmata* (Patterson *et al.*, 2002; Casadevall y Pirofski, 2014; Lamb *et al.*, 2014; Muller y van Woesik, 2014; Pollock *et al.*, 2014; Joyner *et al.*, 2015; Sutherland *et al.*, 2016; García-Urueña y Garzón-Machado, 2020; Young *et al.*, 2020).

En 2005, como parte del sistema nacional de monitoreo de arrecifes coralinos de Colombia (SIMAC), en bahía Cinto (Parque Nacional Natural Tayrona) (Díaz *et al.*, 2000) se encontró un parche de *A. palmata* a 11° 20' 34,78" N y 74° 03' 51,2" W, afectado por una enfermedad de apariencia similar a White Pox (Figura 1). Durante tres ocasiones, en mayo y agosto de 2006 y marzo de 2007, se realizó un seguimiento fotográfico de las lesiones y una estimación de la pérdida de tejido coralino vivo asociada. Se marcaron quince (15) lesiones con un código alfanumérico y se tomaron fotografías de cada una en cada fecha para medir el área de los bordes internos y externos de cada lesión con el programa CPC'e (Kohler y Gill, 2006). Cada medición se repitió tres veces durante cada período de seguimiento. Se llevaron a cabo estadísticas descriptivas. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para probar la normalidad en la distribución de los datos y la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si había diferencias significativas entre los tres períodos de estudio. Se realizó una prueba de comparación múltiple de Dunn para determinar entre cuál de los tres momentos de recolección de datos se presentaron las diferencias significativas. Para caracterizar las principales etapas de las lesiones, se marcaron y describieron adicionalmente 302 lesiones en detalle.

Las lesiones que se observan son manchas blancas irregulares, de textura dura y lisa como una costra nacarada ya medida que crecen, el centro se erosiona y se puebla de algas cespitosas. A medida que crecen, las lesiones cambian de aspecto, se unen y aumentan de tamaño (ver Tabla 1). De las 302 lesiones encontradas, 110 (36,4 %) tenían tamaños entre 1

*Acropora palmata* is a coral species considered globally threatened (Sullivan *et al.*, 1993), included in the Appendix II of CITES. In Colombia, it is included in the Red Book of Threatened Species, cataloged as an endangered species (Ardila *et al.*, 2002; Reyes and Santodomingo, 2002; García-Urueña and Garzón-Machado, 2020). This species has been found to be susceptible to bleaching and diverse coral diseases (Holden, 1996; Smith *et al.*, 1996; Goreau *et al.*, 1998; Green and Bruckner, 2000; Bruckner, 2002; Rosenberg and Bem-Haim, 2002; Sutherland *et al.*, 2004, 2011; Cróquer *et al.*, 2006; Weil *et al.*, 2006; Gil-Agudelo *et al.*, 2009; Navas-Camacho *et al.*, 2010; Vega *et al.*, 2014), particularly white pox disease, which only affects *A. palmata* (Patterson *et al.*, 2002; Casadevall and Pirofski, 2014; Lamb *et al.*, 2014; Muller and van Woesik, 2014; Pollock *et al.*, 2014; Joyner *et al.*, 2015; Sutherland *et al.*, 2016; Young *et al.*, 2020)

In 2005, as part of the National Coral Reef Monitoring System of Colombia (SIMAC in Spanish), in Cinto Bay (Tayrona National Park) (Díaz *et al.*, 2000) a patch of *A. palmata* (11° 20' 34.78" N and 74° 03' 51.21" W), affected by a disease similar in appearance to White Pox (Figure 1). During three occasions, in May and August 2006 and March 2007, photographic monitoring of the lesions and estimation of the associated loss of living coral tissue was carried out. Fifteen (15) lesions were marked with an alphanumeric code and photographs were taken of each one on each date to analyze the area of the internal and external borders of each lesion with the CPC'e program (Kohler and Gill, 2006). Each measurement was repeated three times during each follow-up period. Descriptive statistics were calculated. Shapiro-Wilk's test was used to test for normality in the distribution of the data and a Kruskal-Wallis test was used to determine if there were significant differences between the three study periods. A Dunn's multiple comparison test was carried out to determine between which of the three data collection moments the significant differences were present. To characterize the main stages of the lesions, 302 lesions were additionally marked and described in detail.

The lesions observed are irregular white spots, with a smooth hard texture like a pearly scab and, as they grow, the center erodes and is covered by algal turfs. As they grow, the lesions change their appearance, join one another and increase in size (see Table 1). Out of the 302 lesions found, 110 (36.4 %) had sizes between 1 and 5 cm<sup>2</sup> (Table 1), followed by those with less than 1 cm<sup>2</sup>, 75 (24.8 %).

y 5 cm<sup>2</sup> (Tabla 1), seguidas de las que tenían menos de 1 cm<sup>2</sup>, 75 (24,8 %). Las lesiones mayores de 5 cm<sup>2</sup> mostraban la pérdida de los cálices y era evidente la presencia de una capa lisa y nacarada; las lesiones mayores de 10 cm<sup>2</sup> mostraron la pérdida del área interna del coral y su sustitución por un césped algal (Figura 1b).

Se encontró una tasa máxima de crecimiento de 0,8 cm<sup>2</sup>/día (0,4 ± 0,3 cm<sup>2</sup>/día). Los bordes exterior e interior de las lesiones (Figura 1b) se expandieron permanentemente durante el período de estudio. Mientras que no hubo diferencias significativas en el crecimiento de los bordes internos, los bordes externos mostraron diferencias en el crecimiento promedio de las lesiones (H = 6,87, gl = 2, p < 0,032) entre los tres tiempos de evaluación, (H = 3,89, gl = 2, p = 0,14).

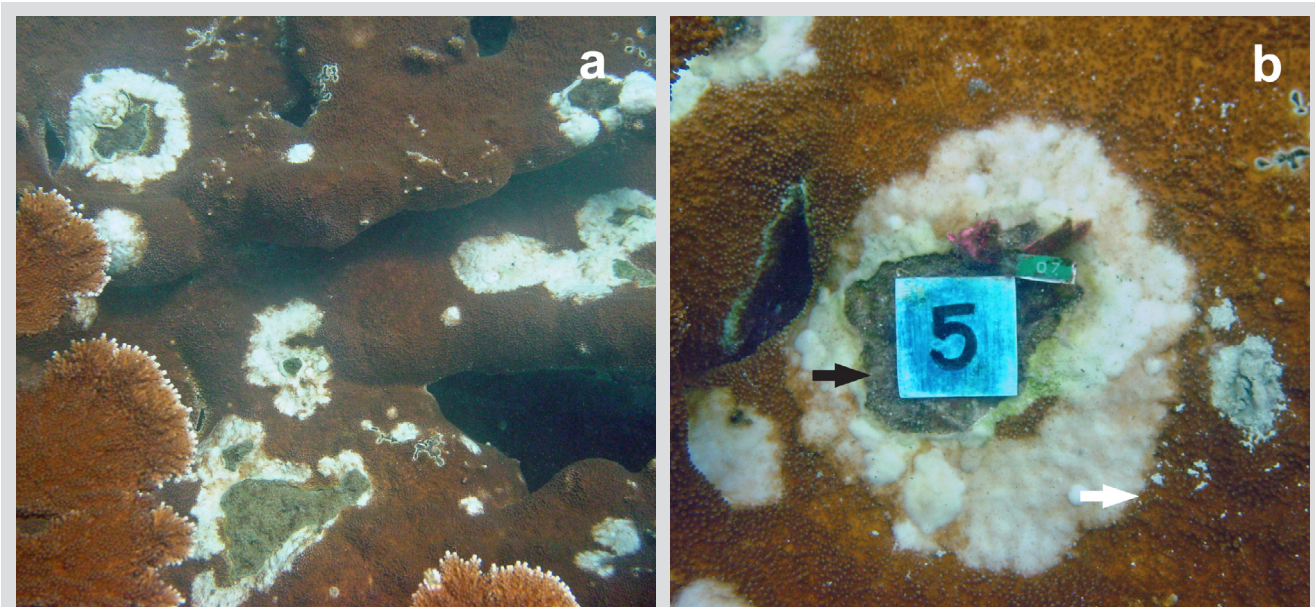
Lesions larger than 5 cm<sup>2</sup> showed the loss of the calyces and the presence of a smooth and pearly layer was evident; lesions larger than 10 cm<sup>2</sup> showed the loss of the internal area of the coral and its replacement by an algal turf (Figure 1b).

A maximum growth rate of 0.8 cm<sup>2</sup>/day (0.4 ± 0.3 cm<sup>2</sup>/day) was found. The outer and inner edges of the lesions (Figure 1b) were permanently expanding during the study period. While there were no significant differences in the growth of the inner edges, the outer edges showed differences in the average growth of the lesions (H = 6.87, gl = 2, p < 0.032) between the three evaluation times, (H = 3.89, gl = 2, p = 0.14).

**Tabla 1.** Principales características morfológicas, rangos de tamaño y número de lesiones por rango, observadas en la formación de *A. palmata* en Bahía Cinto, PNN Tayrona.

**Table 1.** Main morphological characteristics, size ranges, and number of lesions per range, observed in the *A. palmata* formation in Cinto Bay, PNN Tayrona

Area (cm <sup>2</sup> )	Número de lesiones / Number of lesions	Características / Characteristics
De 0 a 1 / From 0 to 1	75	Puntos blancos o manchas pequeñas casi siempre circulares. Bajo el delgado manto blanco pueden verse aún los cálices del coral. / Small white spots almost always circular, devoid of soft tissue in which some corallites can be seen.
De 1 a 5 / From 1 to 5	110	El manto blanco va tomando una textura lisa y se van perdiendo la forma de los cálices hacia el interior del área muerta. / Pearly white scab takes on a smooth texture and structure of the corallites is lost towards the interior of the dead area.
De 5 a 10 / From 5 to 10	62	Manchas irregulares, la superficie del manto blanco es cada vez más lisa. Al interior del área muerta se rompe el manto blanco y se coloniza por algas filamentosas. / Irregular spots, surface of pearly white scab increasingly smooth and thick. Inner area broken and colonized by filamentous algae.
De 10 a 20 / From 10 to 20	34	Manchas muy irregulares, manto blanco muy grueso y liso. Puede tener más de una zona de colonización de algas filamentosas e incluso algas incrustantes. Borde externo de la lesión son delgados. Se comienzan a fundir varias lesiones incrementando el área muerta. La mancha blanca ya no es cerrada, entran en contacto las áreas con algas y el tejido coralino vivo. / Very irregular spots, pearly white scab very thick and smooth. Lesions can have more than one zone of colonization by filamentous algae and even encrusting algae. The inner edge of the lesions becomes thinner (Figure 1. white arrow). Several lesions are joined increasing the dead area. The white spot is no longer closed, areas with algae and living coral tissue come into contact.
> 20	21	Lesiones de aspecto similar a la anterior, donde los bordes originales de la costra blanco nacarada desaparecen en algunos sectores y sólo queda una zona cada vez mayor cubierta por algas y los bordes de las lesiones son sólo una fina línea blanca. La costra blanca perlada y la expansión de la lesión continúan por otros sectores. En la lesión se aprecian algas de tipo calcáreo. / Lesions with a similar appearance to previous one, where original edges of pearly white scab disappear in some sectors and only an increasing area covered by algae remains and edges of lesions are only a thin white line. Pearly white scab and expansion of lesion continues through other sectors. Calcareous-type algae can be seen in lesion.



**Figura 1. a)** Colonia de *Acropora palmata* en la bahía de Cinto en 2005 invadida por lesiones de un agente de deterioro con apariencia similar al White Pox. **b)** Detalle de una lesión con engrosamiento y textura perlada característica de estas lesiones y área interna totalmente erosionadas e invadidas por algas de césped. Flecha blanca = bordes exteriores; Flecha negra = bordes interiores.

**Figure 1. a)** Colony of *Acropora palmata* in the bay of Cinto in 2005 invaded by lesions of a deterioration agent with an appearance similar to that of White Pox. **b)** Close-up of a lesion with thickening and pearl texture characteristic of these lesions and internal area totally eroded and invaded by turf algae. Red arrow = outer edges; White arrow = inner edges

Inicialmente, la área nacarada era más ancha que el área interna poblada por algas; en lesiones grandes la zona de la costra nacarada era menos ancha y la zona con algas mucho más grande. Si la lesión avanza rápidamente, el ancho de la banda es mayor, si su velocidad de deterioro disminuye, la zona erosionada por las algas avanza más rápido estrechando la zona de la costra nacarada.

El descenso de la temperatura en los primeros meses del año, que alcanza 22 °C, no frena ni elimina la enfermedad como se ve en otras enfermedades de los corales. Por el contrario, en marzo de 2007 el área de lesiones aumentó significativamente ( $H = 6,87$ ,  $p < 0,032$ ) con respecto a mayo y agosto de 2006. La prueba de rangos múltiples ilustra la diferencia entre los datos de crecimiento promedio registrados en los tres momentos de la recolección de datos (Figura 2). Durante el estudio, las lesiones continuaron creciendo y extendiéndose por toda la formación coralina. Incluso, como se observa en la última foto de la secuencia (Figura 3), diferentes lesiones en crecimiento se fusionaron aumentando el área afectada.

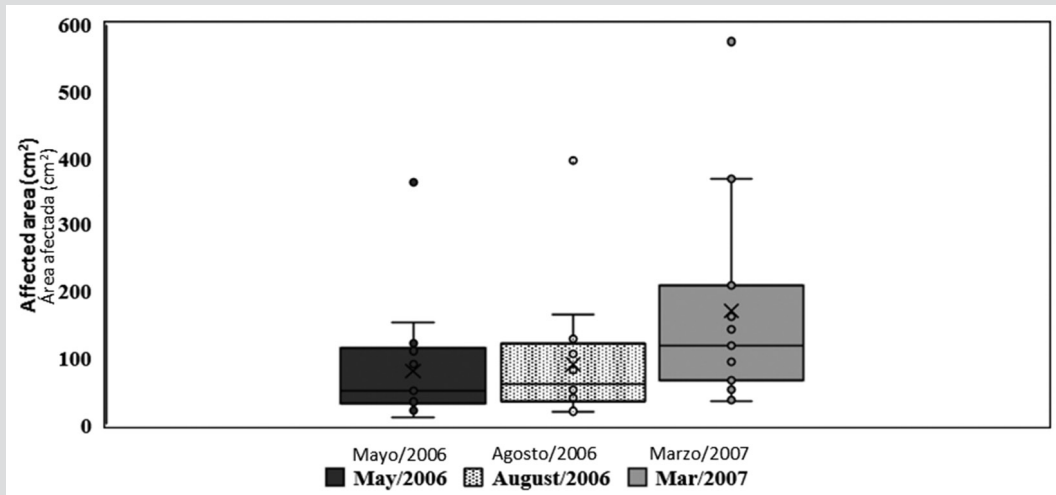
Mediante la prueba de rangos múltiples de LSD se observaron diferencias entre marzo de 2007 y mayo y agosto de 2006.

Initially, the pearly area was wider than the internal area populated by algae; in large lesions the pearly scab area was less wide and the area with algae much larger. If the lesion advances rapidly, the width of the band is larger, if its deterioration speed decreases, the area eroded with algae advance faster narrowing the pearly scab area.

The decrease in temperature in the first months of the year, which lowers to 22 °C, does not stop or eliminate the disease as seen in other coral diseases. On the contrary, in March 2007 the area of the lesions increased significantly ( $H = 6.87$ ,  $p < 0.032$ ) compared to May and August 2006. The multiple range test illustrates the difference between the average growths data recorded in the three moments of data collection (Figure 2). During the study, the lesions continued to grow and spread throughout the coral formation. Even, as observed in the last photo of the sequence (Figure 3), different growing lesions merged, increasing the affected area.

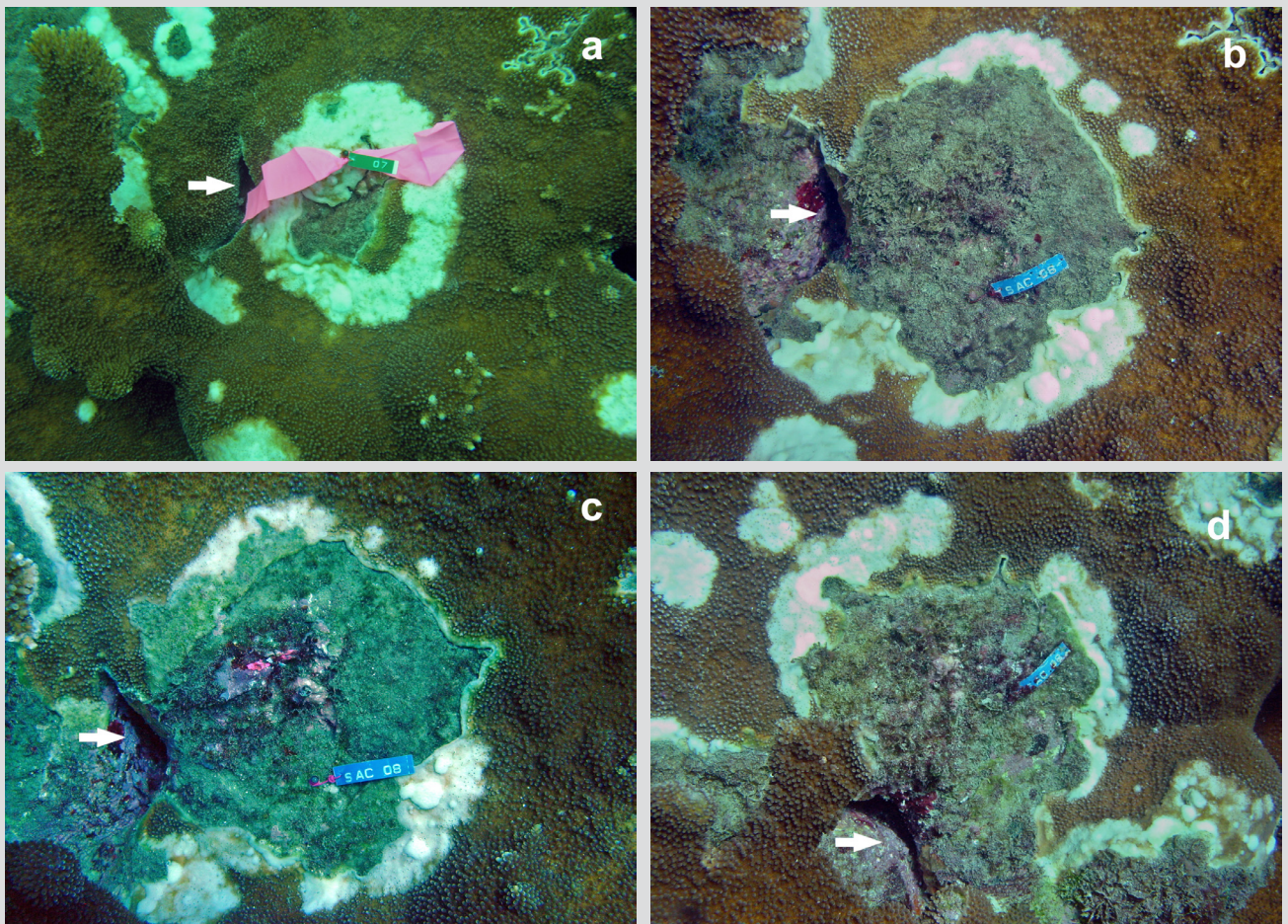
Through the LSD multiple range test, differences between March 2007 and May and August 2006 were observed.





**Figura 2.** Diagrama de caja y bigotes que muestra los promedios ( $\bar{x}$ ), el medio (línea dentro de la caja), los cuartiles (borde de las cajas) y los valores máximo y mínimo (puntos superior e inferior) en los bordes exteriores de las áreas afectadas para cada uno de los periodos de muestreo.

**Figure 2.** Box and whisker plot showing the averages ( $\bar{x}$ ), medium (line inside the box), quartiles (border of the boxes) and the maximum and minimum values (upper and lower points) at the outer edges of the affected areas for each of the sampling periods.



**Figura 3.** Serie temporal de una lesión en *Acropora palmata* en Cinto, (en 2005 se registró con el rótulo N° 7. Posteriormente pasó a denominarse con el rótulo N° 8. Se reconoce por la presencia de la fisura señalada por la flecha): **a)** octubre de 2005; **b)** mayo de 2006; **c)** agosto de 2006 y **d)** marzo de 2007.

**Figure 3.** Time series of an injury in *Acropora palmata* in Cinto, (in 2005 it was registered with tag No. 7. Later it was renamed with tag No. 8. It is recognized by the presence of the crack indicated by the arrow): **a)** October 2005; **b)** May 2006; **c)** August 2006 and **d)** March 2007.

La dificultad para aislar patógenos marinos en cultivo puro (Sutherland *et al.*, 2016), no permitió identificar esta enfermedad. Sin embargo, debido a su apariencia, forma de crecimiento y al hecho de que solo afectó a *A. palmata* a pesar de la presencia de otras especies de coral, creemos que es probable que sea una forma de viruela blanca. La viruela blanca solo afecta a *A. palmata*, mientras que la peste blanca y otras enfermedades blancas afectan a varias otras especies, en particular a *P. strigosa* y *M. cavernosa*.

La prevalencia e infectividad de esta enfermedad, que no dejó de propagarse por todo el arrecife y cuyas lesiones no dejaron de crecer a lo largo del año durante el período de estudio, se evidenció por la gran cantidad de lesiones de los tamaños pequeños (N = 185), incluso en los primeros meses del año que presentan aguas más frías (18-22° C). Usualmente en el PNN Tayrona, enfermedades como la banda negra y la peste blanca cesan e incluso desaparecen durante estos meses de aguas frías (R. Navas-Camacho, datos inéditos), pero las lesiones de la enfermedad registradas en este estudio, nunca se detuvo

La tasa de crecimiento observada de esta enfermedad en Cinto es baja en comparación con estudios previos de la viruela blanca en Florida con un crecimiento de hasta 10,5 cm<sup>2</sup>/día (Patterson *et al.*, 2002) y una tasa de pérdida de tejido informada de 2,5 cm<sup>2</sup>/ día (Sutherland *et al.*, 2004). El limitado crecimiento de las lesiones en Cinto podría estar relacionado con las temperaturas predominantes (27 °C en promedio) y que entre diciembre y abril la temperatura desciende a 20–22 °C debido a surgencias locales (Fajardo, 1978; Andrade y Barton, 2005; Petus *et al.*, 2007), incluso si dicha gota no logra desactivar el patógeno responsable. Un mayor número de lesiones (46,7 %) presentaron un crecimiento lento (0,1 cm<sup>2</sup>/día), mientras que solo 6,7 % de las lesiones crecieron más rápido (0,8 cm<sup>2</sup>/día).

Finalmente, la prevalencia de enfermedades de coral similares a lesiones se ha asociado con descargas de aguas residuales y sistemas sépticos (Patterson *et al.*, 2002; Sutherland *et al.*, 2004, 2010; Lesser y Jarett, 2014). Durante los meses de agosto y septiembre se modifican las corrientes en el PNN Tayrona (Dimar-CIOH, 2009), observándose la pluma del río Magdalena, probable fuente de aguas residuales domésticas de la cuenca alto andina. *Serratia marcescens*, la bacteria responsable de la enfermedad más similar a la observada en este estudio (White Pox), está asociada a aguas residuales domésticas, por lo que la pluma del río Magdalena podría ser una fuente segura de esta bacteria. Adicionalmente, no se puede descartar la responsabilidad compartida con el

The difficulty isolating marine pathogens in pure culture (Sutherland *et al.*, 2016), did not allow this disease to be identified. However, due to its appearance, growth form, and the fact that it only affected *A. palmata* despite the presence of other coral species, we believe that it is likely to be a form of White Pox. White Pox only affects *A. palmata* while white plague and other white diseases affect several other species, particularly *P. strigosa* and *M. cavernosa*.

The prevalence and infectivity of this disease, which did not stop spreading throughout the reef and whose lesions did not stop growing throughout the year during the study period, was evidenced by the large number of lesions with small sizes (N = 185), even in the first months of the year that present colder waters (18-22° C). Usually in the NNP Tayrona, diseases such as the black band and the white plague stop and even disappear during those months of colder waters (R. Navas-Camacho, unpublished data), but the lesions of the disease reported in this study did not stop.

The observed growth rate of this disease at Cinto is low when compared to previous studies of white pox disease in Florida with a growth of up to 10.5 cm<sup>2</sup>/day (Patterson *et al.*, 2002) and a reported rate of tissue loss of 2.5 cm<sup>2</sup>/day (Sutherland *et al.*, 2004). The limited growth of lesions in Cinto could be related to the prevailing temperatures (27 °C on average) and that between December and April temperature drops down to 20-22 °C due to local upwelling (Fajardo, 1978; Andrade and Barton, 2005; Petus *et al.*, 2007), even if such drop fails to deactivate the responsible pathogen. A greater number of lesions (46.7 %) presented slow growth (0.1 cm<sup>2</sup>/day), while only 6.7 % of the lesions grew faster (0.8 cm<sup>2</sup>/day).

Finally, the prevalence of injury-like coral diseases has been associated with sewage discharges and septic systems (Patterson *et al.*, 2002; Sutherland *et al.*, 2004, 2010; Lesser and Jarett, 2014). During the months of August and September, currents change in the Tayrona NNP (Dimar-CIOH, 2009), observing the plume of the Magdalena River, a probable source of domestic wastewater from the upper Andean basin. *Serratia marcescens*, the bacteria responsible for the disease most like to what was observed in this study (White Pox disease), is associated with domestic wastewater, so the plumes of the Magdalena River could be a source of that organism. Additionally, the shared responsibility with the parrotfish *Sparisoma viride* in the incidence of the disease reported here cannot be ruled out, since its feces contain the bacteria *S. marcescens* (Bruckner, 2002) and it is a fish that was commonly recorded throughout the study,





pez loro *Sparisoma viride* en la incidencia de la enfermedad aquí registrada, ya que sus heces contienen la bacteria *S. marcescens* (Bruckner, 2002) y es un pez que fue comúnmente registrado a lo largo del estudio, descargando heces en las ramas del coral *Acropora palmata*.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Invemar por su continuo apoyo en el monitoreo de los arrecifes de coral del país. A Parques Nacionales de Colombia y en especial a las directivas y personal del PNN Tayrona por su apoyo técnico en el área bajo su custodia. A Jaime Garzón Ferreira y Alberto Rodríguez Ramírez. A quienes colaboraron en la recolección de datos de este estudio. El monitoreo SIMAC y este estudio fueron posibles gracias al financiamiento de los proyectos BPIN No. 1141000210000, 1141000230000 y 1141000090000 de los años 2005 a 2007. Aporte No. Xx del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar.

discharging feces close to the branches of the coral *Acropora palmata*.

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank Invemar for its continued support in monitoring the country's coral reefs. To National Parks of Colombia and in particular to the directives and staff of the Tayrona PNN for their technical support in the area under their custody. To Jaime Garzón Ferreira and Alberto Rodríguez Ramírez. To those who collaborated in the data collection of this study. The SIMAC monitoring and this study were made possible thanks to the financing of the BPIN projects No. 1141000210000, 1141000230000 and 1141000090000 from the years 2005 to 2007. Contribution No. Xx of the Institute of Marine and Coastal Research Invemar.

## BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Andrade, C.A. and E.D. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. *Cont. Shelf Res.*, 25: 1003-1022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.12.012>
- Ardila, N., G. Navas y J. Reyes (Eds). 2002. Libro rojo de los invertebrados marinos de Colombia. Invemar. Serie Libros Rojos de Fauna, Flora y Micota Amenazada de Colombia, Tomo I. Bogotá, Colombia.
- Bruckner, A.W. 2002. Priorities for effective management of coral diseases. NOAA Technical Mem., MNFS-OPR-22. 57 p
- Casadevall A. and L. Pirofski. 2014. Ditch the term pathogen. *Nature*, 516, 165. DOI: <https://doi.org/10.1038/516165a>
- Cróquer, A., C. Bastidas and D. Lipscomb. 2006. Folliculinid ciliates: a new treat to Caribbean corals. *Dis. Aq. Org.*, 69:75-78. DOI: <https://doi.org/10.3354/dao069075>
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F.A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Ser. Publ. Esp. Invemar 5, 176 p.
- DIMAR-CIOH. 2009. Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano. Tomo I. Dirección General Marítima-Centro Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Ser. Publ. Esp. CIOH 1,154 p.
- Fajardo, G. 1978. Surgencia costera en las proximidades de la península de la Guajira. *Bol. Cient. CIOH*, 2: 7-19. DOI: [https://doi.org/10.26640/01200542.2.7\\_19](https://doi.org/10.26640/01200542.2.7_19)
- García-Uruena, R. and M.A. Garzón-Machado. 2020. Current status of *Acropora palmata* and *Acropora cervicornis* in the Colombian Caribbean: demography, coral cover and condition assessment. *Hydrobiologia*, 847: 2141–2153 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04238-6>
- Gil-Agudelo, D.L., R. Navas-Camacho, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia, S. Bejarano-Chaparro, J. Garzón-Ferreira y Smith G. W. 2009. Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38 (2): 189-224 p.
- Green, E.P. and A.W. Bruckner. 2000. The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biol. Cons.*, 96: 347-361. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00073-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00073-2).
- Goreau, T.J., J. Cervino, M. Goreau, R. Hayes, M. Hayes, L. Richardson, G.W. Smith, K. DeMeyer, I. Nagelkerken, J. Garzón-Ferreira, D. Gil, G. Garrison, E.H. Williams, L. Bunkley-Williams, C. Quirolo, K. Paterson, J.W. Porter and K. Porter. 1998. Rapid spread of diseases in Caribbean coral reefs. *Rev. Biol. Trop.*, 46: 157-171 p.
- Holden, C. 1996. Coral disease hot spot in the Florida Keys. *Science*, 274: 2017. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.274.5295.2017a>
- Joyner, J.L., K.P. Sutherland, D. Kemp, B. Berry, A. Griffin, J. Porter, M.H.B. Amador, H.K.G. Noren and E.K. Lipp. 2015. Systematic analysis of white pox disease in *Acropora palmata* of the Florida Keys and the role of *Serratia marcescens*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 81: 4451–4457 p. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00116-15>
- Lamb, J.B., J.D. True, S. Piromvaragorn and B.L. Willis. 2014. Scuba diving damage and intensity of tourist activities increases coral disease prevalence. *Biol. Conserv.*, 178, 88–96 p.
- Lesser, M.P. and J.K. Jarett. 2014. Culture-dependent and culture-independent analyses reveal no prokaryotic community shifts or recovery of *Serratia marcescens* in *Acropora palmata* with White Pox disease. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 88(3): 457–467. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12311>

- Kohler, K.E. and S.M. Gill. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Comp. Geosci.*, 32: 1259–1269 p.
- Muller, E.M. and R. van Woesik. 2014. Genetic susceptibility, colony size, and water temperature drive White-Pox disease on the coral *Acropora palmata*. *PLoS One*, 9(11): e110759. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110759>
- Navas-Camacho, R., D.L. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia and J. Garzón-Ferreira. 2010. Coral diseases and bleaching on Colombian Caribbean coral reefs. *Rev. Biol. Trop.*, 58 (supl. 1): 95-106 p.
- Patterson, K.L., J.W. Porter, K.B. Ritchie, S.W. Polson, E. Mueller, E.C. Peters, D.L. Santavy and D.L. Smith. 2002. The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. *Ecology*, 99(13): 8725-8730. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.092260099>
- Petús, C., C. García-Valencia, F. Thomas y V. Cessaraccio. 2007. Caracterización preliminar del proceso de surgencia costera de La Guajira a partir de observación satelital. Programa GEZ, Inf. Fin. Invenmar y Corpoguajira. Santa Marta. 53 p.
- Pollock, F.J., J.B. Lamb, S.N. Field, S.F. Heron, B. Schaffelke, G. Shedrawi, D.G. Bourne and B.L. Willis. 2014. Sediment and turbidity associated with offshore dredging increase coral disease prevalence on nearby reefs. *PLoS One*, 9, e102498. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102498>.
- Reyes, J. y N. Santodomingo. 2002. Manual de Identificación CITES de Invertebrados Marinos de Colombia. Ser. Doc. Gen Invenmar, 8. 99 p.
- Rosenberg, E. and Y. Bem-Haim. 2002. Microbial diseases of corals and global warming. *Environ. Microbiol.*, 4(6): 318-326. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2002.00302.x>.
- Smith, G.W, L.D. Ive, I.A. Nagelkerken and K.B. Ritchie. 1996. Caribbean sea-fan mortalities. *Nature*, 383: 487 p.
- Sutherland, K.P., J.W. Porter and C. Torres. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 266: 273-302. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps266273>
- Sutherland, KP., J.W. Porter, B.J. Turner, E.E. Thomas, T.P. Looney, M.K. Luna, J. Meyers, E.K. Carrie and F. Lipp. 2010. Human sewage identified as likely source of white pox disease of the threatened Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. *Microbiol. Amb.*, 12 (5): 1122-1131 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02152.x>
- Sutherland, K.P., S. Shaban, J.L. Joyner, J.W. Porter and E.K. Lipp. 2011. Human pathogen shown to cause disease in the threatened elkhorn coral *Acropora palmata*. *PLoS One*, 6, e23468. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023468>
- Sutherland, KP., B. Brett, P. Andrew, K. Dustin, W.K. Keri, M.L. Erin and P.W. James. 2016. Shifting white pox etiologies affecting *Acropora palmata* in the Florida Keys, 1994–2014. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 37120150205. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0205>
- Vega Thurber, R.L., D.E. Burkepille, C. Fuchs, A.A. Shantz, R. McMinds and J.R. Zaneveld J.R. 2014. Chronic nutrient enrichment increases prevalence and severity of coral disease and bleaching. *Glob. Chang. Biol.* 20: 544–554. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12450>.
- Weil, E., G. Smith and D.L. Gil-Agudelo. 2006. Status and progress in coral reef disease research. *Dis. Aquat. Org.*, 69: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.3354/dao069001>.
- Young, B., XM. Serrano, S. Rosales, MW. Miller, D. Williams and N. Traylor-Knowles. 2020. Innate immune gene expression in *Acropora palmata* is consistent despite variance in yearly disease events. *Bio R.* xiv 01.20.912410. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.01.20.91241>

**RECIBIDO/RECEIVED:** 24/08/2020

**ACEPTADO/ACCEPTED:** 12/05/2022