



natural
capital
PROJECT



Stanford
WOODS
INSTITUTE for the
ENVIRONMENT



THE
PEW
CHARITABLE TRUSTS

Supported by:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag



Healthy Reefs
for healthy people



INTEGRATED REEF RESILIENCE ASSESSMENT GUIDE

MESOAMERICAN REEF

Authors

Dr. Jade Delevaux, Nadia Bood, Luis Chévez and Alejandra Calzada

Technical Reviewers

Dr Gabby Ahmadia, Dr Melanie McField, Janet Gibson and Emma Doyle
2021

Suggested cite

Integrated Reef Resilience Assessment Guide. Mesoamerican Reef. World Wildlife Fund (WWF Mesoamerica) 2021

Cover photography

Antonio Busiello / WWF Mesoamerica

© 1986 Panda symbol WWF - World Wildlife Fund

® "WWF" is a WWF Registered Trademark. WWF International, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Awitzerland. Tel. + 41 22 346 9111. Fax. +41 22 364 0332.



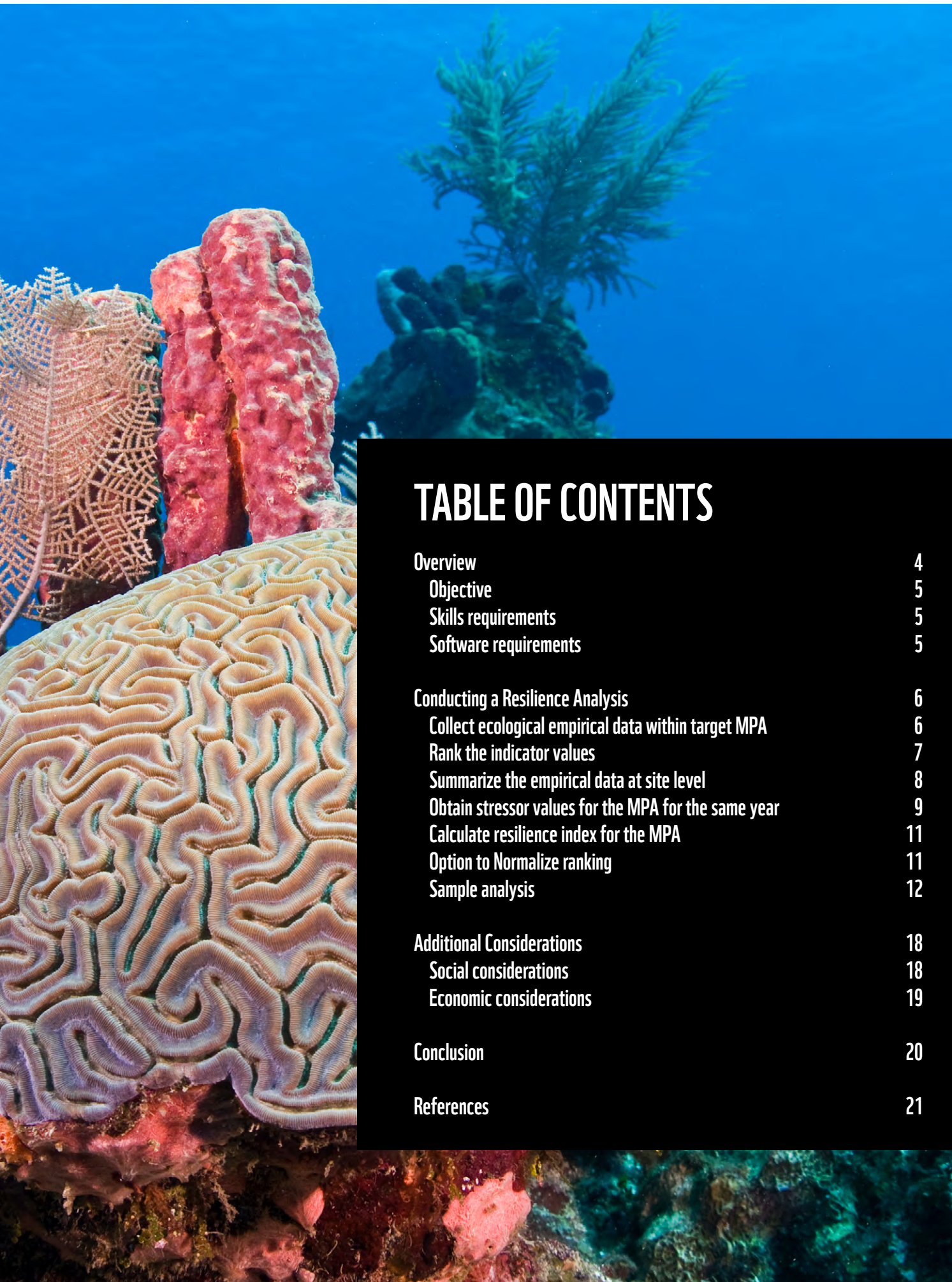


TABLE OF CONTENTS

Overview	4
Objective	5
Skills requirements	5
Software requirements	5
Conducting a Resilience Analysis	6
Collect ecological empirical data within target MPA	6
Rank the indicator values	7
Summarize the empirical data at site level	8
Obtain stressor values for the MPA for the same year	9
Calculate resilience index for the MPA	11
Option to Normalize ranking	11
Sample analysis	12
Additional Considerations	18
Social considerations	18
Economic considerations	19
Conclusion	20
References	21



OVERVIEW

The World Wildlife Fund in collaboration with the Natural Capital Project (Stanford University), Mesoamerican Reef Fund (MARFUND), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Healthy Reefs Initiative (HRI) and with support of the German Government via the International Climate Initiative (IKI) and The Pew Charitable Trust undertook a project to assess resilience of targeted marine protected areas (MPAs) within Belize, Honduras and Mexico. The initiative included analyzing a matrix of ecological, physical, and socio-economic indicators to better understand the resilience potential of the targeted marine protected areas (MPAs). Using a combination of local data (i.e., surveys) in combination with satellite imagery/global data can help provide a better understanding of the systems resilience capacity.

Nine indicators are analyzed within the matrix grouped into three main categories: 1) ecology of reef systems within MPAs to understand benthic and fish community cover/density, species redundancy, and spatial heterogeneity (7 indicators); 2) in-situ and satellite sea surface temperatures to understand exposure of reefs to climate change; and 3) threats such as land-based sources of impact.

Coral reefs are considered to be naturally resilient, however, perturbations from natural and human factors (i.e., local threats such land-based sources of pollution, overfishing, etc. and global threats (climate)) (Harris et al 2017) are affecting their innate ability to be resilient (Donovan et al 2021).

Resilience is the capacity of a system to recover or bounce back following perturbations. Given the costs and efforts placed into managing MPAs, it is important to understand whether the areas can withstand or recover from natural disturbances and improve ecosystem functioning. This initiative analyzed anthropogenic and natural threats to the targeted MPAs as well as assessed their resilience potential and identified potential adaptation options to help enhance resilience potential of the MPA systems. The approach can provide critical information to manage risks as well as guidance for climate-smart management of the MPAs. Full findings from the assessment can be found in the technical report for the project.

OBJECTIVE

This protocol lays out the analytical framework to calculate an Integrated Reef Resilience Index (IRRI) using the following 9 indicators of coral and reef-associated species and two stressors (sediment and temperature). This Index allows MPA managers to evaluate the level of resilience of their MPAs over time. To calculate the resilience index for an MPA, follow the steps described below.

SKILLS REQUIREMENTS

Advanced understanding of how to summarize coral reef survey data using Excel pivot tables. Ability to do spatial joins between tables and geographic point shapefile layers in GIS.

SOFTWARE REQUIREMENTS

Intermediate knowledge of Excel and ArcGIS or QGIS



CONDUCTING A RESILIENCE ANALYSIS

1. COLLECT ECOLOGICAL EMPIRICAL DATA WITHIN THE TARGET MPA



Create a sampling design for your MPA. This consists of distributing survey sites randomly across the MPA and potentially stratifying those by habitat type; or revisiting the Healthy Reefs Initiative (HRI) reef sites previously sampled while ensuring that there are enough replicates for statistical power.

At each survey site, collect data to inform indicators following the Atlantic and the Gulf Rapid Reef Assessment protocols and Healthy Reef Initiative indicators (McField and Kramer 2007):

- Live coral cover (LCC)
- Fleshy macroalgal index (FMAI)
- Coral species richness (CSR)
- Coral disease prevalence (CDP)
- Coral recruitment (CR)
- Herbivorous fish biomass (HFB)
- Urchin density (UD)

Make sure each site has longitude and latitude information recorded.

© Antonio Busiello / WWF Mesoamerica

2. RANK INDICATOR VALUES USING THE FOLLOWING CLASSIFICATION

The indicator data values for each site will be ranked according to the following descriptions (i.e., very good, good, fair, poor, critical). The ranking description for each biological indicator is adopted from the Healthy Reefs Initiative's Indicator Guidebook (McField and Kramer) and Report Cards (2008 and 2018) and the UN Environment Guide for Assessing Reef Resilience that take into consideration a numerical range per condition. Each indicator is given equal importance and should be equally weighted in the assessment. The data could also be normalized to obtain a 0-1 score instead of a 1-5 score.

Ranking:

Very Good – 5 Good – 4 Fair – 3 Poor – 2 Critical – 1

A. LIVE CORAL COVER (LCC): AVG PERCENTAGE LIVE CORAL COVER ON SITE - E

- Very Good – 30% and above.
- Good – from 15.0% to 29.9%.
- Fair – from 10.0% to 14.9%.
- Poor – from 5.1% to 9.9%.
- Critical – from 5% and below.

B. FLESHY MACROALGAL INDEX (FMAI): THE PRODUCT OF FLESHY MACROALGAL COVER AND AVG ALGAL HEIGHT (CM)), AS PER (HRI, 2008)

- Very Good – less than 10.
- Good from 10-19
- Fair – from 20 - 39.
- Poor – from 40-59
- Critical – 60 and above.

C. CORAL SPECIES RICHNESS (CSR) (RANGES ARE HIGHLY DEPENDENT ON SAMPLE AREA - FOR THIS VERSION AGRRA 2006 INCLUDED 6 - 10M TRANSECTS OF CORALS 10CM AND LARGER THAT TOUCH THE LINE)

- Very Good – from 14 and over
- Good – from 11 to 13
- Fair – from 9 to 10
- Poor – from 7 to 8
- Critical – from 6 and fewer

D. CORAL DISEASE PREVALENCE (CDP): INDICATOR: % TOTAL DISEASED CORALS, (WITH COLONY DIAMETERS >4CM)

- Very Good – <1%.
- Good – from 1.1% to 1.9%.
- Fair - from 2.0% to 3.9%.
- Poor – from 4.0% to 6.0%.
- Critical – >6%

E. CORAL RECRUITMENT (CR): INDICATOR: DENSITY OF ALL RECRUITS (PER SQUARE METER) (SMALL & LARGE)

- Very Good – 10#/m² and above
- Good – from 5.0 #/ m² to 9.9 #/m²
- Fair – from 3.0 #/ m² to 4.9 #/m²
- Poor – from 2 #/ m² to 2.9 #/m² to
- Critical – less than 2 #/m²

F. HERBIVOROUS FISH BIOMASS: (HFB) PARROTFISH AND SURGEONFISH

- Very Good – 6000g/100m² and above.
- Good – from 3500g/100m² to 5999g/100m².
- Fair – from 2500g/100m² to 3499g/100m².
- Poor – from 1500g/100m² to 2499g/100m².
- Critical – from 0g/100m² to 1499g/100m².

G. URCHIN DENSITY (DIADEMA ANTILLARIUM) (UD) NUMBER OF DIADEMA (TOTAL) - * DIADEMA NUMBERS REPRESENT COUNTS PER METER (#/M²).

- Very Good – >2.5/m² (and under ~7/m²)
- Good – from 1.1 to 2.5/m².
- Fair – from 0.5 to 1.0/m².
- Poor – from 0.25 to 0.49 m².
- Critical – < 0.25 m².

3. SUMMARIZE EMPIRICAL DATA AT THE SITE LEVEL

Calculate the average value for each indicator at the MPA scale by averaging the survey site values together using pivot tables in Excel (Fig 1 & 2).

Code	Site	Date	Latitud	Longitud	lat&long	Zone	Subregion	urch
HNCYCZA006	Santa Maria	4/27/2012	15.79586	-86.34880	15.79586_-86.3488	Patch	Cayos Cochinos	0.15
HNTELO01	Piedra de San Juan	8/18/2006	15.80169	-87.48993	15.80169_-87.48993	Bank	West Coast Honduras	0.06
HNTELO12	Jellyfish Garden	8/2/2013	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948	Patch	West Coast Honduras	0.44
HNTELO12	Jellyfish Garden	8/2/2016	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948	Bay	West Coast Honduras	0
TELO12	Jellyfish Garden	8/27/2018	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948		West Coast Honduras	0.46
ANRITELA04	Palm View 2	7/15/2015	15.80336	-87.43955	15.80336_-87.43955	[UNDETERM]	West Coast Honduras	0.13
TEL779	La Ensenada Middle Bouy	8/29/2016	15.80337	-87.43917	15.80337_-87.43917	Bay	West Coast Honduras	0.37
ANRITELA03	Palm View 1	8/1/2015	15.80339	-87.43922	15.80339_-87.43922	[UNDETERM]	West Coast Honduras	0.07
TEL778	Palm View 1	8/29/2016	15.80339	-87.43922	15.80339_-87.43922	Bay	West Coast Honduras	0.13
HNTELO05	Piedra de San Juan	5/29/2011	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Fore	West Coast Honduras	0
HNTELO05	Piedra de San Juan	4/22/2013	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Fore	West Coast Honduras	0
HNTELO05	Piedra de San Juan	8/3/2016	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Bay	West Coast Honduras	0.05
TELO05	Piedra de San Juan	8/27/2018	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055		West Coast Honduras	0.01
CYS001	Piedra de Pablo	8/28/2018	15.81550	-87.08840	15.8155_-87.0884		West Coast Honduras	0.13
HNCYS001	Piedra de Pablo	8/26/2016	15.81550	-87.08840	15.8155_-87.0884	[UNDETERM]	West Coast Honduras	0.03
HNPTC004	Peylandia (Cangrejo)	8/27/2016	15.82562	-88.02562	15.82562_-88.02562	[UNDETERM]	West Coast Honduras	0.35
HNPTC003	Barrancas	8/16/2006	15.83783	-88.00207	15.83783_-88.00207	Bank	West Coast Honduras	0.02
HNPTC003	Barrancas	8/27/2016	15.83784	-88.00207	15.83784_-88.00207	[UNDETERM]	West Coast Honduras	0.1
HNPTC002	Picuda 2	8/16/2006	15.83785	-88.00207	15.83785_-88.00207	Bank	West Coast Honduras	0.28
GT009	Motaguilla 136	6/19/2016	15.84682	-88.29156	15.84682_-88.29156	Fore	Guatemala	0.18
GT009	Motaguilla136	6/27/2018	15.84682	-88.29156	15.84682_-88.29156	Fore	Guatemala	0
GT001	Faro Rojo	1/26/2012	15.84778	-88.67300	15.84778_-88.673	Patch	Guatemala	0
GT007	Motaguilla	6/27/2018	15.85288	-88.29902	15.85288_-88.29902	Fore:Outer	Guatemala	0.18

Fig 1: Snapshot of an example of sea urchin density (#/ m2) in database spanning data collection dates from 2006-2018

Site code	Average of urchin
1000	0.01
1001	0
1002	0.01
1003	0.04
1004	0
1005	0.11
1006	0.95
1007	0.09
1008	1.14
1009	0.035
1010	0
1011	0.01
1012	0.73
1013	0.48

Fig 2: Snapshot of a pivot table averaging the sea urchin count derived from the database spanning the same timeframe as above. The aim is to obtain a basic understanding of resilience over the targeted time period.

4. OBTAIN THE STRESSOR VALUES FOR THE MPA FOR THE SAME YEAR

A. SEDIMENT DISPERSAL (SD)

The sediment dispersal range on reefs is obtained from empirical data collected with a Secchi disk, which requires more research at this stage to be integrated in the analysis. Water quality is influenced by many factors, ranging from oceanographic delivery of nutrients, algal growth in the water column, terrestrial contributions (e.g., mud and silt), and anthropogenic inputs (UNEP 2016). To collect water quality data and obtain an estimate of the concentration of particulates in the water column, we recommend using Secchi disks, which is a standardized and common metric that captures the basic elements of water quality. Furthermore, in many tropical locations, the depth of the forereef site will be less than the vertical Secchi depth. The horizontal Secchi

distance method should be adopted (Fig 3). In this case, the black-and-white Secchi disk (20 cm in diameter) is placed or held at one location, along with the end of a transect tape. For example, an in-water observer will swim away from the disk, pulling the transect tape and will record the distance at which the Secchi disk is no longer visible. Water quality data should be recorded more frequently than benthic and fish sampling, usually between weekly to monthly intervals at standardized sites (1-8 total) that are ideally co-located with the monitoring sites.

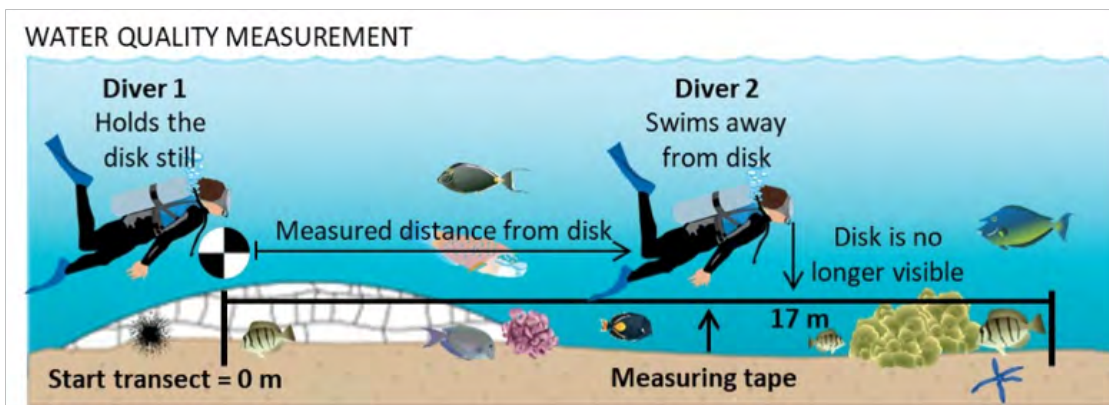


Fig 3: Conceptual model of using Secchi disk horizontally

After collecting information on water quality over a year (spanning dry and wet seasons) across all targeted MPAs, the distribution of the data should be evaluated to determine the best numerical score range to utilize according to the right.

- Very Good – TBD
- Good – from TBD
- Fair – from TBD
- Poor – from TBD
- Critical – from TBD

Another potential method to analyze the impact of sediment and turbidity on coral reefs across the MAR is satellite imagery such as Kd490 from Ocean color remote sensing data. However, although, this type of information can be very useful, as it provides data monthly at the global scale, these datasets are a coarser scale (4km x 4km).

B. TEMPERATURE AVERAGE (DHW)

The temperature data is obtained from NOAA for the given year “X”, using the Degree Heating Weeks (DHW) variable. First, save the netcdf each year's dataset of interest in your

working folder. Then in ArcGIS, select the tool Make NetCDF Raster Layer to convert the netcdf layer into geotiff raster data (see Fig 4).

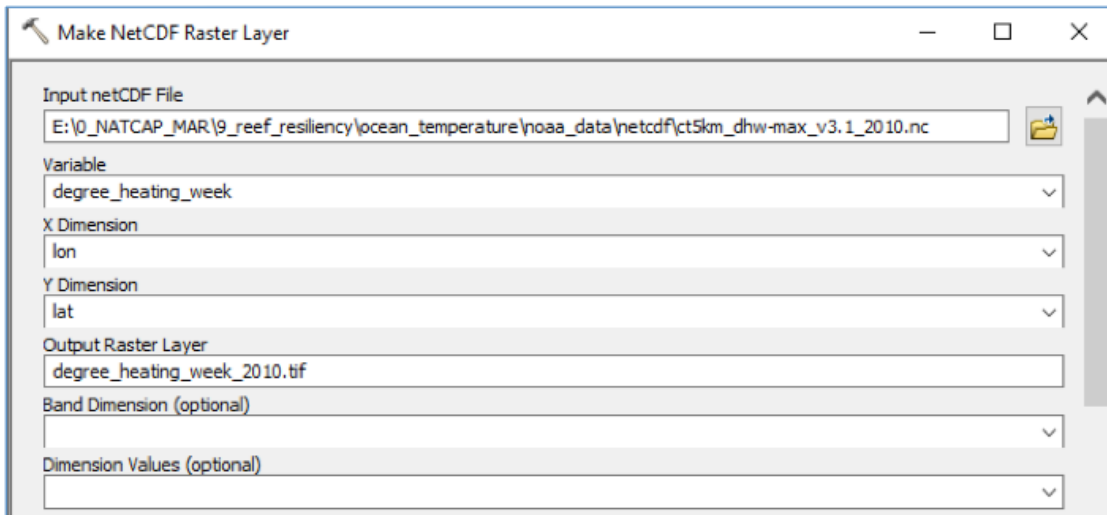


Fig 4: Snapshot of the ArcGIS tool “Make NetCDF Raster Layer” and how to set it up

Then click right on the geotiff raster in ArcMAP, navigate to “Data” and click on “Export Data”. In the pop-up window (see Fig 5) set up the no data value to “-9999” and label the

dataset following this naming system: “degree_heating_week_2021.tif” (or the year of interest). Repeat for each dataset of interest.

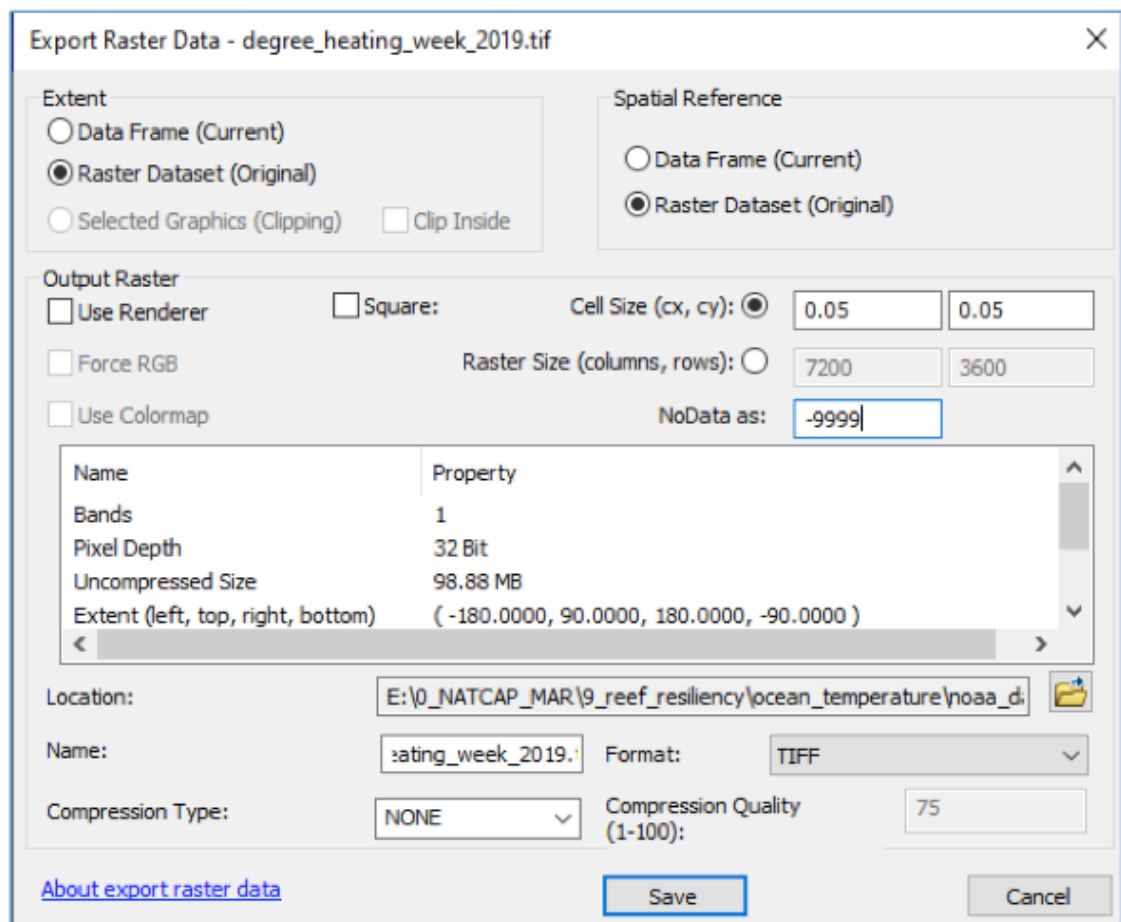


Fig 5: How to set up and export raster geotiff in ArcGIS

Then clip the DHW dataset according to your area of interest (e.g., the MAR region) or MPA boundaries in ArcGIS using the tool Extract by mask. To obtain the maximum range value of DHW for your MPA (or area of interest), run the Zonal statistic to table tool (select all stats) on the DHW raster. Lastly, export the DBF table, generated by the Zonal statistic table tool, into a CSV file using the tool Table to Table in ArcGIS.

Then in Excel, reclassify the max DHW according to the following ranking system derived from Muñiz-Castillo et al. (2019):

- Very Good/Good = 5 – < 4 DHW = no bleaching
- Poor = 3 – from 4-8 DHW = bleaching risk
- Critical = 1 – from >8 DHW = bleaching mortality

5. CALCULATE RESILIENCE INDEX FOR THE MPA

The 'condition' ranks are combined through the following basic equation which converts the combined rank to a standard point scale (1-5) for each value that falls within a specific range, 5 being the highest and 1 the lowest- with the exception of DHW, which is scored on 1-3. Scores are unidirectional (e.g., high score = high resilience to get at resilience index.) To create the index, calculate the average across all targeted indicators (combined) following equation 1 and carry out a ranking (see Table 1 as an example of layout).

Average the indicators values per MPA

$$IRRI_{MPAi} = (LCC + FMAI + CSR + CDP + CR + HFB + UD + SD + DHW) / n \quad (Eq 1)$$

Table 1: Example of score ranking of 1-5.

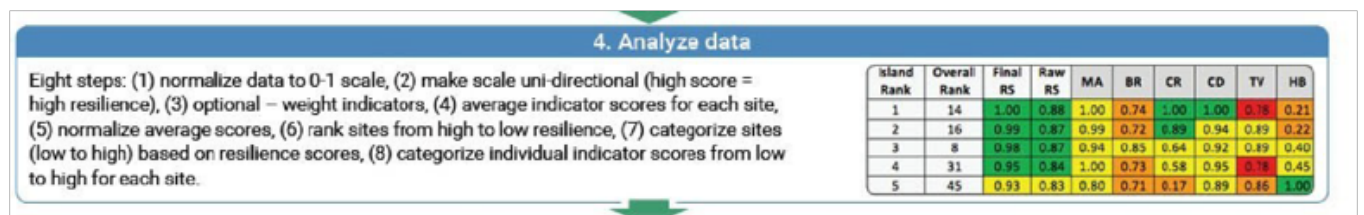
MPA	LC	FMAI	CSR	CDP	CR	HFB	UD	SD	DHW	SUM	MEAN SCORE (SCORE/N)	RANKING SCORE DESCRIPTION
1	2	3	4	3	4	3	2	3	5	15	3	FAIR
2	5	5	5	5	5	5	2	1	5	25	5	VERY GOOD
3	1	1	2	1	1	1	5	2	1	5	1	CRITICAL
4	3	3	5	3	3	3	1	2	3	15	3	FAIR
5	2	2	2	2	2	2	3	5	2	10	2	POOR

6. OPTION TO NORMALIZE RANKING FROM 0-1

NOAA 10-step resilience assessment also proposes a score-based ranking aggregation model where the source scores could be normalized to a common distribution before being combined (Fig 6).

To normalize the IRRi use equation 2:

$$IRRI_{MPAi} = (IRRI \times 10 \times 2) / 100 \quad (Eq 2)$$



Ranking description	Normal ranking score (1-5)	Normalized ranking score (0-1). Potential normalization of 1-5 score range – e.g. (x*10 ²)/100	Potential score Range with highest range point shown in column 3
Very good	5	1	0.85 – 1.00
Good	4	0.8	0.65 – 0.80
Fair	3	0.6	0.45 – 0.60
Poor	2	0.4	0.25 – 0.40
Critical	1	0.2	Less than/equal to 0.20

Fig 6: Snapshot of normalizing IRRi following NOAA's protocol

OUTPUT

A table and a map summarizing all the indicators within the MPA and the resilience index (see section “7: Historical analysis” for example).

7. SAMPLE ANALYSIS

This sample analysis is carried out to demonstrate the data analytics. It uses data collected between 2006 and 2018. The MPAs targeted and their respective resilience score are shown in Table 2 and Figure 7A below. Most MPAs across the three countries received a ‘fair’ score. Sian Ka ‘am in Mexico received a ‘poor’ score; 0.40. The Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de Tela, Parque Nacional Marino Islas de la Bahía, Monumento Natural Marino Archipelago and Cayos Cochinos in Honduras, Costa Occ. de I. Mujeres,

Pta. Cancún y Punta Nizuc in Mexico, and Hol Chan Marine Reserve, Laughing Bird Caye National Park and South Point Lighthouse SPAG in Belize received scores of 0.71, 0.62, 0.61, 0.61, 0.64, 0.62 and 0.66 respectively, deeming them as exhibiting good resilience. Half Moon Caye Natural Monument received a resilience score of 0.90 but it must be mentioned that only two indicators were available for assessing.

Table 2: Sample analysis results. The table shows the results for each resilience indicator and the aggregated relative resilience potential value at the MPA scale.

Country	MPA	LCC	CSR	CDP	CR	HFB	FMAI	UD	SD	DHW	IRRI	IRRI _{MPA}	
Belize	Caye Caulker Marine Reserve	2.7	4.0	3.0	1.0	2.3	2.5	2.5		5	2.88	0.58	
	Gladden Spit SPAG	4.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0		5	2.75	0.55	
	Seal Caye SPAG	3.0	3.0		1.0	4.0	5.0	1.0		3	2.86	0.57	
	Halfmoon Caye Natural Monument*					4.0				5	4.50	0.90	
	Bacalar Chico Marine Reserve	2.8	3.6	2.8	1.6	1.3	1.3	1.0		3	2.18	0.44	
	Turneffe Atoll Marine Reserve (Maugre)	2.7	4.1	4.4	1.9	2.2	3.5	1.4		3	2.90	0.58	
	Sapodilla Cayes Marine Reserve	2.2	4.0	3.0	3.0	1.8	3.4	1.4		3	2.73	0.55	
	South Point Lighthouse SPAG*	4.0	4.5	5.0	2.0	1.0	4.0	1.0		5	3.31	0.66	
	Gladden Spit and Silk Cayes Marine Reserve*	2.7	4.3		2.0	3.3	2.3	1.0		3	2.66	0.53	
	South Water Caye Marine Reserve*	2.7	3.1	4.3	2.1	2.2	2.4	1.0		3	2.60	0.52	
	Hol Chan Marine Reserve*	5.0	3.0				3.2	4.0	1.0		3	3.2	0.64
	Glovers Reef Marine Reserve	3.0	4.1	4.9	1.5	1.8	2.5	1.3		3	2.76	0.55	
	Port Honduras Marine Reserve*	1.8	2.2		1.1	2.6	4.1	1.6		3	2.34	0.47	
	Laughing Bird Caye National Park	2.8	4.6	5.0	3.8	3.0	1.5	1.2		3	3.11	0.62	

Country	MPA	LCC	CSR	CDP	CR	HFB	FMAI	UD	SD	DHW	IRRI	IRRI _{MPA}
Honduras	Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de tela*	4.8	3.8	5.0	3.3	1.4		3.6		3	3.56	0.71
	Parque Nacional Blanca Jeannette Kawas	3.5	4.8	4.7	2.5	1.0	3.3	1.0		3	2.98	0.60
	Parque Nacional Marino Islas de la Bahía	4.0	4.6	4.4	2.3	3.6	2.0	1.0		3	3.11	0.62
	Parque Nacional Punta Izopo*	3.0	2.5	4.7	2.0	1.0		1.5		3	2.52	0.50
	Monumento Natural Marino Archipiélago Cayos Cochinos	3.4	3.6	4.4	2.0	3.0	1.9	1.2		5	3.06	0.61
	Zona costera Puerto Cortés*	3.0	2.0		2.7	3.3	1.5	2.0		3	2.50	0.50
México	Arrecifes de Xcalak	3.0	3.8	4.3	1.5	2.0	2.5	1.6		5	2.97	0.59
	Costa Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Punta Nizuc*	2.8	3.0	5.0	1.3	3.3	1.0			5	3.04	0.61
	Sian Ka'an*	2.0	2.8	2.5	1.8	1.3	3.3	1.2		1	2.00	0.40
	Banco Chinchorro*	2.4	2.3	4.7	1.6	1.7	2.4	1.2		5	2.6	0.53
	Caribe Mexicano	2.5	3.4	2.5	2.2	2.5	3.4	1.4		1	2.36	0.47

Key for Table 2: Relative resilience potential



Map showing the IRRI for MPAs within the Mesoamerican Reef (MAR) and the HRI reef monitoring site locations.

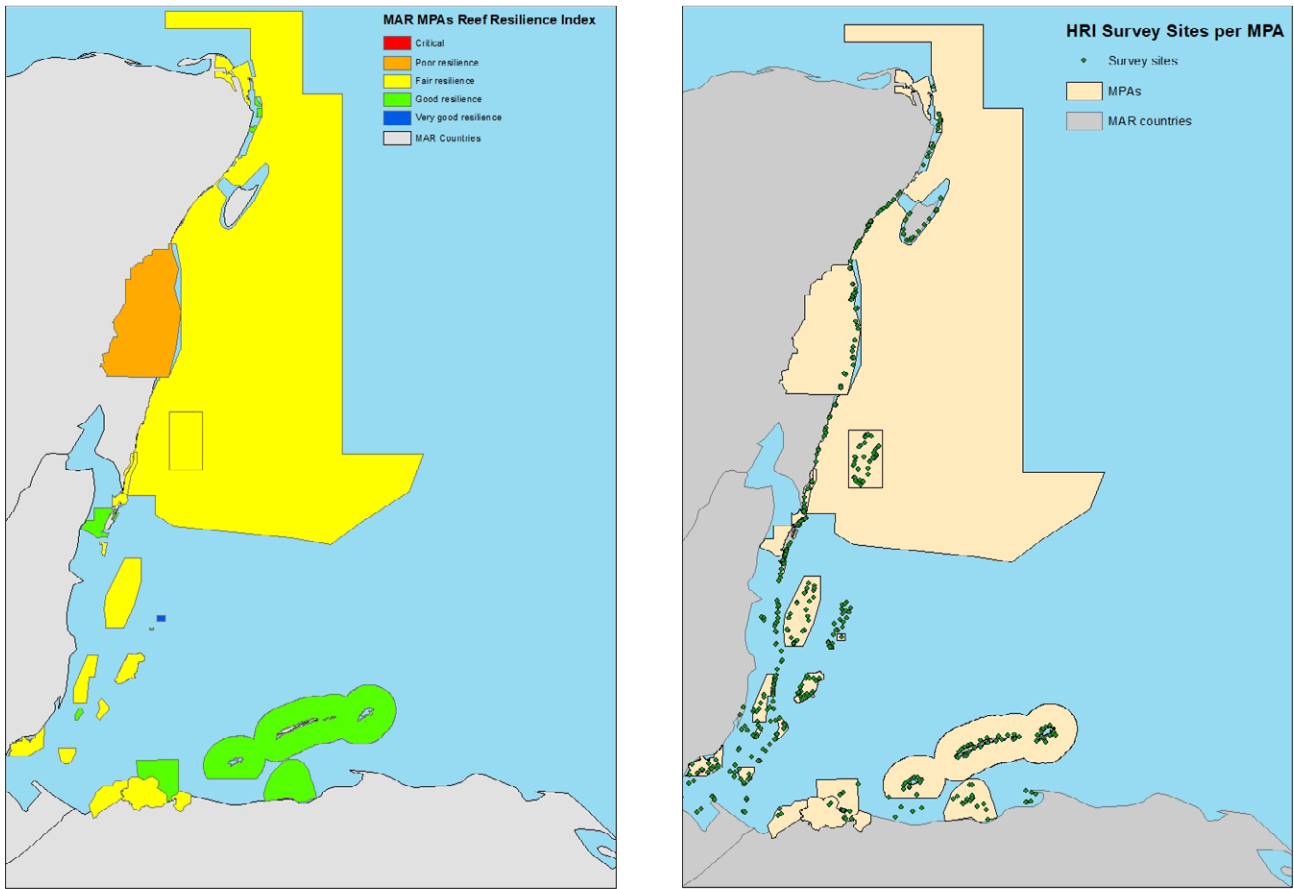


Fig 7: (A) MPA Integrated Reef Resilience Index (IRRI) and (B) HRI reef survey locations with MPA boundaries

This analysis presents some limitations. For instance, some MPAs are heavily sampled with consistent ratings (e.g., Turneffe Atoll) while some MPAs only have a few samples with high variability (e.g., Caye Caulker). In the former, the

resilience scores are more reliable than in the latter, which requires more field sampling to establish a more reliable reef resilience index.

Table 3: Sampling effort per MPA. The table shows the number of survey sites for benthic and fish indicators per MPA and the area of MPA (km² & ha)

Country	MPA	Benthic sites (#)	Fish sites (#)	MPA (km ²)	MPA (ha)
Belize	Caye Caulker Marine Reserve*	3	3	39.51	3,951
	Gladden Spit SPAG*	1	1	5.25	525
	Gladden Spit and Silk Cayes Marine Reserve*	3	8	105.10	10,510
	Seal Caye SPAG*	1	1	6.48	648
	Halfmoon Caye Natural Monument*	0	1	39.21	3,921
	Bacalar Chico Marine Reserve*	5	16	115.50	11,550
	Turneffe Atoll Marine Reserve*	16	39	131.00	131,700
	Sapodilla Cayes Marine Reserve*	5	5	156.20	15,620
	South Point, Lighthouse Reef Atoll SPAG*	2	2	5.33	533
	South Water Caye Marine Reserve*	11	22	477.00	47,700
	Hol Chan Marine Reserve*	1	5	414.50	41,450
	Glovers Reef Marine Reserve*	19	19	350.70	35,070
	Port Honduras Marine Reserve*	9	17	403.90	40,390
	Laughing Bird Caye National Park*	5	7	40.95	4,095
Honduras	Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de Tela*	16	9	820.60	82,060
	Parque Nacional Blanca Jeannette Kawas	4	4	793.90	79,390
	Parque Nacional Marino Islas de la Bahía	67	65	6,468.00	646,800
	Parque Nacional Punta Izopo*	4	1	185.90	18,590
	Monumento Natural Marino Archipiélago Cayos Cochinos	18	18	1,210.00	121,000
	Zona costera Puerto Cortés*	3	3	531.60	53,160
México	Arrecifes de Xcalak	8	8	179.70	17,970
	Costa Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Punta Nizuc*	4	4	87.61	8,761
	Sian Ka'an*	29	29	5,279.00	527,900
	Banco Chinchorro*	31	31	1,444.00	144,400
	Caribe Mexicano	30	30	57,540.00	5,754,000

In terms of sedimentation assessment, a method analyzed is Kd₄₉₀ from Ocean color remote sensing data to assess the impact of sediment and turbidity on coral reefs across the MAR. However, although this type of information can be very useful, as it provides data on a monthly basis at the global scale, these datasets are a coarser scale (4km x 4km) (Fig 8). In addition, research is lacking in terms of establishing ranges of Kd₄₉₀ values that would designate potential stress on coral reefs. Thus, this method is not a viable option to

assess sedimentation impact on local reefs.

Through WWF's Smart Coast project that is funded by the International Climate Initiative (IKI), we were able to identify watersheds that are linked to changes in marine services due to changes in water quality on the reef (Fig 9a) as well as modeled the total sediment load entering the marine environment in the MAR (Fig 9b)

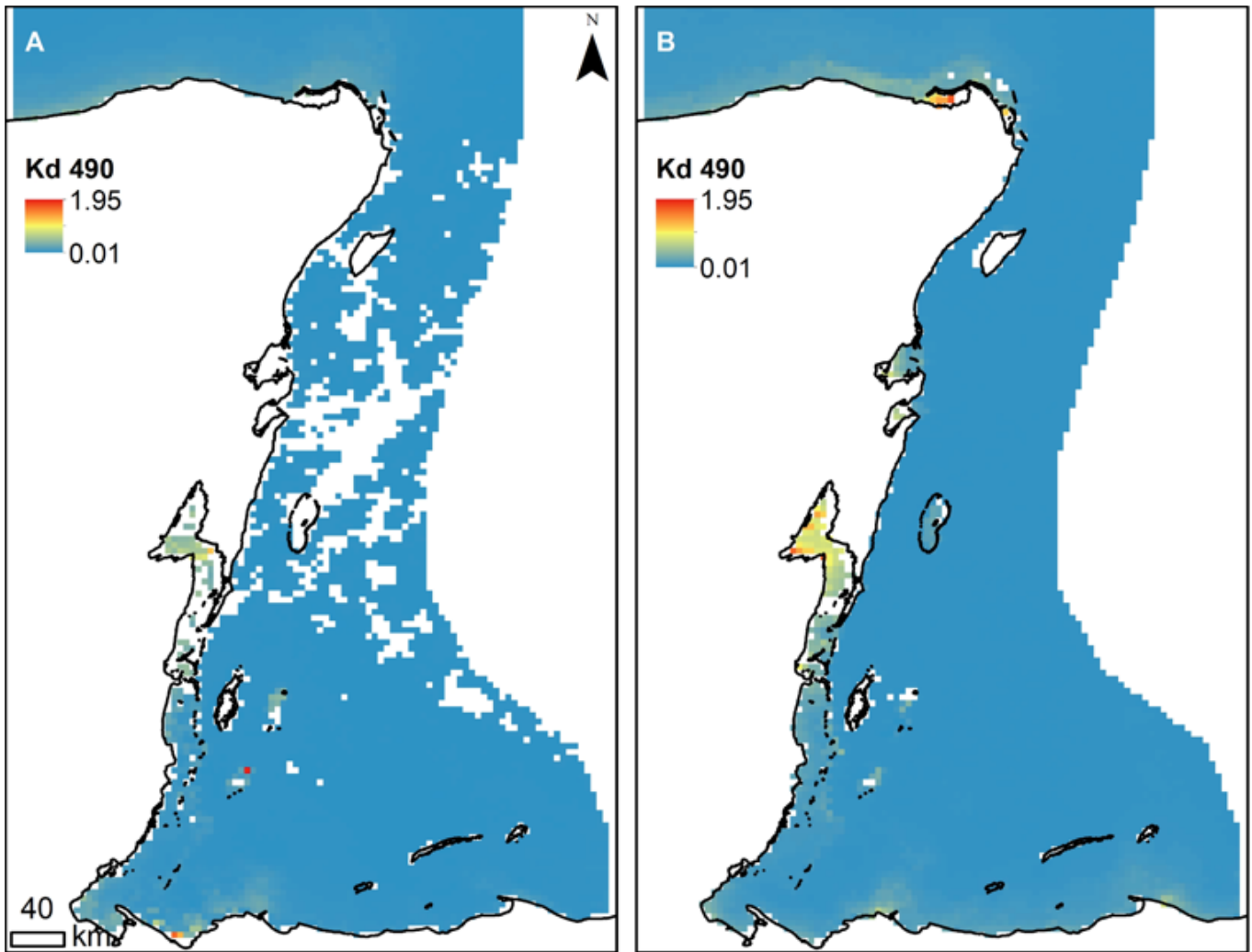


Fig 8: Example of Kd490 for (A) June 2017 and (B) December 2017

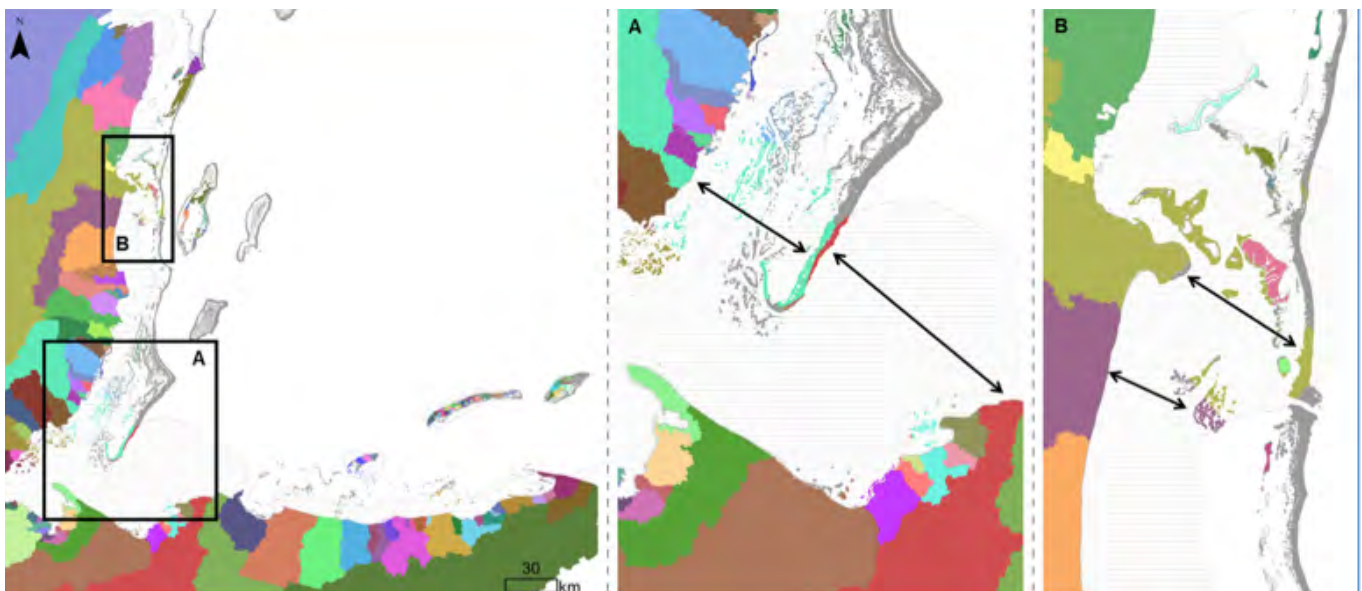


Fig 9a: Watersheds linked to coral reef-based services using color-coding. Reef areas in central Belize are affected by run-off from the Belize and Sibun River watersheds. In southern Belize, the reef is impacted by a series of watersheds, including Monkey River, Deep River, and Moho River in Belize and Chamelecon River in Honduras. These map were generated through modeling of watershed sediment load outputs to the marine environment and reef.

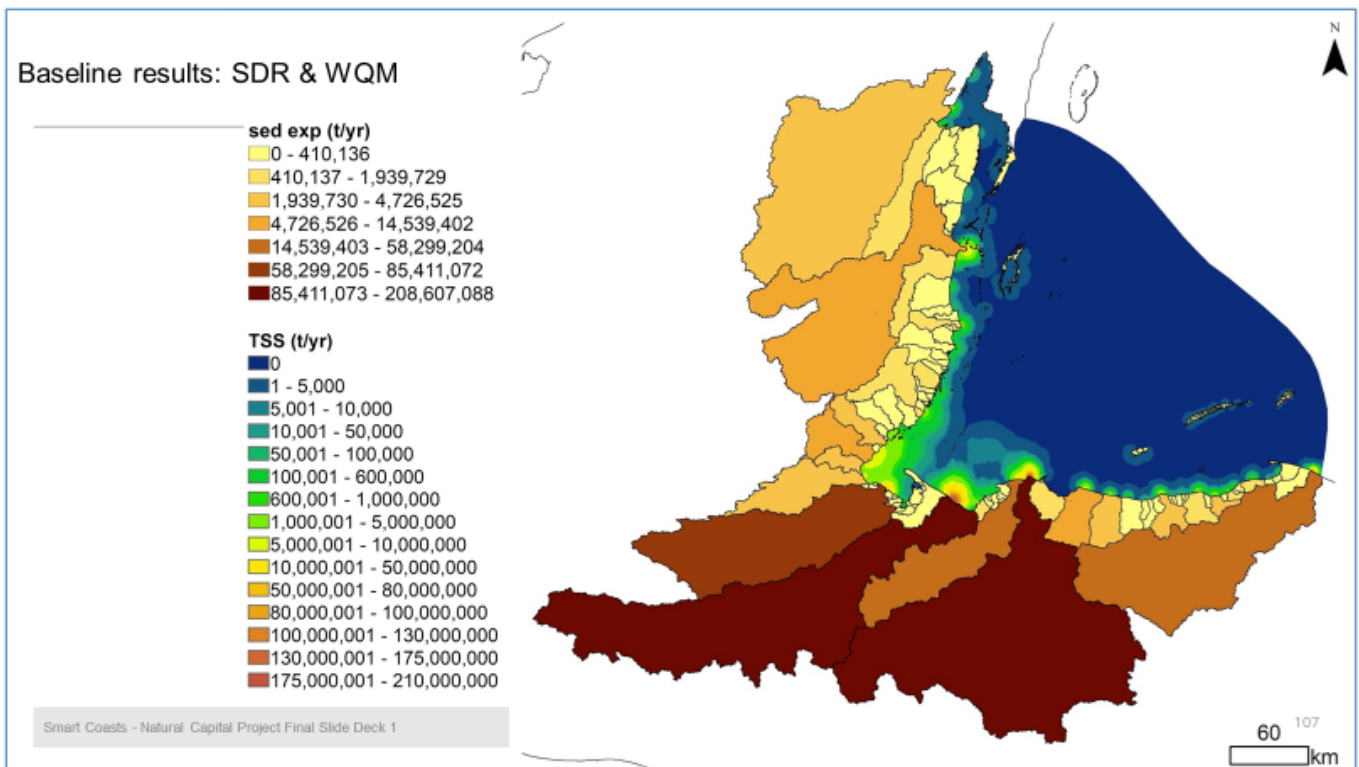


Fig 9b: Due to the spatial variation in sediment export on land, we find that there are more total suspended solids (TSS) by one order of magnitude along GT and HN coastline compared to BZ. We visually compared the modeling plume to seawiffs imagery which can provide weekly information about Chla, colored dissolved organic matter, and suspended sediment. We used this information to determine how far offshore the plume disperses & identify which reefs are exposed to riverine inputs (Fig 9a). We used this information to determine how far offshore the plume disperses & identify which reefs are exposed to riverine inputs.

With regard to next steps, the MPAs marked with an asterisk in Table 2 need additional data collection for some of the ecological indicators are missing and water quality data (sechii disk readings) need to be collected by all the MPAs.

Maintaining and restoring ecological resilience of both coral reefs and MPAs should be a major focus for managers. It is hoped that this guide will be able to assist MPA managers in pursuing this goal.

ADDITIONAL CONSIDERATIONS

The resilience protocol above is limited to using information on local ecological conditions and environmental data.

However, when conserving reefs and deploying conservation strategies it is important to have broader understanding of the social ecological system including: (1) management and governance data, (2) social data on key stakeholders including communities that can involve information in human resource use and perceptions and (3) ecosystem services.

By deploying diverse tools, this can help develop management plans that are more inclusive of management and communities dependent on their coral reefs, as well as track progress and gaps to inform adaptive management that is more responsive to local and global pressures.

Some of the commonly deployed tools in the region include:

1. SocMon – Socioeconomic monitoring (SocMon) is a tool used to assess socioeconomic and governance factors for managing marine protected areas (MPAs). It is a

standardized set of guidelines to conduct socioeconomic monitoring, including for collecting, processing, and analyzing data to inform adaptive conservation management.

2. The METT - Management Effectiveness Tracking Tool (METT) that is widely used/adapted globally to assess protected area management effectiveness. It is used to report progress towards the Convention on Biological Diversity. METT is designed to track and monitor progress towards worldwide protected area management effectiveness. The methodology entails a rapid assessment based on a scorecard questionnaire and is used to enable park managers and donors to identify needs, constraints, and priority actions to improve the effectiveness of protected area management.
3. World Resources Institute MPA Economic Impact Tool – This tool helps to guide the collection of basic economic data at the marine protected area (MPA) level, and calculates an estimate of the current economic contribution of tourism and fisheries revenues associated with an MPA.

1. SOCIAL DIMENSION CONSIDERATIONS

Resilience can also be defined from a social perspective. It is generally good practice to assess resilience from a socio-ecological standpoint. We recommend that analysis of social resilience of the MPAs also be conducted, particularly as it relates to understanding stakeholders' perspectives of MPAs. Some social indicators (e.g., using SocMon method) that could be assessed via surveys of stakeholders may include:

1. Knowledge and use of reefs within MPAs
2. Knowledge of reef- and MPA-related rules & regulations
3. Perceived internal threats and importance of reefs and MPAs

4. Perceived compliance and attitude towards rules & regulations
5. Perceived resource condition
6. Knowledge of threats
7. Attitudes toward reef management
8. Participation in behaviors that improve reef health
9. Cultural importance

The above would allow for better understanding of the socioeconomic structure linkages and impacts stakeholders are having on coral reefs within the MPAs.



2. ECONOMIC CONSIDERATIONS

Managers can also assess the economic benefits that are being derived from reef-related tourism, recreation, and fishing within MPAs. Such information could be contrasted with what is being invested in management for the MPAs. Indicators that could be assessed (e.g., using WRI's MPA Economic Impact Tool) may include:

1. Economic benefits of coral reef fishing
2. Economic benefits of dive/snorkel tourism
3. Governance institutions level of conservation investment

CONCLUSION

Analyzing and understanding reef resilience can aid managers to put in place meaningful actions to better manage their MPAs under changing climatic conditions. Resilience helps reefs to resist and recover subsequent to disturbances such as storms and mass coral bleaching events. Coral reefs are being exposed to such devastating events with increasing frequency, making the need for increased knowledge to inform response an urgency.

Undertaking resilience assessments over time allows for measuring and monitoring change within the system, the progress made by management, and any adaptive management that may be needed. By doing this, it is possible to :

1. Examine spatial variation in resilience indicators, resilience scores, and anthropogenic stress;
2. Identify which indicators most account for differences in resilience among sites.
3. Identify sites that have coral communities likely to be more resilient to climate change and other human stressors;
4. Examine the extent to which reefs with high or low resilience are represented within the various use zones of an existing MPA or MPA network;
5. Identify and prioritize management actions or strategies that will reduce stress at the greatest number of sites, at high resilience sites, and/or at sites that are conservation priorities for other reasons, such as climate refugia or sites with high biodiversity or cultural value; and
6. Monitor trends in resilience indicators and resilience through time.





REFERENCES

Atlantic and the Gulf Rapid Reef Assessment Protocols: <https://www.agrra.org/training-tools/agrra-method/>

Donovan M.K, Burkepile D.E., Kratochwill C., Shlesinger T., Sully S., Oliver T.A, Hodgson G., Freiwald J., Woesik R.v 2021. Local conditions magnify coral loss after marine heatwaves. *Science*. <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.abd9464>

Global Socioeconomic Monitoring Initiative for Coastal Management (SocMon). <https://germn.net/socmon/>. GCRMN and ICRI

Harris J.L., Estradivari E., Fox H.E., McCarthy A.S., and Ahmadi G.N. 2017. Planning for the future: Incorporating global and local data to prioritize coral reef conservation. *Wiley Online Library*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aqc.2810>

McField, M. and P. Richards Kramer 2007. *Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region*. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. 208 pp. https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2014/06/HRI_Guide07.pdf

Healthy Reefs for Healthy People 2008. *Mesoamerican Reef Report Card. An Evaluation of Ecosystem Health*. <https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/2008-Report-Card.pdf>

Healthy Reefs for Healthy People 2018. *Mesoamerican Reef Report Card. An Evaluation of Ecosystem Health*. <https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/2018-MAR-Report-Card-Web.pdf>

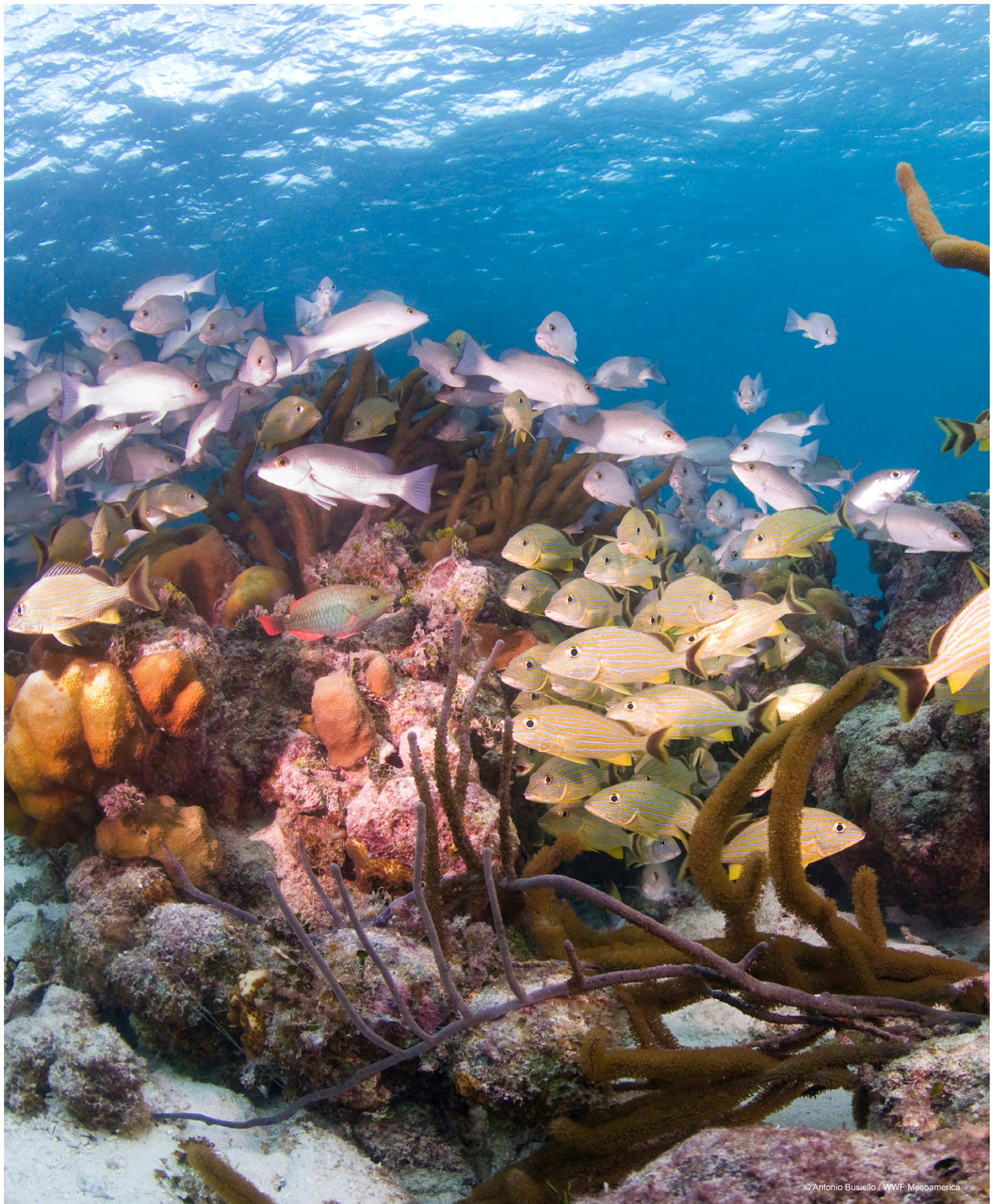
Maynard, J.A., Marshall, P.A., Parker, B., Mcleod, E., Ahmadi, G., van Hooionk, R., Planes, S., Williams, G.J., Raymundo, L., Beeden, R., Tamelander, J. (2017). *A Guide to Assessing Coral Reef Resilience for Decision Support*. Nairobi, Kenya: UN Environment. ISBN No: 978-92-807-3650-2.

METT Handbook 2016. *A Guide to Using the Management Effectiveness Tool*. UNEP, WCMC, WCPA, IUCN, WWF.

Muñiz-Castillo AI, A Rivera-Sosa, I Chollett, MC Eakin, L Andrade-Gómez, M McField, and JE Arias-González (2019) Three Decades of Heat Stress Exposure in Caribbean Coral Reefs: A New Regional Delineation to Enhance Conservation. *Scientific Reports* 9, no. 1: 11013. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47307-0>.

UNEP (2016). *Global Coral Reef Monitoring Network Caribbean Guidelines for coral reef biophysical monitoring*. Miami, Florida

WRI 2009. *Manual: Marine Protected Area Economic Impact Template*. http://pdf.wri.org/mpa_economic_impact_manual.pdf



© Antonio Busiello / WWF Mesoamerica



Working to sustain the natural world for the benefit of people and wildlife.

together possible™ panda.org

©2021
Paper 100% recycled

© 1986 Panda symbol WWF - World Wildlife Fund
® "WWF" is a WWF Registered Trademark. WWF, Avenue du Mont Bland, 1196 Gland, Switzerland. Tel. + 41 22 346 9111. Fax. +41 22 364 0332.



natural
capital
PROJECT



Stanford
WOODS
INSTITUTE for the
ENVIRONMENT



THE
PEW
CHARITABLE TRUSTS

Supported by:
Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety
based on a decision of the German Bundestag

Healthy Reefs
for healthy people



GUÍA INTEGRAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA DE ARRECIFES

SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO

Autores

Dr. Jade Delevaux, Nadia Bood, Luis Chévez y Alejandra Calzada

Revisores técnicos

Dr. Gabby Ahmadia, Dr. Melanie McField, Janet Gibson y Emma Doyle
2021

Cita sugerida

Guía Integral para la Evaluación de la Resiliencia de Arrecifes. Sistema Arrecifal Mesoamericano. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF Mesoamérica) 2021

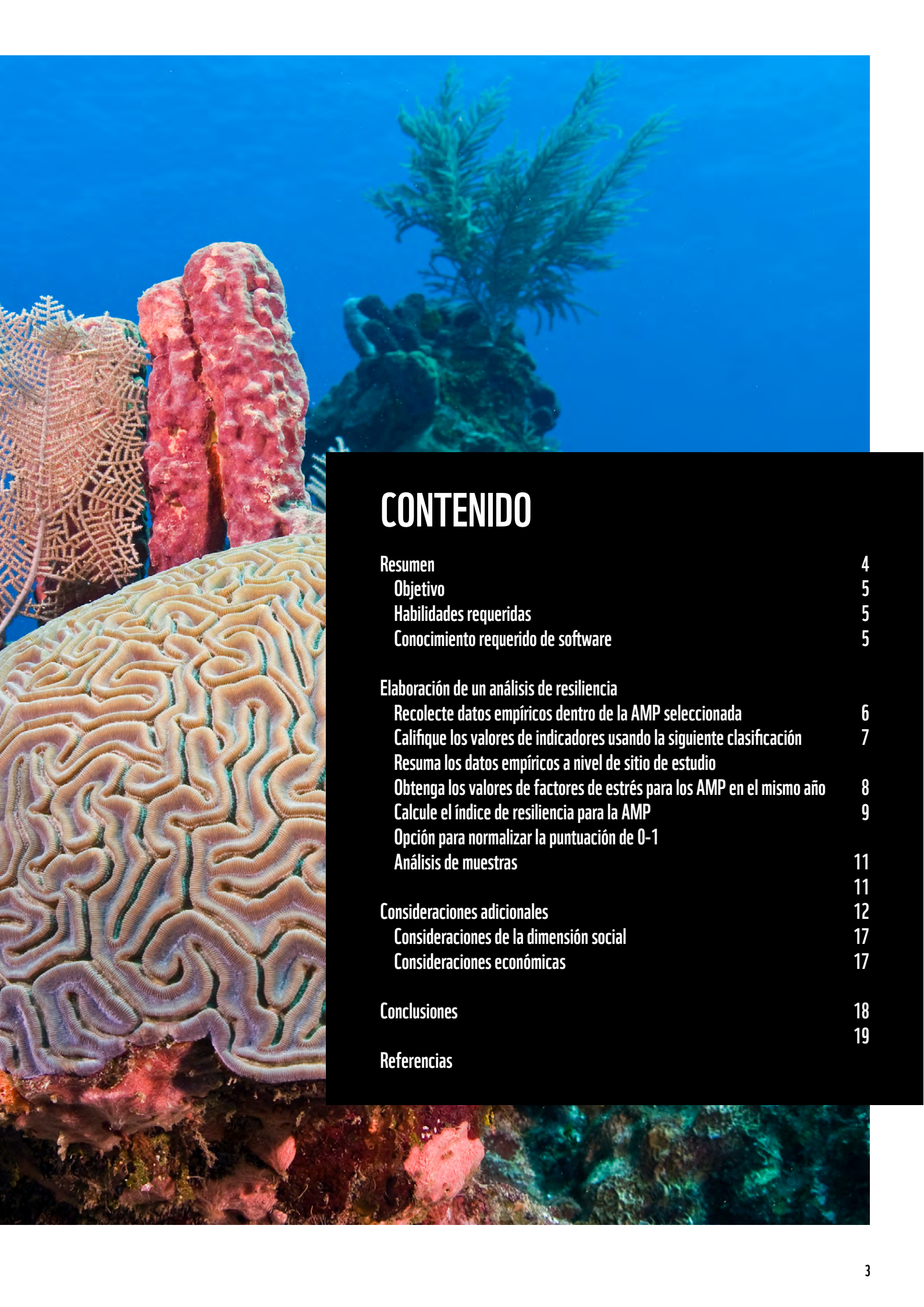
Fotografía de portada

Antonio Busiello / WWF Mesoamérica

© 1986 símbolo de Panda de WWF – Fondo Mundial para la Naturaleza

® "WWF" es una Marca Registrada. WWF Internacional, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Suiza. Tel. + 41 22 346 9111. Fax. +41 22 364 0332.





CONTENIDO

Resumen	4
Objetivo	5
Habilidades requeridas	5
Conocimiento requerido de software	5
Elaboración de un análisis de resiliencia	
Recolecte datos empíricos dentro de la AMP seleccionada	6
Califique los valores de indicadores usando la siguiente clasificación	7
Resuma los datos empíricos a nivel de sitio de estudio	
Obtenga los valores de factores de estrés para los AMP en el mismo año	8
Calcule el índice de resiliencia para la AMP	9
Opción para normalizar la puntuación de 0-1	
Análisis de muestras	11
Consideraciones adicionales	11
Consideraciones de la dimensión social	12
Consideraciones económicas	17
Conclusiones	17
Referencias	18



RESUMEN

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), en colaboración con el Proyecto de Capital Natural (Universidad de Stanford), el Fondo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (MAR Fund, por sus siglas en inglés), la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), Iniciativa Arrecifes Saludables (HRI, por sus siglas en inglés) y con el apoyo del Gobierno de Alemania a través de la Iniciativa Climática Internacional (IKI, por sus siglas en Alemán) y The Pew Charitable Trusts, llevaron a cabo un proyecto para evaluar la resiliencia de áreas marinas protegidas (AMP) seleccionadas entre Belice, Honduras y México. La iniciativa consistió en el análisis de una matriz de indicadores ecológicos, físicos y socioeconómicos, para obtener un mejor conocimiento sobre la resiliencia potencial de las áreas marinas protegidas (AMP) seleccionadas. La utilización de información local (es decir, encuestas) combinada con imágenes satelitales/datos globales permite un mejor conocimiento de la capacidad de resiliencia de los sistemas.

Se analizaron nueve indicadores dentro de la matriz agrupados en tres categorías principales: 1) la ecología de los sistemas arrecifales dentro de las AMP para tener un mejor conocimiento sobre la cobertura/densidad de comunidades benthicas y de peces, especies redundantes y heterogeneidad espacial (siete indicadores); 2) temperaturas marinas superficiales in situ y satelitales para tener más conocimiento sobre la exposición de los arrecifes al cambio climático, y 3) amenazas como factores terrestres de impacto.

Los arrecifes de coral son considerados naturalmente resilientes; sin embargo, las alteraciones por factores naturales y humanos (amenazas locales, como contaminación de fuentes terrestres, sobrepesca, etc., y amenazas globales, como el clima) (Harris et al. 2017) afectan su capacidad inherente de ser resilientes.

La resiliencia es la capacidad que tiene un sistema para recuperarse y reponerse después de alteraciones. Dados los costos y los esfuerzos que se invierten en administrar las AMP, es importante saber si las áreas pueden soportar y recuperarse de perturbaciones naturales y mejorar su funcionamiento ecosistémico. Esta iniciativa analizó las amenazas antrópicas y naturales a las AMP seleccionadas. También se evaluó su potencial de resiliencia y se identificaron las posibles opciones de adaptación para ayudar a mejorar el potencial de resiliencia de los sistemas de las AMP. Este enfoque puede ofrecer información vital para gestionar riesgos y servir de guía para la administración climáticamente inteligente de las AMP. Los hallazgos completos de la evaluación se pueden encontrar en el informe técnico del proyecto.

© Antonio Busiello / WWF Mesoamerica

OBJETIVO

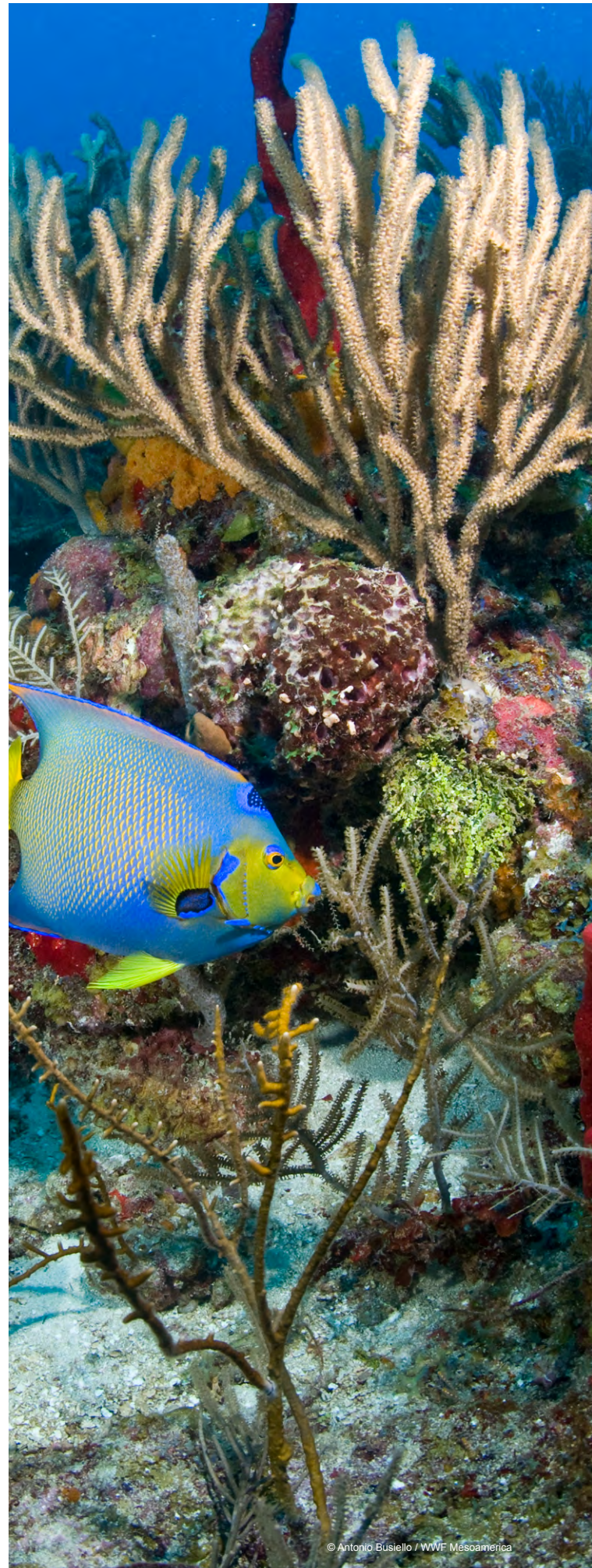
Este protocolo establece el marco analítico para calcular el Índice Integrado de Resiliencia de Arrecifes (IRRI¹, por sus siglas en inglés) utilizando los siguientes nueve indicadores de especies coralinas y aquellas asociadas con arrecifes y dos factores de estrés (sedimento y temperatura). Este índice permite que los gestores de las AMP puedan evaluar el nivel de resiliencia de sus AMP a lo largo del tiempo. Para calcular el índice de resiliencia para una AMP, siga los siguientes pasos descritos a continuación.

HABILIDADES REQUERIDAS

Conocimiento avanzado sobre cómo resumir los datos de estudio de arrecifes utilizando las tablas dinámicas de Excel. Capacidad de realizar uniones espaciales entre tablas y las capas de puntos geográficos de shapefiles en el SIG.

CONOCIMIENTO REQUERIDO DE SOFTWARE

Conocimiento intermedio de Excel y ArcGIS o QGIS.



¹IRRI: Integrated Reef Resilience Index

ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE RESILIENCIA

1. RECOLECTE DATOS EMPÍRICOS DENTRO DE LA AMP SELECCIONADA



Crear un diseño de muestreo para su AMP. Esto consiste en distribuir aleatoriamente sitios de estudio en toda la AMP y potencialmente estratificar estos por tipo de hábitat, o bien, volver a los sitios arrecifales de la Iniciativa Arrecifes Saludables (HRI, por sus siglas en inglés), previamente muestreados, procurando tener suficientes réplicas para que haya potencia estadística.

En cada sitio de estudio, recolecte datos para conformar los indicadores siguiendo los protocolos de la Evaluación Rápida de los Arrecifes del Atlántico y el Golfo y los indicadores de la Iniciativa Arrecifes Saludables (McField y Kramer 2007):

- Cobertura de coral vivo (CCV)
- Índice de macroalgas carnosas (IMC)
- Riqueza de especies de coral (REC)
- Prevalencia de enfermedades coralinas (PEC)
- Reclutamiento de coral (RC)
- Biomasa de peces herbívoros (BPH)
- Densidad de erizo (DE)

Asegúrese de que cada sitio registre los datos de longitud y latitud.

Fotografía: © WWF Mesoamérica / Antonio Busiello

© Antonio Busiello / WWF Mesoamérica

2. CALIFIQUE LOS VALORES DE INDICADORES USANDO LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN

Los valores de los datos de los indicadores en cada sitio se clasificarán según las siguientes descripciones (es decir, muy bueno, bueno, regular, pobre, crítico). La descripción de la clasificación para cada indicador biológico proviene de *la Guía de indicadores* (McField y Kramer) y las Libretas de Calificaciones (2008 y 2018) de la Iniciativa Arrecifes Saludables (HRI, por sus siglas en inglés) y *la Guía ambiental para la evaluación de la resiliencia de arrecifes* de las Naciones Unidas, que contemplan el uso de una escala numérica para cada condición. A cada indicador se le da igual importancia y todos deberían ponderarse equitativamente en la evaluación. Los valores también podrían normalizarse para obtener una calificación de 0-1 en lugar de 1-5.

Calificación:

Muy bueno – 5 Bueno – 4 Regular – 3 Pobre – 2 Crítico – 1

A. COBERTURA DE CORAL VIVO (CCV): PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE CORAL VIVO EN EL SITIO

- Muy bueno – 30% o superior.
- Bueno – desde 15.0% hasta 29.9%.
- Regular – desde 10.0% hasta 14.9%.
- Pobre – desde 5.1% hasta 9.9%.
- Crítico – 5% o menos.

B. ÍNDICE DE MACROALGAS CARNOSAS (IMC): EL PRODUCTO DE LA COBERTURA DE MACROALGAS CARNOSAS Y LA ALTURA PROMEDIO DE ALGAS (CM), SEGÚN HRI (2008).

- Muy bueno – menor que 10.
- Bueno – desde 10-19
- Regular – desde 20-39.
- Pobre – desde 40-59
- Crítico – 60 o superior.

C. RIQUEZA DE ESPECIES CORALINAS (REC) (LAS COBERTURAS DEPENDEN MUCHO DEL ÁREA DE MUESTREO – PARA ESTA VERSIÓN, AGRRA 2006 INCLUYÓ 6 TRANSECTOS DE 10 M CADA UNO, EN LOS QUE ÚNICAMENTE SE CONTARON CORALES DE 10 CM O MAYORES QUE LLEGABAN HASTA LA CINTA MÉTRICA)

- Muy bueno – desde 14 o superior
- Bueno – desde 11 hasta 13
- Regular – desde 9 hasta 10
- Pobre – desde 7 hasta 8
- Crítico – desde 6 o menor

D. PREVALENCIA DE ENFERMEDADES CORALINAS (PEC): INDICADOR: % TOTAL DE CORALES ENFERMOS (DE COLONIAS CON DIÁMETROS >4 CM)

- Muy bueno – <1%.
- Bueno – desde 1.1% hasta 1.9%.
- Regular - desde 2.0% hasta 3.9%.
- Pobre – desde 4.0% hasta 6.0%.
- Crítico – >6%

E. RECLUTAMIENTO DE CORAL (RC): INDICADOR: DENSIDAD DE TODOS LOS RECLUTAS (POR METRO CUADRADO (PEQUEÑOS Y GRANDES)

- Muy bueno – 10 #/m² o superior
- Bueno – desde 5.0 #/m² hasta 9.9 #/m²
- Regular – desde 3.0 #/m² hasta 4.9 #/m²
- Pobre – desde 2 #/m² hasta 2.9 #/m²
- Crítico – menor que 2 #/m²

F. BIOMASA DE PECES HERBÍVOROS: (BPH) PEZ LORO Y PEZ CIRUJANO

- Muy bueno – 6,000 g/100 m² o superior.
- Bueno – desde 3,500 g/100 m² hasta 5,999 g/100 m².
- Regular – desde 2,500 g/100 m² hasta 3,499 g/100 m².
- Pobre – desde 1,500 g/100 m² hasta 2,499 g/100 m².
- Crítico – desde 0 g/100 m² hasta 1,499 g/100 m².

G. DENSIDAD DE ERIZO (DIADEMA ANTILLARIUM) (DE) CANTIDAD DE DIADEMA (TOTAL) - *CANTIDADES DE DIADEMA REPRESENTAN EL CONTEO POR METRO (#/M²).

- Muy bueno – >2.5 m² (y menor que ~7/m²)
- Bueno – desde 1.1 hasta 2.5/m².
- Regular – desde 0.5 hasta 1.0 m².
- Pobre – desde 0.25 hasta 0.49 m².
- Crítico – < 0.25 m².

3. RESUMA LOS DATOS EMPÍRICOS A NIVEL DE SITIO DE ESTUDIO

Calcule el valor promedio para cada indicador a nivel de AMP, sacando el promedio de los valores del sitio de estudio juntos y utilizando tablas dinámicas en Excel (Figuras 1 y 2).

Código	Sitio	Fecha	Latitud	Longitud	lat. y long.	Zona	Subregión	erizo
HNCYCZA006	Santa Maria	27/04/12	15.79586	-86.34880	15.79586_-86.3488	Parche	Cayos Cochinos	0.15
HNTELO05	Piedra de San Juan	22/04/13	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Frente	Costa Occidental Honduras	0
HNTELO12	Jardín de Medusas	2/08/13	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948	Parche	Costa Occidental Honduras	0.44
HNTELO12	Jardín de Medusas	2/08/16	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948	Bahía	Costa Occidental Honduras	0
TELO12	Jardín de Medusas	27/08/16	15.80171	-87.43948	15.80171_-87.43948		Costa Occidental Honduras	0.46
ANRITELA04	Vista de Palmeras 2	15/07/15	15.80336	-87.43955	15.80336_-87.43955	[INDEFINIDO]	Costa Occidental Honduras	0.13
TEL779	La Ensenada Boya Central	29/08/16	15.80337	-87.43917	15.80337_-87.43917	Bahía	Costa Occidental Honduras	0.37
ANRITELA03	Vista de Palmeras 1	1/08/15	15.80339	-87.43922	15.80339_-87.43922	[INDEFINIDO]	Costa Occidental Honduras	0.07
TEL778	Vista de Palmeras 1	29/08/16	15.80339	-87.43922	15.80339_-87.43922	Bahía	Costa Occidental Honduras	0.13
HNTELO05	Piedra de San Juan	29/05/11	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Frente	Costa Occidental Honduras	0
HNTELO05	Piedra de San Juan	22/04/13	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Frente	Costa Occidental Honduras	0
HNTELO05	Piedra de San Juan	3/08/16	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055	Bahía	Costa Occidental Honduras	0.05
TEL005	Piedra de San Juan	27/08/18	15.80472	-87.50055	15.80472_-87.50055		Costa Occidental Honduras	0.01
CYS001	Piedra de Pablo	28/08/18	15.81550	-87.08840	15.8155_-87.0884		Costa Occidental Honduras	0.13
HNCYS001	Piedra de Pablo	26/08/16	15.81550	-87.08840	15.8155_-87.0884	[INDEFINIDO]	Costa Occidental Honduras	0.03
HNPTC004	Peylandia (Cangrejo)	27/08/16	15.82562	-88.02562	15.82562_-88.02562	[INDEFINIDO]	Costa Occidental Honduras	0.35
HNPTC003	Barrancas	16/08/06	15.83783	-88.00207	15.83783_-88.00207	Banco	Costa Occidental Honduras	0.02
HNPTC003	Barrancas	27/08/16	15.83784	-88.00207	15.83784_-88.00207	[INDEFINIDO]	Costa Occidental Honduras	0.1
HNPTC002	Picuda 2	16/08/06	15.83785	-88.00207	15.83785_-88.00207	Banco	Costa Occidental Honduras	0.28
GT009	Motaguilla 136	19/06/16	15.84682	-88.29156	15.84682_-88.29156	Frente	Guatemala	0.18
GT009	Motaguilla136	27/06/18	15.84682	-88.29156	15.84682_-88.29156	Frente	Guatemala	0
GT001	Faro Rojo	26/01/12	15.84778	-88.67300	15.84778_-88.673	Parche	Guatemala	0
GT007	Motaguilla	27/06/18	15.85288	-88.29902	15.85288_-88.29902	Frente externo	Guatemala	0.18

Figura 1: Imagen parcial de un ejemplo de la base de datos de la densidad (#/m2) de erizo de mar, cuya recolección de datos abarca desde 2006 a 2018

Figura 2: Imagen parcial de tabla dinámica con promedios de los conteos de erizo de mar, cuya base de datos abarca el mismo periodo que la tabla anterior. El objetivo es obtener un conocimiento básico de la resiliencia durante un periodo en particular.

Código del sitio	Promedio de erizo
1000	0.01
1001	0
1002	0.01
1003	0.04
1004	0
1005	0.11
1006	0.95
1007	0.09
1008	1.14
1009	0.035
1010	0
1011	0.01
1012	0.73
1013	0.48

4. OBTENGA LOS VALORES DE FACTORES DE ESTRÉS PARA LOS AMP EN EL MISMO AÑO

A. DISPERSIÓN DE SEDIMENTOS (DS)

La cobertura de la dispersión de sedimento en los arrecifes se obtiene de los datos empíricos recolectados con un disco Secchi, en cuya etapa se necesita más investigación para integrarla al análisis. La calidad del agua está influida por diversos factores que van desde el aporte de nutrientes oceanográficos, el desarrollo de algas en la columna de agua, las contribuciones terrestres (p. ej., lodo y limo) y el insumo antrópico (UNEP 2016). Para recolectar datos sobre la calidad de agua y obtener un estimado de la concentración de partículas en la columna de agua, recomendamos usar los discos Secchi, ya que es un método estandarizado y de uso común de medición para capturar los elementos básicos de la calidad de agua. Asimismo, la profundidad del sitio del

frente arrecifal en muchos lugares tropicales es menor que la profundidad vertical Secchi. Se debe adoptar el método de distancia horizontal Secchi (Figura 3). En este caso, el disco Secchi blanco y negro (20 cm de diámetro) se pone o sostiene en una ubicación junto con el extremo final de la cinta métrica. Por ejemplo, un observador bajo el agua se alejará del disco estirando la cinta métrica y registrará la distancia en la cual el disco Secchi ya no es visible. Los datos de la calidad de agua deben recolectarse con mayor frecuencia que los muestreos bentónicos y de peces, usualmente a intervalos semanales o mensuales en sitios estandarizados (1 a 8 en total), que idealmente estén ubicados en el mismo lugar que los sitios de monitoreo.

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA



Figura 3: Modelo conceptual del uso horizontal del disco Secchi

Luego de recolectar la información sobre la calidad de agua durante un año (abarcando las estaciones secas y lluviosas) en todas las AMP seleccionadas, la distribución de datos deberá ser evaluada para determinar el mejor rango calificación numérica a utilizar, según la clasificación a continuación.

- Muy bueno – Por determinar
- Bueno – Por determinar
- Regular – Por determinar
- Pobre – Por determinar
- Crítico – Por determinar

Otro posible método para analizar el impacto del sedimento y la turbidez en los arrecifes de coral de todo el SAM es la utilización de imágenes satelitales, como los datos Kd₄₉₀ de los sensores remotos de OceanColor. Sin embargo, aunque este tipo de información puede ser muy útil porque provee información mensual a nivel global, estos conjuntos de datos están a una mayor escala (4 km x 4 km).

B. PROMEDIO DE TEMPERATURA (DHW, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Los datos de temperatura se obtienen de la NOAA para un año “X” dado, utilizando la variable de Semana de Calentamiento por Grado (DHW, Degree Heating Week). Primero, guarde el NetCDF del conjunto de datos de cada

año de interés en su carpeta de trabajo. Luego, en ArcGIS, seleccione la herramienta Crear capa ráster NetCDF para convertir la capa NetCDF en datos ráster GeoTIFF (Figura 4).

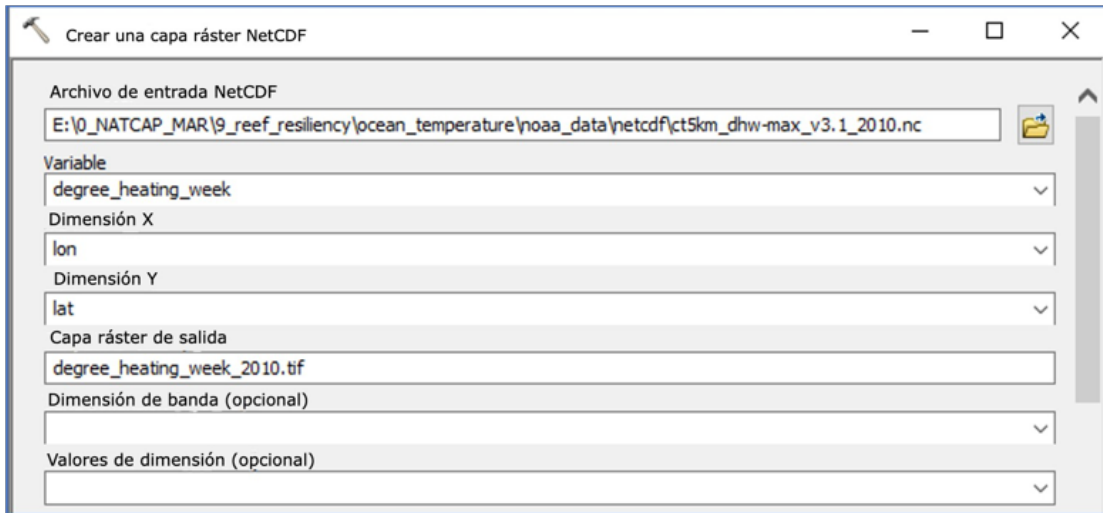


Figura 4: Imagen parcial de la herramienta “Crear capa ráster NetCDF” de ArcGIS y cómo prepararla

Luego, pulse el botón derecho sobre el ráster GeoTIFF en ArcMAP, navegue a “Datos” y pulse sobre “Exportar Datos”. En la ventana desplegable (Figura 5) configure el valor sin datos a “-9999” e identifique el conjunto de datos siguiendo

este sistema de denominación: “degree_heating_week_2021.tif” (o el año de interés). Repítalo con cada conjunto de datos de interés.

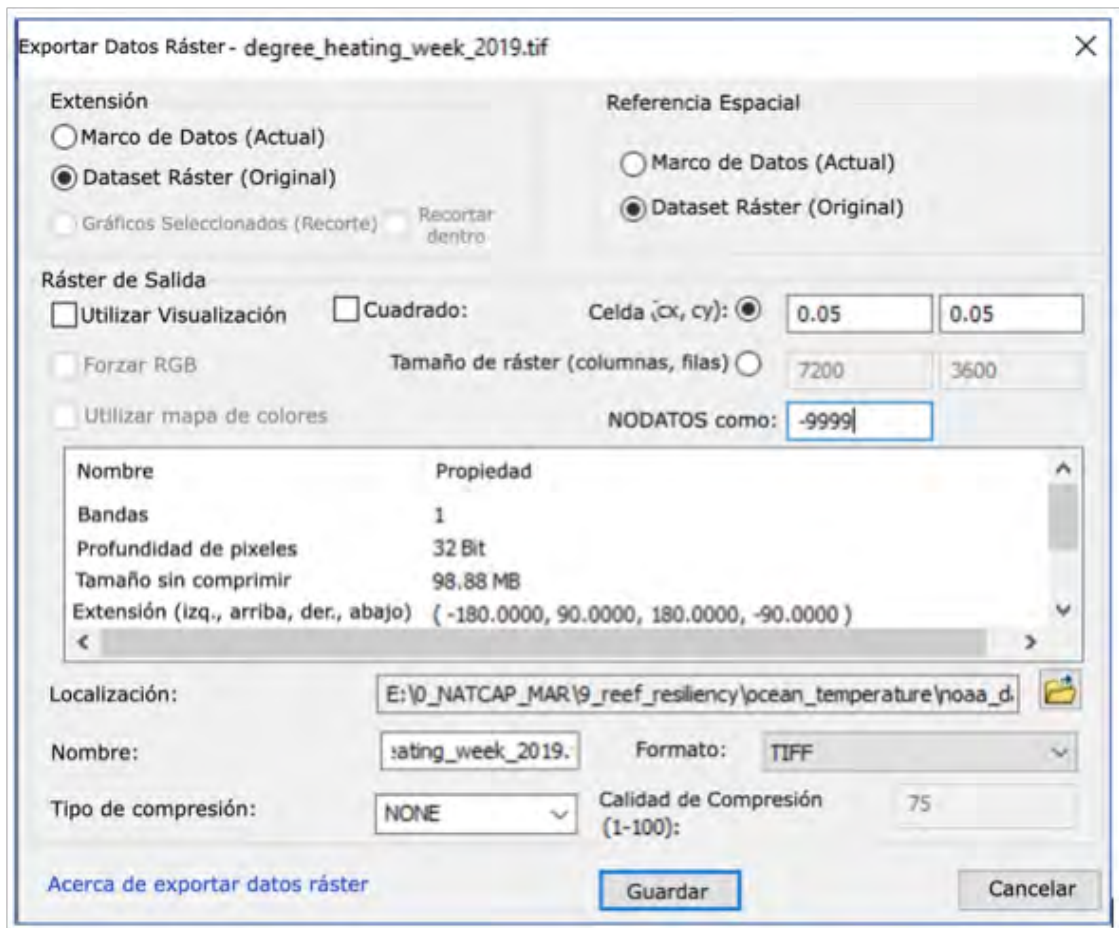


Figura 5: Cómo configurar y exportar el ráster GeoTIFF en ArcGIS

Luego, recorte el conjunto de datos DHW según su área de interés (p. ej., región SAM) o límites de AMP en ArcGIS, usando la herramienta Extraer por máscara. Para obtener el rango de valor máximo del DHW para su AMP (o área de interés), corra la herramienta Estadística zonal a tabla (seleccione todas las estadísticas) en el ráster DHW. Finalmente, exporte la tabla DBF generada por la herramienta Tabla de estadística zonal al archivo CSV usando la herramienta Tabla a Tabla en ArcGIS.

Luego, en Excel, reclasifique el DHW max de acuerdo con el siguiente sistema de calificación derivado de Muñoz-Castillo et al. (2019):

- Bueno = 5 – < 4 DHW = sin blanqueado
- Pobre = 3 – desde 4-8 DHW = riesgo de blanqueado
- Crítico = 1 – desde >8 DHW = mortalidad por blanqueado

5. CALCULE EL ÍNDICE DE RESILIENCIA PARA LA AMP

Las clasificaciones de “enfermedad” se combinan por medio de la siguiente ecuación básica, que convierte la clasificación combinada a una escala de puntuación estándar (1-5) por cada valor que entra en un rango específico, donde 5 es el más alto y 1 es el más bajo, con la excepción de DHW, cuya puntuación es de 1-3. Las puntuaciones son unidireccionales (p. ej., una calificación alta = una alta resiliencia, para obtener un índice de resiliencia. Para generar el índice, calcule el promedio para todos los indicadores seleccionados (combinados) siguiendo la ecuación 1, y lleve a cabo una puntuación (vea Tabla 1 como ejemplo del formato).

Promedie los valores de los indicadores por cada AMP

$$IRRI_{MPAi} = (LCC + FMAI + CSR + CDP + CR + HFB + UD + SD + DHW) / n \quad (Eq 1)$$

Tabla 1: Ejemplos de clasificación por puntuación de 1-5

AMP	CCV	IMC	REC	PEC	RC	BPH	DE	DS	DHW	SUM	PUNTUACIÓN MEDIA (PUNTUACIÓN/N)	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE PUNTOS
1	2	3	4	3	4	3	2	3	5	15	3	REGULAR
2	5	5	5	5	5	5	2	1	5	25	5	MUY BUENO
3	1	1	2	1	1	1	5	2	1	5	1	CRÍTICO
4	3	3	5	3	3	3	1	2	3	15	3	REGULAR
5	2	2	2	2	2	2	3	5	2	10	2	POBRE

6. OPCIÓN PARA NORMALIZAR LA PUNTUACIÓN DE 0-1

La evaluación para la resiliencia de 10 pasos de la NOAA también propone un modelo de clasificación por acumulación de puntajes donde los valores originales podrían ser normalizados en una distribución común antes de ser combinados (Figura 6).

Para normalizar el IRRI, use la ecuación 2:

$$IRRI_{nMPAi} = (IRRI \times 10 \times 2) / 100 \quad (Eq 2)$$

4. Analizar los datos

Ocho pasos: (1) normalizar los datos a escala 0-1, (2) hacer la escala unidireccional (alta calificación = alta resiliencia), (3) opcional - indicadores de peso, (4) calificaciones promedio por indicador para cada sitio, (5) normalizar las calificaciones promedio, (6) clasificar los sitios según mayor o menor resiliencia, (7) clasificar los sitios (bajo a alto) según las calificaciones de resiliencia, (8) clasificar las calificaciones individuales de baja a alta para cada sitio.

Clasificación de lista	Clasificación general	Clasif. final	Clasif. datos brutos	CM	CCV	RC	EC	VT	BH
1	14	1.00	0.88	1.00	0.74	1.00	1.00	0.78	0.21
2	16	0.99	0.87	0.99	0.72	0.89	0.94	0.89	0.22
3	8	0.98	0.87	0.94	0.85	0.64	0.92	0.89	0.40
4	31	0.93	0.84	1.00	0.73	0.58	0.95	0.78	0.43
5	45	0.93	0.83	0.80	0.71	0.17	0.89	0.86	1.00

Descripción de la clasificación	Puntuación normal (1-5)	Puntuación normalizada (0-1). Normalización potencial para el escala de puntuación de 1-5 – p. ej., (x*10*2)/100	Rango de calificación potencial con el rango de puntaje más alto descrito en la columna 3
Muy bueno	5	1	0.85 – 1.00
Bueno	4	0.8	0.65 – 0.80
Regular	3	0.6	0.45 – 0.60
Pobre	2	0.4	0.25 - 0.40
Crítico	1	0.2	Menor que o igual a 0.20

Figura 6: Imagen parcial de la normalización de IRRI siguiendo el protocolo de la NOAA

RESULTADO

Una tabla y un mapa que resumen todos los indicadores dentro de la AMP y el índice de resiliencia (ver sección “7: Análisis histórico”, por ejemplo).

7. ANÁLISIS DE MUESTRAS

Este análisis de muestras se realiza para demostrar el proceso para analizar datos. Utiliza los datos recolectados entre 2006 y 2018. Los AMP seleccionados y sus puntajes respectivos de resiliencia se muestran en la Tabla 2 y la Figura 7A, a continuación. La mayoría de las AMP en los tres países recibieron una clasificación de “regular”. Sian Ka’am en México recibió una clasificación de “pobre”; 0.40. El Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de Tela, el Parque Nacional Marino Islas de la Bahía, el Monumento Natural Marino del Archipiélago de Cayos Cochinos en Honduras, la Costa

Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Punta Nizuc en México y la Reserva Marina Hol Chan, el Parque Nacional Laughing Bird y la Agregación Reproductiva de South Point Lighthouse en Belice recibieron calificaciones de 0.71, 0.62, 0.61, 0.61, 0.64, 0.62 y 0.66, respectivamente, considerándolos como sitios que presentan una buena resiliencia. El Monumento Natural Half Moon Caye recibió una calificación de resiliencia de 0.90, pero cabe mencionar que solo había dos indicadores disponibles para la evaluación.

Tabla 2: Resultados del análisis de muestras. La tabla muestra los resultados por cada indicador de resiliencia y el valor potencial de la resiliencia relativa acumulada.

País	AMP	CCV	REC	PEC	RC	BPH	IMC	DE	DS	DHW	IRRI	IRRI _{MPA}
Belice	Reserva Marina Caye Caulker	2.7	4.0	3.0	1.0	2.3	2.5	2.5		5	2.88	0.58
	Agregación Reproductiva (AR) en Gladden Spit	4.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0		5	2.75	0.55
	AR en Seal Caye	3.0	3.0		1.0	4.0	5.0	1.0		3	2.86	0.57
	Monumento Natural Halfmoon Caye*					4.0				5	4.50	0.90
	Reserva Marina Bacalar Chico	2.8	3.6	2.8	1.6	1.3	1.3	1.0		3	2.18	0.44
	Reserva Marina del Atolón deTurneffe (Maugre)	2.7	4.1	4.4	1.9	2.2	3.5	1.4		3	2.90	0.58
	Reserva Marina Cayo Sapodilla	2.2	4.0	3.0	3.0	1.8	3.4	1.4		3	2.73	0.55
	AR en South Point Lighthouse*	4.0	4.5	5.0	2.0	1.0	4.0	1.0		5	3.31	0.66
	Reserva Marina Gladden Spit and Silk Cayes*	2.7	4.3		2.0	3.3	2.3	1.0		3	2.66	0.53
	Reserva Marina South Water Caye*	2.7	3.1	4.3	2.1	2.2	2.4	1.0		3	2.60	0.52
	Reserva Marina Hol Chan*	5.0	3.0			3.2	4.0	1.0		3	3.2	0.64
	Reserva Marina Glover’s Reef	3.0	4.1	4.9	1.5	1.8	2.5	1.3		3	2.76	0.55
	Reserva Marina de Puerto Honduras*	1.8	2.2		1.1	2.6	4.1	1.6		3	2.34	0.47
	Parque Nacional Laughing Bird Caye	2.8	4.6	5.0	3.8	3.0	1.5	1.2		3	3.11	0.62

País	AMP	CCV	REC	PEC	RC	BPH	IMC	DE	DS	DHW	IRRI	IRRI _{MPA}
Honduras	Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de Tela*	4.8	3.8	5.0	3.3	1.4		3.6		3	3.56	0.71
	Parque Nacional Blanca Jeannette Kawas	3.5	4.8	4.7	2.5	1.0	3.3	1.0		3	2.98	0.60
	Parque Nacional Marino Islas de la Bahía	4.0	4.6	4.4	2.3	3.6	2.0	1.0		3	3.11	0.62
	Parque Nacional Punta Izopo*	3.0	2.5	4.7	2.0	1.0		1.5		3	2.53	0.50
	Monumento Natural Marino del Archipiélago de Cayos Cochinos	3.4	3.6	4.4	2.0	3.0	1.9	1.2		5	3.06	0.61
	Zona costera Puerto Cortés*	3.0	2.0		2.7	3.3	1.5	2.0		3	2.50	0.50
México	Arrecifes de Xcalak	3.0	3.8	4.3	1.5	2.0	2.5	1.6		5	2.96	0.59
	Costa Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Punta Nizuc*	2.8	3.0	5.0	1.3	3.3	1.0			5	3.06	0.61
	Sian Ka'an	2.0	2.8	2.5	1.8	1.3	3.3	1.2		1	1.99	0.40
	Banco Chinchorro	2.4	2.3	4.7	1.6	1.7	2.4	1.2		5	2.66	0.53
	Caribe Mexicano	2.5	3.4	2.5	2.2	2.5	3.4	1.4		1	2.36	0.47

Clave para la Tabla 2: Potencial de resiliencia relativa

Muy bueno	Bueno	Regular	Pobre	Crítico
-----------	-------	---------	-------	---------



El mapa muestra el IRRI para las AMP dentro del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) y los sitios de monitoreo arrecifal de HRI.

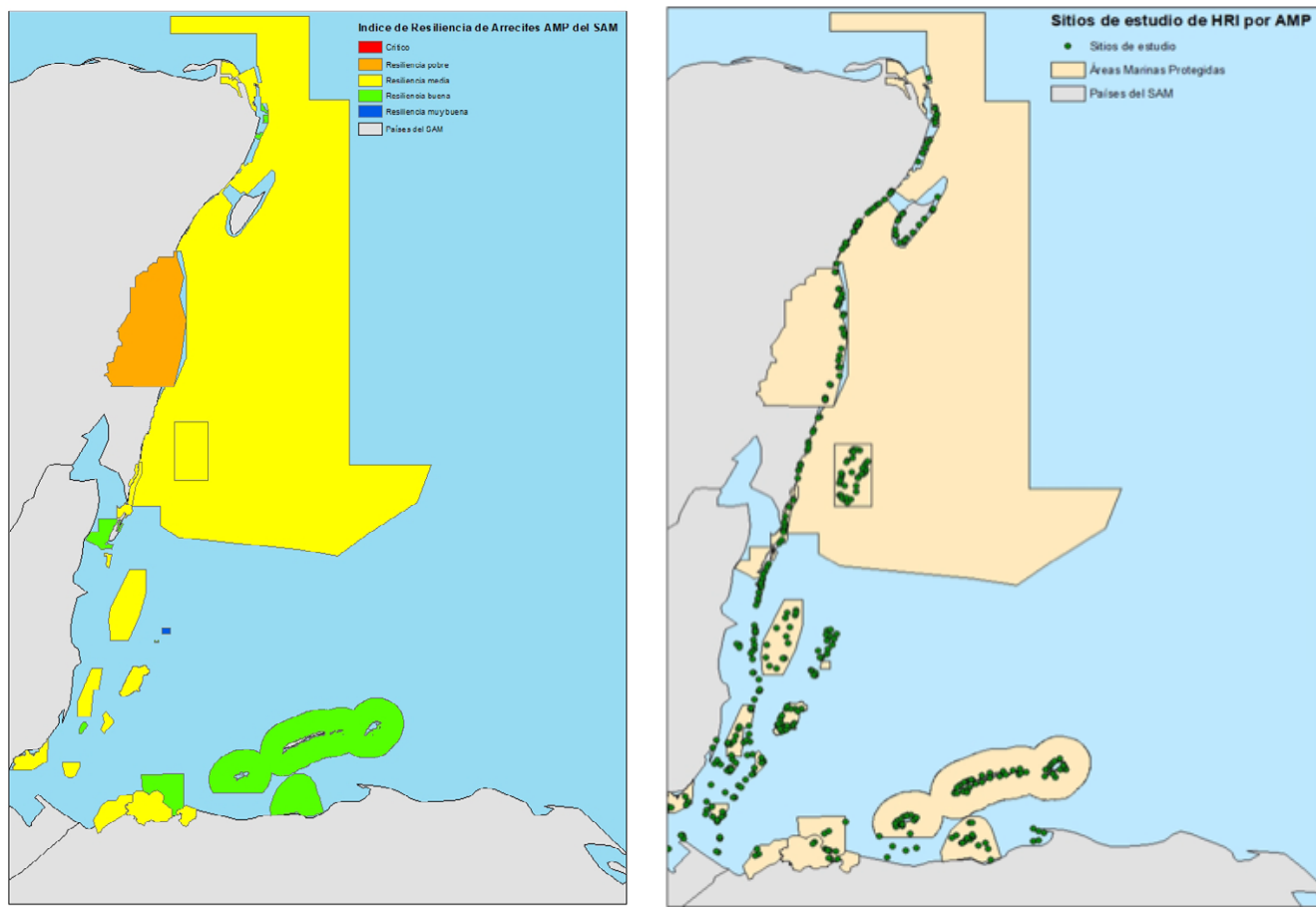


Figura 7: (A) Índice Integrado de Resiliencia Arrecifal (IRRI) de las AMP y (B) ubicaciones de los sitios de estudio de HRI con los límites de las AMP

Este análisis presenta algunas limitaciones. Por ejemplo, ciertas AMP están bastante más muestreadas con calificaciones consistentes (p. ej., Turneffe Atoll), mientras que otras AMP solo tienen pocos muestreos con altas variabilidades (p. ej., Caye Caulker). En las primeras,

los puntajes de resiliencia son más confiables que en las segundas, por lo que se requiere de más muestreos en campo para establecer un índice de resiliencia arrecifal más confiable.

Tabla 3: Actividades de muestreo por AMP. La tabla muestra el número de sitios de muestreo para indicadores bentónicos y de peces por AMP y el área de las AMP (km² y ha)

País	AMP	Sitios bentónicos (#)	Sitios de peces (#)	AMP (km ²)	AMP (ha)
Belice	Reserva Marina Caye Caulker	3	3	39.51	3,951
	Agregación Reproductiva (AR) en Gladden Spit	1	1	5.25	525
	Reserva Marina Gladden Spit and Silk Cayes	3	8	105.10	10,510
	AR Seal Caye	1	1	6.48	648
	Monumento Natural Halfmoon Caye	0	1	39.21	3,921
	Reserva Marina Bacalar Chico	5	16	115.50	11,550
	Reserva Marina Turneffe Atoll	16	39	131.00	131,700
	Reserva Marina Cayos Sapodilla	5	5	156.20	15,620
	AR en South Point Lighthouse	2	2	5.33	533
	Reserva Marina South Water Caye	11	22	477.00	47,700
	Reserva Marina Hol Chan	1	5	414.50	41,450
	Reserva Marina Glover's Reef	19	19	350.70	35,070
	Reserva Marina de Puerto Honduras	9	17	403.90	40,390
	Parque Nacional Laughing Bird Caye	5	7	40.95	4,095
Honduras	Refugio Marino de Vida Silvestre Bahía de Tela	16	9	820.60	82,060
	Parque Nacional Blanca Jeannette Kawas	4	4	793.90	79,390
	Parque Nacional Marino Islas de la Bahía	67	65	6,468.00	646,800
	Parque Nacional Punta Izopo	4	1	185.90	18,590
	Monumento Natural Marino del Archipiélago Cayos de Cochinos	18	18	1,210.00	121,000
	Zona de interconexión costera Puerto Cortés	3	3	531.60	53,160
México	Arrecifes de Xcalak	8	8	179.70	17,970
	Costa Occ. de I. Mujeres, Pta. Cancún y Punta Nizuc	4	4	87.61	8,761
	Sian Ka'an	29	29	5,279.00	527,900
	Banco Chinchorro	31	31	1,444.00	144,400
	Caribe Mexicano	30	30	57,540.00	5,754,000

Respecto a la evaluación de sedimentación, se analizó el método Kd₄₉₀ de sensores remotos de OceanColor para evaluar el impacto del sedimento y la turbidez en los arrecifes de coral en todo el SAM. Sin embargo, aunque este tipo de información puede ser muy útil porque provee información mensual a una escala global, estos conjuntos de datos están a una mayor escala (4 km x 4 km) (Figura 8). Además, la investigación es limitada en cuanto a establecer rangos de valores de Kd₄₉₀ que podrían significar un posible estrés en los arrecifes de coral. Por lo tanto, este método no es viable para evaluar el impacto de la sedimentación en los arrecifes locales.

A través del proyecto Smart Coast de WWF, financiado por la Iniciativa Internacional del Clima (IKI, por sus siglas en alemán), pudimos identificar las cuencas que están vinculadas con los cambios en los servicios marinos producidos por alteraciones en la calidad del agua del arrecife (Figura 9a). También pudimos elaborar un modelo de la carga total de sedimentos que entran al medio marino del SAM (Figura 9b).

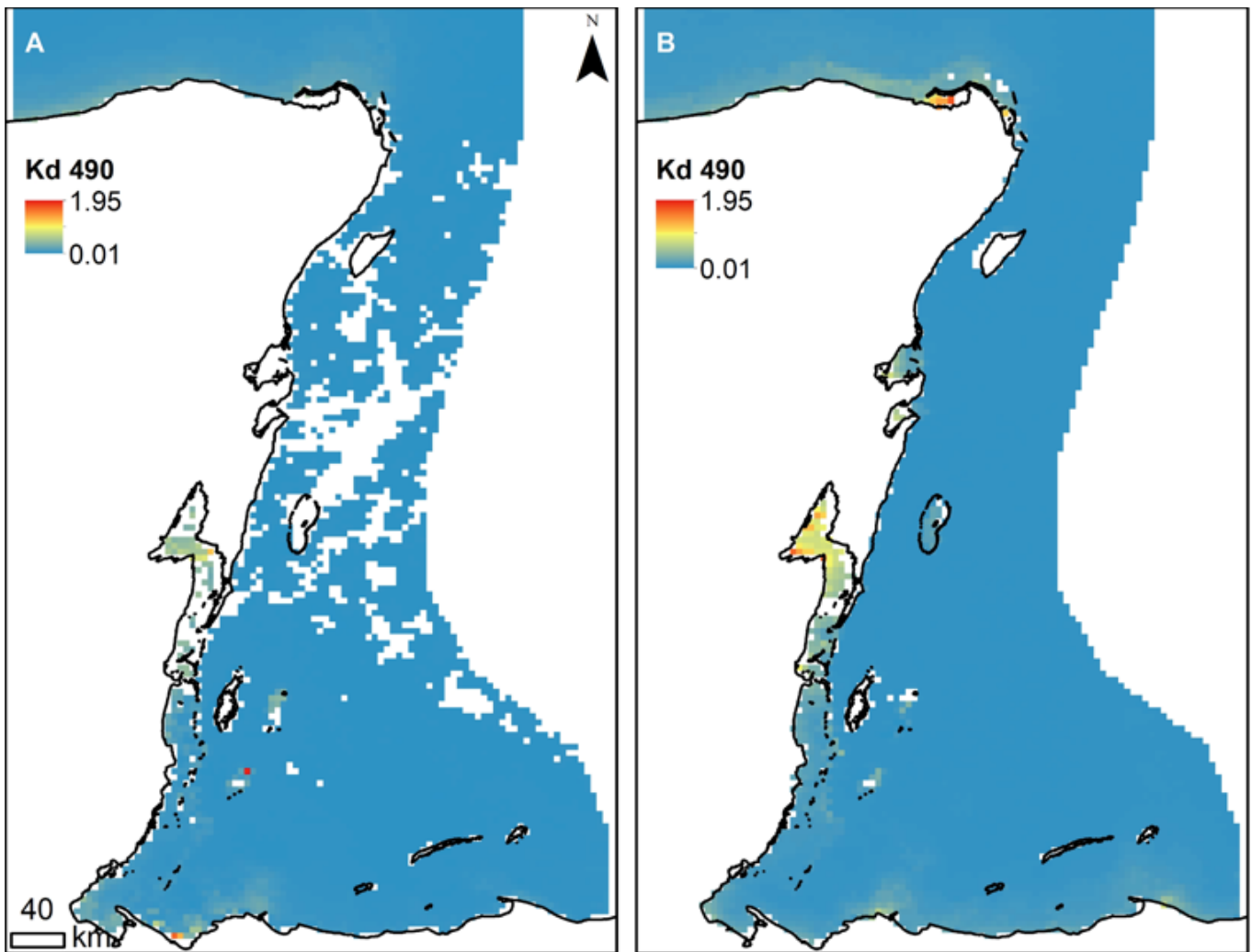


Figura 8: Ejemplo de Kd_490 para (A) en junio de 2017 y (B) en diciembre de 2017

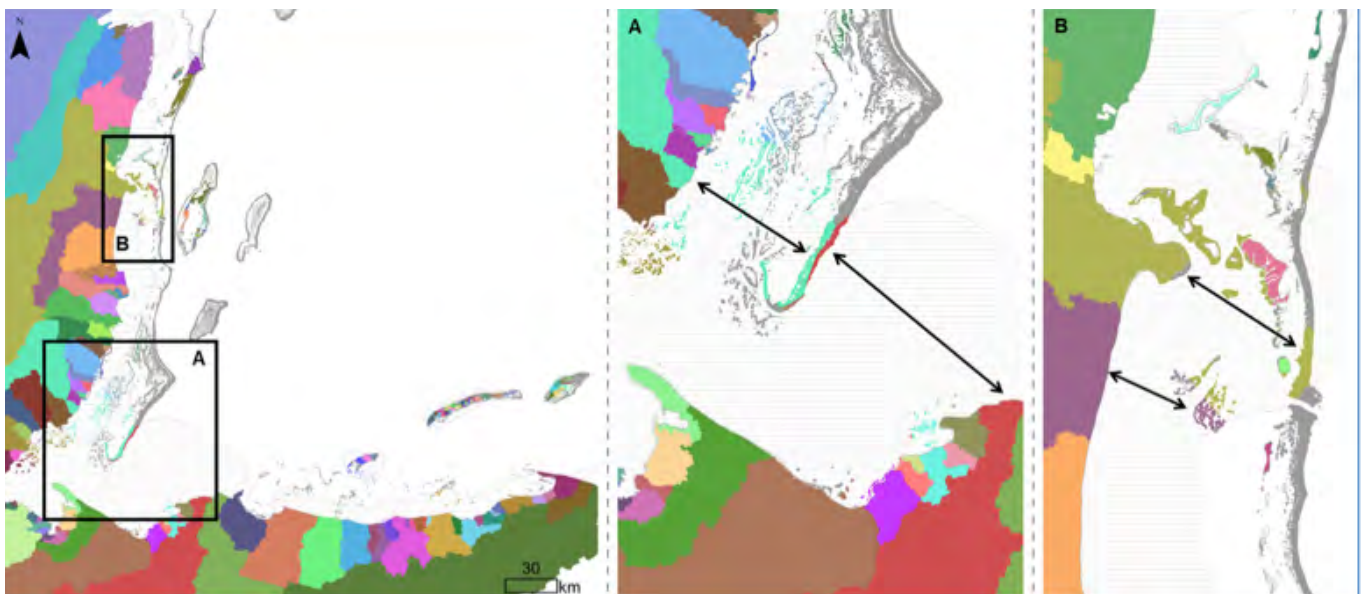


Figura 9a: Cuencas vinculadas con los servicios asociados a arrecifes usando codificación de colores. Las áreas arrecifales en el centro de Belice se ven afectadas por escorrentías que vienen de las cuencas de los ríos Belice y Sibun. Al sur de Belice, el arrecife es afectado por una serie de cuencas, que incluyen los ríos Monkey, Deep y Moho en Belice y el río Chamelecón en Honduras. Este mapa fue generado a partir de la modelación de las salidas de las cargas de sedimentos de la cuenca hacia el medio marino y el arrecife.

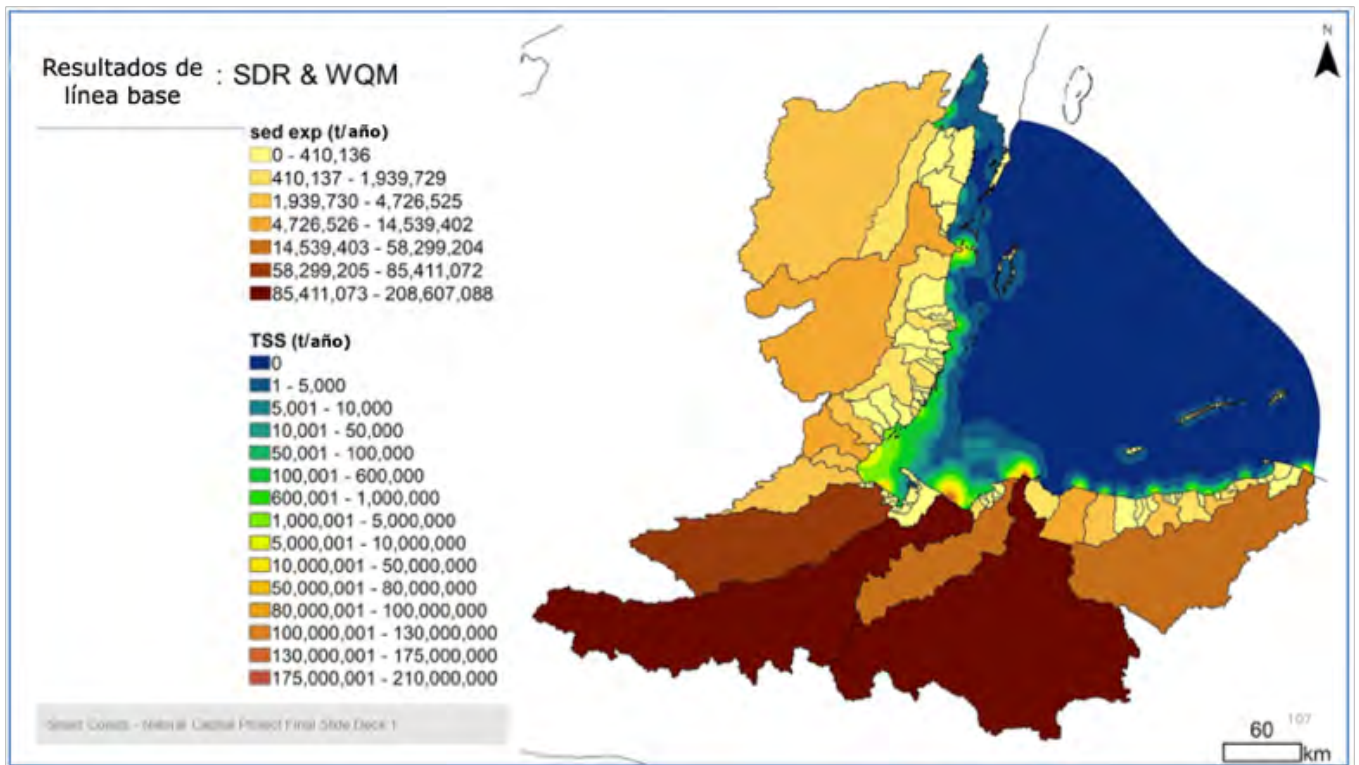


Figura 9b: Debido a la variación espacial en la salida de sedimento, vemos que el total de sólidos en suspensión (TSS) es mayor en un orden de magnitud a lo largo de las costas de GT y HN que en BZ. Comparamos visualmente la modelación de pluma con imágenes de SeaWiFS, que puede proporcionar información semanal sobre Chla, coloración de materia orgánica disuelta y sedimento en suspensión. Utilizamos esta información para determinar hasta dónde se dispersa la pluma e identificar los arrecifes que están expuestos a las entradas fluviales (Fig. 9a).

En cuanto a los próximos pasos, las AMP que están marcadas con un asterisco en la Tabla 2 necesitan una recolección adicional de datos, ya que faltan algunos de los indicadores ecológicos y también es necesario recolectar datos de la calidad de agua (lecturas del disco Secchi) en todas las AMP.

Los gestores deberán centrarse especialmente en mantener y restaurar la resiliencia tanto de los arrecifes de coral como de las AMP. Se espera que este protocolo ayude a los gestores de las AMP a alcanzar este objetivo.



CONSIDERACIONES ADICIONALES

El protocolo de resiliencia anterior se limita a usar la información en las condiciones ecológicas locales y los datos ambientales.

Sin embargo, para la conservación de los arrecifes y la implementación de estrategias de conservación, es importante tener un mayor conocimiento del sistema social ecológico, que incluye: (1) datos de manejo y gobernanza, (2) información social sobre los actores clave, como las comunidades que pueden integrar información del aprovechamiento del recurso humano y las percepciones y (3) servicios ecosistémicos.

La implementación de diversas herramientas permite desarrollar planes de manejo que sean más inclusivos en el manejo y las comunidades que dependen de sus arrecifes de coral, así como monitorear los avances y los vacíos para fundamentar el manejo adaptativo que sea más receptivo a las presiones locales y globales.

Algunas de las herramientas que comúnmente se implementan en la región son:

1. **SocMon:** El monitoreo socioeconómico (SocMon en inglés) es una herramienta para evaluar los factores socioeconómicos y de gobernanza para el manejo de áreas marinas protegidas (AMP). Es un conjunto de lineamientos estandarizados para elaborar monitoreo socioeconómico con los que se pueden recolectar, procesar y analizar datos para fundamentar el manejo adaptativo de conservación.
2. **La METT:** Es una herramienta ampliamente utilizada/adaptada para evaluar la efectividad de manejo de áreas protegidas (Management Effectiveness Tracking Tool). Se utiliza para informar sobre los avances en el marco de la Convención sobre la Diversidad Biológica. La METT está diseñada para registrar y monitorear los avances de la efectividad global de manejo de áreas protegidas. La metodología implica una evaluación rápida con base en el cuestionario del cuadro de puntuación y sirve para que los administradores de parques y donantes puedan identificar las necesidades, las limitaciones y las acciones prioritarias para mejorar la efectividad en el manejo de áreas protegidas.
3. **Herramienta de Impacto Económico para AMP del Instituto de Recursos Mundiales:** Esta herramienta es una guía para orientar la recolección de información económica básica a nivel del área marina protegida (AMP) y calcula un estimado del aporte económico derivado los ingresos del turismo y la pesca asociados con las AMP.

1. CONSIDERACIONES DE LA DIMENSIÓN SOCIAL

La resiliencia también se puede definir desde la perspectiva social. Por lo general, es aconsejable evaluar la resiliencia desde un punto de vista socioecológico. Recomendamos que también se haga un análisis de la resiliencia social en las AMP, sobre todo, porque está relacionado con saber sobre las nociones que los actores tienen de las AMP. Algunos indicadores sociales (p. ej., usando el método SocMon) que podrían ser evaluados por medio de encuestas a los actores pueden incluir:

1. Conocimiento y uso de los arrecifes dentro de las AMP
2. Conocimiento de normas y regulaciones relacionadas con los arrecifes y las AMP
3. Percepción de amenazas internas e importancia de los arrecifes y las AMP
4. Percepción del cumplimiento y la postura hacia las normas y regulaciones
5. Percepción del estado de los recursos
6. Conocimiento de las amenazas
7. Postura sobre el manejo de arrecifes
8. Participación en comportamientos que mejoran la salud de los arrecifes
9. Importancia de la cultura

Lo anterior puede ayudar a comprender mejor los vínculos de la estructura socioeconómica y los impactos que tienen los actores sobre los arrecifes de coral dentro de las AMP.

2. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Los gestores también pueden evaluar los beneficios económicos que se obtienen del turismo, la recreación y la pesca dentro de las AMP. Esta información se puede contrastar con lo que se está invirtiendo para el manejo de las AMP. Los indicadores que se podrían evaluar (p. ej., usando la Herramienta de Evaluación Económica para AMP de WRI) pueden ser:

1. Beneficios económicos de la pesca en arrecifes
2. Beneficios económicos del turismo de buceo/snorkel
3. Nivel de inversión de la gobernanza institucional en la conservación

CONCLUSIONES

Analizar y obtener más información sobre la resiliencia de arrecifes puede ayudar a los gestores a poner en marcha acciones valiosas que mejoren el manejo de sus AMP sujetas a las cambiantes condiciones climáticas. La resiliencia contribuye a que los arrecifes sean capaces de soportar y recuperarse tras alteraciones como tormentas e incidentes de blanqueamiento masivo de corales. Debido a las amenazas a las que están sometidos los arrecifes de coral, es indispensable que trabajemos urgentemente para aumentar nuestro conocimiento técnico y así poder fundamentar las acciones que minimicen el impacto de estas amenazas.

El desarrollo de evaluaciones de resiliencia a lo largo del tiempo permite medir y monitorear los cambios dentro del sistema, los avances del manejo y cualquier manejo adaptativo que sea necesario. De esta manera, es posible:

1. Examinar la variación especial en los indicadores de resiliencia, los puntajes de resiliencia y el estrés antrópico;
2. Identificar cuáles son los principales indicadores responsables por las diferencias en la resiliencia entre los sitios;
3. Identificar los sitios cuyas comunidades de corales tienen más probabilidad de ser más resilientes al cambio climático y otros factores humanos;
4. Examinar la medida en que los arrecifes con alta o baja resiliencia están representados dentro de las diferentes zonas de aprovechamiento de una AMP existente o una red de AMP;
5. Identificar y priorizar las acciones o estrategias de manejo que reducirían el estrés en el mayor número de sitios, en sitios con mayor resiliencia y/o en sitios que tienen prioridad de conservación por otras razones, como refugios climáticos o sitios con mucha diversidad o valor cultural, y
6. Monitorear tendencias de los indicadores de resiliencia y la resiliencia a través del tiempo.





REFERENCIAS

Atlantic and the Gulf Rapid Reef Assessment Protocols: <https://www.agrra.org/training-tools/agrra-method/>

Donovan M.K, Burkepile D.E., Kratochwill C., Shlesinger T., Sully S., Oliver T.A, Hodgson G., Freiwald J., Woelke R.v 2021. Local conditions magnify coral loss after marine heatwaves. Science. <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.abd9464>

Global Socioeconomic Monitoring Initiative for Coastal Management (SocMon). <https://gcrmn.net/socmon/>. GCRMN y ICRI

Harris J.L., Estradivari E., Fox H.E., McCarthy A.S. y Ahmadi G.N. 2017. Planning for the future: Incorporating global and local data to prioritize coral reef conservation. Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aqc.2810>

Healthy Reefs for Healthy People 2008. Mesoamerican Reef Report Card. An Evaluation of Ecosystem Health. <https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/2008-Report-Card.pdf>

Healthy Reefs for Healthy People 2018. Mesoamerican Reef Report Card. An Evaluation of Ecosystem Health. <https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/2018-MAR-Report-Card-Web.pdf>

Maynard, J.A., Marshall, P.A., Parker, B., Mcleod, E., Ahmadi, G., van Hooi donk, R., Planes, S., Williams, G.J., Raymundo, L., Beeden, R. y Tamelander, J. (2017). A Guide to Assessing Coral Reef Resilience for Decision Support. Nairobi, Kenya: UN Environment. ISBN No: 978-92-807-3650-2.

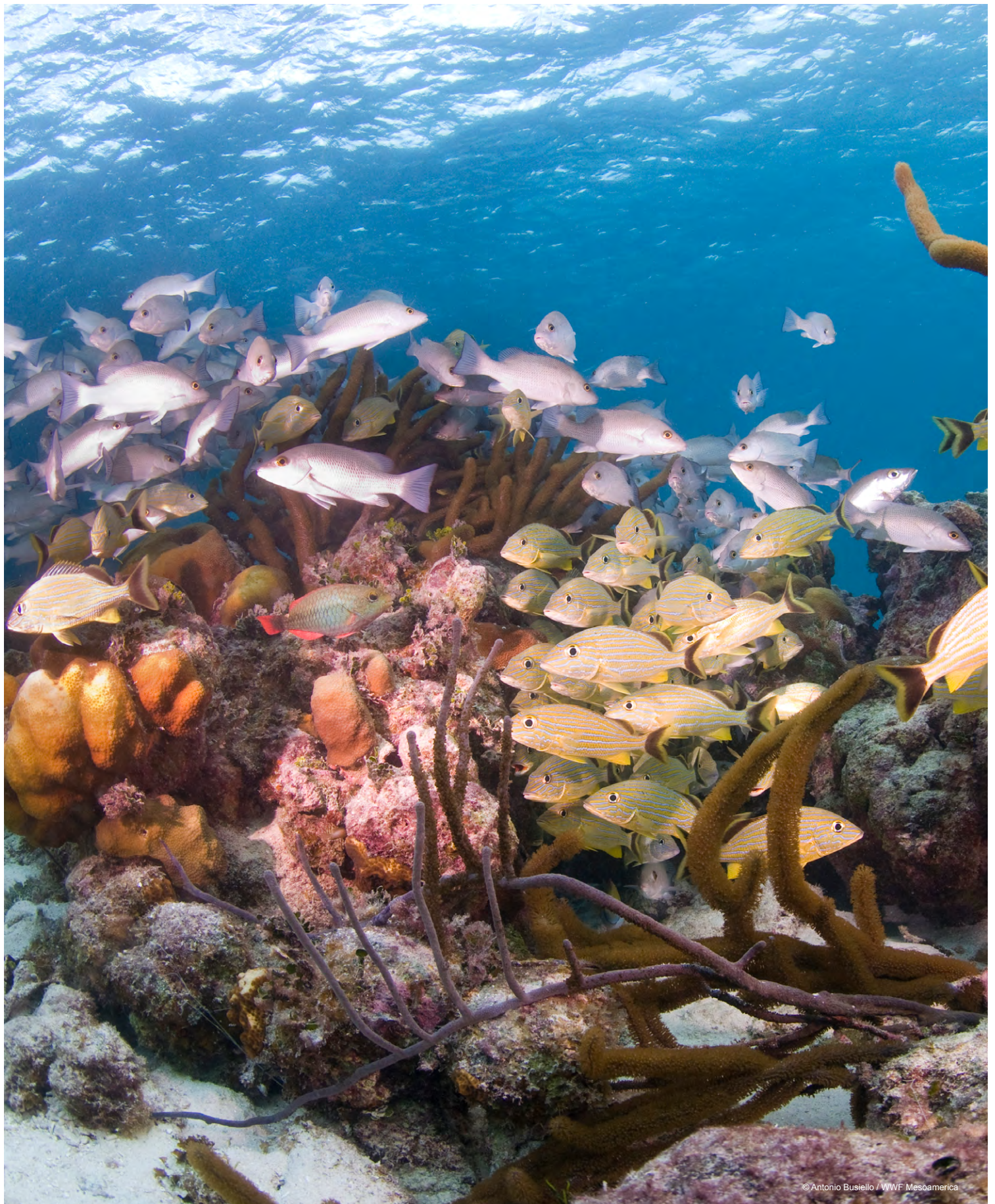
McField, M. y P. Richards Kramer 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. Con la contribución de M. Gorrez y M. McPherson. 208 pp. https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2014/06/HRI_Guide07.pdf

METT Handbook 2016. A Guide to Using the Management Effectiveness Tool. UNEP, WCMC, WCPA, IUCN, WWF.

Muñiz-Castillo AI, A Rivera-Sosa, I Chollett, MC Eakin, L Andrade-Gómez, M McField y JE Arias-González (2019). Three Decades of Heat Stress Exposure in Caribbean Coral Reefs: A New Regional Delineation to Enhance Conservation. Scientific Reports 9, no. 1: 11013. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47307-0>.

UNEP (2016) UNEP (2016) Global Coral Reef Monitoring Network Caribbean guidelines for coral reef biophysical monitoring. Miami, Florida

WRI 2009. Manual: Marine Protected Area Economic Impact Template. http://pdf.wri.org/mpa_economic_impact_manual.pdf



© Antonio Busiello / WWF Mesoamerica



Working to sustain the natural world for the benefit of people and wildlife.

together possible™ panda.org

©2021
Papel 100% reciclado

© 1986 símbolo de Panda de WWF - Fondo Mundial para la Naturaleza
® "WWF" es una Marca Registrada. WWF Internacional, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Suiza. Tel. + 41 22 346 9111. Fax. +41 22 364 0332.