



**Programa de Acción para la Conservación de las  
Especies: Acropora (cuerno de ciervo *Acropora  
cervicornis* y cuerno de alce *Acropora palmata*)  
(PACE: ACROPORAS)**

---

## INDICE

I. ANTECEDENTES .....	4
1.1. Importancia de las especies del género <i>Acropora</i> .....	4
1.2. Factores de riesgo para el hábitat y para las poblaciones del género <i>Acropora</i> .....	5
1.3. Situación de las poblaciones del género <i>Acropora</i> en México.....	6
1.4. Esfuerzos para la conservación del género <i>Acropora</i> en México. ....	7
II. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE Y PROBLEMÁTICA .....	10
2.1. Descripción de las especies.....	11
Morfología.....	11
Características reproductivas.....	13
a) Reproducción sexual y desarrollo larval: .....	13
b) Reproducción asexual: .....	15
Estructura genética .....	16
Crecimiento .....	17
2.2. Distribución de <i>Acropora</i> spp.....	17
Área de distribución regional.....	17
Distribución histórica y actual de <i>Acropora palmata</i> y <i>A. cervicornis</i> en México.....	19
a) Golfo de México: .....	21
b) Banco de Campeche:.....	22
c) Mar Caribe:.....	22
2.3. Diagnóstico poblacional .....	24
2.4. Principales amenazas. ....	26
Declinación de las poblaciones de <i>Acropora</i> en el pasado reciente.....	26
Factores de riesgo que afectan a las poblaciones del género <i>Acropora</i> en México.....	26
a) Factores de perturbación local: .....	26
b) Cambio Climático Global:.....	30
Priorización en la atención de amenazas.....	30
2.5. Grado de vulnerabilidad de las especies <i>Acropora palmata</i> y <i>Acropora cervicornis</i> .....	31
III. OBJETIVOS .....	33
3.1. General.....	33
3.2. Particulares.....	33
IV. METAS GENERALES .....	34
V. METAS (2012).....	36
VI. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN .....	37
6.1 Subprogramas de Conservación.....	37
1. SUBPROGRAMA DE PROTECCIÓN: .....	37
1.1. Componente de Protección de Hábitat: .....	37
1.2. Componente de Protección de las Poblaciones:.....	38
1.3. Componente de Marco Legal .....	38
1.4. Componente de Inspección y Vigilancia.....	39
1.5. Componente de Protección de Ecosistemas Asociados.....	40



2	SUBPROGRAMA DE MANEJO .....	42
2.1.	Componente de Manejo de Hábitat .....	42
2.2.	Componente de Manejo de las especies .....	43
2.3.	Componente de Manejo de las especies afines.....	43
3.	SUBPROGRAMA DE RESTAURACION.....	45
3.1.	Componente de Restauración de hábitat y ecosistemas.....	45
3.2.	Componente de Mitigación y Prevención de impactos .....	45
4.	SUBPROGRAMA DE CONOCIMIENTO.....	47
4.1.	Componente de áreas prioritarias .....	47
4.2.	Componente de investigación científica.....	47
4.3.	Componente de monitoreo biológico.....	48
5.	SUBPROGRAMA DE CULTURA .....	49
5.1.	Componente de educación ambiental.....	49
5.2.	Componente de comunicación y difusión.....	49
5.3.	Componente de capacitación social.....	50
6.	SUBPROGRAMA DE GESTIÓN .....	51
6.1.	Componente de actores involucrados .....	51
6.2.	Componente de programación .....	52
6.3.	Componente de evaluación y seguimiento.....	52
VII.	CRITERIOS E INDICADORES DE ÉXITO.....	54
VIII.	CUADRO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS .....	58
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63



## I. ANTECEDENTES

### 1.1. Importancia de las especies del género *Acropora*.

Las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* pertenecen a los llamados corales escleractinios, comúnmente conocidos como corales duros o pétreos, por su capacidad de secretar un esqueleto de carbonato de calcio. Estas especies de coral habitan en los arrecifes tropicales de toda la región del Caribe y Golfo de México, siendo relevantes por su contribución a la formación de la estructura arrecifal, por lo que son consideradas las principales especies constructoras de la parte somera (Lighty *et al.*, 1982). La alta tasa de crecimiento que presentan estas especies ha permitido la acumulación de sus esqueletos a través del tiempo, favoreciendo la acreción de la estructura geológica, de modo que estos ambientes han logrado permanecer a pesar del incremento en el nivel del mar que ha ocurrido desde el Holoceno (Gladfelter *et al.*, 1978). *Acropora palmata* se presenta comúnmente en colonias abundantes y de gran tamaño en las partes someras del arrecife, condición que ha permitido formar barreras de coral que sirven de protección a la costa al disminuir la energía del oleaje causada por las corrientes marinas así como por tormentas y huracanes.

Desde un punto de vista ecológico, la abundancia de estas especies y su morfología típicamente ramificada favorece la formación de hábitat y refugio para muchos otros organismos que residen en el arrecife, siendo además áreas de alimentación para muchos de ellos. Consecuentemente, en torno a estos sitios se forman intrincadas interacciones entre especies y se establecen flujos de energía complejos. Un ejemplo claro de lo anterior es la fuerte asociación que presentan los acropóridos con los peces de arrecife tales como meros, pargos, loros, sargentos, ángeles, lábridos y damiselas (Itzkowitz, 1977; Gladfelter y Gladfelter, 1978; Lirman, 1999), dentro de los que se encuentran muchas especies de importancia pesquera. Al igual que los peces, muchos otros organismos como equinodermos, moluscos, langostas, cangrejos, tortugas, etc., encuentran refugio y áreas de alimentación en torno a los acropóridos. Por lo que, ambas especies de coral son de vital importancia para la existencia de una gran variedad de organismos, pues soportan una alta biodiversidad en las zonas someras del arrecife.

Bajo estas consideraciones, la importancia estructural y ecológica que tienen *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* para la construcción, mantenimiento y función de los arrecifes del Caribe y Golfo de México es única, pues involucra la generación de una serie de bienes y servicios, tanto ambientales como económicos, para el beneficio humano. Por ende, la pérdida o alteración de sus poblaciones podrían resultar en una reducción significativa de la función y estructura del arrecife (*Acropora Biological Review Team*,



2005), ya que no existe evidencia de que alguna otra especie de coral posea las características de historia de vida para cubrir tales funciones dentro del ecosistema arrecifal (Bruckner, 2002).

## **1.2. Factores de riesgo para el hábitat y para las poblaciones del género *Acropora*.**

Los arrecifes de coral son ecosistemas complejos y altamente productivos (Barnes y Hughes, 1988), considerados los ambientes marinos con mayor diversidad, comparables en el medio terrestre con los bosques de lluvia tropical (Connell, 1978), por lo que además de su valor escénico brindan un gran número de bienes y servicios ambientales. Entre ellos se puede mencionar la protección a la línea de costa que ofrece ante tormentas y huracanes, producción de especies de valor comercial, e incluso la captación de carbono en virtud de la simbiosis con algas fotosintéticas que ayuda al proceso de formación del esqueleto de carbonato de calcio.

A pesar de su innegable importancia biológica, desde hace varias décadas los arrecifes coralinos se encuentran sometidos a la presión de una serie de factores que ponen en riesgo su existencia (Bryant *et al.*, 1998). El uso y aprovechamiento excesivo de estos ecosistemas ha provocado diversos efectos a escala local como la fragmentación de hábitats, contaminación por desarrollo urbano y uso turístico, reducción de biodiversidad y sobrepesca (Richmond, 1993). Aunado a esto, el cambio climático global ha venido a representar una fuente de disturbio adicional (Buddemeier *et al.*, 2004), haciéndose evidentes sus efectos a través del blanqueamiento de los corales (Brown, 1997; Brown *et al.*, 2000; Dunne y Brown, 2001) y una reducción en sus tasas de calcificación (Carricart-Ganivet *et al.*, en prensa). La consecuencia lógica de la adición de factores de riesgo y del efecto de perturbaciones simultáneas que está ocurriendo en los arrecifes es la generación de impactos sinérgicos de mayor magnitud (Hughes *et al.*, 2003), que les impiden desarrollar o implementar de manera efectiva sus mecanismos de resistencia y de resiliencia como comunidad y como ecosistema (Grimsditch y Salm, 2006).

Esta situación de deterioro en los arrecifes coralinos resulta ser más severa y frecuente en la parte superior de la estructura arrecifal que se desarrolla a baja profundidad, ya que recibe de manera directa y con mayor intensidad los impactos antrópicos originados por su uso y la contaminación de su hábitat, al igual que las perturbaciones naturales producidas por tormentas o huracanes, y las del cambio climático por elevación de temperatura, irradiación de luz ultravioleta y cambios en el nivel medio del mar. Consecuentemente, los corales del género *Acropora*, constructores arrecifales que históricamente han dominado la parte somera de los arrecifes, se han convertido en especies altamente vulnerables, ya que permanecen expuestas a una compleja interacción de factores de riesgo y una creciente pérdida y deterioro del hábitat propicio para su desarrollo, lo que altera la estructura y dinámica de sus poblaciones.



En este contexto, las especies de coral *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* se han visto afectadas a nivel regional por una declinación de sus poblaciones, lo cual inició con una mortalidad masiva ocurrida entre los años 1970 y 1980 que afectó severamente a lo largo de su área de distribución, presentando pocos signos de recuperación hasta la fecha (Grober-Dunsmore *et al.*, 2006). Esta situación coincide con la persistencia de enfermedades y con una mayor incidencia de enfermedades emergentes, registrándose daño en diversas localidades por alteraciones como la banda blanca, neoplasia, parches de necrosis y puntos blancos (Gladfelter, 1982; Bak, 1983; Harvell *et al.*, 1999; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2001; Porter *et al.*, 2001; Patterson *et al.*, 2002; Vollmer y Kline, 2008).

### 1.3. Situación de las poblaciones del género *Acropora* en México.

En México, la situación para las especies del género *Acropora* no es distinta a la que existe a nivel regional. Las poblaciones de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* también se han visto disminuidas y afectadas en toda su área de distribución dentro de nuestro país; que incluye 3 zonas principales: Caribe mexicano, Suroeste del Golfo de México y Banco de Campeche.

Uno de los primeros problemas que enfrentamos para analizar esta situación es la falta de conocimiento que aún prevalece sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de *Acropora* en México, sobre todo en la sonda de Campeche y en los arrecifes veracruzanos de Tuxpan y Lobos. Si bien referimos como área de distribución de estas especies a los arrecifes del Golfo de México y del mar Caribe Mexicano, por ser su hábitat natural, la realidad es que aún se carece de precisión en cuanto a la extensión y ubicación que tienen estas poblaciones en los diferentes arrecifes, así como de un diagnóstico de su situación actual.

No obstante, existen evidencias del deterioro que han tenido las poblaciones de *Acropora* en México, como es la mortalidad masiva que ha afectado ambas especies en toda su área de distribución. En la zona del SW del Golfo de México se reporta una mortalidad que ocurrió de manera gradual por varios años a partir de la década de 1970 (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003), registrando pérdidas en la cobertura de estas especies que van del 50 al 100% entre los años 1971 y 1989 (Tunnell, 1992), sugiriendo como principal causa la enfermedad de la banda blanca producida por una sinergia entre impactos naturales y humanos. Una situación similar se presentó en los arrecifes del Banco de Campeche entre los años 1997 y 1999, observando mortalidad de la mayoría de las colonias de ambas especies de *Acropora* (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). En el caso de la zona del Caribe, la mortalidad masiva de estas especies parece no haber sido tan severa: en los arrecifes del centro y sureste existen grandes áreas de *Acropora palmata* viva que alternan con parches de colonias muertas, mientras que en los arrecifes del norte se observa muerte de colonias aisladas por la enfermedad de la banda blanca (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003); y para *Acropora cervicornis* se ha



dado un decremento en su abundancia de escasa a rara (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003).

Después de estos eventos de mortalidad no se ha registrado una recuperación significativa de las poblaciones de *Acropora* en los arrecifes mexicanos, de modo que la situación de estas especies continua siendo de riesgo. Es muy probable que el restablecimiento de estas poblaciones se haya visto obstaculizado por una serie de amenazas a las cuales permanecen sometidas. De manera similar a lo que ocurre a nivel regional, las especies de *Acropora* en México están expuestas a una serie de factores locales que tienen su origen principalmente en actividades turísticas y de pesca, así como por un desarrollo costero y establecimiento de zonas urbanas sin una planeación ambiental estratégica. Consecuentemente, se ejerce una presión de uso sobre estas poblaciones y un aporte excesivo de sedimentos, contaminantes y materia orgánica hacia los arrecifes, los cuales van teniendo efectos acumulativos y un detrimento gradual a largo plazo. Aunado a esto, en años recientes la navegación marítima con fines turísticos y de transporte ha traído consigo una nueva amenaza por la ocurrencia de impactos y encallamientos en la zona somera de los arrecifes, tanto en el Sistema Arrecifal Veracruzano como en las costas del Caribe mexicano, causando considerables daños a estas especies (CONANP, en preparación). Por último, los efectos globales del cambio climático están alterando de igual manera a las poblaciones de *Acropora* en México, lo cual ha provocado fenómenos de blanqueamiento en ambas especies, aunque en un bajo porcentaje de incidencia (Woodley *et al.*, 1996), una reducción en las tasas de crecimiento (Carricart-Ganivet *et al.*, en preparación), una mayor incidencia de enfermedades (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2004) y la constante alteración por tormentas y huracanes (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 1998).

Esta compleja interacción entre diferentes factores de riesgo a los que están sometidas las poblaciones de *Acropora* genera asociaciones y sinergias que las hacen cada vez más vulnerables a disminuir su abundancia y a presentar detrimento de sus parámetros poblacionales como puede ser una reducción de sus tasas de fecundidad, bajo reclutamiento sexual y pérdida de cobertura por mortalidad parcial. De manera consecuente, las funciones ecosistémicas que desempeñan estas especies al ser constructores arrecifales, formadoras de hábitat y generadoras tanto de biomasa como de biodiversidad, se están viendo fuertemente amenazadas por el daño que actualmente presentan las poblaciones de *Acropora* en nuestro país.

#### **1.4. Esfuerzos para la conservación del género *Acropora* en México.**

A nivel internacional existe un reconocimiento de la importancia y vulnerabilidad de estas especies. *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* están consideradas como especies en peligro crítico de extinción en el libro rojo de Especies Amenazadas elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN por sus siglas en inglés). De acuerdo a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies



Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés) todas las especies de corales escleractinios se encuentran dentro del Apéndice II para su comercio controlado a fin de evitar una utilización incompatible con su sobrevivencia. Así mismo existen numerosos esfuerzos internacionales para la conservación de estas especies que en su mayoría tienen que ver con monitoreo y protección de los arrecifes coralinos, tal es el caso del Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), apoyado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, como una colaboración entre México, Belice, Guatemala y Honduras para la protección y conservación de los ecosistemas arrecifales ecológicamente únicos y vulnerables.

México, por su parte y en congruencia con la política internacional, ha valorado y reconocido la importancia de proteger estas especies. Desde la creación y publicación de la actual NOM-059-SEMARNAT-2010 en 1994, *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* están consideradas con un estatus de protección especial, y es bajo este régimen de protección que se determina la necesidad de propiciar la recuperación y conservación de sus poblaciones y hábitat, reto complejo debido a la diversidad de factores que inciden negativamente en su viabilidad como especie.

Si bien se ha reconocido el carácter de riesgo para estas especies, hasta la fecha no existen acciones concretas que se hayan llevado a cabo con la finalidad de conservar y proteger las poblaciones de *Acropora palmata* y/o *Acropora cervicornis* en nuestro país. Sin embargo, el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas en áreas marinas con sistemas arrecifales ha sido una estrategia de conservación que ha tenido incidencia en la protección del hábitat natural de estas especies, al regular las actividades que se llevan a cabo en los arrecifes a través de sus Programas de Manejo. Actualmente contamos con 10 áreas protegidas en ambientes arrecifales: En el SW del Golfo de México: el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (1992) y Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (2007). En el Banco de Campeche: el Parque Nacional Arrecife Alacranes (1994). Y en el Caribe: el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (1996), Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (1998), Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (1996), Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (1996), Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian ka'an (1998), Parque Nacional Isla Contoy (1998), Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (2000).

No obstante que el funcionamiento de estas áreas protegidas involucra acciones de manejo y conservación de los principales arrecifes coralinos en México, aún hace falta realizar una evaluación específica del impacto que estas medidas tienen sobre las poblaciones de *Acropora*. Una de las iniciativas que ha llevado a cabo la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en sitios como Cancún, Isla Mujeres, Veracruz, Cozumel y Puerto Morelos es la restauración de arrecifes coralinos. Estas acciones se han implementado principalmente en zonas someras arrecifales, después de ocurrido algún desastre que haya impactado severamente a las poblaciones coralinas de estas especies, como han sido huracanes o encallamientos de embarcaciones (CONANP,





2005, PROFEPA, 2003). Las acciones de restauración consisten en el rescate y transplante de la mayor cantidad de fragmentos de coral vivo. En algunos de estos sitios también se está trabajando en la creación de sitios alternativos de recreación a través de la colocación de estructuras artificiales, algunas de las cuales sirven como receptores de fragmentos de coral que se generan de forma natural, siendo principalmente especies del género *Acropora*. Es conveniente mantener y reforzar esta iniciativa de restauración, focalizando esfuerzos específicos para la conservación de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, por lo que se requiere impulsar el establecimiento de un centro productor de nuevas colonias que puedan utilizarse en la restauración de zonas arrecifales, tanto por propagación clonal como por reproducción sexual, siendo esta última la única manera de incrementar la variabilidad genética de estas poblaciones.

En un contexto más general, en el año 2007, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), a través de su Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación (DEPC), puso en marcha un Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) con el objetivo general de lograr la recuperación de 30 especies prioritarias en el período 2007-2012. Para cada especie en riesgo se desarrolla, en coordinación con grupos de trabajo constituidos por expertos de los sectores gubernamentales, académico y de la sociedad civil, un Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE). Así pues, dentro del Programa de conservación de especies marinas, costeras e insulares del PROCER se consideraron las 2 especies de coral *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*. De esta manera, el presente documento contiene las acciones y estrategias propuestas para la recuperación de los corales *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en el territorio mexicano, siendo la primera vez que se dirigen esfuerzos a la protección de estas especies en México, dando lugar al Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Acroporas (cuerno de ciervo *Acropora cervicornis* y cuerno de alce *Acropora palmata* (PACE-Acroporas).



## II. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE Y PROBLEMÁTICA

Los corales *Acropora palmata* y *A. cervicornis* están considerados dentro de las principales especies de organismos hermatípicos, ya que la acumulación y depósito de sus esqueletos de carbonato de calcio a través del tiempo constituye el elemento primario para la construcción de la estructura del arrecife, contribuyendo así de manera significativa a su proceso de acreción (Goreau, 1959, 1973; Loya, 1972; Lighty *et al.*, 1982; Schumacher y Zibrowius, 1985). Esta condición está dada por las altas tasas de calcificación que presentan, asociadas a una relación mutualista que mantienen con algas dinoflageladas unicelulares llamadas zooxantelas (Goreau *et al.*, 1979), de modo que la acumulación de sus esqueletos a lo largo del tiempo contribuye a la formación de la estructura geológica de los arrecifes con sus diferentes zonas (Pichon, 1981).

En cuanto a su distribución, el género *Acropora* contiene más de 300 especies nominales en la región del Indo-Pacífico (Kenyon, 1992), pero para la región del Atlántico occidental sólo se han reportado tres: *A. palmata*, *A. cervicornis* y *A. prolifera* (Smith, 1972). Sin embargo, actualmente se considera que *A. prolifera* es un híbrido de las 2 primeras (Vollmer y Palumbi, 2002), y su abundancia y distribución son muy limitadas. De este modo, *A. palmata* y *A. cervicornis* tienen su distribución en los arrecifes que se encuentran a lo largo de todo el mar Caribe, incluyendo el Golfo de México, Costas del Caribe mexicano, Centro y Sudamérica, el archipiélago de las Bahamas y las Antillas mayores y menores.

Estas especies se consideran altamente sensitivas a ciertas condiciones ambientales, requiriendo agua clara y con buena circulación (Jaap y Sargent, 1993). Para su alimentación, estas especies tienen un mayor requerimiento de la energía de la luz solar que otros corales de forma masiva, los cuales dependen en mayor proporción del consumo de zooplancton (Porter, 1976). Por tanto, estas especies son más susceptibles al incremento de turbidez en el agua que otras especies de coral. Las condiciones óptimas de la temperatura del agua oscilan entre 25-29 °C, y son susceptibles al blanqueamiento. Se desarrollan en las partes someras de los arrecifes, de modo que su función como constructores arrecifales determina en gran medida la formación de la zona más elevada de la estructura conocida como Cresta arrecifal. En particular, *A. palmata* es una de las especies que contribuye de manera importante a la construcción de las partes someras en los arrecifes del Atlántico oeste (Lighty *et al.*, 1982), tanto en términos de abundancia como en tasas de acreción arrecifal (Bak y Criens, 1982).

La ubicación taxonómica de las 2 especies es la siguiente, de acuerdo a lo citado por Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet, 1999; Jaap, 2002.

REINO: ANIMALIA

PHYLUM: CNIDARIA Hatschek, 1888.

CLASE: ANTHOZOA Ehrenburg, 1834

Subclase Zoantharia deBlainville, 1830

Orden Scleractinia Bourne, 1900

Suborden Astrocoeniina Vaughan y Wells, 1943

Familia Acroporidae Verril, 1902.

Género: *Acropora* Oken, 1915

Especie: *A. cervicornis* (Lamarck, 1816)

Nombre común: Coral cuernos de venado

REINO: ANIMALIA

PHYLUM: CNIDARIA Hatschek, 1888.

CLASE: ANTHOZOA Ehrenburg, 1834

Subclase Zoantharia deBlainville, 1830

Orden Scleractinia Bourne, 1990

Suborden Astrocoeniina Vaughan y Wells, 1943

Familia Acroporidae Verril, 1902.

Género: *Acropora* Oken, 1915

Especie: *A. palmata* (Lamarck, 1816)

Nombre común: Coral cuernos de alce

## 2.1. Descripción de las especies

### Morfología

En cuanto a morfología, las colonias de estas especies son típicamente ramificadas, con una base estrecha por la cual se encuentran fijadas al sustrato, lo que les confiere un aspecto de cuernos. En el caso de *A. cervicornis*, sus ramas delgadas las hacen parecer cuernos de ciervo, de ahí su nombre común, mientras que en *A. palmata* las ramas extendidas semejan los cuernos de un alce.

Dentro del género, *Acropora palmata* es la especie cuyas colonias alcanzan mayor tamaño. Las colonias presentan ramas aplanadas en forma de frondas que pueden llegar a medir más de 50 cm de ancho, de un grueso que va de 2 a 10 cm, las cuales se adelgazan hacia la base de la rama. Los ápices de crecimiento se encuentran en la parte más distal de las ramas, siendo de color claro a blanco, mientras que el tejido de la colonia es color ocre y se va haciendo más oscuro hacia la base de la colonia. Las colonias de esta especie pueden llegar a ser muy grandes, midiendo hasta 2 metros de altura y 4 m de diámetro entre las puntas de las ramas más distales, con una base del tronco que llega a tener 40 cm de diámetro (Jaap, 2002). La ramificación en las colonias de esta especie se ha considerado una adaptación morfológica para soportar la energía

del oleaje característico de la zona del arrecife en donde habita, observándose que sus ramas tienden a crecer paralelas al flujo del agua (Graus *et al*, 1977, citado en Schuhmacher y Plewka, 1981). De este modo se observa que ciertas condiciones ambientales, como la acción del oleaje, las corrientes, la profundidad y la intensidad luminosa, determinan el patrón de ramificación en estas especies y generan variaciones en la cantidad, forma, orientación y extensión de las ramas, e incluso en la altura de la propia colonia, lo cual resulta en una gran variedad de formas para esta especie (Fig. 1).



**Figura 1.** Variaciones en la morfología de las colonias de *Acropora palmata*. Fotos: Juan Carlos Huitrón.

*Acropora cervicornis* forma colonias arborescentes, ramas cilíndricas y rectas o ligeramente curvadas (Fig. 2). El diámetro de las ramas es de 1 a 4 cm, y el color del tejido va de amarillo a café claro. Las ramas secundarias divergen de las ramas primarias en ángulos que van de 30 a 90 grados. Los especímenes de aguas profundas tienden a tener ramas más largas y delgadas (1.5 cm de diámetro aproximadamente) y pocas ramas secundarias. Las ramas de las colonias de aguas someras tienden a ser más gruesas (aproximadamente 4 cm de diámetro) con un gran número de ramas secundarias. Las ramas presentan en su ápice puntas de crecimiento que son de color más claro e incluso llegan a ser de color blanco y de forma aguzada. Las colonias suelen no estar fijadas firmemente al sustrato duro y las ramas pueden fusionarse con ramas adyacentes (anastomosis). Las colonias más grandes y gruesas llegan a formar complejas estructuras que pueden medir de 2 a 3 metros de alto y 30 metros de largo (Jaap, 2002), como las que existen en Cayo Lobos en Banco Chinchorro (Vega-Zepeda *et al.*, 2007).



**Figura 2.** Colonias de *Acropora cervicornis*. Fotos: Juan Carlos Huitrón.

## Características reproductivas

### a) Reproducción sexual y desarrollo larval:

Las especies del género *Acropora* son hermafroditas simultáneas con un ciclo anual de gametogénesis (Wallace, 1985; Babcock *et al.*, 1986; Kenyon, 1992). *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* no difieren sustancialmente en cuanto a la biología de su reproducción sexual y ambas especies liberan sus gametos, tanto masculinos como femeninos de manera simultánea, a la columna de agua en donde se lleva a cabo la fertilización (Szmant, 1986). Sin embargo, existe un mecanismo que inhibe la fertilización entre gametos de un mismo individuo genético, con lo que se favorece la variabilidad genética (Wallace *et al.*, 1986).

En cuanto a la época de reproducción, la mayoría de las especies de coral en el Caribe liberan sus gametos a finales del verano, pero parece ser que no existe sincronización entre las especies (Szmant, 1986). En particular, las especies del género *Acropora* presentan dos eventos reproductivos al año, siendo uno entre julio y agosto, y otro tardío en el mes de septiembre (Banaszak, com. pers.). En la mayoría de las poblaciones, esta liberación sincrónica de gametos ocurre unos días después de la luna llena de estos 3 meses.

Por otro lado, se ha observado que para estas especies, las tasas de fecundación están directamente relacionadas con el tamaño de las colonias, de modo que las colonias más grandes tienen una mayor fecundidad (Soong y Lang, 1992; Padilla, 1996). La fecundidad promedio para el género varía de 5.6 a 12.8 huevos por pólipo (Wallace, 1985), teniendo que la madurez sexual se alcanza a cierta talla/edad en función de la especie (Szmant,



1986; Babcock, 1991). En México se tiene reportado un promedio de 3.5 a 4 huevos por pólipo en colonias grandes, mientras que colonias medianas tienen 1.5 huevos por pólipo, encontrando que colonias con un área de tejido vivo menor a 1,000 cm<sup>2</sup> no han madurado sexualmente (Padilla, 1996).

En el género *Acropora* la fertilización y el desarrollo larval son externos. La larva plánula crece activamente y las zooxantelas se incorporan al tejido entrando por el ectodermo cerca del poro oral. Aunque son activas nadadoras, su capacidad de movimiento es limitado siendo mucho menor que las velocidades de la corriente, por lo que su dispersión y asentamiento están fuertemente determinados por la duración de la fase planctónica y las condiciones hidrológicas prevalecientes (Harrison y Wallace, 1990).

Poco se sabe acerca de los patrones de desarrollo larval y asentamiento de la larva plánula de manera específica para las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*. Sin embargo, se sabe que en general el patrón consiste en que después del desarrollo larval y de la dispersión, que dura de 3-7 días posteriores a la fertilización, la plánula presenta un comportamiento de búsqueda para explorar el sustrato, donde su nado es demersal (asociado al bentos). Este potencial de selección de sitios adecuados para el asentamiento representa ventajas para incrementar la sobrevivencia y cuando se encuentran las condiciones adecuadas, la plánula se fija al sustrato y ocurre la metamorfosis, formándose el primer pólipo de una colonia (Harrison y Wallace, 1990). De este modo, al igual que todos los corales, las especies del género *Acropora* requieren sustrato duro y consolidado para que las larvas se asienten, incluyendo esqueletos de corales ya muertos que permanecen fijos. A diferencia de otras larvas de coral, las larvas plánulas de *Acropora palmata* al parecer prefieren asentarse en superficies expuestas más que en partes oscuras o crípticas, al menos durante el asentamiento en laboratorio (Szmant y Miller, 2005).

La larva plánula de los corales presenta una alta mortalidad, mayor al 90%, debido a depredación y mortalidad natural principalmente, antes de asentarse y llegar al proceso de metamorfosis (Goreau *et al.*, 1981). Una vez que la larva se ha asentado, requiere alcanzar cierta talla para reducir la mortalidad ocasionada por factores tales como el sobrecrecimiento algal, la depredación durante el forrajeo de organismos herbívoros, enterramiento por sedimento. De este modo, se requiere alcanzar una talla de aproximadamente 1 cm de diámetro, lo cual ocurre aproximadamente al año de vida, para que un individuo asentado pueda considerarse un nuevo recluta dentro de la población; cuando ya es detectable en campo (Connell, 1985). Para la mayoría de los corales, el reclutamiento ocurre entre los 8 y 10 meses después del asentamiento inicial. En el caso específico de algunas especies de la familia Acroporidae, se estimó que las colonias alcanzan 5.1 mm de diámetro en 9.3 meses (Babcock, 1985).

Los estudios sobre reclutamiento sexual en las especies de *Acropora* en el Caribe muestran 2 situaciones problemáticas: en primer lugar, una densidad de juveniles baja en



comparación con otras especies, además de una densidad baja de juveniles en comparación con los adultos (Porter, 1987). Esto sugiere que la composición de la población de adultos está basada en reclutamientos variables. Sin embargo, hasta este momento las tasas de asentamiento y reclutamiento para las especies de *Acropora* no han sido cuantificadas.

#### **b) Reproducción asexual:**

Las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, al igual que otras especies de coral, también presentan una reproducción asexual, la cual involucra un proceso de fragmentación, que es cuando un pedazo de la colonia se desprende y vuelve a fijarse al sustrato para formar una nueva colonia (Highsmith, 1982). Esta nueva fijación ocurre cuando el tejido vivo de un fragmento logra crecer sobre un sustrato favorable después de caer, o a través de organismos incrustantes que se asientan en las áreas muertas del tejido y lo pegan al sustrato adyacente (Tunncliffe, 1981).

Este proceso de fragmentación provoca la formación de múltiples colonias separadas fisiológicamente (rametos) pero que son idénticas genéticamente, las cuales pueden sobrevivir de manera independiente. Por consiguiente, la reproducción asexual representa un incremento de biomasa, pero no contribuye a la variabilidad genética, mientras que la reproducción sexual implica la creación de nuevos genotipos (genetos) (*sensu* Hughes, 1989).

Para las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, la fragmentación es el medio más común de formar nuevas colonias en la mayoría de las poblaciones, de modo que juega un papel importante en mantener las poblaciones locales, cuando el reclutamiento sexual es limitado. Esto sucede porque de forma comparativa, los fragmentos de una colonia suelen tener mayor sobrevivencia que las larvas plánulas (Jackson, 1977), además de que la fragmentación sucede a lo largo de todo el año, a diferencia de la reproducción sexual que está limitada a una temporada en donde ocurren uno o 2 eventos anuales. Adicionalmente, los fragmentos permiten la dispersión de la especie, ya que pueden ser acarreado por las olas y las corrientes distancias que van desde de 0.1 a 100 metros, aunque de manera general el desplazamiento de estos fragmentos es menor a los 30 metros. La fragmentación durante eventos climáticos como las tormentas y huracanes representa una generación de nuevas colonias (Bak y Criens, 1982; Rogers *et al.*, 1993; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 1998) que varían en su probabilidad de sobrevivencia dependiendo de la intensidad de la perturbación (Highsmith *et al.*, 1980). También se ha reportado que la sobrevivencia de los fragmentos depende de su tamaño, de modo que fragmentos con un área de tejido vivo inferior a los 50 cm<sup>2</sup> tienen muy baja probabilidad de sobrevivir, encontrando una correlación positiva entre el tamaño y los días de sobrevivencia de los fragmentos, de modo que aquellos con más de 3,000 cm<sup>2</sup> de tejido tienen una sobrevivencia del 100% (Padilla, 1996; Padilla y Lara, 1996).



En resumen, las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* presentan dos tipos de reproducción, sexual y asexual, y ambos son esenciales para el mantenimiento de sus poblaciones. Por un lado, la producción asexual de colonias a través de la formación de fragmentos y su dispersión contribuye de manera directa a la propagación de colonias y a un incremento de biomasa, lo cual favorece el mantenimiento y sobrevivencia de la especie en una escala ecológica. Por su parte, la reproducción sexual es responsable de formar nuevos individuos genéticos que aportan la variabilidad genética necesaria para responder a los procesos evolutivos (Padilla, 1996).

### Estructura genética

Existen muy pocos datos sobre la estructura genética poblacional de las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*. Los estudios que se han llevado a cabo corresponden a toda el área de distribución a nivel de todo el Caribe, mostrando que el intercambio genético ha sido muy poco o nulo entre las poblaciones de la parte este del Caribe (San Vicente y las Granadinas, Las Islas Vírgenes, Curacao y Bonaire) y la parte oeste del Caribe (Bahamas, Florida, México, Panamá, Navassa y Mona Island), quedando la Isla de Puerto Rico como un área mixta en donde la población de *Acropora palmata* muestra contribución genética de ambas regiones, aunque está más relacionada con el Caribe oriental (Baums *et al.*, 2005a; 2005 b; Baums y Paris 2006; Baums *et al.*, 2006; Vollmer y Palumbi, 2007). Además, los resultados de Vollmer y Palumbi (2007) indican que poblaciones de *Acropora cervicornis* separadas por más de 500 km presentan diferenciación genética, y que el flujo genético a través de todo el Caribe es bajo. Esto es consistente con los estudios que se han llevado a cabo para otras especies de coral en el Caribe, mostrando que el flujo genético está restringido en escalas espaciales de más de 500 Km (Baums *et al.*, 2005b; Brazeau *et al.*, 2005). Es más, se han observado diferencias genéticas a escala fina entre arrecifes separados al menos 2 km, sugiriendo que el flujo genético en *Acropora cervicornis* puede estar mucho más limitado a escalas espaciales menores (Vollmer y Palumbi, 2007).

De este modo, los estudios de genética poblacional en ambos acroporidos sugieren que en el caso de *Acropora cervicornis* las poblaciones de un arrecife poseen una habilidad limitada para repoblar otra población separada por grandes distancias, mientras que las poblaciones de *Acropora palmata* están genéticamente relacionadas a través de distancias geográficas mayores, pero debido a que el reclutamiento sexual es extremadamente bajo, el potencial de aporte larval a gran distancia también es reducido. Bajo esta perspectiva, las acciones de conservación deberán ser implementadas a escala local y regional, ya que considerar la dispersión larval a larga distancia como un medio de recuperación puede ser poco factible. Por lo tanto, proteger poblaciones “donadoras” cercanas unas de otras (menos de 500 km) parece ser una alternativa de conservación más efectiva (Vollmer y Palumbi, 2007).





En el caso particular de México, tenemos que no se han llevado a cabo estudios específicos sobre genética poblacional para ninguna de las 2 especies en el área de distribución dentro de nuestro país. De este modo, los únicos datos corresponden a una o 2 localidades que han servido de comparación a nivel de toda la región del Caribe en los trabajos citados anteriormente, en los cuales no se consideran las poblaciones que existen dentro del Golfo de México. Por consiguiente, los estudios sobre genética poblacional de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en el área de distribución geográfica en México son necesarios para determinar el grado de conectividad entre las diferentes poblaciones, y el tipo de estrategias a nivel nacional que deberían llevarse a cabo para la conservación y manejo de estas especies.

## Crecimiento

Las colonias del género *Acropora* presentan las tasas de crecimiento más elevadas entre los corales hermatípicos (Bak, 1983; Godfried y Van Moorsel, 1988; Harrison y Wallace, 1990). Para la especie *Acropora cervicornis* se ha registrado una tasa de crecimiento lineal de sus ramas en un intervalo de 3 a 11.5 cm por año para diferentes localidades del Caribe (ABRT, 2005), muy similar al registrado para *Acropora palmata* de 4 a 11 cm anuales (ABRT, 2005). En el caso específico de la población de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quintana Roo se estimó que en promedio las colonias presentan un crecimiento lineal de 6.8 cm/año, una extensión basal de 2.3 mm por mes y un incremento de tejido promedio de 200 cm<sup>2</sup> por mes (Padilla y Lara, 1996). Sin embargo, el crecimiento de la colonia es dependiente de su tamaño, de modo que las colonias de mayor talla presentan una extensión lineal e incremento de tejido mayor, mientras que la extensión de la base ocurre independiente de su tamaño (Padilla y Lara, 1996).

En el caso de *Acropora palmata*, se ha observado que los fragmentos que se generan por la ruptura de las colonias tienen una alta sobrevivencia (Highsmith, *et al*, 1980; Highsmith, 1982), y una vez que han logrado estabilizarse en el sustrato muestran una elevada tasa de crecimiento, formando rápidamente una base de fijación (Padilla, 1996). Esto es posible gracias a la capacidad que tienen los organismos modulares de reasignar sus recursos, de manera rápida y eficiente, para destinarlos a las actividades y en la región de la colonia que es necesario (Hughes y Hughes, 1986). Por este motivo, *Acropora palmata* es considerada una de las especies más rápidas y eficientes en la regeneración de tejido perdido por lesiones causadas por abrasión, depredación o enfermedad (Bak, 1983).

## 2.2. Distribución de *Acropora* spp.

### Área de distribución regional.

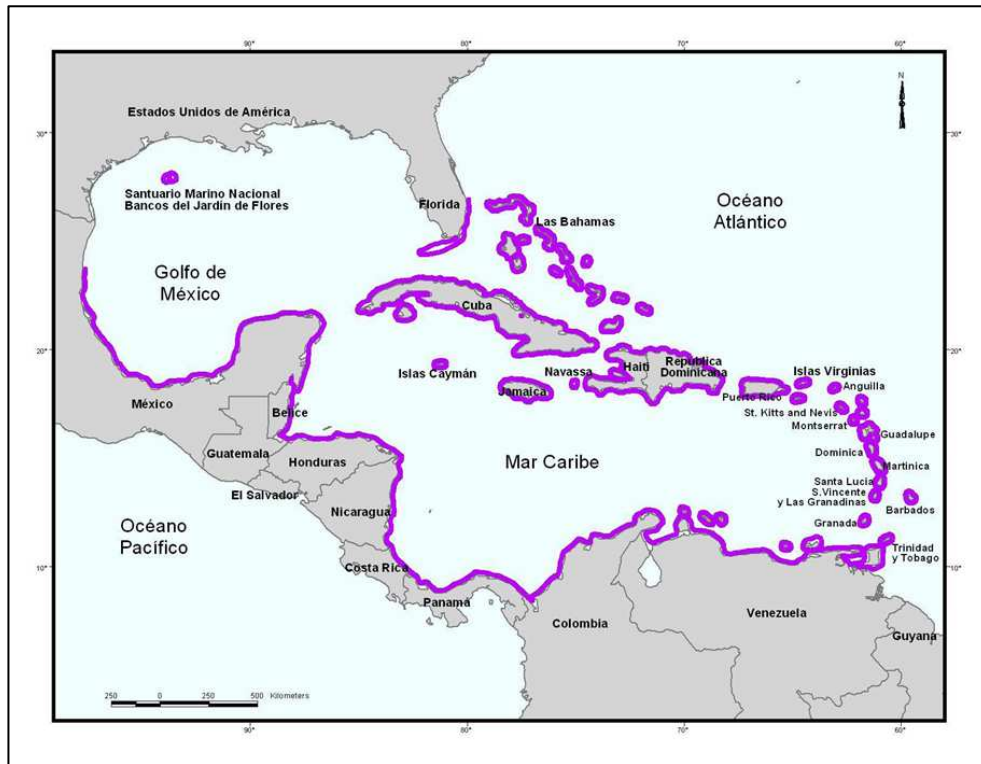
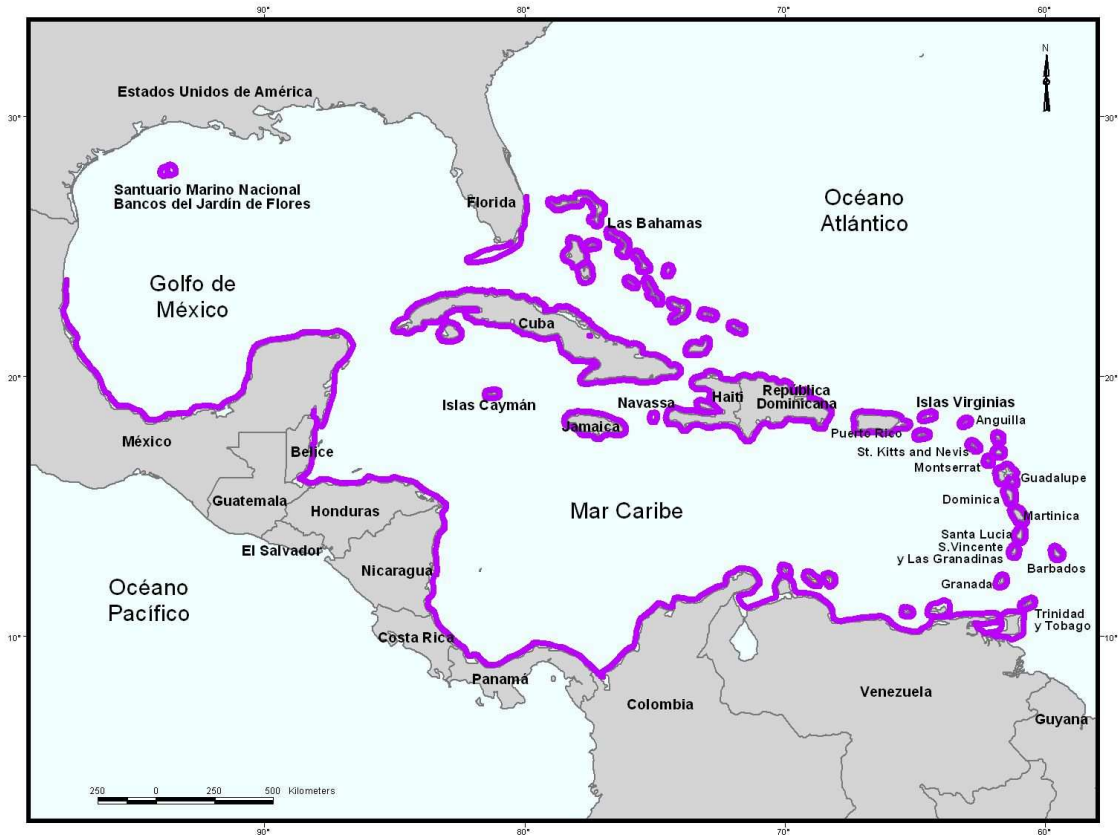


Figura 3. Distribución regional de *Acropora* spp. Basado en: *Acropora* Biological Review Team, 2005.



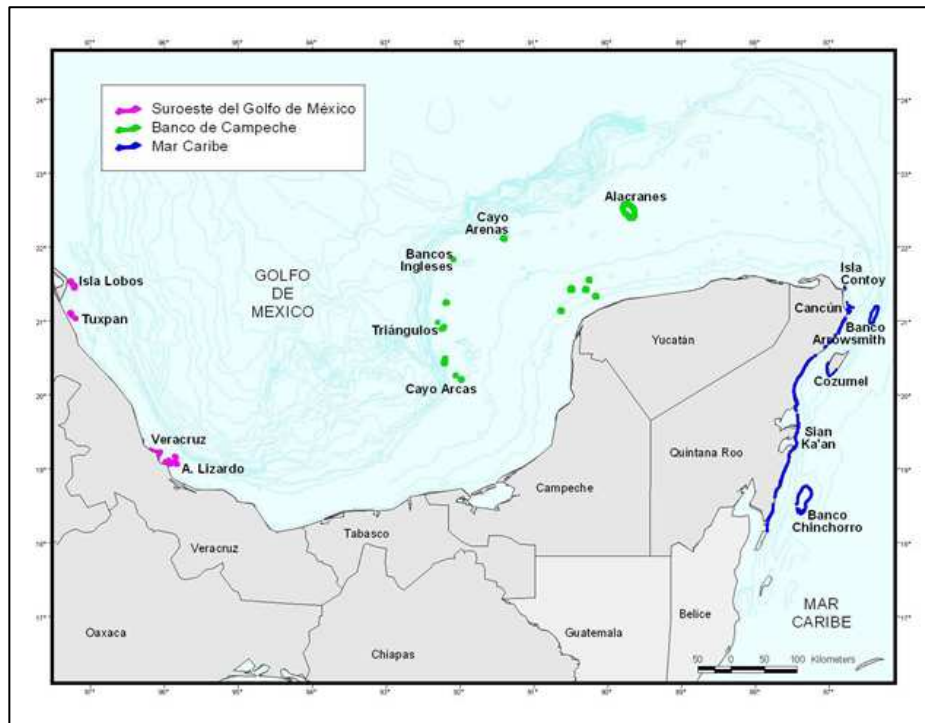
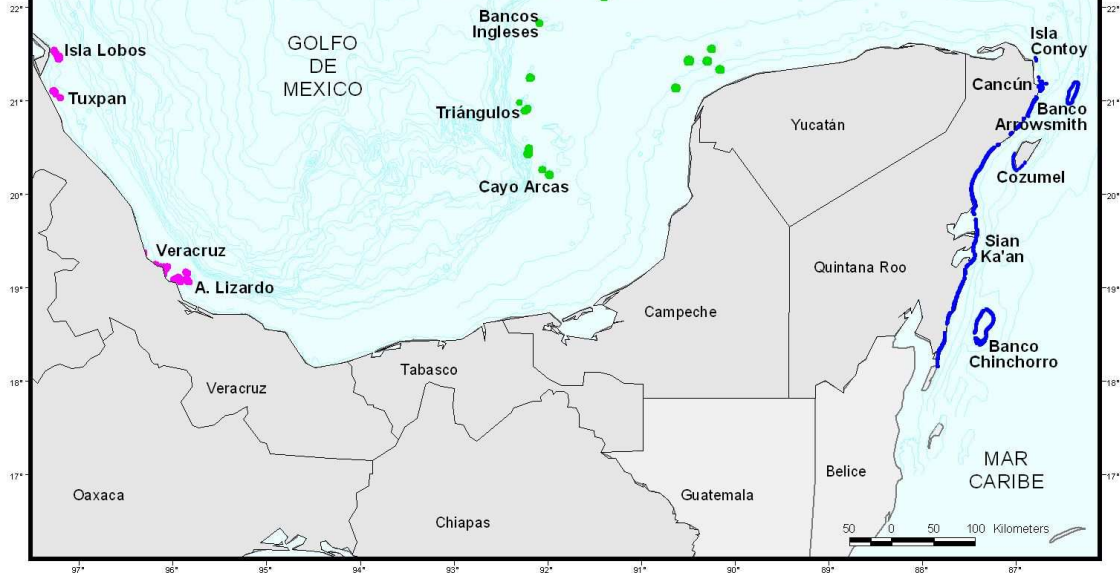
De acuerdo con los datos científicos disponibles, el área de distribución geográfica que actualmente presentan ambas especies del género *Acropora* en la región del Atlántico occidental ha permanecido sin cambio histórico, ya que no se tiene evidencia de una reducción del área que han ocupado estas dos especies (ABRT, 2005). Esta información es congruente con los programas de monitoreo del AGRRA, los cuales también indican que los rangos de distribución históricos de ambas especies no han cambiado, aunque su densidad haya disminuido, encontrando que *Acropora cervicornis* presenta una abundancia de rara a escasa (aún en sitios en donde se sabía que era dominante), mientras que *Acropora palmata* existe con una abundancia de baja a moderada (Lang, 2003).

### **Distribución histórica y actual de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en México**

El género *Acropora* en México se encuentra presente en todos los arrecifes del Golfo de México y mar Caribe. Siendo así, la distribución geográfica de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* abarca todo este sistema de arrecifes, el cual se divide en 3 regiones: a) Arrecifes del suroeste del Golfo de México, b) arrecifes del Banco de Campeche, y c) los arrecifes del mar Caribe, las cuales difieren entre sí en cuanto a su estructura y condiciones ambientales.

En la parte suroeste del Golfo de México están el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y los arrecifes de Tuxpan y Lobos, siendo arrecifes de parche que se establecen sobre la plataforma continental (*sensu* Guilcher, 1988), también conocidos como arrecifes de banco (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003), que se encuentran en aguas relativamente someras y cercanos a la costa (0-10 km), teniendo en su estructura una pendiente de barlovento y una de sotavento. El SAV consta de 2 grupos de arrecifes: los del Puerto de Veracruz y los arrecifes de Antón Lizardo, separados por la desembocadura del río Jamapa, y está limitado al norte por el río La Antigua y al sur por el río Papaloapan y la laguna de Alvarado (Lara *et al.*, 1992). La presencia de estos ríos representa una fuerte influencia terrígena en los arrecifes por la descarga de sedimentos, materiales y contaminantes. Por su parte, el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan está integrado por seis arrecifes tipo plataforma, divididos en 2 grupos: los arrecifes de Lobos, conocidos como Lobos, Medio y Blanquilla; y los arrecifes de Tuxpan denominados Tuxpan, Enmedio y Tanhuijo (Universidad Veracruzana, 2003).

Los arrecifes del Banco de Campeche se forman en la parte este del Golfo de México, y son también arrecifes de banco, pero de mayor tamaño que los de la parte suroeste. Se encuentran mar adentro, entre 80 y 130 km, en un ambiente oceánico lejos de la influencia terrestre, siendo los arrecifes de Cayo Arcas, Cayo Triángulos, Cayo Arenas, Banco Ingleses y arrecife Alacranes (Jordán-Dahlgren, 2002; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003).

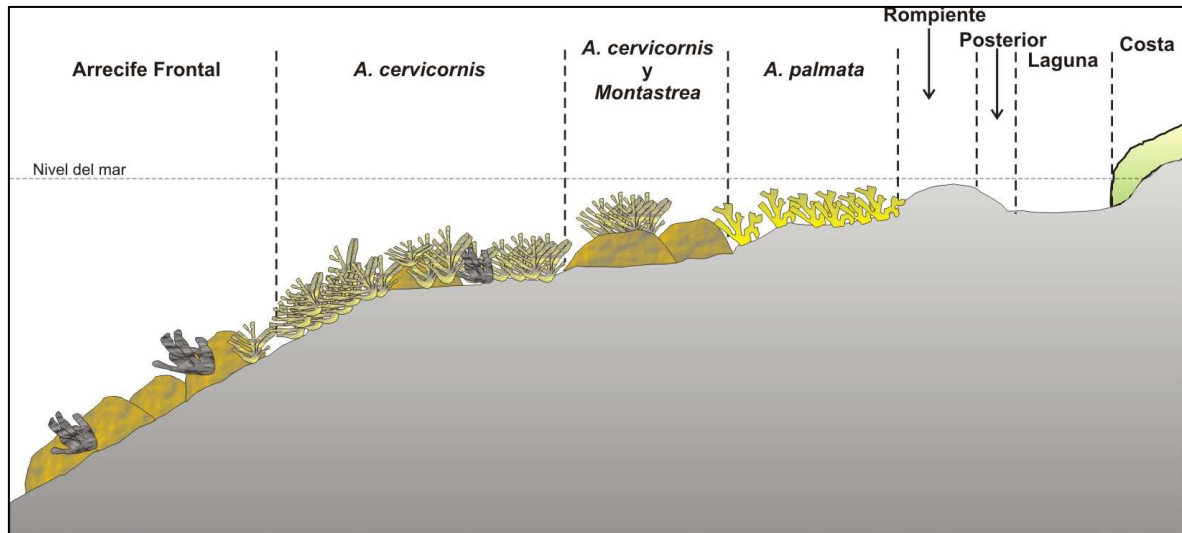


**Figura 4.** Distribución de *Acropora* spp. en México.

No obstante que ambas especies comparten la misma distribución geográfica, tanto histórica como actual, cada una tiene un hábitat específico de modo que se pueden reconocer patrones de zonación por especie. Siendo así, *Acropora palmata* comúnmente crece en aguas someras y con alta intensidad de oleaje, siendo abundante en la pendiente expuesta de los arrecifes en un rango de profundidad óptimo entre 1 a 5 metros, y suele estar presente en aguas someras del Arrecife Posterior. Por su parte, *Acropora cervicornis* comúnmente crece en aguas un poco más profundas y protegidas, en un rango de profundidad que va de 5 a 20 m.

De este modo, en los arrecifes se puede reconocer un patrón general de zonación en función de la presencia de estas especies (Fig. 5), aunque existen ciertas particularidades para cada una de las 3 regiones arrecifales que se encuentran en México. Lo preocupante en este sentido es que este patrón de zonación se ha visto alterado por una drástica

reducción de la abundancia del género *Acropora* en los arrecifes, lo cual ha generado cambios a nivel local, pero sin llegar a alterar su rango de distribución histórica.



**Figura 5.** Patrón general de zonación de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en el arrecife. Basado en: *Acropora Biological Review Team*, 2005.

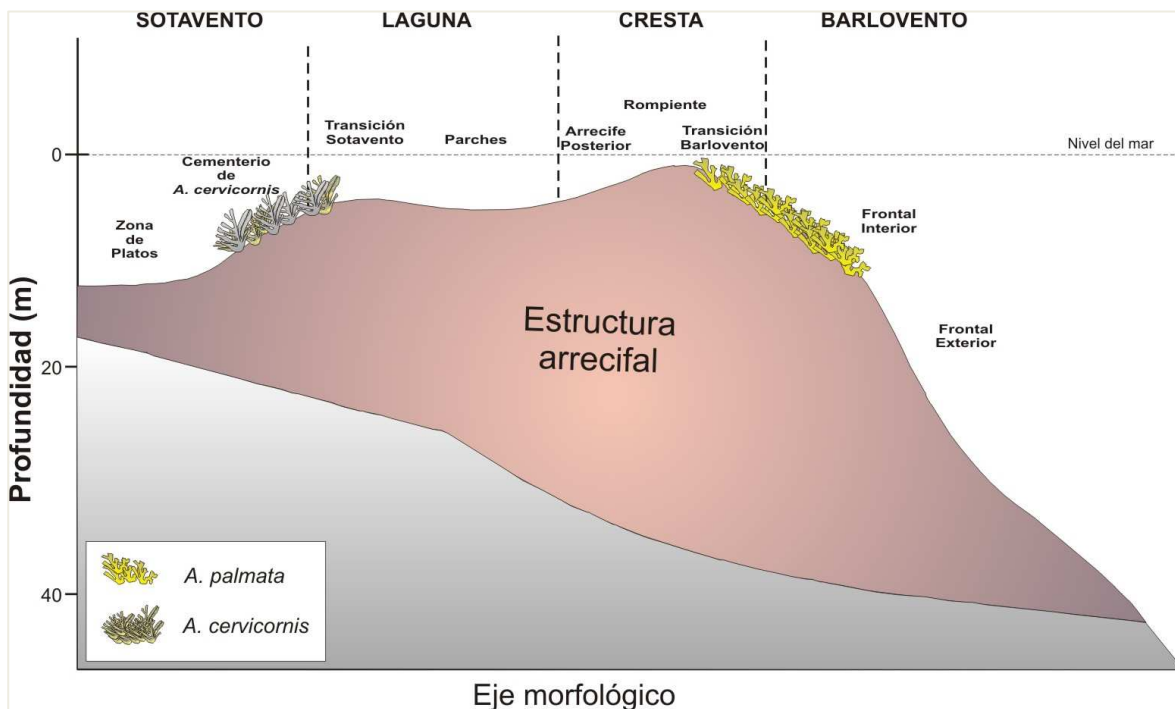
A continuación se describe brevemente el patrón de distribución de estas especies por región, haciendo consideraciones sobre su mortalidad y recuperación, con la intención de evaluar los cambios históricos que han presentado estas especies en su área de distribución.

#### a) Golfo de México:

En los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, la especie *Acropora palmata* se encuentra en la pendiente del barlovento (desde el frontal interior hasta la rompiente), mientras que *Acropora cervicornis* es importante en la parte protegida de los arrecifes o pendiente de sotavento, en donde se forma una zona llamada “cementerio de *Acropora cervicornis*”, la cual es más evidente en la parte central de los arrecifes (Lara *et al.*, 1992) (Fig.6).

En esta zona se presentó una mortalidad masiva de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en los años 1970 en los arrecifes del SW del Golfo de México (Jordán-Dahlgren, 1993), sugiriendo como principal causa la enfermedad de la banda blanca, ya que el evento de mortalidad ocurrió de manera gradual por varios años consecutivos y los esqueletos de las colonias muertas permanecen intactos, aunque las oleadas de frío durante las tormentas de invierno pudieron haber contribuido (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). La severidad de este evento ha sido documentada para

ambas especies por Tunnell (1992), al comparar la cobertura estimada en el año 1971 para *Acropora palmata* (5-50%) y *Acropora cervicornis* (cerca del 100%) en las partes someras del arrecife de Enmedio en Veracruz, con aquella registrada en 1989 (1.4% para *Acropora palmata* y menor al 5% para *Acropora cervicornis*), sugiriendo como posible causa una sinergia entre impactos naturales y humanos.



**Figura 6.** Patrón de distribución de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en los arrecifes del SAV.

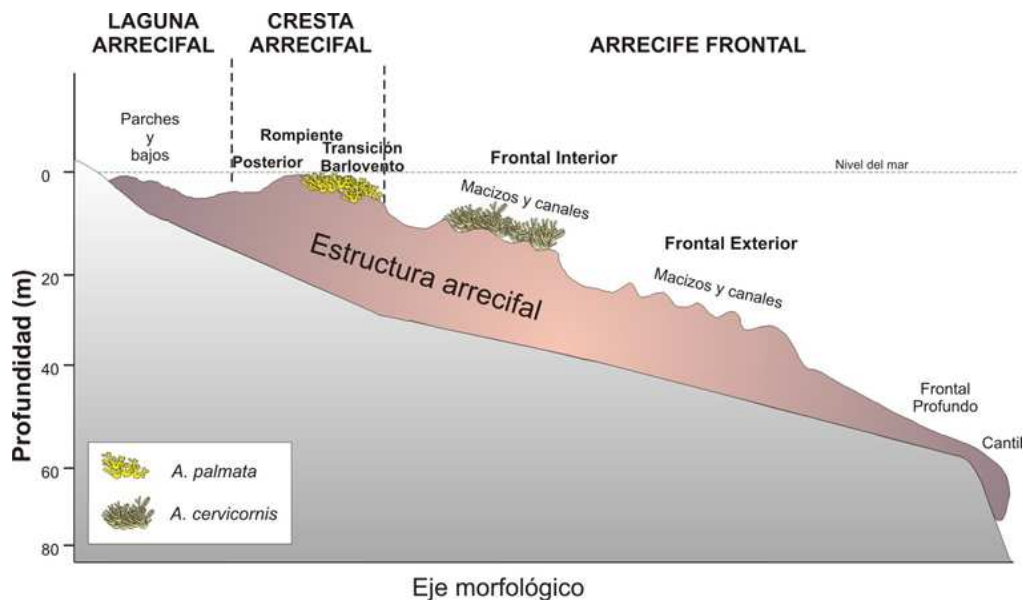
### b) Banco de Campeche:

A pesar de que los arrecifes del Banco de Campeche (Cayo Arcas, Triángulos y Arenas) no han sido muy estudiados, también se tiene registrada una situación similar ocurrida entre los años 1997 y 1999, observando mortalidad en la mayoría de las colonias de ambas especies de *Acropora*, tanto en zonas expuestas como protegidas de los arrecifes y desde las partes más someras hasta 25 m de profundidad, encontrando los esqueletos de *Acropora palmata* en su posición de crecimiento, mientras que para *Acropora cervicornis* se observaron esqueletos tanto intactos como seriamente alterados probablemente por tormentas (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003).

### c) Mar Caribe:

En los arrecifes del Caribe mexicano, *Acropora palmata* domina en la parte superior de la pendiente de barlovento (subzona de la Transición Barlovento), aunque llega a crecer en la Rompiente y en el arrecife posterior; mientras que *Acropora cervicornis* se encuentra casi exclusivamente en la parte media de la pendiente (subzona del Arrecife Frontal Interior) (Jordán-Dahlgren, 1979; Castañares y Soto, 1982; Padilla *et al.*, 1992; Jordán-Dahlgren, 1993b) (Fig. 7).

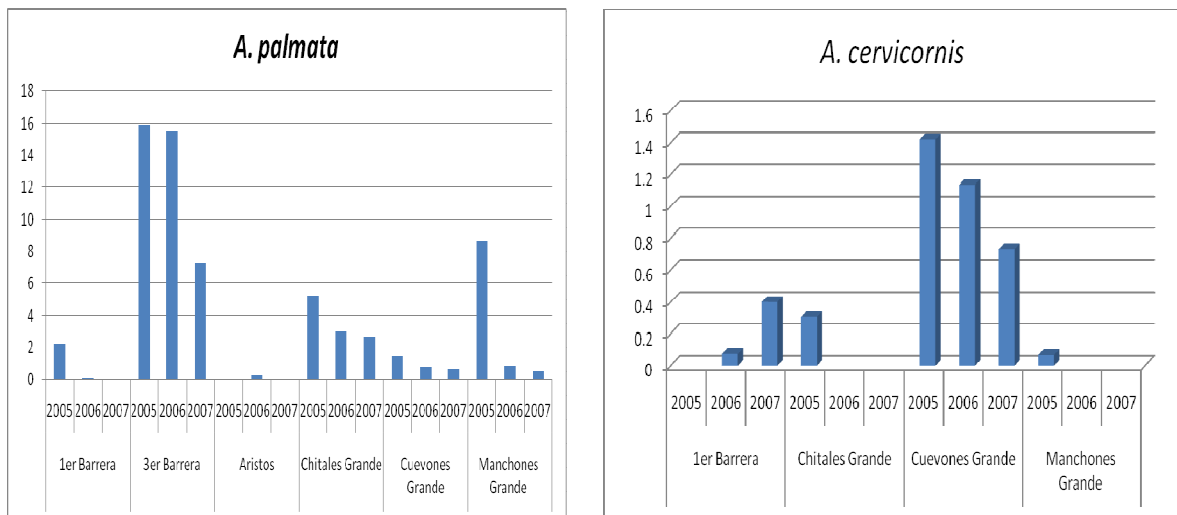
En la zona del Caribe mexicano la mortalidad parece no haber sido tan drástica; en los arrecifes del norte *Acropora palmata* parece haber tenido poca afectación por eventos de mortalidad, y aunque la enfermedad de la banda blanca ha estado siempre presente, parece ser que ha afectado solo colonias aisladas (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). En el caso de *Acropora cervicornis*, la cobertura era escasa para 1979 (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1981) y ha mostrado un marcado decremento siendo rara actualmente (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). En los arrecifes de la parte central y sureste del Caribe mexicano se observan grandes áreas de arrecifes vivos de *Acropora palmata* con grandes áreas donde la especie parece haber muerto, y dado que los esqueletos permanecen en su posición de crecimiento parece ser que la causa de la mortalidad es biológica, más que física o producida por tormentas (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003).



**Figura 7.** Patrón de distribución de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en los arrecifes del Caribe mexicano.

Un caso específico de una disminución en la cobertura de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en los últimos años se ha dado en los arrecifes del Parque Nacional Costa

Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, en donde se atribuye la mortalidad a un efecto del huracán Wilma ocurrido en el año 2005 (Figura 8).



**Figura 8.** Reducción en el porcentaje de cobertura de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (CONANP). Información proporcionada por la CONANP.

### 2.3. Diagnóstico poblacional

Los estudios sobre dinámica poblacional de estas especies para México son escasos. El diagnóstico poblacional que se presenta en este documento se basa en un estudio que se llevó a cabo sobre las estrategias demográficas de *Acropora palmata* en el arrecife de Puerto Morelos, en los años 1993-1996 (Padilla, 1996).

La población de *Acropora palmata* en Puerto Morelos presentó un incremento constante de la cobertura y de la cantidad de tejido vivo durante los 3 años que duró el estudio. Mediante el análisis demográfico de la proyección matricial se estimó una tasa intrínseca de crecimiento poblacional de 0.1593. Esto constituye una evidencia de que la población tiene el potencial de restablecerse de los daños ocasionados por una catástrofe natural y que se encuentra en un período de crecimiento, tendiente a restablecer el tipo de población que se encontraba en este lugar.

Esta especie tiene una gran longevidad, estimándose que algunas colonias pueden tener más de 100 años. La persistencia de las colonias grandes en la población, depende principalmente de su alta sobrevivencia, ya que son capaces de regenerar constantemente el tejido que pierden por fragmentación y por la mortalidad de pólipos. De esta manera, una colonia grande se mantiene por mucho tiempo en la población,





generando una gran cantidad de fragmentos, además de ser las que tienen una mayor aportación a la reproducción sexual.

Entre las especies de coral, las que pertenecen a este género, son las que tienen una mayor tasa de crecimiento, lo que favorece que una colonia pueda alcanzar un tamaño grande en poco tiempo. Algunas pueden tener varios metros de diámetro y más de un metro de altura, aunque esto sólo es posible en la zona de Transición hacia el barlovento donde existe una mayor profundidad y generalmente crecen aisladas. En cambio, en la zona de Rompiente, las colonias son menos altas, pero presentan una densidad mayor.

La propagación clonal constituye el principal mecanismo por el cual se lleva a cabo el crecimiento poblacional. Su estrategia de ocupación del espacio, mediante la dispersión pasiva de fragmentos, les permite colonizar áreas nuevas, llegando a dispersarse hasta una distancia de 30-50m. La sobrevivencia de los fragmentos está relacionada con su capacidad de fijarse nuevamente al sustrato y cuando lo logran, pueden aumentar de tamaño e incluso formar nuevas ramas en dirección a la luz, lo cual solamente ocurrió en los fragmentos grandes. Esta capacidad de generar nuevas colonias a partir de los fragmentos, provoca que un genotipo exitoso pueda propagarse y extenderse. Desde este punto de vista, la fragilidad de las ramas de la colonia puede ser un carácter adaptativo para colonizar nuevas áreas por medio de la propagación clonal. Sin embargo, esta fragilidad puede no ser adaptativa, si la población está sujeta a perturbaciones constantes, donde las colonias que sufren ruptura de sus ramas no puedan regenerar el tejido perdido y los fragmentos generados tienen pocas probabilidades de fijarse al sustrato y permanecer en la población.

En cambio, el número de colonias que se generan por reproducción sexual es bajo, a pesar de que las colonias se mantienen sexualmente maduras y son capaces de producir una gran cantidad de gametos. Esto implica que las colonias deben tener un gasto energético para la maduración de las gónadas y la producción de gametos, que no se ve reflejado en un reclutamiento exitoso. Esta aparente contradicción merece atención de estudio para determinar si el reclutamiento sexual existente es suficiente para que en tiempo evolutivo se genere la variabilidad genética necesaria para que los mecanismos de selección puedan operar.

Bajo esta serie de consideraciones, se puede concluir que en un tiempo ecológico, la proliferación de la especie depende fuertemente de la propagación clonal, de modo que la especie presenta adaptaciones tanto morfológicas como fisiológicas para ser eficiente en este proceso. Además, es posible que los ambientes tan impredecibles en los que habita esta especie, hayan favorecido que las colonias mantengan una intensa actividad reproductiva, como una estrategia a largo plazo, aunque el costo energético sea elevado y no represente una contribución importante al crecimiento poblacional.

## 2.4. Principales amenazas.

### Declinación de las poblaciones de *Acropora* en el pasado reciente.

Las amenazas para las especies de *Acropora* han sido similares para toda la Región del Caribe (Aronson y Precht, 2002), reconociendo 2 fuentes principales de perturbación: las enfermedades y las tormentas, como los principales factores que han contribuido a su deterioro a nivel regional (Bruckner, 2002; *Acropora* Biological Review Team, 2005).

Además de estas dos amenazas principales, se han identificado otro tipo de factores que han afectado estas especies en menor grado como son: la acción de los coralívoros, el estrés térmico, el incremento en el nivel medio del mar y la contaminación (Aronson y Precht, 2002). Finalmente, se ha puntualizado que las estrategias de historia de vida que poseen ambas especies del género *Acropora* no conducirán a sus poblaciones a una rápida recuperación de la mortalidad masiva que se ha generado a nivel regional, y actualmente se observa que corales de los géneros *Agaricia* y *Porites* están siendo más abundantes y que se encuentran colonizando las áreas perturbadas de los arrecifes que estaban ocupadas por los acroporidos (Aronson y Precht, 2002).

### Factores de riesgo que afectan a las poblaciones del género *Acropora* en México.

Como ha sido señalado anteriormente, las poblaciones de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* se encuentran actualmente amenazadas por una compleja red de factores que alteran y modifican gravemente su hábitat y perturban de este modo a los organismos de estas especies, cuyas poblaciones han sufrido un evidente decaimiento en nuestro país. Para su análisis se puede diferenciar aquellos factores de perturbación local de los que ocurren a nivel global:

#### a) Factores de perturbación local:

##### *Industria turística y desarrollo costero:*

Considerando la distribución de los arrecifes coralinos en México, es posible aseverar que se encuentran en zonas de alta importancia económica a nivel nacional, sobre todo en relación con la industria turística, la cual depende fuertemente del atractivo paisajístico que brindan estos ecosistemas, lo que ha traído consigo un desarrollo costero y crecimiento poblacional acelerados. Tal es el caso del Caribe Mexicano que en los últimos 30 años ha repuntado como uno de los centros turísticos más importantes del país, presentando un incremento en la afluencia turística del orden del 53% tan solo en el período de 1999 al 2007, lo que representa una importante fuente de ingresos para el país, ya que tan solo el Estado de Quintana Roo aportó el 33% del total de divisas que ingresaron a México por actividad turística en el 2006, generando ingresos por más de 3,864 millones de dólares, (INEGI, 2007).



Sin embargo, es necesario hacer conciencia de que una actividad tan productiva económicamente para el país, como lo es la industria turística, lleva implícita una serie de actividades que, lamentablemente, representan una amenaza para la salud de los arrecifes; desde la infraestructura inmobiliaria y turística que se requiere (incluyendo marinas y campos de golf), hasta el desarrollo urbano que ocurre de manera consecuyente y el posterior uso de la zona costera. A manera de un análisis sencillo, se puede considerar que la afectación al ecosistema arrecifal por la actividad turística ocurre a través de tres fuentes principales de perturbación.

Una de ellas es la contaminación de las costas y de las aguas por la generación de desechos sólidos y líquidos que llegan al mar a través de sus aguas residuales, lo cual ocasiona un detrimento en la calidad del agua por sus elevadas concentraciones de nitrógeno y turbidez del agua (Botello, et al, 2005). Un caso particular del efecto que esto ha ocasionado es la presencia de coliformes fecales en la superficie de algunas especies de corales (Lipp, *et al.*, 2002), sugiriendo su relación con enfermedades coralinas como la aparición de puntos blancos en colonias de *Acropora palmata* (Patterson, *et al.*, 2002). En relación a esto, la enfermedad de la banda blanca ha sido señalada como el principal agente causante de la mortalidad masiva de *Acropora palmata* y de *Acropora cervicornis*, ocasionando un severo detrimento de sus poblaciones en toda su área de distribución (Gladfelter, 1982, Bythell y Sheppard, 1993; Aronson y Precht, 2001; Bruckner, 2002).

Otra fuente de perturbación adicional es la que ocurre por el desarrollo costero sin una adecuada planeación; al respecto, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en su informe de actividades del 2007 consideró que existe una alta presión ambiental en torno a variables de irregularidades en las materias de vida silvestre, recursos marinos y forestales, impacto ambiental y zona federal marítimo terrestre. Todas estas materias están relacionadas de manera directa o indirecta con el deterioro o fragmentación de ecosistemas interconectados con los ecosistemas arrecifales. En este informe se ha manifestado que la mayor presión sobre los recursos naturales en nuestro país se presenta en gran parte de las zonas costeras del territorio nacional originado principalmente por un cambio en el uso de suelo, tala clandestina y extracción de vida silvestre. En el 2007 fueron detectados 1620 proyectos sin autorización en materia de impacto ambiental en la República Mexicana y 118 con autorización pero fuera de norma, de estos tan solo 42 proyectos fueron clausurados (PROFEPA 2007). Esta situación ha provocado, entre otras cosas, una pérdida en la calidad y el fraccionamiento de ecosistemas interconectados con los arrecifes coralinos como los manglares, dunas y selvas, con el consecuente detrimento del arrecife. Si bien se han realizado esfuerzos por mejorar la normatividad existente (ej. modificación del Art. 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre en enero del 2007) la capacidad de inspección y vigilancia en las zonas costeras es aún limitada. Aunado a factores indirectos de presión, es de reconocerse la importancia que el daño físico directo por el uso de ecosistemas arrecifales durante las actividades turísticas como el buceo libre y autónomo así como el anclaje de las



embarcaciones que visitan dichas zonas tienen de forma negativa sobre la calidad del arrecife y las poblaciones que lo habitan.

De este modo, se hace evidente la alteración que ocurre en el ambiente arrecifal como hábitat de los acropóridos por efecto de las actividades que se realizan en torno al turismo y al desarrollo costero, pero aún hace falta evaluar el tipo de impacto y la magnitud del daño que se ocasiona de manera específica a las poblaciones de *Acropora*. Se puede pensar que los impactos más directos sobre estas especies ocurren por la práctica del buceo y por la navegación turística. En el primer caso, el impacto puede originarse por contacto directo con las colonias de *Acropora* causándoles daño o ruptura, mientras que el tránsito de embarcaciones puede afectar durante las actividades de anclaje.

#### ***Encallamientos:***

Otro factor adicional de perturbación relacionado con la navegación en estos ecosistemas ha sido un incremento en el número de encallamientos de embarcaciones que afectan áreas arrecifales, principalmente en el Puerto de Veracruz, Cancún y Cozumel, dañando la parte somera, en donde frecuentemente se afectan colonias del género *Acropora*, ocasionando severos daños a la población e incluso a la estructura del arrecife. Este problema ocurre por un incremento del tránsito portuario y una falta de señalamiento de las zonas arrecifales, las cuales tampoco se encuentran debidamente identificadas en las cartas batimétricas y de navegación.

Al respecto, la CONANP y la CONABIO han coordinado esfuerzos para la elaboración de un manual de procedimientos para la atención inmediata a los arrecifes que sean afectados por algún encallamiento, el cual requiere de una implementación inmediata para poder contar con un instrumento rector que ayude a prevenir los riesgos que impone esta amenaza. Sin embargo es necesario complementar este esfuerzo con acciones para el señalamiento de los arrecifes y una referencia clara de la ubicación de las estructuras arrecifales como guía durante la navegación.

#### ***Actividades pesqueras:***

Otra actividad económica que representa una amenaza para los arrecifes y para las poblaciones de *Acropora* es la pesca, específicamente la que se lleva a cabo en los arrecifes, como es la captura de langosta, caracol, pulpo y escama, siendo una pesca comercial de tipo artesanal, por el tipo de artes de pesca y embarcaciones que se utilizan, la cual también se practica para autoconsumo. Como ejemplo del impacto económico de esta actividad se obtuvo para el Estado de Quintana Roo \$145.51 millones de pesos por la captura de 3,653 toneladas en el 2007 (INEGI, 2007), pero también hay que reconocer la importancia de los esfuerzos pesqueros en los municipios costeros de Veracruz y Campeche. El riesgo más directo de esta actividad ocurre por el contacto directo del pescador y sus artes de pesca como pueden ser redes, palangres, líneas de mano, el gancho, el arpón e incluso la recolección manual, que de manera accidental pueden



ocasionar daños mecánicos a las colonias de coral. Aunque se reconoce esta actividad como un factor de riesgo para los arrecifes, no existe una estimación específica que determine la magnitud del daño que esta actividad pudiera ocasionar directamente a las colonias de *Acropora*.

En otro contexto, cabe hacer notar que la Carta Nacional Pesquera que elabora el INAPESCA (SAGARPA, 2006) cataloga a la mayoría de estos recursos como pesquerías en deterioro en la mayoría de los sitios de explotación, haciendo recomendaciones de no incrementar los esfuerzos pesqueros, e incluso señala la necesidad de disminuir la mortalidad por pesca mediante el control de la captura furtiva, así como explorar alternativas de cultivo mediante técnicas de acuicultura, como en el caso del caracol rosado. Esta situación alerta sobre la fuerte presión extractiva que actualmente existe sobre estos recursos, lo cual puede tener un efecto determinante en el equilibrio trófico del ecosistema arrecifal. Para el caso específico de las poblaciones de corales del género *Acropora*, el daño más directo se observa por la disminución de especies de hábitos herbívoros, como puede ser el pez loro, ya que se relaciona con un incremento de la población algal y una consecuente competencia por sustrato, ocasionando un incremento en la mortalidad de colonias establecidas y un decremento en el reclutamiento de nuevas colonias (Hughes, 1994). Bajo esta consideración, en algunos foros científicos se ha planteado la conveniencia de establecer cierres temporales o vedas en sitios específicos para la captura de las principales especies de peces herbívoros. Sin embargo, haría falta evaluar de manera específica el impacto socioeconómico de la aplicación de una medida de este tipo, ya que en este momento no es posible hacer un análisis al respecto debido a que el manejo de este recurso y las estadísticas pesqueras correspondientes se presentan en términos generales para una gran cantidad de especies que componen el recurso escama.

De esta manera, se concluye que es necesario conducir estudios específicos para valorar el daño real y potencial que la actividad pesquera representa para las poblaciones de *Acropora* en los arrecifes mexicanos, así como evaluar el impacto socioeconómico de ciertas medidas propuestas para atender tal problemática, como pudieran ser restricciones de captura y/o cambios en las artes de pesca empleadas.

#### ***Industria petrolera:***

Finalmente, la industria petrolera representa otra amenaza, al considerar que en el Golfo de México se extrae el 78% de la producción total del petróleo nacional, y que tan solo en el año de 1999 existían en las regiones marinas de explotación más de 150 plataformas marinas y 1,500 m de ductos submarinos (PEMEX, 1999). Este desarrollo industrial representa un riesgo constante para las poblaciones coralinas ubicadas en la Sonda de Campeche y Veracruz.



## b) Cambio Climático Global:

En una escala global, el cambio climático es la principal amenaza para los ecosistemas arrecifales, ocasionando diversas alteraciones, como el aumento en la temperatura del océano que se ha relacionado con los eventos masivos de blanqueamiento de corales (Budedemeier, *et al.*, 2004), un incremento en la intensidad y frecuencia de eventos climatológicos extremos y cambios en la salinidad del agua marina (Limman, 2003), cambios en la composición química marina que elevan su acidez, lo que afecta el crecimiento de los corales y su estructura (Gattuso, *et al.*, 1998; Kleypas, *et al.*, 1999), y el aumento del nivel medio del mar que disminuye la disponibilidad de luz para las comunidades arrecifales, altamente dependientes de procesos fotosintéticos.

Aún que todas estas alteraciones climáticas representan un riesgo potencial para las poblaciones de *Acropora*, probablemente el daño más severo que han sufrido se debe a la acción de las tormentas y los huracanes, los cuales han incrementado en frecuencia, pero sobre todo en intensidad, causando un fuerte impacto en la sobrevivencia de las colonias y de los fragmentos (Bruckner, 2002). En décadas pasadas, estos meteoros se habían considerado como eventos que contribuían a la reproducción asexual a través de la formación de fragmentos (Bothwell, 1981; Wallace, 1985), siendo un mecanismo de dispersión y propagación de tejido que resulta ser una estrategia importante para la permanencia de estas especies (Hughes y Jackson, 1980; 1985), sobre todo por el bajo reclutamiento sexual que ocurre en los arrecifes (Miller *et al.*, 2007). Sin embargo, la modificación de sus patrones de incidencia, ha alterado los principios de la hipótesis de la perturbación intermedia (*sensu* Grime, 1973; 1977; Connell, 1978; Fox, 1979) ya que las poblaciones naturales no tienen oportunidad de recuperarse de estos daños.

Por otro lado, la etiología de las enfermedades coralinas aún no está bien determinada, pero existen indicios de que pueden presentarse con mayor incidencia en sitios afectados por estrés térmico (Berkelmans, *et al.*, 1999).

### Priorización en la atención de amenazas.

Del análisis anterior se concluye que las poblaciones de *Acropora* en nuestro país se encuentran amenazadas, tanto por factores de perturbación local, debidos principalmente a impactos antropogénicos, como por los efectos del cambio climático que ocurre a nivel global. En este juego de interacciones, las perturbaciones locales generan un estrés constante y directo que reduce la capacidad de resistencia y resiliencia de estos organismos ante los efectos del cambio climático, produciendo así una sinergia negativa y poco alentadora para estas especies. En consecuencia, la elaboración de estrategias de conservación para estas especies en riesgo deberá dar atención a estos factores en su conjunto.



Sin embargo, esta tarea es compleja y requiere llevar a cabo distintas acciones en el corto, mediano y largo plazo, por lo que es necesario hacer un análisis de las capacidades existentes y de las metas propuestas para definir diferentes líneas estratégicas. Por este motivo se condujo un ejercicio durante la reunión de expertos para la elaboración del presente documento, con la intención de priorizar las diferentes amenazas identificadas de acuerdo a su alcance (proporción de la población que pudiera ser afectado en los siguientes 10 años), severidad (nivel de daño esperado) e irreversibilidad (probabilidad de que el efecto de la amenaza desaparezca).

Bajo este análisis se obtuvo como resultado que las principales amenazas son el estrés térmico, la acidificación del océano y el cambio en el nivel del mar debidos al cambio climático global, además de un incremento poblacional y la destrucción de hábitats críticos. En un nivel intermedio de prioridad se consideraron una serie de malas prácticas para el manejo de los recursos como son las aguas residuales y la generación de contaminantes y sedimentos, esto en relación con una falta de cumplimiento de las regulaciones ambientales existentes; además de la aparición de enfermedades emergentes. Y con un menor grado de prioridad, en cuanto a su nivel de severidad, alcance e irreversibilidad, se catalogaron los daños mecánicos a las colonias ocasionadas tanto por el incremento en la intensidad de tormentas y huracanes, así como por las actividades recreativas y encallamientos, además de las que ocurren por los artes de pesca. Cabe mencionar que el orden de prioridad de las amenazas fue muy similar para las poblaciones de *Acropora* de la región del Caribe en comparación con las del Golfo de México, mostrando ligeras diferencias sobre todo en la amenaza debida a la contaminación, que es mayor en los arrecifes del Golfo de México, mientras que el efecto de las tormentas y huracanes es más severo en la región del Caribe.

Por lo tanto, se consideró oportuno que como punto de partida para la implementación del PACE se pudieran establecer ciertas acciones concretas orientadas a detener los factores de estrés constante y local que puedan ser implementadas en el corto y mediano plazo, con la intención de permitir que las poblaciones puedan afrontar de una mejor manera su reto de adaptación ante un mundo cuyo cambio acelerado está afectando de manera preocupante. Pero de manera necesaria, también se consideran algunos aspectos puntuales para ir construyendo una estrategia tendiente a afrontar los efectos del cambio climático y tratar de disminuir sus efectos, a través de implementar acciones de respuesta para afrontar situaciones de alerta, emergentes y de contingencia ambiental.

## **2.5. Grado de vulnerabilidad de las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*.**

Dadas las amenazas que afectan a las poblaciones de *Acropora palmata* y de *Acropora cervicornis* en nuestro país, así como las características de historia de vida y demográficas que presentan, se puede considerar que actualmente estas especies



presentan un grado de vulnerabilidad alto, lo cual se refleja en el decremento paulatino que han sufrido estas poblaciones.

Sin embargo, es importante considerar que estas especies se encuentran dentro de los corales que tienen mayores tasas de crecimiento, y que la producción de nuevas colonias por propagación clonal es un mecanismo exitoso para el incremento de biomasa y abundancia, así como una estrategia para la extensión de genotipos exitosos.

De este modo, se esperaría que una estrategia de manejo encaminada a reducir la perturbación de su hábitat y el daño directo a las colonias generado por efectos antropogénicos pudiera tener resultados positivos para conservar y recuperar estas poblaciones. En adición, la implementación de medidas de restauración puede ayudar a acelerar el proceso en sitios que hayan sido severamente dañados, sin perder de vista que también es importante reforzar el reclutamiento por reproducción sexual para garantizar la variabilidad genética necesaria para que los procesos evolutivos operen.





### III. OBJETIVOS

Esta iniciativa del Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* se ha creado con la intención de vincular acciones que reducirán las amenazas e incrementarán las posibilidades de conservación de estas especies en el arrecife, ampliando y formando nuevas alianzas para fomentar la adopción de la responsabilidad de conservación en sectores social y productivo locales; para lo cual se plantean los siguientes objetivos:

#### 3.1. General

Establecer las estrategias de acción nacional para la conservación y recuperación de las poblaciones de *Acropora palmata* y de *Acropora cervicornis* mediante la implementación de acciones de manejo y protección de los arrecifes que conforman su hábitat de distribución en México, bajo un marco de participación coordinada y vinculada de los diferentes actores involucrados.

#### 3.2. Particulares

- Determinar la ubicación y el estado actual de las poblaciones de *Acropora* en las 3 regiones de su distribución en México, generando el conocimiento necesario para dirigir los esfuerzos de conservación a través de estrategias específicas que sean más efectivas y oportunas.
- Reducir y prevenir el deterioro de las poblaciones de *Acropora* mediante la protección de su hábitat, promoviendo el empleo de buenas prácticas para un uso consciente de los arrecifes y de los recursos costeros, creando una red amplia y consolidada de autoridades basada en la participación comunitaria, respaldada por un marco legal bien definido y apropiado.
- Desarrollar las capacidades de respuesta para la atención de contingencias ambientales que deterioren o pongan en riesgo las poblaciones de *Acropora* y a su hábitat, a través de procesos coordinados entre autoridades, manejadores de recursos naturales, usuarios y sociedad civil.
- Inducir la recuperación de poblaciones de *Acropora* en estados críticos, con alta fragilidad, o que hayan sufrido un impacto severo, a través de acciones de manejo y restauración, con la intención de restablecer las funciones ecosistémicas, así como los bienes y servicios que brindan estos ambientes.



- Fortalecer el desarrollo de la investigación científica, técnica y biológica para generar un mayor conocimiento del arrecife de coral como ecosistema, y de las poblaciones de *Acropora* en particular, como base para atender aspectos críticos en los esquemas de conservación y manejo.
- Establecer programas de monitoreo de largo plazo que permitan detectar cambios significativos de manera eficiente y oportuna, para poder adaptar las acciones de conservación implementadas en función de sus resultados.
- Crear una comunidad informada y consciente sobre la importancia de la conservación de los arrecifes y del género *Acropora*, logrando su vinculación y participación en la implementación del PACE-Corales.
- Generar y consolidar los vínculos necesarios entre los diferentes actores del PACE-Corales que hagan posible su implementación, garantizando su permanencia a largo plazo.

#### IV. METAS GENERALES

- Contar con una zonificación marina que señale las áreas de distribución de las poblaciones de *Acropora* y su estado de conservación actual para identificar y proteger apropiadamente el ecosistema de impactos y conflictos humanos perjudiciales.
- Lograr un esquema de protección de los arrecifes y del hábitat de las poblaciones del género *Acropora*, enfocado a disminuir el efecto de impactos generados por el uso de los arrecifes y de la zona costera.
- Disponer de un marco legal y regulatorio que respalde las acciones del PACE, logrando la participación en los procesos de planeación y decisión en los ámbitos de su competencia.
- Tener brigadas de atención a contingencias ambientales capacitadas bajo procedimientos estandarizados y coordinados.
- Disponer de la tecnología y de la capacidad suficiente para implementar programas de restauración en áreas arrecifales importantes para el género *Acropora*.
- Adoptar un sistema de investigación que permita alcanzar un grado de conocimiento suficiente sobre aspectos técnicos y científicos relevantes, apoyado en un programa de monitoreo específico, que en conjunto permitan



definir una política de conservación del género *Acropora* en los arrecifes mexicanos.

- Lograr la participación activa y coordinada de los diferentes actores para implementar las acciones del PACE, asegurándose que las medidas de manejo reflejen y sean sensibles al ambiente socioeconómico, político y cultural local.
- Representar un liderazgo regional para reducir amenazas regionales para las poblaciones del género *Acropora* con colaboración y asistencia técnica internacional para el desarrollo de capacidades e incremento del conocimiento
- Disponer de los mecanismos necesarios para la gestión de apoyos financieros y sistemas de voluntariado.
- Emplear herramientas de manejo adaptativo para dar seguimiento a este programa, así como respuesta a los cambios ambientales y amenazas emergentes.



## V. METAS (2012)

- Contar con información referenciada geográficamente para la ubicación y estado de conservación actual de las poblaciones de *Acropora* en sus 3 regiones de distribución, que sirva como herramienta básica para la toma de decisiones durante la implementación del PACE.
- Tener instalado un señalamiento marino en áreas prioritarias para la conservación de *Acropora* que estén amenazadas por actividades de navegación o uso del arrecife.
- Incidir en la política de desarrollo regional para orientar acciones tendientes a controlar la descarga de aguas residuales en zonas de arrecife.
- Contar con propuestas viables de modificación del marco legal en materia de regulación náutica, descargas de aguas residuales, uso del arrecife, ordenamiento territorial y programas de manejo de áreas naturales para su gestión.
- Tener desarrollados protocolos para atención a contingencias ambientales y para mitigación de impactos y haber creado la capacidad de respuesta necesaria para implementarlos.
- Contar con centros productores de colonias de coral del género *Acropora*, así como la capacidad creada para implementar programas de restauración, manteniendo uno para el Golfo de México y otro para el Mar Caribe.
- Haber desarrollado líneas de investigación para atender aspectos críticos que afectan las poblaciones de *Acropora*, orientadas a definir políticas para su conservación y manejo.
- Contar con una red de áreas prioritarias de conservación para el género *Acropora* con un programa de monitoreo específico y de largo plazo.
- Haber diseñado e implementado una estrategia de comunicación y capacitación orientada a desarrollar vínculos y aptitudes entre los actores involucrados, logrando una conciencia y participación colectiva en la implementación del PACE-Corales.

## VI. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

### 6.1 Subprogramas de Conservación

#### 1. SUBPROGRAMA DE PROTECCIÓN:

##### 1.1. Componente de Protección de Hábitat:

###### *Objetivo:*

Proteger y conservar el hábitat de las especies del género *Acropora*, mediante la implementación de estrategias y actividades que inciden de manera directa en los generadores de impactos por actividades productivas y recreativas costeras y marinas.

###### *Actividades:*

- 1. Identificar las estructuras arrecifales en cartas de navegación oficiales, apoyadas con información batimétrica.**
  - Solicitar a la SCT y SM la incorporación de las zonas arrecifales en las Cartas de Navegación Mexicanas.
  - Establecer acuerdos entre instituciones (CONANP, SCT, SM, UNAM, etc.) para aportar la información necesaria y elaborar mapas batimétricos de las zonas arrecifales.
  
- 2. Desarrollar el programa de señalamiento para la protección de hábitat de especies del género *Acropora*.**
  - Determinar, diseñar y colocar el señalamiento terrestre y marino necesario para delimitar y regular la navegación en los ambientes arrecifales críticos.
  - Determinar, adquirir y colocar las boyas de amarre necesarias para ubicarse en las zonas autorizadas para el aprovechamiento recreativo de arrecifes.
  
- 3. Diseñar un programa de control de descargas de aguas residuales en las áreas de distribución de las especies de *Acropora*.**
  - Promover la participación de todos los sectores interesados en la elaboración y supervisión de los Programas Ecológicos Territoriales a nivel municipal para orientar las políticas regionales de desarrollo en áreas colindantes con zonas arrecifales.
  - Establecer acuerdos con autoridades competentes de los 3 órdenes de gobierno para corregir y mitigar las descargas residuales que generen un impacto potencial ó actual severo.
  - Participar en Comités de manejo de cuencas, a fin de incidir en la reducción de contaminantes y el arrastre de sedimentos.

## 1.2. Componente de Protección de las Poblaciones:

### *Objetivo:*

Identificar aquellas poblaciones del género *Acropora* con alta fragilidad por la presencia de blanqueamiento, enfermedades ó que hayan sido afectadas por huracanes, encallamientos, derrames u otros percances y generar acciones para su restablecimiento.

### *Actividades:*

- 1. Generar mapas y diagnósticos de las poblaciones de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en toda su área de distribución actual para identificar poblaciones críticas ó de alta fragilidad.**
  - Mapas diagnósticos por región (Suroeste del Golfo de México, Banco de Campeche y Caribe) que señalen la distribución y abundancia del género, y que identifiquen los sitios críticos, de alta fragilidad y de conservación óptima para el diseño de áreas prioritarias para la conservación.
- 2. Implementar estrategias de conservación para las poblaciones que hayan sido identificadas con alta fragilidad y con posibilidad de recuperación.**
  - Elaborar criterios para jerarquizar prioridades de conservación de poblaciones con alta fragilidad, vinculadas a estrategias específicas de protección y/o restauración, e incluso medidas emergentes como pudiera ser el cierre precautorio.
  - Establecer acuerdos con autoridades y usuarios para implementar las estrategias de conservación definidas para las poblaciones con alta fragilidad y solicitar recursos para su protección y/o restauración.

## 1.3. Componente de Marco Legal

### *Objetivo:*

Revisar, modificar y/o elaborar el marco legal necesario para la protección del hábitat y poblaciones del género *Acropora* en coordinación con las autoridades competentes.

### *Actividades:*

- 1. Revisión y elaboración de propuestas de modificación del marco legal**
  - Adecuación de regulación náutica para embarcaciones en áreas aledañas a los arrecifes coralinos.
  - Actualización de la regulación de descargas de aguas residuales de afluentes que descarguen directa ó indirectamente en zonas arrecifales.
  - Modificación de la NOM-05-TUR-2003 para incluir de manera específica los requisitos para el desarrollo de actividades recreativas con buceo autónomo en zonas arrecifales.



- Participación en los procesos de Ordenamiento Territorial en el área de influencia de las poblaciones de *Acropora*, para la inclusión de políticas de protección y conservación del género.

## **2. Promover la revisión, actualización y/o elaboración de Programas de Manejo en ANP's dentro del área de distribución del género *Acropora*.**

- Elaboración y publicación del Programa de Manejo y Conservación del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos y Tuxpan.
- Publicación del Programa de Manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

### **1.4. Componente de Inspección y Vigilancia**

#### **Objetivo:**

Prevenir y reducir las actividades ilícitas que amenacen el hábitat y las poblaciones del género *Acropora*, así como verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental y sancionar su inobservancia.

#### **Actividades:**

- 1. Optimizar la eficacia de la aplicación de la ley en la región de distribución del género *Acropora*.**
  - Aumentar la aplicación de regulaciones a través del incremento de personal de inspección y vigilancia (PROFEPA y SAGARPA) en las áreas arrecifales críticas.
  - Establecer acuerdos con PROFEPA, SAGARPA, SCT, CNA y SM, para constituir comités de vigilancia participativa apoyados por las autoridades.
- 2. Realizar un análisis de los ilícitos identificados en relación con las principales amenazas que afectan al género *Acropora* para determinar las referencias en la legislación que son importantes de fortalecer para su óptima aplicación y eficiencia.**
  - Examinar a los grupos de usuarios para identificar las áreas donde las violaciones a la ley son repetitivas.
  - Fortalecer la capacidad de las legislaciones estatales y municipales a partir de la información obtenida del análisis de ilícitos para concentrar los esfuerzos de vigilancia y manejo en áreas problemáticas.
- 3. Desarrollar y aplicar Códigos de Buenas Prácticas para el conocimiento y la conformidad voluntaria de regulaciones.**



- Realizar talleres entre los diferentes grupos de usuarios para desarrollar e implementar Códigos y Manuales de Buenas Prácticas para la realización de actividades turísticas, pesca artesanal, agricultura responsable y acuicultura.
- 4. Elaborar y coordinar metas, objetivos y acciones de inspección y vigilancia, con autoridades, instituciones y organizaciones existentes y competentes, en todos los sitios donde se tenga registrada el género *Acropora*.**
- Programa de control y prevención de la pesca ilegal.
  - Programa de vigilancia de descargas de agua residual.
  - Programa de control del tráfico marítimo
  - Programa de regulación de actividades recreativas.

### 1.5. Componente de Protección de Ecosistemas Asociados.

#### *Objetivo:*

Incrementar el conocimiento sobre los ecosistemas asociados al hábitat del género *Acropora* referente al grado, naturaleza y condición de estas asociaciones con la finalidad de ejercer medidas para su protección integral.

#### *Actividades:*

- 1. Establecer y determinar una caracterización y diagnóstico de la condición de los ecosistemas asociados, en los sitios de distribución del género *Acropora*.**
  - Realizar estudios de caracterización y diagnóstico de las lagunas costeras, humedales y sabanas, manglares, duna costera y selva inundable.
- 2. Establecer y determinar un programa de monitoreo integrado de largo plazo para los sitios de distribución geográfica del género *Acropora*.**
  - Establecer un programa de monitoreo de largo plazo de la calidad del agua que permita determinar las tendencias de las aguas costeras.
  - Establecer un sistema integrado de información con las Instituciones de investigación y autoridades con el propósito de recopilar y compartir la información relativa a los ambientes costeros asociados a la distribución del género *Acropora*.
- 3. Elaborar un programa de zonificación marino-costero basado en la distribución y conectividad de ecosistemas en regiones prioritarias de conservación.**
  - Establecer los indicadores biológicos de las fuentes de contaminación que afectan a las poblaciones del género *Acropora* y sus ecosistemas asociados, identificando la relación causa/efecto.





- Identificar los criterios útiles para la zonificación de los recursos del arrecife, como áreas especiales, sensibles y representativas que necesitan mejorar el manejo mediante el desarrollo de alternativas económicas por región.
- Desarrollar criterios que sirvan como fundamento a la autoridad para el otorgamiento de permisos de colecta y aprovechamiento de especies que conforman el hábitat del género *Acropora*, basados en la información obtenida.
- Establecer una red de polígonos restringidos al aprovechamiento dentro de ANP con la finalidad de mantener la conectividad de ecosistemas y hábitat asociados críticamente importantes.
- Realizar talleres públicos para analizar la efectividad del manejo con base en la percepción de las tendencias sobre la condición y el uso de los recursos asociados al género *Acropora*, así como el potencial de las autoridades involucradas en alcanzar los objetivos de conservación.

## 2 SUBPROGRAMA DE MANEJO

### 2.1. Componente de Manejo de Hábitat

#### **Objetivo:**

Mejorar la eficiencia en el manejo de áreas arrecifales a través de un marco regulatorio y protocolos establecidos para la atención de contingencias relacionadas con el hábitat del género *Acropora*.

#### **Actividades:**

- 1. Integración de la normatividad vigente para el desarrollo de las actividades costero marinas que recurren en el hábitat del género *Acropora*.**
  - Revisar, consolidar, mejorar e integrar las diversas regulaciones como son los Programas de Manejo de ANP y pesqueros, así como los permisos y las concesiones otorgadas por la Federación y los Estados.
- 2. Iniciar y consolidar acciones a nivel nacional e internacional para prevenir y atender contingencias relacionadas con encallamientos de embarcaciones, así como fortalecer las capacidades locales de atención.**
  - Desarrollar guías, protocolos y programas técnicos de asistencia para reducir los riesgos de daño a las poblaciones del género *Acropora* debidas a encallamientos, que permitan mejorar el tráfico náutico, así como consolidar protocolos de emergencia y valoración de daños, fortaleciendo las capacidades locales y regionales a la respuesta de emergencia.
- 3. Implementación de una red de alerta temprana de blanqueamiento y enfermedades emergentes en corales, en las regiones de distribución del género *Acropora*.**
  - Elaborar un programa de capacitación para voluntarios que quieran colaborar en la identificación y advertencia inmediata de estos eventos, durante la realización de sus actividades (prestadores de servicios turísticos y pescadores).
  - Generar un sistema de información que concentre los datos generados y sea disponible para el Comité Consultivo Técnico (CCT) y emitir las recomendaciones correspondientes.
  - Incrementar el número de sitios con sensores de temperatura.
- 4. Establecer estrategias de manejo sencillas y de rápida aplicación para mitigar el deterioro ante contingencias que hayan rebasado umbrales de impacto.**
  - Diseñar estrategias físicas de control de impacto de fácil ejecución, incluyendo infraestructura como controles de acceso, señalización, uso de guías impresas, instalación de senderos interpretativos acuáticos y terrestres.



- Definir estrategias administrativas de control de impactos, tales como horarios de visita, cierres temporales, límites de velocidad de embarcaciones, entre otras.

#### **5. Implementación del pago de servicios ambientales a comunidades y a organizaciones sociales que colaboren con la conservación de áreas de distribución de estas especies.**

- Determinar los mecanismos para el pago de servicios ambientales por la conservación de zonas arrecifales.
- Fomentar el financiamiento de proyectos alternativos para la recuperación económica en comunidades y organizaciones sociales como compensación por la afectación ó daño al recurso.

### **2.2. Componente de Manejo de las especies**

#### **Objetivo:**

Recuperar sitios de distribución histórica del género *Acropora* mediante la reintroducción de colonias de estas especies para incrementar su abundancia y las funciones arrecifales asociadas.

#### **Actividades:**

#### **1. Desarrollo de biotecnología (paquete tecnológico) para producción de organismos juveniles de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* para su reintroducción en hábitats naturales.**

- Establecer centros productores de colonias del género *Acropora*, tanto por propagación clonal como por reproducción sexual
- Evaluar zonas arrecifales para el establecimiento de sitios aptos para la producción de organismos *in situ* de las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*
- Identificar sitios propicios para la reintroducción y recuperación del género *Acropora* en su hábitat de distribución histórica.

### **2.3. Componente de Manejo de las especies afines.**

#### **Objetivo:**

Mejorar el hábitat de sitios críticos o amenazados en donde las poblaciones de *Acropora* se vean afectados por la reducción de especies herbívoras.

#### **Actividades:**

#### **1. Implementar programas de recuperación de especies herbívoras de peces y erizos.**

- Identificar zonas de congregación de erizo *Diadema* en cada región.



- Identificar estrategias de regulación y manejo para la extracción de especies de peces herbívoros como loros (*Scarus spp* y *Sparisoma spp*) y ballestas (*Balistes spp*) que puedan implementarse para proteger sitios críticos ó amenazados.



### 3. SUBPROGRAMA DE RESTAURACION

#### 3.1. Componente de Restauración de hábitat y ecosistemas

##### *Objetivo:*

Restablecer la funcionalidad y estructura de sitios dañados durante contingencias ambientales como son huracanes y encallamientos, así como recuperar hábitat para el género *Acropora*, mediante procedimientos estandarizados y coordinados para el rescate e introducción de colonias.

##### *Actividades:*

#### 1. Restauración de sitios afectados por fenómenos meteorológicos y/o actividades humanas.

- Implementar los procedimientos de restauración primaria contemplados en los programas para la atención de contingencias ambientales cuando estas ocurran.
- Desarrollar un Programa de restauración de áreas arrecifales, tanto en ambientes naturales como a través de estructuras artificiales, en sitios propicios para la introducción del género *Acropora*.
- Monitorear la recuperación de aquellas zonas donde se elaboren acciones de restauración.

#### 2. Coordinar institucionalmente los procedimientos y los métodos de atención para disminuir el tiempo de respuesta y el inicio del salvamento de los organismos del arrecife como atención a contingencias ambientales.

- Revisión y evaluación proyectos existentes para la restauración del arrecife, identificando los métodos más rápidos, prácticos y económicos, en dependencia de la severidad del daño.
- Desarrollar programas regionales de restauración experimental, seleccionado sitios piloto o demostrativos que se identifiquen por su alto valor y significancia ecológica, económica y social, pero que se encuentren degradados.
- Solicitar asistencia y transferencia de tecnología con instituciones y organizaciones internacionales.

#### 3.2. Componente de Mitigación y Prevención de impactos

##### *Objetivo:*

Reducir y minimizar los impactos que se generan en el arrecife a causa de contingencias ambientales y actividades productivas, con la finalidad de preservar el hábitat del género *Acropora*.



**Actividades:**

- 1. Implementar programas para la atención de contingencias ambientales con la finalidad de prevenir y mitigar impactos.**
  - Implementar el procedimiento de Manual coordinado de procedimientos ambientales, administrativos y legales para la atención inmediata a los arrecifes por encallamientos.
  - Generar programas específicos para la atención de contingencias por daños ocasionados por tormentas y/o huracanes.
  
- 2. Identificar tecnologías, prácticas y procedimientos innovadores que reducen o eliminan impactos sobre el género *Acropora* y el arrecife en general.**
  - Revisar y recomendar los criterios para la mitigación de impactos en el arrecife, asociados a actividades de la construcción de infraestructura en la zona costera.
  - Identificar y evaluar la aplicabilidad de indicadores del impacto para su posible incorporación en los términos y condicionantes de autorizaciones, permisos y concesiones (impacto ambiental, pesca, turismo, navegación, etc.).
  - Elaborar base de datos de los proyectos y prácticas existentes, incluyendo actividades y procesos que contribuyen a reducir y mitigar los impactos en el ecosistema coralino en el área de distribución del género *Acropora*.
  - Analizar los alcances y los componentes de los programas regionales de control de la erosión de playas, para compatibilizar sus acciones con la conservación del género *Acropora*.
  - Identificar las oportunidades para la incorporación y/o la puesta en práctica de tecnologías avanzadas e innovadoras en programas locales de mantenimiento y operación de playas públicas, a fin de evaluar y prevenir daños colaterales al hábitat de *Acropora*.
  - Evaluar el potencial para la realización de actividades económicas bajo condiciones ambientales adecuadas para la conservación y aprovechamiento del arrecife en las zonas de distribución del género *Acropora*.

## 4. SUBPROGRAMA DE CONOCIMIENTO

### 4.1. Componente de áreas prioritarias

#### **Objetivo:**

Generar información para un mayor entendimiento de las poblaciones de *Acropora* en áreas prioritarias para definir estrategias óptimas de conservación.

#### **Actividades:**

- 1. Identificar áreas prioritarias para el género *Acropora* que incluyan poblaciones en óptimas condiciones y puedan representar un banco de germoplasma, o que tengan tal grado de fragilidad que las decisiones de manejo sean determinantes para su sobrevivencia.**
  - Definir áreas prioritarias de conservación para el género *Acropora* con ubicación por referencia geográfica, con base en los mapas diagnósticos generados para cada región.
  - Caracterizar las poblaciones de *Acropora* en zonas restringidas o núcleo de Áreas Naturales Protegidas y determinar las medidas óptimas de conservación.
  - Elaborar líneas de base para el establecimiento de una red de áreas prioritarias con un monitoreo a largo plazo.

### 4.2. Componente de investigación científica

#### **Objetivo:**

Promover y ejecutar proyectos de investigación sobre biología básica y desarrollo de tecnología que orienten sobre la aplicación de estrategias de conservación para la protección, manejo y recuperación del género *Acropora*.

#### **Actividades:**

- 1. Fomentar proyectos de investigación científica que incluyan sin limitar los siguientes temas:**
  - Enfermedades de corales y sus vectores para el género *Acropora*.
  - Genética poblacional de *Acropora* a nivel nacional
  - Efectos del cambio climático global sobre poblaciones del género *Acropora*.
- 2. Fomentar la realización de proyectos de investigación para la conservación y restauración de *Acropora*.**
  - Realizar estudios que establezcan bases para la generación de pago de servicios ambientales en zonas arrecifales, con énfasis en la captura de carbono.
  - Elaborar diagnóstico situacional de las poblaciones de peces herbívoros y erizos en sitios con alta fragilidad y en áreas prioritarias para la conservación del género *Acropora*.



- Desarrollar un protocolo de investigación para el establecimiento de un centro productor de colonias de las especies del género *Acropora* para ser utilizadas en programas de restauración.

#### 4.3. Componente de monitoreo biológico

##### *Objetivo:*

Dar seguimiento a las poblaciones del género *Acropora* y a sus hábitats relacionados para determinar las tendencias de cambio, y con base en ello determinar la efectividad de las acciones de conservación.

##### *Actividades:*

1. **Establecer programas de monitoreo sobre la condición del hábitat y de las poblaciones de *Acropora* que permitan evaluar cambios significativos de manera eficiente y oportuna.**
  - Elaborar estándares para el monitoreo de poblaciones de *Acropora*, con énfasis en la detección de blanqueamiento y enfermedades.
  - Determinar cambios ó variaciones ecológicas en poblaciones de *Acropora* en los sitios actuales donde se conoce su distribución.
  - Evaluar la recuperación de sitios en donde se hayan llevado a cabo acciones de restauración.
  - Generar un sistema de detección ó alerta temprana; para identificar variaciones climatológicas ó amenazas que puedan ser mitigadas con decisiones de manejo y administración.





## 5. SUBPROGRAMA DE CULTURA

### 5.1. Componente de educación ambiental

#### *Objetivo:*

Crear conciencia en la comunidad sobre la importancia que tiene la conservación del arrecife, y en particular el género *Acropora*, a través del conocimiento de su valor ambiental y de la situación de riesgo en la que se encuentran.

#### *Actividades:*

- 1. Diseñar una campaña de educación ambiental para cada región de distribución del género *Acropora* sobre la importancia de su conservación, incluyendo materiales para su demostración y distribución a diferentes sectores productivos y de la sociedad, usando las redes existentes de la educación ambiental y los programas de las ANP colindantes.**
  - Desarrollar una colección de objetos y materiales didácticos que sean portables, para ser expuestos en las bibliotecas, instalaciones de gobierno, escuelas, conferencias, etc.
  - Diseñar una página Web interactiva e informativa para dar a conocer el programa de conservación del género *Acropora* (PACE: Acroporas).
  - Desarrollar un folleto acerca de las generalidades del PACE: Acroporas, así como de la importancia ecológica, social y económica de la conservación del género *Acropora*. Reimprimir folleto de actualización en el año 2 y 3.
  - Desarrollar un paquete de discurso y materiales educativos con versiones adecuadas al tipo de audiencia como son: público en general, prestadores de servicios turísticos, buceadores, pescadores, navegantes, estudiantes/juventud, etc., sobre el hábitat del género *Acropora* y recomendaciones para participar en su protección.

### 5.2. Componente de comunicación y difusión

#### *Objetivo:*

Establecer canales de comunicación y difusión que fomenten la implementación del PACE: Acroporas entre los diferentes actores.

#### *Actividades:*

- 1. Difundir el PACE a diferentes organizaciones, exponiendo la problemática que tienen los corales del género *Acropora* en la actualidad y sus estrategias de acción, con la finalidad de conocer y evaluar su interés y capacidad de participación en cada actividad.**
  - Generar foros para la difusión del PACE con los distintos actores: autoridades de los 3 niveles de gobierno, instituciones académicas y centros de investigación, cooperativas pesqueras y turísticas, asociaciones de prestadores



de servicios turísticos, desarrolladores turísticos inmobiliarios, organizaciones no gubernamentales, etc.

## **2. Elaborar campañas y materiales de difusión didácticos para la promoción y adopción de buenas prácticas relativas a los componentes del PACE.**

- Regulación náutica para conductores de embarcaciones en áreas aledañas a los arrecifes coralinos.
- Sanciones establecidas en materia de descarga de aguas residuales
- Normas de actividades de buceo libre y autónomo
- Procesos de Ordenamiento Territorial en el área de influencia de las poblaciones de *Acropora*.
- Programas de Manejo de ANP's en elaboración y/o actualización.
- Mapas regionales con las áreas prioritarias y sitios críticos para la conservación del género *Acropora* y las medidas de conservación y manejo dispuestas en cada caso.
- Publicar un folleto que comunique las acciones para activar la atención a contingencias como encallamientos y huracanes.

### **5.3. Componente de capacitación social**

#### **Objetivo:**

Fortalecer las capacidades de los diversos sectores y actores para participar en los diferentes procesos para la implementación del PACE

#### **Actividades:**

### **1. Diseñar e implementar a través de apoyo intergubernamental, programas de capacitación regionales que apoyen las actividades de protección y manejo propuestas por el PACE.**

- Capacitación de prestadores de servicios para el monitoreo de alerta temprana.
- Capacitación del personal de instituciones académicas y gubernamentales para apoyar el monitoreo biológico de las poblaciones de *Acropora*
- Capacitación para los comités de vigilancia participativa en las comunidades
- Capacitación al sector pesquero para la realización de actividades productivas alternativas (viveros de coral, acuacultura de especies de valor comercial, aprovechamiento integral y valor agregado de recursos pesqueros, etc.)
- Elaborar un programa de capacitación para guías de servicios turísticos y usuarios de actividades náutico recreativas.
- Cursos de capacitación a evaluadores y consultores acerca de los impactos ambientales en áreas arrecifales por proyectos de desarrollo regional (desarrollos turísticos, marinas, campos de golf, muelles de cruceros, etc.).
- Capacitar grupos de respuesta en diferentes regiones para instalar brigadas de atención a contingencias ambientales en sitios de distribución del género *Acropora*.

## 6. SUBPROGRAMA DE GESTIÓN

### 6.1. Componente de actores involucrados

#### *Objetivo:*

Vincular las acciones entre los diferentes actores del PACE, creando los sistemas de organización y financiamiento para la ejecución de las acciones previstas.

#### *Actividades:*

- 1. Identificar los actores clave para la gestión en cada localidad y región del PACE.**
  - Elaborar base de datos de actores del PACE-Corales
- 2. Establecer un órgano técnico consultivo para coleccionar, analizar y determinar las necesidades de información para la toma de decisiones.**
  - Conformar un grupo de trabajo con científicos especializados en los recursos de interés para generar opiniones técnicas y desarrollar relaciones causa-efecto que sirvan como directrices para la toma de decisiones.
- 3. Construir e implementar una estrategia para la gestión de recursos para ejecutar las actividades programadas en el PACE-Corales, con la participación del sector gubernamental, la sociedad en general y la iniciativa privada.**
  - Establecer alianzas con programas de financiamiento para fomentar la realización de proyectos productivos que conlleven a la protección y conservación del género *Acropora*.
  - Identificar fondos mixtos y sectoriales que puedan apoyar la investigación planteada en el PACE:Acroporas.
  - Establecer alianzas para crear un sistema formal de capacitación designado por el PACE en conservación del género *Acropora* a través de convenios de cooperación entre CONANP, SEMARNAT, y la Secretaría de Educación de cada estado, así como de agencias internacionales, organizaciones no gubernamentales y grupos de productores.
  - Promover la participación de la sociedad en general en las actividades planteadas en este documento, a través de esquemas de voluntariado, apoyo técnico y/o financiero.
- 4. Establecer acuerdos y convenios de cooperación entre las distintas instancias involucradas para crear las condiciones propicias de ejecución del PACE: Acroporas.**
  - Vinculación de las regulaciones ambientales con los programas de desarrollo urbano costero.
  - Establecer corresponsabilidad social en la elaboración de los ordenamientos.



- Vinculación del sector pesquero en la elaboración ordenamientos y alternativas productivas.
- Vinculación de los calendarios de veda de productos pesqueros y de mayor afluencia turística, con las actividades descritas en el PACE: Acroporas para facilitar su realización.
- Gestionar ante SCT la obligatoriedad en la capacitación y acreditación para los conductores de embarcaciones particulares.

#### **5. Establecer acuerdos de cooperación internacional para fortalecer las acciones del PACE.**

- Establecer colaboración con el programa de monitoreo biológico de los Santuarios de Florida.

### **6.2. Componente de programación**

#### **Objetivo:**

Contar con un programa calendarizado de las actividades, las acciones y los proyectos considerados dentro de la estrategia para la conservación del género *Acropora* en este documento del PACE.

#### **Actividades:**

- 1. Elaborar un programa para la ejecución de las acciones del PACE:Acroporas.**
  - Construir un listado de actividades y proyectos, que identifique las escalas de tiempo en que deben ser desarrollados y los responsables de llevarlos a cabo
  - Establecer una agenda de reuniones periódicas para la evaluación y seguimiento al PACE-Corales.
- 2. Planear las necesidades financieras de los diversos proyectos e identificar socios financieros, tomando en cuenta los plazos requeridos para la obtención de los recursos.**
  - Elaborar programas presupuestales y programas de operación anual con base en las posibles fuentes de financiamiento y los compromisos programados en el PACE.

### **6.3. Componente de evaluación y seguimiento**

#### **Objetivo:**

Apropiación del proceso del PACE para garantizar la efectividad de las acciones programadas bajo un marco de manejo adaptativo.

#### **Actividades:**

- 1. Establecer reuniones con los actores clave para la evaluación y seguimiento de las acciones del PACE.**



- Determinar calendario de las reuniones y sentar las bases de trabajo.
- 2. Realizar las adecuaciones a las actividades programadas, dentro de un marco de manejo adaptativo, como resultado de las evaluaciones del Programa de cada período.**
    - Cuantificar de acuerdo con los indicadores establecidos el grado de alcance de los objetivos y metas planteados para las actividades programadas.
    - Evaluar el éxito del Programa a corto, mediano y largo plazo, y realizar las actualizaciones correspondientes, dentro de un marco de manejo adaptativo.
  - 3. Construir mecanismos de difusión de los resultados del PACE:Acroporas.**
    - Hacer llegar los resultados parciales y finales de proyectos para que los grupos de trabajo identifiquen los avances y los apliquen o adapten en consecuencia.



## VII. CRITERIOS E INDICADORES DE ÉXITO

COMPONENTE	ESTRATEGIA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN (variable)	META 2010	META 2011	META 2012
<b>1. SUBPROGRAMA DE PROTECCIÓN</b>						
1.1. Protección de hábitat	Práctica de navegación responsable	Aumento en el número de cartas de navegación oficiales, que identifiquen estructuras arrecifales.	Número de Cartas de Navegación publicadas			
		Incremento en el número de sitios con señalamiento marino costero.	Sitios con programa de señalamiento marino costero			
	Reducción de contaminantes y menor arrastre de sedimentos.	Incremento en la participación y gestión para orientar políticas relativas a la descarga de aguas residuales en zonas arrecifales.	Número de sitios con un Programas de control de aguas residuales			
1.2. Protección de las poblaciones de <i>Acropora</i>	Identificar poblaciones críticas ó de alta fragilidad.	Incremento en el número de sitios con mapa diagnóstico	Número de mapas y diagnósticos generados			
	Garantizar viabilidad de poblaciones	Incremento en el número de poblaciones de alta fragilidad y posible recuperación con una estrategia de conservación definida	Número de poblaciones identificadas			
1.3. Marco Legal	Actualización de la regulación aplicable	Incremento en el número de instrumentos legales que contemplen la protección del género <i>Acropora</i> .	Número de propuestas de modificación del marco legal viables			
		Incremento en el número de Programas de Manejo en áreas de distribución del género <i>Acropora</i> .	Número de Planes de Manejo publicados			
1.4. Inspección y vigilancia	Prevención y reducción de actividades ilícitas	Decremento en el número de ilícitos que afecten las poblaciones de <i>Acropora</i> y su hábitat	Número de ilícitos en comparación con el año anterior			
		Incremento en los procesos de	Número de			



COMPONENTE	ESTRATEGIA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN (variable)	META 2010	META 2011	META 2012
		inspección y vigilancia en los sitios de distribución del género <i>Acropora</i>	procesos de inspección y vigilancia en relación con el año anterior			
1.5. Protección de ecosistemas asociados	Viabilidad del entorno	Aumento en el número de estudios para evaluar la condición de los ecosistemas asociados	Número de estudios efectuados			
		Aumento en el número de sitios con un Programa de Monitoreo integrado.	Número de sitios con un Programa de Monitoreo integrado			
<b>2. SUBPROGRAMA DE MANEJO</b>						
2.1. Manejo de hábitat	Mejorar la eficiencia en el manejo de áreas arrecifales	Aumento en el número de los protocolos para atención de contingencias	Número de protocolos establecidos.			
2.2. Manejo de las especies	Reintroducción de colonias para recuperar sitios de distribución histórica	Incremento en la distribución del género <i>Acropora</i> en su hábitat de distribución histórica	Número de sitios productores y reintroducidos			
2.3. Manejo de especies afines	Mejorar el hábitat de poblaciones críticas de <i>Acropora</i>	Presencia de programas de recuperación de especies herbívoras en sitios críticos	Número de propuestas y acciones realizadas			
<b>3. SUBPROGRAMA DE RESTAURACIÓN</b>						
3.1. Restauración de hábitat y ecosistemas	Restauración del hábitat	Incremento en la presencia de programas y procedimientos coordinados para acciones de restauración	Número de programas y procedimientos establecidos			
3.2. Mitigación y prevención de impactos	Preservar el hábitat	Aumento en el número de procedimientos y acciones para reducir y minimizar los impactos al arrecife	Número de procedimientos y acciones			
<b>4. SUBPROGRAMA DE CONOCIMIENTO</b>						
4.1. Áreas	Generar	Incremento del conocimiento	Número de			



COMPONENTE	ESTRATEGIA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN (variable)	META 2010	META 2011	META 2012
prioritarias	información para áreas prioritarias	en áreas prioritarias	acciones realizadas			
4.2. Investigación científica	Generar conocimiento técnico y científico para orientar la conservación	Incremento en las investigaciones para la toma de decisiones	Número de estudios y proyectos ejecutados			
4.3. Monitoreo Biológico	Dar seguimiento para evaluar el resultado de las acciones	Incremento en el número de sitios con programa de monitoreo específico para poblaciones de <i>Acropora</i>	Número de programas implementados			
<b>5. SUBPROGRAMA DE CULTURA</b>						
5.1. Educación ambiental	Crear conciencia comunitaria sobre la importancia de la conservación del género <i>Acropora</i> para estimular su participación	Incrementar el material para fomento de la conservación del género <i>Acropora</i>	Número de materiales Número de eventos realizados			
5.2. Comunicación y difusión	Fomentar la implementación del PACE a través de la comunicación y difusión de sus acciones a los diferentes actores.	Presencia de programas de difusión relativos a los componentes del PACE.	Número de programas implementados			
5.3. Capacitación social	Incrementar las capacidades locales para la implementación del PACE.	Presencia de programas de capacitación para la implementación del PACE	Número de programas implementados y número de personas capacitadas.			
<b>6. SUBPROGRAMA DE GESTION</b>						
6.1. Actores involucrados	Conocer y valorar la participación local y sus capacidades	Existencia de un análisis de participación y capacidades	Base de datos elaborada			
	Contar con opinión técnica especializada para orientar la toma de decisiones	Presencia de un Comité Consultivo Técnico	Comité establecido			





COMPONENTE	ESTRATEGIA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN (variable)	META 2010	META 2011	META 2012
	Obtener financiamiento y compartir responsabilidad del PACE	Disponibilidad de recurso financiero y participación voluntaria	Monto recaudado y número de voluntarios participando			
	Establecer los vínculos entre los diferentes actores para la implementación del PACE	Incremento en la cooperación entre los distintos actores del PACE	Número de acuerdos y convenios establecidos			
	Ampliar a nivel internacional la participación en el PACE	Presencia de colaboración internacional	Acuerdos y solicitudes realizadas			
6.2. Programación	Programar la administración y manejo	Existencia de un programa para ejecutar acciones del PACE-Corales	Programa de trabajo realizado			
	Programar la recaudación financiera	Existencia de un programa presupuestal para ejecutar el PACE-Corales	Programa presupuestal realizado			
6.3. Evaluación y seguimiento	Apropiación del proceso del PACE-Corales y garantizar la efectividad de las acciones	Existencia de un programa de evaluación y seguimiento	Programa de evaluación y seguimiento en operación			

## VIII. CUADRO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS

COMPONENTE	ACTIVIDADES	INDICADOR	META 2010	META 2011	META 2012
<b>1. SUBPROGRAMA DE PROTECCIÓN</b>					
1.1. Protección de hábitat	Solicitar a la SCT y SM incorporación de zonas arrecifales en las cartas de navegación mexicanas.	Acuerdos y solicitudes realizadas			
	Establecer acuerdos entre instituciones para aportar información para elaborar mapas batimétricos de las zonas arrecifales	Acuerdos y solicitudes realizadas			
	Señalamiento terrestre y marino para delimitar y regular la navegación	Sitios con señalamiento			
	Colocar boyas de amarre en sitios de uso recreativo	Sitios con señalamiento			
	Diseñar programas de control de descargas de aguas residuales.	Programas de control de aguas residuales			
	Establecer acuerdos con autoridades para regular descargas residuales	Acuerdos y solicitudes realizadas			
	Participar en Comités de manejo de cuencas	Participación en Comités de Cuenca			
1.2. Protección de las poblaciones de <i>Acropora</i>	Generación de mapas y diagnósticos de las poblaciones del genero <i>Acropora</i>	Mapas y diagnósticos generados			
	Elaborar criterios para jerarquizar prioridades vinculadas a estrategias de atención para poblaciones frágiles	Número de estrategias de conservación emitidas			
	Establecer acuerdos con autoridades y usuarios para implementar las estrategias de conservación para poblaciones frágiles	Acuerdos y solicitudes realizadas			
1.3. Marco Legal	Adecuación de regulación náutica para embarcaciones en áreas aledañas a los arrecifes coralinos	Número de propuestas de modificación viables			
	Actualización de la regulación de descargas de aguas residuales en zonas arrecifales	Número de propuestas de modificación viables			
	Modificación de la NOM-05-TUR-2003 para incluir requisitos para el buceo en arrecifes	NOM Modificada			
	Participar en los procesos de Ordenamiento Territorial para incluir políticas de protección y	Participación y número de acuerdos			



	conservación del género.				
	Elaboración y publicación del Programa de Manejo y Conservación del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos y Tuxpan.	Programa de manejo publicado			
	Publicación del Programa de Manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.	Programa de manejo			
1.4. Inspección y vigilancia	Optimizar la eficacia de la aplicación de la legislación.	Número de inspectores asignados			
		Número de comités de vigilancia participativa instalados			
	Análisis de ilícitos relacionados a las principales amenazas, para determinar los puntos en legislación a fortalecer.	Acuerdos y solicitudes realizadas			
	Aplicación de Códigos de Buenas Prácticas para la aceptación voluntaria de regulaciones complementarias.	Número de Códigos realizados y aplicados			
	Coordinar metas, objetivos y acciones de inspección y vigilancia.	Número de programas de inspección y vigilancia coordinados			
1.5. Protección de ecosistemas asociados	Realizar estudios de caracterización y diagnóstico de los ecosistemas costeros en sitios de distribución del género <i>Acropora</i>	Número de estudios efectuados			
	Establecer un programa de monitoreo integrado para los sitios de distribución del género <i>Acropora</i> .	Número de sitios incluidos en el monitoreo integrado			
	Elaborar un programa de zonificación marino-costero basado en la distribución y conectividad de ecosistemas.	Número de acciones realizadas			
<b>2. SUBPROGRAMA DE MANEJO</b>					
2.1. Manejo de hábitat	Integrar la normatividad vigente para el desarrollo de las actividades costero marinas que recurren en el hábitat.	Número de regulaciones integradas.			



	Acciones para prevenir encallamientos y estandarizar protocolos de emergencia, así como fortalecer capacidades locales de atención.	Número de guías, protocolos y programas técnicos elaborados.			
	Implementar una red de alerta temprana de blanqueamiento y enfermedades emergentes en corales.	Número de acciones realizadas			
	Establecer estrategias de fácil aplicación para mitigar impacto ante contingencias.	Número de estrategias elaboradas.			
	Pago de servicios ambientales a comunidades y a organizaciones sociales.	Número de gestiones realizadas			
2.2. Manejo de las especies	Desarrollo de biotecnología para producción y reintroducción de ejemplares del género <i>Acropora</i>	Número de sitios productores y reintroducidos			
2.3. Manejo de especies afines	Programas de recuperación de especies herbívoras	Número de propuestas y acciones realizadas			
<b>3. SUBPROGRAMA DE RESTAURACIÓN</b>					
3.1. Restauración de hábitat y ecosistemas	Restauración de sitios	Número de acciones realizadas			
	Coordinar los procedimientos y los métodos para el salvamento de organismos ante contingencias.	Número de acciones realizadas			
3.2. Mitigación y prevención de impactos	Implementar programas para la atención de contingencias ambientales para prevenir y mitigar impactos.	Número de programas implementados			
	Identificar tecnologías, prácticas y procedimientos que reducen o eliminan impactos sobre el género <i>Acropora</i> y el arrecife.	Número de acciones realizadas			
<b>4. SUBPROGRAMA DE CONOCIMIENTO</b>					
4.1. Áreas prioritarias	Identificar áreas prioritarias para el género <i>Acropora</i> con condiciones óptimas para banco de germoplasma, o que tengan tal grado de fragilidad que las decisiones de manejo sean determinantes para su sobrevivencia.	Número de acciones realizadas			
4.2. Investigación científica	Fomento de proyectos de investigación técnica y científica.	Número de estudios y proyectos ejecutados			



4.3. Monitoreo Biológico	Establecer programas de monitoreo sobre la condición del hábitat y de las poblaciones de <i>Acropora</i> que permitan evaluar cambios significativos de manera eficiente y oportuna.	Número de programas implementados			
<b>5. SUBPROGRAMA DE CULTURA</b>					
5.1. Educación ambiental	Desarrollo de materiales educativos usando redes de educación ambiental y programas de ANP colindantes.	Número de materiales Número de eventos realizados			
5.2. Comunicación y difusión	Difundir el PACE a los distintos actores con la finalidad de conocer y evaluar su interés y su capacidad de participación.	Número de eventos realizados			
	Elaborar campañas y materiales de difusión didácticos relativos a los componentes del PACE.	Número de materiales Número de eventos realizados			
5.3. Capacitación social	Implementar, programas de capacitación que apoyen las actividades propuestas del PACE.	Número de programas implementados y número de personas capacitadas			
<b>6. SUBPROGRAMA DE GESTION</b>					
6.1. Actores involucrados	Identificar los actores clave para la gestión en cada localidad y región del PACE.	Base de datos elaborada			
	Establecer un Comité Consultivo Técnico para coleccionar, analizar y determinar las necesidades de información para la toma de decisiones.	Comité establecido			
	Construir e implementar una estrategia para la gestión de recursos para ejecutar las actividades del PACE-Corales, con la participación del sector gubernamental, la sociedad en general y la iniciativa privada.	Monto recaudado y número de voluntarios participando			
	Establecer acuerdos y convenios de cooperación entre las distintas instancias involucradas para crear las condiciones propicias de ejecución del PACE-Corales.	Número de acuerdos y convenios establecidos			
	Establecer acuerdos de cooperación internacional	Acuerdos y solicitudes realizadas			
6.2. Programación	Elaborar programa para la ejecución de las acciones del PACE-Corales.	Programa de trabajo realizado			
	Presupuestar necesidades financieras de actividades futuras identificando posibles socios financieros.	Programa presupuestal realizado			



6.3. Evaluación y seguimiento	Establecer reuniones con actores clave para la evaluación y seguimiento de las actividades programadas en el PACE.	Número de reuniones realizadas y Número de personas participantes			
	Realizar adecuaciones a las actividades programadas, dentro de un marco de manejo adaptativo, como resultado de las evaluaciones del Programa en cada periodo.	Número de adecuaciones realizadas			
	Construir mecanismos de difusión de los resultados del PACE-Corales.	Número de mecanismos utilizados			

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acropora* Biological Review Team. 2005. Atlantic *Acropora* Status Review Document. Report to National Marine Fisheries Service, Southeast Regional Office. March 3, 2005. 152 p + App.
- Aronson R. B. y Precht, W. F. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. *Hydrobiologia* 460: 25-38.
- Aronson, R. B., y Precht, W. F. 2002. Threats to *Acropora* spp. In the Caribbean. Pag. 123. *En*: Bruckner, A. W (Ed.). 2002. Proceedings of the Caribbean *Acropora* Workshop: Potential Application of the U.S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy. April 16-18, 2002. Miami Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD 199 pp.
- Babcock, R. C. 1991 Comparative demography of three species of scleractinian corals using age and size-dependent classifications. *Ecol. Monogr.*, 61(3):225-244.
- Babcock, R. C., Bull, G. D., Harrison, P. L., Heyward, A. J., Oliver, J. K., Wallace, C. C., y Willis, B. L. 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Mar. Ecol.*, 99:379-394.
- Bak, R. P. M. 1983. Neoplasia, regeneration and growth in the reef-building coral *Acropora palmata*. *Mar. Biol.*, 77:221-227.
- Bak, R. P. M y Criens, S. R. 1982. Experimental fusion in Atlantic *Acropora* (Scleractinia). *Mar. Biol. Lett.*, 3:67-72.
- Barnes, R. S. K., y Hughes, R. N. 1988. An introduction to Marine Ecology. Blackwell Scientific publications. 2<sup>nd</sup>. Edition. 351pp.
- Baums, I. B. 2008. A restoration genetics guide for coral reef conservation. *Molecular Ecology*: 1-16pp.
- Baums, I. B., Hughes, C. R., Hellberg, M. E. 2005a. Mendelian microsatellite loci for the Caribbean coral *Acropora palmata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (288):127-2005.
- Baums, I. B., Miller, M. W., Hellberg, M E. 2005b. Regionally isolated populations of an imperiled Caribbean coral, *Acropora palmata*. *Molecular Ecology*. 14:1377-1390.
- Baums, I. B., y Paris, C. B. 2006. A bio-oceanographic filter to larval dispersal in a reef-building coral. *Limnol. Ocenogr.* 51(5):1969-1981.
- Baums, I. B., Miller, M. W., Hellberg, M. E. 2006. Geographic variation in clonal structure in a reef-building Caribbean coral, *Acropora palmate*. *Ecological Monographs* 76(4):503-519.
- Beltrán-Torres, A. U. y Carricart-Ganivet, J. P. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hydrozoa: Milleporina; Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico mexicano. *Rev. Biol. Trop.* Vol.47, no.4, p.813-829. ISSN 0034-7744.
- Berkelmans R. y Oliver J. K. 1990. Large scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*18:55-60.
- Botello A. V., Rendón von Osten J., Gold-Bouchot G., Agraz-Hernández C. (Eds.), 2005, Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental, Diagnóstico y Tendencias, Univ. Autónoma de Campeche, Univ. Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, 2<sup>a</sup> Edición, 695 pp.
- Bothwell, A. M. 1981. Fragmentation, a means of asexual reproduction and dispersal in the coral genus *Acropora* (Scleractinia: Astrocoeniida: Acroporidae)-a preliminary report. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp., Manila*, 2:137-144.
- Bourne, G. C. 1900. Anthozoa in *Treatise of Zoology* II. Lankester (ed) London.
- Brazeau, D., A., Sammarco, P. W., y Gleason, D. F. 2005. A multi-locus genetic assignment technique to assess sources of *Agaricia agaricites* larvae on coral reefs. *Marine Biology*. 147:1141-1148.

- Brown, B. E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16 (Supplement 1):S19-138.
- Brown, B. E., Dunne, R. P., Goodson, M. S. y Douglas, A. E. 2000. Bleaching patterns in reef corals. *Nature* 404,142-143.
- Bruckner, A. W. 2002. Proceedings of the Caribbean *Acropora* Workshop: Potential Application of the U.S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy. April 16-18, 2002. Miami Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD 199 pp
- Bryant, D., L. Burke, J. W. McManus y M. Spalding. 1998. Reefs at Risk. A map-based indicator of threats to the world's coral reefs. World Resources Institute. Washington, D. C, USA. 57 pp.
- Buddemeier, R. W., Kleypas, J.A. y Aronson, R. B. 2004. Coral reefs and global climate change: Potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems. Pew Centre for Global Climate Change: Arlington (USA), 33 pp.
- Bythell, J. y Sheppard, C. R. C. 1993. Mass mortality of Caribbean shallow corals. *Mar. Pollut. Bull.* 26:296-297.
- Carricart-Ganivet, J. P., Enríquez, S., Rodríguez-Román, A., Horta-Puga, G., Carriquiry, J. D., Iglesias-Prieto, R. (en prensa). Coral calcification and the future of coral reefs: juggling between global and local threats.
- Castañares, G. L. y Soto, L. 1982. Estudios sobre los corales escleractinios hermatípicos de la costa noreste de la Península de Yucatán. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.*, 9(1):295-344.
- CONANP, 2005. Proyecto restauración en arrecifes 2004-2005. Disponible en: <http://pyucatan.conanp.gob.mx/restauracion2005.htm>.
- CONANP (En preparación). Manual coordinado de procedimientos ambientales y administrativos (MCPAA) para la atención inmediata a los arrecifes por encallamientos. CONANP-CONABIO.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*. 199:1302-1309.
- Connell, J. H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rock intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 93:11-65.
- Dunne, R. P. y Brown, B. E. 2001. The influence of solar radiation on bleaching of shallow water reef corals in the Andaman Sea, 1993-1998. *Coral Reefs* 20: 201-210
- Ehrenburg, C. G. 1834. Beitrage zur physiologischen Kenntniss der Corallenthiere im allgemeined, und besonders des rothen Meers , nebst einem Versucch zu physiologishen systematic derselben. *Phys Abh Konigl Akad Wissech Berlin* aus der Jahar 1832: 225-380
- Fox, J. F. 1979. Intermediate disturbance hypothesis. *Science* 204:1244-45.
- Gattuso J. P., Frankignoulle M., Bourge I., Romaine S. y Buddemeier R. W. 1998. Effect of calcium carbonate saturation of seawater on coral calcification. *Global Planet Change* 18:37-46.
- Gladfelter, W.B. y Gladfelter E. H. 1978. Fish community structure as a function of habitat structure on West Indian patch reefs. *Rev. Biol. Trop.* 26 (supl.1): 65-84.
- Gladfelter, E. H., Monahan, R. K. y Gladfelter W. B. 1978. Growth rates of five reef-building corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 28:728-734.
- Gladfelter, W. B. 1982. White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull Mar Sci* 32:639-643
- Goreau, T. F. 1959. The physiology of skeleton formation in corals. I. A method for measuring the rate of Calcium deposition by corals under different conditions. *Biol. Bull.*, 116: 59-75.
- Goreau, T. F. 1961. Problems of growth and calcium deposition in reef corals. *Endeavour*, 32-39.
- Goreau, T. F., Goreau N. I., Goreau, T. J. 1979. Corals and Coral reefs. *Sci. Am.* 241(2):124-136.
- Goreau, T. F. 1973. The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. *Bull. Mar. Sci.* 23:399-464
- Goreau, N. I., Goreau, T.J., Hayes, R. L. 1981. Settling, survivorship and spatial aggregation in planulae and juveniles of the coral *Porites porites* (Pallas). *Bull Mar Sci* 31: 424-435
- Guilcher, A. 1988. *Coral Reef Geomorphology*. John Wiley & Sons. 228p.
- Grime, J. P. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* '242: 344-347



- Grime, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am. Nat.*, 111(982):1169-1194.
- Guilcher, A. 1988. Coral Reef Geomorphology. *John Wiley & Sons*. 228p.
- Gutiérrez, D., García, C., Lara, M. y Padilla, C. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. 787-806p. *En: Biodiversidad Marina y Costera de México*. S. I. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, 865pp.
- Grober-Dunsmore, R., Bonito, V., Frazer, T. K. 2006. Potential inhibitors to recovery of *Acropora palmata* populations in St. John, US Virgin Islands. *Mar Ecol Prog Ser* 321:123-132.
- Harrison, P. L., y Wallace, C. C. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. *En: Z. Dubinsky (Ed.). Ecosystems of the World.. Vol. 25. Coral Reefs Elsevier, New York*, 133-207.
- Harvell, C. D., Kim, K., Burkholder, J. M., Colwell, R.R., Epstein, P. R., Grimes, D. J., Hofmann, E. E., Lipp, E. K., Osterhaus, A. D., Overstreet, R. M., Porter, J. W., Smith, G. W., Vasta, G. R. 1999. Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. *Science*. Sep 3;285(5433):1505-10
- Highsmith, R. C. 1982. Reproduction by fragmentation in corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7:207-226.
- Highsmith, R. C., Riggs, A. C. y C. M. D'Antonio. 1980. Survival of Hurricane-Generated coral fragments and a disturbance model of reef calcification/growth rates. *Oecologia (Berl.)*, 46:322-329.
- Horta-Puga, G. y Carricart-Ganivet, J. P. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia): 64-78. *In: S.I. Salazar-Vallejo and N.E. González (eds.)*, Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México, DF.
- Hughes, D. J. y Hughes, R. N. 1986. Metabolic implications of modularity: studies on the respiration and growth of *Electra pilosa*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B313:23-29.
- Hughes, R. N. 1989. A functional Biology of Clonal Animals. Capman and Hall. London-New York. 331pp.
- Hughes, T. P. y Jackson, J. B. C. 1980. Do corals lie about their age? Some demographic consequences of partial mortality, fission, and fusion. *Science*, 209(8):713-715.
- Hughes, T. P. y Jackson, J. B. C. 1985. Population dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecol. Monogr.*, 52(2). 141-166.
- Hughes, T. P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551
- Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nyström, M., Palumbi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B. y Roughgarden, J. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301, 929- 933.
- INEGI, Anuario Estadístico Estatal Quintana Roo, 1999 – 2007.
- Itzkowitz, M. 1977. Spatial organization of the Jamaican damselfish community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 28:217-241.
- Jaap, W. C. 2002. *Acropora*-A review of systematic, taxonomy, abundance, distribution, status, and trends: Florida, 1881-2000. Pag. 136-141. *En: Bruckner, A. W (Ed.)*. 2002. Proceedings of the Caribbean *Acropora* Workshop: Potential Application of the U.S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy. April 16-18, 2002. Miami Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD 199 pp.
- Jaap W. C. y Sargent F. J. 1993. The status of the remnant population of *Acropora palmate* (Lamarck, 1816) at Dry Tortugas National Park, with a discussion of possible causes of changes since 1881. *In: Ginsburg RN (comp) Proceedings of the Colloquium on global aspects of coral reefs - health, hazards, and history: RSMAS-Univ Miami, FL*. p 101-105.
- Jackson, J. B. C 1977. Competition on marine hard substrate: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* 111(998):743-767.
- Jordán, E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México*, 6(1):69-86.

- Jordán-Dahlgren, E. 1992. Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. *Bull. Mar. Sci.* 51: 104-117.
- Jordán-Dahlgren, E. 1993a. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico Mexicano. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 44: 157-175.
- Jordán-Dahlgren, E. 1993b. Atlas de los Arrecifes Coralinos del Caribe Mexicano. Parte I. El sistema continental. ICMYL-UNAM/CIQRO, México, DF. 110 p.
- Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez-Martínez, R. E. 1998. Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 63: 213-228.
- Jordán-Dahlgren, E., Merino, M., Moreno, O. y Martín, E. 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp, Manila* 2:303-308.
- Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez-Martínez, R. E. 1998. Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 63:213-228.
- Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez-Martínez, R. E. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. En: Cortés, J. (Ed.). *Latin American Coral Reefs..* Elsevier Press, Amsterdam. 497 pp.
- Jordán-Dahlgren, E. y Rodríguez-Martínez, R. E. 2004. Coral Diseases in Gulf of México Reefs *Cap. 4:105-118. In:*, Rosenberg, E. & Y. Loya (Ed.). *Coral health and Disease.* Springer-Verlag. 485pp.
- Jordán-Dahlgren, E. 2002. Status of Acroporids in the Mexican Atlantic. *Pag. 156-159. En:* Bruckner, A. W (Ed.). 2002. *Proceedings of the Caribbean Acropora Workshop: Potential Application of the U.S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy.* April 16-18, 2002. Miami Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD 199 pp.
- Kenyon, J. C. 1992. Sexual reproduction in Hawaiian *Acropora*. *Coral Reefs*, 11:37-43.
- Kleypas J. A., Buddemeier R. W., Archer D., Gattuso J.P., Langdon C. y Opdyke B. N. 1999. Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs. *Science* 284:118-120
- Lang, J. C. 2003. Status of coral reef in the western Atlantic: Results of initial surveys, Atlantic and Gulf rapid reef assessment (AGRRA) Program. *Atoll Res Bull* 496
- Lamarck, J. B. P. 1816. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres.* Paris 2: 1-568
- Lara, M., Padilla, C., García, C. y Espejel, J. J. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proc. 7<sup>th</sup>. Int. Coral Reef Symp., Guam*, 1:535-544.
- Lara, M., Padilla, C., Espejel, J.J. y García, C. 1994.. Coral Reefs of Veracruz, Mexico. I. Zonation and community structure. *Proceedings of the VII International Coral Reef Symposium. Mangilao, GUAM.* 1:535-544.
- Lighty, R. G., Macintyre, I. G., y 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*, 1:125-130.
- Lirman, D. 1999. Reef fish communities associated with *Acropora palmata*: Relationships to benthic attributes. *Bull. Mar. Sci.* 65:235-252.
- Limman, D. 2003. A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata*. Effects of storm intensity and frequency. *Ecological Modelling*: 2(161)(3):167-180.
- Lipp, E. K., Jarrell, J. L. Griffin, D. W. Jacukiewicz, J., Lukasik J. y Rose J. B. 2002. Preliminary evidence for human fecal contamination in corals of the Florida Keys, U.S.A. *Marine Pollution Bulletin* 44: 666-670.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eliat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Malpica, A. 2000. Distribución de los constructores primarios en el arrecife lobos, Ver. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpam, ver. 30 pp.
- Martos, F. J. 1993. Estudio sobre los corales escleractíneos (Cnidaria; Anthozoa, Scleractinea) del arrecife Tuxpam, Veracruz. Tesis de licenciatura. Fac. Biología. Universidad Veracruzana. Tuxpam, Ver. 54 pp.

- Miller, M. W., Baums, I. B., y Williams, D. E. 2007. Visual discernment of sexual recruits is not feasible for *Acropora palmata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 335:227-231.
- Oken, L. 1915. *Lehrbuch der Naturschichte 3 Teil: Zoologie 1 Abth: Fleischlose Thiere 2 KL. 1 Zunft Erdkorallen. Steinkorallen: 59-74.* Jena
- Padilla, C., Gutierrez, D., Lara, M., y García, C. 1992. Coral Reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. *Proc. 7th. Int. Coral Reef Symp.*, Guam, 2:986-992.
- Padilla, C. y M. Lara. 1996. Efecto del tamaño de las colonias en el crecimiento de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 6(1-2): 17-24.
- Padilla, C. 1996. Demografía y dinámica poblacional de *Acropora palmata* en Quintana Roo, México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 145pp.
- Padilla-Souza, C., Alafita-Vázquez, H., Andreu-Montalvo, E. (en prensa). Factores de riesgo para los arrecifes coralinos y sus mecanismos de respuesta ante los efectos del cambio climático global. En: Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeath, I., Alpuche-Gual, L., Villalobos-Zapata, G. (Eds). *Cambio climático en México: un enfoque costero y marino.* EPOMEX-Universidad de Campeche. México.
- Patterson, K. L., Porter, J. W., Ritchie, K. B., Pison, S. W., Mueller, E., Peters, E. C., Santavy, D. L., y Smith, G. W. 2002. The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.092260099](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.092260099)
- PEMEX, 1999. Informe Anual de Actividades 1999. Disponible en: <http://www.thor.com.mx/pemex/default.htm>
- Pichon, M. 1981. Dynamic aspects of coral reefs benthic structures and zonation. *Proc. 4th. Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 1:581-594.
- Porter, J. W. 1976. Autotrophy, heterotrophy, and resource partitioning in Caribbean reef corals. *Amer Nat* 110: 731-742
- Porter, J. W. 1987. Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (south Florida) – Reef-building corals. *US Fish Wildl Serv Biol Rep* 82(11.73), US Army Corp of Engineers, TR EL-82-4, 23 p
- Porter, J. W., Dustan, P., Jaap, W. C., Patterson, K. L., Kosmynin, V., Meier, O. W., Patterson, M. E. y Parson, M. 2001. Patterns of spread of coral disease in Florida Keys. *Hydrobiologia* 460:1-24.
- PROFEPA, 2003. Informe Anual de Actividades 2003, Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/NR/rdonlyres/13EEFA9B-3A87-431F-A4A6-8FD2630F16C1/0/InformeAnualPROFEPA2003.pdf>
- PROFEPA, 2007. Informe Anual de Actividades 2007, Disponible en <http://www.profepa.gob.mx/PROFEPA/Conozcanos/Informes/>
- Richmond, R. H. 1993. Coral reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoologist* 33, 524-536.
- Rodríguez, R. E. 1993. Efectos de un ciclón en la estructura comunitaria de corales escleractinios. *Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, UNAM.* 64 pp.
- Rodríguez-Martínez, R. E., Banaszak, A. T., y Jordán-Dahlgreen, E. 2001. Necrotic patches affect *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) in the Mexican Caribbean. *Dis. Aquat. Org.* 47:229-234.
- Rogers, C. S. 1993. Hurricanes and coral reefs: the intermediate disturbance hypothesis revisited. *Coral Reefs*, 12:127-137.
- SAGARPA, 2006. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, 25 de agosto del 2006.
- Schuhmacher, H. y Plewka, M. 1981. The adaptative significance of mechanical properties versus morphological adjustments in skeletons of *Acropora palmata* and *Acropora cervicornis* (Cnidaria, Scleractinia). *Proc. 4th. Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 2:121-128.
- Schumacher, H. y Zibrowius, H. 1985. What is hermatypic? A redefinition of ecological groups in corals and other organisms. *Coral Reefs* 4:1-9.

- Shinn, E. A. 2004. The mixed value of environmental regulations: do acroporid corals deserve endangered species status?. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 49, Issues 7-8, October 2004, Pages 531-533
- Smith, F. G. W. 1972. Atlantic reef corals. A handbook of the common reef and shallow-water corals of Bermuda, the Bahamas, Florida, the West Indies, and Brazil. *Univ. of Miami Press*. 2a. edición. Florida. 164 pp.
- Soong K. y Lang, J. C. 1992. Reproductive integration in coral reefs. *Biol Bull* 183: 418-431
- Szmant, A. M. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs*, 5:43-53.
- Szmant, A. y Miller, M. W. 2006. Settlement preferences and post-settlement mortality of laboratory cultured and settled larvae of the Caribbean hermatypic corals *Montastraea faveolata* and *Acropora palmata* in the Florida Keys, USA. *Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium* 43-49.
- Tunnell, J. W., Jr. 1992. Natural versus human impacts to Southern Gulf of Mexico coral-reef resources. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp.*, Guam 1: 300-306.
- Tunicliffe, V. 1981. Breakage and propagation of the stony coral *Acropora cervicornis*. *Proc Nat Acad Sci* 78: 2427-2431
- Universidad Veracruzana, 2003. Documento Técnico Justificativo para la creación de un área natural protegida en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Area de Protección de Flora y Fauna Silvestre "Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan".
- Vega-Zepeda, A. Hernández-Arana, H. y Carricart-Ganivet, J. P. 2007. Spatial and size-frequency distribution of *Acropora* (Cnidaria:Scleractinia) species in Chinchorro Bank, Mexican Caribbean: implications for management. *Coral Reef* 26:671-676.
- Verrill, A. E. 1902. Notes on the *genus Acropora* (*Madrepora* Lamarck) with descriptions and figures of types and several new species. *Trans Conn Acad Arts Sci* 11: 207-266
- Vollmer, S. V. y Palumbi, S. R. 2002. Hybridization and the evolution of reef coral diversity. *Science* 296:2023-2025.
- Vollmer, S. V. y Palumbi, S. R. 2007. Restricted flow in the Caribbean staghorn coral *Acropora cervicornis*: Implications for recovery of endangered reefs. *J Hered* 98:40-50
- Vollmer, S. V. y Kline, D. I. 2008. Natural Disease Resistance in Threatened Staghorn Corals. *PLoS ONE* 3(11): e3718. doi:10.1371/journal.pone.0003718. Editor: John F. Bruno, University of North Carolina at Chapel Hill, United States of America
- Wallace, C. C. 1985. Reproduction, recruitment and fragmentation in nine sympatric species of the coral genus *Acropora*. *Mar. Biol.*, 88:217-233.
- Wallace, C. C., Babcock, R. C., Harrison, P. L., Oliver, J. K. y Willis, B. L. 1986. Sex on the reef: mass spawning of corals. *Oceanus*, 29:38-42.
- Woodley, J. D., Bone D., Buchan, K., Bush. P., De Meyer, K., Garzón-Ferreira, J. Gayle, P., Gerace, D. T., Grober Dunsmore, R., Kein, E., Koltes, K., Losada, F., McField, M. D., McGrath, T., Mendes, J. M. Nagelkerken, I., Ostrander, G., Pors, L. P. J. J., Rodríguez, A., Rodríguez, R., Ruíz-Rentería, F., Smith, G., Tscirky, J., Alcolado, P., Bonair, K., García, J. R. Galdes, F. X., Guzman, H., Parker, C. y Smith, S. R. 1997. Studies on Caribbean Coral Bleaching 1995-96. *Proc 8th Intl Coral Reef Symp* 1: 673-678. Panamá 1996.