

---

# SUMARIO EJECUTIVO

---

JEREMY JACKSON

---

***“Quizás el aspecto más sorprendente del mundo vegetal en los arrecifes es su ausencia. Incluso al observador fortuito le parece fuera de lugar que los arrecifes tropicales conocidos por su extraordinaria profusión de vida animal estén casi desprovistos de plantas.”***

Sylvia Earle, 1972

## INTRODUCCION

Las observaciones iniciales de Sylvia Earle describen los arrecifes del Caribe como un mundo hoy olvidado. Los arrecifes coralinos del Caribe han sufrido una destrucción masiva de corales desde principios de los años 80 debido a una extensa variedad de impactos humanos que incluyen el crecimiento explosivo de la población, la sobrepesca, la contaminación de las zonas costeras, el calentamiento global y las especies invasoras.

Las consecuencias de estos impactos incluyen el general colapso de las poblaciones coralinas, el incremento de las grandes algas (macroalgas), brotes de blanqueamiento y enfermedades, así como la incapacidad de recuperación de los corales frente a fenómenos naturales como los huracanes.

Un artículo publicado en 2003 en la revista *Science* hizo sonar la alarma cuando anunciaba que la cobertura de corales vivos había sido reducida de una media del 50% en los años 70 a tan sólo 10% hoy en día. Este declive espectacular fue seguido en el 2005 por un brote generalizado e intenso de blanqueamiento de corales, este fenómeno fue seguido a su vez de una epidemia que produjo una alta mortalidad en numerosos arrecifes de la región.

Corales saludables son una ocurrencia cada vez más fortuita en los arrecifes de coral de Florida

Keys, Islas Vírgenes de los Estados Unidos y Jamaica. Por el contrario dos de las especies que un día fueron las especies más abundantes, el cuerno de alce *Acropora palmata* y cuerno de ciervo *Acropora cervicornis*, han sido inscritas en la lista de especies en peligro de extinción en los Estados Unidos. La preocupación ha llegado a tal nivel que muchas ONG han decidido desistir en la causa y dirigir sus esfuerzos a otras áreas de interés.

En este sombrío marco se realizó este estudio con la finalidad de evaluar con más rigor si los sistemas coralinos del Gran Caribe habían sufrido la misma suerte o en caso contrario determinar cuáles fueron los factores responsables. Varios estudios sugieren que los arrecifes en el Sur del Caribe se encuentran en mejores condiciones que el resto, con más coral vivo y más peces en los arrecifes. Si esto es cierto comprender porque algunos arrecifes se mantienen con más cantidad de corales vivos y peces, en mejores condiciones ecológicas que otros, podría ser el primer paso para una gestión más efectiva que mejore la condición de los corales en toda la Gran Región del Caribe.

## ESTRATEGIA Y CONTENIDO DE ESTE ESTUDIO

Los resultados de previos estudios del Caribe se compilaron en un banco de datos común sin tener consideración de su situación geográfica, tipo

de arrecife, profundidad o condiciones oceanográficas, etc. Los datos provenientes de lagunas y arrecifes posteriores poco profundos se mezclaron con datos de profundos atolones y arrecifes frontales. Las zonas geográficas que fueron estudiadas son discontinuas y reflejan primordialmente las áreas más estudiadas con los datos más fácilmente accesibles. Sólo se anotó la cobertura de coral sin ninguna intención de describir el destino de los diferentes tipos de corales. Tampoco se tomaron notas de las macroalgas, erizos de mar y peces cuyas vitales interacciones ecológicas con los corales son bien conocidas.

Hemos intentado remediar estos problemas de metodología analizando en detalle el estado y la tendencia de las comunidades del arrecife y distintas áreas de los arrecifes del Gran Caribe. También hemos intentado compilar en distintas áreas de los arrecifes meta data esencial sobre la naturaleza del medio ambiente del arrecife, la profundidad, la historia del crecimiento de la población humana, la pesca, los huracanes, el blanqueamiento del coral y sus enfermedades. La calidad de la información biológica varía entre los distintos lugares, pero siempre que fue posible obtuvimos datos sobre la cobertura de coral y macroalga, la crítica abundancia del herbívoro erizo de mar *Diadema antillarum* así como la biomasa de peces predominantemente los Peces Loro herbívoros de gran tamaño.

La mayoría de los datos cuantitativos sobre el Caribe no han sido publicados o están sumergidos en literatura gris y en los informes gubernamentales. Para obtener estos datos contactamos centenas de personas de todos los países del Caribe a través de miles de correos electrónicos y solicitamos datos de las redes de internet, de debates y entrevistas en conferencias internacionales. También contactamos a los administradores de todos los programas de monitoreo de gran escala en la región. Finalmente, obtuvimos más de 35,000 estudios cuantitativos con datos sobre corales, macroalgas, erizos de mar y peces desde 1969 hasta 2012. Este es el mayor número de estudios compilados hasta la fecha y supera con creces a cualquier estudio sobre el Caribe realizado previamente.

Los datos fueron recogidos en 90 arrecifes de 34 países (Fig.1) La mayoría de los datos provienen

de los arrecifes frontales y de parche en aguas entre 1-20 metros de profundidad, siendo estas el foco de este estudio. Los datos fueron escasos hasta la mortalidad en masa del un día común erizo marino *Diadema antillarum* en 1983-84 cuando varios programas de monitoreo comenzaron. Los datos coralinos son extensivos desde 1970 hasta nuestros días. Los datos sobre la *Diadema* son más escasos hasta que la mortalidad en masa redujo su abundancia a casi cero y los científicos se dieron cuenta de lo que se había perdido. Los datos sobre macroalga son más problemáticos debido a la inconsistencia del monitoreo y la taxonomía hasta tal extremo que la mayor parte de los datos tuvieron que ser descartados. El tamaño y la abundancia, datos necesarios para estimar la biomasa del pez no comenzaron hasta 1989 pero son copiosos posteriormente.

Las series más antiguas desde 1973 hasta hoy tomadas en el mismo arrecife son cuadrados fotográficos de gran tamaño en áreas fijas de Curacao y Bonaire, con series más recientes de las mismas islas desde los años 90. Otras series disponibles desde los años 70 hasta los años 80 incluyen Florida Keys, Jamaica, St John y St Croix en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos y Panamá. Sin embargo, estos datos fueron compilados por diferentes individuos en diferentes periodos y no son tan consistentes o completas como las del Caribe Holandés.

La intensidad del muestreo varía enormemente a través del tiempo y del espacio. Por este motivo dividimos los datos en tres intervalos de 12-14 años basados en acontecimientos ecológicos de gran escala que sucedieron el Gran Caribe.

1. 1970-1983: Este intervalo cubre desde los primeros datos hasta la mortalidad del erizo de mar *Diadema antillarum* en 1983 que una vez fue abundante, así como los primeros informes sobre la enfermedad de la banda blanca a mediados de los años 70 y principios de los 80.
2. 1984-1998: Desde la desaparición de la *Diadema* hasta el fenómeno de calentamiento extremo en 1998 inclusive.
3. 1999-2011: La era moderna de arrecifes coralinos en fase de severa degradación.

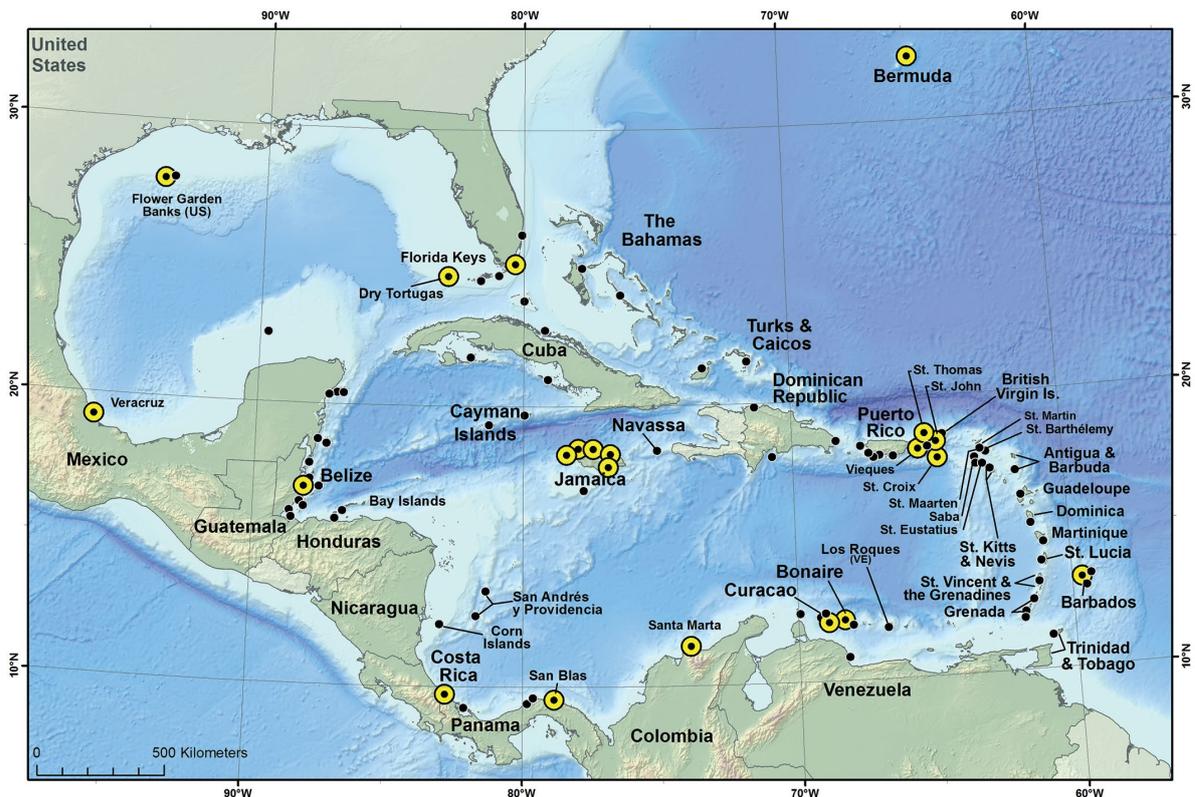


FIGURE 1. Distribución de 90 arrecifes analizados en este estudio. Los círculos amarillos indican 21 puntos de monitoreo con las series temporales más completas de análisis a largo plazo de las tendencias de la cobertura de coral.

## MODELOS DE CAMBIO DE 1970 A 2012

La media de coral cobertura en el Gran Caribe basada en los datos más reciente en todas las áreas donde hay datos disponibles es 16.8% (entre 2.8-53.1%). Teniendo en cuenta la gran variedad entre las áreas y las series de datos la cifra se redujo al 14.3% (+2.0,-1.8). Incluso cuando esta media es el resultado de un riguroso proceso todavía es el 43% más elevada que el cálculo regional de 2003 de 10% de cobertura. No obstante, se observaron reducciones de la cobertura coralina en tres cuartas partes de las áreas observadas con las pérdidas más importantes registradas en los lugares monitoreados desde hace más tiempo.

La cobertura coralina media de los 88 sitios en los que datos fueron obtenidos ha declinado del 34.8% al 19.1% al 16.3% durante estos tres intervalos aunque la disparidad entre las diversas áreas es considerable. En contraste, la cobertura de macroalga creció del 7% al 23.6% entre 1984 y 1998 y se mantuvo estable pero con una gran disparidad geográfica desde 1984. Los

esquemas de las 21 localidades señalados en los círculos en la Figura 1 son semejantes en los tres intervalos. Las tendencias opuestas entre la cobertura de coral y macroalga constituye una larga y persistente fase de cambio de dominación de las comunidades de macroalgas frente a los corales durante los últimos 25 años (Fig. 2 y 3). Este modelo es corroborado por los análisis de orden de composición de las comunidades bentónicas. En general, los cambios más significantes de cobertura de coral y alga ocurrieron entre 1984 y 1998, después de esta fecha no ha habido un gran cambio en términos generales excepto en lugares afectados por los extraordinarios fenómenos de calentamiento de 2005 y 2010. El mismo modelo se puede aplicar a los que una vez fueron abundantes cuerno de alce y cuerno de ciervo *Acropora* cuyo declive comenzó en los años 60; a la mortalidad en masa de *Diadema antillarum* en 1983-84, y a la amplia sobrepesca de pez loro grandes en la mayoría de las localidades, de principios a mediados del siglo 20. De esta manera los cambios más significantes y perjudiciales en los arrecifes del Caribe ocurrieron antes de que la mayoría de los científicos y administradores

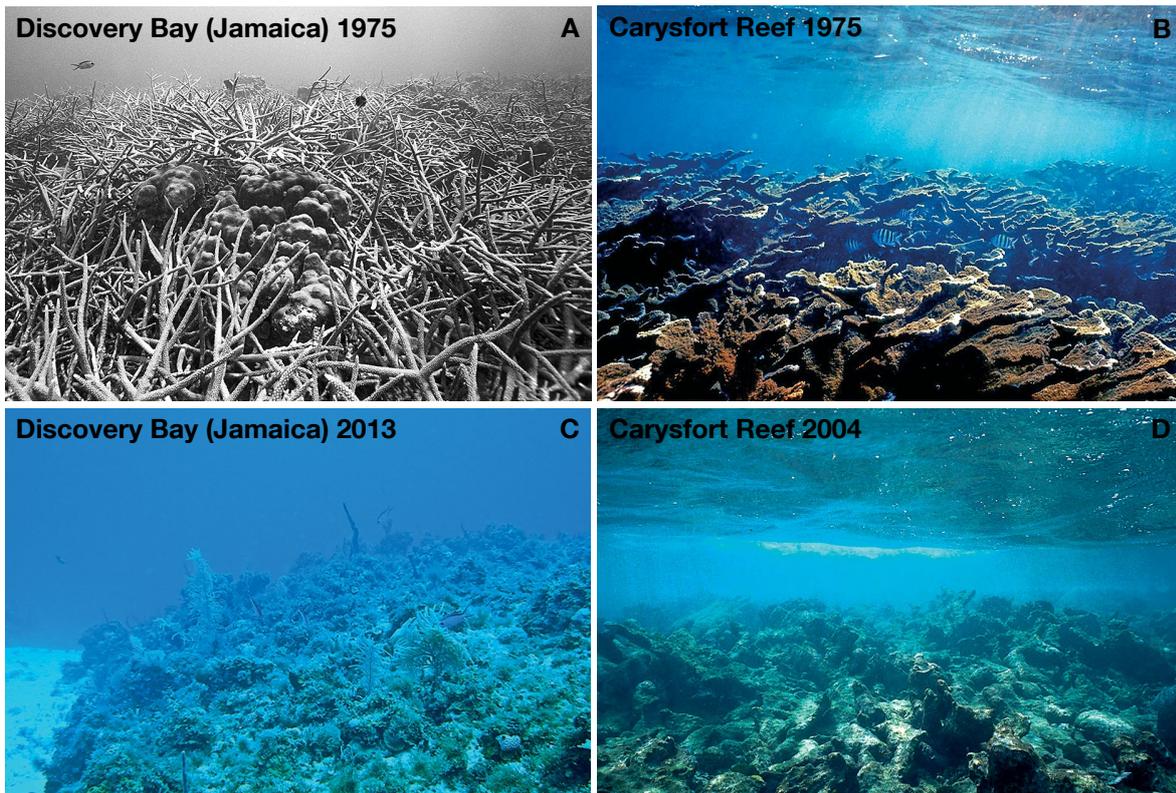


FIGURE 2. Transformación de la dominación de coral a macroalga en los arrecifes poco profundos del Norte de Florida Keys y la costa Norte de Jamaica. (A) Discovery, Bay, Jamaica en 1975 et (C) el mismo lugar en 2013. (B) Arrecife de Carysfort, en el corazón del Santuario Marino Nacional de Florida Keys en 1975 y (D) en 2004 (foto: Phillip Dustan).

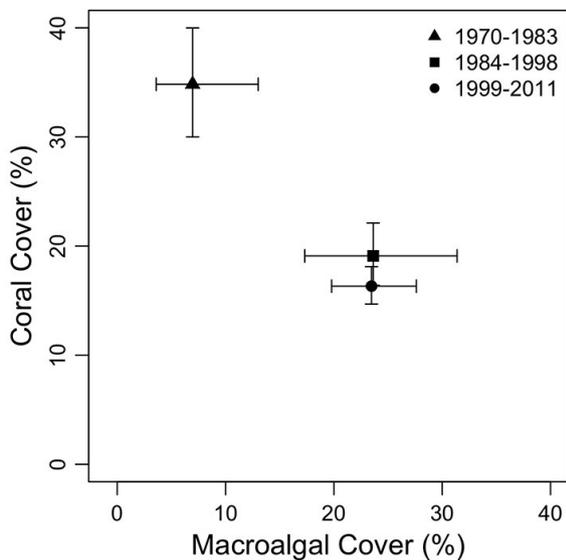


FIGURE 3. Permutaciones de la dominación de coral a macroalga comunidades a gran escala desde principios de los 70. Los símbolos e intervalos de confianza representan las medias y las desviaciones estándar de los tres intervalos, considerando la variabilidad de la localidad y los grupos de data mediante la utilización de un modelo mixto.

hubieran comenzado a trabajar en los arrecifes, un ejemplo clásico de cambio de punto de referencia (*shifting baseline* en inglés) y un aviso implacable de que los problemas de hoy son el último capítulo de una larga historia de declive.

Más allá de esta visión general, las tendencias a largo plazo en los 21 enclaves señalados anteriormente en la Fig. 1 muestran tres modelos de cambio de fuerte contraste en la cobertura de coral (Fig 3). Las trayectorias de nueve de estos enclaves se asemejan a un palo de hockey con descensos vertiginosos de 58 a 95% entre el primer y segundo intervalo seguidos de no aparente cambio (Fig. 4A). Por el contrario, otros 5 enclaves muestran un descenso similar pero extendido en igual medida entre el primer y segundo intervalo así como entre el segundo y el tercero (Fig. B). El tercer grupo con siete enclaves muestra más estabilidad con cambios generales (ascenso o descenso) de tan sólo 4 al 35%(Fig. 4C).

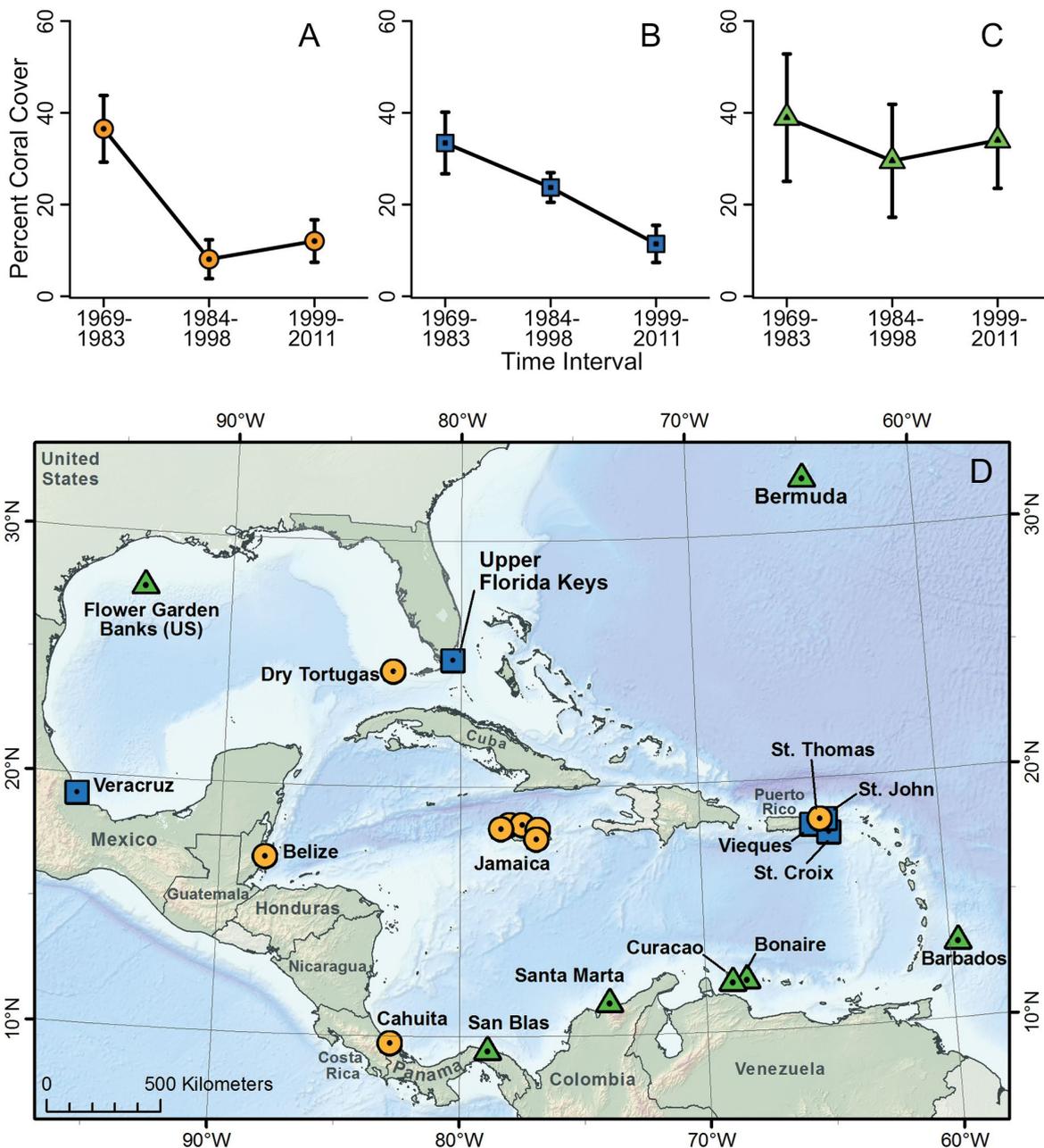


FIGURE 4. Trayectos del cambio de la cobertura coralina de los 21 puntos en el mapa, agrupados en función de la cantidad total de cambio durante los tres intervalos y el ritmo de cambio. (A) Trayectoria representada con palo de hockey mostrando un declive abrupto entre los dos intervalos primeros, seguido de un cambio mínimo o no cambio (B) Declive continuo durante los tres intervalos. (D) Estabilidad comparativa con cambios de cobertura netos mucho menores.

## PROMOTORES DE CAMBIO

Las causas de la degradación de los arrecifes del Caribe han de ser entendidas en el contexto de la situación única del Caribe comparada con cualquier otro mar tropical. El Caribe se trata de un tipo de mar Mediterráneo tratándose del mar tropical más aislado del mundo geográfica y oceanográficamente hablando.

Este aislamiento se remonta a decenas de millones de años y comenzó con el desmembramiento gradual del que fuera el mar de Tethys que entonces circundaba la tierra, la apertura del Océano Atlántico y finalmente el aislamiento del Pacífico del este mediante el cierre del Istmo de Panamá desde hace unos 5.4 a 3.5 millones de años.

Como consecuencia la biota del Caribe muestra grandes singularidades. Estudios de genética molecular se han demostrado que numerosos géneros de corales, una vez combinados con taxa del Pacífico, pertenecen a líneas únicas evolucionarias del Atlántico. Además los acroporidos que representan más de una tercera parte de la diversidad coralina del Indo Pacífico sólo están presentes en dos especies del Caribe. La diversidad taxonómica y la redundancia ecológica son escasas, así como el potencial de rejuvenecimiento a través de otras regiones es esencialmente nulo. Las especies del Caribe no tienen la experiencia evolucionaria para competir con especies exóticas y enfermedades traídas por los seres humanos.

Este estudio se concentra en potencial causas antropogénicas de declive cuyos datos disponibles son suficientes para hacer comparaciones que tengan algún significado.

Las causas han sido tratadas en separado a fin de facilitar el análisis y la discusión pero estas están inextricablemente vinculadas. Así las enfermedades se interrelacionan con otras causas como la introducción de especies, el calentamiento del océano, la contaminación de las zonas costeras y la sobrepesca. En general, los resultados más significativos provienen de la evaluación de los efectos del incremento de la población, la sobrepesca y el calentamiento debido al mayor número de datos disponibles, y menores por la contaminación costera y las especies invasoras.

### Una población excesiva

El turismo es la principal fuente económica de muchas naciones en el Caribe (Fig. 5). Sin embargo, nuestra evidencia demuestra que altas densidades ambas de turistas y residentes son perjudiciales para los arrecifes si estos no están protegidos por medidas ambientales que sean exhaustivas y ejecutadas con eficiencia. Desgraciadamente esto no es la norma. Los números de visitantes por kilómetro cuadrado por año varían desde 110 en las Bahamas a la increíble cifra de 25,000 en Santo Thomas (Islas Vírgenes). Todas las localidades con una media de más de 1500 visitantes por kilómetro cuadrado por año tienen menos de una media de 14% de coral excepto Las Bermudas con 39% y Gran Caimán con 31%. La situación

excepcional en Las Bermudas seguramente refleja las regulaciones progresivas del medio ambiente desde 1990 y la infraestructura requerida para hacerlas funcionar. De lo contrario los nocivos efectos del turismo de masa parecen ser inevitables.



FIGURE 5. Sobre población: el turismo de masa en el Caribe (A) Enormes cruceros con miles de pasajeros en Santo Thomas, en las Islas Vírgenes de US (Calyponite, Wikipedia) (B) Grandes complejos hoteleros están alineados a lo largo de la costa en la isla de Cancún, México (Foto Oropia, Foto de Mauro I. Barea G., Wikipedia). (C) Touristas en la playa de Sur en Miami, Florida (Foto de Marc Averette, Wikipedia).

### Sobrepesca

La pesca artesanal de subsistencia juega un papel primordial en la mayoría de las economías caribeñas, pero sus consecuencias en los arrecifes coralinos son catastróficas. La sobrepesca ha conllevado a reducciones vertiginosas de peces herbívoros, especialmente los grandes peces loro, los herbívoros más eficaces del Caribe, pero los más vulnerables a todos los tipos de pesca salvo el anzuelo y el sedal.

En cualquier caso las consecuencias de las sobrepesca de los peces loro en relación a la supervivencia del coral fueron muy poco comprendidas hasta el colapso de *Diadema antillarum* una vez

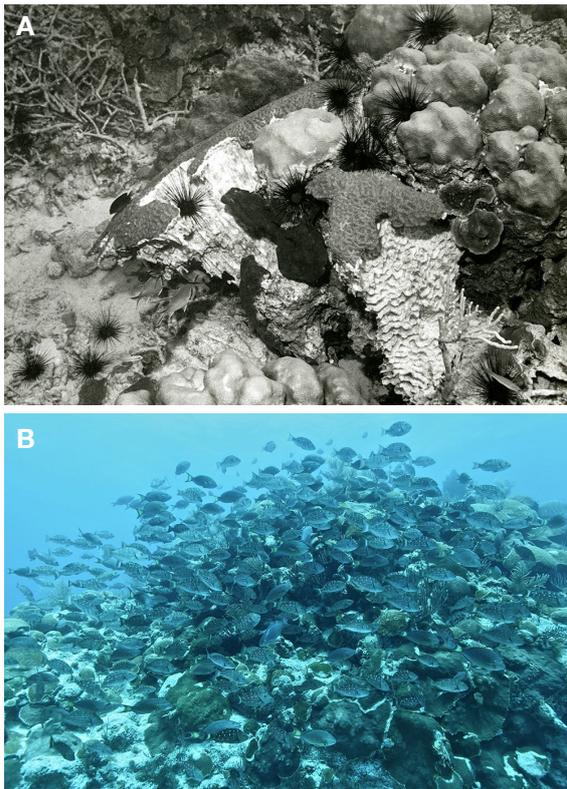


FIGURE 6. La sobrepesca ha diezmando la biomasa y diversidad en el Caribe. (A-C) Declive en la composición y tamaño de los peces trofeo en Florida Keys desde 1950 (adaptada por McClenachan 2008). (D-F) El pez loro era uno de los herbívoros más importantes en los arrecifes del Caribe: (D) Pez loro semáforo atrapado en una red (*Sparisoma viride*). (E) Un día típico de pesca de fusil en el sudeste de Curasao. (F) Barcos pesqueros en Punto Coco en Barbados (Fotos Ayana Elizabeth Johnson)

abundante, quien se había convertido en el último macro-herbívoro de gran significancia en los arrecifes del Caribe hasta su abrupta casi-desaparición a causa de una epidemia no identificada en 1983-84. *Diadema* y peces loro son grandes competidores de sus fuentes alimenticias y variaciones de su abundancia son inversamente proporcionales hasta 1983. Esta inversa relación provee una base rigurosa para establecer las consecuencias de la continua sobrepesca del pez loro en relación a la cobertura de coral ya que no poseemos datos cuantitativos de la biomasa del pez loro anteriormente a 1989.

Nuestro análisis se concentró principalmente en 16 de los 21 arrecifes señalados en la Fig. 1 que tenían datos cuantitativos sobre la abundancia de la *Diadema* antes de su mortalidad en masa en 1983-84, además de datos sobre la cobertura de coral durante los tres intervalos en Fig. 3. Nueve de estos arrecifes fueron clasificados como



FIGURE 7. Los que una vez fueron abundantes grupos de herbívoros en los arrecifes caribeños. (A) Densa agrupación de erizos de mar (*Diadema*) en el arrecife anterior del Oeste de Discovery Bay, Jamaica a 10 metros de profundidad, un año ante de la hecatombe en 1983/84 (Foto Jeremy Jackson). (B) Un numeroso banco de pez loro semáforo en la costa sur de Bermuda, donde la pesca del pez loro está prohibida (Foto Phillip Rouja). Tales agrupaciones de peces loro son extremadamente raras o inexistentes en la mayoría de los arrecifes caribeños en la actualidad.

sobreexplotados por peces loros antes de 1983, con densidades de *Diadema* variando entre 6.9-12.4 por kilómetro cuadrado, mientras que los otros arrecifes fueron clasificados como menos sobreexplotados con densidades de *Diadema* de solo 0.5-3.8 por kilómetro cuadrado. Esta clasificación coincide con la literatura cualitativa. Arrecifes donde los peces loro fueron sobreexplotados antes de 1984 sufrieron mayor degradación en la cobertura de coral que aquellos que todavía conservaban poblaciones de peces loro intactas. La relación entre corales y cobertura de macroalga fue independiente de la densidad de *Diadema* antes de 1984 cuando uno de los dos el erizo de mar o el pez loro consumían la macroalga a niveles extremadamente bajos. Todo cambio cuando la *Diadema* sucumbió y consecuentemente la cobertura de coral declinó en proporción directa a la histórica abundancia de la *Diadema*, tendencia que continua hasta nuestros días.

También existen solidas pruebas experimentales y en el terreno de efectos indirectos y persistentes en macroalgas incluido el declive del reclutamiento de larvas y de la supervivencia de corales juveniles, así como el incremento de enfermedades en los corales. El reclutamiento de larvas declinó rápidamente después de 1984 en parte debido al declive de la base de progenitores. Pero también hay evidencia palpable de la activa interferencia de la macroalga.



FIGURE 8. Denso crecimiento de la macroalga: a la derecha superior extremidades de corales *Porites* sobrevivientes son visibles entre el follaje mientras que en la parte inferior a la izquierda ramas de corales *Porites* y *Acropora cervicornis* han sido ya sofocadas (Dry Tortugas, 2000, foto de Mark Chiappone).

La deposición larval sobre paneles experimentales en Curacao fue cinco veces menor entre experimentos idénticos en 1979-1981 y 1998-2004. En los primeros experimentos algas calcáreas incrustantes, uno de los sustratos preferidos de las larvas, cubrían completamente la superficie de los paneles mientras que macroalga no estaba presente. En los últimos experimentos, sin embargo, las superficies estaban cubiertas de algas.

Otros experimentos muestran que la larva coralina evita activamente los sustratos donde las macroalgas están presentes, y que las larvas sufren mortalidad e inhibición del crecimiento debido a la física interferencia con la macroalga. Pero la mayor evidencia de la interferencia de la macroalga ha sido observada en el reciente gran aumento en reclutamiento de coral y supervivencia juvenil en los arrecifes donde *Diadema* se ha recuperado parcialmente o en áreas

protegidas donde los números de peces loro han incrementado.

Experimentos también demuestran que la macroalga induce a una extensa variedad de respuestas patológicas en corales incluso enfermedades virulentas. Las macroalgas también segregan sustancias alelo-químicas tóxicas que perturban las comunidades microbianas asociadas con los corales causando descoloración o fatalidades.

La sobrepesca también afecta indirectamente la capacidad de los arrecifes de recuperarse de los huracanes, algo que habían sido capaces de hacer anteriormente por millones de años o simplemente los corales no existirían. En las últimas décadas, sin embargo, los corales no han sido capaces de reestablecerse en muchos arrecifes después de grandes tormentas. Hemos estudiado este aparente cambio utilizando datos de antes de 1984 en 16 arrecifes con corales y *Diadema*. La cobertura de coral era independiente a largo plazo de la probabilidad de que un huracán ocurriera antes de 1984, pero no después. La sobrepesca del pez loro puede haber reducido la habilidad de los corales de recuperarse de los huracanes. Arrecifes protegidos de la sobrepesca en las Bermudas han pasado por cuatro huracanes desde 1984 sin haber perdido la media de cobertura de coral, mientras que los arrecifes sobrepescados recientemente en la Barrera Central de Belice sufrieron un declive del 49% después de tres huracanes.

### Contaminación de la zona costera

Una limitada serie de datos comparativos de visibilidad en el agua, basados en observaciones a través del Secchi disk en 4 enclaves CARICOMP (Programa de la UNESCO sobre la productividad costera y marina del Caribe), muestra que la calidad del agua declina rápidamente en áreas donde existe una carencia de regulación de la agricultura y del desarrollo de la zona costera. En particular, la transparencia del agua ha empeorado en gran medida desde hace 20 años en Carrie Bow Cay en Belize debido a un extraordinario auge de la agricultura y del desarrollo en las zonas costeras de Guatemala a Honduras, ilustradas en la figura 9C. Un patrón similar fue observado en la Parguera en la costa oeste de Puerto Rico. Por el contrario la calidad del agua mejoró en las Bermudas.

Las enfermedades del coral han sido vinculadas a un exceso de contaminación orgánica pero los datos son esporádicos y con objetivos limitados. En general hay una necesidad imperativa de establecer un monitoreo sistemático y extensivo de la calidad del agua en la Gran Región del Caribe.

### Calentamiento del Océano

Nuestros primeros análisis se basaron en la compilación, a través del banco de datos Reefbase, de acontecimientos de extremo blanqueamiento que no mostraban relación significativa entre los números de acontecimientos extremos entre localidades y su cobertura de coral en localidades del Gran Caribe, Golfo de Méjico y las Bermudas. Sin embargo, debido a la subjetividad de estas evaluaciones de blanqueamiento, obtuvimos datos de grados de semanas de calentamiento (en inglés Degree Heating Weeks DHWs) de las 88 localidades con cobertura de coral de NOAA Coral Reef Watch (programa de vigilancia de los arrecifes coralinos).

Seguidamente utilizamos datos para evaluar los efectos de extremo calentamiento de 1998, 2005 y 2010 en la cobertura de coral. Primero calculamos los cambios proporcionales de la cobertura de coral durante los dos años después del fenómeno en relación a los dos años anteriores al fenómeno, posteriormente representamos el cambio proporcional en relación a los números de grados semanales de calentamiento para cada localidad. Hay una débil pero insignificante correlación negativa entre la pérdida de cobertura de coral y los valores de grados semanales de calentamiento, independientemente del hecho de que los datos de cada fenómeno sean analizados por separado o conjuntamente; si incluimos todas las localidades o si limitamos los análisis a localidades donde se experimentaron un mínimo de 8 grados semanales de calentamiento. No obstante las mayores pérdidas de cobertura de coral ocurren en arrecifes con menos de 8 grados de calentamiento semanal.

Les advertimos que estos resultados no significan que extremos fenómenos de calentamiento sean factores irrelevantes en la mortalidad coralina causada por blanqueamiento y enfermedades como ocurrió visiblemente en Las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Puerto Rico y Florida Keys entre otros lugares. Además,

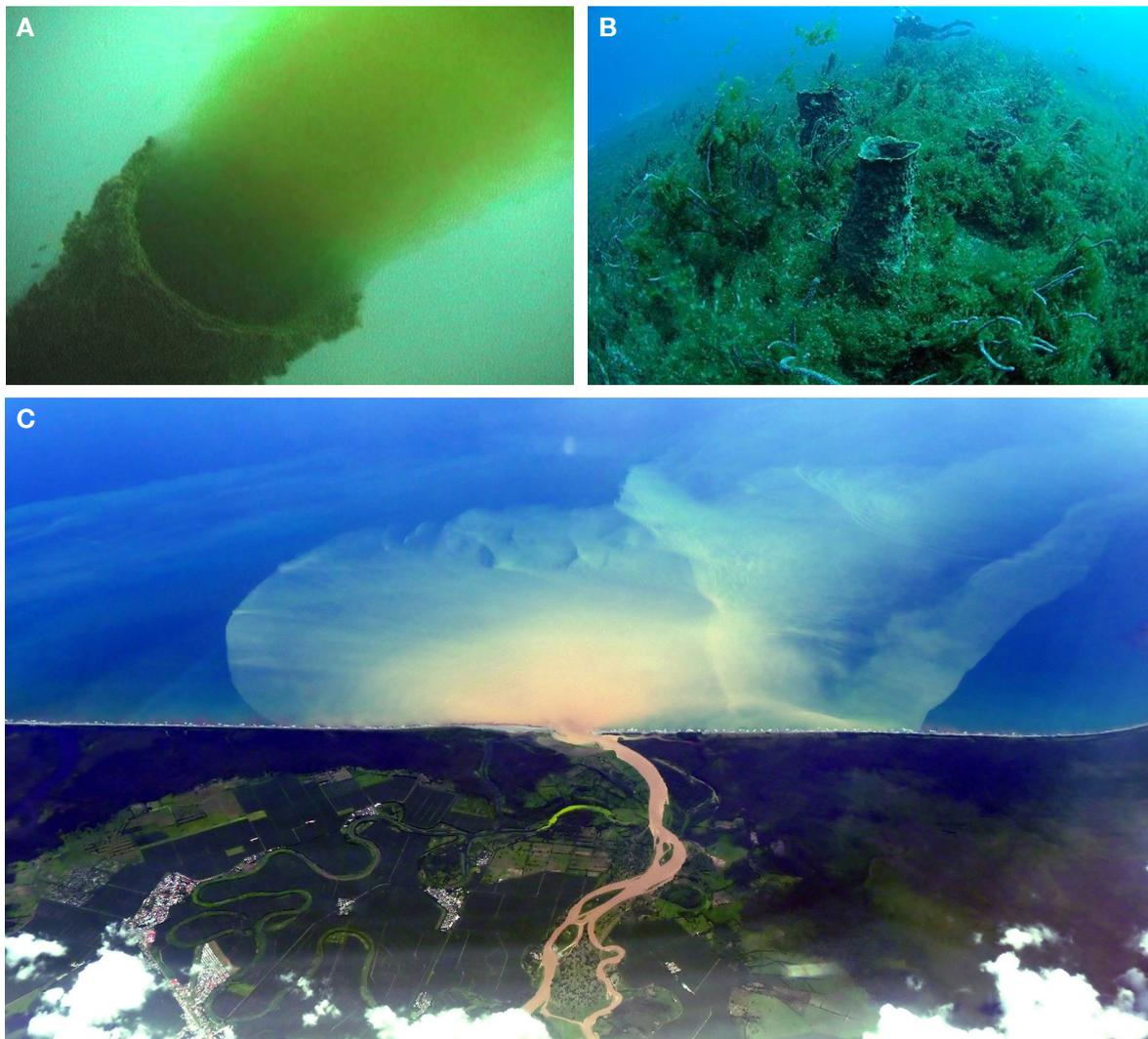


FIGURE 9. Impactos en los arrecifes caribeños producidos por la contaminación costera. (A) Desagüe en Delray Beach, Florida que descarga vertidos que fluyen hacia arrecife de coral 13 millones de galones por día de aguas residuales tratadas. (B) Macroalga cubriendo corales muertos en la proximidad del desagüe (fotos de Steve Spring, Marine Photobank). (C) Masiva descarga fluvial de sedimentos en una desembocadura de la costa mesoamericana en el Mar del Caribe (foto de Malik Naumann, Marine Photobank).

eventos de calentamiento cada vez más severos constituirán un peligro aún mayor para la supervivencia del coral en las próximas décadas. En todo caso nuestros resultados desmienten constantes efectos de fenómenos de extremo calentamiento a nivel regional hasta la fecha e insinúan con firmeza que los estreses locales han sido los motivos principales del declive coralino en el Caribe.

Los efectos potencialmente nocivos de la acidificación del océano no han sido discutidos aquí, debido a la insuficiencia de datos comparativos. Sin embargo, si las tendencias actuales de descenso de pH continúan, la habilidad de los corales y otras especies calcáreas de los arrecifes

de formar sus esqueletos se verá cada vez más comprometida.

### Especies Invasoras

La expansión del pez león del Pacífico en la Gran Región del Caribe ha devastado las comunidades de pescadores en el Caribe (Fig.12). Y aunque la seriedad de sus consecuencias a largo plazo, son magras comparadas con la introducción del agente patógeno que causó la desaparición de *Diadema antillarum* o los efectos de la enfermedad de la banda blanca on corales acroporidos. La mortalidad en masa de *Diadema* comenzó a tan sólo pocos kilómetros de la entrada del Caribe en el canal de Panamá. Este hecho, acompañado del auge del tránsito de los buques

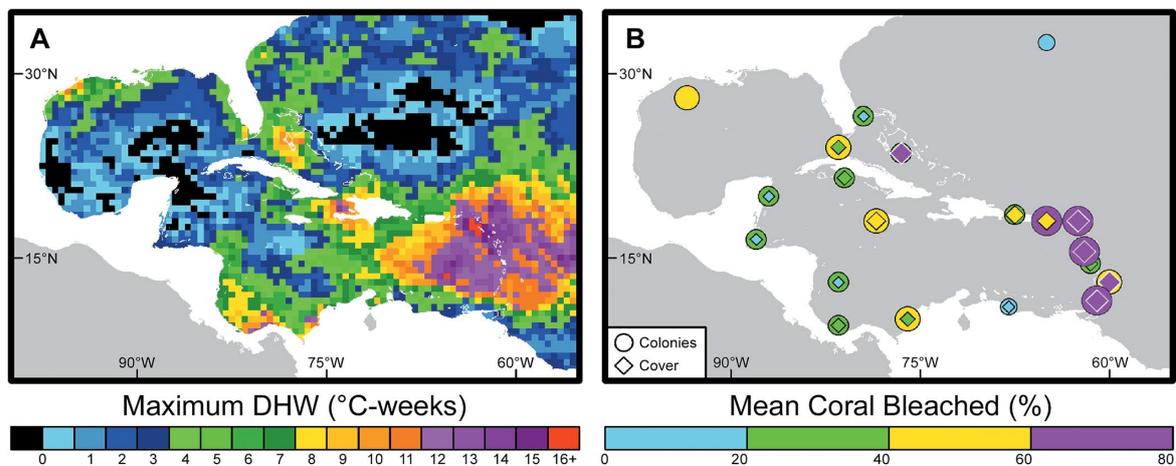


FIGURE 10. Acontecimientos de recalentamiento y asociado blanqueamiento del coral que ocurrieron con mayor severidad en el este del Caribe en 2005. (A) Grados semana de calentamiento tomados del satélite Pathfinder. (B) Informes de la intensidad del blanqueamiento de coral compilados durante observaciones en terreno (transmito por Mark Eakin y colegas).

de cargo en los años 60 y 70 sugiere con firmeza que la enfermedad del erizo *Diadema* fue introducida por el transporte marítimo. Este también podría ser el motivo de la introducción de las enfermedades coralinas, aunque sus primeras apariciones fueron observadas en toda la Gran región del Caribe.

A causa de su aislamiento durante millones de años y en analogía con el destino de los nativos americanos desde su contacto con los europeos, las especies del Caribe podrían ser excepcionalmente vulnerables al impacto de nuevas enfermedades introducidas en el área. Y así parece ser. No se conoce otro caso similar que se pueda comparar al cataclismo de la *Diadema* y los acroporidos caribeños como la casi desaparición de una especie marina por una enfermedad a lo largo del Océano Pacífico e Indico. Esta interpretación es avalada por el hecho de que no hubo ningún cambio evidente en el medio ambiente en

los años 70 que hubiese podido instigar el brote de esta enfermedad. Primordialmente la aparición de estas enfermedades ocurrió muchos años antes de que el primer fenómeno de calentamiento fuera notificado.

Esta hipótesis de la enfermedad de banda blanca podría ser corroborada puesto que el agente patógeno es conocido y disponible para efectuar una secuencia de ADN. Podría ser posible para *Diadema* incluso si el agente patógeno sea desconocido, siempre que se establezcan análisis en especímenes de *Diadema* enteros congelados que murieran a causa de la enfermedad. No se trata solamente de un ejercicio académico: los dos acontecimientos claves en el declive de la mayor parte de los arrecifes del Caribe sigue siendo el mismo misterio que fueron cuando ocurrieron hace 30 años.

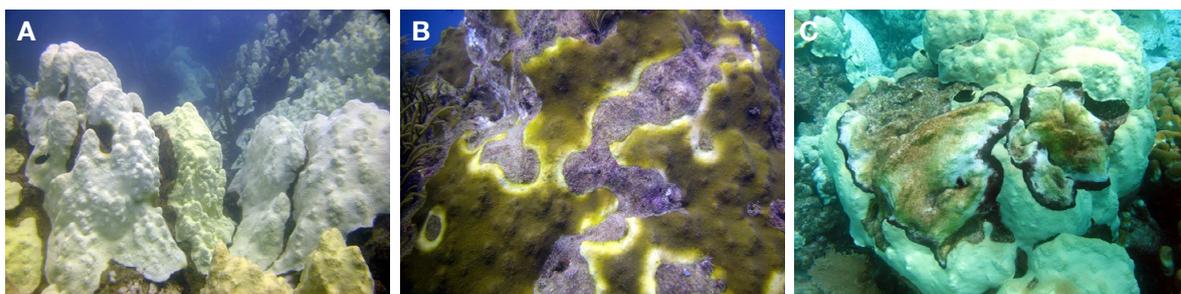


FIGURE 11. Efectos de blanqueamiento y de enfermedades del una vez abundante coral *Orbicella faveolata*. (A) Corales blanqueados (Turrumote, Puerto Rico, 2005). Mortalidad parcial pero extensiva debido a la infección de (B) la banda amarilla (Turrumote, Puerto Rico, 2005) y (C) banda negra (los Roques Venezuela, 2010). (foto A & B de Ernesto Weil; C de Aldo Cróquer).

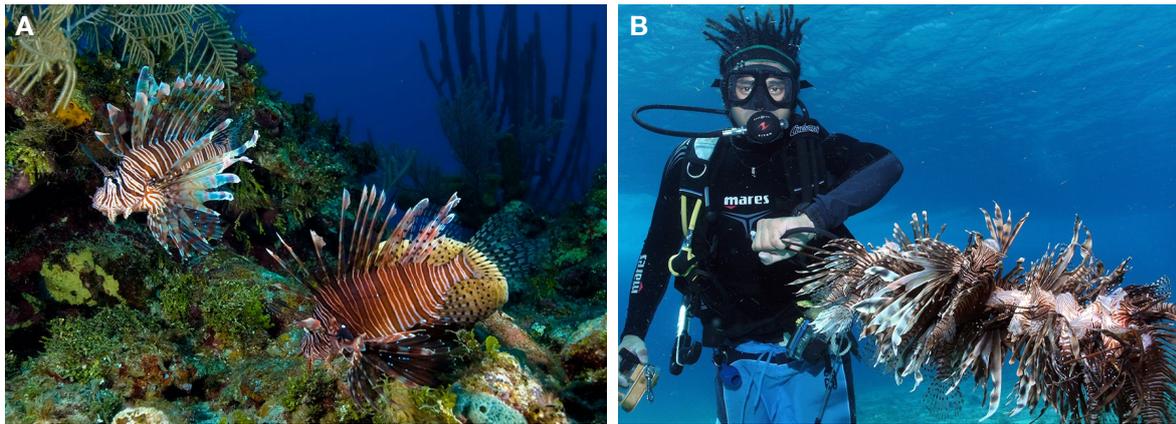


FIGURE 12. Explosión de la población del pez león *Pteroi volitans* introducido en el Caribe entre 1980 y comienzos del 1990. (A) Los peces león introducidos abundan en los arrecifes de las Islas Cayman (foto cortesía de Niel Van Niekerk con el permiso de IFAS, Universidad de Florida). (B) Peces león arponeados en un intento de controlar la población en Cozumel, México (Foto: Archivos CONANP).

## SUMARIO

Tomando como base los datos existentes, las epidemias que decimaron los acroporidos y *Diadema* en los años 70 y 80, el aumento de la población en la forma de un exceso de turistas, y la sobrepesca son los tres mayores causantes del declive de la cobertura del coral en el Caribe desde hace 30 años. La contaminación costera es un factor cada vez más importante pero todavía no hay suficientes datos para deliberar. El calentamiento del océano constituye un peligro inquietante, aunque los efectos de extremo calentamiento hasta ahora han sido sólo localizados y no podían haber sido responsables de las grandes pérdidas de corales en la mayoría del Gran Caribe a mediados de los años 90.

En resumen la degradación de los arrecifes del Caribe se desarrolló en tres etapas distintas.

1. Pérdida de acroporidos en masa comienza a mediados de los años 1970 y principios de los 80, causada por una epidemia de banda blanca. Estas pérdidas no están relacionadas con ningún obvio cambio global en el medio ambiente y pudieron ser debidas a la introducción de patógenos asociados con la descarga de aguas de lastre de buques de cargo desde los años 60.
2. Enorme incremento de cobertura de macroalga y declive de la cobertura de coral en la mayoría de las localidades que sufren de sobrepesca tras las mortalidad en masa de *Diadema* en 1983, debido a un patógeno no identificado y probablemente exótico. El

cambio de dominación de coral a macroalga culminó a mediados de los 90 y ha continuado por todo el Caribe durante 25 años. Numerosos estudios asocian el incremento de la macroalga con el declive del coral. Macroalga reduce el reclutamiento y crecimiento del coral, produce toxicidad y puede inducir a enfermedades en los corales.

3. El seguimiento del modelo establecido en la segunda etapa ha sido exacerbado a través de una todavía mayor sobrepesca, contaminación costera, expansión del turismo y de los acontecimientos de calentamiento extremo que han sido particularmente graves en el Noreste del Caribe y Florida Keys donde brotes de blanqueamiento extremos, seguidos de brotes de enfermedades han sido los causantes de los mayores declives.

## IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN

Nuestros resultados contradicen en gran parte el discurso actual sobre la importancia del calentamiento del océano, de las enfermedades y de los huracanes en los arrecifes coralinos y destaca la importancia de la perspectiva histórica en los medios de gestión y conservación de los arrecifes. Las amenazas del cambio climático y la acidificación de los océanos acechan sombríamente en el horizonte pero los estreses locales tales como la explosión del turismo, sobrepesca teniendo como resultado aumento de macroalga son las causas principales del catastrófico declive de los corales del Caribe.

Esto significa que astutas decisiones y acciones tomadas a nivel local puede ser vitales en el aumento de la capacidad de recuperación y bienestar de los corales y de las comunidades e industrias que dependen de ellos. De este modo cuatro recomendaciones principales se deducen de este estudio:

- 1. Adoptar firmes estrategias de gestión de pesca y conservación** que lleven a la restauración del pez Loro incluyendo su inscripción en los anexos pertinentes del protocolo SPAW. La Iniciativa Internacional para los Arrecifes Coralinos (ICRI) en su vigésimo octava Asamblea General en Belize adoptó una Recomendación a este efecto.
- 2. Simplificar y estandarizar el monitoreo** de los arrecifes caribeños y publicar los resultados anualmente para facilitar una gestión flexible.
- 3. Promover la comunicación y el intercambio de información** entre las autoridades locales para que puedan compartir sus experiencias.
- 4. Adoptar e implementar normas y leyes de una manera adaptiva**, siguiendo establecidos indicadores de la salud de los arrecifes, que permitan actuar efectiva y sistemáticamente contra las amenazas que perjudican los arrecifes, especialmente las originadas por la pesca, el turismo y el desarrollo costero.

Somos conscientes de que la acción derivada de estas recomendaciones será sujeta a un debate socioeconómico y político a nivel local y nacional. En cualquier caso las implicaciones de nuestros resultados científicos son irrefutables. Los arrecifes del Caribe y sus recursos están condenados a desaparecer en las próximas décadas si estas medidas no se adoptan y ejecutan con prontitud.

Recomendación adoptada por unanimidad en la 28<sup>a</sup> Asamblea General de ICRI en Belize City, Belice, 17 de octubre de 2013.

# Recomendación sobre el declive de la salud de los arrecifes coralinos en el Gran Caribe: la captura de los Peces Loro y otros herbívoros

**Recomendación adoptada el 17 de Octubre de 2013 durante la 28 reunión general de la ICRI**

## Contexto

El informe más reciente de la Red Mundial de Monitoreo de los Arrecifes de Coral (Global Coral Reef Monitoring Network - GCRMN) titulado: *Estado y Tendencia de los Arrecifes de Coral en el Caribe: 1970-2012* es el primer informe que documenta de una manera cuantitativa la tendencia de la salud de los arrecifes de coral tomando como base datos recolectados en el Gran Caribe durante los últimos 43 años.

Los resultados de este estudio muestran claramente que:

- La salud de los arrecifes coralinos depende de un equilibrio ecológico entre los corales y algas en el que la herbivoría juega un papel clave;
- La población de peces loro es un componente crítico de esta herbivoría particularmente desde el declive del erizo de mar *Diadema* en los años 80;
- Las principales causas de mortalidad de los peces loro es la pesca utilizando fusiles y en particular el uso de trampas.

El estudio además identifica que la sobrepesca de especies herbívoras, el pez loro en particular, ha sido uno de los mayores factores determinantes del declive de los arrecifes en el Caribe, concluyendo que un control efectivo de la sobrepesca a nivel local y nacional puede tener un efecto positivo en la salud de los arrecifes de manera inmediata así como en el futuro.

En ciertas áreas de la región del Caribe (por ejemplo en las Bermudas, en el Parque natural Exuma Cays en las Bahamas y más recientemente en Belize y Bonaire), la activa gestión incluyendo la prohibición de trampas para peces ha contribuido al incremento del número de Peces Loro y consecuentemente al mejoramiento de la salud del arrecife y su capacidad de recuperación frente al deterioro producido por los huracanes.

Este hecho contrasta con otras áreas del Caribe, donde arrecifes que sufren por la sobrepesca son incapaces de recuperarse frente a los deterioros ocasionados por las tormentas.

Arrecifes sanos han demostrado tener impactos positivos en las economías locales, proporcionando entre otros beneficios la posibilidad de vivir del turismo en lugar de la pesca gracias al incremento de los ingresos del turismo, del número de peces así como de la restauración de servicios ecosistémicos como por ejemplo la protección costera.

Aunque se reconoce que en el Caribe hay varios niveles de dependencia de la pesca y en particular de la captura del pez loro, debido a la evidencia ahora nuestro alcance y en consonancia con la sección sobre la 'gestión integral' del ICRI Marco de Acción (incluyendo la gestión de pesca), la Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos desea señalar los beneficios de una gestión robusta para proteger los arrecifes de la sobrepesca, y urge a una acción inmediata para proteger el pez loro y otros herbívoros similares de una manera eficaz.

En consecuencia, la Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos urge a las naciones y a los grupos multilaterales de la región del Caribe a:

1. **Adoptar** estrategias de conservación y gestión pesquera que lleven a la restauración del Pez Loro y al equilibrio entre alga y coral característico de los arrecifes de coral sanos;
2. **Maximizar** el efecto de estas estrategias de gestión al incorporar las medidas necesarias para sensibilizar, vigilar, sancionar e investigar medios de vida alternativos para aquellos afectados por las restricciones de la captura del pez loro;
3. **Considerar** la inscripción del pez loro en los anexos del Protocolo SPAW (Anexo II o III) además de reivindicar en los relevantes foros pesqueros el problema de la herbivoría en el arrecife;
4. **Educar** a los grupos indígenas, comunidades locales y otros grupos de interés acerca de los beneficios que estas estrategias producirán en los ecosistemas de los arrecifes coralinos, en el incremento de la pesca y en la economía de la comunidad.