

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

## Título

“Colaboración con las actividades de desarrollo de biotecnología para la conservación de arrecifes de coral y reproducción del caracol rosado (*Lobatus gigas*)”

**Arcelia Romero Nava**

Matrícula: 209356777

**ASESORES:**

Doctora Claudia Padilla Souza Investigadora del INAPESCA Titular Grado “C”  
Maestro en Ciencias Germán Castro Mejía Profesor Investigador Titular C

Quintna Roo, México

Fecha

## RESUMEN

Dentro de la rutina diaria llevé a cabo actividades de limpieza de los sistemas de Cultivo Controlado y de Cultivo Exterior que consistía en un recambio del 50% de agua de las tinas en cada sistema, así como el monitoreo de las propiedades físicas del agua (Temperatura y Salinidad). También se les suministraban alimento vivo y suplementos. *Lobatus gigas* se alimentó con microalgas y suplementos. Tres veces a la semana se realizaba la producción de alimento vivo (microalgas, rotíferos y artemia)

### Caracol Rosado *Lobatus gigas*

Realicé también la colecta de masa ovígera de *Lobatus gigas* en la isla de Cozumel en Quintana Roo y se trasladó al laboratorio para dar seguimiento al desarrollo de los huevos así como de las larvas una vez eclosionadas. Se hicieron recambios de agua para evitar el sobrecrecimiento de algas y suciedad de en los sistemas. Se llevaron a cabo observaciones al microscopio para evaluar el desarrollo de los organismos en cada una de sus etapas y se les añadió alimento (microalgas) todos los días

### Reskinning

A partir del corte de ramas o protuberancias de colonias sanas y su posterior crecimiento sobre el cople se llevó a cabo la técnica de “reskinning”. Desprendiendo el tejido “sobrante” y trasladándolo en pequeños fragmentos a placas de 8x8 y pegados con plastilina hepóxica. El monitoreo de seguimiento por medio del programa ArcGis fue llevado a cabo por otro personal pero la actividad fue sustituida por actividades en laboratorio que consistió en el producción de alimento vivo, microalgas de distintas especies y artemia. Esto para alimentar tanto a corales como a las larvas de *Lobatus gigas*

### Reproducción sexual de corales

Acudimos a “Bajito Nizuc” en Cancún, Quintana Roo, para cubrir el evento de desove masivo de *Acropora palmata*. Una vez colectado, el material se llevó a la embarcación para su traslado al laboratorio en el CRIP, ahí llevamos a cabo las acciones de limpieza de los huevos y el desecho del material no fecundado esto por medio de embudos de separación y agua de mar filtrada. Posteriormente se separaron las muestras en incubadoras. Posteriormente se colocaron bases en el fondo de las incubadoras para el asentamiento de las larvas. Se dio seguimiento al desarrollo de los nuevos corales.

### Atención temprana de rescate de tejido coralino por encallamiento de un Yate en arrecife Tanchacté en Puerto Morelos

Esta actividad no aparece en el cronograma de actividades y es sustituta de las programadas en los arrecifes Manchones y Cuevones en Cancún. La razón por la que no se llevó a cabo es que había personal capacitado para esta actividad que contaban con un registro controlado de años anteriores.

El arrecife Tanchacté es un arrecife somero que funge como sitio de visita para los turistas que disfruten del ecosistema colorido. Por desgracia un Yate encalló en las estructuras del arrecife rompiendo corales duros y blandos entre las que se encuentran *Acropora palmata*, *pseudodiploria strigosa*, *Orbicella faveolata* además de fracturar la matriz calcárea

Se realizó la categorización de los fragmentos con base al tamaño; los fragmentos chicos y medianos fueron dispuestos en jivas de plástico para su posterior colocación en un vivero provisional que se implementó en las acciones secundarias y los fragmentos más grandes se apuntalaron en recovecos con el fin de que se fijaran naturalmente y formaran colonias nuevas

Palabras clave: desarrollo, corales, *Acropora palmata*, *Lobatus gigas*, rescate, arrecife

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
Caracol Rosado <i>Lobatus gigas</i> .....	2
Reskinning.....	2
Reproducción sexual de corales .....	2
Atención temprana de rescate de tejido coralino por encallamiento de un Yate en arrecife Tanchacté en Puerto Morelos .....	2
MARCO INSTITUCIONAL.....	5
INTRODUCCIÓN .....	5
Caracol Rosado <i>Lobatus gigas</i> .....	6
ANTECEDENTES.....	6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	8
OBJETIVO DEL PROYECTO.....	9
ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO .....	9
RESKINNING.....	9
ACCIONES DE RESCATE DE COLONIAS DE CORAL DAÑADO POR ENCALLAMIENTO EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS, MÉXICO .....	10
REPRODUCCIÓN SEXUAL DE CORALES .....	14
Colecta .....	16
Limpieza en laboratorio .....	17
Seguimiento y monitoreo larval .....	19
ACTIVIDADES EN EL VIVERO DE CORAL.....	20
PRODUCCIÓN DE MICROALGAS PARA ALIMENTO DE ROTÍFEROS .....	21
Microalgas .....	21
Rotíferos.....	21
Artemia .....	22
LARVICULTIVO DE CARACOL ROSADOS ( <i>LOBATUS GIGAS</i> ).....	23
Limpieza de masas ovígeras.....	23
Monitoreo del desarrollo embrionario.....	23
Desarrollo larval.....	23
Alimentación .....	24
REFERENCIAS.....	26

## MARCO INSTITUCIONAL

El Instituto Nacional de Pesca es el encargado de dirigir, coordinar y orientar la investigación científica y tecnológica en materia de pesca y acuicultura, así como el desarrollo, innovación y transferencia tecnológica que requiera el sector acuícola y pesquero. Cuenta “Centros Regionales de investigación Pesquera” (CRIP) a lo largo de la República Mexicana, uno de ellos se encuentra en el municipio de Puerto Morelos en Quintana Roo. En esta unidad se lleva a cabo un proyecto de Desarrollo de biotecnología para la conservación de arrecifes de coral así como el trabajo en la mejoría de las técnicas de reproducción de caracol rosado *Lobatus gigas*. Ambos recursos de gran importancia comercial para el Estado.

## INTRODUCCIÓN

En Quintana Roo, México, la pesca tradicionalmente se ha orientado a la captura de peces de alto valor comercial como la langosta, el camarón y el caracol. En los últimos años como consecuencia del crecimiento explosivo de la población estatal generado por el auge del turismo, la pesca se ha intensificado incrementándose el número de organizaciones sociales y pescadores privados con lo cual se desata como una de las actividades productivas de mayor importancia para la entidad (Medina, 2004)

La pesca en los arrecifes del caribe es una fuente vital de ingresos y alimentos para miles de personas en la región, también proporciona una importante red de seguridad social para las personas cuando otras fuentes de empleo no están disponibles. Las poblaciones de peces de arrecifes y otras especies como el caracol rosado (*Lobatus gigas*) se han reducido drásticamente en toda la región debido a una combinación de sobrepesca y degradación de hábitat (Mumby et al. 2010) (Gardner et al. (2003) reportaron una disminución masiva y regional de arrecifes coralinos en el Caribe. Estimaron la reducción promedio de cobertura de coral dura hasta del 80% durante las últimas tres décadas

Los arrecifes de coral son comunidades biológicas, desarrolladas por un gran número de organismos, además de los corales, agrupados a manera de colonias. La formación de las grandes estructuras arrecifales se da por medio del crecimiento, muerte y reemplazo de unidades llamadas pólipos, así como de otros organismos que secretan calcio (algas calcáreas principalmente); de esta manera, los minerales producidos se compactan y solidifican a través de los años. (Robles-Zavala, 2014). Son uno de los ecosistemas marinos más importantes, ya que proveen alimento y hábitat para otras especies, apoyan la industria turística y proveen arena a las playas, actúan como barrera contra la acción de las olas y la erosión costera protegiéndola de tormentas y huracanes (Westmacott et. al. 2000).

En los años 1970 y 1980 *Acropora palmata* se sometió a graves disminuciones en su abundancia y distribución, esto por la aparición de la enfermedad de la banda blanca que causó la muerte del tejido coralino y el posterior impacto de huracanes que rompieron sus esqueletos. La disminución de Acroporidos tiene profundas consecuencias para el funcionamiento y la estructura de los arrecifes del Caribe. La mortalidad de *A. palmata*

representa una pérdida sustancial en las tasas de producción de carbonato y la posterior erosión de sus esqueletos remanentes representan una considerable reducción de la heterogeneidad espacial de los arrecifes que conducen a descensos en la biodiversidad, comprometer la productividad de la pesca y reducir la protección de las costas de la energía de las olas. (Rodríguez-Martínez, 2014)

### Caracol Rosado *Lobatus gigas*

En México, el recurso caracol *Lobatus gigas* tiene un importante valor social, económico y cultural desde la época prehispánica. Se le encuentra en 36 países y territorios del Mar Caribe, Sur de Florida, Centro América, Norte de Brasil

De acuerdo con los estudios del INAPESCA sobre los noveles de producción de esta especie, la biomasa o la cantidad de producto en el mar presenta una tendencia a la baja, por lo que ha sido necesario reducir paulatinamente la cuota de pesca comercial para garantizar la existencia del caracol y con ello mantener las fuentes de empleo derivadas de esta actividad (Padilla y Ramírez, 2011).

## ANTECEDENTES

En el Atlántico Mexicano, en el año 2007 inició un Programa de restauración de corales en zonas de encallamiento en el Sistema Arrecifal Mesoamericano a cargo de la organización Oceanus A.C. en coordinación con el Parque Nacional Sistema Nacional Veracruzano y en Acuario de Veracruz A.C. La especie que trabajaron y mantuvieron en viveros es *Acropora palmata* la cual está declarada bajo protección especial por la Norma Oficial Mexicana nom-059-SEMARNAT-2010 y se incluyó en la lista roja de la IUCN en la categoría de En Peligro Crítico (Barragán, 2016)

El Instituto de ciencias del mar y limnología de la UNAM la Doctora Anastazia Banaszak desde el 2007 encabeza el proyecto basado en la Reproducción sexual de *Acropora palmata* que tiene como objetivo cultivar los embriones en laboratorio y así aumentar significativamente la tasa de sobrevivencia en las etapas más tempranas del ciclo de vida. La técnica comienza con la colecta de los sacos gaméticos en la época reproductiva de los corales, pasando por un proceso delicado de limpieza, fertilización y cultivo de los embriones. Más tarde asistir al asentamiento de las larvas, inoculación de simbionte y monitoreo y cuidados de los reclutas sexuales los cuales eventualmente serán trasladados de nuevos al mar para que continúen creciendo, formar parte del arrecife y cerrar el ciclo siendo colonias reproductivas

En conjunto con la UNAM, investigadores del Instituto Nacional de Pesca trabajan en el desarrollo de biotecnología para el cultivo de coral, el cual se destina a la restauración y rehabilitación de áreas arrecifales del caribe mexicano. Esta acción devenida por reconocimiento de la importancia de intervenir activamente en la restauración de dos arrecifes que fueron encallados por grandes embarcaciones años anteriores y que no presentaron indicios de reclutamiento de las más importantes, aquellas que dan estructura y funcionalidad a los arrecifes. Bajo estas circunstancias se hizo necesario contar con viveros de coral que dieran sustentabilidad a las posteriores siembras a los sitios y de

manera conjunta estudiar el manejo de los reclutas sexuales de *Acropora palmata*. Las actividades tuvieron lugar de Junio de 2012 a Octubre de 2016 lapso que me permitió colaborar con la institución en diversas actividades requeridas para ambas formas de producción así como el mantenimiento de las áreas y los organismos (Padilla et al., 2018)

Se sabe que los arrecifes de coral fungen como nichos de resguardo, alimentación, zonas de reproducción etcétera para una gran variedad de organismos. Tal es el caso de *Lobatus gigas*, un molusco de gran importancia comercial que habita y se reproduce a lo largo de todo el caribe al cual la pesca excesiva y saqueos ilegales han diezariado sus poblaciones. Conocido comúnmente como Caracol rosado representó una de las 3 pesquerías más relevantes en México, su carne comestible y la belleza de su concha ha hecho de este organismo un recurso de gran valor económico, por ello es importante encontrar una alternativa a la extracción en su medio. Con el cultivo del molusco en viveros se busca cerrar el ciclo de vida en cautiverio, puesto que diversas técnicas se han aplicado para su engorda poco se ha logrado mantener las veliger desde la eclosión hasta su etapa bentónica.

# UBICACIÓN GEOGRÁFICA

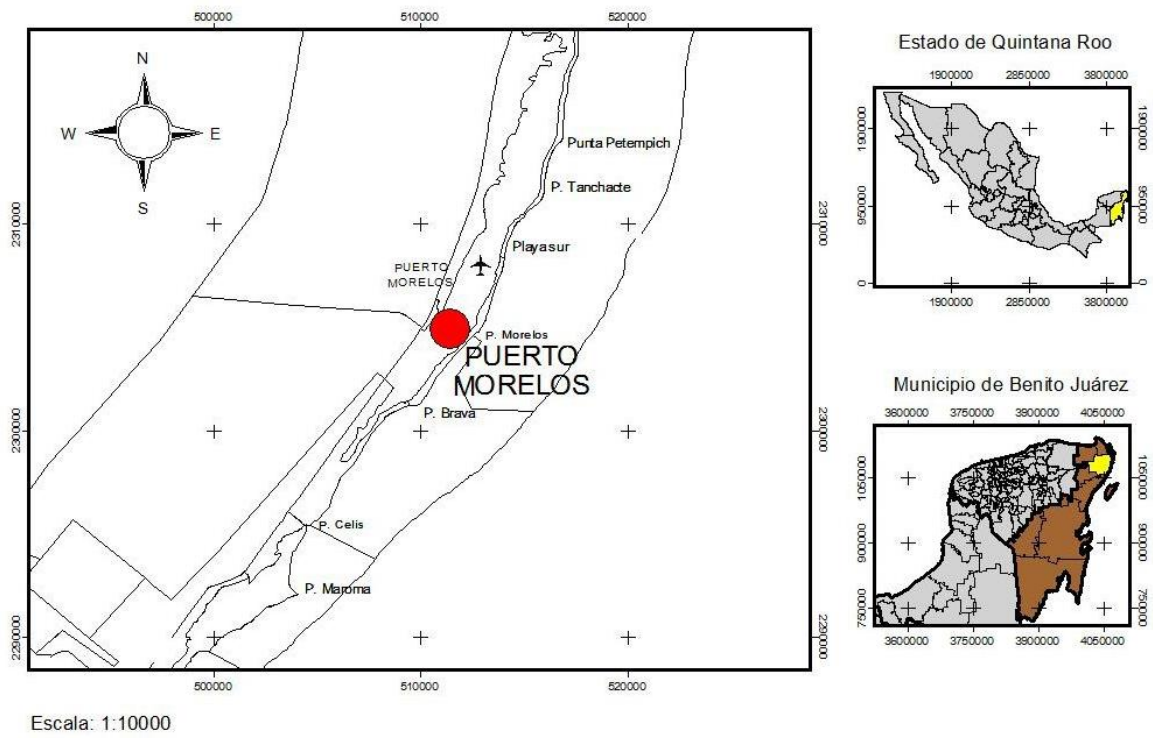


Figura 1. Localización de Puerto Morelos, Quintana Roo, México



## OBJETIVO DEL PROYECTO


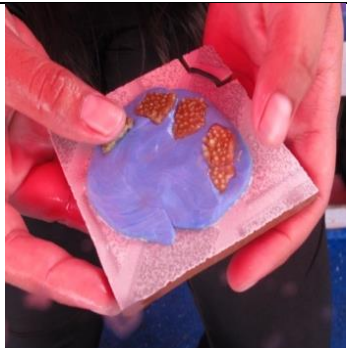
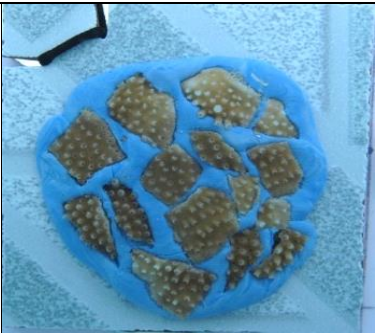
Establecer la biotecnología para el cultivo de corales *Acropora palmata* y *A. cervicornis* aplicables a la recuperación de arrecifes coralinos y mejorar la técnica de larvicultivo y de postlarvas del caracol rosado *Labatus gigas*

## ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO

### RESKINNING

Uno de las limitantes para cultivo de corales dirigido a la restauración de los arrecifes coralinos es la relativa lentitud de crecimiento de algunos géneros de corales, debido a esto surgió la necesidad de desarrollar una técnica que estimule el desarrollo de estos, acortando así el tiempo en que los corales puedan ser llevados a las zonas de restauración. Mediante la separación de fragmentos de aproximadamente 1cm de colonias reproductoras se pueden producir miles de fragmentos de semillas viables. (Page, 2015)

El tejido para reskinning se obtiene de la técnica de fragmentación, que consiste en el corte de ramas y/o protuberancias de colonias de corales sanos de *A. palmata* y *A. cervicornis* que posteriormente se pegan a un cople de PVC. La colonia con el tiempo alcanza la talla deseable para ser plantado en el arrecife, sin embargo el tejido también crece hacia abajo cubriendo el cople que le será retirado para la siembra. Es ese tejido “sobrante” el que se aprovecha para el reskinning, fragmentándolo en pedazos con un tamaño estándar de 3cm<sup>2</sup> para pegarlos en placas de aproximadamente 8cm<sup>2</sup> con plastilina epóxica o plastilina marina. Es pertinente mencionar que estos fragmentos deben ser de la misma colonia ya que se pretende que al crecer se reconozcan y se puedan unir formando una colonia más grande. Estas actividades se llevaron a cabo en el mes de Agosto para posteriormente llevar un seguimiento fotográfico del crecimiento y/o mortalidad de las colonias.

		
Colonia del vivero donadora	Pegado del Reskinning en placas	Vista final del conjunto de fragmentos



Resultado final cuando los fragmentos se fusionan

Fuente De Imágenes: Personal Del Proyecto “Corales” Del INAPESCA, Puerto Morelos

## ACCIONES DE RESCATE DE COLONIAS DE CORAL DAÑADO POR ENCALLAMIENTO EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS, MÉXICO

[Actividad que sustituye “**Análisis de fotografías en ArcGis**”]. El motivo de la sustitución de la actividad fue porque el encargado de laboratorio decidió hacerlo él

El 16 de Julio del 2016 una embarcación encalló en un arrecife coralino en las coordenadas 20°54'35” N y 86°50'7.5” dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.

El impacto causó fragmentación de por lo menos 20 colonias ramificadas de la especie *Acropora palmata* y más de 40 del género *Undaria spp.* El desprendimiento de la colonia masiva de gran tamaño de *Pseudodiploria strigosa*, dos colonias de la especie *Orbicella anullaris* y la ruptura de la estructura calcárea dejando el material desprendido

### Acciones inmediatas

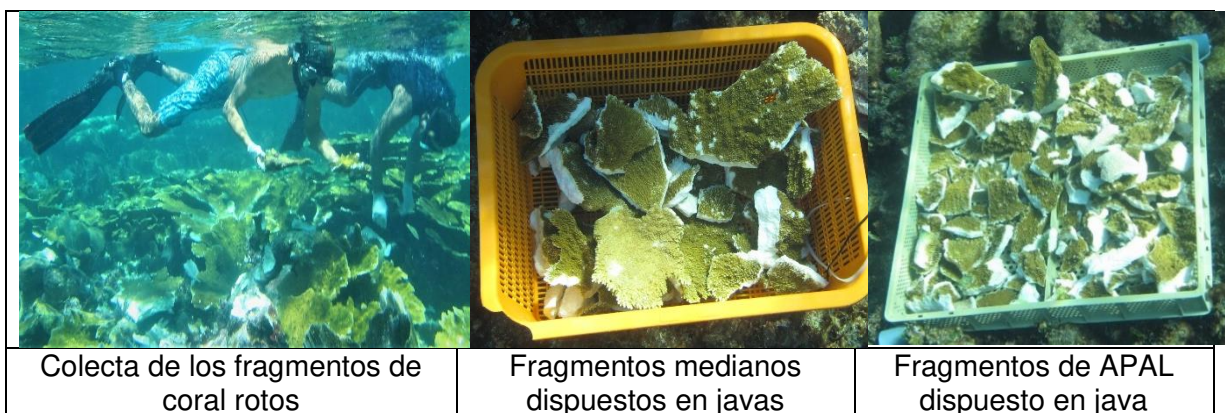
Inmediatamente después de que se nos dio aviso del incidente, se acudió a la zona a reconocer los daños que sufrió el arrecife y así poder tomar las decisiones oportunas y particulares para rescatar la mayor cantidad de colonias y/o biomasa de corales

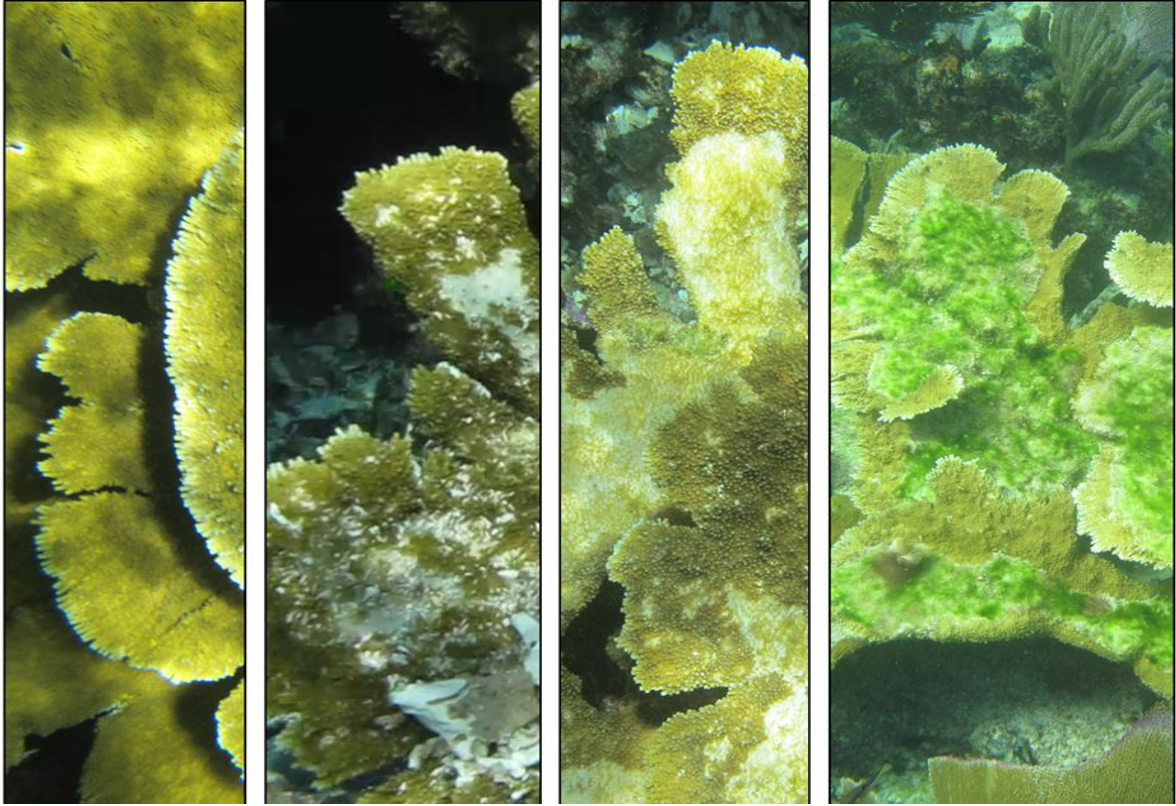
- ✓ Se hizo la remoción del escombros y los sedimentos que quedaron en las colonias
- ✓ Los fragmentos más grandes se fijaron temporalmente en los huecos que se encontraban cerca
- ✓ Los fragmentos más pequeños se recolectaron para posteriormente colocarlos en un domo artificial de alambre para su recuperación (vivero)

- ✓ Las colonias de coral masivo se colocaron tratando su posición original
- ✓ Se delimitó el área afectada y se marcaron las colonias que fueron afectadas para poder llevar un seguimiento de ellas







Se requirió de un plan de acción para tratar a las colonias lo más pronto posible y dejar el arrecife lo más parecido a la estructura que tenía antes del encallamiento

Los fragmentos rotos más grandes de *A. palmata* se pegaron a la roca con cemento y esto formó parte de las acciones secundarias de rescate. Las colonias de coral *Pseudodiploria strigosa* y *Orbicella annularis* también se fijaron con cemento y además se cubrió el esqueleto expuesto que causó el daño con las aspas de la embarcación, esto se hizo con plastilina epóxica. Para los fragmentos más pequeños se construyó con malla electrosoldada un vivero provisional con forma de domo y los pedazos se amarraron con hilo alquitranado.





Progresión del daño a colonias de *Acropora palmata* por sedimentación. Tejido sano, sedimento y escombros sobre el tejido del coral, muerte del tejido coralino, colonización de algas en el esqueleto expuesto

		
Pseudodiploria strigosa volteadas por la embarcación	Buzo y snorkel levantando la gran colonia	Proceso de fijación de la colonia con cemento
		
Herida en el tejido coralina causado por las aspas de la embarcación	Pastilina epóxica y cemento cubriendo el esqueleto expuesto	Colonia después de 4 meses del rescate

		
Malla electrosoldada para el vivero marino	Buzos colocando el domo y amarrando los pequeños fragmentos de APAL	Fragmentos de rescate colocados en el domo

## REPRODUCCIÓN SEXUAL DE CORALES

La producción de cientos de colonias clones a partir de una única colonia puede ser muy útil (Edwards y Gomez, 2007). Los programas de restauración se basan principalmente en esta técnica; sin embargo surgen preocupaciones sobre la pérdida de diversidad genética que provee salud al arrecife a largo plazo ya que es clave para la resistencia a enfermedades en corales.

La reproducción sexual de los corales cuenta con dos ventajas importantes sobre la reproducción asexual. En primer lugar, son necesarias menos colonias donadoras de fragmentos, lo que reduce los daños colaterales en los arrecifes fuente. En segundo lugar, las colonias producto de la reproducción sexual son genéticamente más diversas (Edwards y Gomez, 2007) aportando nuevos genotipos al sistema y minimizando la posibilidad de extinciones locales (Vidal et al, 2005).

### Salidas previas

19 de Agosto de 2016 se acudió a la zona al arrecife Bajo Pepito para evaluar el posible desove de las colonias en los días próximos. Se tienen localizadas y marcadas las colonias que años anteriores han mostrado actividad reproductiva y es sobre estas donde se colocan las redes y los frascos.

### Redes de colecta

Consta de una malla dispuesta en forma de cono de 1 m de largo. En la parte superior se dispuso un embudo el cual va inserto en la tapa del frasco (intercambiable) el cual contendrá los sacos gaméticos. En la parte inferior de la malla se les colocó pequeños plomos que permiten mantener la forma de cono para que de esta manera no lastime las colonias de coral. Se cosieron las mallas que estaban rotas, se lavaron con una mezcla de cloro y agua dulce, enjuagadas y dispuestas al sol. Posteriormente y ya secas se guardaron en redes, quedando listas para el evento de desove

### Frascos de colecta

Son frascos de plástico transparente al que se le colocó una marca con plumón permanente a 1.5 cm de la base. Esta marca indica el límite máximo al que debe llegar los paquetes gaméticos y con esta referencia cambiar el frasco.

### Estaciones de recolección

Son jivas plásticas que funcionan como contenedores de las muestras de sacos gaméticos. Se encuentran en un punto medio entre la embarcación y la zona de desove. A estas jivas se les dispuso flotadores en su perímetro para mantenerlos en la superficie, llevan también un estrobo para que pueda ser identificada en la oscuridad. Dentro de la Java se realizaron divisiones de tal manera puedan

mantener los frascos lo más estables posible para evitar que los sacos gaméticos se rompan

#### Fertilización

Es el proceso en el cual se realiza la mezcla de los sacos gaméticos de las distintas colonias que han desovado, esto en una hielera 45 L en dónde se pretende hacer la mayor combinación de genes posibles para enriquecer la diversidad.

#### Limpieza en laboratorio

##### Embudos de decantación

Es un material en forma de pera de cristal que lleva una válvula en su parte inferior permitiendo controlar el flujo que pase por ella manteniendo el contenido que desee conservarse

##### Picetas 500 ml

Nos ayudarán a despegar de las paredes del embudo de decantación los huevos que a esta se peguen

##### Contenedores de agua limpia

Constan de jarras llenas de agua de mar filtrada y esterilizada con luz UV

##### Contenedores de agua sucia

Constan de cubetas rotuladas en las cuales se verterá el agua a desechar de los embudos de decantación

#### Incubación

##### Cubetas incubadoras de 20 L

Cubetas de 20 L a los cuales se les removi6 el fondo y se les coloc6 una malla de 100 micras a unos 15 cm del fondo. Se les hizo perforaciones en la parte superior para colocar mangueras. Estas incubadores se dispusieron en un tanque de 2200L con sistema de recirculaci6n, espumador y temperatura del agua controlada a 27 C

##### Bases de asentamiento



De 5 a 7 d6as despu6s de la fecundaci6n, las larvas pl6nulas buscan asentarse sobre el sustrato. Fueron hechas de forma piramidal con los siguientes elementos: cemento blanco 70%, arena 25% y colorante vegetal 5%

## Colecta

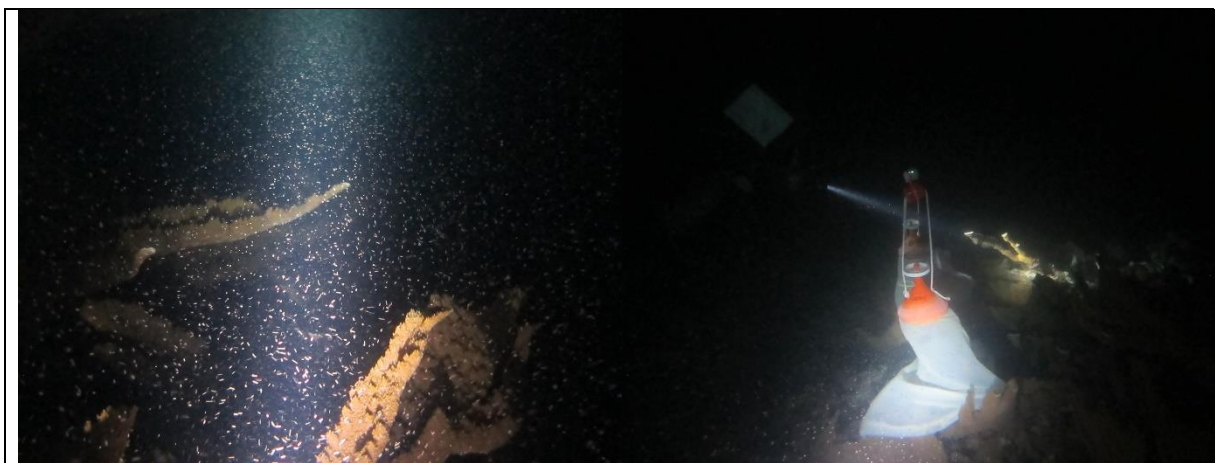
El día de la colecta se acudió al sitio de desove y poco antes del anochecer se colocaron las redes en las colonias con probable desove. Se tuvo especial cuidado en no lastimar los organismos a la vez que se intentó mantener las redes con pocos o nada de pliegues y cubriendo un área suficiente de la colonia. A las redes se les colocó un dispositivo luminoso que permitió ubicarlas en la oscuridad así como los frascos de colecta correspondientes.

Se colocaron las bases de recolección a una distancia prudente entre la lancha y la zona de desove, se encendió el estrobo y se ancló a un “muerto” para mantenerla fija y flotando

Dos horas y 30 minutos después de la puesta de sol regresamos al mar, nos organizamos en 3 equipos de 2 personas (un buzo y un snorkel). Se tuvo cuidado en no iluminar las redes directamente para evitar atraer depredadores. Tanto el buzo como el snorkel de cada equipo estuvimos al pendiente de las colonias seleccionadas esperando ver el momento del “setting” que ocurrió a las 21:34 hrs y consecuentemente el “spawning” (desove) de 22:10 a 22:40 hrs. Durante aproximadamente 1 hora las acciones de colecta fueron monitorar que todas las colonias en las que se pusieron las redes estuviesen desovando, en caso contrario se hizo en cambio de red a una colonia con desove, los buzos cuidaban que las redes no se cayeran por acción de las corrientes, que los paquetes gaméticos colectados en los frascos no rebasaran su límite máximo, cuidar que no entrasen depredadores a las redes y una vez los gametos hayan llegado a su marca, este se encargaba de quitar el frasco y pasárselo a su auxiliar snorkel que ya tenía preparada una tapa la cual evitaría que el contenido se saliera. Una vez hecho el intercambio el auxiliar snorkel procedía a llevar las muestras a las “bases de recolección” y una vez asegurada se regresa al sitio de desove a continuar con la colecta y apoyo al buzo. Una vez terminado el evento de desove, se procedió a llevar todas las muestras de las “estaciones” a la embarcación en donde un equipo esperaba a llevar a cabo la fertilización de los gametos.

	
Red de colecta sobre colonia de APAL	Se monitorean también otras colonias y se registra actividad reproductiva





Spawning, desove masivo de colonias de Acropora

Red colectando los sacos gaméticos

### Limpieza en laboratorio

Las muestras se llevaron a las instalaciones del CRIP donde se procedió a limpiar los huevos fertilizados. Se vertieron con sumo cuidado a los embudos de decantación y una vez los huevos quedaron en la parte superior se abrió la válvula para desalojar el agua sucia a la vez que con ayuda de una piseta se despegaban los huevos que quedasen en la pared del embudo conforme el agua iba bajando, una vez casi vació el embudo y manteniendo los huevos dentro procedimos a llenar de nuevo el instrumento con agua salada, limpia, filtrada y esterilizada con UV la cual se dispuso previamente en las jarras. El objetivo era eliminar el exceso de grasa, limpiar los huevos de posibles depredadores y eliminar el esperma que no llegó a fecundar. Este proceso se realizó en repetidas ocasiones necesarias hasta ver el agua limpia, clara y con ausencia de depredadores.

Posteriormente las muestras se llevaron a los incubadores dispuestos en una tina con capacidad de 2200 L. El sistema previamente fue preparado con chiller que mantiene la temperatura del agua controlada a 28°C. A los incubadores se les dispuso un sistema de flujo continuo de agua filtrada y esterilizada de UV, dispuestos de manera que los huevos se mantuvieran en movimiento en forma de vórtice lento.



Material para limpieza de los huevos fertilizados



Recambio de agua para eliminar exceso de grasa y esperma sobrante



Vista de los gametos fertilizados limpios



Preparación del sistema de incubación

### Seguimiento y monitoreo larval

Dos veces al día se limpió la superficie de los eclosionadores con hule parafilm con el objetivo de retirar lípidos del desarrollo del huevo. Diariamente se cuidaba de tener tinacos llenos con agua esterilizada y filtrada con UV y que estuviesen abasteciendo los sistemas con flujo continuo. Se registraban temperatura y salinidad

Entre el 4to y 5to día de fertilización las larvas plánulas han adquirido una forma de pera y comienzan a bajar a buscar un sustrato adecuado donde asentarse. Es aquí donde se presentan las “bases de asentamiento” en un tanque de 200 l con agua de mar filtrada, ahí se trasladan las larvas que durante los próximos 3 días se espera que el total de las larvas se hayan asentado y comienza la fase de metamorfosis para transformarse en el primer pólipos que eventualmente dará lugar a una colonia de coral completamente nueva

	
<p>Limpieza de los gametos en el sistema de incubación</p>	<p>Larvas nadadoras vistas bajo el microscopio</p>
	
<p>Curación de las bases de asentamiento</p>	<p>Recluta de 6 meses de edad aproximadamente</p>

## ACTIVIDADES EN EL VIVERO DE CORAL

### Limpieza de placas

Los tubos de PVC con los que están hechos los viveros tienden a ser colonizados por cianobacterias, macroalgas, esponjas, corales de fuego etcétera, estos, en muchos casos llegan a afectar el crecimiento de los corales por lo que es necesario mantener “a raya” a estos elementos.

#### Materiales

Cepillos de cerdas plásticas

Cepillos de alambre

Cinzel

Marro

Javas de colecta

#### Equipo


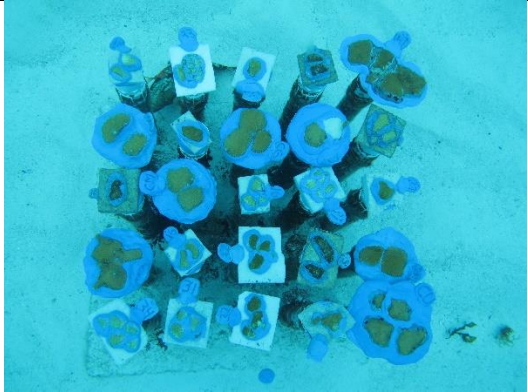
Equipo de buceo Scuba

Con ayuda de los cepillos se retiraron macroalgas y esponjas haciendo énfasis en las áreas cercanas a los fragmentos en cultivo. En caso de elementos incrustantes como poliquetos se usó el cepillo de alambre que facilita la tarea. En ocasiones

#### Retiro de macroalgas y corales fragmentos de coral muertos

Los monitoreos de sobrevivencia y mortalidad fueron realizados por una comitiva de otra institución con la que se tenía convenio de la instalación y mantenimiento del vivero

La actividad que la sustituye es la limpieza de las placas; retiro de macroalgas, retiro de tubería colonizada por coral de fuego y/o algas incrustantes

	
Limpieza del vivero modular	Limpieza del vivero de microfragmentos



## PRODUCCIÓN DE MICROALGAS PARA ALIMENTO DE ROTÍFEROS

[Actividad que sustituye **“Levantamiento del registro fotográfico (fotocuadrantes) para el análisis de la cobertura de elementos abióticos”**]. La razón por la que se sustituye la actividad es por falta de equipos de buceo Scuba y por la demanda de apoyo en las actividades en las instalaciones del CRIP

### Microalgas

Se mantienen cepas de *Nannochloropsis oculara* y *Tetraselmis chuii*

Las actividades consistieron en el apoyo al personal de laboratorio para reproducir estas microalgas por medio de “desdoble”. Según se requiera, las cepas se limpian haciéndolas pasar por un filtro de 100 micras a un matraz nuevo y de mayor volumen donde se llenará con agua de mar filtrada y esterilizada con luz UV, a esta dilución se le añade 0.5 ml de nutrientes “A” y “B” por cada litro de microalga. Posteriormente se coloca una pipeta para añadir aireación y se coloca un hule parafilm para sellar, se ubica en los estantes del laboratorio con aireación constante en un cuarto cerrado a temperatura entre 18 y 22 °C.

### Rotíferos

Cuando el cultivo en matraces o frascos tenga la densidad adecuada se le suministra a los Rotíferos pasando el cultivo de rotíferos por un par de filtros, el primero de 200 micras en donde se detendrá los cúmulos de microalgas u otra partícula ajena al cultivo, la segunda de 50 micras donde se quedarán los rotíferos que son limpiados en este filtro con agua de mar filtrada y esterilizada con luz UV, posteriormente y con ayuda de una piseta serán vertidos en matraces de 1

litro o frascos de 4 según corresponda y se alimentan llenando la totalidad del recipiente con la microalga, al cabo aproximadamente 4 días la densidad de rotíferos habrá aumentado lo suficiente para hacer la cosecha para alimentar a los corales. En este proceso se guarda un poco para repetir el proceso de cultivo.

Para cosechar los rotíferos, estos se pasan por filtros, se lavan y se vacían en botellas plásticas de un litro que se llenarán con agua limpia y se mantendrán con aireación hasta que ese mismo día sea suministrado a los corales

### Artemia

Durante una hora se dejan hidratando los quistes en agua dulce, posteriormente, en un frasco con una mezcla de cloro y agua en proporciones 3:1 se colocan los quistes ya hidratados y se pone aireación fuerte durante aproximadamente, este proceso romperá la capa más dura del quiste. Luego de los 5 minutos, se deshecha el cloro y se realizan varios enjuagues a los quistes con agua dulce hasta que el olor desaparezca por completo. Posteriormente, los quistes se pasan al artemiero que es un contenedor en forma de cono, en los próximos dos días se espera ya hayan eclosionado las artemias que también se les da como alimento a los corales en cultivo.



Cultivo de microalgas en laboratorio



Cepas de *Tretraselmis* y *caetosferos*

## LARVICULTIVO DE CARACOL ROSADOS (*LOBATUS GIGAS*)

La colecta de masa ovígera para el larvicultivo del caracol rosado se adelantó dos meses a lo que estaba previsto, esto por cuestiones logísticas y de época reproductiva de los caracoles. El 20 de Julio de 2016 acudimos a una zona de agregación para reproducción de *Lobatus gigas*, en Chankanaab, en la Isla de Cozumel en Quintana Roo. Se observó poca actividad reproductiva y pocas masas ovígeras, aun así se extrajeron 3 masas ovígeras completas y una pequeña. Estas fueron dispuestas en bolsas re-sellables y trasladadas al Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelo, Quintana Roo.

Las actividades que realicé en el área de cultivo con este material fueron las siguientes:

### Limpieza de masas ovígeras

Se dispusieron tres recipientes con agua de mar filtrada y esterilizada por luz UV, en la primera se retira el exceso de arena desbaratando un poco la masa de huevos, el segundo recipiente contiene una solución desinfectante con 10 ml de cloro por cada litro de agua de mar; aquí se introduce la masa ovígera moviéndola levemente para retirar cualquier organismos como bacterias y /o posibles depredadores que afecten el cultivo, durante 30 segundos, enseguida pasa al tercer recipiente que contiene solo agua de enjuague para retirar el exceso de cloro.

### Monitoreo del desarrollo embrionario

Las masas ovígeras fueron dispuestas en un sistema de flujo abierto que abastece con agua de mar filtrada y esterilizada con Luz UV. Todos los días, desde su llegada se tomó una muestra del filamento y se observó al microscopio, esto para prever el día de la eclosión

### Desarrollo larval

El 24 de Julio eclosionaron larvas de la Masa Ovígera #4 y se realizaron conteos de la siguiente manera: con ayuda de un tubo de vidrio se toma una muestra de 80 ml de toda la columna de agua del eclosionado, las larvas obtenidas son contadas y anotadas, este paso se repite 6 veces y se saca el promedio el cual se multiplica por 1000 y se divide entre 80, el producto son las larvas por litro y este se extrapola al volumen del contenedor (100 L ) y así obtenemos el número aproximado de larvas

$$98+128+70+131+87+85=599/6=99.83 \quad *1000=99,833.33 \quad /80= 1247.91$$

larvas por litro

$$*100 L = 124,700 \text{ larvas en } 100L$$

Posteriormente, el total de larvas son reubicadas en tinas cónicas con capacidad para 500 L, en la cual las larvas tienen más espacio para continuar su desarrollo larval. Durante los próximos días se hicieron los conteos como se explicó anteriormente pero extrapolando los resultados a 500 L. Diariamente y durante los aproximados 21 días del desarrollo larval se sacaron los siguientes parámetros

Temperatura 26-28°C  
Salinidad 35 a 36ppm  
Oxígeno disuelto a saturación

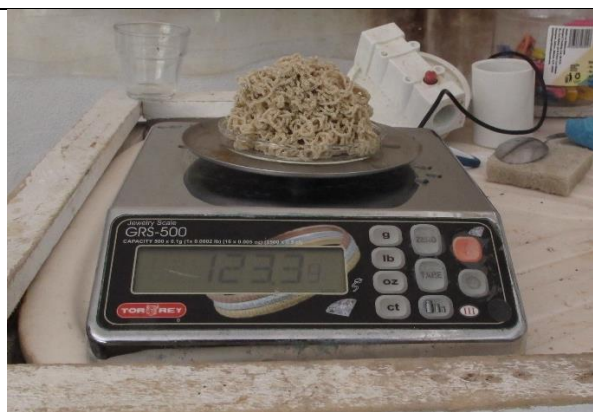
### Alimentación

También y como parte de las actividades de Servicio Social colaboré en la producción de alimento para larvas de caracol como se muestra en la siguiente tabla

Día de cultivo	Microalga	Concentración
1ro- 3ro	Pavlova	2.0x10 <sup>3</sup> (cel/ml)
4to - 8vo	Pavlova	2.5x10 <sup>3</sup> (cel/ml)
	Isochrysis	2.5x10 <sup>3</sup> (cel/ml)
9no-13vo	Isochrysis	10x10 <sup>3</sup> (cel/ml)
14vo- 21 vo	Isochrysis	10x10 <sup>3</sup> (cel/ml)
	Chaetoceros	2.5x10 <sup>3</sup> (cel/ml)








Caracola en puesta de la masa ovígera



Procedimiento de pesaje de la masa ovígera



	
<p>Limpieza de la masa ovígera y sistema de incubación</p>	<p>Limpieza del sistema de desarrollo larvario</p>
	
<p>Primeras semanas del desarrollo larvario. Dos pares de lóbulos pequeños</p>	<p>Seguimiento de desarrollo larvario. Los lobulos velares comienzan a dividirse</p>
	
<p>Últimas semanas del desarrollo larvario. Tres pares de lóbulos velares, alargados y en aproximación a reabsorberse para el proceso de metamorfosis</p>	

## REFERENCIAS

- Barragán MA (2016) "Veracruz, pionero en restauración de corales marinos a través de Acropora Palmata" *Al calor político* En línea <https://www.alcalorpolitico.com/informacion/veracruz-pionero-en-restauracion-de-corales-marinos-a-traves-de-acropora-palmata--197113.html>
- Edwards A., Gomez E. Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face uncertainty. *Coral reef targeted Research and Capacity Building for Management Program: St Lucía Australia. IV +PP 38*
- Gardner T., Cote I., Gil J., Grant A. y Watkinson A., (2003) "Long- Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals" *SCIENCE Vol 301.* pp. 958-960 [https://www.researchgate.net/publication/287204501\\_Reskinning\\_a\\_Reef\\_Mote\\_Marine\\_Lab\\_scientists\\_explore\\_a\\_new\\_approach\\_to\\_reef\\_restoration](https://www.researchgate.net/publication/287204501_Reskinning_a_Reef_Mote_Marine_Lab_scientists_explore_a_new_approach_to_reef_restoration)
- Medina A., (2004) "La pesca en Quintana Roo, México" *Gulf and caribbean Fisheries Institute.* SAGARPA . PP 36- 43
- Mumby P., Harborne A., (2010) "Marine Reserves Enhance the Recovery of Corals on Caribbean Reefs . PLoS ONE 5 (1)
- Padilla C., Ramírez E., Hernández Y. (2011) "Pesca y acuacultura sustentable" *Ciencia y Pesca, boletín mensual n°1*
- Padilla-Souza, A. C., González-Cano, J., Banaszak, A., Hernández-Arana, H. y R. Raigoza-Figuera. (2018) "Programa interdisciplinario de restauración activa para compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del caribe mexicano." *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura.* Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JA009. Ciudad de México.

- Page C., 2015 “Reskinning a Reef: Mote Marine Lab scientists explore a new approach to reef restoration” [En línea] *Ecological Engineering (ECOL ENG)* pp.72-80 DOI: [10.13140/RG.2.1.4281.0967](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4281.0967)
- Robles E., (2014) “Bienestar social y áreas naturales protegidas. Un estudio de la costa de Oaxaca, México” *Estudios sociales. REDALYC Vol. 22, num 44 pp 119-144*
- Rodríguez-Martínez RE, Banaszak AT, McField MD, Beltrán-Torres AU, Álvarez-Filip L (2014) “Assessment of *Acropora palmata* in the Mesoamerican Reef System”. PLOS ONE 9(4): e96140
- Vidal et al. (2005) “Composición y densidad de corales juveniles en dos arrecifes en dos arrecifes profundos de San Andrés Isla, Caribe Colombiano *Biol. Invest. Mar. Cost.* Vol. 34 pp 211-2025
- Westmacot S., Teleki k., Wells S y West J. (2000) “*Manejo de Arrecifes de coral blanqueados y severamente dañados*” UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. VII + 36 pp.