

PROTOCOLO DE ALERTA TEMPRANA Y RESPUESTA INMEDIATA

AL IMPACTO DE LOS CICLONES
TROPICALES EN LOS ARRECIFES

Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos

2018



@JenniferAdler

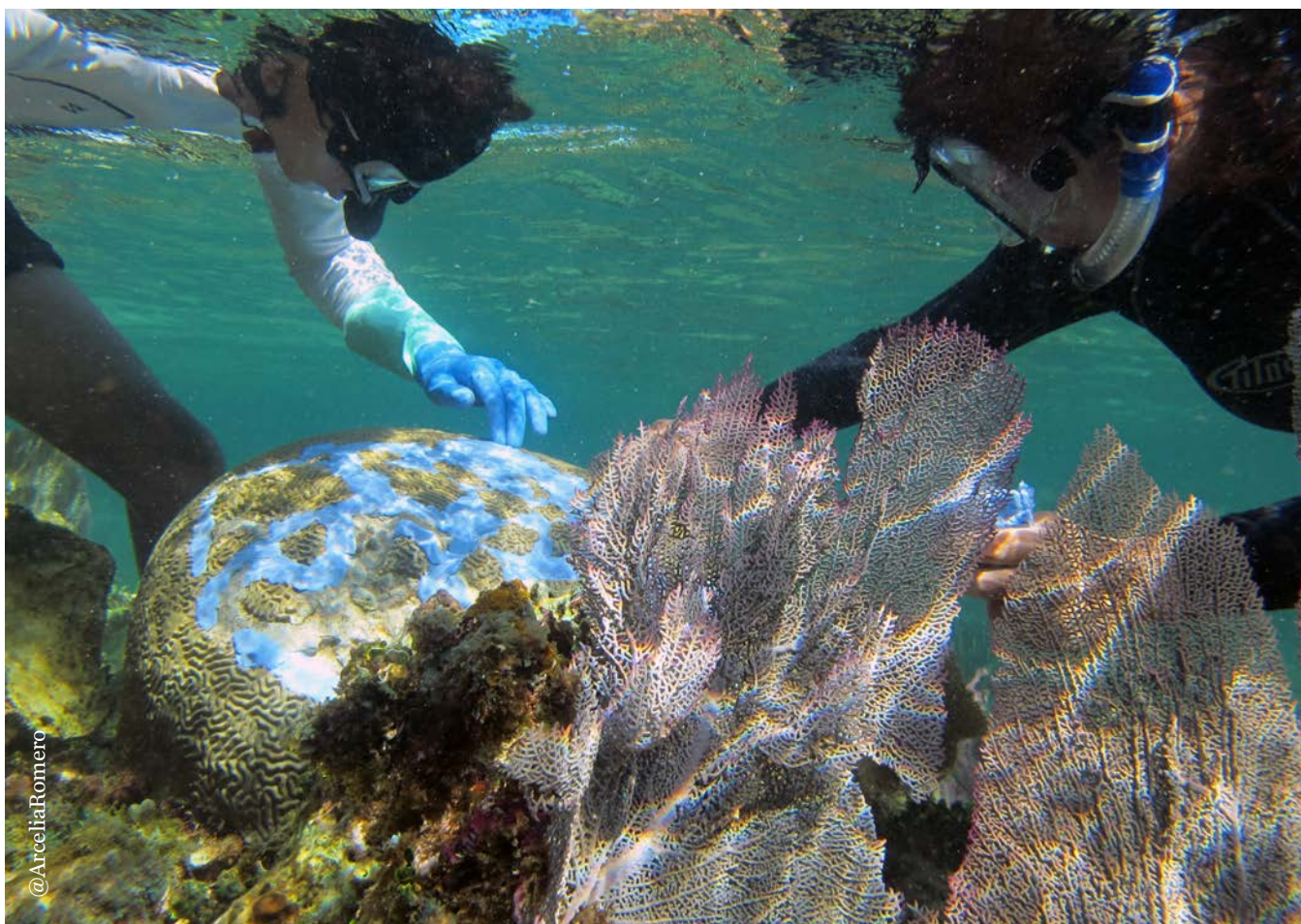
CALINA ZEPEDA CENTENO, GABRIELA G. NAVA MARTÍNEZ, MIGUEL ÁNGEL GARCÍA SALGADO,
AURORA CLAUDIA PADILLA SOUZA, JUAN CARLOS HUITRÓN BACA

PROTOCOLO DE ALERTA TEMPRANA Y RESPUESTA INMEDIATA

AL IMPACTO DE LOS CICLONES
TROPICALES EN LOS ARRECIFES

Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos

2018



@ArceliaRomero

CALINA ZEPEDA CENTENO, GABRIELA G. NAVA MARTÍNEZ, MIGUEL ÁNGEL GARCÍA SALGADO,
AURORA CLAUDIA PADILLA SOUZA, JUAN CARLOS HUITRÓN BACA

AUTORES

Calina Zepeda - The Nature Conservancy (TNC)

Gabriela G. Nava Martínez - Oceanus, A.C.

Miguel Ángel García Salgado - Oceanus, A.C.

Aurora Claudia Padilla Souza - Centro Regional de Investigación Pesquera y Acuícola Puerto Morelos, del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (CRIAP Puerto Morelos, INAPESCA).

Juan Carlos Huitrón Baca - Consultor independiente.

DISEÑO EDITORIAL

Karla Paola Vazquez Mendoza

FOTO PORTADA

@ Jennifer Adler

FOTO CONTRAPORTADA

Arcelia Romero

CITA

Zepeda-Centeno C., Nava-Martínez G., García-Salgado MA. Padilla C., y Huitrón JC. 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. 80 p.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los autores que participaron en la preparación de esta guía, a los expertos que ofrecieron excelentes consejos, aportes y sugerencias en el taller realizado en Cancún en mayo del 2016, y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (CONANP) y al Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Puerto Morelos del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) por su apoyo sostenido y variado durante todo el proceso.

Agradecemos a las siguientes personas por brindar apoyo en la compilación y revisión del protocolo:

- **Edgar Samos Falcón**
Oceanus, A.C.
- **Guadalupe Guerrero Hernández**
Oceanus, A.C.
- **Irving Leonardo Chávez Estrada**
Oceanus, A.C.
- **María del Carmen García**
Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP)
- **María del Rosario Gutiérrez Jaillet**
Oceanus, A.C.
- **María Macías Constantino**
Universidad Marista de Mérida
- **Vanessa Francisco**
Proyecto Resiliencia PNUD-CONANP
- **Lorenzo Alvarez Filip**
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMYL) - de la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales de Puerto Morelos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

ESTA PUBLICACIÓN ES PARTE DE LA INICIATIVA DE
RESILIENCIA COSTERA PARA MEXICO,
THE NATURE CONSERVANCY.

Dirección en México: Fernando Secaira

Especialista en Restauración: Calina Zepeda

Asistente: María Macías.

Dirección Global: Mark Way.

Manejo de proyecto: Bess Tassoulas.

Esta publicación fue producida con el apoyo financiero de
Swiss Re Foundation y The Nature Conservancy (TNC).



ACRÓNIMOS

AGRRA	Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment
AMP	Área Marina Protegida
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CINVESTAV	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - México
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - México
CRIAP	Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Puerto Morelos, INAPESCA
DAN	Divers Alert Network
DGPC	Dirección General de Protección Civil
ECOSUR	El Colegio de la Frontera del SUR - México
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés)
HRI	Iniciativa Arrecifes Saludables
ICMYL	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
INAPESCA	Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura- México
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
OSC	Organización de la Sociedad Civil
PADI	Professional Association of Diving Instructors
PIB	Producto Interno Bruto
PNAPM	Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos
PROMOBI	Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas
PVC	Policloruro de vinyl
RedCom	Red de Comunicación
SAM	Sistema Arrecifal Mesoamericano
SCUBA	Buceo autónomo (por sus siglas en inglés)
SEMAR	Secretaría de Marina Armada de México
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIAT	Sistema de Alerta Temprana
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SIG	Sistemas de Información Geográfica
TNC	The Nature Conservancy
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

CONTENIDO

Acrónimos	iv
Prefacio	v

SECCIÓN 01

Introducción y orientación	1
Introducción	2
Impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes	
Contexto y antecedentes	
Orientación para el uso del protocolo	5
Objetivo del protocolo	
¿A quién va dirigido el protocolo?	
Contenido del protocolo	
Estructura operativa del protocolo	7
Comisión post-huracán	
Brigadas de respuesta	
Equipo de operaciones y comunicación	
Red de Aliados	

SECCIÓN 02

Preparación y planeación	11
Acciones de planeación	12
Elaborar un plan de acción anual	
Gestionar fondos e insumos	
Gestionar medios de transporte	
Establecer aliados acuerdos y convenios interinstitucionales	
Establecer aliados acuerdos y Gestionar medios de transporte	
Actualizar la línea base de la cresta arrecifal	
Acciones de preparación	13
Capacitar las brigadas de respuesta	
Hacer simulacros de respuesta	
Preparar los materiales, herramientas y equipo para las brigadas de respuesta	
Línea base de la cresta arrecifal	
Establecer la Red de Comunicación	
Identificar amenazas y reducir riesgos	

SECCIÓN 03

Alerta temprana	19
Fase de Acercamiento	21
Fase de Alejamiento	24
Evaluar las condiciones de seguridad	
Activar el centro de operaciones	
Prepara la propuesta de fondos	
Manejar la comunicación externa	

SECCIÓN 04

Evaluación rápida del daño	27
Evaluación rápida del daño	28
Evaluación mediante arrastres	
Evaluación mediante dron	
Priorización de los sitios para la respuesta inmediata	

SECCIÓN 05

Respuesta primaria	33
Acciones de limpieza	
Limpieza marina	
Acciones de asistencia primaria al arrecife	
Recolocar y fijar corales enteros o fragmentos desprendidos, desplazados, quebrados, enterrados y/o volteados	
Remover y/o estabilizar los fragmentos de coral muerto que estén sueltos y sedimento que estén causando daños en el arrecife	

SECCIÓN 06

Respuesta secundaria	47
Estabilizar fracturas estructurales	
Estabilizar fragmentos en el vivero de coral	
Mantenimiento de viveros y de los sitios asistidos durante la respuesta primaria	
Mantenimiento	
Monitoreo de viveros y sitios asistidos	

SECCIÓN 07

Acciones posteriores	58
Preparar y gestionar plan de restauración	
Evaluar y actualizar el Protocolo	

SECCIÓN 08

Bibliografía	61
Glosario	63
Anexos	64
Anexo 1: Formulario de las brigadas	65
Anexo 2: Formulario de evaluación anual	66
Anexo 3 Presupuesto	67
Anexo 4: Formulario con datos del equipo de respuesta	69
Anexo 5: Formulario con los datos del aliado	70
Anexo 6: Criterios para escoger un sitio para vivero de coral	71
Anexo 7: Materiales, herramientas y equipo de respuesta mencionados en la Tabla 16	72

PREFACIO

El impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes está bien documentado. Existe una necesidad de crear estrategias para mitigar ese impacto. Si se realizan labores de respuesta inmediatamente después del paso del ciclón, se reduce el riesgo de que se produzcan daños posteriores en los corales que fueron impactados. Estas labores incluyen, remover escombros de desastre generados por el ciclón, recolocar y pegar corales volteados, desprendidos, enterrados y fragmentados, a fin de que no sufran pérdida de tejido, abrasión, e inclusive la muerte. El éxito de la respuesta oportuna ante tal evento es fundamental para iniciar el proceso de restablecimiento de la función y estructura en el arrecife y para potenciar los esfuerzos de restauración posteriores.

El *Protocolo de Alerta Temprana y Respuesta Inmediata* tiene como objetivo orientar a los administradores del parque y a las brigadas de respuesta sobre las acciones que se deben considerar antes, durante y después de un ciclón tropical, a fin de minimizar el impacto en los arrecifes coralinos. El alcance geográfico del protocolo es el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), ubicado en Quintana Roo, México.

En vista que el PNAPM está ubicado en una zona de alta incidencia de ciclones tropicales, es indispensable contar con un protocolo práctico para responder de manera inmediata ante estos eventos. Esperamos que la información presentada proporcione una base útil para apoyar el trabajo de los administradores del parque, usuarios y las comunidades locales que promueven la conservación y uso sustentable de los arrecifes del PNAPM.





SECCIÓN 1

INTRODUCCIÓN Y ORIENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

IMPACTO DE LOS CICLONES TROPICALES EN LOS ARRECIFES

Los ciclones tropicales son fenómenos naturales que se caracterizan por vientos fuertes, oleaje elevado, sobreelevación del mar y lluvia abundante. Estos se pueden clasificar en depresión tropical, tormenta tropical y huracán, según la velocidad que alcancen. Cada año, los ciclones tropicales provocan muchas pérdidas económicas en el Caribe de México, especialmente entre los meses de junio y noviembre, debido a que causan inundaciones, erosión y daños a la infraestructura costera.

Los arrecifes coralinos son rompeolas naturales y actúan como una primera línea de defensa para las comunidades costeras, ya que protegen la costa de la energía de las olas, evitando de forma natural la erosión costera y las inundaciones. Algunos autores han encontrado que el coral *Acropora palmata* es una especie clave en la construcción de la cresta arrecifal y el arrecife somero (Lighty et al. 1982; Bos y Liddell 1987; McIntyre 1988) y por lo tanto contribuye en mantener los servicios de protección costera (Aronson y Precht 1997; Alcolado et al. 2009). Otros estudios (Harmelin-Vivien 1994; Alcolado et al. 2009; Bisutil et al. 2011; Gardner et al. 2005) indican que una alta complejidad y rugosidad en la cresta arrecifal pueden tener efectos en la disipación de la energía del oleaje que cruza el arrecife hacia la costa. Por lo tanto, una comunidad coralina sana y estructuralmente compleja puede proveer estas características para aumentar la protección costera.

El aumento de la frecuencia e intensidad de los huracanes parece cada vez estar más asociado al cambio climático, particularmente en la fuerza de sus vientos (Salomon 2007) lo cual, aunado al desarrollo costero y otros impactos, es otro factor que afecta fuertemente a los arrecifes en el Gran Caribe (Gardner et al. 2005), y pone en riesgo el servicio de protección que brindan los arrecifes a la costa, ya que provocan pérdidas en la complejidad estructural y cobertura coralina, lo cual disminuye la efectividad de las crestas arrecifales como disipadores de oleaje.

Los ciclones tropicales pueden causar una gran variedad de daños al arrecife que va desde daño leve, parcial y hasta un daño total que incluye la muerte de muchos organismos. Sus efectos sobre los arrecifes coralinos dependen de su frecuencia, intensidad, duración, y de las características biológicas y morfológicas de las especies dominantes.

Un ciclón tropical que se mueve sobre tierra puede hacer daño directo de tres maneras:

- a. Vientos fuertes - El viento con fuerza de huracán puede dañar o destruir vehículos, edificios, puentes, etc. También puede convertir desperdicios en proyectiles voladores, que pueden derribar estructuras sólidas que pueden terminar en el mar sobre el arrecife.
- b. Marejada ciclónica - Los huracanes causan un aumento en el nivel del mar, que puede inundar comunidades costeras. Éste es el peor efecto, ya que históricamente los ciclones se cobran un 80% de sus víctimas cuando golpean en las costas por primera vez. La inundación puede afectar la línea de costa, pero es la corriente

de resaca hacia el mar la que lleva una gran cantidad de artículos provenientes de tierra hacia el arrecife: aires acondicionados, autos, motos, bicicletas, árboles, postes, refrigeradores y todos aquellos artículos que encuentre a su paso.

- c. Lluvias torrenciales - La actividad tormentosa en un ciclón tropical puede causar intensas precipitaciones. Los ríos y corrientes se desbordan, no se puede circular en carretera y pueden ocurrir deslizamientos de tierra. Las áreas en tierra pueden ser particularmente vulnerables a inundaciones de agua dulce. De la misma forma, las corrientes hacia el mar llevan consigo fertilizantes, contaminantes, basura y todo lo que se encuentre libre en la zona inundada.

Asimismo, influye la profundidad, la pendiente arrecifal, la anchura de la plataforma, el nivel de exposición (arrecife anterior o posterior), el tamaño, forma y fuerza estructural del arrecife, y el grado de fijación de los organismos, así como la historia ecológica del lugar y la influencia de cualquier factor antropogénico (Alcolado et al. 2009; Rioja-Nieto et al. 2012).

Los huracanes causan daños mecánicos a los arrecifes, que incluyen daño al tejido coralino, lo cual puede debilitar los corales de una manera que podría retrasar la recuperación y generar blanqueamiento (Wilkinson et al. 2008). Asimismo, los fuertes vientos de un ciclón tropical pueden llegar a causar olas tan poderosas y oleada de tormenta que desprenden colonias enteras, y producen columnas de sedimentos, que pueden llegar a soterrar los corales. La gran cantidad de lluvia reduce el nivel de salinidad del agua, lo cual afecta los corales en el corto plazo.

Los corales duros más afectados por los huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico son *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, tanto por su distribución somera en la laguna y cresta arrecifal como por su morfología. Estas especies de coral ramificado son frágiles y se quiebran fácilmente, y son propensas a fragmentarse en períodos de incremento de la acción de las olas (Bak y Criens 1982; Highsmith 1982), y durante un huracán severo se pueden reducir a muchos fragmentos, resultando en la generación de nuevas colonias (Rogers et al. 1994; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 1998) que varían en su probabilidad de sobrevivencia dependiendo de la intensidad de la perturbación (Highsmith et al. 1980).

A esto se le llama propagación asexual por fragmentación natural, y ocurre cuando un segmento de la colonia se desprende y vuelve a fijarse al sustrato para formar otra nueva colonia. Esto se considera importante para la dispersión local, el mantenimiento y crecimiento de las poblaciones de *Acropora*, debido a que la especie amplía su distribución a causa del rompimiento de las colonias y de la nueva redistribución de los fragmentos (Bothwell 1981), y a la vez, permite la extensión del área del arrecife a través de la propagación y reimplantación de fragmentos vivos de *A. palmata* (Lirman 2003).

Si el paso de un huracán se da cada cinco años puede ser beneficioso para los arrecifes de coral, ya que impide que el espacio sea monopolizado por especies de coral competitivamente más aptas (Rogers 1993). Asimismo, ayuda en aliviar el estrés térmico en los arrecifes de coral, destacando el potencial de enfriamiento asociado a los huracanes para mitigar los impactos del cambio climático (Manzello et al. 2007). Sin embargo, si la frecuencia de los huracanes es de cada dos años o menos, las crestas formadas por ese mismo coral se van degradando sostenidamente al no haber margen de tiempo para recuperaciones sucesivas (Alcolado et al. 2009). Aunado a la pérdida de cobertura viva por diversos factores, se va perdiendo la efectividad de las crestas como refugios y como disipadores de oleaje a causa de la reducción de complejidad estructural.

CONTEXTO Y ANTECEDENTES

El PNAPM es un área protegida federal que está ubicada en la Costa Caribe de los municipios de Benito Juárez y Puerto Morelos, en el estado de Quintana Roo, cuenta con una superficie total de 9,066 hectáreas. Posee un arrecife bien desarrollado, con laguna y cresta arrecifal, así como en el arrecife posterior y el frente arrecifal. La barrera arrecifal ubicada frente a Puerto Morelos, se extiende al norte hasta la colindancia con el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, y a 40 km al sureste se encuentra el Parque nacional Arrecifes de Cozumel (PROMOB 2013). El PNAPM forma parte de la barrera arrecifal denominada "Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental", considerada como la segunda barrera arrecifal más grande del mundo.

De acuerdo con Jordán (1979), el desarrollo de los arrecifes incluidos dentro del PNAPM es variable, pudiéndose diferenciar en la barrera diversos sectores, siendo el más homogéneo el que se encuentra entre Puerto Morelos y Punta Tanchacté. Entre Punta Tanchacté y la Bonanza, el arrecife no aflora constantemente, encontrando una serie de pequeños bajos sucesivos separados entre sí hasta por 900 metros. Algunos de estos bajos son más profundos que otros dando la impresión de que no existe arrecife en algunos sitios. Entre los sitios Bonanza y Punta Nizuc vuelve a haber secciones arrecifales grandes, del orden de kilómetros,

separadas por canales de 200 a 300 metros. Al Sur de Puerto Morelos, la formación superficial desaparece por completo y no vuelve a encontrarse hasta Punta Maroma, 16 kilómetros al sur de la localidad anterior.

Los primeros estudios de los arrecifes incluidos dentro del parque nacional datan de 1979 (Jordán 1979 y 1980). En 1979 la cobertura coralina era relativamente alta en el arrecife posterior (entre 19 y 44% del fondo estudiado), de intermedia a alta en la cresta arrecifal y baja en el arrecife frontal. Sin embargo, en 1988, los arrecifes fueron perturbados por el huracán Gilberto, y dos meses después por la tormenta tropical Keith. Muchos fragmentos de colonias de diferentes especies de corales escleractíneos se acumularon cerca del límite entre la cresta arrecifal y la zona posterior del arrecife, como depósitos de las tormentas. La mayoría de los fragmentos no presentaron tejido sobreviviente aparente. Muchos de los fragmentos quedaron enterrados en la arena. Algunos esqueletos de coral, en especial los del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), permanecieron en pie, pero con casi todas sus ramas rotas (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 1998). Antes del huracán Gilberto, la cobertura coralina era de entre 30 y 40% en las zonas someras, disminuyendo a menos del 5% con dicho evento (Rodríguez, 1998).

Un muestreo cuantitativo realizado en el arrecife Puerto Morelos en 1989 indicó que las tormentas de 1988 produjeron una elevada mortalidad coralina (por abrasión, fractura y desprendimiento total de las colonias), que se reflejó en drásticas disminuciones en su cobertura y tamaño promedio de las colonias (Rodríguez-Martínez 1993). Cinco años después del huracán Gilberto, la cobertura coralina varió entre 4 y 10% indicando que el arrecife se estaba recuperando, pero con una tasa de recuperación lenta y variable (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 1998).

En 2005, el área se vio afectada por dos de los huracanes más fuertes registrados para la región, Emily y Wilma, con sólo tres meses de diferencia entre ellos. De acuerdo a Rodríguez-Martínez et al. (2014), el impacto de estos huracanes redujo la cobertura coralina de *A. palmata* a menos del 10%, lo cual se pudo verificar según los datos

de monitoreo del PNAPM. Para mediados del 2012, en el sitio denominado Limones del PNAPM, la cobertura de *A. palmata* estaba por encima del 30%. Este incremento pudo ser el resultado, al menos en parte, de un esfuerzo de rehabilitación, realizado por los manejadores del parque un mes después de los huracanes de 2005, en el cual 221 fragmentos, con un tamaño promedio de 31 cm (SD = 16 cm; datos no publicados de PMRNP), fueron reubicados entre el arrecife posterior y la cresta de arrecife en este sitio.

A la fecha, el PNAPM no cuenta con una estrategia de respuesta inmediata para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes, que reduzca el riesgo de daños posteriores en los corales que fueron impactados. Ante tal necesidad, en mayo 2016, se llevó a cabo un taller con actores clave en Cancún, Quintana Roo, en el cual se definieron los componentes para un protocolo de respuesta. Durante 2017, se compiló la información necesaria para la elaboración del protocolo, se definió el alcance, y se definieron los mecanismos de operación de este.

ORIENTACIÓN PARA EL USO DEL PROTOCOLO

OBJETIVO DEL PROTOCOLO

El *Protocolo de Alerta Temprana y Respuesta Inmediata* tiene como objetivo orientar a los administradores del parque y a las brigadas de respuesta sobre las acciones que se deben considerar antes, durante y después de un ciclón tropical, a fin de minimizar el impacto en los arrecifes coralinos. El protocolo es un instrumento de adopción voluntaria que permite a los administradores del PNAPM, operar de manera guiada y oportuna, a fin de reducir daños posteriores.

¿A QUIÉN VA DIRIGIDO EL PROTOCOLO?

El protocolo está dirigido a los siguientes involucrados:

- A** *Comisión post-huracán*, a fin de orientarlos en la coordinación y supervisión de todas las actividades definidas en el protocolo.
- B** Brigadas de respuesta, a fin de orientarlas en la implementación de acciones, técnicas y recomendaciones de la respuesta primaria y secundaria.
- C** Prestadores de servicios turísticos y ambientales, a fin de guiar su participación en la implementación del protocolo, ya sea de manera directa como miembros de las *brigadas de respuesta* o de la *comisión post-huracán*, o bajo algún otro esquema de apoyo.
- D** A las instancias gubernamentales pertinentes, para quienes el protocolo constituye un instrumento de apoyo en la mitigación de amenazas del PNAPM.

CONTENIDO DEL PROTOCOLO

El protocolo inicia con los agradecimientos, la tabla de contenido, un listado de acrónimos y un prefacio inicial. Como parte de su contenido, está conformado por seis secciones principales que se describen a continuación:

01 INTRODUCCIÓN Y ORIENTACIÓN AL PROTOCOLO.

Esta sección, presenta una breve descripción del impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes y se analiza el papel de los servicios de protección que estos ofrecen a la costa. Asimismo, presenta información sobre el contexto del área a la cual está dirigido el protocolo y algunos antecedentes del impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes del PNAPM. Finalmente, brinda orientación al usuario o lector, sobre el objetivo del protocolo, a quién va dirigido, un breve resumen del contenido (esta parte), y describe la estructura operativa para la implementación de este.

02 FASE DE PREPARACIÓN Y PLANEACIÓN.

Esta sección, describe las acciones de preparación y planeación que se deben realizar cada año, durante los meses de enero a mayo, previo a la temporada de ciclones tropicales a fin de preparar y planificar todo lo necesario para la operación del protocolo.

03 FASE DE ALERTA TEMPRANA

Esta sección, describe las acciones que se van a realizar durante la etapa de alerta temprana cuando hay presencia del ciclón tropical en el área, tanto en su etapa de acercamiento como en la de alejamiento.

04 FASE DE EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

Describe las técnicas de evaluación rápida que se van a implementar a fin de determinar el nivel de daño en los arrecifes y la cantidad de escombros de desastre acarreados por el ciclón.

Propone los procesos para priorizar e identificar los sitios que requieren respuesta inmediata.

05 FASE DE RESPUESTA PRIMARIA

Esta sección, es la parte medular del protocolo, describe las acciones de respuesta primaria que se van a realizar de manera inmediata, una vez que el ciclón se haya alejado del territorio nacional. Estas incluyen, acciones de limpieza y asistencia primaria al arrecife.

06 FASE DE RESPUESTA SECUNDARIA

Esta sección, describe las acciones de respuesta secundaria que se van a realizar una vez concluida la respuesta primaria. Estas incluyen, la estabilización de fracturas estructurales; el manejo de los viveros, el mantenimiento y monitoreo a los sitios que fueron asistidos durante la respuesta primaria.

07 ACCIONES POSTERIORES A LA RESPUESTA

Esta sección, describe las acciones que se van a realizar cada uno una vez terminada la fase de respuesta. Estas incluyen, la preparación y gestión plan de restauración; y la evaluación y actualización del Protocolo.

08 REFERENCIAS

Esta sección, presenta la bibliografía citada en el documento, el glosario, y los anexos. En los anexos se pueden encontrar algunos formularios citados en el documento, el presupuesto para la implementación del protocolo, y recursos adicionales que pueden resultar útiles para el lector.

ESTRUCTURA OPERATIVA DEL PROTOCOLO

Antes de poner en marcha el protocolo es necesario formar una *comisión post-huracán*, *brigadas de respuesta*, un *equipo de operación y comunicación*, y una *red de aliados*.

COMISIÓN POST-HURACÁN

Responsable de planear, dirigir y coordinar todas las actividades del Protocolo, desarrollando las siguientes funciones:

- Revisar y actualizar anualmente el protocolo.
- Elaborar y coordinar la implementación del plan de acción anual.
- Formar y coordinar las *brigadas de respuesta*.
- Gestionar fondos para la implementación de las actividades.
- Coordinar con las instituciones respectivas durante las distintas etapas de protocolo.

La *comisión post-huracán* va a estar integrada por miembros del Consejo Asesor del PNAPM y tendrá por lo menos:

- Un coordinador que facilite todas las reuniones y sea responsable de la ejecución del protocolo. En este caso, el representante de la Dirección del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, sería la persona más adecuada para liderar esta función.
- Un secretario, responsable del registro de minutas y acuerdos.
- Los líderes de las *brigadas de respuesta*.
- Un responsable de *operaciones y comunicación*.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), es la responsable de conformar y liderar la comisión post-huracán a través de su Consejo Asesor. Para la conformación de la comisión post-huracán es preciso convocar a un representante de cada una de las siguientes instituciones, dependencias, empresas u organizaciones de la sociedad civil:

- a. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
- b. Asociación de hoteles
- c. Cooperativa de pescadores
- d. Cooperativa de prestadores de servicios turísticos
- e. Asociados náuticos
- f. Gobierno municipal
- g. Protección Civil
- h. Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR)
- i. Medio Ambiente del Estado
- j. Capitanía de puerto
- k. Académicos especializados de ICMYL - UNAM
- l. Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Puerto Morelos
- m. Aquellas organizaciones o empresas interesadas en participar, y que cuenten con experiencia dentro del área protegida, en métodos de evaluación, monitoreo y/o restauración de arrecifes, ecología de arrecifes y en técnicas de rescate acuático.

BRIGADAS DE RESPUESTA

Las *brigadas de respuesta* son grupos de personas que colaboran en el mar bajo un esquema de trabajo, en la implementación de las acciones de respuesta del protocolo. Estas brigadas deben estar debidamente capacitadas para llevar a cabo las acciones en cada una de las etapas del protocolo.

Las *brigadas de respuesta* estarán a cargo de las siguientes acciones:

- Retirar la infraestructura marina durante la fase de alerta.
- Realizar la evaluación rápida del arrecife inmediatamente después que pase el ciclón.
- Remover los escombros de desastre acarreados por el ciclón a la laguna arrecifal y al arrecife.
- Implementar las acciones de respuesta primaria:
 - Recolocar y fijar corales desprendidos, desplazados, enterrados y/o volteados.
 - Estabilizar fracturas estructurales de las colonias de coral.
 - Remover y/o estabilizar los fragmentos de coral muerto y sedimento que estén sueltos y causando daños en el arrecife.
- Implementar las acciones de respuesta secundaria:
 - Pegar y estabilizar fragmentos y pedazos de colonias de coral rotas.
 - Estabilizar fragmentos en viveros de coral.
 - Brindar mantenimiento y monitorear los viveros y los sitios que fueron asistidos durante la respuesta primaria.

Cada *brigada de respuesta* va a estar formada por:

- Cuatro a seis buzos certificados.
- Dos a cuatro nadadores que permanezcan en la superficie con equipo de esnórquel listos para enviar materiales a los buzos y recibir las bolsas con fragmentos y/o escombros.
- De una a dos personas que permanezcan en la embarcación para subir los escombros o artículos encontrados y para preparar el cemento y llenar las bolsas dosificadoras.
- Un marinero.
- Un capitán de la embarcación.

Cada *brigada de respuesta* va a ser coordinada por un *líder de la brigada*. El *líder de brigada* es el responsable de recibir y transmitir la comunicación con la *comisión post-huracán* y con los miembros de las brigadas. De la misma forma, el *líder* de cada *brigada de respuesta* debe estar al tanto de las actividades realizadas para proveer información de avances a la *comisión post-huracán*.

El número de *brigadas de respuesta* en acción va a depender de la magnitud del evento y de las embarcaciones disponibles, por lo que es indispensable registrar a todos aquellos interesados y así contar con la mayor cantidad de personas capacitadas en caso de un huracán de categoría 5. Para formar las *brigadas de respuesta* se debe hacer una convocatoria a las cooperativas pesqueras, cooperativas turísticas, asociaciones de hoteleros, Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), Red de Aliados y dependencias de gobierno, con la finalidad de reclutar personas interesadas en formar parte de las brigadas. Dichas instancias deben llenar un formulario (ver Anexo 1). Con la información recabada se va a seleccionar el personal que cuente con las capacidades para formar parte de las brigadas.

EQUIPO DE OPERACIONES Y COMUNICACIÓN

El equipo de *operaciones y comunicación* va a estar a cargo de coordinar las acciones logísticas y operativas, y la comunicación de la respuesta, esto incluye:

- Facilitar la comunicación interna.
- Abastecer de materiales, combustible, alimentos, bebidas y algunos otros insumos requeridos por las brigadas.
- Llevar control de las acciones y ubicación de cada brigada.
- Movilizar equipo, embarcaciones y otras cosas necesarias para la operación.
- Recolectar los escombros que recojan las *brigadas de respuesta* y transportarlos al sitio dispuesto por el municipio.
- Preparar y mantener un botiquín de primeros auxilios para cada *brigada de respuesta*.
- Resguardar el equipo externo (embarcaciones, equipo de buceo, compresores, etc.).

El *equipo de operaciones y comunicación* va a estar formado por:

- Un responsable de *operaciones y comunicación*.
- Un equipo de logística compuestos de 2 - 4 personas.

El *centro de operaciones*, es el sitio desde donde se van a operar las acciones de respuesta primaria, y estará ubicado en la misma sede del Comité de Emergencias Municipales de Puerto Morelos. Desde allí va a operar el *equipo de operaciones y comunicación*.

Es necesario que el *centro de operaciones* incluya un espacio para el resguardo de las *Cajas de Herramientas, materiales, equipo* y cualquier otro insumo que se requiera en la implementación del protocolo. Es recomendable contar con otros sitios alternos para el resguardo de estos, que sea seguro y de fácil acceso.

RED DE ALIADOS

Para la implementación de las actividades propuestas en este protocolo, es necesaria la coordinación con otras dependencias gubernamentales involucradas, la empresa privada y OSC relacionadas a temas marino - costeros, las cuales no necesariamente son parte de la *comisión post-huracán*, sino que van a ser aliados para complementar los esfuerzos. Para esto, es necesario establecer una Red de Aliados, a través del Consejo Asesor del Parque.

Los miembros de la *comisión post-huracán* deben presentar el protocolo a la Red de Aliados, a fin de que lo revisen e identifiquen las líneas de acción y etapas en las que deben coordinar de manera conjunta y crear sinergias. Es necesario que se haga una inducción completa del protocolo.





SECCIÓN 2

PREPARACIÓN Y PLANEACIÓN

ACCIONES DE PLANEACIÓN

ELABORAR UN PLAN DE ACCIÓN ANUAL

La *comisión post-huracán* debe planificar las acciones a implementar durante el año y elaborar el plan de acción anual, el cual debe contener como mínimo lo siguiente: líneas de trabajo, objetivos, descripción de las actividades, resultados y productos esperados, nombre de los responsables de cada actividad, cronograma de trabajo y presupuesto. El presupuesto se presenta de manera detallada en el Anexo 3.

El *Equipo de Operaciones y Comunicación* debe contar con un Plan Logístico que garantice el abasto de materiales, insumos, y alimentos a las brigadas que trabajan en campo, e información de contacto importante (ubicación de las gasolineras, teléfonos de contactos, etc.).

Gestionar fondos e insumos

Una vez que se tiene el plan de acción, la comisión post-huracán debe gestionar fondos ante diversas fuentes de financiamiento, para el equipamiento y entrenamiento de las brigadas, así como el abastecimiento continuo de insumos.

Estas son algunas opciones de fuentes de financiamiento:

- Seguros ante el impacto de un ciclón tropical
- Fondo con aportación de los dueños de la infraestructura en la costa
- Financiamiento gubernamental
- FONDEN
- Instituciones internacionales

Para cada uno de estos, es necesario que la *comisión post-huracán* elabore las propuestas correspondientes

y/o gestione los acuerdos necesarios dependiendo de la fuente a la que se desee solicitar recursos. Para realizar las propuestas de financiamiento es necesario contar con los formatos actualizados para la solicitud de fondos y la información que se requiere en cada uno de los casos.

Establecer aliados, acuerdos y convenios interinstitucionales

La *comisión post-huracán* debe establecer acuerdos y/o convenios por medio de la CONANP, con las distintas instituciones de gobierno, empresas, OSC, a fin de coordinar la implementación del protocolo. Entre los acuerdos que debe establecer se mencionan los siguientes:

- Acuerdo con el Comité de Emergencia Municipal de Puerto Morelos con el fin de gestionar el espacio para el centro de operaciones, y para el resguardo del equipo.
- Convenio con una aseguradora para la compra de un seguro de emergencia temporal que cubra accidentes de los miembros de las *brigadas de respuesta*, conforme a los días de trabajo. Esto con el fin de brindar una cobertura ante accidentes y/o contingencias que se puedan dar durante la implementación de las actividades de respuesta.
- Convenio con empresas o proveedores que estén dispuestos a colaborar con el suministro de alimentos, agua, hielo, combustible y otros insumos requeridos por las brigadas para el desarrollo de las acciones de respuesta. En el Anexo 5 se detalla la información que debe ser provista por los proveedores.

El *responsable de operaciones y comunicación* debe contar con un listado de estas empresas e instituciones con las que se tengan acuerdos y con sus detalles de contacto, y manejar los acuerdos o alianzas para el suministro de combustible y otros insumos requeridos para el desarrollo de las acciones de respuesta.

Gestionar medios de transporte

Durante la etapa de planeación y preparación, la *comisión post-huracán* y el *responsable de operaciones y comunicación*

deberán realizar un censo de las embarcaciones y vehículos disponibles entre los miembros de la Red de Aliados.

En el Anexo 4 se incluye la información requerida de las instituciones, empresas, dependencias o asociaciones que cuenten con embarcaciones o vehículos y estén dispuestas a participar.

Con esta información se debe integrar una base de datos que sirva para consultar la disponibilidad de embarcaciones, antes y después del impacto de un huracán en la zona.

ACCIONES DE PREPARACIÓN

CAPACITAR LAS BRIGADAS DE RESPUESTA

La capacitación de las *brigadas de respuesta* se va a realizar previo a la temporada de ciclones tropicales. Se deben identificar las necesidades de capacitación de las brigadas a fin de reforzar los conocimientos y habilidades. En total, se van a capacitar cuatro brigadas de respuesta para Puerto Morelos. En caso de que se requiera mayor apoyo en campo, se deberán capacitar nuevas brigadas.

La capacitación se debe hacer mediante un curso teórico – práctico que debe incluir los siguientes temas:

- Evaluación rápida por medio de arrastres
- Técnicas para remover escombros de desastre en el mar.
- Acciones de respuesta primaria al arrecife
 - Recolocar y fijar corales desprendidos, desplazados, enterrados y/o volteados.
 - Pegar y estabilizar fragmentos y pedazos de colonias de coral rotas mediante varias técnicas.
 - Remover y/o estabilizar los fragmentos de coral muerto y sedimento que estén sueltos y causando daños en el arrecife.
 - Utilizar taladrós neumáticos como apoyo para la estabilización de colonias de coral grandes.
- Manipulación de bolsas de izaje y cuerdas, para remover escombros y corales pesados bajo del agua.
- Uso de nudos para realizar amarres y anclajes eficientes.

Las lecciones prácticas en su mayoría se van a hacer mediante buceo autónomo. Se recomienda incluir un curso de primeros auxilios (impartido por la Cruz Roja) y un curso de rescate acuático, y de proveedor de oxígeno (impartido por un Instructor DAN o PADI), para que las brigadas de respuesta estén preparadas en caso de accidentes en campo. Cada año se debe hacer una práctica para actualizar los conocimientos adquiridos.

HACER SIMULACROS DE RESPUESTA

Una vez que estén capacitadas las brigadas de respuesta, se deben llevar a cabo simulacros a fin de poner en práctica la operación y que los participantes practiquen y recuerden los pasos a seguir, el uso del equipo y herramientas y se familiaricen con el trabajo en equipo y liderazgo. Los simulacros deben integrar a todos los miembros de las brigadas y deben participar todos los involucrados en la operación del protocolo.

PREPARAR LOS MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA LAS BRIGADAS DE RESPUESTA

Previo a la temporada de ciclones tropicales, se deben comprar y/o reponer los materiales, herramientas y equipo que debe ser utilizado en la implementación del protocolo, tanto por las brigadas de respuesta como por el equipo de operaciones y comunicación. Las cajas de herramientas son cajas o maletas impermeables que contienen el material y herramientas necesarias para las actividades de respuesta primaria y secundaria. El contenido específico de cada caja está detallado en la Sección de Respuesta. La CONANP va a tener custodia de las cajas de herramientas, debe llevar un inventario del contenido de estas y asegurar que siempre estén completas. Estas deben estar resguardadas en un sitio estratégico. Fuera de la temporada de ciclones tropicales, el responsable de las cajas de herramientas es CONANP. Sin embargo, durante las acciones de respuesta primaria, las cajas son responsabilidad de los líderes de las brigadas, quienes deben coordinar con CONANP su resguardo.

Los líderes de brigada son los encargados de preparar las cajas junto con los miembros de las brigadas de respuesta.

Las cajas deben tener sellos de protección contra agua, ser rígidas y del tamaño adecuado al contenido (Figura 1 a, b). Es necesario contar con un mínimo de cuatro Cajas Herramientas, una para cada brigada de respuesta. Los materiales dentro de las cajas deben estar debidamente inventariados, organizados y etiquetados. Asimismo, cada caja debe estar debidamente numerada y etiquetada de acuerdo a la brigada que corresponda.

FIGURA 1

Cajas para el almacenamiento de materiales y equipo.



A Caja contra agua con agarraderas



B Caja hermética tipo Pelican con ruedas para fácil transportación

CONSIDERACIONES IMPORTANTES:

- No se recomienda el uso de bolsas de buceo para el almacenamiento de los materiales y herramientas ya que son suaves y exponen el contenido a daños. Además, estas no permiten mantener el orden del contenido, lo cual dificulta la búsqueda de los materiales y herramientas al momento de la respuesta.
- Las cajas deben ser portátiles, con cierre hermético, y de preferencia que incluyan ruedas para movilidad (Gulko et al., 2007).
- Las cajas deben ser resistentes, durables, y su contenido siempre debe estar completo, intacto y accesible dentro de esta (Gulko et al., 2007).
- Se deben utilizar cinchos plásticos o candado para asegurarla.
- Es necesario separar el equipo electrónico de las herramientas u otros materiales. Cada uno debe estar en su propia bolsa o empaque, y adecuadamente etiquetado.
- Después de usar las cajas, estas deben ser reabastecidas, y estar completas para el próximo evento. En caso de que alguna herramienta o equipo este dañado se debe sustituir por uno en buen estado.

ESTABLECER LA RED DE COMUNICACIÓN

En la etapa de preparación el *responsable de operaciones y comunicación* debe establecer una Red de Comunicación (RedCom), con el objetivo de mantener la comunicación interna y enviar las alertas y avisos a los miembros de la *comisión post-huracán*, las *brigadas de respuesta* y la Red de Aliados. La RedCom debe estar coordinada con la red de comunicación municipal, y la operación debe ser mediante una estación con línea de comunicación de radio banda ancha marina, para ser utilizada en caso de pérdida energía eléctrica o de telefonía celular. También se pueden comunicar mediante teléfonos celulares, en los lugares donde haya señal.

El *responsable de operaciones y comunicación* debe hacer un mapeo de los canales y medios de comunicación utilizados por los miembros de la *comisión post-huracán*, las *brigadas de respuesta* y la Red de Aliados, para mantener la comunicación de manera ordenada y accesible. Como resultado, se va a generar un diagrama que debe contener el listado de contactos principales (coordinador del comité, *líderes de las brigadas de respuesta*, *responsable de operaciones y comunicación*, secretario de la *comisión post-huracán* y director del PNAPM), y los teléfonos de emergencia (cámara hiperbárica, cruz roja, etc.). Este debe ser en formato impreso (de preferencia con protección plástica), y estar colocado en un lugar visible en los espacios de reunión de la *comisión post-huracán* y de las *brigadas de respuesta*. Adicionalmente, cada miembro de la *comisión post-huracán* y de las brigadas debe tener una copia plastificada.

Asimismo, se debe generar una lista con la información de contacto de todos los miembros de las *brigadas de respuesta*, una para los miembros de la *comisión post-huracán*, y una para los miembros de la Red de Aliados. Esta información debe ser actualizada cada año, previo a que inicie la temporada de ciclones tropicales.

La lista debe contener la siguiente información:

- Nombre y apellido
- Institución / organización / empresa a la que representa
- Número de teléfono (Indicar si es teléfono celular y/o fijo, y si tiene o no acceso a Whatsapp)
- Correo electrónico
- Redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, etc.)

- Numero de canal de radio banda ancha (en caso de tener)
- Otro medio de comunicación al que tiene acceso (opcional)

IDENTIFICAR AMENAZAS Y REDUCIR RIESGOS

Los fuertes vientos de un ciclón tropical pueden impactar la infraestructura de la costa, especialmente la que este en mal estado, desprendida, dañada, lo cual genera escombros que terminan en la laguna arrecifal o sobre el arrecife. Asimismo, la inundación generada por el ciclón puede causar daños a los sistemas de suministro de energía eléctrica y agua potable, y puede acarrear contaminantes al mar.

Durante la fase de preparación, es necesario que la *comisión post-huracán* solicite a la CONANP que lleve a cabo un mapeo de las amenazas locales, para identificar el daño potencial que estas puedan ocasionar al arrecife en un evento de huracán o tormenta tropical, a fin de reducir riesgos. Entre las amenazas locales se pueden incluir:

- Infraestructura que requiere reparación o que este obsoleta o en mal estado.
- Troncos o ramas grandes que estén sueltos cerca del mar, y que puedan ser arrastrados al mar por las olas y la fuerza del viento.
- Fuentes de contaminantes (sumideros, zonas de drenaje de aguas servidas, basureros cercanos al mar).

El coordinador de la *comisión post-huracán* y los *líderes de las brigadas* deben apoyar a la autoridad del parque en la inspección. La CONANP debe reportar a Protección Civil, a las dependencias municipales y a los negocios locales (restaurantes, hoteles, etc.), las amenazas encontradas durante la inspección, a fin de que las aborden previo a la temporada de ciclones tropicales. Estas son algunas de las acciones que se deben sugerir:

- Reparar y/o remover la infraestructura en mal estado y/o obsoleta (muelles, techos, palapas, etc.).
- Asegurar los objetos detectados que pudieran salir proyectados durante un ciclón (antenas de televisión, rótulos, objetos colgantes, etc.).

- Limpiar azoteas, desagües, coladeras, lotes baldíos y basureros cercanos al mar.
- Podar árboles y arbustos alrededor de las viviendas, hoteles, áreas verdes que estén frágiles y puedan llegar a caerse.
- Atender fuentes de contaminantes que pudieran desbordar y drenar al mar causando contaminación en el arrecife.

Se presenta un resumen (Figura 2) de las acciones de planeación y preparación expuestas anteriormente. Estas acciones se van a realizar previo a la temporada de ciclones tropicales.

FIGURA 2

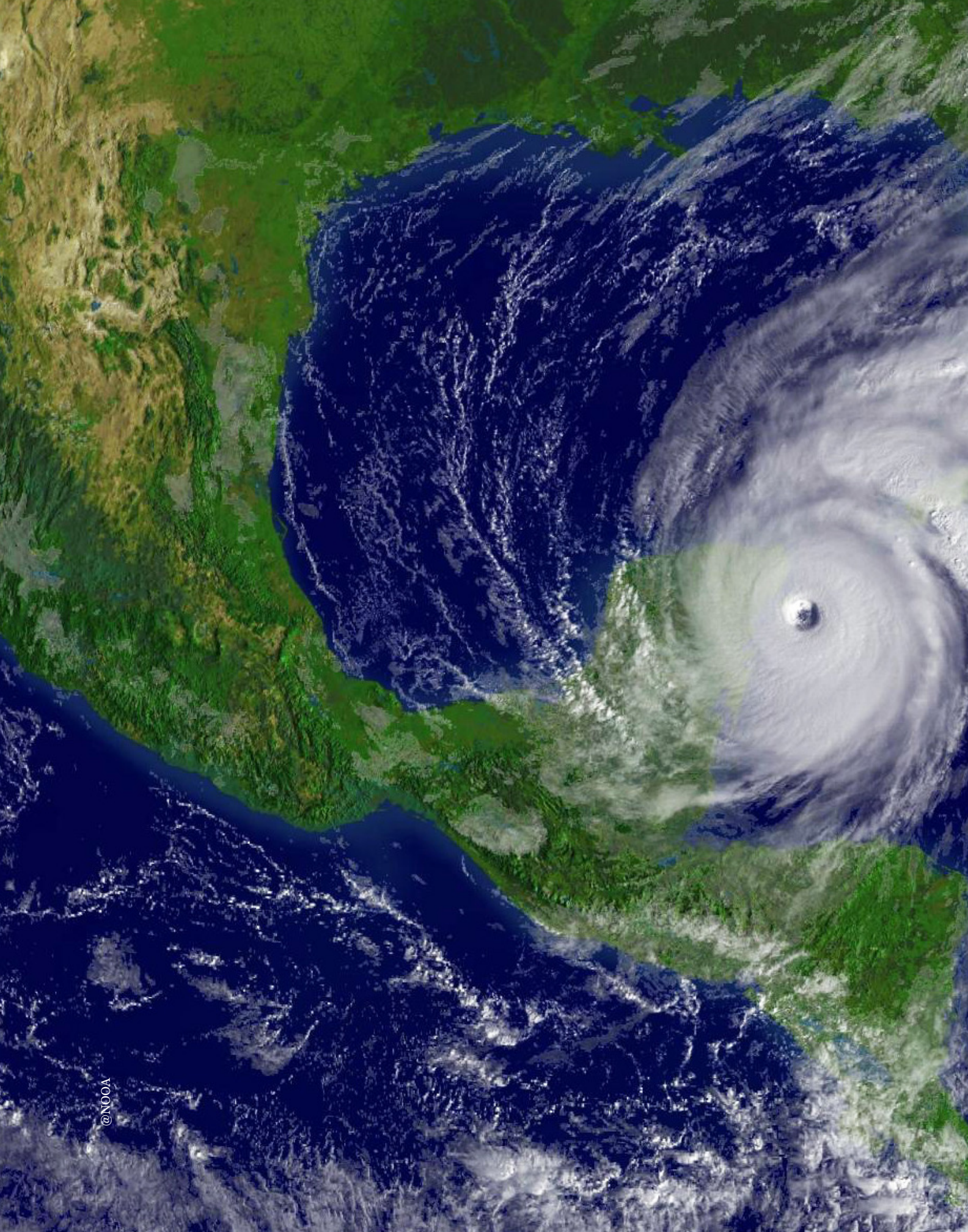
Diagrama de flujo que muestra las acciones a realizar antes de la temporada de ciclones tropicales.





SECCIÓN 3

ALERTA TEMPRANA



ALERTA TEMPRANA

La etapa de alerta temprana describe las acciones a realizar durante la presencia del ciclón tropical en el área, tanto en su etapa de acercamiento como en la de alejamiento. Esta se va a realizar durante los meses de junio a noviembre de cada año, conforme a la temporada de ciclones tropicales en Quintana Roo.

Para la alerta temprana, se debe tomar en cuenta el Sistema de Alerta Temprana (SIAT) del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), una herramienta de coordinación en el acercamiento a la población y en la acción institucional, ante la amenaza ciclónica. El SIAT identifica 5 niveles de alerta en 2 fases, una de acercamiento y una de alejamiento (SIAT-CENAPRED, 2016), ver Figura 3. El SIAT incluye un conjunto de procedimientos e instrumentos, a través de los cuales se monitorea una amenaza o evento adverso (natural o antrópico) de carácter previsible, se recolectan y procesan datos e información, ofreciendo pronósticos o predicciones temporales sobre su acción y posibles efectos, tanto en su fase de acercamiento como en su fase de alejamiento.

Durante esta etapa se debe mantener informados a los miembros de la *comisión post-huracán* y de las *brigadas de respuesta* ante un potencial ciclón tropical. Se debe coleccionar y procesar información oportuna y eficaz ante una amenaza climática, lo cual va a facilitar la toma de decisiones y la implementación de acciones, con el fin de que se preparen con suficiente tiempo, para dar una respuesta inmediata y efectiva. Las acciones a implementar en la etapa de alerta temprana dependen del nivel de alerta, y éste a su vez de la distancia a la que se encuentre el ciclón y su intensidad, según esté en fase de acercamiento o alejamiento.

Todas las acciones de alerta temprana han sido resumidas en un diagrama de flujo (Figura 4), el cual debe ser difundido entre las instituciones participantes en esta iniciativa. La información contenida en los diagramas puede ser actualizada o mejorada una vez que se ponga en práctica el protocolo.

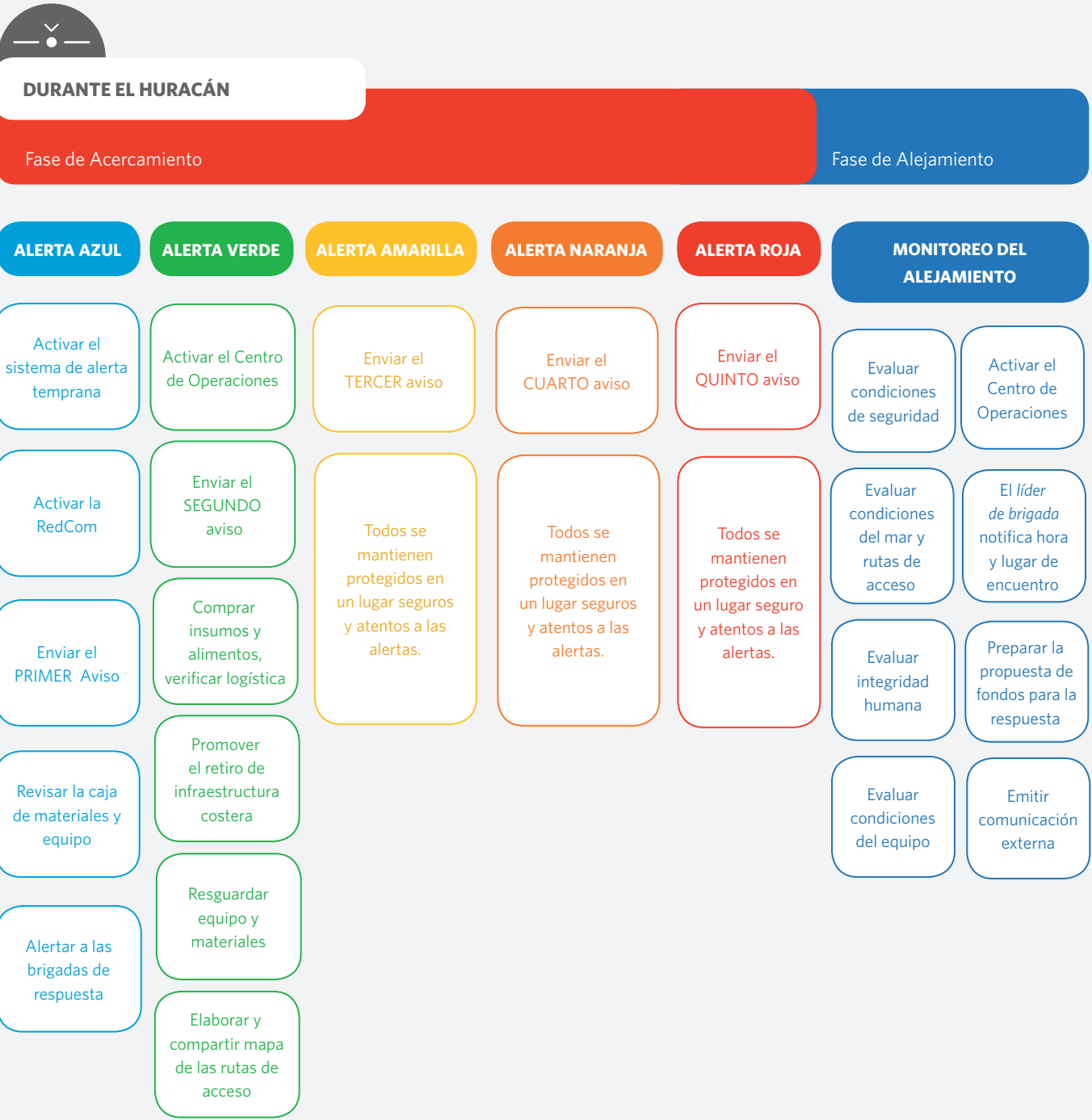
FIGURA 3

Sistema de Alerta Temprana (SIAT)



FIGURA 4

Diagrama de flujo que muestra un resumen de las acciones a realizar durante el paso de un ciclón tropical en la zona de Puerto Morelos.



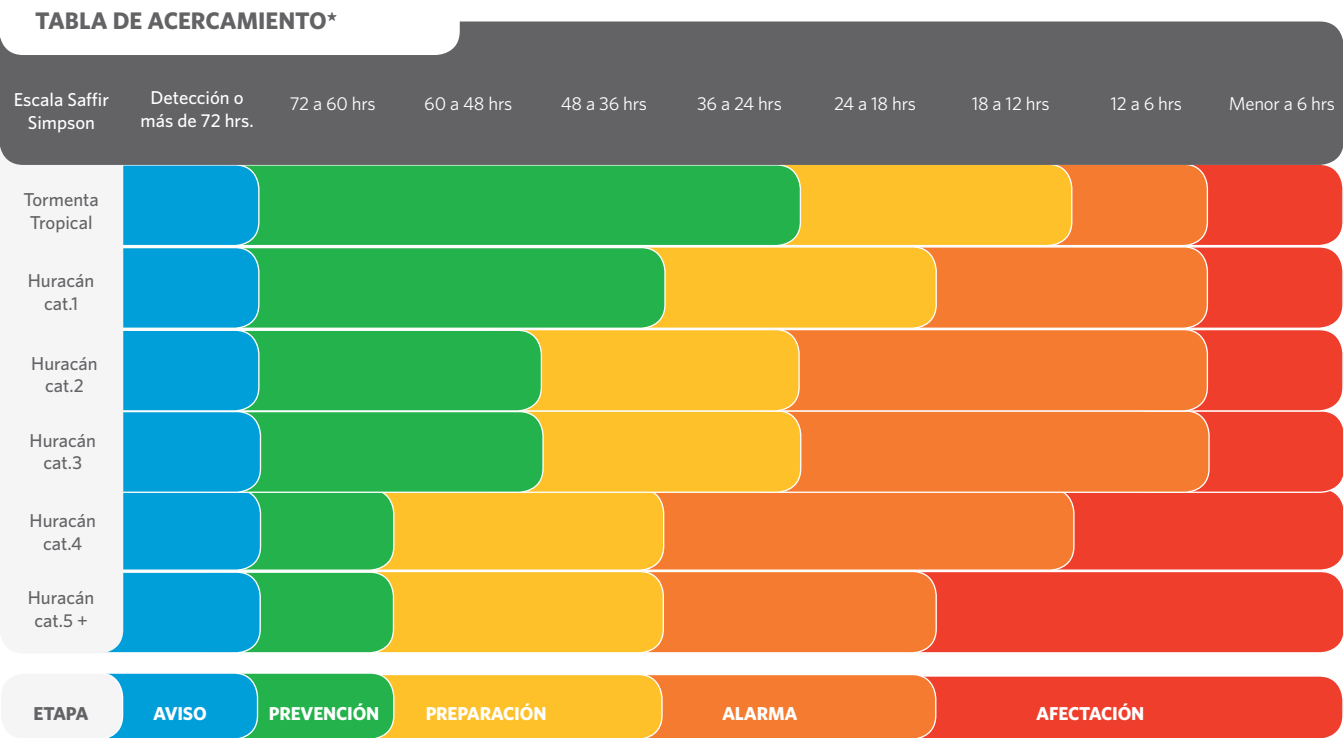
FASE DE ACERCAMIENTO

En el caso de un pronóstico de ciclón tropical con potencial de afectación en el territorio mexicano, la *comisión post-huracán* debe monitorear continuamente los informes del Sistema de Alerta Temprana y consultar con Protección Civil a través de la Red de Comunicación (RedCom) para proceder de acuerdo al nivel de alarma. Para esto, se debe realizar los estudios pertinentes en el Servicio Meteorológico Nacional, CENAPRED y Dirección General de Protección Civil (DGPC). La información válida (oficial) debe ser transmitida por la DGPC a la *comisión post-huracán* de acuerdo al SIAT del

CENAPRED, utilizando la RedCom establecida.

Se considera que el Sistema de Alerta Temprana está en fase de “Acercamiento” cuando el ciclón tropical se encuentra aproximándose a territorio nacional o acercándose a un área afectable. Para la tabla de acercamiento (Tabla 1), toma como referencia el tiempo pronosticado de llegada de la línea de vientos de 34 nudos, en lugar de la combinación de tiempo y distancia. La tabla comprende 5 etapas, que se distinguen por su nomenclatura y color.

TABLA 1
Etapas de la Fase de Acercamiento de un ciclón.



En las siguientes tablas (Tabla 2, 3, 4), se detallan las acciones que se deben realizar durante la fase de acercamiento del ciclón de acuerdo a las distintas etapas de alerta:

TABLA 2

Acciones a realizar en la “Alerta Azul” durante la fase de acercamiento del ciclón.

←

FASE DE ACERCAMIENTO		
Alerta Azul		
La Alerta Azul se emite cuando se detecta un fenómeno meteorológico (desde una tormenta tropical hasta un huracán categoría 5), que lleve una trayectoria hacia la costa del Caribe mexicano con una anticipación de más de 72 horas.		
PASO	DETALLE	RESPONSABLE
Activar el Sistema de Alerta Temprana	Una vez recibida la información por parte de la DGPC, se activa el SIAT por medio del cual se va a monitorear la trayectoria del ciclón y las etapas de alerta.	Coordinador del comité
Activar la RedCom	Se debe crear un grupo de Whatsapp temporal que debe mantener informados a los miembros de la <i>comisión post-huracán</i> y a los <i>líderes de las brigadas</i> . El <i>responsable de operaciones y comunicación</i> debe coordinar con el coordinador de la <i>comisión</i> para la activación de la RedCom.	Coordinador de la <i>comisión</i> y el responsable de <i>Operaciones y Comunicación</i>
Enviar el PRIMER aviso	Una vez activada la RedCom, se debe enviar un aviso a todos los miembros de la <i>comisión post-huracán</i> y <i>líderes de las brigadas</i> a través de la RedCom, para que estén enterados de la ALERTA AZUL, y que estén atentos a las indicaciones que se van a dar según evolucione el fenómeno meteorológico.	Responsable de <i>Operaciones y Comunicación</i>
Revisar la caja de materiales y equipo	Se deben revisar las cajas de materiales y verificar que se encuentren completas de acuerdo al listado del contenido, y que todos los equipos y materiales estén en perfectas condiciones y funcionando. Una vez que se verifiquen se debe hacer una lista de cualquier material faltante. Esta lista se debe entregar al <i>responsable de operaciones y comunicación</i> .	<i>Líderes de las brigadas</i>
Alertar a los miembros de las brigadas	El líder de cada <i>brigada de respuesta</i> crea un grupo de Whatsapp temporal para mantener informados a los miembros de las brigadas.	<i>Líderes de las brigadas</i>

TABLA 3

Acciones a realizar en la “Alerta Verde” durante la fase de acercamiento del ciclón.

FASE DE ACERCAMIENTO

Alerta Verde

La Alerta Verde se emite cuando el ciclón se encuentra con una trayectoria a menos de 72 horas de impactar en la costa. En esta fase ya se conoce el área más probable de afectación.

PASO	DETALLE	RESPONSABLE
Activar el centro de operaciones	Una vez identificada la trayectoria del fenómeno meteorológico, se debe activar el <i>centro de operaciones</i> , a fin de dirigir las acciones durante y después del paso del ciclón.	Coordinador del comité
Enviar el SEGUNDO aviso	Se debe enviar un aviso a todos los miembros de la <i>comisión</i> y <i>líderes de las brigadas</i> a través de la RedCom, para que estén enterados de la ALERTA VERDE, y que estén atentos a las indicaciones que se van a dar según evolucione el fenómeno meteorológico. A través de este aviso se convoca a los <i>líderes de las brigadas</i> en el <i>centro de operaciones</i> .	Responsable de <i>operaciones y comunicación</i>
Comprar insumos y alimentación para las brigadas, y verificar listado de logística	Se debe comprar el combustible para las embarcaciones, suministros faltantes, consumibles no perecederos, agua y baterías. Todos estos insumos deben ser resguardados en un lugar seguro. El responsable de <i>operaciones y comunicación</i> debe verificar la siguiente información: • Cuenta con uniformes o distintivos que identifiquen a las brigadas. • Cuenta con la lista de las embarcaciones disponibles a utilizar después del paso del ciclón. • Cuenta con provisiones de alimentos y combustible para la respuesta primaria.	Responsable de <i>operaciones y comunicación</i>
Promover el retiro de boyas	Coordinar con la SEMAR y la CONANP para que estas instituciones retiren las boyas de amarre y rosarios de boyas que estén sujetas a muertos de concreto y que puedan ser arrastrados por la marea o por el viento. Las boyas de amarre que están colocadas con Alcatayas o mantas resisten el paso de un huracán y sirven de referencia después del evento.	Coordinador de la <i>comisión post-huracán</i>
Resguardar equipo y materiales	Se debe resguardar el equipo externo (embarcaciones, equipo de buceo, tanques, compresores, etc.) y las <i>cajas de materiales y herramientas</i> en un lugar seguro.	Responsable de <i>operaciones y comunicación</i>
Elaborar y compartir mapa de las rutas de acceso	Es necesario elaborar un mapa que especifique todas las ruta o rutas de acceso posibles desde el <i>centro de operaciones</i> y de los sitios donde estén resguardadas las <i>cajas de materiales y herramientas</i> , embarcaciones, y equipo de buceo, hasta la zona de impacto del ciclón. Este mapa se debe compartir con el coordinador del comité, <i>líderes de las brigadas</i> , y responsable de <i>operaciones y comunicación</i> .	Responsable de <i>operaciones y comunicación</i>

TABLA 4

Acciones a realizar en la “Alerta Amarilla”, “Alerta Naranja” y “Alerta Roja” durante la fase de acercamiento del ciclón.

<

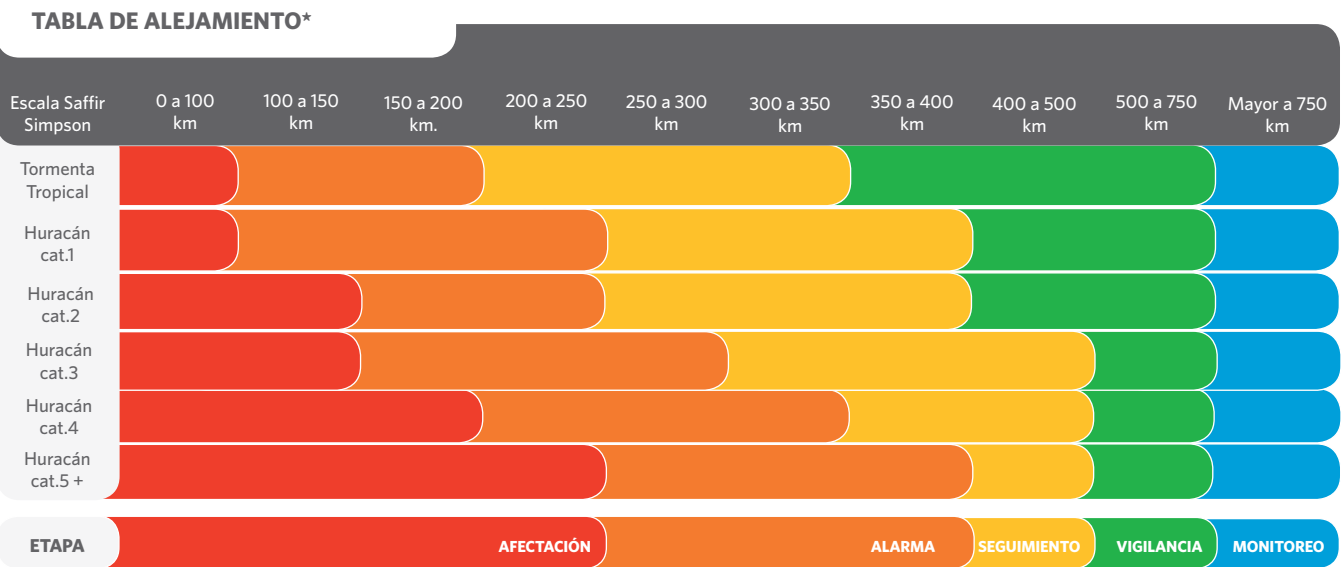
FASE DE ACERCAMIENTO		
PASO	DETALLE	RESPONSABLE
Alerta Amarilla	Se envía un aviso a todos los miembros de la comisión y líderes de las brigadas a través de la RedCom, para que estén enterados de la ALERTA en la que se encuentran, e indicarles que TODOS se deben mantener protegidos en un lugar seguro para ellos y sus familiares, y atentos a las indicaciones que se den según evolucione el fenómeno meteorológico.	Responsable de operaciones y comunicación.
Enviar el TERCER aviso en Alerta Amarilla (el ciclón se encuentra con una trayectoria a menos de 24 horas de impactar costa).		
Alerta Naranja		
Enviar el CUARTO aviso en Alerta Naranja (el ciclón se encuentra con una trayectoria a menos de 12 horas de impactar costa).		
Alerta Roja		
Enviar el QUINTO aviso en Alerta Roja (el ciclón se encuentra con una trayectoria a menos de 6 horas de impactar costa)		

FASE DE ALEJAMIENTO

El coordinador de la comisión post-huracán debe monitorear el alejamiento del ciclón y los avisos de la DGPC para determinar el momento de entrada de las brigadas. Se considera que el Sistema de Alerta Temprana está en fase de “Alejamiento” cuando el ciclón se encuentra alejándose de un área afectable, ya sea después de un impacto o bien sin que se haya dado esta situación. La tabla de alejamiento (Tabla 5), toma como referencia únicamente la distancia con respecto a la línea de vientos de 34 nudos. La tabla comprende 5 etapas, que se distinguen por su nomenclatura y color.

TABLA 5

Etapas de la Fase de Alejamiento de un ciclón tropical.



EVALUAR LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

Se debe estimar el tiempo en días en que se van a iniciar las actividades de limpieza y respuesta primaria del arrecife, tomando en consideración las fases de alejamiento del ciclón. En vista que la seguridad de todos los participantes es fundamental en este proceso, una vez que el ciclón se ha alejado de Quintana Roo, se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Evaluar las condiciones del mar y las rutas de acceso. En coordinación con Capitanía de Puerto, Protección Civil y la Secretaría de Marina Armada de México, el *equipo de operaciones y comunicación* debe evaluar las condiciones de estado del mar y definir las rutas de acceso (calles, carreteras) a la playa y el mar, previo a iniciar las acciones de evaluación y respuesta.
- Evaluar la condición de los miembros de las brigadas. Los *líderes de las brigadas* son los responsables en contactar a los miembros de las brigadas a fin de verificar su integridad física y asegurar que estén en condiciones de participar en las labores de respuesta, sin poner en riesgo su vida. Los *líderes de las brigadas* deben reportar el estado y enviar a la *comisión post-huracán* la lista de participantes de cada brigada que hayan confirmado su disponibilidad.
- Evaluar el estado del equipo. Los *líderes de las brigadas* deben verificar que los vehículos, embarcaciones, equipo de buceo, y cajas de herramientas no hayan sufrido daños o pérdidas.

ACTIVAR EL CENTRO DE OPERACIONES

El *centro de operaciones* va a operar en la misma sede del Comité de Emergencias Municipal de Puerto Morelos. Una vez que la *comisión post-huracán* determine que el mar y las brigadas estén en condiciones adecuadas para trabajar, y con la aprobación de la Capitanía de Puerto, se pueden trasladar las embarcaciones al mar en los sitios previamente identificados y seguros. Los *líderes de las brigadas* deben notificar a los miembros de las *brigadas de respuesta* sobre la hora y el punto de encuentro. En la Tabla 6, se presenta la lista de materiales, herramientas y equipo que debe permanecer en el *centro de operaciones* para uso del *equipo de operaciones y comunicación*.

TABLA 6

Materiales, herramientas y equipo para uso del equipo de operaciones y comunicación.



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO

Detalle	Cantidad/Unidad	
Botiquín	1	unidad
Baterías extras nuevas o cargadas	6	docenas
Memoria SD extra	6	unidades
Radio marino VHF	1	unidad
Planta eléctrica portátil	1	unidad
Celular	1	unidad
Contenedores de 5 galones (depósito de combustible y lubricantes).	4	unidades

PREPARAR LA PROPUESTA DE FONDOS

La *comisión post-huracán* debe preparar una propuesta ante FONDEN, para gestionar fondos de emergencia que sirvan para implementar las acciones de la etapa de respuesta primaria.

MANEJAR LA COMUNICACIÓN EXTERNA

El coordinador de la *comisión post-huracán* es el responsable de la comunicación externa, a fin de proporcionar los informes necesarios hacía el exterior del grupo, haciendo la información más fluida y manteniendo al público en general enterado de las acciones que se llevan a cabo. En la ausencia del coordinador del comité, el *responsable de operaciones y comunicación* va a asumir esa responsabilidad.





SECCIÓN 4

EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

Se debe realizar una evaluación rápida, para determinar el nivel de daño en los arrecifes provocado por el ciclón tropical, y para identificar la presencia de escombros de desastre acarreados hacia el arrecife. Esta evaluación es crucial, pues contribuye directamente a la toma de decisiones, así como al planeamiento y control de una respuesta organizada. Los resultados de la evaluación brindan a los responsables de tomar las decisiones, la información necesaria para establecer los criterios de respuesta y priorizar las zonas que requieren respuesta inmediata.

La evaluación se va a iniciar una vez que el ciclón tropical se ha alejado y las condiciones climáticas sean favorables, y tan pronto como el escenario del desastre permita un trabajo seguro para los brigadistas. Durante la evaluación se deben registrar los datos

generales del daño por categoría, ubicándolos sobre el mapa de vulnerabilidad obtenido durante la etapa de planeación. Las brigadas van a estar a cargo de realizar estas acciones.

La evaluación rápida se va a realizar mediante las siguientes técnicas:

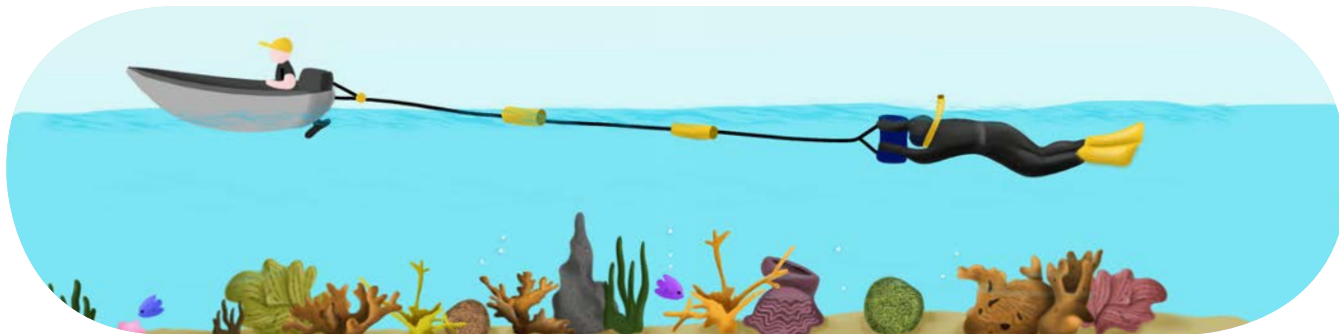
- Recorridos acuáticos mediante arrastre en esnórkel.
- Si la claridad del agua lo permite, se puede obtener una visión más amplia del arrecife mediante vuelos con dron.

EVALUACIÓN MEDIANTE ARRASTRES

Se debe realizar una evaluación rápida para identificar los principales daños y determinar los sitios del arrecife que fueron mayormente afectados, y así priorizar las áreas que requieren respuesta primaria inmediata. También, se debe determinar la cantidad de escombros de desastre acarreados por el ciclón y calcular el nivel de intervención requerido para remover los escombros. Para esto, las brigadas de respuesta van a realizar recorridos subacuáticos, mediante la técnica de arrastres (ver Figura 5) con el fin de documentar y ubicar los daños ocasionados por el ciclón en los corales del área.

FIGURA 5

Diagrama de la técnica de arrastres “Manta” sugerida para la pre-evaluación (English et al. 1993).



Cada brigada se pondrá de acuerdo para establecer un código de señales que le permita al esnórquel transmitir lo que observa en sustrato marino. Los miembros de la brigada que permanecen en la embarcación serán los encargados de registrar en una tablilla de acrílico la descripción de daño que reporta el esnórquel en el agua y la posición geográfica del registro.

El nivel de daño del arrecife se clasifica en 6 categorías (Tabla 7). Una vez registrado el dato de daños en relación a un punto georreferenciado, debe ser posible plasmar esta información en un mapa con la ubicación de los daños que requieren respuesta inmediata.

TABLA 7

Esta tabla categoriza el nivel de daño de acuerdo con el porcentaje de colonias afectadas y el daño en la estructura artificial. Los niveles de daño representan grupos de impacto ecológico que encapsulan el daño a las colonias y al arrecife. Los niveles 1, 2 y 3 se refieren a daños al coral, mientras que los niveles 4 y 5 se refieren a daños a la estructura arrecifal (Elaborado a partir de Beeden et al., 2015).

CATEGORIZACIÓN DEL DAÑO		
Nivel de daño	Categoría	Características
0	No hay daño	Arrecife sin daño aparente derivado del fenómeno.
1	Daño menor	Algunos corales ramificados parcialmente dañados, principalmente con las puntas y bordes rotos (1-30%), y/o ramas (1-10%).
2	Daño moderado	Muchos (31-75%) corales parcialmente dañados. La mayor parte de las colonias frágiles con puntas o bordes rotos; algunas ramas faltantes o quebradas en fragmentos grandes.
3	Daño mayor a los corales / Daño menor al arrecife	Hasta un 30% de las colonias desprendidas. Algunos corales con laceraciones provocadas por los escombros; corales blandos rasgados; y fragmentos de corales masivos y ramificados sueltos en el fondo y entre los escombros.
4	Daño severo a los corales / Daño moderado al arrecife	Muchas (31-50%) colonias de coral muertas o removidas; muchos corales con laceraciones provocadas por los escombros; Fragmentos pequeños de coral vivo mezclados con cascajo de coral muerto y/o restos de otros componentes del arrecife (esponjas, algas, gorgonáceos, etc) ; corales blandos severamente dañados o desprendidos; y algunas colonias grandes de coral desplazadas.
5	Daño extremo al arrecife	Grandes colonias de corales masivos y ramificados removidas (51-100%). El lecho se encuentra totalmente removido y sin organismos sésiles, se observa evidencia de daño estructural.



Para llevar a cabo la evaluación se requiere una serie de materiales y equipo listado en la Tabla 8.

PARA LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS O VIDEO DE LAS ZONAS AFECTADAS SE RECOMIENDA QUE SE REALICE CUANDO LA EMBARCACIÓN ESTE DETENIDA, YA QUE LAS CÁMARAS PUEDEN INUNDARSE POR LA PRESIÓN VARIABLE DEL AGUA EN LOS ARRASTRES.

TABLA 9

Materiales y herramientas para el desarrollo de las actividades de evaluación rápida.



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO		
Detalle	Cantidad/Unidad	
Dispositivo de arrastre	1	unidad
Cabo de seda de ¾ de pulgada	25	metros
Tablas de acrílico para escribir	1	unidades
GPS	1	unidad
Cámara fotográfica y de video	1	unidad

EVALUACIÓN MEDIANTE DRON

Se sugiere el uso de dron para realizar la evaluación aérea del daño. Esta tecnología permite recolectar videos e imágenes de muy alta resolución y georeferenciadas, con mucho mayor detalle que las imágenes satelitales. Estos datos permiten estimar la cantidad de escombros de desastre acarreados por el ciclón al mar, generar rutas georreferenciadas para ubicar los sitios afectados en las distintas zonas del arrecife, aun en zonas tan someras donde la embarcación no puede llegar.

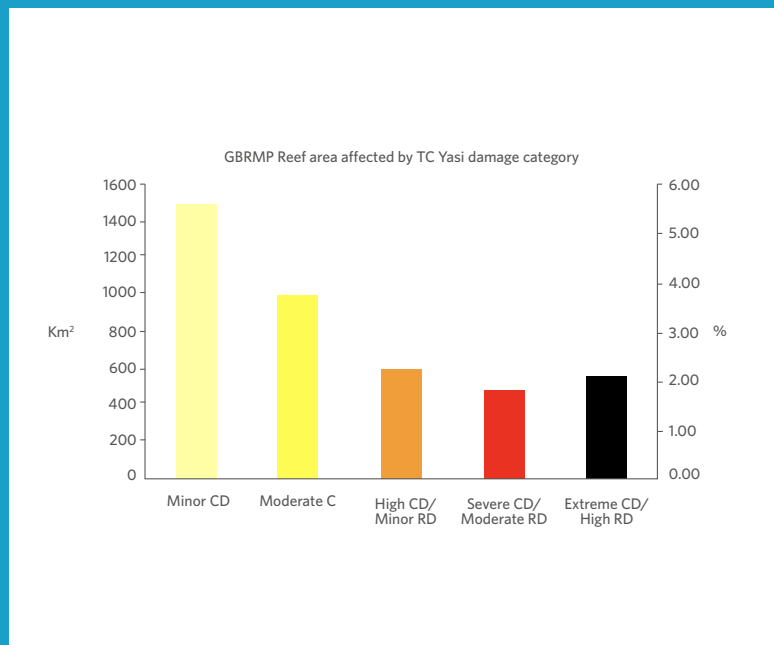
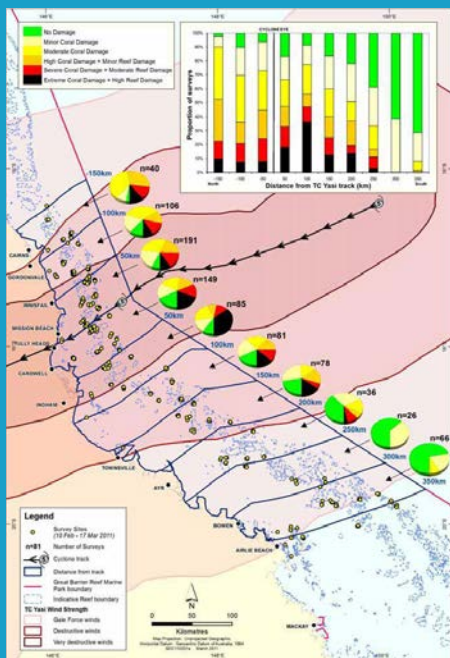
PRIORIZACIÓN DE LOS SITIOS PARA LA RESPUESTA INMEDIATA

La evaluación rápida provee información de la extensión y la severidad del daño causado por el ciclón, lo que facilita la toma de decisiones a la comisión post-huracán, a las brigadas y a las autoridades. Los datos colectados deben ser analizados en conjunto con socios (e.g. El ICMYL de la UNAM) que tengan las capacidades técnicas de procesar y representar adecuadamente los datos en periodos cortos de tiempo, pero deben contar con un nivel de detalle adecuado y suficiente precisión sobre los hechos.

Con la información generada en la evaluación rápida se deben elaborar mapas del impacto general (ver ejemplo en Figura 6), que muestren la ubicación de los sitios con mayor afectación. Estos deben incluir la batimetría a fin de que los buzos de las brigadas puedan planificar sus perfiles de buceo. Asimismo, se debe registrar la ubicación de los sitios afectados en el GPS para facilitar la búsqueda. Los resultados deben ser presentados de manera inmediata a la comisión post-huracán, quien debe realizar una reunión de trabajo con los principales actores del protocolo a fin de priorizar los sitios que requieren respuesta inmediata, e identificar las zonas prioritarias de limpieza.

FIGURA 6

Ejemplo de un mapa de impactos generales (Tomado de GBRMPA, 2011).







SECCIÓN 5

RESPUESTA PRIMARIA

RESPUESTA PRIMARIA

En esta sección se describen las acciones de respuesta primaria que se van a realizar una vez que el ciclón se haya alejado, y se dé inicio a las actividades acuáticas de las brigadas. Estas acciones se deben llevar a cabo tan pronto como sea posible y cuando las condiciones ambientales permitan el desarrollo de actividades acuáticas sin riesgos para los brigadistas. El propósito de la respuesta primaria es reducir los daños causados por el ciclón al arrecife, y prevenir nuevos daños potenciales que pueden ocurrir de no brindarse la asistencia necesaria.

La respuesta primaria consiste en:

- Acciones de limpieza para remover escombros y elementos ajenos del mar.
- Asistencia primaria al arrecife, por los daños ocasionados por el ciclón tropical.

ACCIONES DE LIMPIEZA

Después del paso de un ciclón tropical quedan muchos escombros en la playa y en el mar debido al arrastre de viento, mareas y escurrimiento de agua dulce (ver Figura 7). Por tanto, una de las primeras acciones que deben realizar las brigadas, es remover escombros de desastre que han sido arrastrados al mar. Para esto se debe llevar a cabo la limpieza en las distintas zonas del arrecife.

FIGURA 7

A. Escombros generados por el paso del huracán Wilma en algunos hoteles de Quintana Roo. Foto E. Craig; **B.** Acciones de limpieza en el arrecife después del huracán Wilma 2005. Foto: J.C Huitrón



El objetivo de esta actividad es remover objetos (escombros de desastre, basura, desperdicios) que flotan en el mar, o que están depositados tanto en la parte somera, como en la zona arrecifal, que se no ser removidos de forma oportuna, pueden seguir ocasionando daños a los corales, debido a la fricción y el arrastre producido por las mareas, corrientes y el oleaje. Se debe considerar que los escombros de desastre pueden ser antropogénicos (material de construcción, electrodomésticos, basura, bolsas, objetos extraños, y contaminantes dañinos al arrecife) o naturales (troncos, ramas, material orgánico), pero ambos pueden causar daños al arrecife. Los efectos más devastadores de un ciclón ocurren cuando cruzan las líneas costeras, haciendo entrada en tierra y levantando objetos que terminan en el mar.

Con base en el análisis de la información recopilada en la evaluación rápida del daño (sección IV) y contrastada con la línea base del PNAPM y el mapa de vulnerabilidad (Mapa de Impactos Generales), la comisión post-huracán, en acuerdo con los aliados, debe priorizar los sitios que requieren limpieza inmediata.

LIMPIEZA MARINA

Las acciones de limpieza del arrecife se deben realizar mediante buceo autónomo para recolectar los escombros del fondo o mediante nado con esnorkel en las zonas superficiales. La brigada que realice estas acciones debe tener a su disposición una embarcación. Para realizar la limpieza de la zona marina (laguna arrecifal y cresta del arrecife), se requieren por lo menos cuatro *brigadas de respuesta* trabajando de manera simultánea, para lograrlo en los primeros días que sea posible el desarrollo de actividades acuáticas después del paso del ciclón.

Los miembros de la brigada deben iniciar el recorrido divididos en parejas. Cuando encuentren objetos grandes y pesados, deben amarrar el objeto u objetos a una bolsa de izaje, utilizando una malla para agruparlos. Una vez amarrados, la bolsa se debe enviar a la superficie llenándola de aire con el regulador. En caso de ser necesario, deben agruparse con otras parejas para llevarlo a la superficie. El resto de las parejas debe continuar el recorrido en la misma dirección, para buscar otros objetos o escombros, pero sin alejarse demasiado. Cada pareja debe contar con una boya de señalización, por si se llega a separarse del grupo, de esta forma la embarcación podría ubicarlos al finalizar los recorridos.

Es necesario que dos miembros de la brigada permanezcan en la embarcación, y de dos a tres permanezcan en la superficie del agua, para que apoyen a los buzos cuando envíen bolsas de escombros del fondo a la superficie. El personal que esté en la embarcación debe estar pendiente de sacar las bolsas de escombros que envíen

los buzos a la superficie. Esos escombros deben ser depositados provisionalmente en la embarcación para su posterior traslado a la costa.

Estas acciones se deben repetir cuantas veces sea necesario durante los recorridos. Una vez finalizada la limpieza marina, o cuando ya se hayan llenado los depósitos en la embarcación, se deben trasladar los escombros a la costa, donde van a ser recolectados por un vehículo para ser desechados en el sitio dispuesto por las autoridades municipales. Es responsabilidad de la *comisión post-huracán*, durante la etapa de planeación, contar con alianzas o acuerdos con el municipio para el desarrollo de estas actividades. Los brigadistas requieren una serie de materiales y herramientas indispensables para las actividades de limpieza marina (Tabla 9).

Adicionalmente, las *brigadas de respuesta* van a requerir lo siguiente:

- Embarcación
- Tanques de buceo
- Equipo de buceo y esnorkel
- Plomos
- Equipo de oxígeno DAN
- Botiquín de primeros auxilios
- Combustible para la embarcación

TABLA 9

Materiales necesarios para el desarrollo de actividades de limpieza marina.



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO

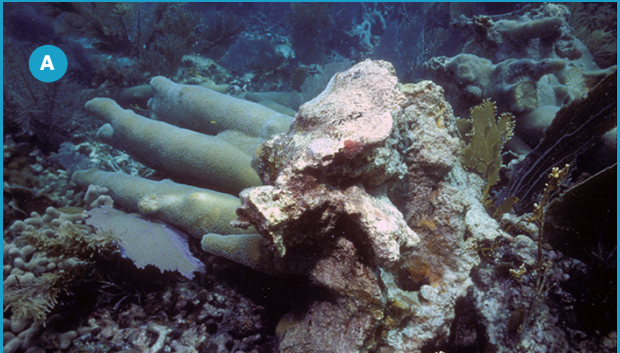
Detalle		Cantidad/Unidad	
Costales o sacos	12	unidades	
Bolsas de malla	12	unidades	
Guantes de buceo	12	unidades	
Bolsas de izaje	3	unidades	
Cuerda de uso marino	6	unidades	
Boyas de buceo	3	unidades	

ACCIONES DE ASISTENCIA PRIMARIA DEL ARRECIFE

Conforme pase el tiempo, las colonias de coral impactadas por el ciclón, reducen sus posibilidades de sobrevivencia debido a la abrasión, la falta de luz, y en caso de que estén sueltas, podrían estar generando impactos secundarios en el arrecife por el movimiento de las corrientes. Los daños causados por el ciclón son diversos, van desde puntas y orillas rotas, colonias desprendidas, volteadas o sepultadas bajo la arena y escombros. Además las colonias de coral que no hayan sido desprendidas pueden presentar diferentes daños por abrasión y fragmentación parcial. Sin ninguna intervención, la posibilidad de sobrevivencia de estos organismos impactados es baja, además podrían ser arrastrados por la corriente y el oleaje o enterrados y cubiertos por el sedimento impidiendo su fijación y recuperación.

FIGURA 8

Algunos de los daños causados por el ciclón. **A.** Colonia de *Dendrogyra cylindrus* (coral pilar) volteada por el impacto de un huracán. Foto NOAA; **B.** Fragmento de *Acropora palmata*. Foto: Kemit-Amon Lewis; **C.** Fragmentos de *Acropora palmata* producidos por el huracán Wilma en 2005. Foto: J.C. Huitrón; **D.** Colonia con daños de abrasión producidos durante el huracán Emily en 2004. Foto: J.C. Huitrón





Las *brigadas de respuesta* son las encargadas de llevar a cabo acciones de asistencia primaria en los arrecifes del PNAPM. Cada brigada de respuesta va a estar formada por:

- Cuatro a seis buzos certificados
- Dos a cuatro nadadores que permanezcan en la superficie con equipo de *esnorquel* listos para enviar materiales a los buzos y recibir las bolsas con fragmentos.
- Dos personas que permanezcan en la embarcación para subir los escombros o artículos encontrados y para preparar el cemento y llenar las bolsas dosificadoras
- Un capitán de la embarcación

Durante la atención primaria, las brigadas de respuesta van a estar a cargo de las siguientes acciones (ver Figura 9):

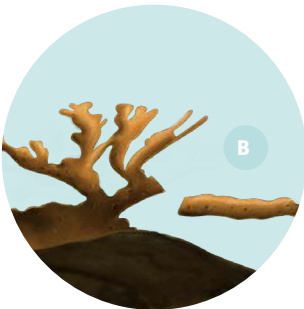
- Levantar y fijar colonias enteras desprendidas.
- Recolectar fragmentos de coral con un porcentaje de tejido vivo mayor al 50% para asegurar su viabilidad en la recolocación.
- Desenterrar fragmentos de coral y revisar aquellos que puedan ser viables para recolocación.
- Recolectar fragmentos pequeños o con menos del 50% de tejido vivo para ser trasladados a viveros de coral.
- Remover y/o estabilizar los fragmentos de coral muerto y sedimento que estén sueltos y causando daños en el arrecife.

FIGURA 9
Ejemplo de las acciones de asistencia primaria. Diagrama de OCEANUS A.C.

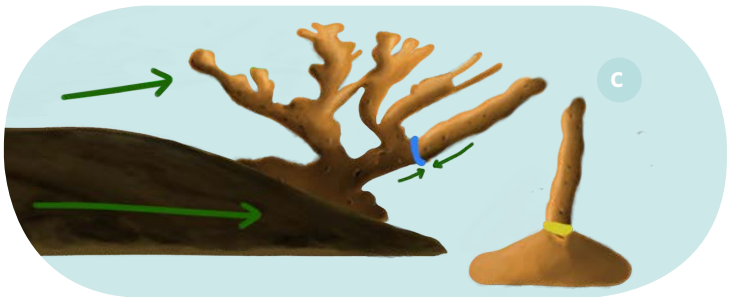
ACCIONES PRIMARIAS



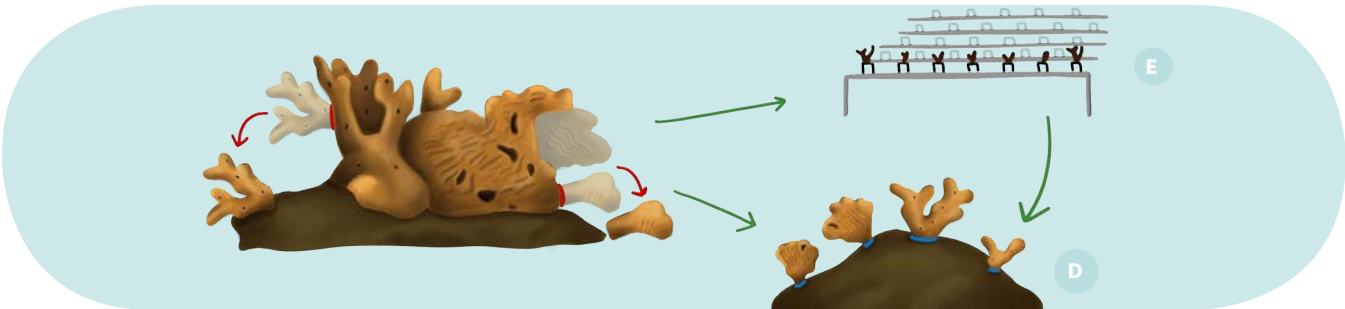
A Colonias grandes **vivas** y completas pueden ser recolocadas / cementadas.



B Fragmentos grandes **vivos** pueden ser unidas a una colonia original.

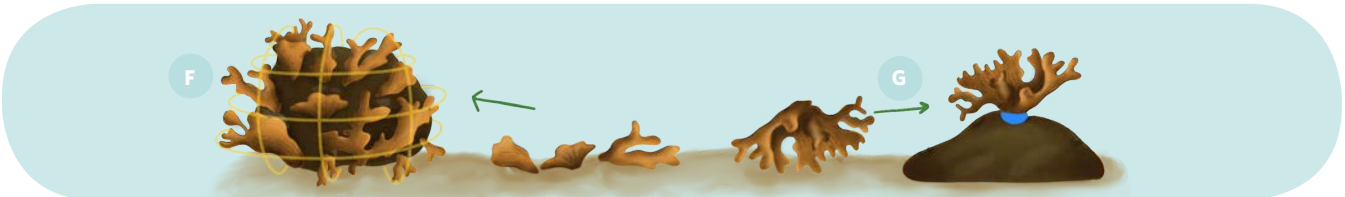


C Cementadas en nueva ubicación.



D Fragmentos pequeños vivos pueden ser cementados directamente en perforaciones o bases especiales.

E Fijados a viveros para su recuperación y posterior reubicación.



F Fragmentos pequeños muertos son recolectados para formar conglomerado unido con cemento, aislado con red especial y fijado al fondo.

G Colonias grandes muertas son cementadas a sustrato para evitar efecto de arrastre y abrasión.

● Impacto

● Acción

● Cemento

● Cincho

● Red

A fin de minimizar los daños causados por el ciclón, es necesario realizar de manera inmediata acciones de asistencia primaria del arrecife tan pronto como sea posible y cuando las condiciones ambientales permitan el desarrollo de actividades acuáticas. Se requiere como mínimo el trabajo de cuatro brigadas. Se sugiere, en la medida de lo posible, que las acciones de limpieza se realicen de manera paralela a las acciones de asistencia primaria de los corales, con el fin de reducir el tiempo de estrés de las colonias afectadas.

Dependiendo de la magnitud del daño, se deben priorizar los sitios que hayan sido identificados durante la evaluación rápida. Las brigadas se deben dividir por secciones con las embarcaciones disponibles, y mediante buceo van a realizar recorridos en las diferentes zonas del arrecife en busca de los corales que han sido afectados, pero con posibilidades de sobrevivencia, para brindar la atención inmediata.

Cada buzo debe llevar consigo cinchos plásticos, hilo alquitranado y guantes para el amarre y manipulación de las colonias o fragmentos. Los buzos pueden hacer uso de bolsas de izaje y cuerdas para levantar y recolocar corales pesados bajo del agua.

Durante las actividades de respuesta primaria, los buzos se van a dividir en parejas. Cada pareja debe contar con una boya de señalamiento, por si se llegan a separar del grupo, de esta forma la embarcación podría ubicarlos al finalizar los recorridos.

En la Tabla 10, se enlistan los materiales y herramientas que son indispensables para las actividades de atención primaria al arrecife (ver las imágenes de estos en el Anexo 7).

TABLA 10

Materiales necesarios para el desarrollo de actividades de asistencia primaria al arrecife por cada brigada.



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO

Detalle	Cantidad/Unidad	
Ligas de varios tamaños	15	Docenas
Cinchos plásticos (35-40 cm)	20	Docenas
Tablas de acrílico (30x25cms)	1	Unidad
Bolsas tipo Ziploc	100	unidades
Cemento	100	kilogramos
Bolsas de plástico gruesas para dosificar cemento	6	unidades
Baterías extras	2	docena
Memoria SD	1	unidad
Cámara fotográfica sumergible	1	unidad
GPS dentro de una bolsa hermética	1	unidad
Hilo alquitranado	1	rollo
Ganchos de bronce	6	unidades
Mosquetones grandes y pequeños de acero inoxidable	6	unidades
Boyas de buceo	3	unidades
Cabo de seda de 3/4 de pulgada	25	metros
Bolsas de izaje	1	unidad
Taladro neumático	1	unidad
Guantes de buceo	12	pares
Manguera de baja presión con adaptador para los taladros neumáticos	3	unidades
Marro	2	unidades
Cepillos de alambre	6	unidades

A continuación, se describen las acciones de asistencia primaria al arrecife:

RECOLOCAR Y FIJAR CORALES ENTEROS O FRAGMENTOS DESPRENDIDOS, DESPLAZADOS, QUEBRADOS, ENTERRADOS Y/O VOLTEADOS

Al encontrar colonias de coral grandes y vivas que hayan sido desprendidas de forma completa (sin fragmentación) o fragmentos sueltos (ver Figura 10 y 11), generalmente se trata de localizar el sitio del cual se desprendió sin embargo, después de un huracán es muy probable que no se pueda observar el sitio original de la colonia y será necesario ubicar otro punto adecuado para su fijación. Para garantizar la fijación de las colonias al sustrato, se debe elegir una superficie firme y libre de material suelto como arena, pedacera o cantos rodados. Se recomienda cepillar la superficie en donde se colocará el cemento a fin de asegurar la adhesión (Figura 12). Dependiendo del impacto que el coral haya sufrido y del tamaño de este, se aplican diferentes técnicas para su fijación.

FIGURA 10

A. Colonia completamente desprendida del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*).

Foto: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.

B. Fragmentos de *Acropora palmata* producidos por el huracán Ivan en 2004. Foto: J.C. Huitrón.



FIGURA 11

A. Colonia entera volteada del coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*), y **B.** Fragmentos de una colonia de del coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*). Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



FIGURA 12

Cepillado de superficie en donde se colocará el cemento para la fijación de un fragmento de coral.
Foto: J.C. Huitrón.



Los fragmentos esparcidos pueden ser acuñados en agujeros o grietas o asegurados mediante cinchos de plástico o hilo alquitranado (Figura 13), o según Johnson et al. 2011, pueden ser pegados con pegamento epóxico o cemento (Figura 14).

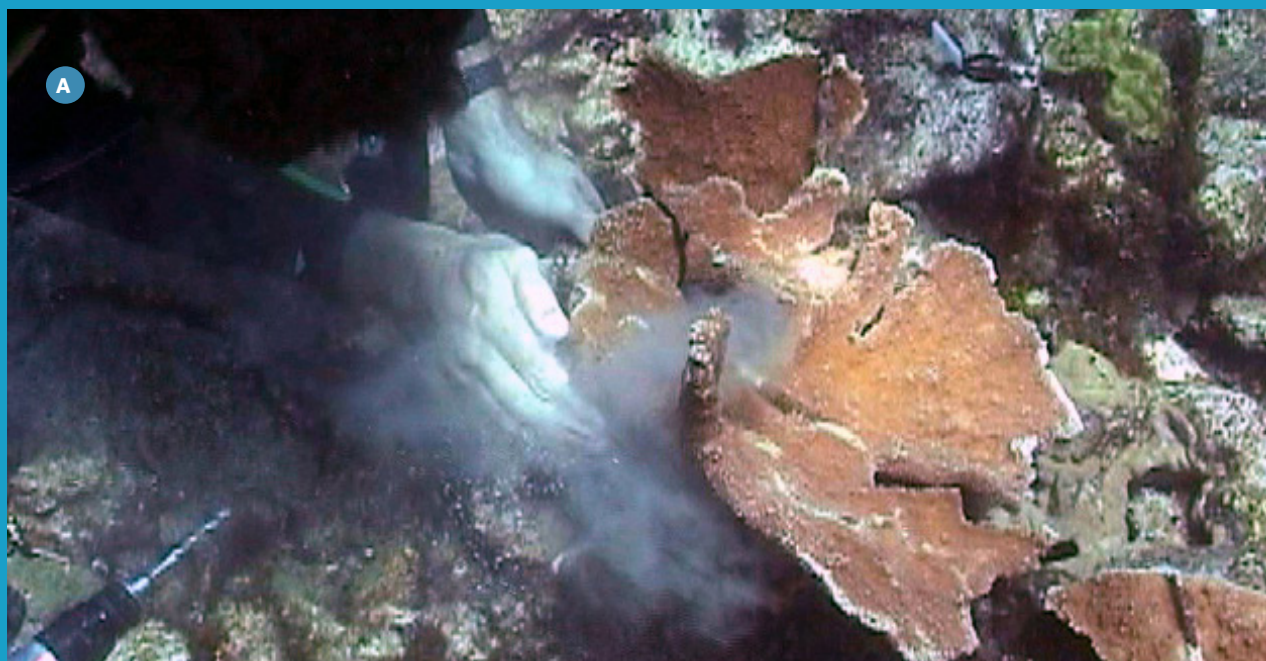
FIGURA 13

A. Colonia de *Acropora palmata* fijada con hilo alquitranado. y **B.** Buzo fijando fragmento de *Acropora* con cinchos de plástico. Fotografías de J.C. Huitrón, atención primaria después del huracán Wilma en 2005.



FIGURA 14

A. Colonia de *Acropora palmata* fijada con cemento.
Foto: J.C. Huitrón, atención primaria después del huracán Emily en 2004.



Las colonias completas de coral que se hayan desprendido y los fragmentos grandes se pueden fijar al sustrato mediante la técnica de cementación. Esta técnica involucra la fijación de los corales directamente al arrecife o al sustrato utilizando cemento (ver Figura 15 y 16), y asegura la estabilidad de la colonia evitando la pérdida de colonias en ambientes con una mayor intensidad y exposición al oleaje. Actualmente, el cemento Portland o las mezclas de cemento Portland y arena son los métodos más comunes utilizados para fijar los corales.

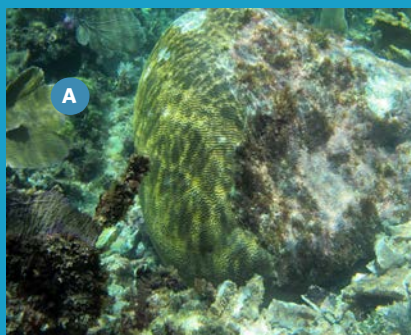
FIGURA 15

Reacomodo de una colonia de coral cuerno de alce *Acropora palmata* donde se utilizó cemento e hilo alquitranado para acomodar la colonia en su sitio original. Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



FIGURA 16

Reacomodo de una colonia de coral cerebro (*Pseudiploria strigosa*). Se utilizó cemento y pedacería del sustrato para hacer una base que permitiera estabilizar el cabezo de coral. Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.

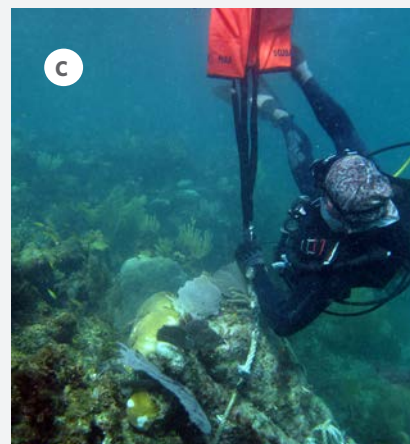
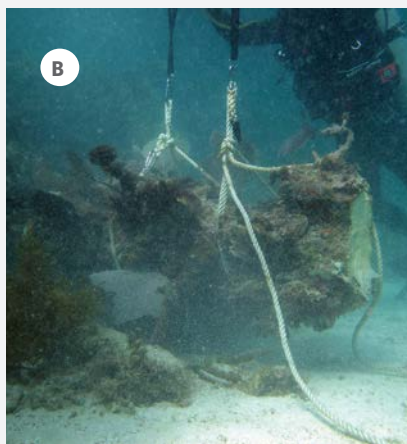
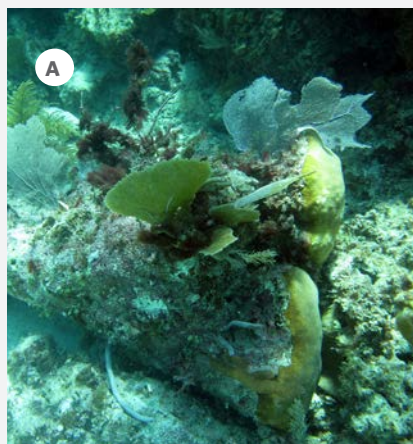


En algunos casos es necesario el uso de las bolsas de izaje para reacomodar estructuras grandes que se hayan desprendido, y poder moverlas hacia el sitio donde se requiere acomodarlas (Figura 17).

FIGURA 17

A. Reacomodo de un macizo de coral desprendido que quedó sobre el sustrato de arena, **B.** Amarre para el izaje y **C.** Posición final sobre la estructura con el uso de la bolsa de izaje.

Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



En algunos casos los fragmentos o colonias son muy grandes y para garantizar su fijación al sustrato se utilizan varillas de metal que atraviesan la colonia y se entierran en el sustrato. Para lograr esto es necesario utilizar un taladro neumático (Figura 18) con el cual se realizan las perforaciones a las colonias y al sustrato. El tamaño de la perforación puede ser de $\frac{1}{2}$ o $\frac{5}{8}$ de pulgada y la profundidad de la perforación en el sustrato de 10 a 15 cm.

FIGURA 18

Buzo con taladro neumático acoplado a un tanque de buceo adicional. Foto: J.C. Huitrón.



Una vez realizada la perforación, se debe insertar la varilla. Si la varilla no queda justa en el orificio, se sugiere rellenar el espacio que sobra con plastilina epóxica. Lo ideal es usar una varilla un poco más grande que la perforación para que se fije a presión al ser golpeada con un marro.

El material de la varilla puede ser acero galvanizado o acero inoxidable (Figura 19). Con el paso del tiempo, el tejido de la colonia de coral cubre la varilla colocada (Figura 20).

FIGURA 19

Colonia de *Acropora palmata* fijada con varilla de acero galvanizado. Foto: J.C. Huitrón, atención primaria después del huracán Wilma en 2005.



FIGURA 20

Colonia de *Acropora palmata* fijada con varilla de acero galvanizado. En el centro de la colonia se observa la varilla totalmente cubierta por el tejido del coral. Foto: J.C. Huitrón.



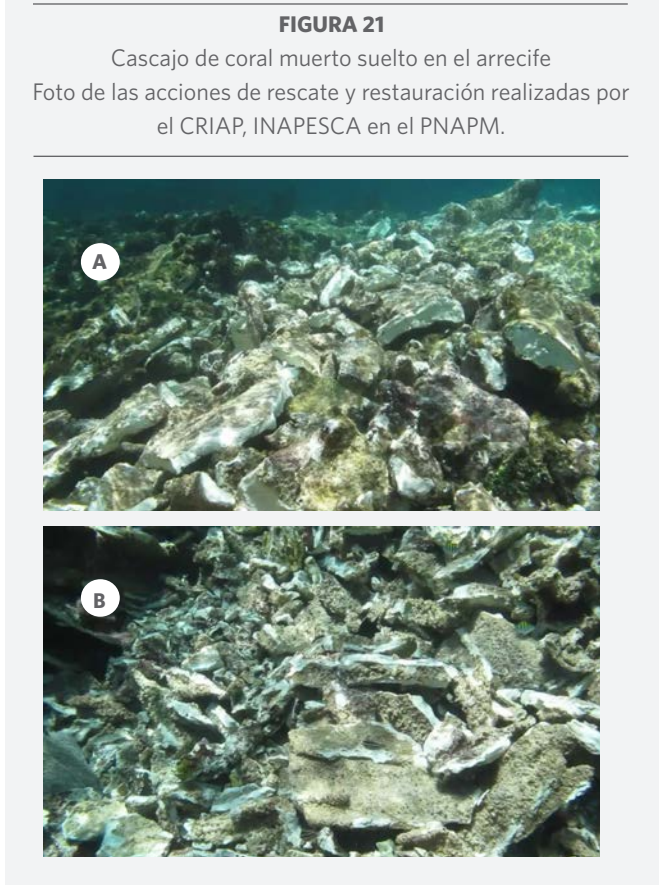
En caso de encontrar demasiados fragmentos pequeños, que las condiciones de mar limiten el tiempo en el agua, o no se encuentra un sitio adecuado para fijar los fragmentos directamente en la estructura arrecifal, estos deben ser colectados para fijarlos posteriormente en las estructuras de los viveros de coral como parte de las actividades de respuesta secundaria.

REMOVER Y/O ESTABILIZAR LOS FRAGMENTOS DE CORAL MUERTO QUE ESTÉN SUELTOS Y SEDIMENTO QUE ESTÉN CAUSANDO DAÑOS EN EL ARRECIFE

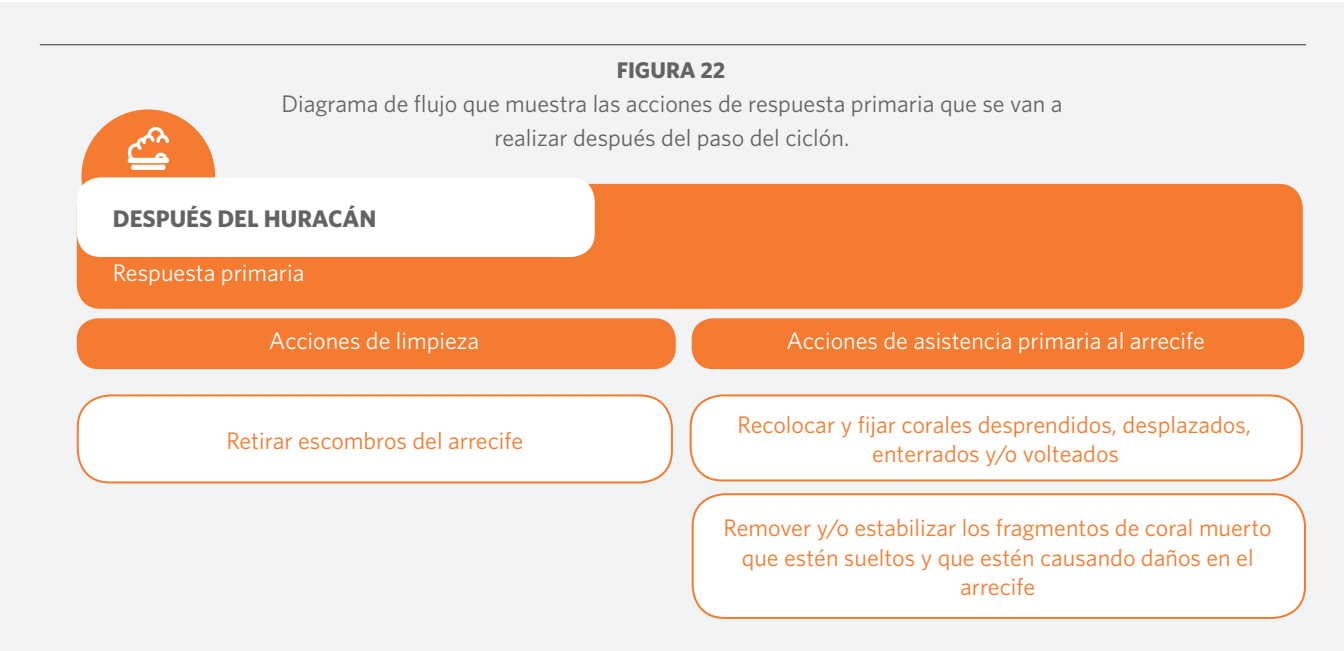
Después del paso de un ciclón, a menudo hay material suelto, como cascajo de coral muerto en fragmentos de diversos tamaños (ver Figura 21). Es recomendable remover este material suelto de las zonas donde se vayan a recolocar colonias y fragmentos de coral a fin de evitar futuros daños por el movimiento del escombros. Para esto, se debe agrupar todo el material suelto en áreas donde no cause ningún impacto al arrecife. En algunos lugares se ha utilizado cemento para su contención, pero este dependerá de la cantidad y extensión del cascajo recolectado.

Los fragmentos de coral muerto también pueden ser utilizados para formar montículos que favorezcan la restauración del relieve y rugosidad del arrecife anterior. Posteriormente, sobre estos montículos se pueden colocar fragmentos de coral que contribuirán mejor a la rehabilitación de la zona afectada.

Todas las acciones de la respuesta primaria han sido resumidas en un diagrama de flujo (Figura 22), el cual



debe ser difundido entre las instituciones participantes en esta iniciativa. La información contenida en los diagramas puede ser actualizada o mejorada una vez que se ponga en práctica el protocolo.





SECCIÓN 6

RESPUESTA SECUNDARIA



RESPUESTA SECUNDARIA

Una vez completada las labores de respuesta primaria, las brigadas deben proceder a la respuesta secundaria. Estas acciones se deben llevar a cabo entre los 2 – 6 meses posteriores al paso del ciclón e incluyen lo siguiente:

- Estabilizar fracturas estructurales
- Estabilizar fragmentos en viveros de coral
- Brindar mantenimiento a los sitios que fueron asistidos durante la respuesta primaria

ESTABILIZAR FRACTURAS ESTRUCTURALES

Durante el impacto del ciclón, algunos corales son volcados por la corriente y se fracturan o se rajan de forma parcial. Es necesario estabilizar las fracturas para evitar que estas se hagan mayores. Las fracturas estructurales más pequeñas se pueden estabilizar con plastilina epóxica o con mortero de cemento y otros materiales de refuerzo. Si la fractura es muy grande y casi parte el coral, es necesario estabilizar añadiendo un refuerzo mecánico que puede incluir varillas de acero inoxidable.

Las fracturas estructurales más grandes pueden rellenarse usando cascajo combinado con una mezcla de cemento . Se realiza una restauración primaria para acomodar los pedazos de coral que se desprendieron, y posteriormente se usa plastilina epóxica para el detalle final (Figura 23). Esto reduce la cantidad de cemento necesario para reparar el armazón del arrecife.

FIGURA 23

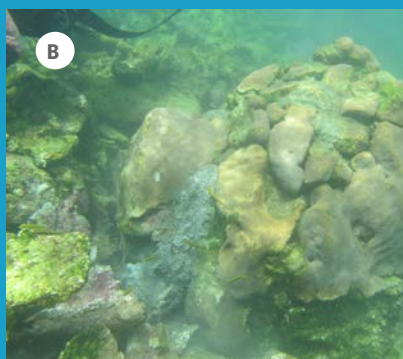
Restauración de la lesión de una colonia de coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*). Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



Asimismo, se puede realizar la unión de fragmentos de diferente tamaño con el uso de cemento. Primero se unen los fragmentos grandes y se van acomodando los de menor tamaño y después se va sellando las áreas expuestas con plastilina epóxica (Figura 24).

FIGURA 24

Restauración de una colonia de coral masiva (*Orbicella faveolata*) fragmentada en varios pedazos de distintos tamaños. Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



ESTABILIZAR FRAGMENTOS EN EL VIVERO DE CORAL

Durante la respuesta primaria, muchos fragmentos de coral desprendidos o rotos no pueden ser fijados en el momento, por lo que deben ser recolectados, rescatados, y trasladarlos para su posterior estabilización en viveros de coral que pueden ser contruidos para este fin. Un vivero de coral es una estructura que sirve para fijar fragmentos de coral que se han rescatado del arrecife. Estas estructuras albergan los fragmentos de coral durante cierto tiempo para permitir la estabilización de las colonias de coral, previo a ser trasladadas a una zona permanente del arrecife.

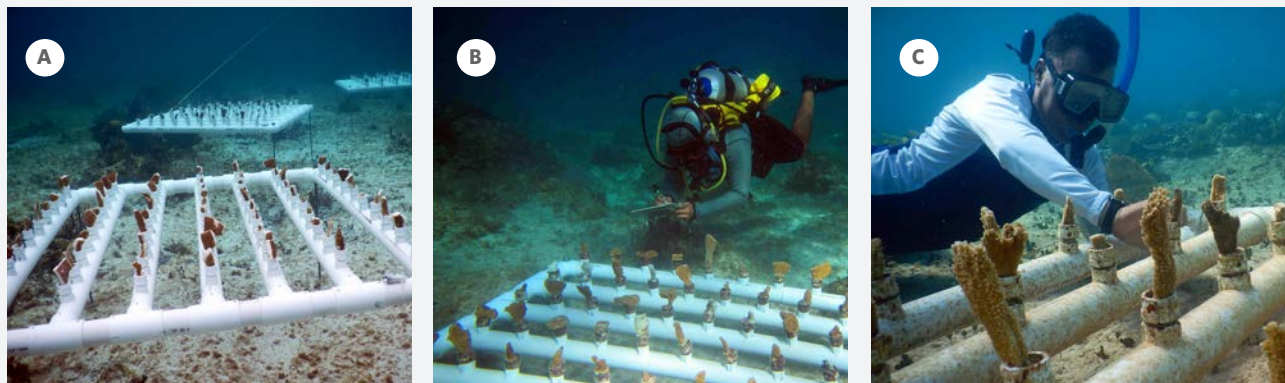
No existe un diseño ideal de vivero de coral que se aplique a todas las condiciones de un lugar. Por lo tanto, los

diseños de viveros deben tener en cuenta la variación de factores tales como las condiciones del agua (por ejemplo, profundidad, energía de las olas, turbidez), la idoneidad del hábitat, la competencia y la probabilidad de impactos humanos. Estos deben ser ubicados en áreas estratégicas, protegidas de las corrientes, y deben cumplir los criterios establecidos en el Anexo 6.

Actualmente, en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos se han establecido diversos tipos de viveros de coral. Uno de ellos es el que instaló la organización OCEANUS A.C., la cual consiste en estructuras de PVC en forma de parrilla con capacidad para 70 colonias de coral cada una (ver Figura 25)

FIGURA 25

Vivero de coral construido con una estructura rectangular de PVC.
Este modelo es utilizado por OCEANUS A.C. Fotos: OCEANUS A.C.

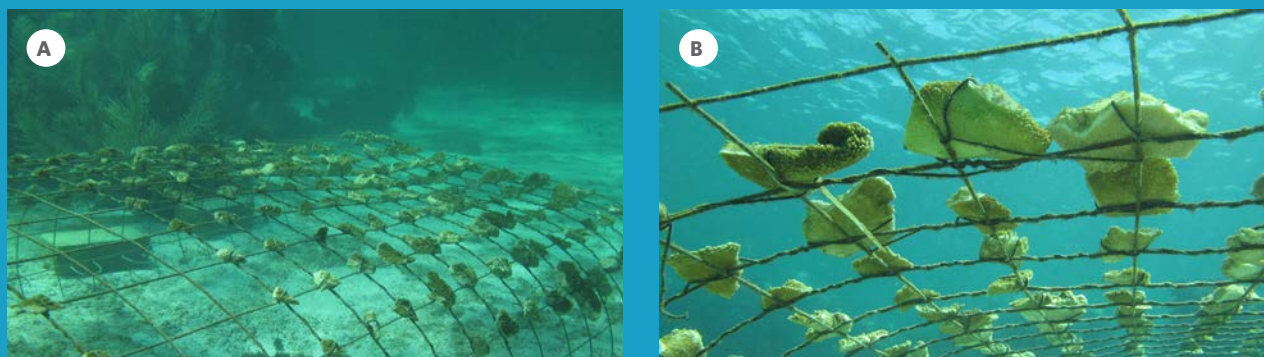


Por su parte, el CRIAP Puerto Morelos del INAPESCA ha utilizado distintos tipos de viveros marinos, en función de requerimientos específicos. Durante una emergencia por encallamiento, construyeron un vivero marino muy sencillo para rescatar las colonias que fueron impactadas. Este consiste en un domo de malla electrosoldada, anclado con muertos de block para construcción (Figura 26).

El diseño es muy simple, los materiales son baratos y se compran fácilmente, no requiere una elaboración previa, y se puede instalar en el mar de manera rápida. Las colonias se amarran con cinchos o con hilo alquitranado. Este diseño tiene como ventaja que se puede instalar de manera rápida, con poco presupuesto, y además tiene una capacidad amplia para colocar colonias de coral. Sin embargo, tiene la desventaja de que solamente se pueden colocar piezas de coral de tamaño reducido.

FIGURA 26

Vivero de coral en forma de domo, construido con malla electrosoldada y anclado con blocks de construcción. Este modelo se utilizó por el personal del CRIAP, INAPESCA para atender de manera emergente el rescate de colonias que se rompieron durante un encallamiento.



También se pueden instalar viveros en áreas de arenales para mantener colonias de coral colgadas en estructuras de PVC previamente fabricadas. Aquí se muestra un vivero de coral que se utilizó en un proyecto del CRIAP, INAPESCA (Figura 27) para colgar placas con tejido de coral para un proyecto de producción de colonias por microfragmentación. Cada unidad tiene una capacidad para 40 placas de tejido coralino. El sistema tiene tuercas unión para facilitar su armado y desarmado.

FIGURA 27

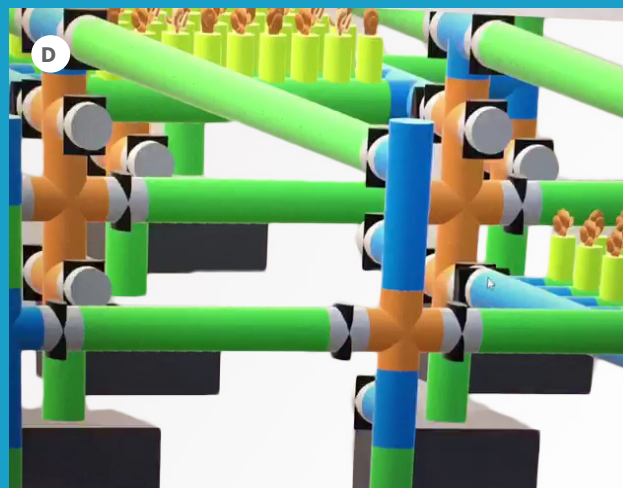
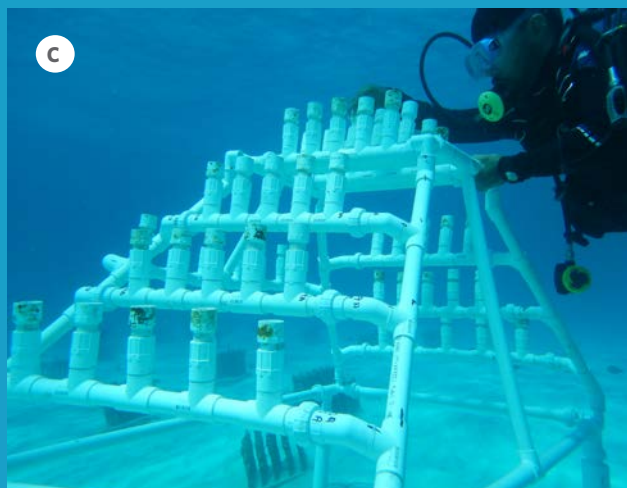
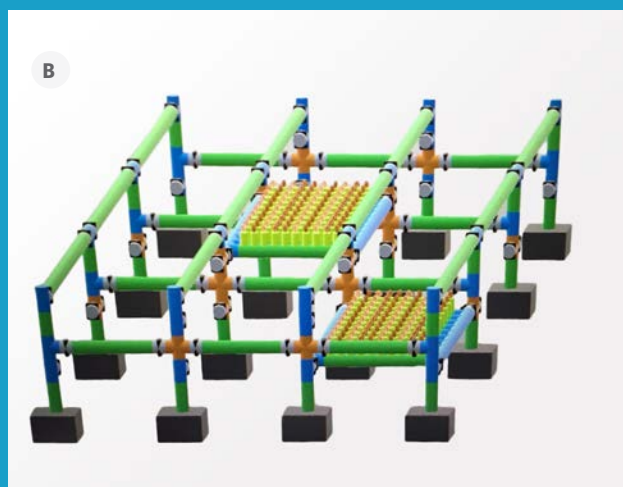
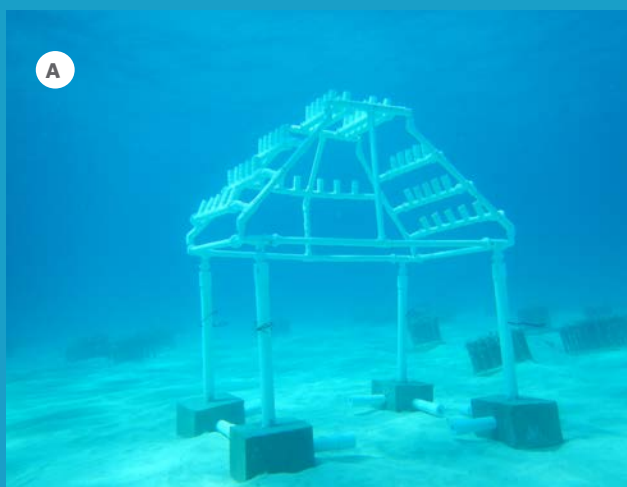
Vivero de coral colgante, construido con una estructura de PVC. Este modelo se utilizó por el personal del CRIAP, INAPESCA para colgar placas con tejido de coral para un proyecto de producción de colonias por microfragmentación.



Otro tipo de viveros de coral que se ha sido utilizado por el CRIAP Puerto Morelos, INAPESCA: uno en forma de pirámide, con capacidad para 50 colonias, que sirve para alejar la estructura del sustrato de arena; y un modelo de un vivero modular que soporta 9 parrillas con capacidad para 100 colonias cada una, para un total de 900 colonias (Fig. 28). Finalmente, hay que considerar que los viveros marinos que se construyen con PVC son muy versátiles y que pueden tener diferentes formas para adaptarse a las condiciones del sitio en donde se vaya a instalar, y a la funcionalidad que se requiera para su trabajo.

FIGURA 28

Vivero de coral construidos con PVC utilizados por el CRIAP, INAPESCA. Pirámide de PVC (izq) y modelo de planchas modulares (der).



MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE VIVEROS Y DE LOS SITIOS ASISTIDOS DURANTE LA RESPUESTA PRIMARIA

Mantenimiento

Es necesario dar mantenimiento a los viveros de coral y a los sitios que fueron asistidos durante la respuesta primaria, a fin de prevenir el crecimiento de macroalgas y otros organismos que puedan competir con las colonias de coral que fueron rescatadas. El mantenimiento se puede realizar de manera bimensual los primeros seis meses y de manera semestral por un año más.

En vista que las actividades de mantenimiento no requieren un amplio conocimiento de la biología de los corales, se sugiere involucrar a buzos de los centros de buceo locales para ayudar con estas acciones.

Las actividades de mantenimiento pueden incluir lo siguiente:

- Remover algas y otros organismos potencialmente dañinos para el coral (tunicados, esponjas, hidroides, etc.) que estén creciendo en la estructura del vivero. La remoción se puede hacer con brochas pequeñas, fibras o cepillos (ver Figura 29 a, b). Al momento de hacer la remoción hay que tener cuidado de no dañar los fragmentos de coral durante el proceso.
- Remover macroalgas y otros organismos que estén creciendo sobre los corales. Si el crecimiento ha llegado al tejido del coral, se debe utilizar una cuchilla curva para remover el daño.
- Remover especies depredadoras de los corales, como caracoles y gusanos de fuego.
- Estabilizar fragmentos rotos, dañados o enfermos utilizando epoxi u otros mecanismos.
- Revisar y reparar la estructura del vivero y cambiar las piezas dañadas, en especial los materiales de fijación y los materiales de anclaje.
- Remover o aislar corales enfermos.
- Realizar fragmentación y propagación de los corales cuando sea necesario.

FIGURA 29

A. Buzo limpiando un módulo del vivero de coral en Bajo Pepito, Bahía de Isla Mujeres.
Foto: J.C. Huitrón. **B.** Cepillo de alambre utilizado para limpiar el vivero.



A



B

Las herramientas mayormente utilizadas para el mantenimiento incluyen:

- Cepillos de alambre y nylon
- Brochas pequeñas
- Fibras
- Cinchos plásticos
- Alicates o cortadores
- Epoxy
- Reglas flexibles de plástico o calibradores
- Tablas para escribir
- Formato de mantenimiento (este debe ser elaborado en la fase de preparación)
- Lápices
- Guantes de buceo delgados
- Etiquetas de identificación
- Cámara de fotografía submarina

vivero, como en los sitios que fueron asistidos después del ciclón. El monitoreo se debe realizar de manera semestral. Este debe incluir una evaluación visual simple que se pueda lograr de forma rápida y que requiera un esfuerzo mínimo, pero que proporcione información importante la cual incluye:

- Presencia o ausencia de depredadores, especies oportunistas, blanqueamiento y enfermedades.
- Porcentaje de sobrevivencia
- Condición de los fragmentos.

Todas las acciones de la respuesta secundaria han sido resumidas en un diagrama de flujo (Figura 30), el cual debe ser difundido entre las instituciones participantes en esta iniciativa. La información contenida en los diagramas puede ser actualizada o mejorada una vez que se ponga en práctica el protocolo.

Monitoreo de viveros y sitios asistidos

Es necesario establecer un método de rutina para evaluar la condición general de los corales tanto en el

FIGURA 30

Diagrama de flujo que muestra las acciones de respuesta secundaria que se van a realizar después del paso del ciclón.







SECCIÓN 7

ACCIONES POSTERIORES

ACCIONES POSTERIORES

PREPARAR Y GESTIONAR PLAN DE RESTAURACIÓN

Propuesta para los proyectos de restauración ante SEMARNAT y una propuesta para financiamiento de los trabajos de restauración ante el FONDEN y/o a quien corresponda. La restauración debe responder a lo propuesto en la *Guía para el Manejo y Restauración de Arrecifes con fines de Reducción de Riesgos: Del Caribe de México a Consideraciones Globales*.

EVALUAR Y ACTUALIZAR EL PROTOCOLO

Cada año, en el mes de enero, una vez completadas las actividades de respuesta del protocolo, cada líder de brigada debe presentar al *coordinador del comité*, un *formulario de evaluación anual* (ver Anexo 2). Es responsabilidad del *líder de brigada*, mantener un registro de esta información durante el desarrollo de las actividades. Todos estos datos deben ser compilados por el coordinador de la *comisión post-huracán* y por el *secretario*, para cada brigada, a fin de presentar posteriormente, una evaluación final de la temporada, a los miembros de la *comisión post-huracán*, *brigadas de respuesta*, y de la Red de Aliados.

Después de la presentación de la evaluación final, se van a compilar los comentarios, sugerencias, ideas y recomendaciones para mejorar la implementación del protocolo. En base en esta información, la *comisión post-huracán* debe realizar los ajustes pertinentes para mejorar la respuesta el siguiente año, ubicar equipos faltantes si fuera el caso, gestionar las alianzas necesarias y los fondos requeridos.

Durante el segundo año de aplicación del protocolo, la *comisión post-huracán* debe integrar las recomendaciones que surjan de la evaluación del protocolo, debe realizar los ajustes pertinentes y presentar una nueva versión a las *brigadas de respuesta* y a la Red de Aliados antes de iniciar la nueva temporada de ciclones.



SECCIÓN 8

REFERENCIAS



BIBLIOGRAFÍA

- Alcolado Menéndez P. M., Caballero Aragón H. y Perera S. (2009).** Tendencia del cambio en el cubrimiento vivo por corales pétreos en los arrecifes coralinos de Cuba.
- Álvarez-Filip L. y Banaszak A. (2014).** Diagnóstico y estado de conservación de las poblaciones de *Acropora* en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Informe Final Proyecto Subsidio CONANP: PROCER/PNAPM/01/02/2014.
- Aronson R. B. and Precht W. F. (1997).** Stasis, biological disturbance, and community structure of a Holocene coral reef. *Paleobiology*, 23(03), 326-346.
- Bak R.P.M. and Criens S. (1982).** Survival after fragmentation of colonies of *Madracis mirabilis*, *Acropora palmata* and *A. cervicornis* (Scleractinia) and the subsequent impact of a coral disease. *Proceeding of the 4th International Coral Reef Symposium 2*: 221-227.
- Beeden R., Maynard J., Puotinen M., Marshall P., Dryden J., Goldberg J., and Williams G. (2015).** Impacts and Recovery from Severe Tropical Cyclone Yasi on the Great Barrier Reef. *PLoS ONE* 10(4): e0121272.
- Boss S. K. and Liddell W. D. (1987).** Back-reef and fore-reef analogs in the Pleistocene of North Jamaica: implications for facies recognition and sediment flux in fossil reefs. *Palaos*, 219-228.
- Bothwell A. M. (1981).** Fragmentation, a means of asexual reproduction and dispersal in the coral genus *Acropora* (Scleractinia: Astrocoeniida: Acroporidae) – a preliminary report. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, 2*, 137-144.
- Busutil L., Caballero H., Hidalgo G., Alcolado P. M. y Martínez B. (2011).** Condición del bentos de los arrecifes coralinos de Santa Lucía (nordeste de Cuba) antes y después del paso del huracán Ike. *Serie Oceanológica*. No. 8, 2011.
- Gardner T. A., Côté I. M., Gill J. A., Grant A. and Watkinson A. R. (2005).** Hurricanes and Caribbean Reefs: Impacts, recovery patterns, and role in long term decline. *Ecol.*, 86(1): 174-184.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA). (2011).** Impacts of tropical cyclone Yasi on the Great Barrier Reef: a report on the findings of a rapid ecological impact assessment, July 2011. GBRMPA, Townsville.
- Harmelin-Vivien M.L. (1994).** The effects of storms and cyclones on coral reefs: a review. *J. Coastal Res Spec Issue* 12:2011-231 <http://proteccioncivil.qroo.gob.mx/portal/SIAT.pdf>
- Highsmith R.C., Higgs A.C. and D'Antonio C.M. (1980).** Survival of hurricane-generated coral fragments and a disturbance model of reef-calcification/growth rates *Oecología* 46: 322-329
- Highsmith R.C. (1982).** Reproduction by fragmentation in corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 7: 207-226.
- Jordán E. (1979).** Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 6 (1): 69-86.
- Jordán E. (1980).** Arrecifes coralinos del noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. UNAM. 118pp.
- Jordán-Dahlgren E. and Rodríguez-Martínez R.E. (1998).** Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 63(1): 213-228.
- Jordán-Dahlgren E. and Rodríguez-Martínez R.E. (2003).** The Atlantic Coral Reefs of México. En: *Latin American Coral Reefs*. J. Cortés (Ed.). Elsevier. 508p. Gardner T. A., Cote I. M., Gill J. A., Grant A. y Watkinson A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean coral reefs: impacts, recovery patterns, and role in long term decline. *Ecology*, 86(1), 174-184.
- Lighty R. G., Macintyre I. G. and Stuckenrath R. (1982).** *Acropora palmata* reef framework: a reliable indicator of sea level in the western Atlantic for the past 10,000 years. *Coral reefs*, 1(2), 125-130.
- Lirman D. (2003).** A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata* Effects of storm intensity and frequency. *Ecological modelling*, 161(3), 169-182.

Macintyre I. G. (1988). Modern coral reefs of western Atlantic: new geological perspective. AAPG Bulletin, 72(11), 1360-1369.

Manzello D. P., Brandt M., Smith T. B., Lirman D., Hendee J. C. and Nemeth R. S. (2007). Hurricanes benefit bleached corals. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(29), 12035-12039.

PROMOBI (2013). Programa de Monitoreo Biológico (PROMOBI) para el Área Natural Protegida Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos. UCIA-CONANP. 97pp.

Rioja-Nieto R., Chiappa-Carrara X. and Sheppard C. (2012). Effects of hurricanes on the stability of reef-associated landscapes. Ciencias Marinas, vol. 38, núm. 1A, enero, 2012, pp. 47-55.

Rodríguez-Martínez R. (1993). Efectos de un ciclón en la estructura comunitaria de corales escleractíneos. Tesis Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. 64pp.

Rodríguez-Martínez R. (1998). Patrones de recuperación de *Acropora palmata* en un área perturbada por el ciclón Gilberto. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM. 66 pp.

Rodríguez-Martínez R.E., Banaszak A.T., McField M.D., Beltrán-Torres A.U. and Álvarez-Filip L. (2014). Assessment of *Acropora palmata* in the Mesoamerican Reef System. PLoS ONE 9(4): e96140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096140>

Rogers C. S. (1993). Hurricanes and coral reefs: the intermediate disturbance hypothesis revisited. Coral Reefs, 12(3-4), 127-137.

Rogers C. S., Garriso, G., Grobber R., Hillis Z.M. and Franke M.A. (1994). Coral reef monitoring manual for the Caribbean and western Atlantic. Virgin Islands National Park. World Wildlife Fund. I:13-14, III 13-14.

Solomon S. (Ed.). (2007). Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press.

Wilkinson C. and Souter D. (Eds.). (2008). Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005. Townsville, Australia: Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre. 152 p.

GLOSARIO

Alerta temprana: Sistema de capacidades para emitir avisos sobre el acercamiento, presencia, inminencia o alejamiento de un fenómeno perturbador, con el fin de permitir que la *comisión post-huracán* y los miembros de las *brigadas de respuesta* actúen en forma apropiada y con suficiente anticipación para reducir los riesgos de impacto en el arrecife.

Arrecife anterior: Parte frontal del arrecife que está de cara a mar abierto.

Arrecife posterior: Región detrás de un arrecife, que está de cara a la línea de costa.

Brigadas de respuesta: Se refieren a los diferentes grupos de personas que estarán colaborando en el mar o en la zona costera bajo un esquema de trabajo, con actividades específicas a realizar, y que estarán debidamente capacitadas para llevar a cabo las acciones de evaluación y respuesta del Protocolo. Las *brigadas de respuesta* pueden ser comunitarias, de unidades internas o de grupos voluntarios.

Centro de operaciones: Sitio desde donde se van a operar las acciones de respuesta primaria..

Ciclón tropical: Fenómeno tropical que forman una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. Se caracteriza por producir vientos fuertes, oleaje elevado, una sobreelevación del mar y lluvia abundante. De acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos, los ciclones tropicales se clasifican en: depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

Colonia: Unidad de coral con la morfología típica de Acropóridos, con una extensión en la parte inferior y un complejo de dosel con muchas ramas.

Comisión post-huracán: Grupo de trabajo integrado por personas de diferentes sectores, responsable de coordinar y supervisar todas las actividades definidas en el protocolo que serán realizadas antes, durante y después de un ciclón tropical.

Cresta arrecifal: La parte más somera del arrecife, comúnmente marcada por el rompimiento de olas.

Escombros de desastre: Desechos y materiales tanto naturales

(vegetación, ramas, troncos, etc.) o antropogénicos (estructuras artificiales, electrodomésticos, material de construcción, basura, etc.), que fueron liberadas por el ciclón a las áreas costeras y al mar.

Fragmento: Una sección de la colonia de coral que ha sido separada y fragmentada de manera natural o inducida y que es utilizado para su manejo en viveros y propagación en zonas de trasplante.

Laguna arrecifal: Cuerpo de agua somero y elongado paralelo a la línea de costa y separado de mar abierto por una barrera natural (arrecife).

Infraestructura marina: Boyas de amarre, rosarios de boyas, señalamientos, etc.

Perfil de playas: Trazo transversal de la playa, perpendicular a la línea de la marea alta que se extiende desde la duna costera hacia la plataforma continental interior o un lugar donde las olas y las corrientes no transporten los sedimentos desde y hacia la playa.

Propagación: Proceso mediante el cual se incrementa la abundancia de colonias desde una zona donde los corales se encuentren de manera silvestre, hasta arrecifes que han sido degradados. Se puede lograr cortando o podando fragmentos de una colonia adulta (coral mayor a 30 cm) en segmentos más pequeños llamados "fragmentos".

Esnórkel: Práctica de buceo a ras de agua en la que el nadador va equipado con una máscara de buceo, un tubo llamado esnórquel y normalmente aletas.

Simulacro: Ensayo y aplicación de las acciones previamente planeadas ante un fenómeno perturbador simulado, con el fin de observar, probar y corregir una respuesta eficaz ante posibles situaciones reales de emergencia o desastre. Implica el montaje de un escenario en un lugar específico, diseñado a partir de la identificación y análisis de riesgos y la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

Vivero: Lugar dentro del mar con ciertas condiciones oceanográficas, libres de depredadores o algas, en donde se establecen diferentes tipos de estructuras hechas de distintos materiales, empleadas para la estabilización y crecimiento de fragmentos de coral, que serán eventualmente trasplantados a arrecifes degradados para su recuperación.



ANEXOS



ANEXO 1

FORMULARIO DE LAS BRIGADAS

La siguiente información describe la información requerida del personal de apoyo que esté interesado en participar en las brigadas:

INFORMACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LAS BRIGADAS

Nombre completo:

Nombre de la organización donde presta sus servicios:

Dirección:

Teléfono fijo:

Teléfono móvil:

Número de certificación de buceo:

Agencia de buceo que certifica:

Manejo de técnicas de Esnórquel: Si ☐ No ☐ Manejo de Embarcación: Si ☐ No ☐

Sabe nadar: Si ☐ No ☐

Sabe conducir vehículos: Si ☐ No ☐

Mecánico: ☐ Automático: ☐

Seguro contra accidentes: Si ☐ No ☐

Compañía

No. de Póliza:

Seguro de vida: Si ☐ No ☐

Seguro de buceo: Si ☐ No ☐

Tipo y número de seguridad social:

Tipo sanguíneo:

Vacuna contra tétanos: Si ☐ No ☐



ANEXO 2

FORMULARIO DE EVALUACIÓN ANUAL

FORMULARIO DE EVALUACIÓN ANUAL

a. Número de la brigada de respuesta

b. Nombre del líder de la brigada

c. Número de integrantes en la brigada:

d. Número de horas/días trabajados:

e. Número y nombre de las embarcaciones/ vehículos participantes

f. Cantidad de combustible gastado (en litros)

g. Material y equipo utilizado (resaltar pérdidas o daño)

h. Listado de los aliados que colaboraron en la actividad (especificar el tipo de colaboración: con equipo, material, personal)

i. Material y equipo utilizado (resaltar pérdidas o daño)

j. Gastos a reembolsar (si incurrieron en alguno).

k. Resultados en unidades cuantitativas (número de colonias recolocadas o reubicadas; número de bolsas con escombros o en kilogramos; número de fragmentos rescatados y fijados en viveros).

l. Reportes generados (si aplica).

m. Incidentes o imprevistos ocurridos durante la respuesta (si aplica).

n. Observaciones y sugerencias al protocolo.

o. Comentarios adicionales.

ANEXO 3

PRESUPUESTO

A continuación, se propone el costo de cada actividad de Respuesta Primaria a los arrecifes, con un nivel de esfuerzo de 4 embarcaciones por día de trabajo y con el detalle por unidad de esfuerzo (embarcación, personas, equipo, materiales, metro lineal, etc.), según la actividad propuesta en el protocolo para ser ejecutado en la zona de Puerto Morelos.

FASE /ACTIVIDAD	No. Días	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIDAD USD\$	COSTO TOTAL USD\$
Evaluación rápida					
Embarcaciones	3	4	Embarcación-día	230.00	2,760.00
2 Buzos por embarcación	3	8	Buzo-día	60.00	1,440.00
2 Asistentes por embarcación	3	8	Asistente-día	30.00	720.00
1 Capitán por embarcación	3	4	Capitán-día	40.00	480.00
1 Marinero por embarcación	3	4	Marinero-día	20.00	240.00
2 Tanque de aire por buzo por día	3	16	Tanque-día	14.00	672.00
Comida para 5 personas por embarcación	3	4	Comida-embarcación-día	50.00	600.00
Evaluación con drone	2	1	Drone-día	1,000.00	2,000.00
Reunión para priorización de sitios (15 personas)	2	15	Personas-día	10.00	300.00
Reporte de la evaluación	1	1	Reporte	200.00	200.00
Limpieza Marina					
Embarcaciones	7	4	Embarcación-día	230.00	6,440.00
6 Buzos por embarcación	7	24	Buzos-día	60.00	10,080.00

FASE /ACTIVIDAD	No. Días	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIDAD USD\$	COSTO TOTAL USD\$
4 asistentes por embarcación	7	16	Asistente-día	30.00	3,360.00
1 Capitán por embarcación	7	4	Capitán-día	40.00	1,120.00
1 Marinero por embarcación	7	4	Marinero-día	20.00	560.00
2 Tanques por buzo por día	7	48	Tanque-día	14.00	4,704.00
Comida para 12 personas por em- barcación	7	4	Comida-embar- cación-día	110.00	3,080.00
Asistencia al arrecife					
Embarcaciones	20	4	Embarcación-día	230.00	18,400.00
6 Buzos por embarcación	20	24	Buzos-día	60.00	28,800.00
4 Asistentes por embarcación	20	16	Asistente-día	30.00	9,600.00
1 Capitán por embarcación	20	4	Capitán-día	40.00	3,200.00
1 Marinero por embarcación	20	4	Marinero-día	20.00	1,600.00
3 Tanques por buzo por día	20	72	Tanque-día	14.00	20,160.00
Comida para 12 personas por embarcación	20	4	Comida-embar- cación-día	110.00	8,800.00
Materiales y Equipo					
Caja de materiales y herramientas		4	Caja	2,700.00	10,800.00
Estructuras de vivero de coral		20	Estructura	32.00	640.00
Gastos de operación					
25 l de combustible por embar- cación	45	100	Litros-día	1.00	4,500.00
Comunicación (paquete de telefonía de 45 días) para 6 personas	1	6	Paquete de tele- fonía	20.00	120.00
Otros gastos		1	Varios	2,000.00	2,000.00
Total					147,376.00



ANEXO 4

FORMULARIOS CON DATOS DEL EQUIPO DE RESPUESTA

La siguiente información describe los datos del equipo (embarcaciones, equipo de buceo, vehículos) que van a ser consignados para dar respuesta:

DATOS DEL EQUIPO

Nombre completo de la empresa, dependencia o asociación:

Dirección de resguardo de equipo en caso de ciclón tropical:

Nombre de la persona responsable por parte de la empresa, dependencia o asociación:

EQUIPO DISPONIBLE EMBARCACIÓN

Nombre de la embarcación:

Tipo de embarcación:

Tipo de motor: 2 tiempos ☐ 4 tiempos ☐

Gasolina ☐ Diesel ☐

Capacidad de la embarcación:

Especificar la disponibilidad de horario del equipo:

Compresor para llenado de tanques de buceo Si ☐ No ☐

Tipo de compresor:

Tanques de buceo disponibles: Si ☐ No ☐

Cantidad de tanques disponibles:

Especificar la disponibilidad de horario del equipo:

VEHÍCULO

Marca del vehículo:

Modelo:

Matricula:

Capacidad:

Tipo de motor: Gasolina ☐ Diesel ☐ Eléctrico ☐

Vehículo doble tracción: Si ☐ No ☐

Conductor disponible: Si ☐ No ☐

Especificar la disponibilidad de horario del equipo:



ANEXO 5

FORMULARIO CON LOS DATOS DEL ALIADO

La siguiente información es requerida de las empresas, dependencias o asociaciones que puedan apoyar con el suministro de raciones de comida y con productos no perecederos, para la alimentación de las *brigadas de respuesta*:

DATOS DE LA EMPRESA O DEPENDENCIA

Nombre de la Empresa, Dependencia o Asociación:

Domicilio:

Teléfono:

Nombre de Contacto:

Capacidad de suministrar alimentos (número de personas):

ANEXO 6

CRITERIOS PARA ESCOGER UN SITIO PARA VIVERO DE CORAL

- **Presencia de poblaciones silvestres existentes:** Los hábitats o áreas de arrecifes que albergan poblaciones saludables de *Acropora* probablemente proporcionen condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de corales en viveros cercanos.
- **Profundidad adecuada:** Los viveros de *Acropora* exitosos se han establecido en profundidades de 2-10 metros que es donde tradicionalmente habita esta especie. Los lugares más profundos pueden proteger contra el daño causado por las tormentas y los impactos de la navegación, pero pueden resultar en un crecimiento reducido.
- **Movimiento de Agua:** Las ubicaciones de vivero ideales son aquellas que proporcionan un movimiento de agua de moderado a bajo sin causar daño físico excesivo a las estructuras ni a los corales. Tome en cuenta los cambios en los patrones climáticos estacionales que pueden afectar dramáticamente las condiciones del sitio en diferentes épocas del año.
- **Tipo de fondo:** El tipo de fondo adecuado va a depender del tipo de vivero que esté instalando. Los viveros fijos se pueden desplegar en la mayoría de los tipos de fondo (por ejemplo, arena, cascajo, o en sustrato duro) pero pueden requerir diferentes métodos de anclaje (por ejemplo, barras de refuerzo, cemento). Los viveros flotantes se despliegan típicamente en sustratos arenosos, pero también pueden ser desplegados en otro tipo fondo. Es preferible evitar sitios con cascajo y arena que esté en constante movimiento ya que son potencial de daño a los corales.
- **Tamaño del área:** El área elegida para el despliegue del vivero debe permitir un espacio adecuado para la expansión para acomodar colonias adicionales a lo largo del tiempo.
- **Hábitat adyacente:** Las condiciones locales deben ser consideradas al evaluar una proximidad apropiada al arrecife. Las áreas adyacentes a arrecifes saludables con estructuras tróficas adecuadas pueden proporcionar tanto una fuente de herbívoros como una fuente de depredadores de coral.
- **Presencia de competidores:** Los competidores de coral como algas y esponjas pueden colonizar rápidamente las plataformas de vivero y sobrecargar los corales de vivero, incluso a distancias significativas de los hábitats naturales de los arrecifes. Donde estos organismos son frecuentes, la limpieza periódica es necesaria para minimizar el daño. La remoción de depredadores es necesaria en áreas donde las poblaciones de gusanos y caracoles son una fuente de mortalidad para los corales de viveros.
- **Presencia de impactos humanos:** Los viveros deben ser desplegados en áreas con actividades humanas mínimas para minimizar el daño de coral y plataforma. Las zonas donde las actividades humanas son limitadas, como las zonas núcleo, son lugares ideales para los viveros.
- **Accesibilidad:** La facilidad de acceso a un vivero es una consideración clave, especialmente cuando se requiere un mantenimiento frecuente o particularmente intenso. El despliegue de viveros poco profundos cerca de la base del hogar minimiza los costos de combustible, barco y buceo.
- **Número de viveros:** Existe un equilibrio logístico entre el número de viveros que se pueden establecer y la atención y mantenimiento que se pueden brindar a cada sitio. Tener varios viveros en diferentes ambientes minimiza la probabilidad de que una perturbación dada, como un brote de enfermedad o una tormenta, destruya todo el vivero.
- **Permiso:** Es importante obtener los permisos necesarios antes de iniciar un vivero de coral. Para esto, se debe establecer una colaboración con los manejadores del parque marino a fin de seleccionar los sitios que sean apropiados para la instalación del vivero.

ANEXO 7

MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE RESPUESTA MENCIONADOS EN LA TABLA 10.



Ganchos de bronce



Cuerda marina



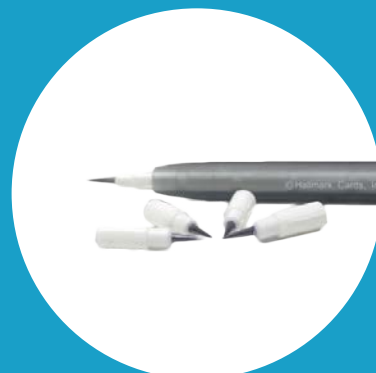
Tablillas de acrílico de 30x25 cm



Bolsas con cierre hermético tipo Ziploc



Boyas de buceo



Lápices con puntas de repuesto



Cinchos plásticos de 30 cm a 45 cm de largo



Mosquetones de acero inoxidable



Bolsas de izaje de 140 libras



Bolsas de malla



Ligas de hule



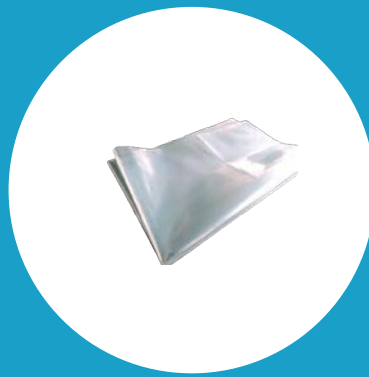
Guantes de buceo



Taladro neumático con broca



Mangueras de baja presión



Bolsa plástica



Cemento



Hilo alquitranado



Marro

CONSERVANDO LAS TIERRAS Y AGUAS DE LAS QUE DEPENDE LA VIDA.

@2018 The Nature Conservancy de México y
Norte de Centro América. Impreso en Ciudad de México,

www.tncmx.org

