

# FONDO PARA EL SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO

## INICIATIVA MESOAMERICANA DE RESCATE DE ARRECIFES

### SEGURO PARAMETRICO PARA ARRECIFES

## DETERMINACIÓN DE ACCIONES Y COSTOS PARA LA RESTAURACIÓN DE ARRECIFES POR DAÑOS CAUSADOS POR HURACANES EN SITIOS SELECCIONADOS DE LA REGIÓN DEL SAM

Julio 2019



KFW

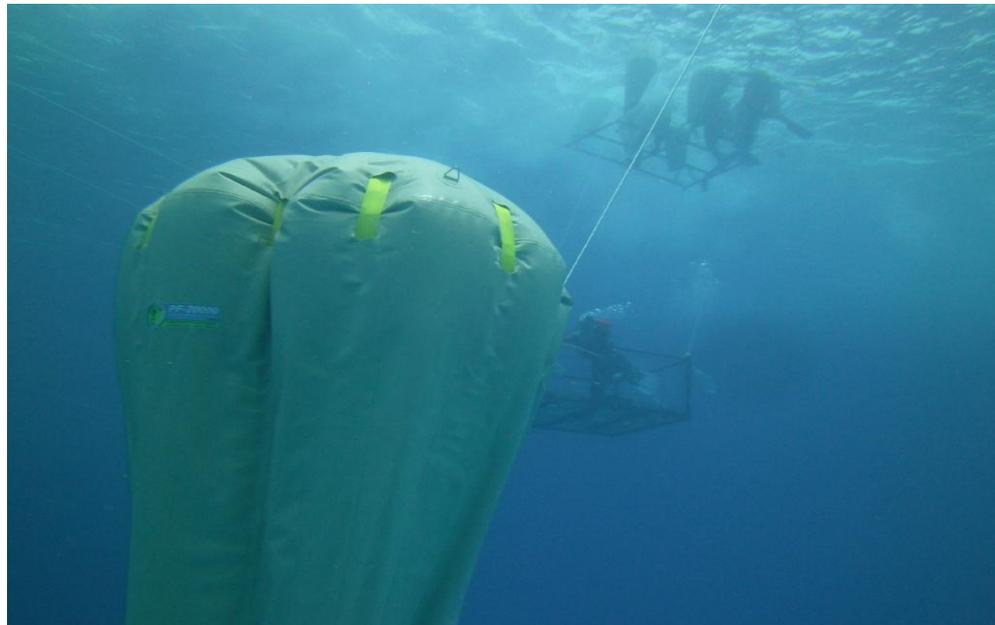


## AUTORES

**Adrián Villegas Jiménez**  
*WR Capital Natural S.A.P.I.*

**Claudia Ruiz**  
*Iniciativa Mesoamericana de Rescate de Arrecifes*  
*MAR Fund*

**Fernando Secaira**  
*Iniciativa de Resiliencia Costera*  
*The Nature Conservancy*



**Foto:** Dr. Adrián Villegas Jiménez. Trasplante de coral a gran escala en isla Cozumel, México (2014-2015)

Este estudio fue elaborado por la empresa WR Capital Natural S.A.P.I. de C.V. para la Iniciativa Mesoamericana de Rescate de Arrecifes de MAR Fund; con el apoyo financiero del *International Coral Reef Initiative* (ICRI) y el Programa de Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (UNEP-UN, por sus siglas en inglés); y con el asesoramiento técnico de la Iniciativa de Resiliencia Costera de The Nature Conservancy.

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>SELECCIÓN DE LOCALIDADES</b> .....	<b>9</b>
Belice.....	9
Guatemala.....	9
Honduras.....	10
México .....	10
<b>DEFINICIONES DE ACCIONES Y ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN</b> .....	<b>11</b>
Definición de las Acciones de Intervención.....	11
Descripción de las Acciones de Intervención .....	14
Categorización de Daños.....	18
Escenarios de Intervención.....	18
<b>MARCO LÓGICO</b> .....	<b>19</b>
Función de Costos .....	19
Unidades de Esfuerzo de Intervención .....	23
Proyecciones de Costos.....	24
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>GENERALIDADES COMUNES A TODAS LAS LOCALIDADES</b> .....	<b>25</b>
Akumal .....	26
Cozumel .....	27
Banco Chinchorro .....	28
Hol-Chan .....	30

<b>Atolón Turneffe .....</b>	<b>30</b>
<b>Punta de Manabique .....</b>	<b>31</b>
<b>Roatán .....</b>	<b>32</b>
<b>Cayos Cochinos.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>44</b>
<b>Cuestionario .....</b>	<b>44</b>
<b>Questionnaire .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>54</b>

## **ACRÓNIMOS**

**SAM:** Sistema Arrecifal Mesoamericano

**HRI:** Healthy Reefs Initiative

**FC:** Función de Costos

**RRI:** Iniciativa Mesoamericana de Rescate de Arrecifes

# RESUMEN EJECUTIVO

---

La degradación ecosistémica que sufren los arrecifes del Caribe es causada por múltiples factores naturales y de origen antropogénico tales como episodios de blanqueamiento, proliferación de enfermedades, crecimiento de algas, oleaje exacerbado, contaminación del agua, etc. Particularmente, los huracanes causan severos daños al arrecife afectando su estructura y diversidad. La pérdida en complejidad y cobertura coralina causado en unas horas por un evento meteorológico puede ser mucho mayor que el causado durante años por otros factores. Históricamente los arrecifes se habían recuperado de los daños ocasionados por los huracanes, sin embargo; en los últimos 40 años la evidencia muestra signos de escasa o nula recuperación en particular en los arrecifes del Caribe que han sido impactados por huracanes por lo que es importante establecer acciones enfocadas a minimizar el daño ocasionado por los huracanes en los arrecifes que contribuyan a la recuperación de la cobertura coralina y su complejidad estructural. Para este fin se requieren de intervenciones cuidadosamente diseñadas que permitan reparar daños, prevenir la propagación de los mismos y ayudar a recuperar la funcionalidad ecosistémica del arrecife, manteniendo tanto su valor ecológico como los servicios ecosistémicos que este activo natural proporciona (e.g., protección costera, atractivo turístico, pesquerías, etc.).

Como parte de la denominada Iniciativa de Rescate de Arrecifes, MAR Fund ha propuesto el diseño de un seguro paramétrico para cubrir los costos de reparación de los daños a arrecifes causados por huracanes en sitios clave de la región del SAM. Un seguro paramétrico no determina el pago con base en el daño o pérdidas ocasionadas, sino que utiliza parámetros que, al cumplirse el umbral establecido, activa el pago del seguro. En el caso de huracanes, los posibles parámetros previstos son: intensidad del viento, presión central, marea de tormenta, intensidad de la tormenta, precipitación, distancia al sitio de

interés y duración de la afectación, entre otros. El diseño del seguro requiere entre otros insumos, de la identificación de las acciones específicas de respuesta (intervención) a corto, mediano y largo plazo para la reparación de los daños ocasionados por el huracán sobre el activo natural: el arrecife de coral. Una vez definidas las acciones de intervención para cada etapa se requiere determinar su costo para la localidad específica en donde se localice el arrecife asegurado. Actualmente se cuenta con un protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata al impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.<sup>1</sup> En este documento se definen la lista y cronología de actividades de intervención relevantes a la Fase de Respuesta Inmediata y Respuesta Primaria y se proponen algunas actividades para la Fase de Respuesta Secundaria.

White Rock fue contratada por MAR Fund para hacer una revisión de las acciones correspondientes a cada Fase de Respuesta y robustecerlas, particularmente las de la Respuesta Secundaria, para determinar los costos en localidades “modelo” seleccionadas a lo largo de los cuatro países que forman parte del SAM: Belice, Guatemala, Honduras y México. El enfoque metodológico se basó en las acciones descritas en el Protocolo de Puerto Morelos las cuales fueron robustecidas mediante consultas con expertos de los cuatro países y una revisión de la literatura científica relevante. Una vez definidas las acciones de cada etapa, se procedió a determinar las categorías de daño con base en dos descriptores cuantitativos los cuales reflejan el nivel de afectación a la cobertura coralina viva (Descriptor A) y a la estructura coralina arrecifal (Descriptor B). Con base en estos descriptores se definieron tres niveles de afectación en unidades porcentuales de la siguiente manera: I) **Moderado** (Descriptor A: 5-10%, y Descriptor B: 0-5%; II) **Intermedio** (Descriptor A: 10-40%, Descriptor B: 5-10% y III) **Severo** (Descriptor A: 40-60% y Descriptor B: 10-20%). Posteriormente, para la reparación de daños post-tormenta se generaron los escenarios de intervención en términos porcentuales de la siguiente manera: a) **Mínimo**:

---

<sup>1</sup> Zepeda-Centeno C., Nava-Martínez G., García-Salgado MA. 2018. Protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata al impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos: Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos. The Nature Conservancy. 82 p.

20% de reparación de todos los daños registrados, b) **Intermedio**: 40% de reparación de todos los daños registrados y c) **Óptimo**: 60% de reparación de todos los daños registrados. Estos escenarios aplican para los tres niveles de afectación.

Los costos de reparación de daños se estimaron para ocho localidades “modelo” en los cuatro países del SAM: Belice (Hol-Chan y Atolón Turneffe), Guatemala (Punta de Manabique), Honduras (Roatán y Cayos Cochinos) y México (Akumal, Banco Chinchorro y Cozumel) con el fin de obtener un rango de costos de intervención en cada país (excepto Guatemala) ya que estos dependerán del costo de los insumos necesarios para la intervención en cada localidad lo cual a su vez depende de la economía local así como de la facilidad para el abastecimiento de todos los insumos en cada localidad. Posteriormente se determinaron unidades de esfuerzo de intervención por jornada de trabajo para cada actividad en términos de brigadas de intervención basadas en una cantidad predeterminada de recursos humanos (número de coordinadores, buzos y asistentes) y de otros insumos (número de embarcaciones, litros de combustible, etc.). Posteriormente, para cada una de las actividades de intervención implicadas en cada etapa (Respuesta Inmediata, Respuesta Primaria, Respuesta Secundaria y Respuesta a Mediano Plazo), se definió la superficie máxima que puede ser atendida por jornada de trabajo por cada unidad de esfuerzo de intervención, lo cual a su vez permitió determinar el número de jornadas de trabajo necesarias para atender la superficie afectada (para cada actividad y cada escenario de intervención). Este marco lógico nos permitió generar una función de costos a partir de la cual es posible estimar los costos de reparación de daños para cada localidad y nivel de intervención en función de: i) **parámetros arrecifales**: características superficiales de cada polígono arrecifal en cada localidad, ii) **parámetros de daños**: nivel de afectación ocasionado por el huracán y iii) **parámetros de intervención**: nivel de reparación de daños. La función de costos se integró en una base de datos electrónica la cual puede ser modificada fácilmente para cada localidad de acuerdo a nuevos parámetros arrecifales tales como superficie del polígono asegurado, nivel de afectación, escenario de intervención, etc. También las superficies máximas de intervención por jornada de trabajo de cada unidad de

esfuerzo pueden ser modificadas fácilmente, por lo que es posible variar el número de brigadas de intervención y calcular los costos correspondientes.

Nuestro estudio mostró que los costos principales se asocian a las actividades de: i) instalación de viveros de coral *ex situ*, ii) instalación de viveros de coral *in situ* y a la iii) recolocación y fijación de corales durante la Respuesta Primaria y Secundaria. Los costos para la implementación del protocolo de reparación de daños dependen en gran medida del porcentaje de cobertura de coral vivo característico de cada localidad. Roatán es la localidad más costosa seguida de Cozumel, ambos destinos turísticos registran las coberturas coralinas más elevadas de las ocho localidades seleccionadas (15 y 20% respectivamente). Por otra parte, Punta de Manabique es la localidad con el menor costo debido principalmente a la baja cobertura coralina (5%) y al moderado costo en las rentas de las embarcaciones con respecto a las demás localidades. El costo de los insumos en cada localidad, así como la facilidad para el abastecimiento de los mismos (combustible, tanques de buceo, cementante, etc.) juegan un papel muy importante en los costos totales. Los insumos más costosos identificados son los recursos humanos (salario de los brigadistas y coordinadores) seguido por el costo total de la renta de equipo de buceo y de embarcaciones. Sin embargo, estos últimos pueden reducirse significativamente si se opta por comprar en vez de rentar tanto las embarcaciones como el equipo de buceo o se establece un convenio de renta a largo plazo con operadores o cooperativas pesqueras locales. Para todas las localidades se proporcionan las proyecciones a cinco años de los costos totales para todos los niveles de afectación y todos los escenarios de intervención. Finalmente, se incluye una lista de recomendaciones compilada con base en las consultas realizadas con expertos del sector académico, gubernamental, empresarial y de la sociedad civil.

Los arrecifes de coral ayudan a proteger las costas del poderoso embate de las olas resultantes de los huracanes y tormentas, sirviendo como rompeolas natural, reduciendo su altura y potencia, siendo esto aún más efectivo en casos donde la costa cuenta también con manglares y otras formas de vegetación natural. Esto se traduce en una reducción significativa de la erosión de las playas, y en los daños físicos contra propiedades y poblaciones humanas lo cual representa beneficios económicos directos e indirectos además de aquellos derivados de los múltiples servicios ecosistémicos proporcionados por los arrecifes coralinos como el turismo, las pesquerías, etc. No obstante, esta función de protección costera se ha visto reducida drásticamente con el acelerado deterioro de los ecosistemas arrecifales debido a múltiples factores de estrés de origen natural y antrópico.

Particularmente el oleaje producido por los huracanes ejerce severos daños sobre el arrecife. La pérdida en complejidad y cobertura coralina causada en unas horas por un huracán categoría 4 o 5 puede ser mucho mayor que el causado durante años por otros factores por lo que es importante considerar intervenciones enfocadas a reducir los daños ocasionado por los mismos. En particular se requieren de acciones cuidadosamente diseñadas que permitan reparar daños, prevenir la propagación de los mismos y ayudar a recuperar la funcionalidad ecosistémica del arrecife, con el fin de intentar recuperar su valor ecológico y proteger los servicios ecosistémicos que este activo natural proporciona (e.g., protección costera, atractivo turístico, pesquerías, etc.). El objetivo de la intervención es ayudar al arrecife a alcanzar una condición de salud aceptable, en un tiempo razonable, que garantice su viabilidad a largo plazo sin necesariamente recuperar la condición original del ecosistema. Desafortunadamente, la ciencia de la restauración de los ecosistemas marinos es relativamente joven y aún se encuentra en proceso de desarrollo por lo que existen numerosas incógnitas de carácter técnico y científico entorno a los protocolos y a las tecnologías de intervención existentes para la rehabilitación de la funcionalidad

ecosistémica arrecifal. El objetivo de la restauración ecológica es ofrecer soluciones sistémicas basadas en: *“la conservación y reposición del capital natural, así como la restitución de los servicios ecosistémicos para su disfrute y aprovechamiento por parte de la sociedad”*. Se distingue de otras prácticas que: i) persiguen objetivos afines en que sus actuaciones se orientan hacia un referente histórico, ii) inciden sobre procesos ecosistémicos que regulan flujos de recursos limitantes, y iii) se implementan de acuerdo con modelos de gestión adaptativa. Consecuentemente, el presente estudio contempla acciones de intervención orientadas a la reparación de daños las cuales contribuyen a la recuperación del ecosistema tras el embate del huracán, pero no constituye necesariamente una restauración sistémica a mediano o largo plazo. Además, las intervenciones consideradas en este estudio deben de ser planificadas cuidadosamente con el fin de optimizar tiempo, recursos humanos y económicos.

El nivel de daños ejercidos por un huracán sobre un arrecife suele variar considerablemente dependiendo de múltiples factores. Algunas zonas arrecifales son más vulnerables debido a su nivel de exposición (orientación con respecto a la dirección predominante de la dirección del oleaje) o a la fragilidad de las especies de corales que caracterizan el sitio. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo una evaluación de los daños ejercidos por el huracán con el fin diseñar y calendarizar la estrategia de intervención inmediata que será implementado para recuperar el mayor número de colonias de coral dañadas (desprendidas, enterradas bajo arena o escombros, etc.) pero que aún tienen posibilidades de supervivencia. Dicha evaluación debe priorizar el rescate de aquellos organismos que tienen mayores posibilidades de sobrevivir (debido a su condición o resiliencia como especie). Se deben priorizar los sitios que requieren limpieza y atención inmediata (limpieza y reparación) ya que las posibilidades de supervivencia de las colonias afectadas se reducen con el tiempo debido a la escasez de luz (colonias enterradas o cubiertas por arena o escombros) y la abrasión generada por los impactos de escombros no estabilizados en el fondo marino. Sin ninguna intervención, estos organismos impactados podrían ser arrastrados por la corriente y el oleaje o enterrados y cubiertos por el sedimento impidiendo

su fijación y recuperación. En la Fase de Respuesta Inmediata se determina el nivel de afectación y se realiza la zonificación de impactos para identificar las áreas de mayor afectación y priorizar las actividades de intervención subsecuentes. En la Respuesta Primaria se describen acciones de limpieza para remover escombros, proporcionar la asistencia primaria al arrecife y atender la mayor parte de las colonias coralinas afectadas por el huracán. El objetivo de la Respuesta Primaria es reducir los daños causados por el huracán al arrecife y prevenir nuevos daños que pueden ocurrir de no brindarse la asistencia necesaria atendiendo las áreas arrecifales y las colonias de coral de mayor afectación y con mayor probabilidad de supervivencia (priorización de atención: “*triage*”). Por otra parte, el objetivo de la Respuesta Secundaria es consolidar los esfuerzos de reparación de daños atendiendo a las colonias no atendidas durante la Respuesta Primaria, manteniendo las que fueron asistidas previamente y atendiendo la reparación estructural del arrecife impactado por el huracán. Finalmente, la Respuesta a Mediano Plazo contempla el desarrollo de programas de restauración coralina basados en el despliegue de viveros *ex situ* para implementar técnicas de micro-fragmentación y de reproducción sexual. La implementación de programas de restauración estructural basados en el despliegue de unidades arrecifales artificiales no fue considerada en el presente estudio debido a su elevado costo y al consenso generalizado de los expertos consultados quienes mostraron reticencia en el adoptar el uso de arrecifes artificiales como medida de reparación de daños o restauración. Sin embargo, los expertos admitieron que los arrecifes artificiales pueden ser muy valiosos para la generación de hábitat y refugio para especies arrecifales, particularmente en fondos arenosos desprovistos de cordilleras arrecifales.

## OBJETIVOS

---

- a) Seleccionar localidades “modelo” para los cuatro países que forman parte del SAM para la determinación de los costos asociados a la reparación de daños causados por huracanes.
- b) Definir los niveles de afectación ocasionados por el huracán sobre el arrecife con base en descriptores cuantitativos propuestos por expertos.
- c) Definir los escenarios de intervención o el nivel de reparación de daños.
- d) Determinar las actividades de intervención para cada etapa: Respuesta Inmediata, Respuesta Primaria, Respuesta Secundaria y Respuesta a Mediano Plazo.
- e) Determinar los costos de todas las actividades de intervención para todos los niveles de afectación y todos los escenarios de intervención.

## SELECCIÓN DE LOCALIDADES

Para fines del presente estudio, se seleccionaron ocho localidades arrecifales “modelo” en total. Para los cuatro países, a excepción de Guatemala, se eligió una localidad cercana a asentamientos urbanos y otra remota con el fin de establecer un rango de costos en cada país dependiendo de la ubicación del arrecife con respecto al lugar más cercano para el suministro de los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención. Para el caso de México se seleccionaron tres localidades: dos cercanas con diferentes características económicas (una continental y una insular) así como un sitio remoto. Las localidades seleccionadas fueron las siguientes:

### Belice

Se seleccionó a la Reserva Marina de Hol-Chan como localidad cercana debido a su cercanía a La ciudad de San Pedro ubicada en la parte sur del Cayo Ambergris. Asimismo, se seleccionó el Atolón Turneffe como localidad remota debido a su distancia de aproximadamente 40 km con respecto a la Ciudad de Belice, la población más cercana. A pesar de esta distancia, la industria del buceo turístico en Turneffe está bastante desarrollada por lo que es posible encontrar la mayor parte de los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención en esa misma localidad, aunque a costos más elevados. Por otra parte, el abastecimiento de algunos insumos (cementante, materiales para viveros, etc.) deberá realizarse vía marítima desde la Ciudad de Belice.

### Guatemala

A diferencia de los otros países, la fracción del SAM correspondiente a Guatemala es relativamente pequeña por lo que solo únicamente se seleccionó una localidad en este país: El Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, localidad arrecifal cercana al campamento pesquero “El Quetzalito” ubicado a aproximadamente 35 kilómetros de Puerto

Barrios, Ciudad portuaria, cabecera del departamento de Izabal. En Puerto Barrios se pueden conseguir todos los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención los cuales pueden ser transportados vía terrestre hasta El Quetzalito. En esta localidad se contempla utilizar las embarcaciones de los pescadores de la localidad y contratar a los pescadores para que formen parte de las brigadas de intervención.

## **Honduras**

En Honduras se seleccionó a la isla de Roatán como localidad cercana la cual forma parte de las Islas de la Bahía de Honduras. En Roatán hay varias poblaciones de las cuales la mayor es la Ciudad de Roatán, cabecera de uno los municipios de la isla en la cual se pueden encontrar todos los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención sin necesidad de salir de la isla. Por otra parte, Cayos Cochinos fue elegida como la localidad remota modelo debido a que se ubica a aproximadamente 40 kilómetros de La Ceiba, la ciudad más cercana donde se pueden obtener todos los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención.

## **México**

Akumal fue seleccionada como una de las localidades modelo cercanas (de tipo “continental”) debido a su cercanía a las poblaciones de Akumal, Tulum y Playa de Carmen. Ciudades donde se pueden obtener todos los insumos necesarios para la intervención. Cozumel fue la segunda localidad cercana (de tipo “insular”) y es una isla en donde se pueden conseguir todos los insumos necesarios para la intervención. Debido a su carácter insular, los costos de algunos de los insumos son un poco más elevados que en Akumal por lo que ilustra un nivel de costos ligeramente diferente. Por otra parte, también se seleccionó Banco Chinchorro como localidad remota debido a que se ubica a aproximadamente 42 kilómetros de la población más cercana, Mahahual desde donde se deben de transportar vía marítima todos los insumos necesarios para la intervención, muchos de ellos provenientes vías terrestre, de la Ciudad de Chetumal.

## DEFINICIONES DE ACCIONES Y ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN

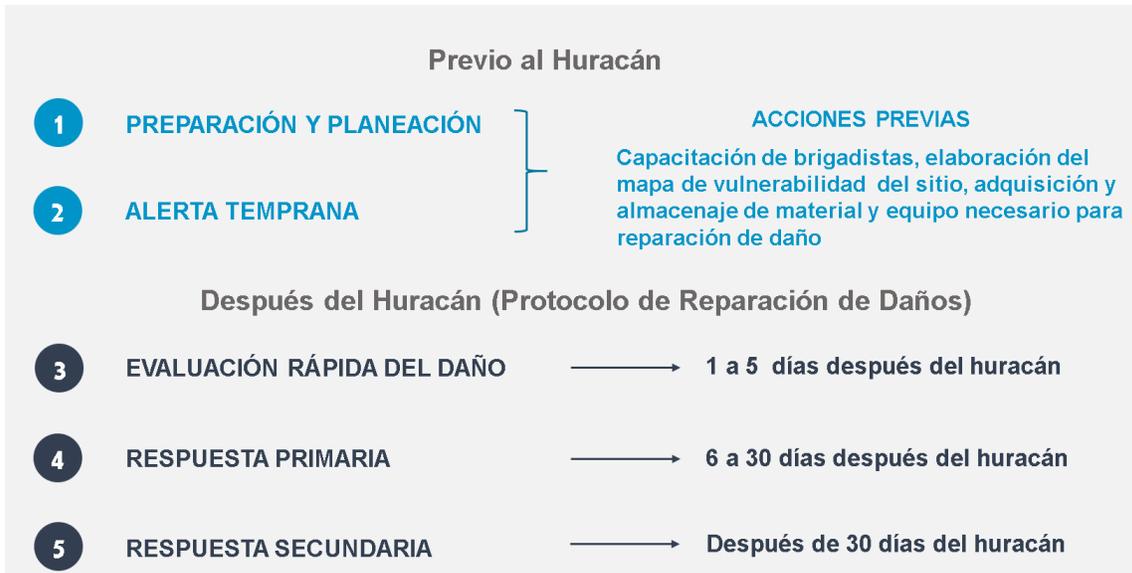
### Definición de las Acciones de Intervención

Primeramente, se definieron las actividades de reparación de daños tomando como referencia las acciones descritas en el “*Protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata al impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos*”<sup>2</sup>. Las acciones de intervención descritas en este protocolo fueron robustecidas mediante consultas con expertos representantes del sector gubernamental, académico y de la sociedad civil de los cuatro países (ver lista de entrevistados en el Anexo I). Estas consultas fueron llevadas a cabo mediante entrevistas personalizadas en cada localidad o vía telefónica o Skype, así como mediante la elaboración de cuestionarios específicamente diseñados para este estudio (ver Anexo II). La lista de expertos consultados se proporciona al final de este documento por sector, institución y país. Asimismo, se realizó una investigación bibliográfica de los protocolos existentes o estudios enfocados a la restauración ecológica y física de arrecifes que tomen en cuenta tanto la etapa de respuesta primaria como secundaria y con consideración a la rehabilitación de los servicios ecosistémicos. Finalmente se llevó a cabo una revisión exhaustiva de los webinars publicados en sitio web del consorcio “Reef Resilience”<sup>3</sup> enfocados a la restauración de arrecifes preparados por diversos expertos en el tema a nivel internacional. Finalmente, todas las acciones de reparación de daños fueron discutidas con Claudia Ruiz, directora de la *Iniciativa de Restauración de Arrecifes* de MAR Fund y Fernando Secaira, líder del *Programa de Riesgo y Resiliencia Costera en la Península de Yucatán* de The Nature Conservancy. Las Fases del Protocolo de Puerto Morelos se enlistan en la Figura 1:

---

<sup>2</sup> Zepeda-Centeno C., Nava-Martínez G., García-Salgado MA. 2018. Protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata al impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos: Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos. The Nature Conservancy. 82 p.

<sup>3</sup> <http://www.reefresilience.org/category/webinars/>



**Figura 1. Resumen de Fases de Intervención del Protocolo de Puerto Morelos**

Cabe mencionar que las Fases 1 y 2 no forman parte de la cobertura del seguro paramétrico por lo que únicamente las Fases 3 a 5 son relevantes al presente estudio y fueron incorporadas a la denominada **Fase de Respuesta Inmediata** la cual se enfoca principalmente a la reparación de daños ocasionados por el huracán poniendo énfasis en las intervenciones prioritarias para la mitigación de los impactos ocasionados por el huracán. Adicionalmente, se agregó la denominada **Fase de Respuesta a Mediano Plazo** con el fin de tomar en cuenta una posible fase de restauración ecológica la cual incluye las siguientes acciones:

- Instalación de viveros de coral *ex situ* para la implementación de técnicas de micro fragmentación de corales masivos durante un plazo de hasta 3, 4 o 5 años.

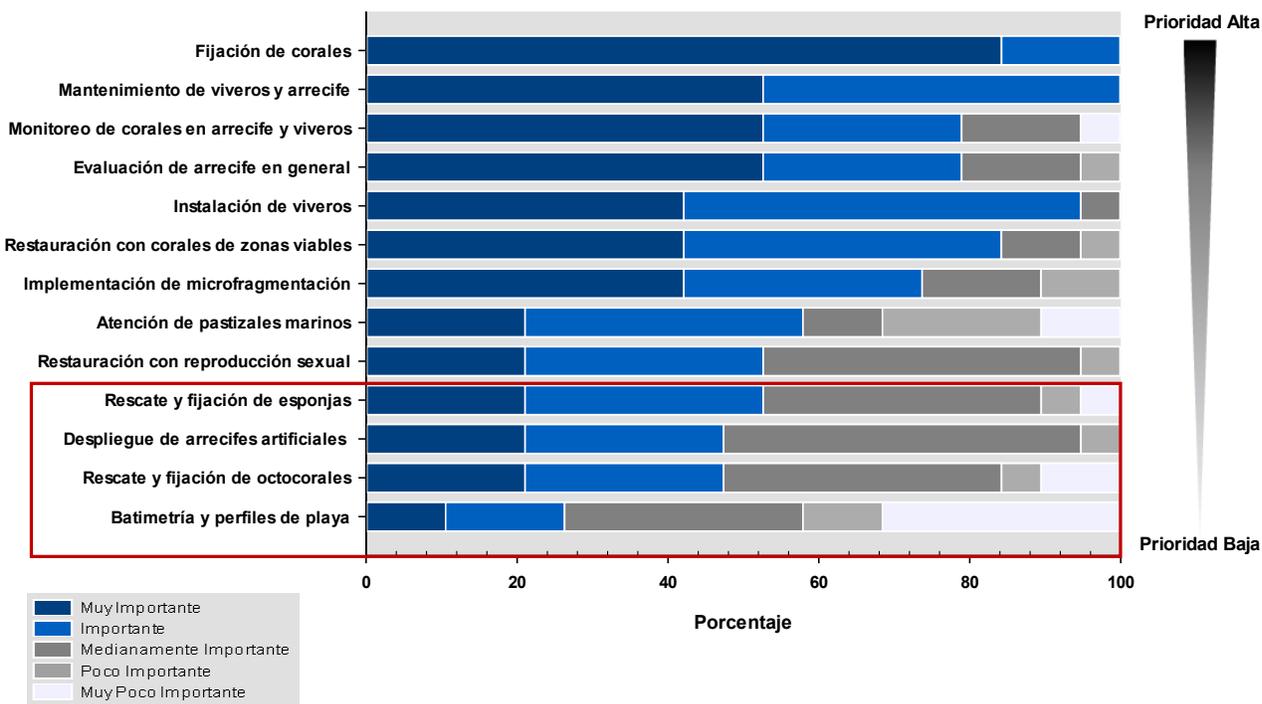
- Despliegue en medio marino de las colonias desarrolladas por medio de técnicas de micro fragmentación.
- Implementación de técnicas de reproducción sexual en viveros *ex situ* de corales durante un plazo de 3, 4 o 5 años.
- Despliegue en medio marino de las colonias generadas por medio de técnicas de reproducción sexual.
- Monitoreo y mantenimiento de corales fijados en la respuesta a mediano plazo.
- Evaluación de la aplicación del protocolo.

Esta Fase contempla la adquisición de material y equipo (costos fijos) para la implementación de viveros de coral *ex situ* de bajo costo<sup>4</sup> (para técnicas de micro fragmentación y reproducción sexual) en localidades cercanas y remotas, así como los costos operativos durante un período de 3, 4 y 5 años según el escenario de restauración seleccionado (ver Tabla IIC). La meta de esta intervención es el contribuir a la regeneración a mediano y largo plazo de la diversidad biológica y genética del arrecife y promover la recuperación de la estructura arrecifal.

Con el fin de robustecer las acciones propuestas en el Protocolo de Puerto Morelos y seleccionar aquellas que deben formar parte de la Fase de Respuesta a Mediano Plazo se pidió a los expertos y actores relevantes el revisar y priorizar una corta lista de acciones de intervención (ver Anexo II) de acuerdo a la relevancia de cada una de ellas en el protocolo general de intervención que incluye la Respuesta Inmediata, Primaria, Secundaria y a Mediano Plazo. Los resultados de esta consulta fueron jerarquizados de acuerdo al porcentaje acumulado de todas las encuestas para las cinco siguientes categorías: 1) Muy Poco Importante, 2) Poco Importante, 3) Medianamente Importante, 4) Importante y 5) Muy Importante. Estos se ilustran en la siguiente Figura 2.

---

<sup>4</sup> Comunicación personal de la Dra. Anastazia Banaszak, profesora-investigadora de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica de Sistemas Arrecifales de Puerto Morelos.



**Figura 2. Priorización de algunas actividades de intervención sugeridas por los expertos consultados**

Cabe mencionar que las cuatro acciones de menor prioridad (ubicadas dentro del marco rojo de la Figura 2) no fueron consideradas como parte del Protocolo Integral de Intervención y por lo tanto sus costos no forman parte del presente estudio económico.

### Descripción de las Acciones de Intervención

En esta sección describimos brevemente las acciones que son consideradas para cada etapa del Protocolo Integral de Intervención y cuyos costos son estimados en el presente estudio (ver Tablas IIa, IIb, y IIc).

**Tabla Ila. Acciones de Intervención: Evaluación Rápida del Daño y Respuesta Primaria**

<b>RESPUESTA INMEDIATA</b>
<b>EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO</b>
<b>Evaluación Rápida del Daño Mediante Drone</b>
Se toman videos a mediana resolución con el fin de elaborar fotomosaicos que permitan la zonificación de daños
<b>Evaluación Rápida Mediante Arrastres Tipo Manta</b>
Se realizan recorridos tipo Manta con cámara subacuática y pizarra para tomar notas y vídeo con el fin de detallar los niveles de impacto obtener información para realizar un diagnóstico preliminar ambiental y proponer escenarios de intervención
<b>RESPUESTA PRIMARIA</b>
<b>Limpieza y Remoción de Escombros</b>
Se remueve la arena depositada sobre el macizo arrecifal (sobre corales vivos y esqueleto), es llevada hacia el arenal excluyendo la zona de pastizales marinos. Se remueven o estabilizan los escombros presentes en el macizo arrecifal para evitar la propagación del daño
<b>Recolocación y Fijación de Corales Fragmentados</b>
Se acopian cuidadosamente las colonias de coral fragmentadas o desprendidas para ser fijadas nuevamente en el macizo arrecifal se priorizan las colonias de mayor tamaño y con mejor estado de salud cuya con buenas posibilidades de supervivencia
<b>Estabilización de Fragmentos Vivos Adicionales</b>
Se acopian y resguardan cuidadosamente el resto de colonias de coral fragmentadas o desprendidas de menor tamaño las cuales son viables para ser instaladas en los viveros in situ durante la Respuesta Secundaria

**Tabla IIb. Acciones de Intervención: Respuesta Secundaria y Cierre de Respuesta Inmediata**

<b>RESPUESTA SECUNDARIA</b>
<b>Reparación de Fracturas Estructurales</b>
Se atienden los daños estructurales de las colonias coralinas vivas pero afectadas estructuralmente. Mediante la aplicación de cementante y resina epóxica se resanan fracturas con el fin de intentar prevenir que estas se hagan mayores o que la colonia termine por quebrarse
<b>Instalación de Viveros de Coral <i>in situ</i></b>
En el arenal aledaño al macizo arrecifal se instalan viveros del tipo "tendedero" mediante anclajes de bajo impacto y sogas suspendidas a cierta distancia del fondo marino mediante el uso de boyas que flotan a media agua
<b>Colecta e Instalación de Fragmentos Adicionales en Viveros de Coral <i>in situ</i></b>
Una vez desplegados los viveros <i>in situ</i> se procede a coleccionar los fragmentos coralinos de menor tamaño previamente rescatados y acopiados pero no fijados durante la Respuesta Primaria, los cuales son montados en los viveros con el uso de cintillas plásticas
<b>Monitoreo y Mantenimiento de Corales Fijados</b>
Se realiza una evaluación periódica del estado de salud de las colonias fijadas en el arrecife y en los viveros y de ser necesario se proporciona mantenimiento (re-fijación de corales, remoción de arena y algas, etc.). También se realizan evaluaciones rápidas del estado general del arrecife
<b>Atención a Pastizales</b>
Se realizan recorridos en la zona de pastizales para remover la arena depositada por el huracán sobre los mismos. Los pastos que hayan sido arrancados del fondo marino y que aún mantengan sus rizomas y raíces se vuelven a enterrar en la arena en sitios apropiados
<b>CIERRE DE RESPUESTA INMEDIATA</b>
<b>Evaluación de la Aplicación del Protocolo</b>
Con base en la información obtenida de los monitoreos y campañas de mantenimiento realizadas se establece un análisis científico para evaluar el nivel de éxito de las acciones de intervención realizadas durante las fases de Respuesta Primaria y Secundaria
<b>Evaluación del Daño Remanente</b>
Se realiza una evaluación subacuática de todo el polígono asegurado para determinar de manera cuantitativa y cualitativa el nivel de daño remanente y realizar una zonificación de áreas prioritarias para llevar a cabo tareas de restauración coralina
<b>Elaboración de Plan de Restauración para Mediano Plazo</b>
Con base en las dos evaluaciones previas se elabora una estrategia para la restauración de la comunidad coralina a mediano plazo

**Tabla IIc. Acciones de Intervención: Respuesta Secundaria y Cierre de Respuesta Inmediata**

<b>RESTAURACIÓN A MEDIANO PLAZO</b>
<b>Instalación de Viveros de Coral <i>ex situ</i> para Técnicas de Microfragmentación (5 años)</b>
<p>En cada año del escenario de la restauración seleccionado se instalan estanques móviles (tinacos o cisternas compactas) que se entierran en la arena con el fin de amortiguar los cambios de un sistema de bombeo compacto permite la recirculación del agua de mar para mantener el intercambio de agua. Los microfragmentos de coral son producidos mediante una sierra con hoja de diamante portátil para ser introducidos al vivero hasta su crecimiento. Se contemplan tres escenarios de restauración de acuerdo al número de años de operación del vivero:</p> <p>1) Mínimo: 3 años, 2) Intermedio: 4 años y 3) Óptimo: 5 años. Se contemplan alrededor de 1500 microfragmentos de 1 cm<sup>2</sup> cada mes y se anticipa un crecimiento de alrededor de 4 cm<sup>2</sup> por año por colonia</p>
<b>Despliegue en Medio Marino de Colonias Desarrolladas por Medio de Técnicas de Microfragmentación</b>
<p>Las colonias desarrolladas en los viveros <i>ex situ</i> son trasladadas al medio marino para ser fijadas sobre el macizo arrecifal. 2 campañas de trabajo de campo al año</p>
<b>Implementación de Técnicas de Reproducción Sexual en Viveros <i>ex situ</i> de Corales (5 años)</b>
<p>En cada año del escenario de la restauración seleccionado se instalan estanques móviles (tinacos o cisternas compactas) que se entierran en la arena con el fin de amortiguar los cambios de un sistema de bombeo compacto permite la recirculación del agua de mar para mantener el intercambio de agua. Las larvas de coral se asientan en sustratos adecuados dentro de los viveros para ser posteriormente ser introducidos en el medio ambiente marino. Se contemplan tres escenarios de restauración de acuerdo al número de años de operación del vivero:</p> <p>1) Mínimo: 3 años, 2) Intermedio: 4 años y 3) Óptimo: 5 años. Se contempla el uso de alrededor de 1000 sustratos de 5 cm<sup>2</sup> para el asentamiento larval</p>
<b>Despliegue en Medio Marino de Colonias Generadas por Medio de Técnicas de Reproducción Sexual</b>
<p>Las colonias desarrolladas en los viveros <i>ex situ</i> son trasladadas al medio marino para ser fijadas sobre el macizo arrecifal. Se contemplan dos periodos de desove al año con tres campañas de trabajo de campo por desove: 1) Acondicionamiento de sustratos, 2) retiro de sustratos del medio marino para su limpieza en el laboratorio y 3) reintroducción de los sustratos con larvas asentadas en el medio marino</p>
<b>Monitoreo y Mantenimiento de Corales Fijados en la Respuesta a Mediano Plazo</b>
<p>Se realizan dos campañas de campo anuales para realizar la evaluación del estado de salud de las colonias introducidas al medio ambiente marino derivadas de las técnicas de microfragmentación y reproducción sexual</p>
<b>Evaluación de la Aplicación del Protocolo</b>
<p>Con base en la información obtenida de los monitoreos y campañas de mantenimiento realizadas se establece un análisis científico cada dos años para evaluar el nivel de éxito de las acciones de intervención realizadas durante las fases de Respuesta a Mediano Plazo</p>

### Categorización de Daños

Una vez definidas las acciones de cada etapa, se procedió a determinar el daño arrecifal con base en dos descriptores cuantitativos los cuales reflejan el nivel de afectación a la comunidad coralina arrecifal. El **Descriptor A** representa el porcentaje de corales vivos desprendidos, volteados y/o sepultadas bajo la arena y escombros mientras que el **Descriptor B** representa el nivel de afectación de la estructura coralina (fracturas estructurales) de colonias vivas o parcialmente vivas. Con base en estos descriptores se definieron, con ayuda de los expertos consultados, tres niveles de afectación: moderado, intermedio y severo, en unidades porcentuales para cada descriptor. Las categorías seleccionadas fueron las siguientes:

Tabla III.

CATEGORÍA DE AFECTACIÓN	RANGO
<b>MODERADO</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Descriptor A</b>	<b>5-10</b>
<b>Descriptor B</b>	<b>0-5</b>
<b>INTERMEDIO</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Descriptor A</b>	<b>10-40</b>
<b>Descriptor B</b>	<b>5-10</b>
<b>SEVERO</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Descriptor A</b>	<b>40-60</b>
<b>Descriptor B</b>	<b>10-20</b>

### Escenarios de Intervención

Una vez establecidos los niveles de afectación se procedió a determinar, con ayuda de los expertos consultados, tres escenarios de intervención: mínimo, intermedio y óptimo para determinar los niveles y costos de reparación de daños en cada localidad dependiendo del nivel de afectación arrecifal y del escenario de intervención seleccionado en cada caso. Los escenarios de intervención en unidades porcentuales fueron los siguientes:

Tabla IV.

ESCENARIO DE INTERVENCIÓN	PORCENTAJE
MINÍMO	20
INTERMEDIO	40
ÓPTIMO	60

## MARCO LÓGICO

Los costos fueron determinados para cada localidad por concepto y por actividad mediante visitas a cada localidad y/o contacto directo con personas residentes de la localidad. A medida de lo posible, se intentó consultar personas con experiencia en la realización de actividades subacuáticas (restauración, despliegue de viveros, etc.) en cada localidad. Se visitaron las siguientes localidades: Cozumel, Akumal, Chetumal y Mahahual (México), Ciudad de Belice y Caye Caulker (Belice), Puerto Barrios (Guatemala) y Roatán (Honduras). La información económica de todos los insumos necesarios para la implementación de la intervención fue capturada en una base de datos que sirvió para construir una hoja electrónica para cada localidad con los costos desglosados para cada fase, actividad y concepto. Los costos estimados fueron recabados en el transcurso de seis meses y representan un promedio del rango de costos estimados durante las visitas realizadas a las localidades y consultas con actores relevantes en cada localidad. Para todas las localidades, se estima una incertidumbre de aproximadamente  $\pm 5\%$  en los costos totales estimados.

### Función de Costos

Con el fin de poder flexibilizar el uso de la base de datos, la estimación de costos se planteó de acuerdo a una función de costos formulada en términos de: i) **parámetros arrecifales**: características superficiales de cada polígono arrecifal en cada localidad, ii) **parámetros de**

**daños:** nivel de afectación ocasionado por el huracán y iii) **parámetros de intervención:** nivel de reparación de daños. Estos se enlistan a continuación.

**Tabla V. Parámetros de la Función de Costos**

<b>PARÁMETROS</b>
<b>Parámetros Arrecifales</b>
<b>Superficie del Polígono Asegurado</b> <b>Superficie de Cobertura de Coral Vivo</b> <b>Superficie de Pastos Marinos Adyacente al Arrecife</b>
<b>Parámetros de Daños</b>
<b>Superficie de Corales Vivos Afectados (Descriptor A)</b> <b>Superficie de Estructura Coralina Afectada (Descriptor B)</b>
<b>Parámetros de Intervención</b>
<b>Escenario de Intervención</b> <b>Nivel de Restauración Mediante Técnicas de Microfragmentación *</b> <b>Nivel de Restauración Mediante Técnicas de Reproducción Sexual *</b>

Además de los parámetros anteriormente mencionados, la función de costos incluye gastos específicos para cada localidad, actividad y nivel de intervención (gastos de operación, costo de reuniones, costos de elaboración de reportes, etc.) los cuales no dependen de la categoría del daño ni del escenario de intervención, por lo que son considerados como costos fijos que varían únicamente en función de la localidad y el país. Los parámetros anteriormente mencionados y los costos fijos de cada actividad determinarán el costo diario de cada actividad (de acuerdo a unidades de esfuerzo predeterminadas) los cuales deberán

\* Estas actividades forman parte de la fase de Respuesta a Mediano Plazo e implican actividades que se desarrollarán durante 3, 4 y 5 años dependiendo el escenario de intervención seleccionado (Mínimo, Intermedio y Óptimo).

de ser multiplicados por el número de días necesarios para alcanzar el escenario de intervención seleccionado (mínimo, intermedio, óptimo). La función general de costos es la siguiente:

$$C_T = (C_{RI} + C_{RP} + C_{RS} + C_{RMP}) * N^{interv}$$

Donde:

$$C_{RI} = \sum_i^n ((d_i^{RI} \cdot C_i^{RI}) + C_{fi}^{RI})$$

$$C_{RP} = \sum_i^n ((d_i^{RP} \cdot C_i^{RP}) + C_{fi}^{RP})$$

$$C_{RS} = \sum_i^n ((d_i^{RS} \cdot C_i^{RS}) + C_{fi}^{RS})$$

$$C_{RMP} = \sum_i^n ((d_i^{RMP} \cdot C_i^{RMP}) + C_{fi}^{RMP})$$

**$N^{interv}$  = Nivel de intervención o de Restauración (porcentaje)**

**El resto de las variables se identifican a continuación:**

**Tabla VI. Lista de Variables de la Función de Costos**

NOMENCLATURA	
$C_T$	Costo Total de Reparación de Daños
$C_{RI}$	Costos de la Respuesta Inmediata
$C_{RP}$	Costos de la Respuesta Primaria
$C_{RS}$	Costos de la Respuesta Secundaria
$C_{RMP}$	Costos de la Respuesta a Mediano Plazo
$d_i^{RI}$	Días de intervención para la actividad "i" de la Respuesta Inmediata
$d_i^{RP}$	Días de intervención para la actividad "i" de la Respuesta Primaria
$d_i^{RS}$	Días de intervención para la actividad "i" de la Respuesta Secundaria
$d_i^{RMP}$	Días de intervención para la actividad "i" de la Respuesta a Mediano Plazo
$C_i^{RI}$	Costo total diario para la actividad "i" de la Respuesta Inmediata
$C_i^{RP}$	Costo total diario para la actividad "i" de la Respuesta Primaria
$C_i^{RS}$	Costo total diario para la actividad "i" de la Respuesta Secundaria
$C_i^{RMP}$	Costo total diario para la actividad "i" de la Respuesta a Mediano Plazo
$Cf_i^{RI}$	Costo fijo total relacionado a la actividad "i" de la Respuesta Inmediata
$Cf_i^{RP}$	Costo fijo total relacionado a la actividad "i" de la Respuesta Primaria
$Cf_i^{RS}$	Costo fijo total relacionado a la actividad "i" de la Respuesta Secundaria
$Cf_i^{RMP}$	Costo fijo total relacionado a la actividad "i" de la Respuesta a Mediano Plazo
$n$	Número de Actividades en cada Respuesta: Inmediata, Primaria, Secundaria o a Mediano Plazo

Para determinar el tiempo necesario para completar cada intervención (número de días de intervención para cada actividad), se requiere definir las unidades de esfuerzo de intervención (número de brigadistas, embarcaciones y horas diarias de trabajo) con el fin de poder determinar la superficie máxima que puede ser intervenida diariamente por unidad de esfuerzo, estas se definen a continuación.

## Unidades de Esfuerzo de Intervención

Para todas las localidades, se definió el tipo y número de unidades de esfuerzo de intervención específicas para cada actividad. Esto nos permitió estimar, para cada actividad, la superficie máxima que puede ser atendida diariamente por el total de brigadas de intervención lo que a su vez nos permitió determinar el número de días necesario para la realización de cada actividad de acuerdo al nivel de afectación ocasionado por el huracán y al escenario de intervención seleccionado. El tipo y número de brigadas de intervención para cada actividad del protocolo fueron las siguientes:

**Tabla VII.**

UNIDADES DE ESFUERZOS DE INTERVENCIÓN DIARIA		
Actividad de Campo	Tipo de Brigadas	Número de Brigadas
Evaluación Rápida Mediante Arrastres Tipo Manta	A	3
Limpieza y Remoción de Escombros	B	3
Recolocación y Fijación de Corales Fragmentados	C	3
Estabilización de Fragmentos Vivos Adicionales	B	3
Reparación de Fracturas Estructurales	C	3
Instalación de Viveros de Coral <i>in situ</i>	D	3
Colecta e Instalación de Fragmentos Adicionales en Viveros de Coral <i>in situ</i>	D	3
Monitoreo y Mantenimiento de Corales Fijados en Arrecife y Viveros <i>in situ</i>	D	3
Atención a Pastizales	D	3
Evaluación del Daño Remanente	E	3
Despliegue en Medio Marino de Colonias Desarrolladas por Medio de Técnicas de Microfragmentación	D	1
Despliegue en Medio Marino de Colonias Generadas por Medio de Técnicas de Reproducción Sexual	D	1
Monitoreo y Mantenimiento de Corales Fijados en la Respuesta a Mediano Plazo	D	3
<p><b>Brigada A = 1 Lancha, 1 coordinador, 4 snorkelers</b></p> <p><b>Brigada B = 1 Lancha, 1 coordinador, 4 buzos, 2 snorkelers y 3 buceos diarios con por buzo</b></p> <p><b>Brigada C = 1 Lancha, 1 coordinador, 4 buzos, 4 snorkelers y 3 buceos diarios con por buzo</b></p> <p><b>Brigada D = 1 Lancha, 1 coordinador, 4 buzos y 3 buceos diarios con por buzo</b></p> <p><b>Brigada E = 1 Lancha, 4 buzos y 3 buceos diarios con por buzo</b></p>		

Con base en consultas con expertos en los cuatro países y en nuestra propia experiencia de trabajo en campo, se pudo estimar para cada actividad la superficie máxima de intervención ( $S^{max}$ ). Por otra parte, el número de días de intervención necesario para completar cada actividad ( $d_i$ ) se determinó dividiendo la superficie afectada en cada caso ( $S^a$ ), superficie de corales desprendidos, superficie de estructura arrecifal dañada, superficie de pastizales marinos afectados, etc.; entre  $S^{max}$ .

Cabe mencionar que en los casos de Banco Chinchorro y Cayos Cochino se consideraron embarcaciones adicionales para el transporte diario de tanques de buceo desde la población continental más cercana (Mahahual y La Ceiba, respectivamente) donde se localiza el compresor necesario para su llenado. Asimismo, en el caso de las actividades que requieren el uso de cementante (*“Recolocación y Fijación de Corales Fragmentados”* y *“Reparación de Fracturas Estructurales”*) se consideraron embarcaciones adicionales para el transporte de este insumo a cada una de estas localidades. El caso del atolón Turneffe es diferente debido a que se trata de una localidad donde la práctica del buceo recreativo es bastante popular por lo que el suministro de tanques de buceo puede ser abastecido directamente en esa localidad. No obstante, el cementante debe de ser provisto desde Ciudad de Belice por lo que, para las actividades mencionadas anteriormente, se consideraron embarcaciones adicionales para Turneffe. Además, para las tres localidades remotas, se consideró combustible adicional con el fin de garantizar el transporte de tanques y/o cementante para todas las actividades que requieran de estos insumos.

## Proyecciones de Costos

Todos los costos de reparación de daños de cada etapa del protocolo fueron estimados a 5 años tomando en cuenta las proyecciones inflacionarias de cada país de acuerdo al índice de precios al consumidor (IPC). Estos datos se obtuvieron de la base de datos del Fondo Monetario Internacional (FMI).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> <https://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@WEO/OEMDC/>

## GENERALIDADES COMUNES A TODAS LAS LOCALIDADES

Para la determinación de los costos de todas las localidades se eligió como modelo una superficie de polígono asegurado de 100 hectáreas. Esta superficie incluye el macizo arrecifal compuesto de coral vivo y muerto así como un entorno ambiental adyacente el cual incluye una zona de fondo arenoso y un área de praderas de pastizales marinos. Para todas las localidades, se asumió que, de la superficie total del polígono asegurado, el macizo arrecifal constituye el 25% mientras que los pastizales marinos constituyen el 10%. Por otra parte, para cada localidad se utilizó la cobertura de coral listada en el Reporte del Arrecife Mesoamericano más reciente publicado por la HRI.<sup>7</sup> En todos los casos se contempla llevar a cabo la intervención para atender al descriptor de daño A (corales vivos desprendidos, volteados y/o sepultadas bajo la arena y escombros) tanto durante la Fase de Respuesta Primaria como durante la Respuesta Secundaria. Para la actividad de intervención correspondiente la cual se denomina: “Recolocación y Fijación de Corales Fragmentados”, se seleccionó un nivel de intervención del 97% durante la Respuesta Primaria y un 3% durante la Respuesta Secundaria, etapa durante la cual se instalarán los viveros *in situ* para la estabilización de la pedacera de coral vivo no fijado durante la Respuesta Primaria. Los porcentajes de todos los parámetros arrecifales pueden ser modificados a voluntad por el usuario de la hoja de cálculo de acuerdo a las características específicas de cada localidad. A continuación, se proporcionan los costos para todas las localidades. Todos los costos de intervención para todas las localidades y para cada etapa del protocolo proyectadas a 2, 3, 4 y 5 años se presentan en el ANEXO III. Todos los costos fueron calculados de acuerdo a los parámetros arrecifales siguientes

---

<sup>7</sup> Reporte del Arrecife Mesoamericano. Evaluación de la Salud del Ecosistema. Healthy Reefs Initiative, 2018.

**Tabla VIII.**

**HRI:** Datos obtenidos del Reporte del Arrecife Mesoamericano más reciente publicado por la Healthy Reefs Initiative para cada localidad

**DDA:** Descriptor de Daño A

**DDB:** Descriptor de Daño B

**\*** Se asume que el macizo arrecifal con coral vivo y muerto constituye el 25% del área del polígono asegurado

**\*\*** Se asume que las praderas de pastos marinos constituyen el 10% del área del polígono asegurado

Parámetro Arrecifal	Unidades	Magnitud
I. Superficie del Polígono Asegurado	m <sup>2</sup>	1,000,000
II. Superficie Coralina dentro del Polígono Asegurado *	m <sup>2</sup>	250,000
III. Porcentaje de Cobertura de Coral Vivo	%	HRI
IV. Porcentaje de Cobertura de Coral Vivo Desprendido	%	DDA
V. Porcentaje de Coral Vivo Desprendido a ser Fijado en la Respuesta Primaria	%	97
VI. Porcentaje de Coral Vivo Desprendido a Ser Fijado en la Respuesta Secundaria en Viveros	%	3
VII. Porcentaje de Estructura Coralina Viva Dañada	%	DDB
VIII. Superficie de Pastos Marinos **	m <sup>2</sup>	100,000
IX. Porcentaje de la Superficie Afectada de Pastos Marinos ***	%	50

**\*\*\*** Se asume un 50% de afectación a las praderas de pastos marinos como consecuencia del impacto del huracán

## AKUMAL

### Consideraciones Particulares

Akumal es una pequeña población de 1,300 habitantes localidad ubicada en la parte continental del estado de Quintana Roo, cercana a asentamientos humanos importantes tales como la Ciudad de Akumal, Tulúm y Playa del Carmen. Todos los insumos necesarios para implementar el protocolo de intervención se pueden encontrar en cualquiera de estas poblaciones. Akumal registra una elevada actividad turística por lo que existen numerosos prestadores de servicios turísticos a los cuales se pueden rentar las embarcaciones

necesarias para la intervención. En esta localidad se pueden contratar los servicios de buzos certificados que laboran en las tiendas de buceo y/o cooperativas pesqueras.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla IX se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**Tabla IX. Costos**

### COZUMEL

#### Consideraciones Particulares

Cozumel es una localidad insular en el estado de Quintana Roo. La isla tiene una elevada actividad turística y cuenta con una población de 80,00 habitantes (San Miguel de Cozumel) donde se pueden encontrar todos los insumos necesarios para la implementación del protocolo de intervención. Las embarcaciones pueden ser rentadas directamente a prestadores de servicios turísticos locales que se dedican a actividades como el buceo,

<b>AKUMAL</b> 12% COBERTURA CORALINA		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)	INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)	INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD	USD	USD	USD
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,284	8,284	8,284
	RESPUESTA PRIMARIA	20,555	41,110	61,665
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	77,101	132,398	187,695
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	123,226	220,996	318,766
	<b>TOTAL</b>	<b>229,166</b>	<b>402,788</b>	<b>576,410</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,284	8,284	8,284
	RESPUESTA PRIMARIA	66,119	132,238	198,356
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	195,432	369,059	542,686
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	123,226	220,996	318,766
	<b>TOTAL</b>	<b>393,060</b>	<b>730,576</b>	<b>1,068,092</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,284	8,284	8,284
	RESPUESTA PRIMARIA	96,756	193,513	290,269
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	281,548	541,292	801,036
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	123,226	220,996	318,766
	<b>TOTAL</b>	<b>509,814</b>	<b>964,084</b>	<b>1,418,355</b>

snorkel o pesca deportiva. En esta localidad se pueden contratar los servicios de buzos certificados que laboran en las numerosas tiendas de buceo existentes en la isla.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla X se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**Tabla X. Costos**

### BANCO CHINCHORRO

#### Consideraciones Particulares

Banco Chinchorro es un atolón localizado en el sur del estado mexicano de Quintana Roo a aproximadamente 40 km del asentamiento humano mas cercano: Mahahual donde se ubica un compresor de aire para el llenado de tanques. En Mahahual existe una comunidad de pescadores y operadores turísticos que puede rentar sus embarcaciones y ofrecer sus servicios de buceo para formar parte de las brigadas de intervención. Algunos insumos

<b>COZUMEL</b> 20% COBERTURA CORALINA		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)	INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)	INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD	USD	USD	USD
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,800	8,800	8,800
	RESPUESTA PRIMARIA	34,032	68,064	102,096
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	118,449	215,094	311,739
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	124,869	224,282	323,695
	<b>TOTAL</b>	<b>286,150</b>	<b>516,240</b>	<b>746,330</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,800	8,800	8,800
	RESPUESTA PRIMARIA	117,671	235,343	353,014
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	340,565	659,326	978,087
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	124,869	224,282	323,695
	<b>TOTAL</b>	<b>591,906</b>	<b>1,127,751</b>	<b>1,663,597</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,800	8,800	8,800
	RESPUESTA PRIMARIA	172,856	345,712	518,569
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	501,272	980,739	1,460,206
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	124,869	224,282	323,695
	<b>TOTAL</b>	<b>807,797</b>	<b>1,559,533</b>	<b>2,311,270</b>

necesarios para la intervención (cementante, material para viveros, etc.) no están disponibles en Mahahual por lo que deben de ser transportados vía terrestre desde la Ciudad de Chetumal ubicada a 140 km.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XI se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**Tabla XI. Costos**

#### HOL-CHAN

#### Consideraciones Particulares

La Reserva Marina de Hol-Chan se localiza en cercanía a la ciudad de San Pedro ubicada en la parte sur del Cayo Ambergris con una población de 12,000 habitantes. En San Pedro existen numerosos operadores turísticos y varias comunidades de pescadores que pueden rentar sus embarcaciones y ofrecer sus servicios de buceo para formar parte de las brigadas

<b>BANCO CHINCHORRO</b> 10% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,518	8,518	8,518
	RESPUESTA PRIMARIA	22,878	45,757	68,635
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	76,201	130,597	184,993
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	127,508	229,561	331,614
	<b>TOTAL</b>	<b>235,106</b>	<b>414,433</b>	<b>593,760</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,518	8,518	8,518
	RESPUESTA PRIMARIA	70,477	140,953	211,430
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	196,138	370,472	544,805
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	127,508	229,561	331,614
	<b>TOTAL</b>	<b>402,641</b>	<b>749,504</b>	<b>1,096,367</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,518	8,518	8,518
	RESPUESTA PRIMARIA	102,209	204,417	306,626
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	282,821	543,838	804,855
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	127,508	229,561	331,614
	<b>TOTAL</b>	<b>521,057</b>	<b>986,335</b>	<b>1,451,613</b>

de intervención. Todos los insumos necesarios para la intervención en Hol-Chan pueden conseguirse en San Pedro.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XII se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**TABLA XII. Costos**

### ATOLÓN TURNEFFE

#### Consideraciones Particulares

La Reserva Marina de Atolón Turneffe se localiza a a proximadamente 40 km de Ciudad de Belice la cual cuenta con más de 60,000 habitantes. En Turneffe existen algunos operadores turísticos y comunidades de pescadores que pueden rentar sus embarcaciones y ofrecer sus servicios de buceo para formar parte de las brigadas de intervención. Tanto

<b>HOL-CHAN</b> 6% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,750	12,750	12,750
	RESPUESTA PRIMARIA	19,555	39,110	58,664
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	79,370	132,159	184,948
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	154,329	279,675	405,021
	<b>TOTAL</b>	<b>266,005</b>	<b>463,695</b>	<b>661,384</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,750	12,750	12,750
	RESPUESTA PRIMARIA	54,002	108,003	162,005
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	168,892	311,203	453,513
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	154,329	279,675	405,021
	<b>TOTAL</b>	<b>389,973</b>	<b>711,632</b>	<b>1,033,290</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,750	12,750	12,750
	RESPUESTA PRIMARIA	77,758	155,516	233,274
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	234,432	442,282	650,132
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	154,329	279,675	405,021
	<b>TOTAL</b>	<b>479,269</b>	<b>890,224</b>	<b>1,301,178</b>

el abastecimiento del aire comprimido para los tanques de buceo como el combustible para

las embarcaciones se puede conseguir en alguno de los resorts de buceo existentes en Turneffe, sin embargo, otros insumos como el cementante y el material para los viveros debe de ser adquirido en la Ciudad de Belice y transportado hasta Turneffe vía marítima.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XIII se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**TABLA XIII. Costos**

#### PUNTA DE MANABIQUE

#### Consideraciones Particulares

El arrecife seleccionado en Guatemala se localiza cerca de la comunidad pesquera El Quetzalito ubicado en la Reserva Natural Protegida Punta de Manabique. La población más cercana es Puerto Barrios la cual se localiza a aproximadamente 40 Km. La comunidad de pescadores de El Quetzalito cuenta con embarcaciones que pueden ser rentadas mientras que los pescadores pueden ser contratados para formar parte de las brigadas de

<b>ATOLÓN TURNEFFE</b> 7% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	16,664	16,664	16,664
	RESPUESTA PRIMARIA	29,758	59,517	89,275
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	87,816	147,363	206,911
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	171,336	307,585	443,833
	<b>TOTAL</b>	<b>305,575</b>	<b>531,129</b>	<b>756,683</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	16,664	16,664	16,664
	RESPUESTA PRIMARIA	86,603	173,206	259,809
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	213,289	398,310	583,331
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	171,336	307,585	443,833
	<b>TOTAL</b>	<b>487,893</b>	<b>895,765</b>	<b>1,303,637</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	16,664	16,664	16,664
	RESPUESTA PRIMARIA	123,385	246,770	370,155
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	305,181	582,093	859,006
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	171,336	307,585	443,833
	<b>TOTAL</b>	<b>616,566</b>	<b>1,153,112</b>	<b>1,689,658</b>

intervención. El abastecimiento del aire comprimido para los tanques de buceo se puede garantizar en El Quetzalito, sin embargo, todos los demás insumos deberán de ser obtenidos en Puerto Barrios y transportados vía terrestre hasta El Quetzalito.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XIV se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**TABLA XIV. Costos**

### ROATÁN

#### Consideraciones Particulares

La isla de Roatán cuenta con una actividad turística elevada y una industria de buceo recreacional consolidada. A pesar de su insularidad, Roatán cuenta con varias poblaciones en donde se puede garantizar el abastecimiento de todos los insumos necesarios para la intervención. Los buzos necesarios para las brigadas de intervención pueden provenir de alguna de las numerosas tiendas de buceo u organizaciones no gubernamentales

<b>PUNTA DE MANABIQUE</b> 5% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN</b> <b>MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,263	8,263	8,263
	RESPUESTA PRIMARIA	10,023	20,045	30,068
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	49,017	75,137	101,257
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	121,358	216,698	312,039
	<b>TOTAL</b>	<b>188,660</b>	<b>320,144</b>	<b>451,627</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,263	8,263	8,263
	RESPUESTA PRIMARIA	26,489	52,978	79,467
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	91,196	159,495	227,795
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	121,358	216,698	312,039
	<b>TOTAL</b>	<b>247,306</b>	<b>437,435</b>	<b>627,564</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	8,263	8,263	8,263
	RESPUESTA PRIMARIA	37,467	74,933	112,400
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	121,023	219,150	317,277
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	121,358	216,698	312,039
	<b>TOTAL</b>	<b>288,111</b>	<b>519,045</b>	<b>749,979</b>

existentes. Las embarcaciones se pueden rentar a los prestadores de servicios turísticos que ofrecen tours de snorkel y/o buceo que se encuentran distribuidos a lo largo de la isla.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XV se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**TABLA XV. Costos**

### CAYOS COCHINOS

#### Consideraciones Particulares

El Monumento Natural Marino Archipiélago Cayo Cochinos abarca un grupo de islas que se ubican entre aproximadamente 30 a 40 Km de la población continental más cercana: La Ceiba. Prácticamente todos los insumos necesarios para la intervención deben de adquirirse en La Ceiba para posteriormente ser transportados vía marítima al archipiélago. No obstante, las brigadas de intervención pueden ser conformadas por pescadores

<b>ROATÁN</b> 15% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,253	12,253	12,253
	RESPUESTA PRIMARIA	38,605	77,209	115,814
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	135,388	247,304	359,220
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	146,813	265,820	384,827
	<b>TOTAL</b>	<b>333,059</b>	<b>602,587</b>	<b>872,114</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,253	12,253	12,253
	RESPUESTA PRIMARIA	125,263	250,527	375,790
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	379,102	734,732	1,090,362
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	146,813	265,820	384,827
	<b>TOTAL</b>	<b>663,432</b>	<b>1,263,332</b>	<b>1,863,232</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,253	12,253	12,253
	RESPUESTA PRIMARIA	184,239	368,479	552,718
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	554,011	1,084,549	1,615,088
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	146,813	265,820	384,827
	<b>TOTAL</b>	<b>897,317</b>	<b>1,731,101</b>	<b>2,564,886</b>

comunitarios que residen en uno de los Cayos y que aceptarían participar en el las acciones de intervención con un salario razonable. Los tanques de buceo, el combustible y el cementante deben de ser transportados diariamente desde La Ceiba.

### Costos de Reparación de Daños

En la Tabla XVI se enlistan los costos en dólares americanos calculados para cada etapa y escenario de intervención de acuerdo al nivel de daño.

**TABLA XVI. Costos**

<b>CAYOS COCHINOS</b> 10% COBERTURA CORALINA		<b>INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)</b>	<b>INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)</b>
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>	<b>USD</b>
<b>MODERADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,622	12,622	12,622
	RESPUESTA PRIMARIA	31,251	62,502	93,752
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	103,306	183,139	262,973
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	151,816	275,826	399,836
	<b>TOTAL</b>	<b>298,995</b>	<b>534,090</b>	<b>769,184</b>
<b>INTERMEDIO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,622	12,622	12,622
	RESPUESTA PRIMARIA	95,376	190,751	286,127
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	277,893	532,313	786,734
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	151,816	275,826	399,836
	<b>TOTAL</b>	<b>537,707</b>	<b>1,011,513</b>	<b>1,485,320</b>
<b>ELEVADO</b>	EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	12,622	12,622	12,622
	RESPUESTA PRIMARIA	138,126	276,251	414,377
	RESPUESTA SECUNDARIA Y CIERRE	402,882	782,291	1,161,701
	RESPUESTA A MEDIANO PLAZO	151,816	275,826	399,836
	<b>TOTAL</b>	<b>705,446</b>	<b>1,346,991</b>	<b>1,988,536</b>

## CONCLUSIONES

---

Los costos para la implementación del protocolo de reparación de daños dependen en gran medida del porcentaje de cobertura de coral vivo registrado para cada localidad por lo que únicamente se pueden hacer comparaciones directas entre Banco Chinchorro y Cayo Cochinos (ambas localidades remotas) cuyo porcentaje de cobertura promedio es idéntico (10%) de acuerdo a la base de datos de HRI. Los costos registrados en esta última localidad son casi 30% más elevados que en la primera debido principalmente al mayor costo en la renta de las embarcaciones. La localidad que presenta el mayor costo es Roatán seguida de Cozumel, ambos destinos turísticos cuentan con una industria de buceo consolidada y registran las coberturas coralinas más elevadas de las ocho localidades seleccionadas (15 y 20% respectivamente). Punta de Manabique es la localidad con el menor costo debido principalmente a la baja cobertura coralina (5%) y al moderado costo en las rentas de las embarcaciones con respecto a las otras localidades.

Por otra parte, el costo de los insumos en cada localidad, así como la facilidad para el abastecimiento de los mismos (combustible, tanques de buceo, cementante, etc.) juegan un papel muy importante en los costos. En México, los mayores costos se registran en la isla de Cozumel seguida por Banco Chinchorro y Akumal. En Honduras, Roatán muestra costos superiores a los estimados para Cayo Cochinos mientras que en Belice, los costos mayores estimados son para el Atolón Turneffe seguidos por Hol-Chan.

En general, los insumos más costosos identificados son los recursos humanos (salario de los brigadistas y coordinadores) seguido por el costo total de la renta de equipo de buceo y de embarcaciones. Cabe mencionar sin embargo que estos últimos pueden reducirse significativamente si se opta por comprar en vez de rentar tanto las embarcaciones como el equipo de buceo o se establece un convenio de renta a largo plazo a costo razonable con operadores locales y/o cooperativas pesqueras.

Es importante señalar que el porcentaje de cobertura coralina utilizado en este estudio para la estimación de costos, refleja únicamente una estimación semicuantitativa de la cobertura coralina viva prevaleciente en cada localidad y no es necesariamente representativo del área arrecifal asegurada por lo que existe una incertidumbre asociada a este parámetro la cual se afecta los costos reales de la intervención. Por ejemplo, para cada punto porcentual de discrepancia entre el porcentaje de cobertura coralina reportado por HRI para cada localidad y el porcentaje real prevaleciente en el polígono asegurado se estima alrededor de un 2.5% en la variación del costo total de la intervención. En general, debido a incertidumbres inherentes en nuestras estimaciones y a posibles cambios en los costos no fijos en cada localidad (renta de embarcaciones y equipo de buceo, salarios para los brigadistas, etc.) se estima que los costos reportados en el presente estudio pueden variar hasta un  $\pm 5\%$ .

## RECOMENDACIONES

En esta sección se incluyen las recomendaciones más representativas proporcionadas por los expertos consultados.

- **Los atributos ecológicos de los ecosistemas adyacentes al arrecife asegurado** (como pastos, manglares y duna costera) son importantes a considerar para medir los impactos que ocasionaron los eventos climáticos en el sitio y como se comportaron los ecosistemas ante los mismos. Por esta razón se incluyó la actividad de atención a pastizales con el fin de remover arena y escombros de esta área e intentar estabilizar los pastos desprendidos por el huracán.
- **Los factores de estrés externos** (calidad de agua, escorrentías, invasión de sargazo, etc.) derivados o exacerbados por huracanes pueden influir en la eficacia de las acciones de reparación de daños y en la eficiencia de acciones de

restauración. Es muy importante monitorear el comportamiento de estos factores a la par de las acciones de respuesta primaria y secundaria, ya que los cambios en turbidez, materia orgánica particulada en el agua, niveles de patógenos, nutrientes en exceso van a tener efectos negativos sobre las acciones de reparación y restauración de corales. Particularmente, es de suma importancia hacer énfasis en la reparación de sistemas de tratamiento de aguas de drenaje posiblemente dañadas por el huracán.

- Para disminuir el riesgo de contagio de patógenos entre diferentes localidades y evitar afectar la rehabilitación de las colonias atendidas durante la intervención, se debe poner sumo cuidado **de no trasplantar colonias coralinas que presenten signos de enfermedad a otras áreas**. Tampoco es recomendable trasplantar colonias de coral a áreas demasiado alejadas entre sí y que pudieran tener una elevada diferencia genética.
- Existen pocos casos de éxito en proyectos enfocados a la **restauración de pastos marinos** (como el caso de Puerto Morelos). Los pocos casos de éxito pueden tomar de una a varias décadas para alcanzar un nivel ecológico funcional. Por esta razón la atención a pastizales únicamente incluye la remoción de arena y escombros y la posible estabilización manual de los pastos desenterrados por el huracán.
- La utilización de **estructuras artificiales** en tareas de reparación de daños o restauración de la estructura arrecifal deberá ser considerada sólo en casos extremos y con estudios justificativos evaluando minuciosamente el impacto que pudieran llegar a tener en el entorno. Deberá priorizarse el uso de estructuras que permitan “restaurar” la complejidad estructural del arrecife, crear refugio y proporcionar hábitat a especies vulnerables, así como la utilización de materiales que provengan del mismo arrecife que hayan sido fracturados (pedazos del macizo arrecifal, esqueletos coralinos, etc.) con el fin de utilizarlos para consolidar estructuras de fijación de corales. Se incentiva el uso de materiales innovadores y

costo-eficientes para la construcción de estructuras artificiales, particularmente en arenas y zonas desprovistas de estructuras arrecifales.

- El **éxito de la implementación de las etapas de respuesta** primaria y secundaria está supeditado a la rapidez con la que se actúe posterior a un evento de huracán. La priorización de sitios, definición de equipos de trabajo, a la disponibilidad de material y equipo y a la rapidez en la obtención de permisos. Por estas razones se recomienda establecer medidas y acuerdos a nivel gobierno federal para agilizar y dar prioridad a estas iniciativas de emergencia. Particularmente se recomienda “profesionalizar” todas las actividades de la intervención mediante la contratación de personal comprometido y debidamente entrenado en los protocolos de reparación de daños. Los salarios pagados a brigadistas debidamente entrenados les servirán para compensar las posibles pérdidas económicas temporales de sus fuentes de trabajo y al mismo tiempo atender, sin distracciones, las tareas de reparación por lo que no se recomienda contemplar un esquema de voluntariado para la intervención.

## REFERENCIAS

- 1) Zepeda-Centeno C., Nava-Martínez G., García-Salgado MA. 2018. Protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata al impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos: Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos. The Nature Conservancy. 82 p.
- 2) TEEB. 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, edited by P.Kumar. London and Washington: Earthscan.
- 3) Secaira Fernando y César Acevedo. 2017. Importancia de los arrecifes y dunas en la protección de la costa. Serie técnica. El papel de los sistemas naturales en la dinámica costera en el caribe mexicano y el impacto de las actividades humanas en su condición actual. The Nature Conservancy, México.
- 4) Webinars de restauración de arrecifes disponibles en la página web del consorcio REEF RESILIENCE: <http://www.reefresilience.org/category/webinars/>
- 5) Omori M. and Fujiwara S. (2004) **Manual for restoration and remediation of coral reefs** Nature Conservation Bureau Ministry of the Environment, Japan 84 pp.
- 6) Edwards, A.J., Gomez, E.D. (2007). **Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty**. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Programme: St Lucia, Australia. iv + 38 pp.
- 7) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2009. **Manual coordinado de procedimientos ambientales, administrativos y legales para la atención inmediata a los arrecifes por encallamientos** Gobierno Federal, SEMARNAT, SEMAR, SCT, PGR. México. 170 pp.
- 8) García Rivas M. del Ca., López W. H., Poot H. G., Roldán Serralde R., y Vega Zepeda A. **Prevención y Manejo de Encallamientos de Embarcaciones en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México: Una Respuesta Temprana para Lograr el**

- Éxito** Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute October 31 - November 5, (2011) Puerto Morelos, Mexico
- 9) McDonald T, Gann GD, Jonson J, and Dixon KW (2016) ***International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts.*** Society for Ecological Restoration, Washington, D.C.
  - 10) Baruch Rinkevich (2005) ***Conservation of Coral Reefs through Active Restoration Measures: Recent Approaches and Last Decade Progress*** Environ. Sci. Technol., 39, 4333-4342.
  - 11) Lirman and Schopmeyer (2016), ***Ecological solutions to reef degradation: optimizing coral reef restoration in the Caribbean and Western Atlantic.*** PeerJ 4:e2597; DOI 10.7717/peerj.2597.
  - 12) Madeleine J.H. Van Oppen, , Ruth D. Gates, Linda L. Blackall, et al. (2017). ***Shifting paradigms in restoration of the world's coral reefs*** ***Global Change Biology*** (2017), doi: 10.1111/gcb.13647.
  - 13) Eric S. Higgs, Jim A. Harris, Tina Heger, Richard J. Hobbs, Stephen D. Murphy & Katharine N. Suding ***Keep ecological restoration open and flexible*** Nature Ecology & Evolution **volume 2**, page 580 (2018).
  - 14) Pérez-Maqueo O. , Martínez M. Luisa , Sánchez-Barradas Flor C. and Kolb M. ***Assessing Nature-Based Coastal Protection against Disasters Derived from Extreme Hydrometeorological Events in Mexico.*** Sustainability 2018, 10, 0.
  - 15) Reguero B.G., Beck M.W., Bresch D.N., Calil J., Meliane I. (2018) ***Comparing the cost effectiveness of nature-based and coastal adaptation: A case study from the Gulf Coast of the United States.*** PLoS ONE 13(4): e0192132.
  - 16) Narayan S, Beck MW, Reguero BG, Losada IJ, van Wesenbeeck B, Pontee N, et al. (2016) ***The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences.*** PLoS ONE 11(5): e0154735.
  - 17) Reguero B. G., Beck Michael W., Agostini Vera N., Kramer P. and Hancock B. ***Coral reefs for coastal protection: A new methodological approach and engineering case study in Grenada.*** Journal of Environmental Management, 210 (2018) 146-161.

ANEXOS

## ANEXO I

**Lista de expertos entrevistados personalmente o consultados vía correo electrónico:<sup>8</sup>**

**Lista de expertos entrevistados personalmente o consultados vía correo electrónico**

ACTOR	SECTOR	INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN	PAÍS	Respondió*
Anastazia Banaszak	Académico	UNAM	México	Si
Brigitta I. Van Tussenbroek	Académico	UNAM	México	Si
Eric Jordán	Académico	UNAM	México	Si
Juan Pablo Carricart	Académico	UNAM	México	No
Lorenzo Álvarez Filip	Académico	UNAM	México	No
Rosa E. Rodríguez	Académico	UNAM	México	Si
Héctor Hernandez Arana	Académico	ECOSUR	México	Si
Isael Victoria	Académico	ECOSUR	México	Si
Leandra Cho-Ricketts	Académico	University of Belize	Belice	No
David Vaughan	Académico	Mott Marine Laboratory	EUA	Si
Lisa Carne	ONG	Fragments of Hope	Belice	No
Ellen McRae	ONG	Coral Network in Belize	Belice	No
Valdemar Andrade	ONG	TASA	Belice	Si
Janelle Chanona	ONG	Oceana Belize	Belice	Si
Amanda Burgos-Acosta	ONG	Belize Audubon Society	Belice	Si
Alexandre Anderson	ONG	Turneffe Atoll Trust	Belice	Si
Samir Rosado	ONG	Belize Coastal Zone Management Authority	Belice	No
Julie Robinson	ONG	The Nature Conservancy	Belice	No
Nadia Bood	ONG	World Wildlife Fund	Belice	Si
Tripp Funderburk	ONG	Bay Islands Reef Conservation	Honduras	Si
Jennifer Myton	ONG	Coral Reef Alliance	Honduras	Si
Gisselle Brady	ONG	Bay Islands Conservation Association (BICA)	Honduras	Si
Marcio Aronne	ONG	Parque Marino Cayos Cochinos	Honduras	Si
Francis Lean	ONG	Roatán Marine Park	Honduras	Si
Ian Drysdale	ONG	Healthy Reefs Initiative	Honduras	Si
Julio San Martin Chicas	ONG	Coral Reef Alliance	Honduras	No
Diana Vásquez	ONG	Centro de Estudios Marinos	Honduras	No
Christian Pérez	ONG	Centro de Estudios Marinos	Honduras	No
Laura Palmese	ONG	Environmental Defense Fund	Honduras	Si
Ángela Mojica	ONG	Pixan'Ja	Guatemala	Si

**(continuación):**

<sup>8</sup> Esta lista incluye actores entrevistados personalmente y/o a quienes se les envió el cuestionario. Aquellos entrevistados personalmente fungieron como "grupo focales" para refinar el cuestionario el cual fue cuidadosamente diseñado para identificar temas importantes (dificultades logísticas, legales y de percepción social, etc.). No todos los actores consultados respondieron al cuestionario.

ACTOR	SECTOR	INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN	PAÍS	Respondió*
Guillermo Gálvez	ONG	FUNDAECO	Guatemala	No
Elisa Areano	ONG	Fundación Mundo Azul	Guatemala	Si
Ana Giró	ONG	Healthy Reefs Initiative	Guatemala	Si
Alerick Pacay	ONG	Semillas del Océano	Guatemala	Si
Hector Lizarraga Cubedo	ONG	Centro Ecológico Akumal	México	Si
Mélina Soto	ONG	Healthy Reefs Initiative	México	Si
Germán Méndez	ONG	Restore Coral	México	Si
Gabriela Nava	ONG	Oceanus A.C.	México	No
Araceli Acevedo	ONG	COBI A.C.	México	No
Baruch Figueroa	ONG	Centro Ecológico Akumal	México	Si
David Gulko	ONG	Coral Restoration Nursery	EUA	No
Adriel E. Castañeda	Gobierno	Belize Fisheries Department	Belice	Si
Alicia Nuñez	Gobierno	Belize Fisheries Department	Belice	No
Kirah Forman Castillo	Gobierno	Hol-Chan Marine Reserve Park	Belice	Si
Cristopher González	Gobierno	CONANP	México	Si
Brenda Hernández	Gobierno	CONANP	México	Si
Blanca Quiróga	Gobierno	CONANP	México	Si
María del Carmen García	Gobierno	CONANP	México	Si
Enrique Gallegos Aguilar	Gobierno	CONANP	México	Si
Ángel Omar Ortiz	Gobierno	CONANP	México	Si
Claudia Padilla Souza	Gobierno	Instituto Nacional de Pesca	México	No
Hendrick Acevedo	Gobierno	CONAP	Guatemala	Si
Sergio Hernández	Gobierno	CONAP	Guatemala	Si
Michelle Alvarez	Gobierno	Ministry of Natural Resources	Belice	Si
Cindy Flores	Gobierno	Instituto de Conservación Forestal	Honduras	Si
Marnie X. Portillo	Gobierno	MiAmbiente	Honduras	Si
Dolan McLaughlin	Gobierno	Roatán Marine Park	Honduras	No
Michelle Fernández	Gobierno	ZOLITUR	Honduras	No
Mark Eakin	Gobierno	National Oceanic and Atmospheric Administration	EUA	No
Craig Hayes	Sector Empresarial	Turneffe Flats	Belice	Si
Jennifer Keck	Sector Empresarial	Anthony's Resort	Honduras	Si
Yovanne Baca	Sector Empresarial	Tienda de Buceo en Guanaja	Honduras	No
Leonel Beltrán	Sector Empresarial	Federación de Cooperativas de Akumal	México	Si
José Ángel Canto	Sector Empresarial	Sociedad Cooperativa Pesquera Cozumel, S.C. de R. L.	México	Si
Arturo Orozco	Sector Empresarial	Akumal Dive Center	México	Si
Danirel Álvarez	Sector Empresarial	Sand Dollar Dive Shop, Cozumel	México	Si
Adrián Villegas	Sector Empresarial	White Rock	México	Si

## ANEXO II

### CUESTIONARIO

El objetivo principal de este cuestionario es refinar los costos de las acciones de reparación de daños. Nuestro equipo ha compilado y cotizado una lista de acciones de **RESPUESTA PRIMARIA** y **RESPUESTA SECUNDARIA** con base en información proporcionada en el protocolo anteriormente mencionado, una revisión bibliográfica, una preconsulta con algunos actores locales y visitas personalizadas a las localidades. Sus sugerencias nos ayudarán a priorizar, añadir y/o eliminar acciones de **RESPUESTA SECUNDARIA** lo cual nos ayudará a refinar nuestras estimaciones económicas. Le rogamos tomar en cuenta que la reparación de daños debe de contemplar esfuerzos y gastos adecuados para intentar regresar al arrecife a su estado previo al impacto del huracán (“Estado de Referencia”) de acuerdo a dos escenarios de intervención: **Mínima (reparación parcial)** y **Óptima (reparación total)**. **Le suplicamos responder a las preguntas que usted considere relevantes a sus actividades y experiencia (puede dejar en blanco las que usted desee) y nos las haga llegar sus respuestas vía correo electrónico a la siguiente dirección: [avillegas@wrcapitalnatural.com](mailto:avillegas@wrcapitalnatural.com) antes del 4 de febrero del 2019. De no tener suficiente tiempo para llenar todo el cuestionario le pedimos responder al menos a las preguntas 1-8 y llenar las Tablas 1 y 2 que se proporcionan al final de este documento.**

- 1) Como se mencionó anteriormente, el propósito de la **RESPUESTA PRIMARIA** es reducir los daños causados por el huracán al arrecife y prevenir nuevos daños potenciales que pueden presentarse de no brindarse la asistencia necesaria por lo que estas actividades deben realizarse de manera inmediata, una vez que el huracán se haya alejado del sitio arrecifal. ¿Considera usted que el período de **RESPUESTA PRIMARIA** es adecuado (entre 6 a 30 días después del huracán) o debe de ser diferente, tiene alguna sugerencia específica?
- 2) El propósito de la **RESPUESTA SECUNDARIA** es llevar a cabo una intervención más robusta que pueda resarcir la totalidad o mayor parte de los daños causados por el huracán al arrecife. ¿Considera usted que el período de **RESPUESTA SECUNDARIA** es adecuado (después de 30 días después del huracán y durante varias semanas o meses dependiendo el daño) o debe de ser diferente, tiene alguna sugerencia específica?
- 3) El porcentaje de cobertura coralina (Reef Health Index Indicator) es el parámetro biológico que se ha considerado para describir el “Estado de Referencia” de un área arrecifal previo al impacto del huracán. Esta información es necesaria para estimar rangos de costos de reparación de daños biológicos al arrecife. Se ha considerado utilizar el Reef Health Index Indicator reportado en el 2018 Mesoamerican Reef Report Card publicado por la Healthy Reefs for Healthy People (<http://www.healthyreefs.org/cms/report-cards/>) debido a que consideramos que es la única base de datos que incluye las localidades “modelo” seleccionadas para nuestro estudio. ¿Conoce usted alguna otra base de datos que contenga valores de cobertura coralina para alguna de las localidades “modelo” seleccionadas?
- 4) La rugosidad es el parámetro que se ha considerado para describir el “Estado de Referencia” físico de un área arrecifal previo al impacto del huracán. Esta información es indispensable para estimar rangos de costos de reparación de daños estructurales. No obstante, a nuestro conocimiento, a diferencia de los datos de cobertura coralina, los datos de rugosidad a lo largo del SAM son escasos, no están disponibles para todas las localidades, y en la mayoría de los casos únicamente existen los datos en bruto recopilados de evaluaciones en campo, pero no se han calculado los índices de rugosidad correspondientes. ¿Conoce usted de alguna base de datos que contenga índices de rugosidad específicamente para alguna de las localidades “modelo” seleccionadas? ¿De ser así, podría indicarnos como acceder a esos índices?

- 5) ¿Existe algún protocolo oficial o política para la restauración de arrecifes actualmente en vigor o que sea típicamente utilizado en el país donde usted reside?
- 6) ¿Si usted conoce una o más de las localidades modelo mencionadas anteriormente, puede decirnos si en alguna(s) de ellas existen pastos marinos adyacentes a las áreas arrecifales de estas localidades? En caso afirmativo, favor de especificar la localidad y proporcionarnos una estimación cuantitativa o semicuantitativa del área de cobertura de estos pastizales marinos en esa localidad
- 7) Asumiendo una posible restricción de recursos económicos disponibles para realizar la reparación de daños, se han considerado dos escenarios hipotéticos de intervención tanto para la ETAPA PRIMARIA como para la SECUNDARIA mínimo y óptimo. ¿Qué rango de porcentaje (e.g., 20-50%?) de reparación de daños propone usted para establecer el escenario mínimo para la reparación de daños? ¿Qué rango en el porcentaje de reparación de daños propone usted para establecer el escenario óptimo para la reparación de daños (e.g., 80-100%)?
- 8) De la siguiente lista de acciones propuestas para la RESPUESTA SECUNDARIA de acuerdo a la siguiente escala: (1) poco importante a (5) demasiado importante. Favor de marcar con una "X" la casilla correspondiente al nivel de importancia en cada caso y añadir las acciones adicionales que usted considere relevantes para esta ETAPA de la reparación de daños en los renglones en blanco en la parte de abajo.

ACCIONES: RESPUESTA SECUNDARIA	1	2	3	4	5
Fijación de colonias no atendidas durante la RESPUESTA PRIMARIA en el arrecife					
Instalación de viveros de coral y estabilización de fragmentos rescatados en el mismo					
Rescate y fijación de esponjas desprendidas o parcialmente rotas					
Rescate y fijación de corales blandos					
Atención a pastizales marinos (remoción de arena y escombros)					
Mantenimiento de viveros y de las colonias asistidas durante la RESPUESTA PRIMARIA					
Monitoreo de salud y crecimiento de corales rescatados en arrecife y en viveros					
Evaluación del arrecife en general					
Evaluación batimétrica y de perfiles de playa					
Restauración coralina con fragmentos de colonias provenientes de zonas fuente viables					
Restauración coralina con organismos reproducidos sexualmente en laboratorio					
Implementación de técnicas de micro-fragmentación para corales masivos					
Despliegue de arrecifes artificiales para recuperar estructura arrecifal					

- 9) ¿Si usted tiene experiencia en la construcción y despliegue de viveros de coral podría decirnos el costo promedio por vivero y el máximo número de colonias que pueden ser instaladas en el mismo (o un costo promedio por coral en el vivero)?
- 10) ¿Considera de importancia el tomar en cuenta el estado del entorno (pastizal marino, etc.) adyacente o cercano al ecosistema arrecifal dentro de la descripción del “estado de referencia” del arrecife?
- 11) ¿Considera que otros factores de estrés externos (calidad de agua, escorrentías, invasión de sargazo, etc.) derivados o exacerbados por huracanes pueden influir la eficacia de las acciones de reparación de daños? ¿tiene alguna recomendación?
- 12) ¿Considera que previo a un posible trasplante de colonias o fragmentos de coral de una localidad a otra sea (con fines de restauración o reparación de daños) se debe de tomar en cuenta el riesgo de contaminar el área de trasplante con posibles agentes patógenos o contaminantes provenientes del área de origen de las colonias o fragmentos?
- 13) ¿Considera indispensable el tomar en cuenta la posible presencia de enfermedades durante la evaluación rápida del daño (ETAPA 3) con el fin de poder priorizar las acciones de intervención?
- 14) ¿Conoce alguna técnica exitosa para fijar corales blandos y esponjas?
- 15) ¿Conoce alguna técnica exitosa para restaurar pastizales marinos afectados por huracanes (trasplante, etc.)?
- 16) ¿Considera usted el despliegue de estructuras artificiales como una medida adecuada de restauración de la estructura arrecifal severamente dañada? ¿conoce alguna otra opción para este fin?
- 17) ¿A su conocimiento, existe alguna consideración adicional que sea relevante a las acciones planteadas para la RESPUESTA PRIMARIA o SECUNDARIA ya sea desde el punto de vista técnico, legal (permisos, factibilidad jurídica para la intervención) y/o logístico (disponibilidad de recursos humanos o materiales) en alguna de las localidades “modelo” seleccionadas para este estudio?

**Tabla A2-1. Categorización cuantitativa de daños estructurales de arrecifes que pueden ser reparados en las ETAPAS de RESPUESTA PRIMARIA o SECUNDARIA tras el impacto de un huracán**

La estructura arrecifal puede perder altura, ancho y rugosidad debido a los embates del oleaje derivado al huracán, así como por impactos físicos de escombros. Asimismo, puede ser desestabilizada debido a una erosión severa de la arena o sedimento basamental como consecuencia del huracán lo cual puede desplazar o hacer colapsar formaciones arrecifales medianas o pequeñas. También se pueden generar diferentes niveles de pedacería derivada de esqueletos de coral fragmentados. **Basado en preconsultas con algunos expertos e información disponible en la literatura científica, se han propuesto diversos porcentajes de afectación física arrecifal (con respecto al “estado de referencia”) para cada nivel de daño reflejados en dos descriptores: “1) Afectación de la Estructura Arrecifal” y 2) “Generación de Pedacería”. Le solicitamos revisar estos porcentajes (en azul) y modificarlos a su juicio. En el último renglón podrá añadir comentarios para cada nivel de daño si usted lo desea.**

CATEGORIZACIÓN DE DAÑO POR HURACÁN						
DAÑO ESTRUCTURAL						
NIVEL DE DAÑO	Sin Daño	Daño Menor	Daño Intermedio	Daño Mayor	Daño Severo	Daño Catastrófico
CATEGORÍA	0	1	2	3	4	5
<b>DESCRIPTOR 1</b> Afectación de la Estructura Arrecifal	Nula	Prácticamente Nula	Cresta y/o bordes arrecifales con daños detectables debidos al oleaje y/o escombros	Cresta y/o bordes arrecifales claramente impactada debidos al oleaje y/o escombros	Cresta, bordes y estructura en general fuertemente dañada por oleaje y/o escombros	Estructura severamente dañada y algunas estructuras desestabilizadas y/o colapsadas debido a una elevada erosión del sedimento basal
Porcentaje de Afectación	0 %	< 5 %	5-15 %	16-35%	36-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 2</b> Generación de Pedacería	Ninguna	Poca y fácil de remover o estabilizar	Moderada y relativamente fácil de remover o estabilizar	Bastante y relativamente fácil de ser removida o estabilizada	Abundante y complicada para ser removida o estabilizada	Abundante y muy difícil para ser removida o estabilizada
Porcentaje de Afectación	0 %	< 10%	10-20%	21-40%	41-60%	> 60 %
Posibles daños adicionales a la estructura arrecifal <b>(OPCIONAL):</b>	Nula					

**Tabla A2-2. Categorización cuantitativa de daños a colonias de coral en arrecifes estructurales de arrecifes que pueden ser reparados en las ETAPAS de RESPUESTA PRIMARIA o SECUNDARIA tras el impacto de un huracán**

Las colonias de coral pueden ser dañadas parcial o totalmente por el oleaje derivado del huracán, y por impactos físicos de escombros proyectados sobre la misma. **Basado en preconsultas con algunos expertos e información disponible en la literatura científica, se han propuesto diversos porcentajes de afectación coralina del área arrecifal (con respecto al “estado de referencia”) para cada nivel de daño reflejado en cuatro descriptores: “1) Corales enterrados, 2) Corales fragmentados, 3) Corales desplazados y/o volteados 4) Descripción de la afectación coralina en general. Le solicitamos revisar estos porcentajes (en azul) y modificarlos a su juicio. En el último renglón podrá añadir comentarios para cada nivel de daño si usted lo desea.**

CATEGORIZACIÓN DE DAÑO POR HURACÁN						
DAÑO A COLONIAS DE CORAL						
NIVEL DE DAÑO	Sin Daño	Daño Menor	Daño Intermedio	Daño Mayor	Daño Severo	Daño Catastrófico
CATEGORÍA	0	1	2	3	4	5
<b>DESCRIPTOR 1. Corales Enterrados</b>						
Porcentaje de Afectación	0 %	< 10%	11-30 %	31-50%	51-70%	> 70 %
<b>DESCRIPTOR 2. Corales Fragmentados</b>						
Porcentaje de Afectación	0 %	< 5%	15-20 %	21-30%	31-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 3. Corales Desplazados y/o Volteados (Mayores de 20 cm)</b>						
Porcentaje de Afectación	0 %	< 5%	6-20 %	21-40%	41-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 4.</b> Descripción General de la Afectación Coralina	Sin daño evidente	Corales parcialmente afectados, puntas y orillas rotas	Corales parcialmente dañados, sobre todo colonia frágiles, ramas rotas	Colonias removidas, afectación por escombros, corales sueltos, pedacería de corales frágiles y robustos	Colonias muertas o ausentes, erosión y afectación por escombros, colonias grandes desmembradas	Colonias muertas o ausentes, muchas colonias grandes desmembradas
Porcentaje de Afectación	0 %	1-30 %	31-50 %	> 50%	31-50%	51 -100%
Posibles daños adicionales a las colonias de coral <b>(OPCIONAL):</b>	Ningún coral dañado					

## QUESTIONNAIRE

The main objective is to fine-tune the costs of the damage repair actions. Our team has compiled and quoted a list of **PRIMARY** and **SECONDARY RESPONSE** actions based on information provided in the above-mentioned protocol, a literature review and a pre-consultation with some local actors and visits to the selected "model" locations. Your suggestions will help us prioritize, add and/or eliminate **SECONDARY RESPONSE** actions which will help us refine our economic estimates. Please take into account that the repair of damages must contemplate reasonable efforts and expenses to partially or totally recover the reef condition recorded prior to hurricane impact ("Reference State") according to two intervention scenarios: **Minimal** and **Optimal**. **We ask you to please answer the questions that you consider relevant to your activities and experience (you can leave blank the ones you wish), which should take you between 20 and 25 minutes, and email us your answers to: [avillegas@wrcapitalnatural.com](mailto:avillegas@wrcapitalnatural.com) before February 4, 2019. If you do not have enough time to fill in the entire questionnaire, we ask you to please answer at least questions 1-8 and complete Tables 1 and 2, which are provided at the end of this document.**

- 1) As mentioned above, the purpose of the **PRIMARY RESPONSE** is to reduce the damage caused by the hurricane to the reef and prevent further potential damage that may occur if adequate intervention is not enforced, so these activities must be carried out immediately after the hurricane has moved away from the impacted area. Do you think that the proposed **PRIMARY RESPONSE** intervention period is adequate (between 6 to 30 days after the hurricane)? do you have any specific suggestions?
- 2) The purpose of the **SECONDARY RESPONSE** is to carry out a more robust intervention that can compensate all or most of the damage caused by the hurricane to the reef. Do you consider that the proposed **SECONDARY RESPONSE** intervention period is adequate (after 30 days following the hurricane and for several weeks or months depending on the damage) or should it be different, do you have any specific suggestions?
- 3) Coral cover (Reef Health Index Indicator) is the selected biological parameter to describe the "Reference State" of a reef area prior to hurricane impact, this information is necessary to estimate costs for repairing damages. We anticipate using the Reef Health Index Indicator reported in the 2018 Mesoamerican Reef Report Card published by the Healthy Reefs for Healthy People (<http://www.healthyreefs.org/cms/report-cards/>) as we believe it to be the only database that contains this information for all localities selected for our study. Do you know of any other database that contains coral cover data for any of the selected "model" locations?
- 4) Roughness is the selected parameter to describe the physical "Reference State" of a reef area prior to hurricane impact, this information is necessary to estimate costs for repairing damages. However, to our knowledge, roughness index data across the Mesoamerican Reef are scarce and only available for very few locations. Do you know of any database or publication that contains roughness indexes for any of the selected "model" locations?
- 5) Is there an "official" reef restoration protocol and/or reef restoration policy that is presently enforced in your country of residence?

- 6) If you are familiar with one or more of the “model” locations mentioned above, could you please tell us whether seagrass meadows are present in proximity to the reef areas of these localities? If so, please specify which location(s) and if possible, provide us with a quantitative or semi-quantitative estimate of seagrass coverage for each case.
- 7) Assuming a possible limitation of economic resources to implement damage repair actions, two hypothetical intervention scenarios have been considered for both the PRIMARY STAGE and the SECONDARY STAGE (minimum and optimum). What range of damage repair do you propose for a minimal intervention scenario (e.g., 20% -50%) and for an optimal intervention scenario (e.g., 80-100%)?
- 8) From the following list of proposed actions for the SECONDARY RESPONSE please rank the level of importance according to the following scale: (1) unimportant to (5) too important. Please mark with an "X" the box corresponding to the level of importance in each case and feel free to make as many additions of actions as you consider relevant for this STAGE in the lines below.

ACTIONS: SECONDARY RESPONSE	1	2	3	4	5
Re-attachment of coral colonies not assisted during the PRIMARY RESPONSE					
Deployment of coral nurseries and stabilization of fragments					
Rescue and re-attachment of broken or detached sponges					
Rescue and re-attachment of broken or detached soft corals					
Assistance to seagrass meadows (sand and debris removal)					
Maintenance to nurseries and colonies assisted during the PRIMARY RESPONSE					
Monitoring of health and growth of rescued corals in reef and nurseries					
Reef health assessment					
Beach profiling and bathymetry					
Coral restoration with coral fragments from viable source areas					
Coral restoration with organisms reproduced sexually in laboratory					
Implementation of micro-fragmentation techniques for massive corals					
Deployment of artificial reefs to recover reef structure					

- 9) If you have experience in the construction and deployment of coral nurseries could you tell us the average cost per nursery and the typical number of colonies that can be installed in it (average cost per coral in nursery)?

- 10) Do you think it is important to consider the health condition of ecosystems such as seagrass meadows neighboring the selected “model” reef sites? Should this be included in the "reference state" of the reef ecosystem?
- 11) Do you consider that other external stress factors (water quality, runoff, sargassum invasion, etc.) derived or exacerbated by hurricanes can influence the effectiveness of the proposed interventions? Do you have any recommendations?
- 12) Do you consider that prior to a possible transplant of coral colonies or fragments from one location to another (for restoration or damage repair purposes), the risk of contaminating the transplant area with possible pathogens or contaminants from the colonies/fragments source area should be taken into account?
- 13) Do you think it is important to take into consideration the possible presence of diseases during STAGE 3 (rapid assessment of damages) in order to prioritize the intervention actions?
- 14) Do you know of any effective technique to attach soft corals and sponges on hard substrates?
- 15) Do you know of any effective technique to restore seagrass meadows impacted by hurricanes, if so, could you please provide a suitable reference?
- 16) Do you think deploying artificial structures is an adequate measure to restore severely damaged reef structure? If not, do you know of any alternative technique?
- 17) To your knowledge, are there any technical, legal (permits, legal feasibility of intervention, etc.) and/or logistic (availability of materials and human resources, etc.) aspects/difficulties that must be taken into consideration for the implementation of the proposed PRIMARY or SECONDARY RESPONSE actions at any of the selected “model” locations?

**Table A2-1E. Quantitative categorization of structural damages of hurricane-impacted reefs to be intervened at the PRIMARY or SECONDARY RESPONSE stages**

Reef height, width and roughness can be affected by hurricane-derived surges and physical impacts by debris. In addition, reef structure can be destabilized due to severe hurricane-induced erosion of basal sediments which can collapse or displace medium- or small-sized reef formations. Moreover, varying amounts of fragments arising from broken coral skeletons can be generated. **Based on pre-consultations with some experts and information available in the scientific literature, different categories of reef physical damages have been proposed (with respect to the "reference state") as reflected in two descriptors: "1) Impact of the Reef Structure" and 2) "Dead coral fragment generation". We ask you to please review the ranges below (in blue) and modify them at your discretion. In the last line you can add comments for each level of damage if you wish.**

CATEGORIZATION OF HURRICANE DAMAGE						
STRUCTURAL DAMAGE						
LEVEL OF DAMAGE	No Damage	Minor Damage	Intermediate Damage	Major Damage	Severe Damage	Catastrophic Damage
CATEGORY	0	1	2	3	4	5
<b>DESCRIPTOR 1</b> Damage of Reef Structure	None	Barely Detectable	Reef ridge and/or edges showing detectable damage due to physical impact of debris and surges	Reef ridge and edges showing evident damage due to physical impact of debris and surges	Reef ridge, edges and structure strongly damaged due to physical impact of debris and surges	Reef structure severely damaged with some structures destabilized and/or collapsed due to strong erosion of basal sediment
Impact Percentage	0 %	< 5 %	5-15 %	16-35%	36-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 2</b> Coral skeleton fragment generation	None	Little and easy to remove or stabilize	Moderate and relatively easy to remove or stabilize	High but relatively easy to remove or stabilize	Very high and complicated to be removed or stabilized	Extremely high and very difficult to be removed or stabilized
Impact Percentage	0 %	< 10%	10-20%	21-40%	41-60%	> 60 %
Additional potential damages to reef structures <b>(OPTIONAL) :</b>	None					

**Table A2-2E. Quantitative categorization of coral damage to be repaired at the PRIMARY or SECONDARY RESPONSE stages**

Coral colonies can be damaged by hurricane-induced surges and physical impacts by debris. In addition, varying amounts of affected broken coral colonies can be generated. **Based on pre-consultations with some experts and information available in the scientific literature, percentages of coral reef area affectation (with respect to the "reference state") have been proposed for each level of damage reflected in four descriptors: "1) Buried corals, 2) Fragmented corals, 3) Displaced and/or flipped corals 4) General Description of Coral Damages. We ask you to review these percentages (in blue) and modify them at your discretion. In the last line you can add comments for each level of damage if you wish.**

CATEGORIZATION OF HURRICANE DAMAGE						
DAMAGE TO CORAL COLONIES						
LEVEL OF DAMAGE	No Damage	Minor Damage	Intermediate Damage	Major Damage	Severe Damage	Catastrophic Damage
CATEGORY	0	1	2	3	4	5
<b>DESCRIPTOR 1. Buried Corals</b>						
Impact Percentage	0 %	< 10%	11-30 %	31-50%	51-70%	> 70 %
<b>DESCRIPTOR 2. Fragmented Corals</b>						
Impact Percentage	0 %	< 5%	15-20 %	21-30%	31-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 3. Displaced and/or Flipped Coral Colonies (larger than 20 cm)</b>						
Impact Percentage	0 %	< 5%	6-20 %	21-40%	41-50%	> 50 %
<b>DESCRIPTOR 4.</b> General Description of Coral Damages	No detectable damage	Corals partially affected, tips and edges broken	Corals partially damaged, especially fragile colonies, broken branches	Removed colonies, colonies clearly damaged by debris, detached corals, fragments from both fragile and robust coral colonies	Dead or absent colonies, evident damage by debris, large coral colonies dismembered	Broken or absent colonies, numerous large-sized colonies with significant damage
Impact Percentage	0 %	1-30 %	31-50 %	> 50%	31-50%	51 -100%
Additional potential damages to coral colonies <b>(OPTIONAL):</b>	No coral damaged					

## ANEXO III

### PROYECCIONES DE COSTOS

Todos los costos de restauración para todas las localidades y para cada etapa del protocolo proyectadas a 2, 3, 4 y 5 años se presentan en los siguientes anexos. Todos los costos fueron calculados de acuerdo a los parámetros arrecifales siguientes

Parámetro Arrecifal	Unidades	Magnitud
I. Superficie del Polígono Asegurado	m <sup>2</sup>	1,000,000
II. Superficie Coralina dentro del Polígono Asegurado *	m <sup>2</sup>	250,000
III. Porcentaje de Cobertura de Coral Vivo	%	HRI
IV. Porcentaje de Cobertura de Coral Vivo Desprendido	%	DDA
V. Porcentaje de Coral Vivo Desprendido a ser Fijado en la Respuesta Primaria	%	97
VI. Porcentaje de Coral Vivo Desprendido a Ser Fijado en la Respuesta Secundaria en Viveros	%	3
VII. Porcentaje de Estructura Coralina Viva Dañada	%	DDB
VIII. Superficie de Pastos Marinos **	m <sup>2</sup>	100,000
IX. Porcentaje de la Superficie Afectada de Pastos Marinos ***	%	50

**HRI:** Datos obtenidos del Reporte del Arrecife Mesoamericano más reciente publicado por la Healthy Reefs Initiative para cada localidad

**DDA:** Descriptor de Daño A

**DDB:** Descriptor de Daño B

\* Se asume que el macizo arrecifal con coral vivo y muerto constituye el 25% del área del polígono asegurado

\*\* Se asume que las praderas de pastos marinos constituyen el 10% del área del polígono asegurado

\*\*\* Se asume un 50% de afectación a las praderas de pastos marinos como consecuencia del impacto del huracán

Tabla AIII-1

AKUMAL (12% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378
	Respuesta Primaria	20,555	21,295	21,934	22,592	23,270	41,110	42,590	43,868	45,184	46,539	61,665	63,885	65,802	67,776	69,809
	Respuesta Secundaria y Cierre	77,101	79,877	82,273	84,741	87,284	132,398	137,165	141,279	145,518	149,883	187,695	194,452	200,286	206,294	212,483
	Respueta a Mediano Plazo	123,226	127,662	131,492	135,437	139,500	220,996	228,952	235,820	242,895	250,182	318,766	330,241	340,149	350,353	360,864
	TOTAL	229,166	237,416	244,538	251,874	259,430	402,788	417,288	429,807	442,701	455,982	576,410	597,160	615,075	633,527	652,533
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378
	Respuesta Primaria	66,119	68,499	70,554	72,671	74,851	132,238	136,998	141,108	145,341	149,702	198,356	205,497	211,662	218,012	224,552
	Respuesta Secundaria y Cierre	195,432	202,467	208,541	214,797	221,241	369,059	382,345	393,815	405,630	417,799	542,686	562,223	579,089	596,462	614,356
	Respueta a Mediano Plazo	123,226	127,662	131,492	135,437	139,500	220,996	228,952	235,820	242,895	250,182	318,766	330,241	340,149	350,353	360,864
	TOTAL	393,060	407,210	419,426	432,009	444,969	730,576	756,876	779,583	802,970	827,059	1,068,092	1,106,543	1,139,739	1,173,931	1,209,149
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378	8,284	8,582	8,839	9,104	9,378
	Respuesta Primaria	96,756	100,240	103,247	106,344	109,535	193,513	200,479	206,494	212,689	219,069	290,269	300,719	309,741	319,033	328,604
	Respuesta Secundaria y Cierre	281,548	291,684	300,434	309,448	318,731	541,292	560,779	577,602	594,930	612,778	801,036	829,873	854,769	880,413	906,825
	Respueta a Mediano Plazo	123,226	127,662	131,492	135,437	139,500	220,996	228,952	235,820	242,895	250,182	318,766	330,241	340,149	350,353	360,864
	TOTAL	509,814	528,167	544,012	560,333	577,143	964,084	998,791	1,028,755	1,059,618	1,091,406	1,418,355	1,469,416	1,513,498	1,558,903	1,605,670

Tabla AIII-2

BANCO CHINCHORRO (10% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD															
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643
	Respuesta Primaria	22,878	23,702	24,413	25,145	25,900	45,757	47,404	48,826	50,291	51,800	68,635	71,106	73,239	75,436	77,699
	Respuesta Secundaria y Cierre	76,201	78,944	81,312	83,752	86,264	130,597	135,298	139,357	143,538	147,844	184,993	191,653	197,403	203,325	209,424
	Respueta a Mediano Plazo	127,508	132,099	136,062	140,144	144,348	229,561	237,825	244,960	252,309	259,878	331,614	343,552	353,858	364,474	375,408
	TOTAL	235,106	243,570	250,877	258,403	266,155	414,433	429,353	442,233	455,500	469,165	593,760	615,136	633,590	652,597	672,175
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643
	Respuesta Primaria	70,477	73,014	75,204	77,460	79,784	140,953	146,027	150,408	154,920	159,568	211,430	219,041	225,612	232,381	239,352
	Respuesta Secundaria y Cierre	196,138	203,199	209,295	215,574	222,041	370,472	383,809	395,323	407,183	419,398	544,805	564,418	581,351	598,791	616,755
	Respueta a Mediano Plazo	127,508	132,099	136,062	140,144	144,348	229,561	237,825	244,960	252,309	259,878	331,614	343,552	353,858	364,474	375,408
	TOTAL	402,641	417,136	429,650	442,540	455,816	749,504	776,486	799,781	823,774	848,487	1,096,367	1,135,836	1,169,911	1,205,009	1,241,159
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643	8,518	8,825	9,090	9,362	9,643
	Respuesta Primaria	102,209	105,888	109,065	112,337	115,707	204,417	211,776	218,130	224,673	231,414	306,626	317,664	327,194	337,010	347,120
	Respuesta Secundaria y Cierre	282,821	293,003	301,793	310,847	320,172	543,838	563,416	580,319	597,728	615,660	804,855	833,830	858,845	884,610	911,148
	Respueta a Mediano Plazo	127,508	132,099	136,062	140,144	144,348	229,561	237,825	244,960	252,309	259,878	331,614	343,552	353,858	364,474	375,408
	TOTAL	521,057	539,815	556,009	572,689	589,870	986,335	1,021,843	1,052,498	1,084,073	1,116,595	1,451,613	1,503,871	1,548,987	1,595,457	1,643,320

Tabla AIII-3



Tabla AIII-4

HOL-CHAN (6% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD															
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639
	Respuesta Primaria	19,555	19,926	20,285	20,589	20,919	39,110	39,853	40,570	41,179	41,837	58,664	59,779	60,855	61,768	62,756
	Respuesta Secundaria y Cierre	79,370	80,878	82,334	83,569	84,906	132,159	134,670	137,094	139,151	141,377	184,948	188,462	191,855	194,732	197,848
	Respueta a Mediano Plazo	154,329	157,262	160,092	162,494	165,094	279,675	284,989	290,119	294,471	299,182	405,021	412,717	420,146	426,448	433,271
	TOTAL	266,005	271,059	275,938	280,077	284,558	463,695	472,505	481,010	488,225	496,037	661,384	673,951	686,082	696,373	707,515
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639
	Respuesta Primaria	54,002	55,028	56,018	56,858	57,768	108,003	110,055	112,036	113,717	115,536	162,005	165,083	168,055	170,575	173,305
	Respuesta Secundaria y Cierre	168,892	172,101	175,199	177,827	180,672	311,203	317,116	322,824	327,666	332,909	453,513	462,130	470,449	477,505	485,145
	Respueta a Mediano Plazo	154,329	157,262	160,092	162,494	165,094	279,675	284,989	290,119	294,471	299,182	405,021	412,717	420,146	426,448	433,271
	TOTAL	389,973	397,383	404,536	410,604	417,173	711,632	725,153	738,205	749,278	761,267	1,033,290	1,052,923	1,071,875	1,087,953	1,105,361
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639	12,750	12,992	13,226	13,425	13,639
	Respuesta Primaria	77,758	79,235	80,662	81,872	83,182	155,516	158,471	161,323	163,743	166,363	233,274	237,706	241,985	245,615	249,545
	Respuesta Secundaria y Cierre	234,432	238,886	243,186	246,834	250,783	442,282	450,685	458,798	465,680	473,130	650,132	662,485	674,410	684,526	695,478
	Respueta a Mediano Plazo	154,329	157,262	160,092	162,494	165,094	279,675	284,989	290,119	294,471	299,182	405,021	412,717	420,146	426,448	433,271
	TOTAL	479,269	488,375	497,166	504,624	512,698	890,224	907,138	923,466	937,318	952,316	1,301,178	1,325,900	1,349,767	1,370,013	1,391,933

Tabla AIII-5

ATOLÓN TURNEFFE (7% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD															
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826
	Respuesta Primaria	29,758	30,324	30,870	31,333	31,834	59,517	60,648	61,739	62,665	63,668	89,275	90,971	92,609	93,998	95,502
	Respuesta Secundaria y Cierre	87,816	89,485	91,095	92,462	93,941	147,363	150,163	152,866	155,159	157,642	206,911	210,842	214,637	217,857	221,343
	Respueta a Mediano Plazo	171,336	174,592	177,734	180,400	183,287	307,585	313,429	319,071	323,857	329,038	443,833	452,266	460,407	467,313	474,790
	TOTAL	305,575	311,381	316,985	321,740	326,888	531,129	541,220	550,962	559,227	568,174	756,683	771,060	784,939	796,713	809,461
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826
	Respuesta Primaria	86,603	88,249	89,837	91,185	92,643	173,206	176,497	179,674	182,369	185,287	259,809	264,746	269,511	273,554	277,930
	Respuesta Secundaria y Cierre	213,289	217,342	221,254	224,573	228,166	398,310	405,878	413,184	419,382	426,092	583,331	594,414	605,114	614,190	624,018
	Respueta a Mediano Plazo	171,336	174,592	177,734	180,400	183,287	307,585	313,429	319,071	323,857	329,038	443,833	452,266	460,407	467,313	474,790
	TOTAL	487,893	497,163	506,112	513,703	521,923	895,765	912,785	929,215	943,153	958,243	1,303,637	1,328,407	1,352,318	1,372,603	1,394,564
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826	16,664	16,981	17,286	17,545	17,826
	Respuesta Primaria	123,385	125,729	127,992	129,912	131,991	246,770	251,458	255,985	259,824	263,982	370,155	377,188	383,977	389,737	395,972
	Respuesta Secundaria y Cierre	305,181	310,980	316,577	321,326	326,467	582,093	593,153	603,830	612,887	622,694	859,006	875,327	891,083	904,449	918,920
	Respueta a Mediano Plazo	171,336	174,592	177,734	180,400	183,287	307,585	313,429	319,071	323,857	329,038	443,833	452,266	460,407	467,313	474,790
	TOTAL	616,566	628,281	639,590	649,184	659,571	1,153,112	1,175,021	1,196,171	1,214,114	1,233,540	1,689,658	1,721,761	1,752,753	1,779,044	1,807,509

Tabla AIII-6

<b>PUNTA DE MANABIQUE</b>		<b>INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)</b>					<b>INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)</b>					<b>INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)</b>				
<b>(5% de Cobertura Coralina)</b>		<b>USD</b>					<b>USD</b>					<b>USD</b>				
<b>NIVEL DE DAÑO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>MODERADO</b>	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639
	Respuesta Primaria	10,023	10,414	10,820	11,242	11,691	20,045	20,827	21,639	22,483	23,383	30,068	31,241	32,459	33,725	35,074
	Respuesta Secundaria y Cierre	49,017	50,928	52,914	54,978	57,177	75,137	78,067	81,112	84,275	87,646	101,257	105,206	109,310	113,573	118,116
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,091	131,009	136,118	141,563	216,698	225,150	233,930	243,054	252,776	312,039	324,208	336,852	349,990	363,989
	<b>TOTAL</b>	<b>188,660</b>	<b>196,018</b>	<b>203,663</b>	<b>211,606</b>	<b>220,070</b>	<b>320,144</b>	<b>332,629</b>	<b>345,602</b>	<b>359,080</b>	<b>373,444</b>	<b>451,627</b>	<b>469,241</b>	<b>487,541</b>	<b>506,555</b>	<b>526,817</b>
<b>INTERMEDIO</b>	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639
	Respuesta Primaria	26,489	27,522	28,596	29,711	30,899	52,978	55,044	57,191	59,422	61,798	79,467	82,566	85,787	89,132	92,698
	Respuesta Secundaria y Cierre	91,196	94,752	98,448	102,287	106,379	159,495	165,716	172,179	178,894	186,049	227,795	236,679	245,910	255,500	265,720
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,091	131,009	136,118	141,563	216,698	225,150	233,930	243,054	252,776	312,039	324,208	336,852	349,990	363,989
	<b>TOTAL</b>	<b>247,306</b>	<b>256,951</b>	<b>266,972</b>	<b>277,384</b>	<b>288,479</b>	<b>437,435</b>	<b>454,495</b>	<b>472,220</b>	<b>490,637</b>	<b>510,262</b>	<b>627,564</b>	<b>652,039</b>	<b>677,469</b>	<b>703,890</b>	<b>732,045</b>
<b>ELEVADO</b>	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639	8,263	8,585	8,920	9,268	9,639
	Respuesta Primaria	37,467	38,928	40,446	42,024	43,704	74,933	77,856	80,892	84,047	87,409	112,400	116,784	121,338	126,071	131,113
	Respuesta Secundaria y Cierre	121,023	125,743	130,647	135,742	141,172	219,150	227,697	236,577	245,804	255,636	317,277	329,651	342,507	355,865	370,100
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,091	131,009	136,118	141,563	216,698	225,150	233,930	243,054	252,776	312,039	324,208	336,852	349,990	363,989
	<b>TOTAL</b>	<b>288,111</b>	<b>299,347</b>	<b>311,022</b>	<b>323,152</b>	<b>336,078</b>	<b>519,045</b>	<b>539,288</b>	<b>560,320</b>	<b>582,172</b>	<b>605,459</b>	<b>749,979</b>	<b>779,228</b>	<b>809,618</b>	<b>841,193</b>	<b>874,841</b>

Tabla AIII-7

ROATÁN (15% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD															
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404
	Respuesta Primaria	38,605	40,342	41,956	43,634	45,379	77,209	80,684	83,911	87,267	90,758	115,814	121,026	125,867	130,901	136,137
	Respuesta Secundaria y Cierre	135,388	141,480	147,139	153,025	159,146	247,304	258,432	268,770	279,520	290,701	359,220	375,385	390,400	406,016	422,257
	Respueta a Mediano Plazo	146,813	153,420	159,557	165,939	172,576	265,820	277,782	288,893	300,449	312,467	384,827	402,144	418,230	434,959	452,357
	TOTAL	333,059	348,047	361,969	376,447	391,505	602,587	629,703	654,891	681,087	708,330	872,114	911,359	947,813	985,726	1,025,155
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404
	Respuesta Primaria	125,263	130,900	136,136	141,582	147,245	250,527	261,800	272,272	283,163	294,490	375,790	392,700	408,408	424,745	441,734
	Respuesta Secundaria y Cierre	379,102	396,161	412,008	428,488	445,628	734,732	767,795	798,506	830,447	863,665	1,090,362	1,139,428	1,185,005	1,232,405	1,281,702
	Respueta a Mediano Plazo	146,813	153,420	159,557	165,939	172,576	265,820	277,782	288,893	300,449	312,467	384,827	402,144	418,230	434,959	452,357
	TOTAL	663,432	693,286	721,018	749,858	779,853	1,263,332	1,320,182	1,372,989	1,427,909	1,485,025	1,863,232	1,947,077	2,024,960	2,105,959	2,190,197
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404	12,253	12,805	13,317	13,850	14,404
	Respuesta Primaria	184,239	192,530	200,231	208,240	216,570	368,479	385,060	400,462	416,481	433,140	552,718	577,590	600,694	624,721	649,710
	Respuesta Secundaria y Cierre	554,011	578,941	602,099	626,183	651,230	1,084,549	1,133,354	1,178,688	1,225,836	1,274,869	1,615,088	1,687,767	1,755,278	1,825,489	1,898,508
	Respueta a Mediano Plazo	146,813	153,420	159,557	165,939	172,576	265,820	277,782	288,893	300,449	312,467	384,827	402,144	418,230	434,959	452,357
	TOTAL	897,317	937,696	975,204	1,014,212	1,054,780	1,731,101	1,809,001	1,881,361	1,956,615	2,034,880	2,564,886	2,680,306	2,787,518	2,899,019	3,014,980

Tabla AIII-8

CAYOS COCHINOS (10% de Cobertura Coralina)		INTERVENCIÓN MÍNIMA (20 %)					INTERVENCIÓN MEDIA (40 %)					INTERVENCIÓN MÁXIMA (60 %)				
		USD					USD					USD				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
NIVEL DE DAÑO	ACTIVIDAD															
MODERADO	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713
	Respuesta Primaria	10,023	10,474	10,893	11,328	11,781	20,045	20,947	21,785	22,657	23,563	30,068	31,421	32,678	33,985	35,344
	Respuesta Secundaria y Cierre	49,017	51,222	53,271	55,402	57,618	75,137	78,518	81,659	84,925	88,322	101,257	105,814	110,047	114,448	119,026
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,819	131,892	137,168	142,654	216,698	226,450	235,508	244,928	254,725	312,039	326,080	339,124	352,689	366,796
	TOTAL	188,660	197,150	205,036	213,238	221,767	320,144	334,550	347,932	361,849	376,323	451,627	471,950	490,828	510,461	530,880
INTERMEDIO	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713
	Respuesta Primaria	26,489	27,681	28,788	29,940	31,137	52,978	55,362	57,577	59,880	62,275	79,467	83,043	86,365	89,820	93,412
	Respuesta Secundaria y Cierre	91,196	95,300	99,112	103,076	107,199	159,495	166,673	173,340	180,273	187,484	227,795	238,046	247,568	257,470	267,769
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,819	131,892	137,168	142,654	216,698	226,450	235,508	244,928	254,725	312,039	326,080	339,124	352,689	366,796
	TOTAL	247,306	258,435	268,772	279,523	290,704	437,435	457,120	475,404	494,421	514,197	627,564	655,804	682,037	709,318	737,691
ELEVADO	Evaluación Rápida del Daño	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713	8,263	8,635	8,980	9,339	9,713
	Respuesta Primaria	37,467	39,153	40,719	42,348	44,041	74,933	78,305	81,438	84,695	88,083	112,400	117,458	122,156	127,043	132,124
	Respuesta Secundaria y Cierre	121,023	126,469	131,528	136,789	142,261	219,150	229,012	238,172	247,699	257,607	317,277	331,555	344,817	358,610	372,954
	Respueta a Mediano Plazo	121,358	126,819	131,892	137,168	142,654	216,698	226,450	235,508	244,928	254,725	312,039	326,080	339,124	352,689	366,796
	TOTAL	288,111	301,076	313,119	325,644	338,670	519,045	542,402	564,098	586,662	610,129	749,979	783,728	815,077	847,680	881,588