



Salud de los Arrecifes de Coral EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

REPORTE 2020 Y 2021

Coral Reef Health IN THE DOMINICAN REPUBLIC

REPORT 2020 & 2021

Rubén E. Torres, Ph. D.
Iker Irazabal, M. Sc.
Reef Check República Dominicana
Reef Check Dominican Republic

Lic. Someira Zambrano
Red Arrecifal Dominicana, República Dominicana
Red Arrecifal Dominicana, Dominican Republic

Aldo Cróquer, Ph. D.
The Nature Conservancy, República Dominicana
The Nature Conservancy, Dominican Republic

Photographies/Photographs:
José Alejandro Álvarez

Salud de los Arrecifes de Coral EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Coral Reef Health IN THE DOMINICAN REPUBLIC

Investigadores/ *Researchers:*

Rubén E. Torres, Ph. D.

Iker Irazabal, M. Sc.

Reef Check República Dominicana, Santo Domingo, República Dominicana

Reef Check República Dominicana, Santo Domingo, Dominican Republic

Aldo Cróquer, Ph. D.

The Nature Conservancy, División del Caribe, Punta Cana, República Dominicana

The Nature Conservancy, Caribbean Division, Punta Cana, Dominican Republic

Lic. Someira Zambrano

Red Arrecifal Dominicana, Santo Domingo, República Dominicana

Red Arrecifal Dominicana, Santo Domingo, Dominican Republic

Estudio científico realizado por:

Scientific study conducted by:







Tabla de contenidos

Table of contents

Resumen ejecutivo <i>Executive summary</i>	10
Introducción <i>Introduction</i>	19
Métodos <i>Methods</i>	23
Resultados y discusión <i>Results and discussion</i>	29
Cobertura bentónica <i>Benthic cover</i>	30
Peces herbívoros y erizos como controles de macroalgas <i>Herbivorous fish and urchins as macroalgae controls</i>	37
Peces depredadores como indicadores de sobrepesca <i>Predatory fish as indicators of overfishing</i>	45
Corales juveniles para el futuro <i>Juvenile corals for the future</i>	48
Enfermedades del coral <i>Coral disease</i>	53
Conclusiones <i>Conclusions</i>	58
Análisis a nivel de la isla <i>Island-level analysis</i>	65
Literatura citada <i>Literature cited</i>	78

Índice de tablas y figuras

Index of tables and figures

Figura 1/Figure 1	24
Regiones y lugares de estudio <i>Study regions and study sites</i>	
Figura 2/Figure 2	31
Porcentaje relativo de cobertura de fondo en República Dominicana <i>Relative percentage of bottom coverage in Dominican Republic</i>	
Figura 3/Figure 3	39
Abundancias relativas de todas las familias de peces estudiadas <i>Relative abundances of all fish families studied for each of the localities.</i>	
Figura 4/Figure 4	39
Abundancias relativas de las familias de peces herbívoros estudiadas <i>Relative abundances of herbivorous fish families studied for each of the localities.</i>	
Figura 5/Figure 5	43
Abundancias relativas de erizos de espinas negras <i>Diadema</i> <i>Relative abundances of long spine urchins Diadema</i>	
Figura 6/Figure 6	47
Abundancias relativas de las familias de peces depredadores estudiadas <i>Relative abundances of predatory fish families studied</i>	
Figura 7/Figure 7	51
Abundancia total de reclutas o corales juveniles <i>Total abundance of recruits or juvenile corals</i>	
Figura 8/Figure 8	66
Porcentaje relativo de cobertura de fondo por corales vivos en la isla <i>Relative percentage of benthic cover by living corals coverage on the island</i>	
Figura 9/Figure 9	67
Porcentaje relativo de cobertura de fondo por macroalgas en la isla <i>Relative percentage of benthic coverage by macro algae on the island</i>	
Figura 10/Figure 10	69
Abundancias relativas de las familias de peces herbívoros estudiadas en la isla <i>Relative abundances of herbivorous fish families studied on the island</i>	
Figura 11/Figure 11	70
Abundancias relativas de erizos de espinas negras <i>Diadema</i> estudiadas en la isla <i>Relative abundances of of Diadema urchins studied on the island</i>	
Figura 12/Figure 12	71
Abundancias relativas de las familias de peces depredadores estudiadas en la isla <i>Relative abundances of predatory fish families studied on the island</i>	
Figura 13/Figure 13	73
Abundancia total de reclutas o corales juveniles estudiadas en la isla <i>Total abundance of recruits or juvenile corals studied on the island</i>	





Resumen ejecutivo

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más diversos y también entre los más amenazados del mundo, y los arrecifes del Caribe están particularmente en riesgo (Jackson et al., 2014). Estudios recientes han demostrado que los arrecifes en el Caribe oriental donde la pesca estaba restringida eran más saludables que los arrecifes donde se permitía la pesca no regulada (Steneck et al., 2018). En los arrecifes donde la pesca, especialmente de herbívoros como algunos peces loro, se ha restringido de manera efectiva, los corales se observan más saludables (Harborne y Mumby 2018). Estos arrecifes pueden considerarse más resistentes a los impactos y algunos se han recuperado completamente de eventos severos de blanqueamiento de coral (Steneck et al., 2019).

Executive summary

Coral reefs are among the most diverse ecosystems and among the most threatened in the world, and Caribbean reefs are particularly at risk (Jackson et al., 2014). Recent studies have shown that reefs in the eastern Caribbean where fishing was restricted were healthier than reefs where unregulated fishing was allowed (Steneck et al., 2018). On reefs where fishing, especially of herbivores such as some parrotfish, has been effectively restricted, corals appear to be healthier (Harborne and Mumby 2018). These reefs can be considered more resistant to impacts and some have fully recovered from severe coral bleaching events (Steneck et al., 2019).



Se estima que, cuando menos del 5 % de macroalgas están presentes en un arrecife, estos sobrevivirán mejor al blanqueamiento (Donovan et al., 2021). Algunos países del Caribe han prohibido la pesca de peces herbívoros como el pez loro y el pez cirujano. Por ejemplo, en 2017, la República Dominicana estableció una prohibición de 2 años para los peces loro, y luego agregó otro año. En 2021 se implementó una prohibición estacional de la pesca de peces loro, como una medida a largo plazo para controlar las macroalgas de rápido crecimiento.

It is estimated that when less than 5 % of macroalgae are present on a reef, they will survive bleaching better (Donovan et al., 2021). Some Caribbean countries have banned fishing on herbivorous fish such as parrotfish and surgeonfish. For example, in 2017, the Dominican Republic established a 2-year ban on parrotfish. A seasonal ban on parrotfish fishing was implemented in 2021, as a long-term measure to control fast-growing macroalgae.



El crecimiento de macroalgas es estimulado por la escorrentía de nutrientes directamente de la tierra y a través de la descarga de los ríos. Cuando no hay suficientes herbívoros, las macroalgas pueden crecer rápidamente y dañar o matar a los corales utilizando una variedad de mecanismos que incluyen exudar compuestos tóxicos y crecer sobre ellos, bloqueando la luz. Si este cambio de fase continúa, puede transformar los arrecifes dominados por corales en arrecifes dominados por algas. Cuando los corales formadores de arrecife dejan de crecer y mueren, la erosión por fuerzas físicas y biológicas puede comenzar a descomponer la estructura del arrecife, resultando en menos hábitat de arrecife de coral disponible para los organismos que en ellos habitan, incluidas especies alimenticias de alto valor como la langosta y diversos peces. A medida que la estructura física de un arrecife se rompe, ya no puede proporcionar una barrera efectiva para la acción de las olas durante las tormentas, exponiendo así la costa a olas más destructivas.

La Red Mundial de Monitoreo de Arrecifes (GCRMN, por sus siglas en inglés) desarrolló directrices para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe, con el fin de medir estos factores clave de la salud de los arrecifes de coral, a través del tiempo y el espacio.

The growth of macroalgae is also stimulated by nutrient runoff directly from the land and through discharge from rivers. When there aren't enough herbivores, macroalgae can grow quickly and damage or kill corals using a variety of mechanisms including exuding toxic compounds and growing on top of them, blocking light. If this phase change continues, it can transform coral-dominated reefs into algae-dominated reefs. When reef-forming corals stop growing and die, erosion by physical and biological forces can begin to break down the reef structure, resulting in less coral reef habitat available to the organisms that inhabit them, including high-value food species such as lobster and various fish. As the physical structure of a reef breaks down, it can no longer provide an effective barrier to wave action during storms, thus exposing the coast to more destructive waves.

The Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) developed guidelines for coral reef monitoring in the Caribbean, in order to measure these key factors of coral reef health,

Los factores más importantes a medir incluyen la cobertura de coral por especie, la cobertura de macroalgas, la densidad de depredadores y peces herbívoros, densidad de erizos y densidad de corales juveniles.

Para este estudio, se recopilieron datos de Nivel 2 de (GCRMN, por sus siglas en inglés) de 2 sitios o puntos de buceo en 6 áreas de arrecifes de coral a lo largo de la costa de la República Dominicana en octubre del 2021. Las áreas de estudio fueron Pedernales, La Caleta, Bayahibe, Punta Cana, Las Galeras y Montecristi (Figura 1). El porcentaje de fondos marinos cubiertos por coral vivo mostró una alta variación entre todas las áreas, que va desde apenas un 2 % hasta alrededor de

across time and space. The most important factors to measure include coral cover by species, macroalgae coverage, predator and herbivorous fish density, urchins density, and juvenile coral density.

For this study, GCRMN data was collected from 2 reefs or dive sites in 6 coral reef areas along the coast of the Dominican Republic during October 2021. The study areas were Pedernales, La Caleta, Bayahibe, Punta Cana, Las Galeras and Montecristi (Figure 1). The percentage of seabed covered by live coral showed high variation among all areas, ranging from just 2 % to around





un 21 %, con el promedio de todos los sitios apenas en 11 % (Figuras 2 y 3). La caída de la cobertura de los arrecifes monitoreados en Montecristi es el evento más destacado que se presenta en este reporte. En este sentido, se observó una caída desde 40 % a menos de 5 % de coral vivo. Los arrecifes de la Caleta siguen siendo los de mayor cobertura de coral vivo comparado con los otros sitios monitoreados. Los arrecifes caracterizados en Bayahibe muestran una tendencia estable con respecto a años anteriores, y junto con los sitios de Pedernales mostraron valores intermedios de cobertura viva. Los arrecifes muestreados en Galeras y Punta Cana mantienen coberturas de coral vivo por debajo del 8 %. La cobertura de macroalgas a nivel nacional es generalmente de 3 a 9 veces mayor cuando se compara con la cobertura de coral vivo.

La biomasa de peces fue mayor que años anteriores tanto en arrecifes ubicados en la costa norte (Montecristi) como en la costa sur (Bayahibe y Punta Cana) (Figura 3). Los peces herbívoros como el pez loro y el pez cirujano fueron las familias más abundantes en esos arrecifes (Figura 4). Las densidades de erizos negros de espinas largas fueron extremadamente bajas en la mayoría de las áreas estudiadas (Figura 5).

21 %, with the average of all sites at just 11 % (Figures 2 and 3). The fall in reef cover monitored at Montecristi is the most prominent event presented in this report. In this sense, a decline from 40 % to less than 5 % of live coral was observed. The reefs of la Caleta continue to have the highest coverage of live coral compared to the other sites monitored. The reefs characterized in Bayahibe show a stable trend with respect to previous years, and together with the sites of Pedernales showed intermediate values of live cover. Reefs sampled at Galeras and Punta Cana maintain live coral coverage below 8 %. Macroalgae coverage nationwide is generally 3 to 9 times greater when compared to live coral coverage.

Fish biomass was higher than previous years in both reefs located on the north coast (Montecristi) and on the south coast (Bayahibe and Punta Cana) (Figure 3). Herbivorous fish such as parrotfish and surgeonfish were the most abundant families on those reefs (Figure 4). Densities of long spine urchins were extremely low in most of the areas studied (Figure 5).

Encontramos que los juveniles de coral fueron mas abundantes en Las Galeras, alrededor de 6 reclutas/20 m², mientras que las menores densidades fueron observadas en Pedernales, con 0,6 reclutas/20 m² (Figura 7). Las enfermedades de los corales fueron cuantificadas, sobre todo el efecto que la Enfermedad de Pérdida Rápida de Tejido (SCRTLD, por sus siglas en inglés) ha tenido en la costa norte del país. En Montecristi se observaron grandes esqueletos de colonias de coral de la especie *Dendrogyra cylindrus* que posiblemente sucumbieron entre el 2019 y el 2021 a causa de brotes de dicha enfermedad, la cual se encuentra en fase endémica en la región noroccidental del país. Por igual, en las Galeras se encontraron evidencias de colonias muertas recientemente, quizás por enfermedad de pérdida de tejido rápido, la cual se encuentra en fase epidémica en Samaná desde marzo de 2021. Esto sigue el patrón de incidencia Oeste-Este en la costa atlántica de la isla reportado para la República de Haití. Es vital el reforzamiento del monitoreo nacional con observaciones repetidas en el tiempo con el fin de dar seguimiento a estos cambios y propiciar el mejoramiento de marcos regulatorios del uso de los arrecifes en República Dominicana.

We found that coral juveniles were more abundant in Las Galeras, around 6 recruits/20 m², while the lowest densities were observed in Pedernales, with 0.6 recruits/20 m² (Figure 7). Coral diseases were quantified, especially the effect rapid tissue loss disease (SCRTLD) has had on the north coast of the country. In Montecristi, large skeletons of coral colonies of the species *Dendrogyra cylindrus* were observed that possibly succumbed between 2019 and 2021 due to outbreaks of this disease, which is in endemic phase in the northwestern region of the country. Similarly, in the Galeras evidence of recently dead colonies was found, perhaps due to rapid tissue loss disease, which is in the epidemic phase in Samaná since March 2021. This follows the West-East incidence pattern on the Atlantic coast of the island reported for the Republic of Haiti. It is vital to strengthen national monitoring with repeated observations over time to monitor these changes and promote the improvement of regulatory frameworks for the use of reefs in the Dominican Republic.

Keywords: Dominican Republic, coral reefs, marine protected areas, parrotfish, monitoring, GCRMN.

Palabras clave: República Dominicana, arrecifes de coral, áreas marinas protegidas, peces loro, monitoreo, (GCRMN, por sus siglas en inglés).







Introducción

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más diversos y también entre los más amenazados del mundo, y los arrecifes del Caribe están particularmente en riesgo (Jackson et al., 2014). Estudios recientes han demostrado que los arrecifes en el Caribe oriental donde se restringió la pesca eran más saludables que los arrecifes donde se permitía la pesca no regulada (Steneck et al., 2018). En los arrecifes donde la pesca, especialmente de herbívoros como algunos peces loro, se ha restringido efectivamente, los corales se encuentran en mejor estado de salud. Estos arrecifes pueden considerarse más resistentes a los impactos y algunos se han recuperado completamente de eventos severos de blanqueamiento (Steneck et al., 2019). Algunos países del Caribe han prohibido la pesca de peces herbívoros como el pez loro y el pez cirujano. Por ejemplo, en 2017, la República Dominicana estableció una prohibición de 2 años para los peces loro, y luego agregó otro año. En 2021, se implementó una prohibición estacional de la pesca de peces loro desde principios de septiembre hasta finales de diciembre, como una medida a largo plazo para controlar las macroalgas de rápido crecimiento.

El crecimiento de macroalgas es estimulado por la escorrentía de nutrientes directamente de la tierra y a través de la descarga de los ríos. Cuando no hay suficientes herbívoros, las macroalgas pueden crecer rápidamente y dañar o matar a los corales utilizando una variedad de mecanismos que incluyen exudar compuestos tóxicos y crecer sobre ellos, bloqueando la luz. Si este cambio de fase continúa, puede transformar los arrecifes dominados por corales en arrecifes dominados por algas. Cuando los corales formadores de arrecife dejan de crecer y mueren, la erosión por fuerzas físicas y biológicas puede comenzar a descomponer la estructura del arrecife, hay menos hábitat de arrecife de coral disponible para los organismos que en ellos habitan, incluidas ciertas especies alimenticias de alto valor como las langostas y los peces. A medida que la estructura física de un arrecife se rompe, ya no puede proporcionar una barrera efectiva para la acción de las olas durante las tormentas, exponiendo así la costa a olas más destructivas.

Tras varias décadas de investigación científica en el Caribe, los científicos han concluido que existen ciertos “impulsores” fundamentales e indicadores de la salud arrecifal. Un “impulsor” es un factor que contribuye a o causa que un arrecife este sano o malsano (o muerto).

Introduction

Coral reefs are among the most diverse ecosystems and among the most threatened in the world, and Caribbean reefs are particularly at risk (Jackson et al., 2014). Recent studies have shown that reefs in the eastern Caribbean where fishing was restricted were healthier than reefs where unregulated fishing was allowed (Steneck et al., 2018). On reefs where fishing, especially of herbivores such as some parrotfish, has been effectively restricted, corals are in better health. These reefs can be considered more resistant to impacts and some have fully recovered from severe bleaching events (Steneck et al., 2019). Some Caribbean countries have banned fishing for herbivorous fish such as parrotfish and surgeonfish. For example, in 2017, the Dominican Republic established a 2-year ban for parrotfish, and then added another year. In 2021, a seasonal ban on parrotfish fishing was implemented from early September to the end of December, as a long-term measure to control fast-growing macroalgae.

The growth of macroalgae is stimulated by nutrient runoff directly from the land and through discharge from rivers. When there aren't enough herbivores, macroalgae can grow quickly and damage or kill corals using a variety of mechanisms including exuding toxic compounds and growing on top of them, blocking light. If this phase change continues, it can transform coral-dominated reefs into algae-dominated reefs. When reef-forming corals stop growing and die, erosion by physical and biological forces can begin to break down the reef structure, there is less coral reef habitat available to the organisms that inhabit them, including certain high-value food species such as lobsters and fish. As the physical structure of a reef breaks down, it can no longer provide an effective barrier to wave action during storms, thus exposing the coast to more destructive waves.

After several decades of scientific research in the Caribbean, scientists have concluded that there are certain fundamental “drivers” and indicators of reef health. A “driver” is a contributing factor to or causes a reef to be healthy or unhealthy (or dead).



Luego de la publicación de *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs* por Jeremy Jackson en el 2014, con el objetivo de recolectar datos de manera más eficiente y comparable a través de toda la región, la Red de Monitoreo Global de Arrecifes (GCRMN, por sus siglas en inglés), desarrolló directrices para el monitoreo de arrecifes de coral, para así asegurar que por lo menos estos impulsores fundamentales sean específicamente seleccionados para determinar la salud de los arrecifes, a través del tiempo y espacio. Los aspectos más importantes que deben medirse incluyen: cobertura coralina por especies de coral constructoras de arrecifes, cobertura y altura de macroalgas, densidad de depredadores y peces herbívoros, erizos, y corales juveniles.

Además, con el apoyo del Proyecto Corredor Biológico y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, se comenzó a monitorear seis zonas en Haití durante el verano del 2019, para completar el primer monitoreo de salud arrecifal jamás realizado de la isla completa.

Para el presente estudio, se recopilieron datos de Nivel 2 de (GCRMN, por sus siglas en inglés) de 2 sitios cada uno en 6 áreas de arrecifes de coral a lo largo de la costa de la República Dominicana durante octubre del 2021. Las áreas de estudio se seleccionaron en base al Monitoreo Nacional de arrecifes de coral que se viene realizando desde el año 2015 e incluyen arrecifes representativos en Pedernales, La Caleta, Bayahibe, Punta Cana, Las Galeras y Montecristi (Figura 1). Cada uno de estos sitios se encuentra dentro de un área declarada Área Marina Protegida (AMP), siendo respectivamente el Santuario Marino Arrecifes del Suroeste, Parque Nacional Submarino La Caleta, Santuario Marino Arrecifes del Sureste, Santuario de las Mamíferos Marinos Banco de la Plata y Parque Nacional Submarino de Montecristi.

Following the publication of *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs* by Jeremy Jackson in 2014, with the goal of collecting data more efficiently and comparably across the region, the Global Reef Monitoring Network (GCRMN) developed guidelines for coral reef monitoring, to ensure that at least these fundamental drivers are specifically selected to determine reef health, across time and space. The most important aspects to be measured include coral cover by reef-building coral species, macroalgae cover and height, predator density and herbivorous fish, long spine urchins, and juvenile corals.

In addition, with the support of the Biological Corridor Project and the United Nations Environment Program, six areas in Haiti began to be monitored during the summer of 2019, to complete the first ever reef health monitoring of the entire island.

For the present study, GCRMN data were collected from 2 sites each in 6 coral reef areas along the coast of the Dominican Republic during October 2021. The study areas were selected based on the National Coral Reef Monitoring that has been carried out since 2015 and include representative reefs in Pedernales, La Caleta, Bayahibe, Punta Cana, Las Galeras and Montecristi (Figure 1). Each of these sites is located within an area declared a Marine Protected Area (MPA), being respectively the Southwest Reef Marine Sanctuary, La Caleta Submarine National Park, Southeast Reef Marine Sanctuary, Banco de la Plata Marine Mammal Sanctuary and Montecristi Submarine National Park.





Métodos
Methods

Métodos

Nuestro equipo examinó los arrecifes en las seis áreas que son representativas en términos de desarrollo de la estructura de los arrecifes alrededor de la República Dominicana utilizando los métodos (GCRMN, por sus siglas en inglés) Nivel 2. Se inspeccionaron al menos dos sitios dentro de cada área de arrecife. Se utilizaron múltiples transectos para cada tipo de monitoreo como se indica a continuación.

TRANSECTOS DE CORAL: En cada sitio se utilizaron cuatro transectos de cinturón de 10 m x 1 m. Una línea plomada fue colocada en el fondo marino siguiendo los contornos del sustrato.

Methods

Our team examined reefs in the six areas that are representative in terms of developing reef structure around the Dominican Republic using GCRMN Level 2 methods. At least two sites within each reef area were inspected. Multiple transects were used for each type of monitoring as indicated below.

CORAL TRANSECTS: Four 10 m x 1 m belt transects were used at each site. A plumb line was placed on the seabed following the contours of the substrate. All corals under the line were counted and identified by species, and the diameter of each colony was measured.

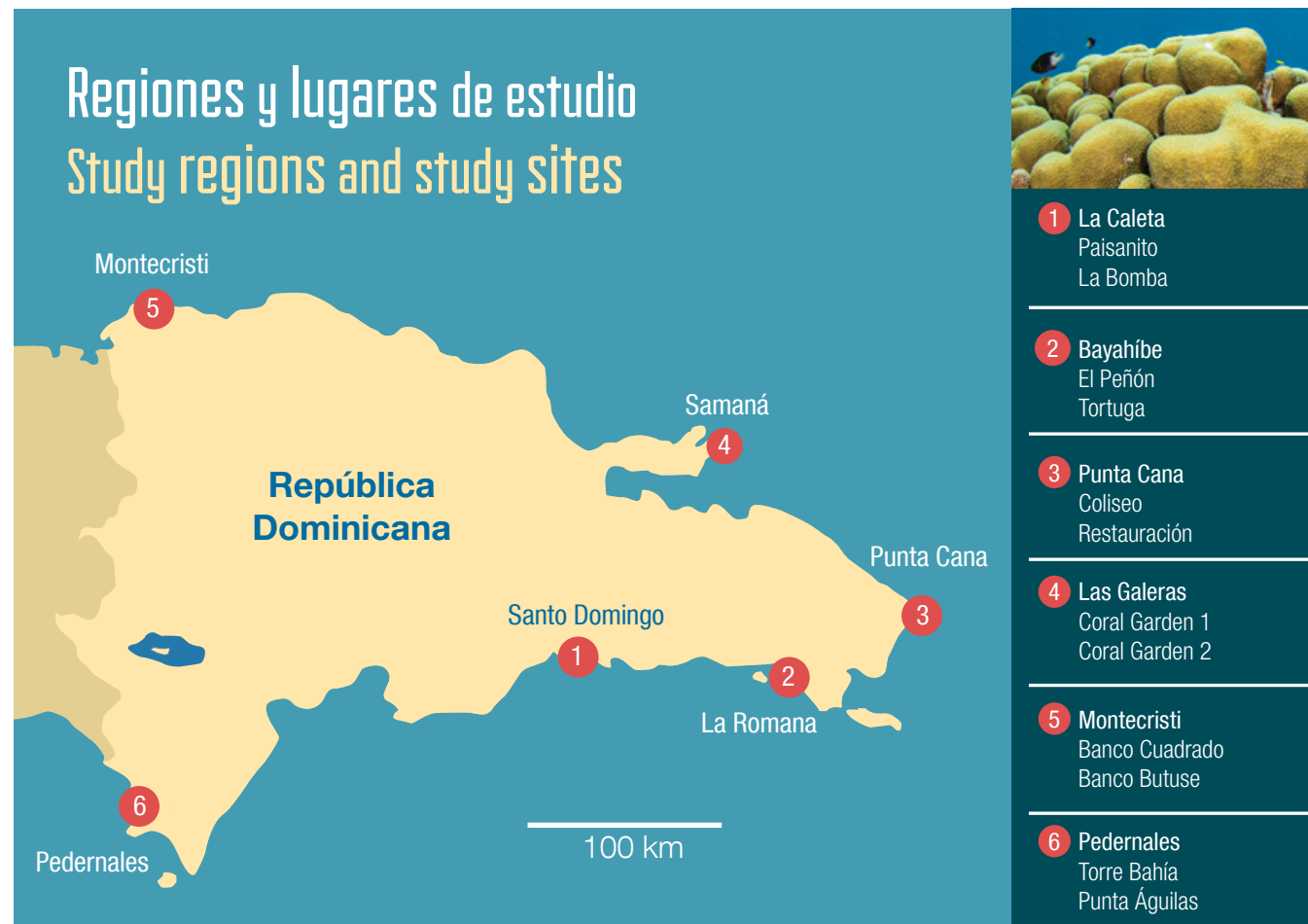
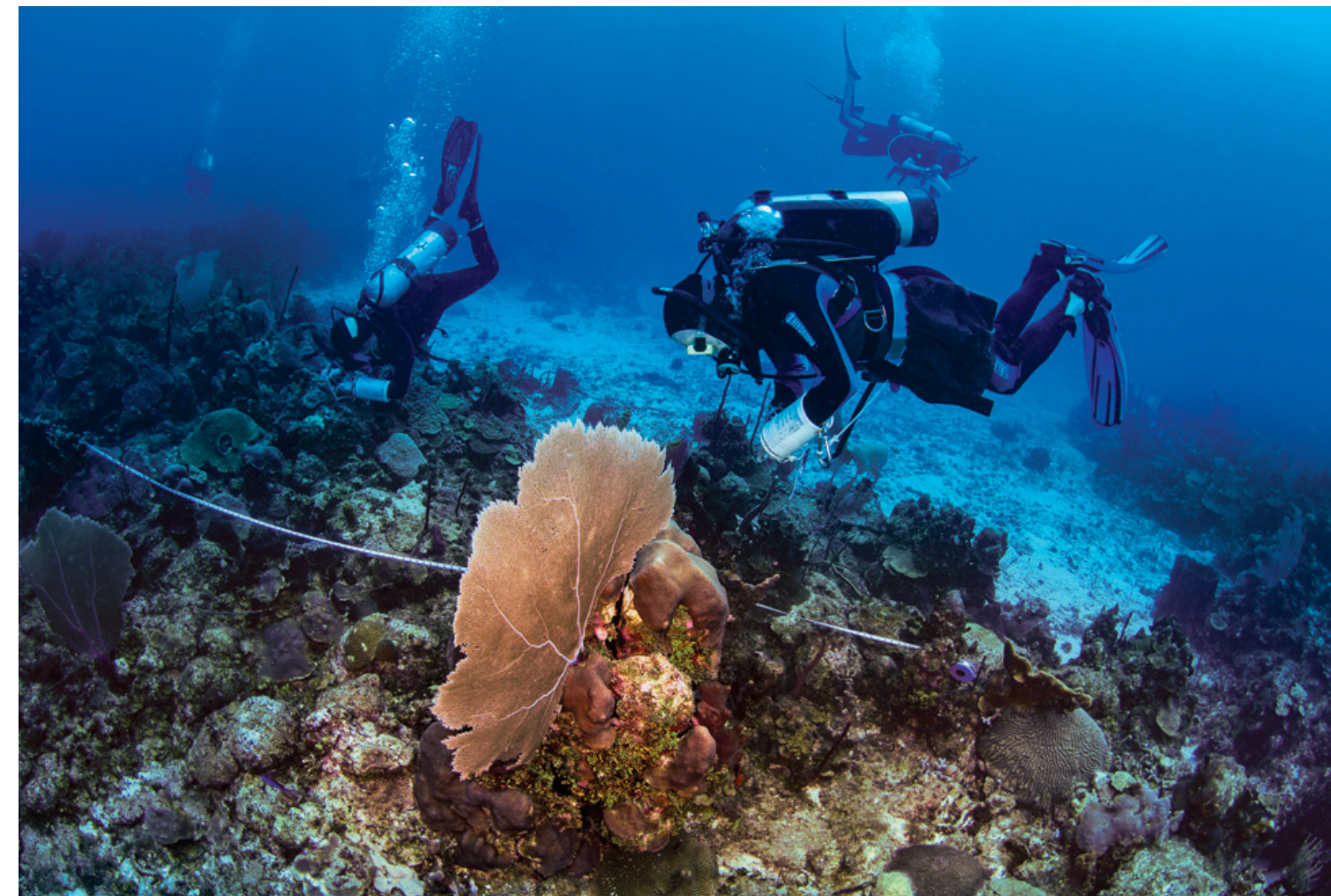


Figura 1: Mapa de las localidades estudiadas entre 2019-2021 para la República Dominicana.
Figure 1: Map of the localities studied between 2019-2021 for The Dominican Republic.

Todos los corales bajo la línea fueron contados e identificados por especie, y se midió el diámetro de cada colonia.

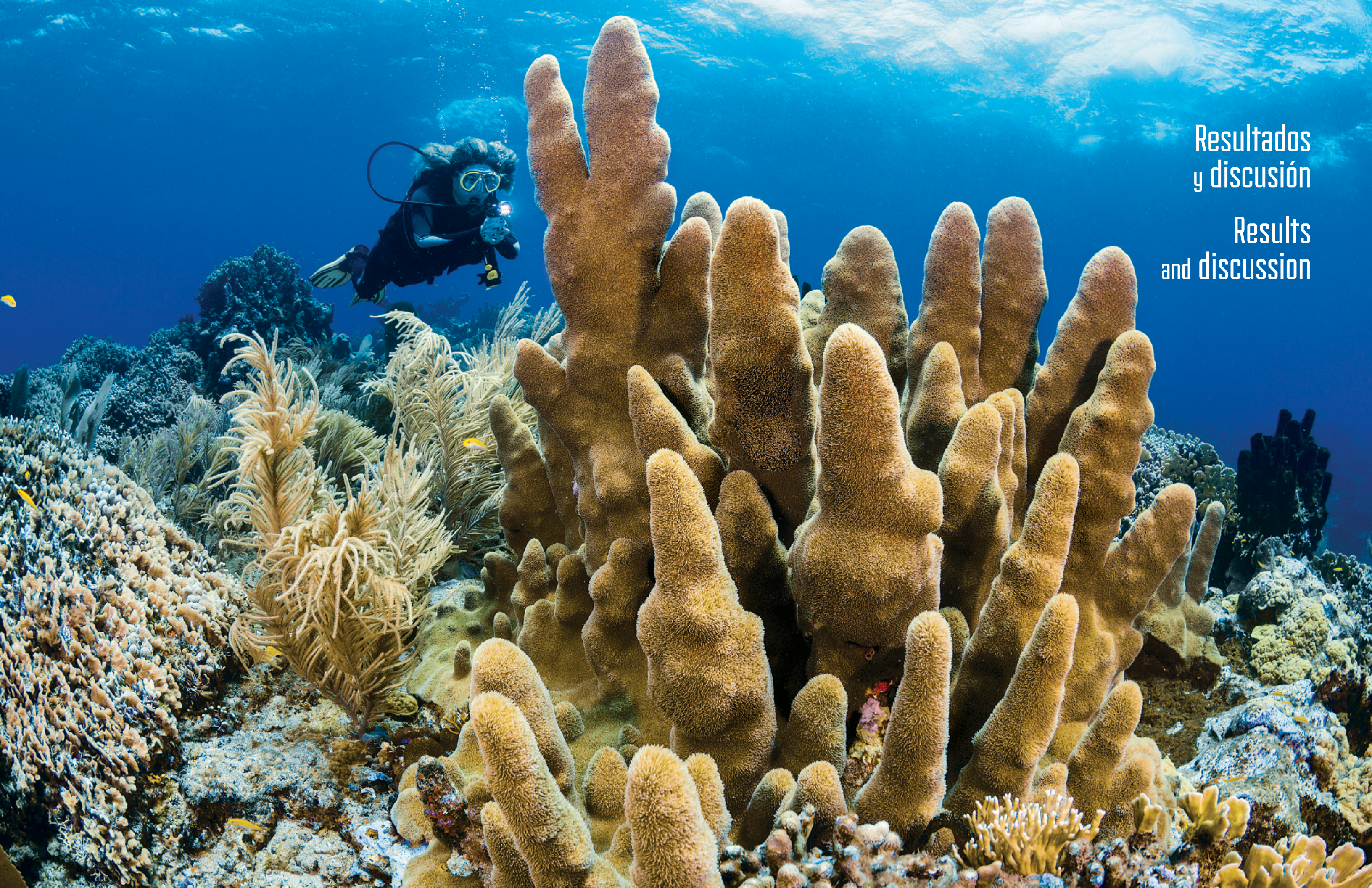
ESTUDIO BENTÓNICO: Se utilizaron cuatro transectos de 10 m nuevamente de línea plomada. Se anotó la composición del sustrato a intervalos de 10 cm (intersecciones puntuales) a lo largo de la línea. Se contaron los erizos en un área de 10 x 2 m. Se colocaron cinco cuadrados de 25 cm x 25 cm a intervalos de 2 m en la línea de transecto de 10 m. Se trató de localizar, identificar y medir todos los corales juveniles en estos cuadrados. Se midió la altura promedio del dosel de las algas en el centro de cada cuadrado en cada uno de los 4 transectos por arrecife.

TRANSECTOS DE PECES: Se utilizó una cinta métrica de 30 m como línea central del transecto de cinturón de 2 m de ancho. Se fija un extremo al fondo y el buzo lleva el carrete mientras nada y cuenta los peces hasta que se alcanza el final del carrete de 30 m. Se anotó presencia y dimensiones todos los peces depredadores (meros, pargos, etc.) más los herbívoros (por ejemplo, loros, cirujanos, etc.). Se tomaron entre 6 a 8 transectos por arrecife.

BENTHIC STUDY: Four transects of 10 m again of plumb line were used. The composition of the substrate was noted at intervals of 10 cm (point intersections) along the line. Long spine urchins were counted in an area of 10 x 2 m. Five squares of 25 cm x 25 cm were placed at intervals of 2 m on the 10 m transect line. We tried to locate, identify and measure all the juvenile corals in these squares. We measured the average height of the algae canopy in the center of each square in each of the 4 transects per reef.

FISH TRANSECTS: A 30 m tape measure was used as the center line of the 2 m wide belt transect. One end is fixed to the bottom and the diver carries the reel while swimming and counts the fish until the end of the 30 m reel is reached. The presence and dimensions of all predatory fish (groupers, snappers, etc.) plus herbivores (e.g. parrots, surgeons, etc.) are noted. Between 6 to 8 transects were taken per reef.





Resultados
y discusión

Results
and discussion

Cobertura Bentónica

La cobertura de coral vivo en las localidades fue variable, registrando un promedio máximo cercano a 20 % en Caleta (12.5 %-23) y un mínimo de 3 % en los sitios de Montecristi (1-8.7 %). En el contexto nacional, los sitios de Bayahibe y Pedernales presentaron valores promedio de cobertura coralina intermedios. En el caso de Bayahibe, la cobertura de coral vivo fue de 14.3 % (3.6-21 %), mientras que en Pedernales fue de 12.8 % (5-27 %) (Figura 2). De manera comparativa, los sitios monitoreados en La Caleta durante el último trimestre de 2021 mostraron entre 2-5 veces más cobertura de coral vivo que los valores promedios obtenidos en el resto de los sitios muestreados. Los sitios de Galeras y Punta Cana tienen una proporción de coral vivo similar, y solo son duplicados por los valores de cobertura de coral vivo encontrados en algunos transectos muestreados en Bayahibe y Pedernales. A continuación, se presenta un análisis detallado del estado de salud de los arrecifes de cada localidad de muestreo basado en los sitios monitoreados. Los sitios se describen de menor a mayor de cobertura de coral vivo.

Benthic Cover

The coverage of live coral in the localities was variable, registering a maximum average close to 20 % in Caleta (12.5 %-23) and a minimum of 3 % in the Montecristi sites (1-8.7 %). In the national context, the Bayahibe and Pedernales sites presented intermediate average coral cover values. In the case of Bayahibe, the coverage of live coral was 14.3 % (3.6-21 %), while in Pedernales it was 12.8 % (5-27 %) (Figure 2). Comparatively, the sites monitored in La Caleta during the last quarter of 2021 showed between 2-5 times more live coral cover than the average values obtained in the rest of the sampled sites. The Galeras and Punta Cana sites have a similar proportion of live coral, and are only duplicated by the live coral cover values found in some transects sampled at Bayahibe and Pedernales. Below is a detailed analysis of the reef health status of each sampling locality based on the monitored sites. Sites are described from lowest to highest live coral cover.

Cobertura del fondo/Bottom coverage

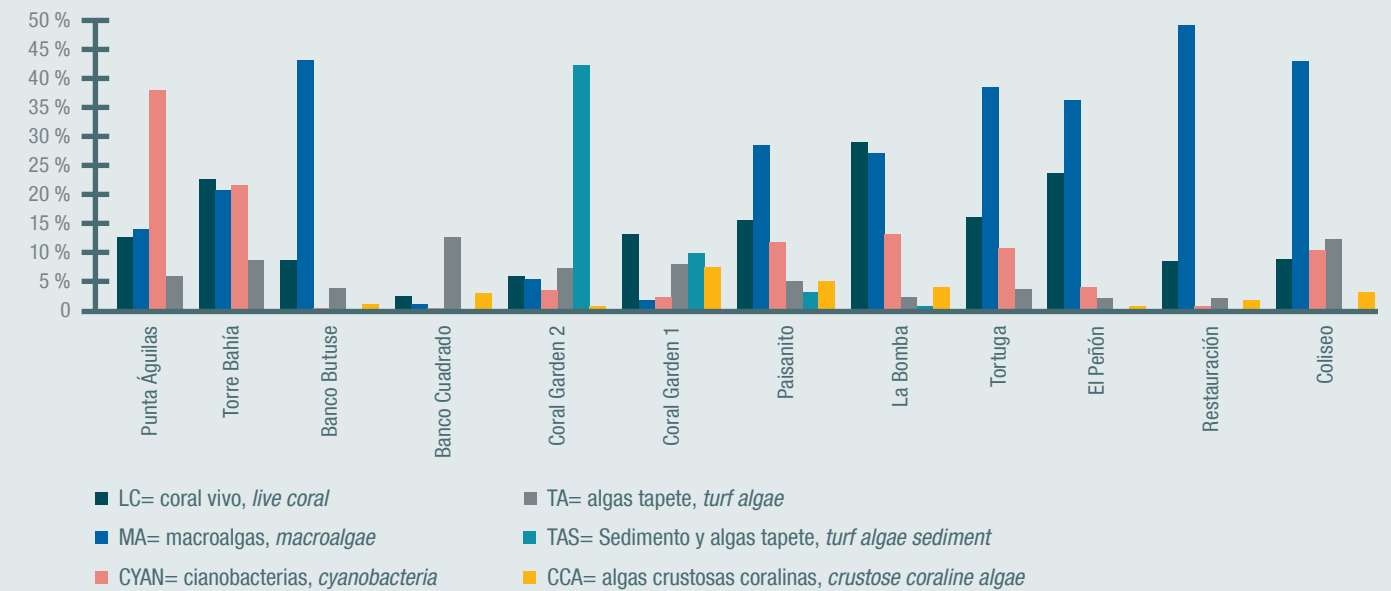


Figura 2: Porcentaje relativo de cobertura de fondo (factores bióticos y abióticos) para cada una de las localidades estudiadas.
Figure 2: Relative percentage of bottom coverage (biotic and abiotic factors) for each of the localities studied.



De manera específica, en los dos arrecifes de Montecristi muestreados se registró en promedio alrededor de 12 veces menos cobertura de coral vivo menos comparado con el reporte de 2018-2019 (Steneck y Torres, 2019) donde se reportaron valores superiores al 35 %. En estos arrecifes, en promedio la cobertura de macroalgas del género *Dyctiota* spp. y de algas tapete fue 6-7 veces mayor que la cobertura de coral vivo. Sin embargo, se observa la misma tendencia para las algas crustosas coralinas, algunas de ellas capaces de promover el asentamiento coralino. Sin embargo, la densidad de reclutas estuvo por debajo del resto de los lugares monitoreados a nivel nacional.

Los dos sitios de monitoreo de Punta Cana presentan una cobertura coralina menor al 10 %. En promedio la cobertura de macroalgas en los géneros *Turbinaria* spp, *Lobophora* spp, *Sargassum* spp. y de algas tapete es de 4-5 veces mayor que la cobertura de coral vivo en los sitios monitoreados en esta localidad, respectivamente. Adicionalmente, la cobertura de cianobacterias bentónicas duplica la cobertura de coral vivo. Estos indicadores pueden sugerir problemas de disturbios crónicos (e.g. entrada de nutrientes poco control por herbivoría) presentes en el área de estudio.

Specifically, in the two Montecristi reefs sampled, about 12 times less live coral cover was recorded on average compared to the 2018-2019 report (Steneck and Torres, 2019) where values above 35 % were reported. In these reefs, on average the coverage of macroalgae of the genus *Dyctiota* spp. and turf algae was 6-7 times greater than the coverage of live coral. However, the same trend is observed for coralline crustose algae, some of them capable of promoting coral settlement. However, the density of recruits was below the rest of the places monitored nationally.

The two monitoring sites in Punta Cana have a coral cover of less than 10 %. On average the coverage of macroalgae in the genera *Turbinaria* spp, *Lobophora* spp, *Sargassum* spp. and of turf algae is 4-5 times greater than the coverage of live coral in the monitored sites in this locality, respectively. Additionally, the coverage of benthic cyanobacteria doubles the coverage of live coral. These indicators may suggest problems of chronic disturbances (e.g. nutrient input little control by herbivory) present in the study area.



durante el monitoreo. En promedio, la cobertura de algas tapete es 1.4 veces mayor que la de coral vivo, mientras que el resto de las categorías de sustrato se encuentran en menor proporción. Estos sitios, junto a los arrecifes muestreados en Bayahibe, muestran la mayor riqueza de especies de coral. Los arrecifes de Pedernales se encuentran alejados de la mayor parte de los grandes centros poblados de la República Dominicana, aún así, muestran signos de deterioro claros.

En los sitios monitoreados en Bayahibe, la cobertura de macroalgas principalmente del grupo de algas pardas (e.g. *Dyctiota* spp y *Lobophora* spp), triplica la cobertura de coral vivo. Asimismo, la proporción de cianobacterias bentónicas es 1.3 veces mayor que la cobertura de coral vivo, mientras que las algas tapete y el coral vivo muestra una proporción casi igual (1:1). Los otros componentes

during monitoring. On average, the coverage of mat algae is 1.4 times greater than that of live coral, while the rest of the substrate categories are found in a smaller proportion. These sites, along with the reefs sampled at Bayahibe, show the greatest richness of coral species. The reefs of Pedernales are far from most of the large population centers of the Dominican Republic, yet they show clear signs of deterioration.

At the monitored sites in Bayahibe, the macroalgae cover mainly from the brown algae group (e.g. *Dyctiota* spp and *Lobophora* spp), triples the live coral cover. Likewise, the ratio of benthic cyanobacteria is 1.3 times greater than the coverage of live coral, while the turf algae and live coral show an almost equal (1:1) The other components of the benthic community

Por su parte, la alta proporción de estas algas puede interferir el espacio disponible para el reclutamiento coralino.

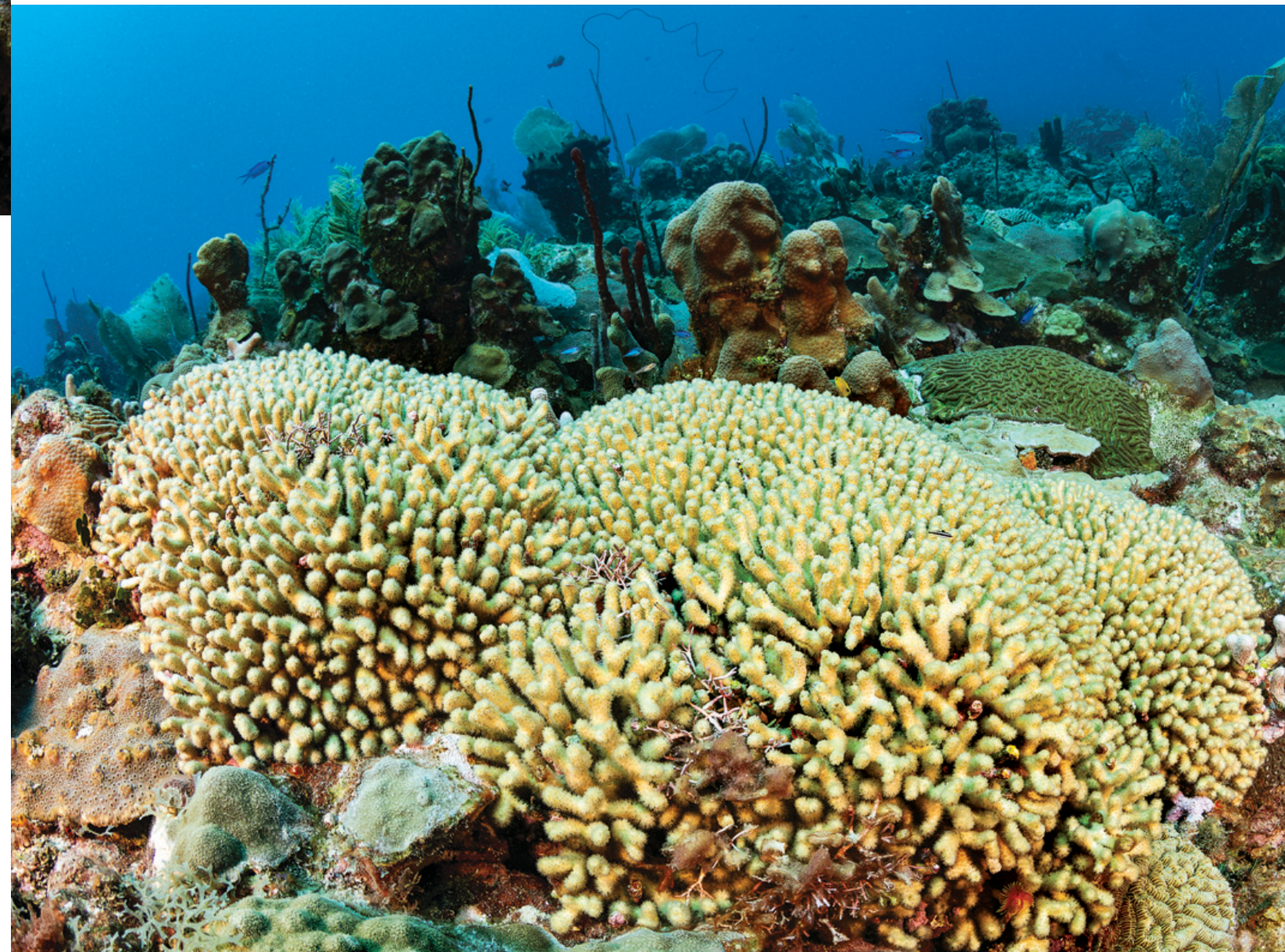
Los sitios muestreados en Las Galeras son arrecifes de barrera ubicados cerca de la costa y con una clara carga de sedimentos que cubren el sustrato y se mezclan con las algas tapete. Otra característica diferencial de este sitio con respecto a otros es la alta cobertura de octocorales (0.2-16.8 %) con un promedio de 6.5 %, lo que representa una proporción 1:1 cuando se compara con la cobertura de coral vivo. Los octocorales son organismos que suelen ser más susceptibles a los altos niveles de sedimentación, por lo que son más abundantes en áreas de alta energía de oleaje donde los sedimentos son removidos por las corrientes. En este arrecife, los corales abanicos (*Gorgonia* spp) y candelabros (*Plexaura* spp) son especialmente abundantes.

Los sitios muestreados en Pedernales muestran hasta 4 veces más cobertura de cianobacterias bentónicas que coral vivo, siendo la localidad con mayor cobertura de cianobacterias encontrada

On the other hand, the high proportion of these algae can interfere with the space available for coral recruitment.

The sites sampled at Las Galeras are barrier reefs located near the coast and with a clear load of sediments that cover the substrate and mix with the turf algae. Another distinguishing feature of this site with compared to others is the high coverage of octocorals (0.2-16.8 %) with an average of 6.5 %, which represents a 1:1 ratio when compared to the coverage of live coral. Octocorals are organisms that are usually more susceptible to high levels of sedimentation, so they are more abundant in areas of high wave energy where sediments are removed by currents. On this reef, fan corals (*Gorgonia* spp) and chandeliers (*Plexaura* spp) are especially abundant.

The sites sampled in Pedernales show up to 4 times more coverage of benthic cyanobacteria than living coral, being the locality with the highest coverage of cyanobacteria found





de la comunidad bentónica (e.g. octocorales, esponjas y otros organismos) se encuentra en menor proporción cuando se les compara con la cobertura de coral vivo. En promedio, la cobertura de algas crustosas coralinas (CCA) en estos arrecifes fue menor al 5 % con una relación 1:0.3 comparado con la cobertura viva de coral (i.e., 30 % menos CCA que coral vivo). Este indicador es importante, dado que los sitios monitoreados podrían tener una limitación de espacio para el reclutamiento coralino. Sin embargo, la presencia de grandes colonias reproductivas podría aportar al pool de larvas de coral local.

Los arrecifes de la Caleta fueron los que registraron mejores indicadores de salud. En comparación a los otros sitios muestreados, es el único donde la cobertura de coral vivo consistentemente se encuentra por encima de 18 %, con un promedio cercano al 20 %. Los arrecifes de esta localidad están principalmente dominados por el género *Orbicella* spp. La característica más importante de

(e.g. octocorals, sponges and other organisms) are found in smaller proportion when compared to the cover of live coral. On average, coralline crustose algae (CCA) cover on these reefs was less than 5 % with a 1:0.3 ratio compared to living coral cover (i.e., 30 % less CCA than live coral). This indicator is important, given that the monitored sites could have a space limitation for coral recruitment. However, the presence of large reproductive colonies could contribute to the pool of local coral larvae.

The reefs of La Caleta were the ones that registered the best health indicators. Compared to the other sites sampled, it is the only one where live coral cover consistently stands above 18 %, with an average close to 20 %. The reefs of this locality are mainly dominated by the genus *Orbicella* spp. The most important feature

este arrecife es la relación 1:1 entre la cobertura de coral vivo y la mayor parte de los grupos de algas. En contraste, el coral vivo se encuentra en mayor proporción que la cobertura de octocorales (0.35 %) esponjas (1.6 %) y sustratos abióticos (0.38 %). Como en la mayor parte de los arrecifes muestreados la cobertura de algas coralinas (CCA) no sobrepasa el 4 % en los arrecifes de Caleta que fueron caracterizados para este reporte. La cobertura de macroalgas no sobrepasa 17 % en promedio con valores máximos de 29 %. La mayor parte de las macroalgas registradas son especies del género *Dyctiota* spp, las cuales son pastoreadas y controladas por herbívoros en el arrecife. Las cianobacterias bentónicas se registraron en igual proporción que la cobertura de coral vivo (19.8 %). Es importante evaluar si estos valores son estables en el tiempo, representan un incremento o simplemente es un fenómeno estacional.

of this reef is the 1:1 ratio between the cover of living coral and most groups of algae. In contrast, live coral is found in greater proportion than the coverage of octocorals (0.35 %) sponges (1.6 %) and abiotic substrates (0.38 %). As in most of the reefs sampled, the coralline crustose algae cover (CCA) does not exceed 4 % in the Caleta reefs that were characterized for this report. The coverage of macroalgae does not exceed 17 % on average with maximum values of 29 %. Most of the macroalgae registered are species of the genus *Dyctiota* spp, which are grazed and controlled by herbivores on the reef. Benthic cyanobacteria were recorded in the same proportion as live coral cover (19.8 %). It is important to evaluate whether these values are stable over time, represent an increase or simply a seasonal phenomenon.

Peces herbívoros y erizos
como controles de macroalgas

Herbivorous fish and urchins
as macroalgae controls





Peces herbívoros y erizos como controles de macroalgas

La sobrepesca es una grave amenaza para los arrecifes de la República Dominicana. Junto a la ausencia de peces herbívoros, las bajas densidades de erizos permiten que las macroalgas crezcan y dominen en la mayoría de los arrecifes del País. El impacto de los huracanes y la entrada de nutrientes en exceso han acelerado este proceso. El cambio de fase de la dominancia de los corales a las algas reduce el valor socioeconómico, así como los servicios ecológicos proporcionados por estos arrecifes desestabilizados. En este estudio, contamos los animales herbívoros clave: peces loro, peces cirujanos y erizos de mar porque varias especies dentro de cada grupo sirven como controles naturales de macroalgas de rápido crecimiento.

La biomasa de peces fue similar en comparación con otras áreas del Caribe y relativamente estable comparada con estudios similares en años anteriores (Figura 4). La biomasa de pez loro y pez cirujano fue baja (<400 g/100 m²) en apenas tres de los sitios estudiados (Coral Garden 1 y 2, Coliseo), y superó los 1000 g/100 m² para el pez loro en siete sitios representando tres zonas: Pedernales, Bayahibe y Montecristi.

Herbivorous fish and urchins as macroalgae controls

Overfishing is a serious threat to the reefs of the Dominican Republic. Along with the absence of herbivorous fish, low densities of long spine urchins allow macroalgae to grow and dominate most of the country's reefs. The impact of hurricanes and the influx of excess nutrients have accelerated this process. The phase shift from coral dominance to algae reduces the socio-economic value as well as the ecological services provided by these destabilized reefs. In this study, we counted key herbivorous animals: parrotfish, surgeon fish, and sea urchins because several species within each group serve as natural controls of fast-growing macroalgae.

Fish biomass was similar compared to other areas of the Caribbean and relatively stable compared to similar studies in previous years (Figure 4). The biomass of parrotfish and surgeonfish was low (<400 g/100 m²) in just three of the sites studied (Coral Garden 1 and 2, Coliseo), and exceeded 1000 g/100 m² for parrotfish in seven sites representing three zones: Pedernales, Bayahibe and Montecristi.

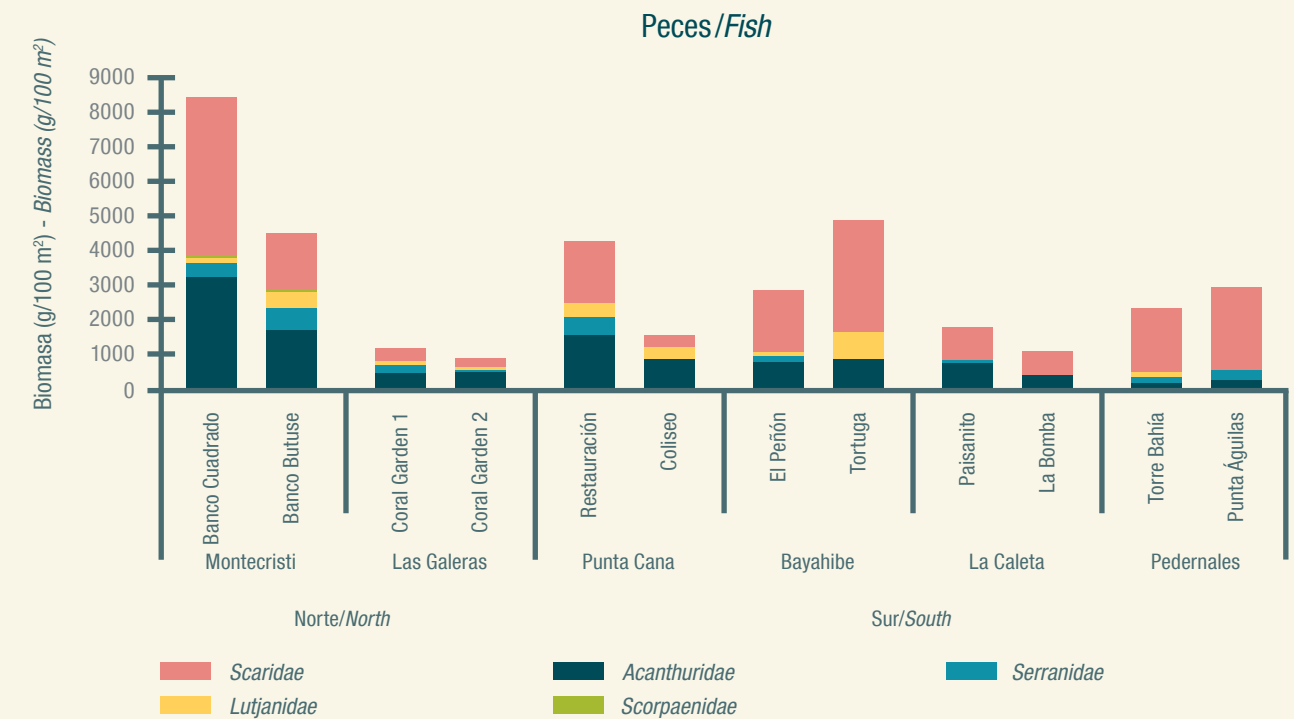


Figura 3: Abundancias relativas de todas las familias de peces estudiadas para cada una de las localidades.
Figure 3: Relative abundances of all fish families studied for each of the localities.

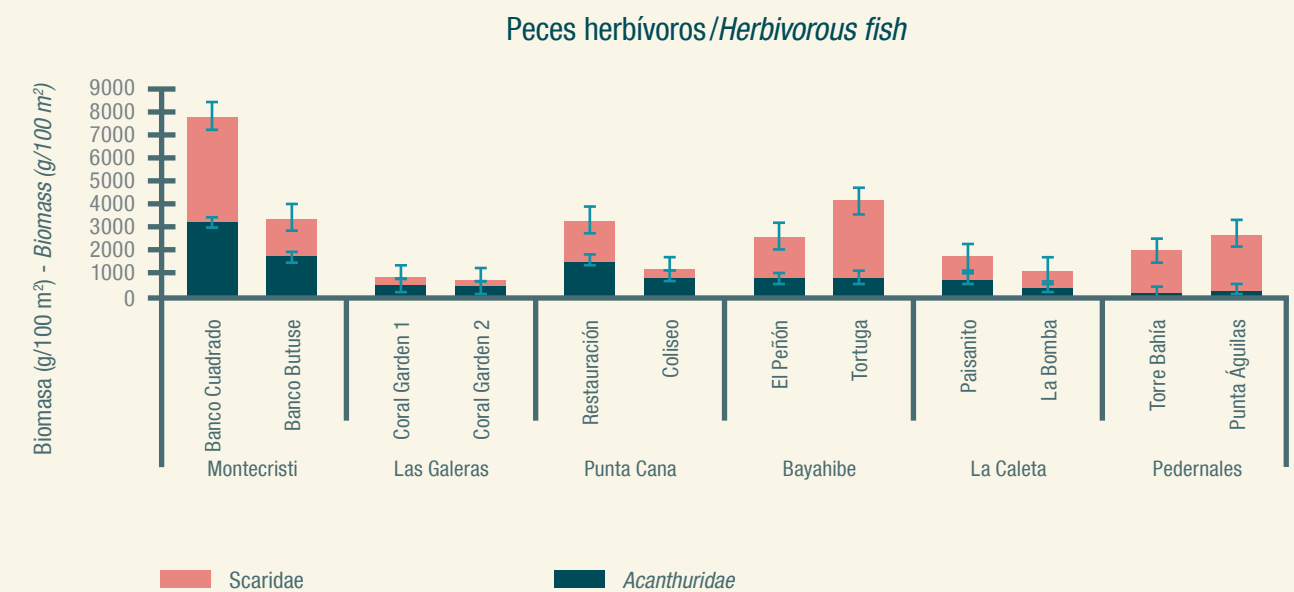


Figura 4: Abundancias relativas de las familias de peces herbívoros estudiadas para cada una de las localidades.
Figure 4: Relative abundances of herbivorous fish families studied for each of the localities.

La biomasa de peces loro en Banco Cuadrado (Montecristi) y El Peñón (Bayahibe) superaron los 3000 g/100 m². La biomasa de pez cirujano también fue consistentemente mayor en dos de estas áreas: Montecristi y Bayahibe superaron los 2000 g/100 m² en promedio. Los cirujanos fueron poco abundantes en las zonas de La Caleta, Pedernales y Las Galeras. La biomasa combinada de herbívoros, es decir cirujanos y peces loro, fue de 2600 g/100 m² en promedio. En comparación, la biomasa combinada en los arrecifes mesoamericanos en 2014-15 fue extremadamente similar a estos valores, rondando los 2000 g/100 m² (Suchley et al., 2016).

La historia de los peces herbívoros en los arrecifes y macroalgas se ha vuelto más complicada en los últimos años a medida que se han completado estudios más detallados del comportamiento de cada especie. Trabajos recientes han demostrado que cada especie de pez tiene un alimento preferido y varias especies de peces loro y peces cirujano no se alimentan de macroalgas grandes establecidas, sino que consumen epibiontes que crecen en las algas o comen césped algal (Dell, 2020). Por ejemplo, en las Islas Caimán, los principales peces que consumían macroalgas eran el cirujano azul (*Acanthurus coeruleus*), el pez loro de banda roja (*Sparisoma aurofrenatum*), y al menos una especie de chopo (*Kyphosus* spp.). De estos tres, las chopas consumieron la mayor cantidad de macroalgas, más del doble de los loros. Ninguna de las otras especies de pez cirujano o pez loro consumió macroalgas grandes. Sin embargo, el término “césped algal” está mal definido, y es posible que aquellos peces que consumieron césped también estuvieran consumiendo pequeñas macroalgas mezcladas con algas filamentosas. En otro estudio de los arrecifes de Belice, los aumentos en el nivel de macroalgas en los arrecifes no se correlacionaron con los cambios en la población de peces loro entre 2005 y 2014 (Suchany et al., 2016), lo que sugiere que el pez loro por sí solo no controla este proceso.

Para comprender la importancia relativa de la herbivoría de *Diadema* en los arrecifes del Caribe, y para ayudar a determinar los objetivos de manejo de los arrecifes, es útil observar los registros históricos de la abundancia de *Diadema* antes de la muerte del erizo que comenzó en 1983-4. No tenemos conocimiento de los datos de *Diadema* en la República Dominicana previos a 1983, sin embargo, los datos de nueve ubicaciones compilados por Lessios (1988) oscilan entre aproximadamente 1 y 14 erizos por m², con una media de 5,61 antes de la muerte y una media de 0,14 erizos/m² después de la muerte, una mortalidad rápida y casi completa.

The biomass of parrotfish in Banco Cuadrado (Montecristi) and El Peñón (Bayahibe) exceeded 3000 g/100 m². Surgeonfish biomass was also consistently higher in two of these areas: Montecristi and Bayahibe exceeded 2000 g/100 m² on average. Surgeons were not abundant in the areas of La Caleta, Pedernales and Las Galeras. The combined biomass of herbivores, i.e. surgeons and parrotfish, was 2600 g/100 m² on average. In comparison, the combined biomass on Mesoamerican reefs in 2014-15 was extremely similar to these values, hovering around 2000 g/100 m² (Suchley et al., 2016).

The history of herbivorous fish on reefs and macroalgae has become more complicated in recent years as more detailed studies of the behavior of each species have been completed. Recent work has shown that each species of fish has a preferred food and several species of parrotfish and surgeon fish do not feed on established large macroalgae, but consume epibionts that grow on algae or eat algal grass (Dell, 2020). For example, in the Cayman Islands, the main fish that consumed macroalgae were the blue surgeon (*Acanthurus coeruleus*), the red-banded parrotfish (*Sparisoma aurofrenatum*), and at least one species of Chub (*Kyphosus* spp.). Of these three, Chubs consumed the most macroalgae, more than twice as many as parrotfish. None of the other species of surgeonfish or parrotfish consumed large macroalgae. However, the term “algal grass” is poorly defined, and it is possible that those fish that consumed grass were also consuming small macroalgae mixed with filamentous algae. In another study of Belize’s reefs, increases in the level of macroalgae on reefs did not correlate with changes in the parrotfish population between 2005 and 2014 (Suchany et al., 2016), suggesting that parrotfish alone do not control this process.

To understand the relative importance of *Diadema* herbivory in Caribbean reefs, and to help determine reef management goals, it is useful to look at historical records of *Diadema* abundance before the sea urchin death that began in 1983-4. We are not aware of *Diadema* data in the Dominican Republic prior to 1983, however, data from nine locations compiled by Lessios (1988) range from about 1 to 14 long spine urchins per m² with an average of 5.61 before death and an average of 0.14 long spine urchins/m² after death, a rapid and almost complete mortality.



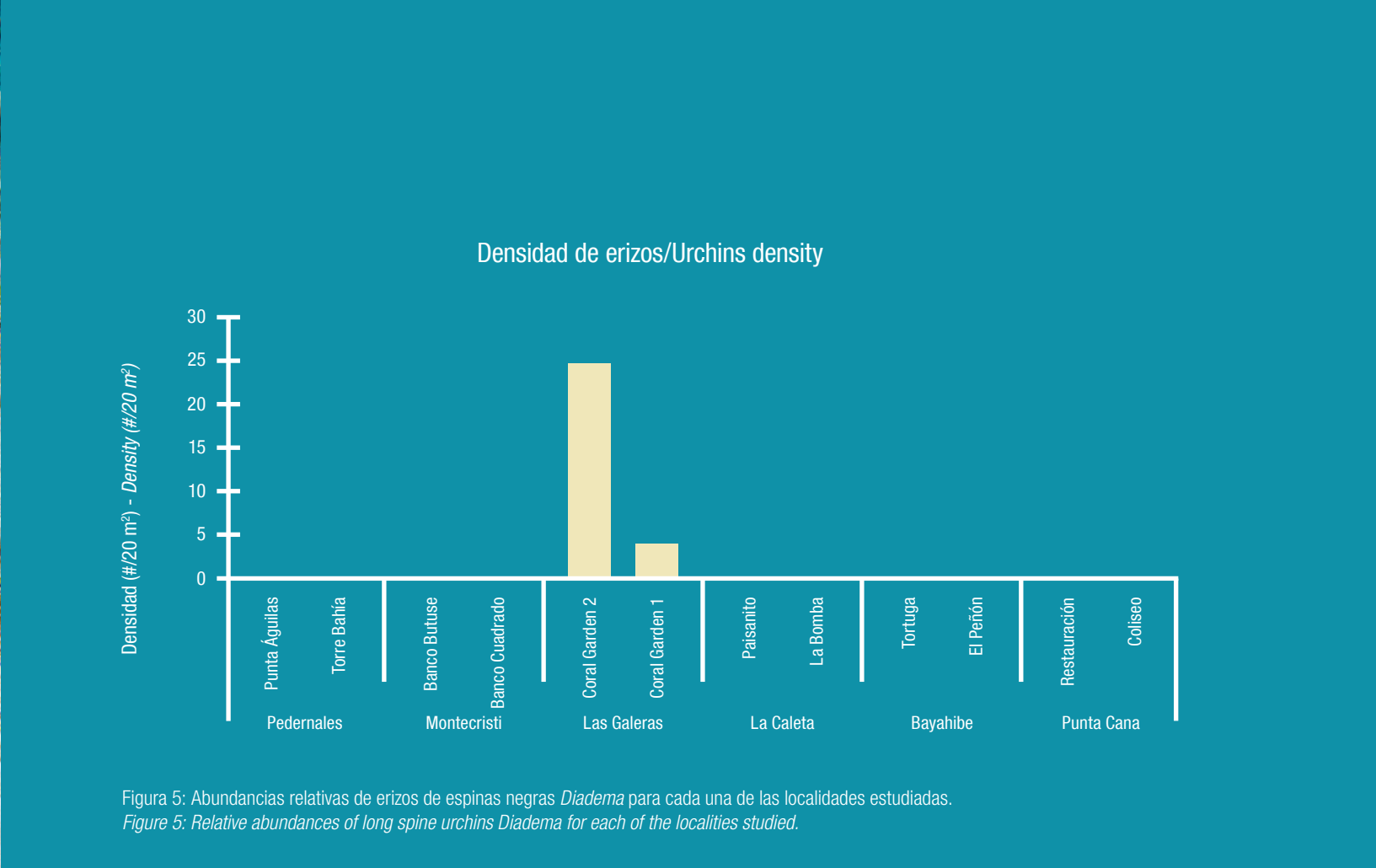
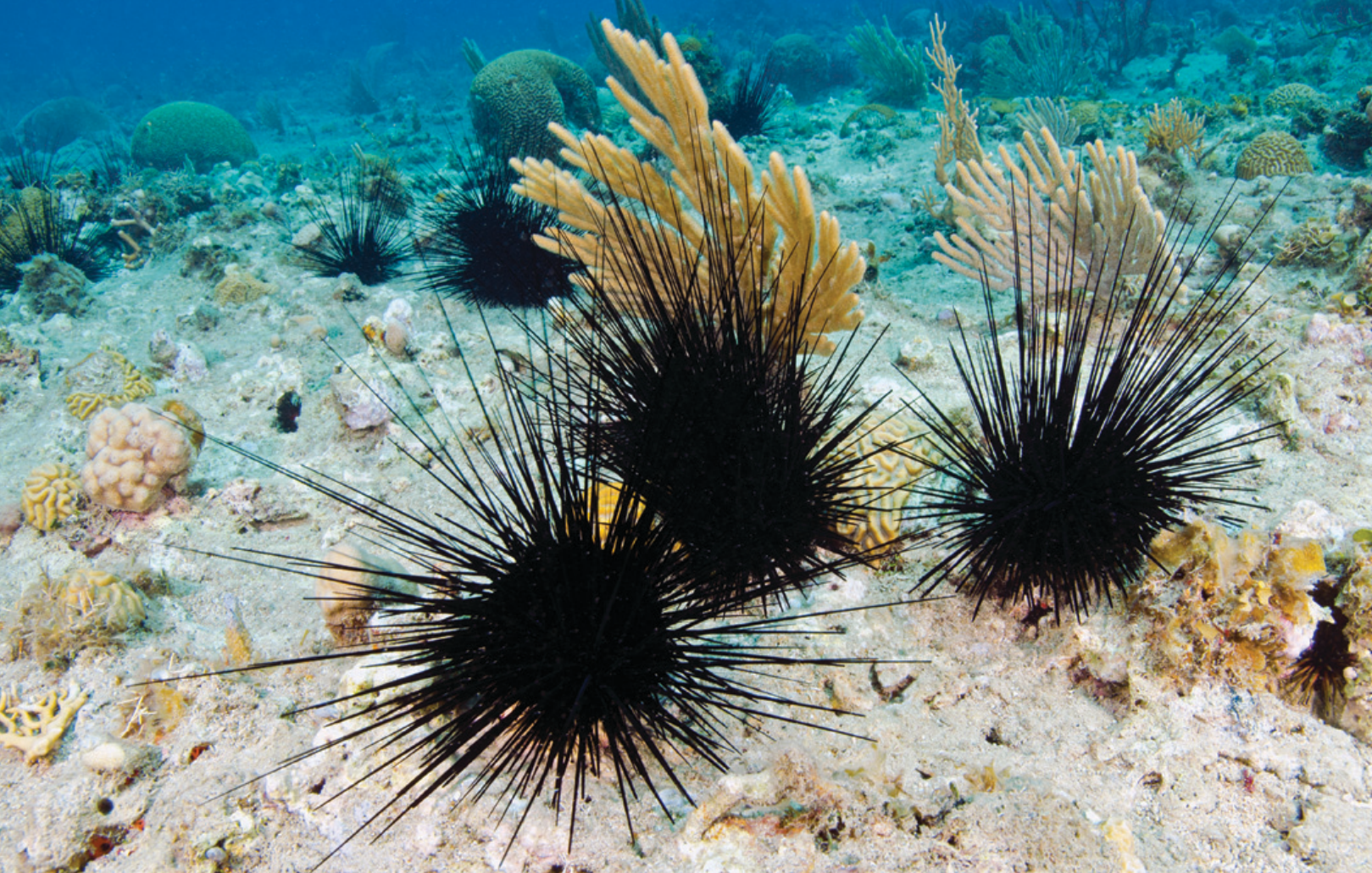


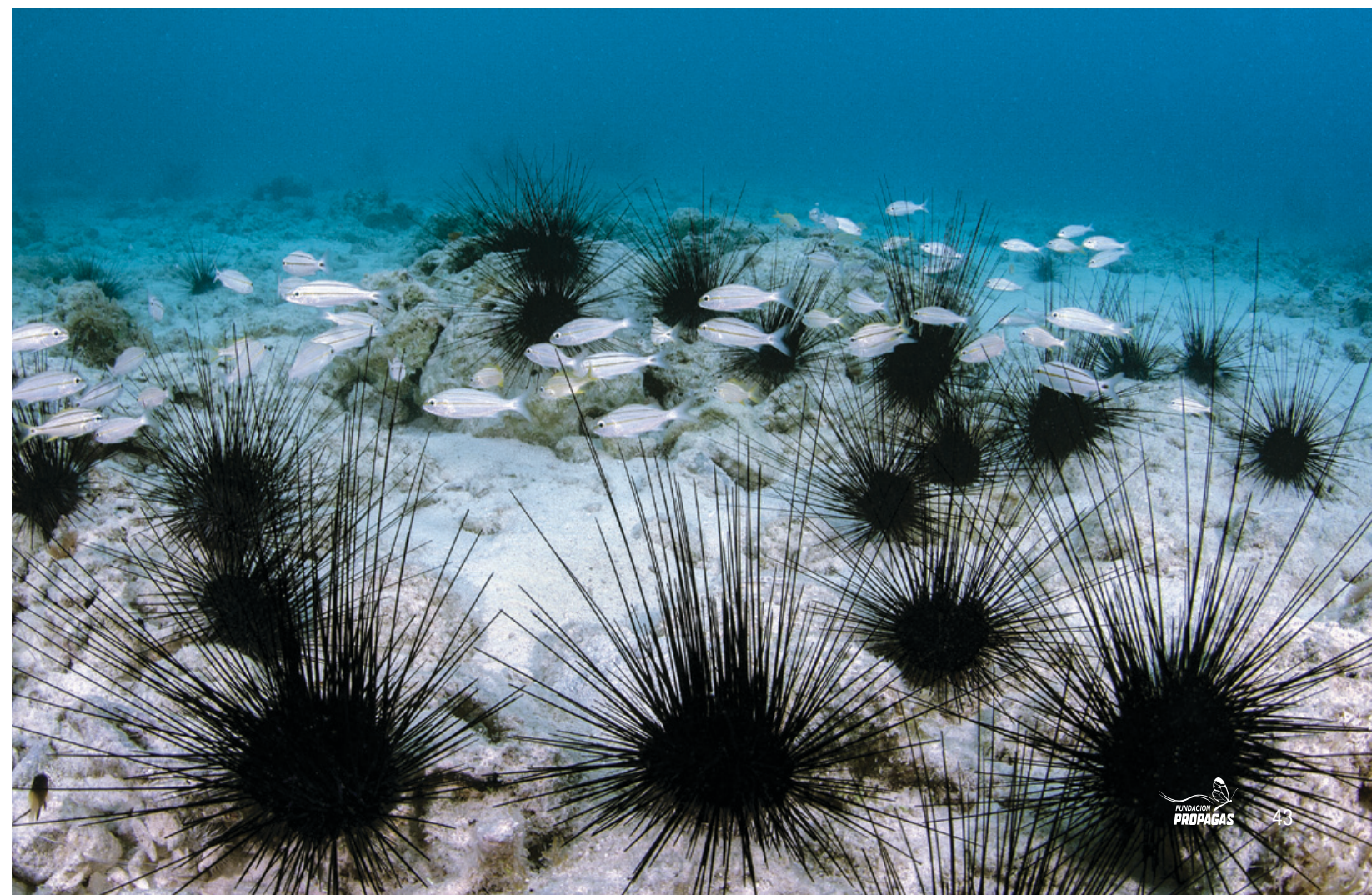
Figura 5: Abundancias relativas de erizos de espinas negras *Diadema* para cada una de las localidades estudiadas.
 Figure 5: Relative abundances of long spine urchins *Diadema* for each of the localities studied.

Las densidades registradas en la República Dominicana durante este estudio fueron abismales, y similares a las densidades posteriores a la muerte de mucho menos de 1 erizo/m² en todas las áreas muestreadas excepto Las Galeras, donde superaron 1.25 erizos/m² (Figura 5). Al considerar los datos de densidad de *Diadema*, es importante recordar que estos pasan gran parte de su tiempo en grupos. Por lo tanto, sería fácil obtener sobreestimaciones de la densidad de erizos si se utilizan, por ejemplo, cuadrados de 1 m. Los estudios de áreas grandes que incluyen todas las zonas de arrecifes proporcionarán números más precisos.

En los pocos casos en que las densidades de erizos *Diadema* han vuelto a la normalidad en el Caribe, la cobertura de macroalgas ha disminuido y la cubierta de coral ha aumentado (Edmunds y Carpenter, 2001; Steneck et al., 2019). Sin embargo, la densidad casi normal de erizos contabilizados en Las Galeras no se correlaciona con una mayor cobertura de coral en la zona. Estos sugieren que la herbivoría del erizo, a pesar de suponer el control más importante para las macroalgas de rápido crecimiento, no es el único factor de control para la supervivencia de los corales en el ecosistema, siendo el caso de Las Galeras la presencia de un elevado nivel de sedimentación.

The densities recorded in the Dominican Republic during this study were abysmal, and similar to the post-death densities of much less than 1 sea urchin/m² in all sampled areas except Las Galeras, where they exceeded 1.25 urchins/m² (Figure 5). When considering *Diadema* density data, it is important to remember that *Diadema* spend much of their time into groups. Therefore, it would be easy to get overestimates of the density of urchins if using, for example, squares of 1 m. Studies of large areas that include all reef areas will provide more accurate numbers.

In the few cases where *Diadema* urchins densities have returned to normal in the Caribbean, macroalgae cover has decreased and coral cover has increased (Edmunds and Carpenter, 2001; Steneck et al., 2019). However, the near-normal density of long spine urchins counted in Las Galeras does not correlate with increased coral cover in the area. These suggest that urchins herbivory, despite being the most important control for fast-growing macroalgae, is not the only controlling factor for the survival of corals in the ecosystem, with the presence of a high level of sedimentation in the case of Las Galeras.





Peces depredadores
como indicadores de sobrepesca

Predatory fish
as indicators of overfishing



Peces depredadores/Predatory fish

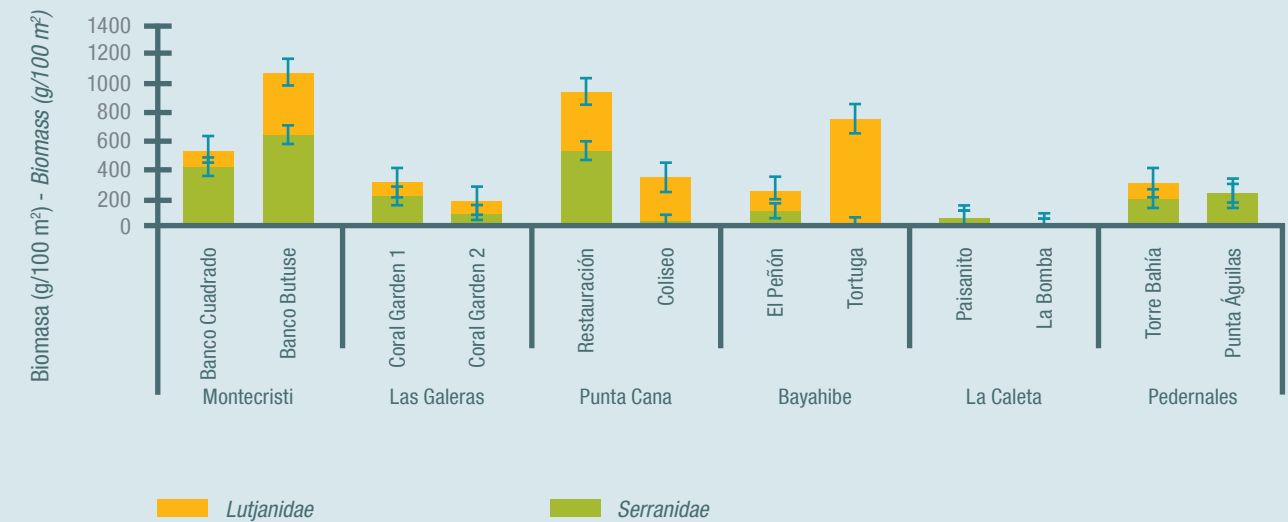


Figura 6: Abundancias relativas de las familias de peces depredadores estudiadas para cada una de las localidades.
 Figure 6: Relative abundances of predatory fish families studied for each of the localities.

Peces depredadores como indicadores de sobrepesca

Los meros y pargos, aparte de ser las principales especies de depredadores en el arrecife, son peces de alto valor comercial, siendo de las principales capturas sobre-explotadas en una pesquería. Los pescadores suelen tener como objetivo los individuos más grandes y sucesivamente se capturan individuos cada vez más pequeños de estas especies.

En correspondencia con esto los meros y los pargos observados fueron pequeños en número y tamaño en todas las áreas estudiadas, y mucho menos abundantes que los peces herbívoros como los loros y los peces cirujano (Figura 6). La biomasa de los meros tan solo superó los 200 g/100 m² de arrecife en tres de los doce sitios estudiados y la biomasa de pargos nuevamente únicamente superó los 200 g/100 m² en cuatro de los doce sitios estudiados.

Predatory fish as indicators of overfishing

Groupers and snappers, apart from being the main species of predators on the reef, are fish of high commercial value, being one of the main over-exploited catches in a fishery. Fishermen usually target larger individuals and successively catch smaller and smaller individuals of these species.

Corresponding to this the groupers and snapper observed were small in number and size in all areas studied, and much less abundant than herbivorous fish such as parrots and surgeonfish (Figure 6). The biomass of the groupers only exceeded 200 g/100 m² of reef in three of the twelve sites studied and the biomass of snappers again only exceeded 200 g/100 m² in four of the twelve sites studied.

Como referencia, Chiappone et al., (2000) informó de que la biomasa de los meros por sí sola oscilaba entre 189 g/100 m² en un arrecife pescado en la República Dominicana y 422 g/100 m² en un arrecife pescado en S. Exuma Bahamas. La biomasa de meros en un arrecife protegido en S. Exuma fue de 892 g/100 m². Los valores más altos en el presente estudio se observaron en Banco Butuse, con 642 g/100 m² para los meros. Sin embargo, en puntos como La Bomba no se observaron meros durante el presente estudio. Esto nos lleva a concluir que la presión pesquera afecta de forma desigual distintos puntos del litoral dominicano.

For reference, Chiappone et al., (2000) reported that grouper biomass alone ranged from 189 g/100 m² on a fished reef in the Dominican Republic to 422 g/100 m² on a fish reef in S. Exuma Bahamas. The biomass of groupers on a protected reef in S. Exuma was 892 g/100 m². The highest values in the present study were observed in Banco Butuse, with 642 g/100 m² for groupers. However, in points such as La Bomba, no groupers were observed during the present study. This leads us to conclude that fishing pressure unevenly affects different points of the Dominican coast.

Corales juveniles para el futuro

Los reclutas de corales y los corales juveniles son parámetros importantes para juzgar la salud de los arrecifes y el potencial de restauración natural después de los impactos. La mayoría de los corales se reproducen a través del desove masivo, y sus larvas planctónicas pueden sobrevivir durante muchas semanas, por lo que pueden asentarse en arrecifes cercanos o lejanos. Si las condiciones son las adecuadas, las larvas de coral se asentarán y comenzarán a crecer, lo que resultará en un ecosistema de arrecifes bien equilibrado. Si las condiciones son malas, por ejemplo, demasiadas algas o sedimento, los reclutas pueden no asentarse, o si se asientan, pueden morir pronto ya que están cubiertos de algas o enterrados en sedimento.

Juvenile corals for the future

Coral recruits and juvenile corals are important parameters for judging reef health and natural restoration potential after impacts. Most corals reproduce through mass spawning, and their planktonic larvae can survive for many weeks, so they can settle on reefs near or far. If conditions are right, coral larvae will settle and begin to grow, resulting in a well-balanced reef ecosystem. If conditions are bad, for example, too much algae or sediment, recruits may not settle, or if they settle, they may die soon as they are covered in algae or buried in sediment.





La densidad de reclutas de coral observadas durante el estudio fue de aproximadamente 2.6 reclutas/ 20 m², en promedio para todas las áreas (Figura 7). La mayor densidad se observó en Las Galeras, alrededor de 6 reclutas/20 m², mientras que las menores densidades fueron observadas en Pedernales, con 0.6 reclutas/20 m². La densidad de reclutas en las localidades de Punta Cana, La Caleta y Montecristi superaron 2 reclutas/20 m². Estos números son prometedores, sobre todo aplicado al evento de degradación observado en Montecristi, ya que podrían representar una oportunidad de recuperación para el arrecife. Cabe destacar el caso de Galeras, en el que, a pesar de una elevada densidad de reclutas, la cobertura de coral es baja, y una cubierta de algas alta en sedimento, condiciones no propicias para el asentamiento exitoso de coral de la mayoría de las especies. Los reclutas observados fueron en su mayoría especies como *Siderastraea* spp. que son resistentes al sedimento. Debe tenerse en cuenta no solo la densidad sino la diversidad de los reclutas de coral; las especies observadas no son representativa de la diversidad total de corales que viven en los arrecifes. Esto puede provocar un desplazamiento de ciertas especies por otras, mas que una recuperación a un ecosistema previo.

The density of coral recruits observed during the study was about 2.6 recruits/20 m², on average for all areas (Figure 7). The highest density was observed in Las Galeras, around 6 recruits/20 m², while the lowest densities were observed in Pedernales, with 0.6 recruits/20 m². The density of recruits in the localities of Punta Cana, La Caleta and Montecristi exceeded 2 recruits/20 m². These numbers are promising, especially applied to the degradation event observed at Montecristi, as they could represent a recovery opportunity for the reef. It is worth mentioning the case of Galeras, in which, despite a high density of recruits, coral cover is low, and a high algae cover in sediment, conditions not ideal for successful settlement of coral of most species. The recruits observed were mostly species such as *Siderastraea* spp. that are resistant to sediment. Not only the density but the diversity of coral recruits should be taken into account; the species observed are not representative of the total diversity of corals that live on the reefs. This can cause a displacement of certain species by others, rather than a recovery to a previous ecosystem.

Corales juveniles/Juvenile corals

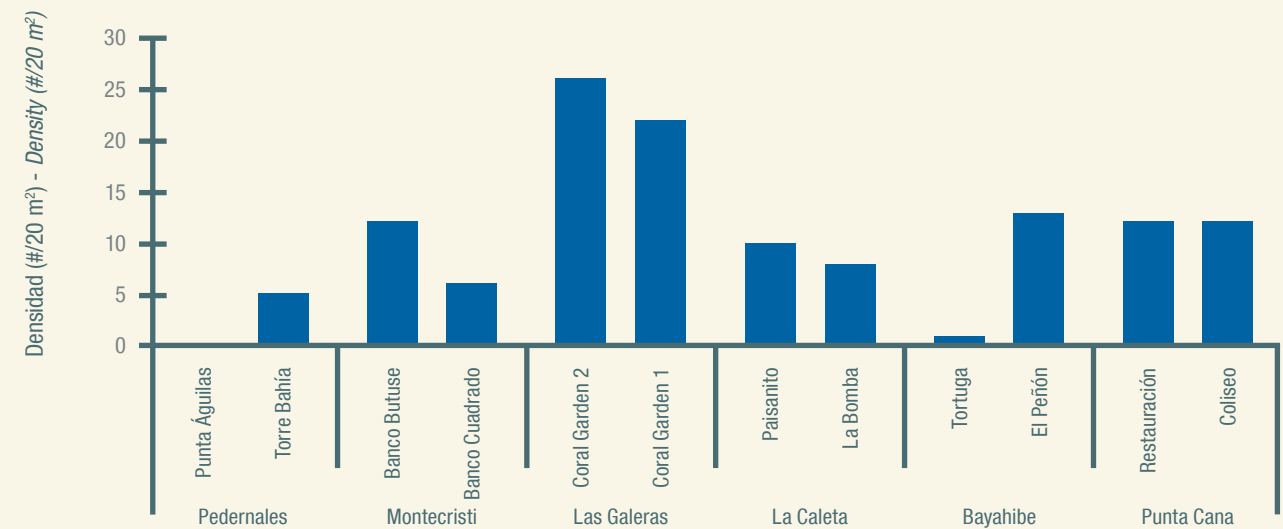


Figura 7: Abundancia total de reclutas o corales juveniles en cada una de las localidades estudiadas.
Figure 7: Total abundance of recruits or juvenile corals in each of the localities studied.





Enfermedades del coral
Coral disease

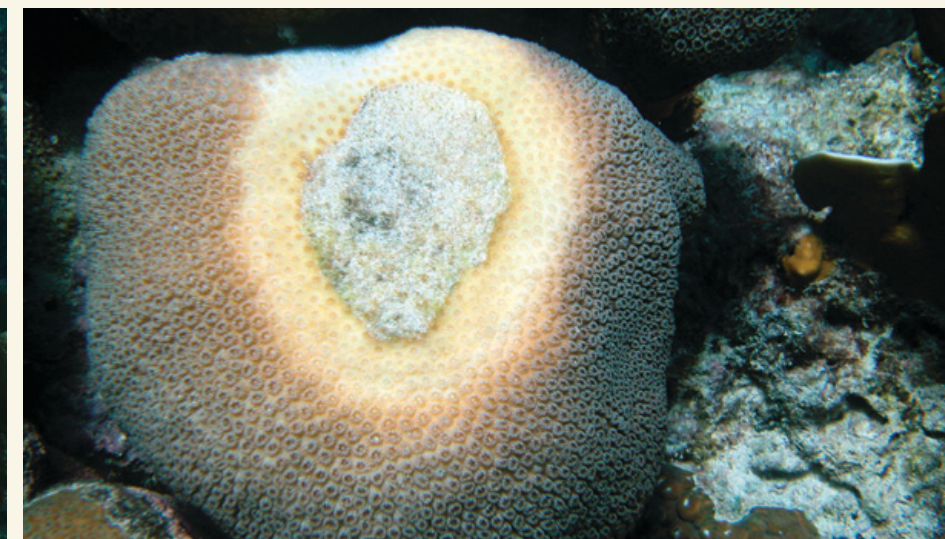
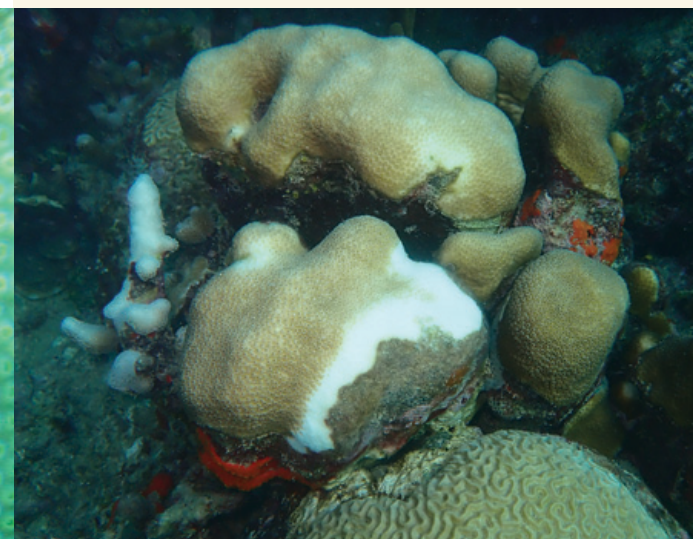
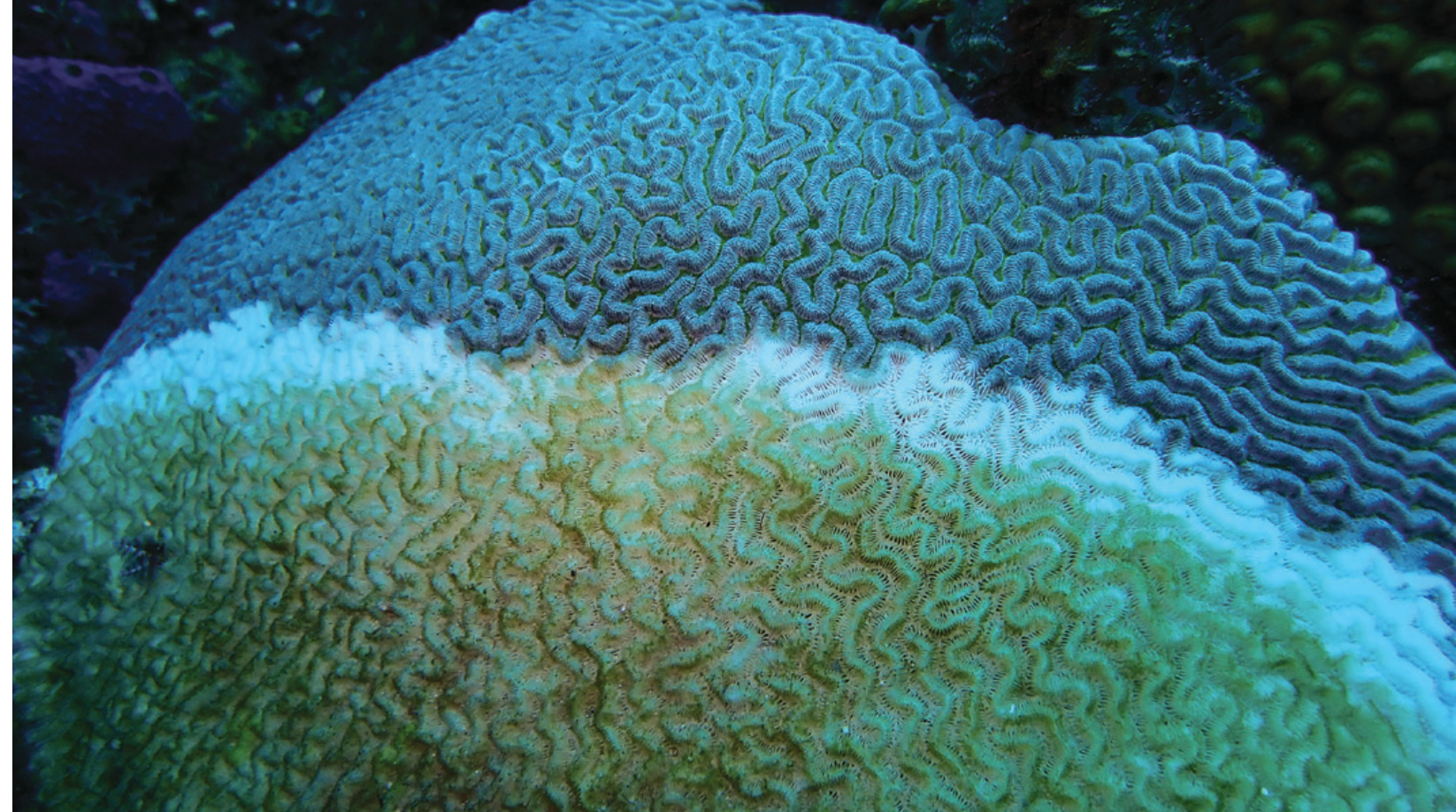
Enfermedades del coral


En Montecristi se observaron grandes esqueletos de colonias de coral de la especie *Dendrogyra cylindrus* que posiblemente sucumbieron entre el 2019 y el 2021 a causa de brotes de la enfermedad de pérdida de tejido rápido (SCTLD por sus siglas en inglés), la cual se encuentra en fase endémica en la región noroccidental del país (Croquer et al., 2022). Actualmente la prevalencia de enfermedades en los sitios de muestreo es baja, debido a que muchas colonias de coral ya han muerto. En las Galeras nuevamente se encontraron evidencias de colonias muertas recientemente, quizás por enfermedad de pérdida de tejido rápido, la cual se encuentra en fase epidémica en Samaná desde marzo de 2021.

Coral disease

In Montecristi, large skeletons of coral colonies of the species *Dendrogyra cylindrus* were observed that possibly succumbed between 2019 and 2021 due to outbreaks of rapid tissue loss disease (SCTLD), which is in endemic phase in the northwestern region of the country (Croquer et al., 2022). Currently the prevalence of diseases at sampling sites is low, because many coral colonies have already died. In Las Galeras again evidence of recently dead colonies was found, perhaps due to rapid tissue loss disease, which is in the epidemic phase in Samaná since March 2021.

- Enfermedad de la plaga blanca 
White plague disease
- Enfermedad de la banda negra 
Black band disease

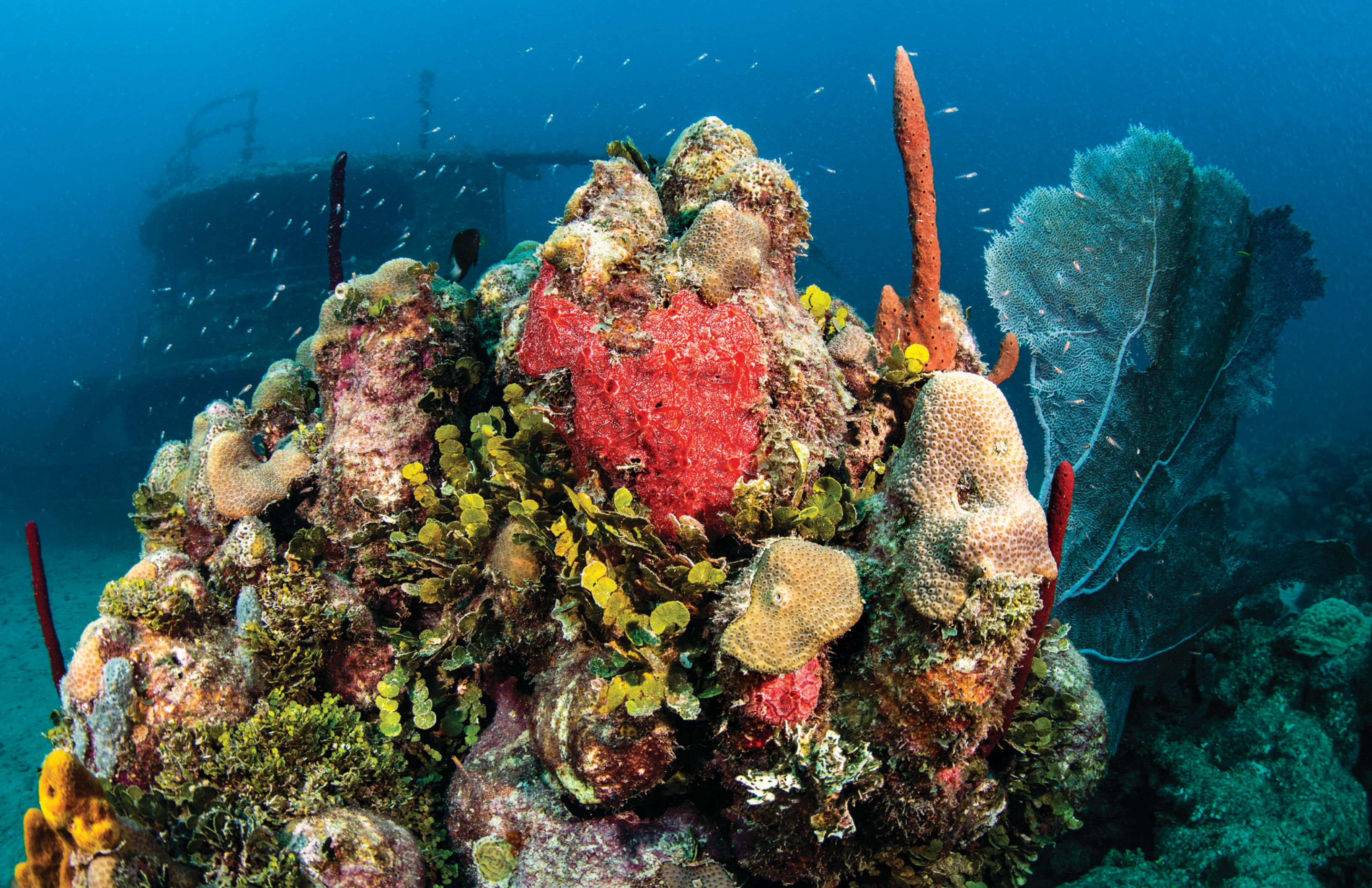


 Enfermedad de la banda amarilla
Yellow band disease

Enfermedad de la banda amarilla 
Yellow band disease

En Pedernales no se registró evidencia de eventos de mortalidad masivos a causa de enfermedades como SCTLD, aunque la enfermedad de banda amarilla (YBD por sus siglas en inglés) es frecuente, así como también la enfermedad de plaga blanca (WPD por sus siglas en inglés). Se recomienda que la prevalencia de enfermedades siga siendo monitoreada en estos sitios remotos. En el caso de La Caleta enfermedades como la banda amarilla (YBD), parecen ser las causas más directa de pérdida de cobertura viva en estos arrecifes.

There was no evidence of mass mortality events from diseases such as SCTLD in Pedernales, although yellow band disease (YBD) is common, as is white plague disease (WPD). It is recommended that disease prevalence continue to be monitored at these remote sites. In the case of La Caleta diseases such as yellow band (YBD), seem to be the most direct causes of loss of live cover on these reefs.



Conclusiones

Relativo a Montecristi se ve un declive de los sitios monitoreados comparado con los muestreos previos. Adicionalmente, se observó una cobertura de cianobacterias bentónicas cercana al 4 % y la pérdida de grandes extensiones de *Agaricia tenuifolia*, la cual había sido identificada en muestreos anteriores como una de las especies constructoras de estos arrecifes. Según observaciones realizadas por los operadores de buceo local, la localidad de Montecristi estuvo cubierta por cianobacterias bentónicas durante la mayor parte del 2020 y del 2021. Estas algas, además de los impactos de huracanes y los brotes de enfermedades coralinas, podrían explicar el rápido declive de las comunidades coralinas registradas en los sitios de muestreo. En otras palabras, como en otros sitios del Caribe, el declive puede estar determinado por un conjunto de factores que actúan de manera combinada para reducir la cobertura de coral vivo y favorecer la dominancia de varios grupos funcionales de algas. Aunque los signos de recuperación aún no son visibles, posiblemente por la alta mortalidad de reclutas y/o un déficit en el pool de larvas de corales debido a la mortalidad de colonias adultas, en el futuro es necesario continuar monitoreando estos sitios en búsqueda de indicadores de recuperación.

Conclusions

Regarding Montecristi, there is a decline in the monitored sites compared to previous sampling. Additionally, a coverage of benthic cyanobacteria close to 4 % and the loss of large areas of *Agaricia tenuifolia* was observed, which had been identified in previous samples as one of the building species of these reefs. According to observations made by local dive operators, the locality of Montecristi was covered by benthic cyanobacteria during most of 2020 and 2021. These algae, in addition to the impacts of hurricanes and coral disease outbreaks, could explain the rapid decline of coral communities recorded at sampling sites. In other words, as in other Caribbean sites, this decline may be determined by a set of factors that act in combination to reduce live coral cover and favor the dominance of several functional groups of algae. Although signs of recovery are not yet visible, possibly due to high mortality of recruits and/or a deficit in the pool of coral larvae due to mortality of adult colonies, in the future it is necessary to continue monitoring these sites for indicators of recovery.



La cobertura de coral vivo registrada es mayor a los valores reportados anteriormente para Punta Cana en reportes anteriores. Sin embargo, de los sitios monitoreados en Punta Cana, en solo 2 de 8 transectos se registraron entre 13 y 18 % de cobertura de coral vivo, mientras que en el resto los valores no superaron el 6.6 %. En líneas generales, la condición de los arrecifes muestreados en Punta Cana se encuentra por debajo de otros arrecifes como los muestreados en Caleta, Bayahibe y Pedernales.

Los arrecifes muestreados en Las Galeras mostraron una cobertura de algas tapete 9 veces mayor que la cobertura de coral vivo registrada en el área de estudio. Otro indicador de estos sitios es la proporción de algas crustosas coralinas que no promueven el asentamiento de larvas de coral (i.e., los peysonelidos). El sustrato duro de estos sitios está constituido en gran parte de esqueletos muertos del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), en ocasiones colonizado por zoantidos cuyos valores de cobertura, en promedio, son menores al 1 %.

Recorded live coral coverage is higher than the values previously reported for Punta Cana in previous reports. However, of the sites monitored in Punta Cana, only 2 of 8 transects were recorded between 13 and 18 % of live coral cover, while in the rest the values did not exceed 6.6 %. In general, the condition of the reefs sampled in Punta Cana is below other reefs such as those sampled in Caleta, Bayahibe and Pedernales.

The reefs sampled in Las Galeras showed a cover of turf algae 9 times greater than the cover of living coral recorded in the study area. Another indicator of these sites is the proportion of coral crusty algae that do not promote the settlement of coral larvae (i.e., peysonneliales). The hard substrate of these sites is largely made up of dead skeletons of the elkhorn coral (*Acropora palmata*), sometimes colonized by zoanths whose coverage values, on average, are less than 1%.



En líneas generales no se observan cambios importantes en el estado de salud de estos arrecifes con respecto a reportes anteriores.

Los sitios muestreados en Pedernales muestran hasta 4 veces más cobertura de cianobacterias bentónicas que coral vivo, siendo la localidad con mayor cobertura de cianobacterias encontrada durante el monitoreo. En el futuro es imperativo conocer si el problema de la exacerbada cobertura de cianobacterias está convirtiéndose en una condición persistente o si es un fenómeno estacional como se ha reportado en los informes anteriores.

In general, there are no important changes in the state of health of these reefs with respect to previous reports.

The sites sampled in Pedernales show up to 4 times more coverage of benthic cyanobacteria than living coral, being the locality with the highest coverage of cyanobacteria found during monitoring. In the future it is imperative to know if the problem of exacerbated cyanobacterial coverage is becoming a persistent condition or if it is a seasonal phenomenon as reported in previous reports.

Las cianobacterias florecen en ambientes con disponibilidad de nitrógeno. En el contexto de Pedernales, es necesario conocer las fuentes potenciales de entrada de este nutriente. Un aporte potencial de nitrógeno puede ser provisto por esponjas, sin embargo, en los arrecifes de coral muestreados, la cobertura de esponjas no superó el 1%. Las cianobacterias bentónicas pueden reducir la probabilidad de asentamiento de nuevos reclutas y/o comprometer su supervivencia.

En los sitios monitoreados en Bayahibe, Los valores obtenidos en este monitoreo son similares o se encuentran dentro del rango de

Cyanobacteria flourish in environments with nitrogen availability. In the context of Pedernales, it is necessary to know the potential sources of entry of this nutrient. A potential nitrogen input can be provided by sponges, however, in sampled coral reefs, sponge cover did not exceed 1%. Benthic cyanobacteria can reduce the likelihood of settlement of new recruits and/or compromise their survival.

At the sites monitored in Bayahibe, the values obtained in this monitoring are similar or within the range of those reported for



los reportado para Bayahibe en monitoreos anteriores. Esto sugiere que los sitios muestreados en Bayahibe presentan una tendencia bastante estable con relación a reportes anteriores. Los altos valores de cobertura de macroalgas encontrados sugieren que el control del crecimiento de algas por parte de peces y otros herbívoros es deficiente o limitado, y/o presencia de entrada crónica de nutrientes. Aunque Bayahibe se encuentra dentro del Santuario Marino Arrecifes del Sureste, es un destino turístico concurrido, con múltiples desarrollos hoteleros y además un puerto de pesca activo. En el futuro debe evaluarse si la acción combinada de la sobrepesca y la entrada crónica de nutrientes es un problema real en esta localidad.

Debido a que La Caleta es un área protegida, los indicadores positivos de salud pueden ser interpretados como resultado de buena gestión, en especial en lo referente a la extracción de peces herbívoros. Aunque con respecto a monitoreos anteriores, La Caleta parece estar declinando en cobertura coralina de manera sostenida. En los últimos 15 años, al menos dos eventos de blanqueamiento, además de enfermedades como la banda amarilla (YBD por sus siglas en inglés), parecen ser las causas más directas de pérdida de cobertura viva en estos arrecifes.

En conclusión, la condición de los arrecifes monitoreados a escala nacional ha permanecido estable en algunos casos (e.g. Punta Cana, Galeras y Bayahibe), con tendencias hacia el declive no pronunciado (e.g. Caleta y Pedernales) y arrecifes con declive acelerado como el caso de los sitios monitoreados en Montecristi. Estas observaciones son consistentes con lo que se viene registrando a escala regional. Las causas parecen ser diversas, pero la proliferación de algas, la mortalidad de colonias formadoras de arrecifes por enfermedades y el impacto de huracanes recientes parecen ser fuerzas que se combinan para determinar estas trayectorias. Detrás de estos patrones hay factores globales (i.e., estrés térmico) y locales (fertilización crónica de zonas costeras con nutrientes y extracción de peces herbívoros) que deben ser evaluados. En el futuro el reforzamiento del monitoreo nacional, las observaciones repetidas en el tiempo y el mejoramiento de marcos regulatorios del uso de los arrecifes en República Dominicana deben ser una prioridad.

Bayahibe in previous monitoring. This suggests that the sites sampled in Bayahibe show a fairly stable trend compared to previous reports. The high macroalgae cover values found suggest that control of algae growth by fish and other herbivores is poor or limited, and/or presence of chronic nutrient input. Although Bayahibe is located within the Southeast Reefs Marine Sanctuary, it is a busy tourist destination, with multiple hotel developments and also an active fishing port. In the future, it should be assessed whether the combined action of overfishing and chronic nutrient input is a real problem in this locality.

Because La Caleta is a protected area, positive health indicators can be interpreted as a result of good management, especially with regarding the extraction of herbivorous fish. Although compared to previous monitoring, La Caleta seems to be declining in coral cover in a sustained manner. In the last 15 years, at least two bleaching events, in addition to diseases such as yellow band (YBD), seem to be the most direct causes of loss of live cover on these reefs.

In conclusion, the condition of the reefs monitored on a national scale has remained stable in some cases (e.g. Punta Cana, Galeras and Bayahibe), with trends towards unpronounced decline (e.g. Caleta and Pedernales) and reefs with accelerated decline as in the case of the monitored sites in Montecristi. These observations are consistent with what has been recorded at regional level. The causes appear to be diverse, but algal blooms, mortality of reef-building colonies from disease, and the impact of recent hurricanes appear to be forces that combine to determine these trajectories. Behind these patterns are global factors (i.e., heat stress) and local factors (chronic fertilization of coastal areas with nutrients and extraction of herbivorous fish) that must be evaluated. In the future, the strengthening of national monitoring, repeated observations over time and the improvement of regulatory frameworks for the use of reefs in the Dominican Republic should be a priority.



Análisis
a nivel de la isla

Island-level
analysis

Cobertura bentónica

De los parámetros medidos, coral vivo y macroalgas (agrupando cianobacterias en este último) comprendían más del 90 % del sustrato en todos los sitios excepto en Caracol, donde las esponjas y la arena ocupaban alrededor del 10 %, y en Abacou, donde el sedimento/lodo constituía aproximadamente el 40 % del sustrato. El porcentaje de cobertura de coral vivo varió entre las doce áreas de menos del 3 %, en los sitios de Montecristi, al 43 % en Île de la Tortue, con un promedio del 16 % (Figura 8).

Benthic coverage

Live coral and macroalgae (grouping cyanobacteria in the latter) comprised more than 90 % of the substrate at all sites except at Caracol, where sponges and sand occupied about 10 %, and at Abacou, where sediment/mud was about 40 % of the substrate. The percentage of live coral cover ranged from the twelve areas from less than 3 %, at the Montecristi, sites to 43 % on Île de la Tortue, with an average of 16 % (Figure 8).

Cobertura coralina/Coral cover



Figura 8: Porcentaje relativo de cobertura de fondo por corales vivos para cada una de las localidades estudiadas en la isla.
Figure 8: Relative percentage of benthic cover by living corals for each of the localities studied on the island.

Cobertura macroalgas/Macroalgae abundance

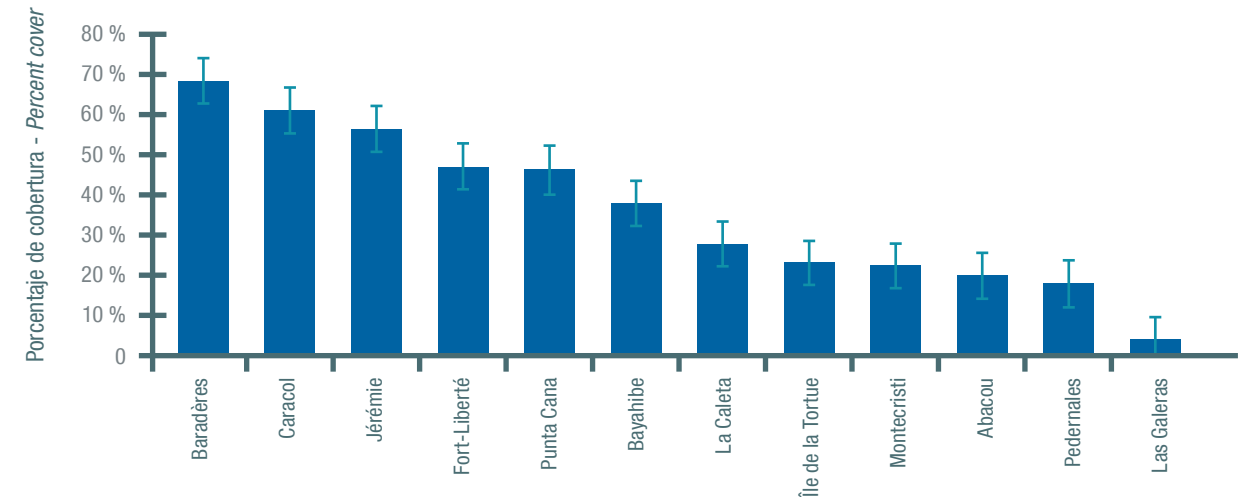


Figura 9: Porcentaje relativo de cobertura de fondo por macroalgas para cada una de las localidades estudiadas en la isla.
Figure 9: Relative percentage of benthic coverage by macroalgae for each of the localities studied on the island.

En septiembre de 2017, dos huracanes categoría 5: Irma y María, pasaron unos 100 km al norte de la isla dañando gravemente los arrecifes en Trois Baies y Montecristi, causando algunos daños a los arrecifes en Baradères/Grand Boucan. Ambos huracanes tuvieron vientos de unos 300 km/h que crearon olas que alcanzaron los 10 m de altura moviéndose a unos 40 km/h. La fuerza de estas grandes olas alcanzó fácilmente los 10 m de profundidad donde se encontraban los arrecifes que estudiamos. La cobertura porcentual de macroalgas en los arrecifes de fue relativamente alta en cuatro áreas (Caracol, Trois Baies, Baradères y Jérémie) con Baradères superando el 60 %, y las otras tres áreas alcanzando o superando el 50 % (Figura 9). Estos valores son mucho más altos que la cobertura promedio de macroalgas del Caribe solo del 13 % en 2010 (datos de Reef Check). La cobertura más baja de macroalgas fue de alrededor del 10 % en Pedernales y Las Galeras.

In September 2017, two Category 5 hurricanes— Irma and Maria, passed about 100 km north of the island severely damaging the reefs at Trois Baies and Montecristi, causing some damage to the reefs at Baradères/Grand Boucan. Both hurricanes had winds of about 300 km/h that created waves that reached 10 m in height moving at about 40 km/h. The strength of these large waves easily reached 10 m deep where the reefs we studied were located. The percentage coverage of macroalgae on the reefs was relatively high in four areas (Caracol, Trois Baies, Baradères and Jérémie) with Baradères exceeding 60 %, and the other three areas reaching or exceeding 50 % (Figure 9). These values are much higher than the average Caribbean macroalgae coverage of only 13 % in 2010 (Reef Check data). The lowest coverage of macroalgae was around 10 % in Pedernales and Las Galeras.

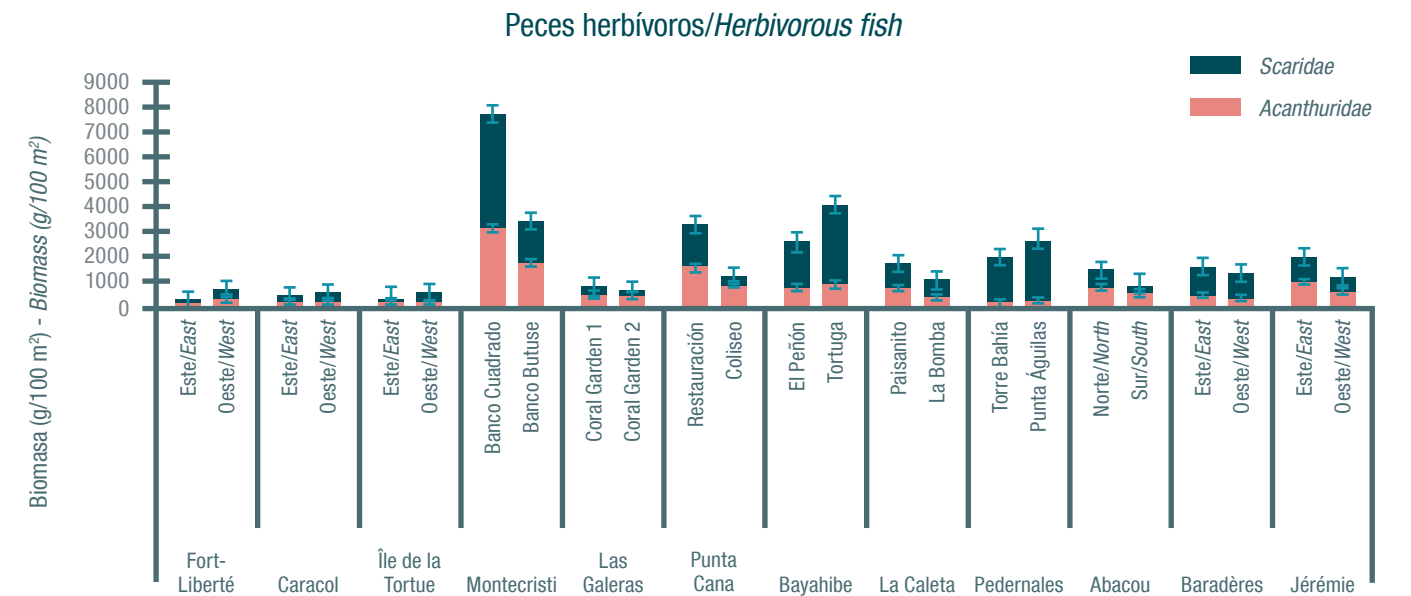


Figura 10: Abundancias relativas de peces herbívoros estudiadas para cada una de las localidades de la isla.
 Figure 10: Relative abundances of herbivorous fish studied for each of the localities on the island.

Peces herbívoros y erizos como controles de macroalgas

La biomasa de peces fue baja para todas las especies en comparación con otras áreas del Caribe. La biomasa de pez loro y pez cirujano fue más baja (<400 g/100 m²) en los arrecifes de los tres sitios del norte oeste de la isla (Caracol, Fort-Liberté, Île de la Tortue) y más alta en las 3 áreas del sur, pero solo superó los 1,000 g/100 m² para el pez loro en un área: Baradères (Figura 10). De los 12 sitios de estudio alrededor de la isla, 6 tenían menos de 600 g/100 m² de biomasa. La biomasa de pez cirujano también fue relativamente mayor en las áreas del sur oeste de la isla en Baradères, Jérémie y Abacou, pero 3 sitios tenían menos de 400 g/100 m² de biomasa y solo Jérémie alcanzó 1,000 g/100 m². Si embargo, la biomasa de pez loro y pez cirujano superó los 1,000 g/100 m² para el pez loro en tres de los sitios: Pedernales, Bayahibe y Montecristi.

Herbivorous fish and urchins as macroalgae controls

Fish biomass was low for all species compared to other areas of the Caribbean. Parrotfish and surgeonfish biomass was lowest (<400 g/100 m²) on the reefs of the three north-west sites of the island (Caracol, Fort-Liberté, Île de la Tortue) and highest in the 3 southern areas, but only exceeded 1,000 g/100 m² for parrotfish in one area: Baradères (Figure 10). Of the 12 study sites around the island, 6 had less than 600 g/100 m² of biomass. Surgeonfish biomass was also relatively higher in the south-western areas of the island at Baradères, Jérémie and Abacou, but 3 sites had less than 400 g/100 m² of biomass and only Jérémie reached 1,000 g/100 m². However, the biomass of parrotfish and surgeonfish exceeded 1,000 g/100 m² for parrotfish at three of the sites: Pedernales, Bayahibe and Montecristi.



Erizos/Urchins

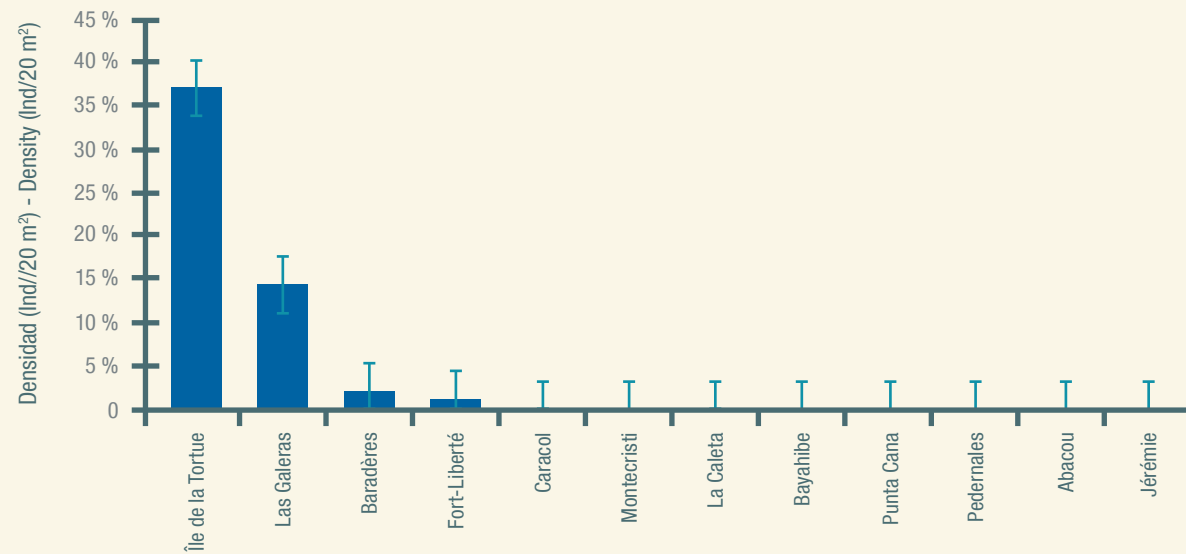


Figura 11: Abundancias relativas de erizos de espinas negras *Diadema* para cada una de las localidades estudiadas en la isla.
Figure 11: Relative abundances of *Diadema* urchins for each of the localities studied on the island.

La biomasa de peces loro en Banco Cuadrado (Montecristi) y El Peñon (Bayahibe) superaron los 3,000 g/100 m². La biomasa de pez cirujano también fue consistentemente mayor en dos de estas áreas: Montecristi y Bayahibe superaron los 2,000 g/100 m² en promedio. Los cirujanos fueron poco abundantes en las zonas de La Caleta, Pedernales y Las Galeras.

Las densidades de erizos registradas durante este estudio fueron abismales, y similares a las densidades posteriores a la muerte de mucho menos de 1 erizo/m² en todas las áreas muestreadas excepto Île de la Tortue, donde superaron 1.75 erizos/m² y Las Galeras, donde superaron 1.25 erizos/m² (Figura 11). La densidad en Île de la Tortue está dentro del rango previo al evento de mortalidad, lo que sugiere que la recuperación ha tenido lugar en esta ubicación en alta mar que tiene una excelente calidad del agua. Al considerar los datos de densidad de *Diadema*, es importante recordar que estos pasan gran parte de su tiempo agrupados. Por lo tanto, sería fácil obtener sobreestimaciones de la densidad de erizos si se utilizan, por ejemplo, cuadrados de 1 m. Los estudios de áreas grandes que incluyen todas las zonas de arrecifes proporcionarán números más precisos.

The biomass of parrotfish in Banco Cuadrado (Montecristi) and El Peñon (Bayahibe) exceeded 3,000 g/100 m². Surgeonfish biomass was also consistently higher in two of these areas: Montecristi and Bayahibe exceeded 2,000 g/100 m² on average. Surgeons were not abundant in the areas of La Caleta, Pedernales and Las Galeras.

The urchin densities recorded during this study were abysmal, and similar to the post-death densities of much less than 1 urchins/m² in all sampled areas except Île de la Tortue, where they exceeded 1.75 urchins/m² and Las Galeras, where they exceeded 1.25 urchins/m² (Figure 11). The density on Île de la Tortue is within the pre-mortality event range, suggesting that recovery has taken place at this offshore location that has excellent water quality. When considering *Diadema* density data, it is important to remember that these spend much of their time grouped together. Therefore, it would be easy to get overestimates of the density of urchins if using, for example, squares of 1 m. Studies of large areas that include all reef areas will provide more accurate numbers.

Peces depredadores como indicadores de sobrepesca

Los depredadores como los meros y los pargos observados fueron pequeños en número y tamaño en todas las áreas estudiadas, y mucho menos abundantes que los peces loro herbívoros y los peces cirujano (Figura 12). La biomasa de los meros fue inferior a 60 g/100 m² de arrecife y la biomasa de pargos fue inferior a 200 g/100 m² en seis de los doce sitios, tan solo superando los 200 g/100 m² de arrecife para los meros en uno de los doce sitios estudiados y la biomasa de pargos únicamente superó los 200 g/100 m² en dos de los doce sitios estudiados. Estos son valores extremadamente bajos para una población de peces saludable; el valor para meros en un arrecife protegido en S. Exuma (Bahamas) fue de 892 g/100 m². Los valores más altos en el presente estudio se observaron en Banco Butuse, con 642 g/100 m² para los meros. Sin embargo, en puntos como La Bomba no se observaron meros durante el presente estudio. Esto nos lleva a concluir que la presión pesquera afecta de forma desigual distintos puntos del litoral.

Predatory fish as Indicators of overfishing

Predators such as groupers and snappers observed were small in number and size in all areas studied, and much less abundant than herbivorous parrotfish and surgeonfish (Figure 12). The biomass of the groupers was less than 60 g/100 m² of reef and the biomass of snappers was less than 200 g/100 m² in six of the twelve sites, only exceeding 200 g/100 m² of reef for groupers in one of the twelve sites studied and the biomass of snappers only exceeded 200 g/100 m² in two of the twelve sites studied. These are extremely low values for a healthy fish population; the value for groupers on a protected reef in S. Exuma (Bahamas) was 892 g/100 m². The highest values in the present study were observed in Banco Butuse, with 642 g/100 m² for groupers. However, in points such as La Bomba, no groupers were observed during the present study. This leads us to conclude that fishing pressure unevenly affects different points of the coast.

Peces depredadores/Predatory fish

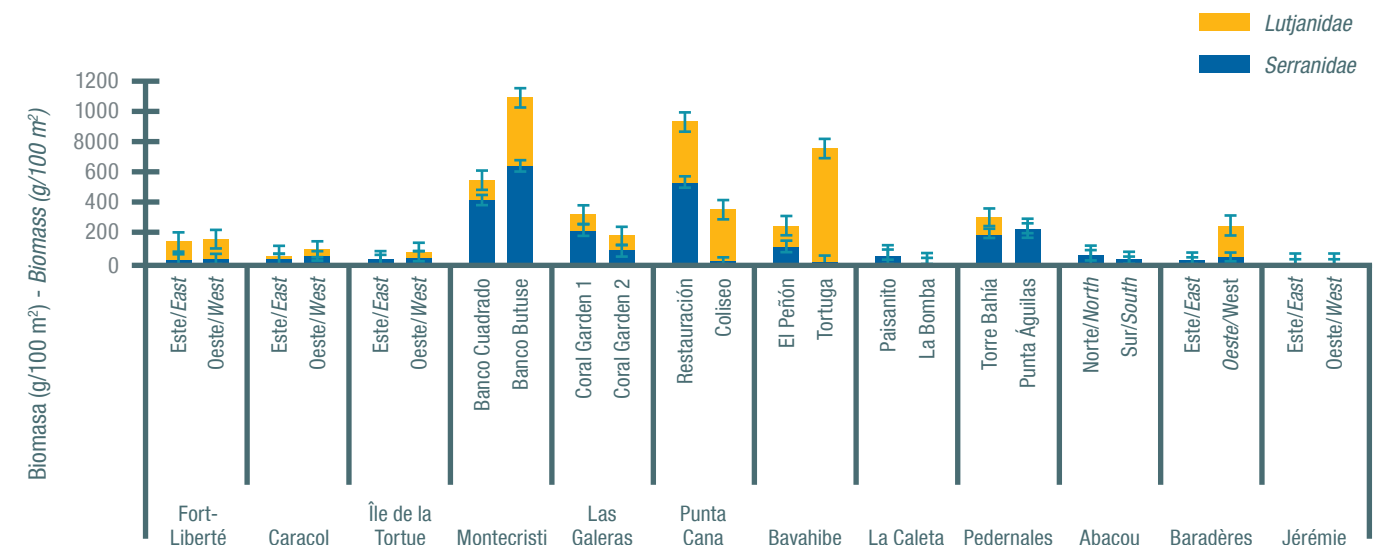


Figura 12: Abundancias relativas de las familias de peces depredadores estudiadas para cada una de las localidades en la isla.
Figure 12: Relative abundances of predatory fish families studied for each of the localities on the island.



Corales juveniles para el futuro

La densidad de reclutas de coral observadas durante el estudio fue de aproximadamente 2.6 reclutas/20 m², en promedio para todas las áreas (Figura 13). La mayor densidad se observó en Las Galeras, alrededor de 6 reclutas/20 m², mientras que las densidades menores fueron observadas en Pedernales, con 0.6 reclutas/20 m². La densidad de reclutas en las localidades de Punta Cana, La Caleta y Montecristi superaron 2 reclutas/20 m². En Île de la Tortue y Abacou se observaron alrededor de 1.5 reclutas/20 m². La cobertura de coral era alta y las macroalgas bajas en Île de la Tortue, condiciones propicias para que las larvas de coral se asienten. Pero Abacou tenía una cubierta de coral baja, y una cubierta de algas alta en sedimento/lodo, condiciones no propicias para el asentamiento exitoso de coral de la mayoría de las especies.

Juvenile corals, for the future

The density of coral recruits observed during the study was approximately 2.6 recruits/20 m², on average for all areas (Figure 13). The highest density was observed in Las Galeras, around 6 recruits/20 m², while the lowest densities were observed in Pedernales, with 0.6 recruits/20 m². The density of recruits in the localities of Punta Cana, La Caleta and Montecristi exceeded 2 recruits/20 m². On Île de la Tortue and Abacou about 1.5 recruits/20 m² were observed. Coral cover was high and macroalgae low on Île de la Tortue, favorable conditions for coral larvae settlement. But Abacou had a low coral cover, and high algae cover in sediment/mud, conditions not ideal for the successful coral settlement of most species.

Corales juveniles/Juvenile corals

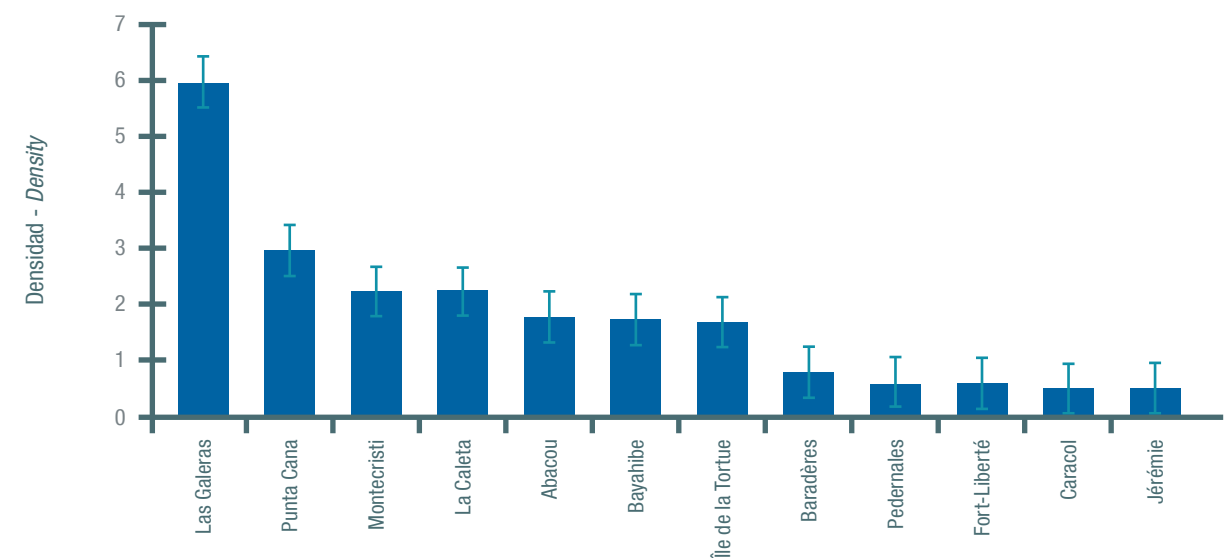


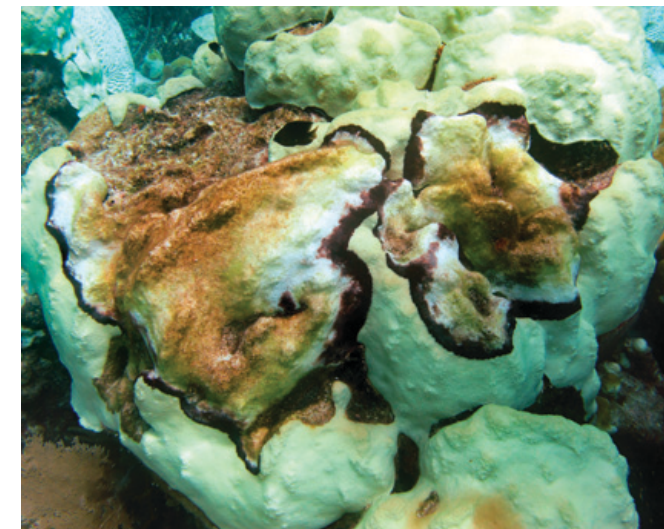
Figura 13: Abundancia total de reclutas o corales juveniles en cada una de las localidades estudiadas en la isla.
Figure 13: Total abundance of juvenile corals in each of the localities studied on the island.



Enfermedades del coral

El número de corales infectados con enfermedades fue similar al de otros lugares del Caribe, donde la banda amarilla, la enfermedad de la banda negra y la peste blanca fueron las más comunes. La enfermedad relativamente nueva y de rápido movimiento llamada Enfermedad de Pérdida Rápida de Tejido (SCRTLD), parecía haber matado a la mayoría de las colonias de especies susceptibles conocidas, como *Diploria* (también *Pseudodiploria*) *strigosa*, *Eusmilia fastigiata* y *Dendrogyra cylindrus* en las áreas del norte de la isla, pero aún no había llegado a los arrecifes del sur. En Fort-Liberté, Caracol y Montecristi se observaron grandes esqueletos de colonias de coral de la especie *Dendrogyra cylindrus* que posiblemente sucumbieron entre el 2019 y el 2021 a causa de brotes de la enfermedad de pérdida de tejido rápido (SCTLD por sus siglas en inglés), la cual se encuentra en fase endémica en la región noroccidental del país. Actualmente la prevalencia de enfermedades en los sitios de muestreo es baja, debido a que muchas colonias de coral ya han muerto. En Pedernales no se registró evidencia de eventos de mortalidad masivos a causa de enfermedades como SCTLD, aunque la enfermedad de banda amarilla (YBD por sus siglas en inglés) es frecuente, así como también la enfermedad de plaga blanca (WPD por sus siglas en inglés). Se recomienda que la prevalencia de enfermedades siga siendo monitoreada en estos sitios remotos.

 Enfermedad de la banda negra
Black band disease



Coral disease

The number of corals infected with diseases was similar to other places in the Caribbean, where yellow band, black band disease and white plague were the most common. The relatively new, fast-moving disease called Rapid Tissue Loss Disease (SCRTLD), appeared to have killed most colonies of known susceptible species, such as *Diploria* (also *Pseudodiploria*) *strigosa*, *Eusmilia fastigiata* and *Dendrogyra cylindrus* in the northern areas of the island, but had not yet reached the southern reefs. In Fort-Liberté, Caracol and Montecristi, large skeletons of coral colonies of the species *Dendrogyra cylindrus* were observed that possibly succumbed between 2019 and 2021 due to outbreaks of rapid tissue loss disease (SCTLD), which is in endemic phase in the northwestern region of the country. Currently the prevalence of diseases at sampling sites is low, because many coral colonies have already died. There was no evidence of mass mortality events from diseases such as SCTLD in Pedernales, although yellow band disease (YBD) is common, as is white plague disease (WPD). It is recommended that disease prevalence continue to be monitored at these remote sites.

 Enfermedad de la banda amarilla
Yellow band disease







Literatura citada

Literature cited

- CHIAPPONE, M., SLUKA, R., & SEALEY, K. (2000). Groupers (Pisces: Serranidae) in fished and protected areas of the Florida Keys, Bahamas and northern Caribbean. *Marine Ecology Progress Series*, 198, 261-272. <http://www.jstor.org/stable/24855848>
- CONNELL, J. H. (1976). Competitive interactions and the species diversity of corals. In *Coelenterate ecology and behavior* (pp. 51-58). Springer, Boston, MA.
- CROQUER, A., ZAMBRANO, S., KING, S., REYES, A., SELLARES-BLANCO, R., VALDEZ TRINIDAD, A., VILLALPANDO, M., RODRIGUEZ-JEREZ, Y., VARGAS, E., CORTES-USECHE, C., BLANCO, M., CALLE-TREVINO, J., GARCÍA-CAMPS, R., HERNÁNDEZ-ORQUET, A., TORRES, R., IRAZABAL, I., DIÁZ-ACOSTA, L., EVANGELISTA, Y., AND MIYAZAWA, E. (2022). Stony Coral Tissue Loss Disease and Other Diseases Affect Adults and Recruits of Major Reef Builders at Different Spatial Scales in the Dominican Republic. *Gulf and Caribbean Research* 33 (1): GCF11-GCF13.
- DELL, C. L., LONGO, G. O., BURKEPILE, D. E., & MANFRINO, C. (2020). Few Herbivore Species Consume Dominant Macroalgae on a Caribbean Coral Reef. *Front. Mar. Sci.* 7:676. doi: 10.3389/fmars.2020.00676
- DONOVAN, M. K., BURKEPILE, D. E., KRATOCHWILL, C., SHLESINGER, T., SULLY, S., OLIVER, T. A., HODGSON, G., FRIEWALD, J., & VAN WOESIK, R. (2021). Local conditions magnify coral loss after marine heatwaves. *Science*. 372(6545) 977-980. DOI: 10.1126/science.abd9464
- EDMUNDS, P.J., CARPENTER, R.C. (2001). Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (9) 5067-5071; <https://doi.org/10.1073/pnas.071524598>
- HARBORNE, A. & MUMBY, P. (2018). FAQs about Caribbean Parrotfish Management and their Role in Reef Resilience. Chapter 17. *Biology of Parrotfishes*. 10.1201/9781315118079-16.
- HODGSON, G. (1990). Tetracycline reduces sedimentation damage to corals. *Marine Biology* 104:493-496.
- HODGSON, G. (1999). A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*. 38 (5) 345-355.
- HODGSON, G. (2014). Where to put marine protected areas in Haiti? Report for the Minister of Environment, Haiti. Reef Check Foundation. Marina Del Rey, CA USA. 7 pp.
- HODGSON, G., HILL, J., KIENE, W., MAUN, L., MIHALY, J., LIEBELER, J., SHUMAN, C. AND TORRES, R. (2006). Instruction Manual. A guide to coral reef monitoring. Reef Check Foundation. Marina Del Rey, CA 86 pp.
- HUGHES, T. P. (1985). Life histories and population dynamics of early successional corals. *Proc 5th Intl Coral Reef Symp* 4: 101-106.
- CRAMER, K., DONOVAN, M., JACKSON, J., & LAM, V. (EDITORS). (2014). Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- KISSLING, D. L., PRECHT, W. F., MILLER, S. L., & CHIAPPONE, M. (2010). Historical Reconstruction of Population Density and Size of *Diadema antillarum*. Institute of Food and Agricultural Science Conference. University of Florida.
- LESSIOS, H. A. (1988). Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned?. *Annual review of ecology and systematics*, 19(1), 371-393.
- STENECK, R.S., ARNOLD, S.N. AND MUMBY, P.J., (2014). Experiment mimics fishing on parrotfish: insights on coral reef recovery and alternative attractors. *Marine Ecology Progress Series*, 506, Pp.115-127.
- STENECK, R.S., TORRES, R.E. (2015). El Estado de los Arrecifes de Coral República Dominicana 2015. Fundación Propagas.
- STENECK, R.S., TORRES, R.E. (2018). El Estado de los Arrecifes de Coral de la República Dominicana 2017-18. Fundación Propagas. Propagas Foundation.
- STENECK, R.S., TORRES, R.E. (2019). El Estado y Tendencias de los Arrecifes de Coral de la República Dominicana 2015. Fundación Propagas. Propagas Foundation.
- STENECK, R.S., MUMBY, P.J., MACDONALD, C., RASHER, D.B. AND STOYLE, G., (2018). Attenuating Effects Of Ecosystem Management On Coral Reefs. *Science Advances*, 4(5), P.493.
- STENECK, R. S., MUMBY, P. J., ARNOLD, S., RASHER, D. B, WILSON, M., DE LEON, R., BOENISH, R. (2019). Managing recovery resilience against climate-induced coral bleaching and hurricanes: A 15-year case study from Bonaire, Dutch Caribbean. *Frontiers in Marine Sciences*. doi: 10.3389/fmars.2019.00265
- SUCHLEY A., MCFIELD, M.D., ALVAREZ-FILIP, L. (2016). Rapidly increasing macroalgal cover not related to herbivorous fishes on Mesoamerican reefs. *PeerJ* 4:e2084; DOI 10.7717/peerj.2084
- WILKINSON, C., SOUTER, D. (2008). Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 p.

PRODUCCIÓN GENERAL, PRODUCCIÓN EJECUTIVA, IDEA ORIGINAL, CONCEPTO Y DERECHOS DE AUTOR
GENERAL PRODUCTION, EXECUTIVE PRODUCTION, ORIGINAL IDEA, CONCEPT AND COPYRIGHT
Fundación Propagas/Propagas Foundation

REEF CHECK RD

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TEXTOS EN INGLÉS/SCIENTIFIC RESEARCH AND TEXTS IN ENGLISH
Salud de los Arrecifes de Coral en la República Dominicana
Coral Reef Health in the Dominican Republic

POR LOS EXPERTOS/BY THE EXPERTS
Rubén E. Torres, Ph. D., Iker Irazabal, M. Sc.
Reef Check República Dominicana, Santo Domingo, República Dominicana/Reef Check República Dominicana, Santo Domingo, Dominican Republic
Aldo Cróquer, Ph. D.
The Nature Conservancy, División del Caribe, Punta Cana, República Dominicana/The Nature Conservancy, Caribbean Division, Punta Cana, Dominican Republic
Lic. Someira Zambrano
Red Arrecifal Dominicana, Santo Domingo, República Dominicana/Red Arrecifal Dominicana, Santo Domingo, Dominican Republic

TRADUCCIÓN DE TEXTOS AL ESPAÑOL/SPANISH TEXT TRANSLATION
Iker Irazabal

FOTOGRAFÍAS/PHOTOGRAPHS
José Alejandro Álvarez Ysabela Coll
Fotógrafo submarino/Underwater photographer Fotógrafa submarina/Underwater photographer

FOTOGRAFÍAS DE ENFERMEDADES DE CORALES/CORAL DISEASE PHOTOGRAPHY
Samuel King
Aldo Cróquer
José Alejandro Álvarez

SOPORTE TÉCNICO Y LOGÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA EN LAS SIGUIENTES LOCALIDADES DE MONITOREO:
TECHNICAL AND LOGISTICAL SUPPORT OF THE RESEARCH CARRIED OUT IN THE FOLLOWING MONITORING LOCATIONS:
En Pedernales: Eagles Bay Diving Center En Las Galeras: Las Galeras Divers
En Montecristi: Galleon Divers En Bayahibe: Coral Point Diving
En La Caleta: Golden Arrow Tec Diving En Punta Cana: SeaPro Playa Blanca

ASISTENTES DE CAMPO DE LA EXPEDICIÓN/FIELD ASSISTANTS OF THE EXPEDITION
REEF CHECK RD: Rubén E. Torres, Iker Irazabal THE NATURE CONSERVANCY: Aldo Cróquer
RED ARRECIFAL DOMINICANA: Someira Zambrano FUNDACIÓN PROPAGAS: Laura Díaz

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN/DESIGN AND LAYOUT
NODO

IMPRESIÓN/PRINT
Amigo del Hogar
Santo Domingo, República Dominicana

ISBN: 978-9945-9198-4-4



Fundación Propagas/Propagas Foundation
Av. Jacobo Majluta, km 5 1/2, Santo Domingo,
República Dominicana
Tel.: 809-364-1000, Ext. 2295
www.fundpropagas.com
info@fundacionpropagas.do
Todos los derechos reservados, 2022/All rights reserved, 2022



Fundación Propagas / Propagas Foundation
Av. Jacobo Majluta, km 5 1/2, Santo Domingo,
República Dominicana
Tel.: 809-364-1000, Ext. 2295
E-mail: info@fundacionpropagas.do • www.fundpropagas.com
Todos los derechos reservados, 2022 / All rights reserved, 2022

