

MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA EL MONITOREO VOLUNTARIO DE ALERTA TEMPRANA EN ARRECIFES CORALINOS

Pedro M. Alcolado
Instituto de Oceanología

**Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Proyecto
(Agencia de Medio Ambiente), PNUD/GEF Sabana-Camagüey,
Instituto de Oceanología y MINTUR**

Año 2004

Datos editoriales:

Impresión: Creaciones Gráfica

Ciudad de La Habana, 2004

80 paginas

ISBN 959-270-040-0

© Pedro M. Alcolado 2004

© Proyecto PMUD/GEF CUB/98/G32, CUB/99/G81-Capacidad 21, “Acciones prioritarias para consolidar la protección de la Biodiversidad en el Ecosistema Sabana-Camagüey” (Realizador)

Nota: En esta copia no porta el diseño del original, realizado por Armay Hernández y Ihosvany del Valle

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
EL ARRECIFE CORALINO.....	6
¿QUÉ SON LOS ARRECIFES CORALINOS?	6
¿QUE SON LOS CORALES?	7
FORMAS DE LOS CORALES	7
TIPOS DE ARRECIFES.....	9
Arrecifes de borde o frangeantes	9
Arrecifes de barrera o barreras de arrecifes.....	9
Arrecifes de banco.....	9
Atolones.....	10
Arrecifes de parche	10
UTILIDAD DE LOS ARRECIFES.....	10
De todo ello se evidencia que este ecosistema constituye una importante fuente de desarrollo y sostén de la vida en el planeta. Por ello se debe explotar de forma cuidadosa y bien planificada.....	12
REQUERIMIENTOS DE LOS ARRECIFES	12
FUNCIONAMIENTO DE LOS ARRECIFES	13
RELACIÓN CON OTROS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS	16
FACTORES QUE AFECTAN A LOS ARRECIFES.....	18
Proliferación de algas y animales competidores por el sustrato	18
Fertilización excesiva del agua.....	18
Disminución de poblaciones de herbívoros.....	18
Disminución de poblaciones de carnívoros	19
Sedimentación.....	19
Contaminación por sustancias tóxicas	19
Contaminación térmica.....	19
Daño mecánico.....	19
Enfermedades	20
Rayos ultravioletas	21
ASPECTOS CLAVES PARA LA PROTECCIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS ARRECIFES CORALINOS.....	22
ASPECTOS CLAVES	22
Balance competitivo en la existencia de los arrecifes	22
Factores mundiales, regionales y locales.....	22
Contaminación orgánica y por nutrientes inorgánicos.....	23
Pesca en los arrecifes de uso turístico	23
Sobrepesca en áreas de pesca	24
Enfermedades	24
Deforestación y erosión.....	24
Uso de anclas.....	25
Daños por embarcaciones.....	25
Capacidad de carga de buceo turístico	25
Patrón de recorrido de los turistas en los arrecifes	25
Acciones posibles para la recuperación de los erizos <i>Diadema antillarum</i>	26
Evaluaciones y monitoreo de arrecifes.....	26
Manejo Integrado Costero y Comanejo.....	27
Educación, información, sensibilización y participación comunitaria.....	28
Medidas para la protección de los arrecifes coralinos.....	28
ZONAS Y TIPOS DE FONDOS DEL ARRECIFE CORALINO	32

CRESTA DEL ARRECIFE	32
Zona de embate o de <i>Acropora palmata</i>	32
Meseta arrecifal	32
Zona trasera o tras-arrecife	32
LAGUNA DEL ARRECIFE	32
ARRECIFE FRONTAL O PENDIENTE EXTERNA DEL ARRECIFE	33
Terraza rocosa abrasiva o zona de <i>Pseudopterogorgia</i>	33
Veril o canto de veril	33
Terraza areno-rocosa profunda del arrecife	33
Zona mixta	33
Zona de pináculos	33
Umbral o labio del talud.....	34
Canto, canto profundo, talud, o canto de golfo.....	34
Fondo de camellones	34
Terraza coralina difusa	34
Fondo de pilares.....	34
Fondo de cabezos o arrecife de parche	34
ENFERMEDADES EN LOS ARRECIFES CORALINOS	36
CORALES DUROS.....	36
Blanqueamiento.....	36
Banda negra	36
Banda roja	36
Banda blanca tipo I.....	37
Banda blanca tipo II.....	37
Plaga blanca.....	37
Mancha o banda amarilla	37
Mancha oscura	37
Viruela blanca.....	37
Hiperplasia.....	38
Neoplasias.....	38
Chimeneas de chopitas (damiselas)	38
Consumo por loros	38
Pequeñas mordidas de peces	38
Consumo por caracol <i>Coralliophila</i>	38
Consumo por gusano de fuego <i>Hermodice</i>	38
OCTOCORALES (GORGONIAS EN PARTE).....	39
Aspergilosis	39
Necrosis del tejido	39
Banda negra	39
Banda roja	39
Tumores algales	39
Consumo por gusano de fuego <i>Hermodice</i>	39
ESPONJAS.....	39
Pudrición blanca	39
Pudrición amarilla	40
ERIZOS	40
Enfermedad mortal del erizo negro	40
Enfermedad mortal de otros erizos	40
VERTEBRADOS.....	40
Tumores	40
Lesiones necróticas.....	40
Parasitismo.....	40

Deformidad de los huesos	40
CORALES MÁS IMPORTANTES Y AFECTADOS EN LOS ARRECIFES CORALINOS	41
ARRECIFES Y TURISMO EN CUBA	42
ESTADO Y MANEJO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN CUBA	45
Estado general	45
Marco institucional y legal	46
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	48
ANEXOS	50
CUESTIONARIO PARA REPORTE DE INCIDENCIAS AMBIENTALES DE INTERÉS	51
CUESTIONARIO PARA REPORTE DE BLANQUEAMIENTO DE CORALES.....	52

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Oceanología de la Agencia de Medio Ambiente y el Ministerio de Turismo, en el marco de una iniciativa del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey CUB/98/G32, CUB/99/G81, Capacidad 21, se encuentran fomentando la Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos de Cuba. Esta iniciativa surgió de las conclusiones del exitoso Simposio “Arrecifes Coralinos: Unidos por su Conservación” que tuvo lugar en Cayo Coco en septiembre del 2002, auspiciado por Cubanacán Náutica del Ministerio del Turismo, y el Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, y copatrocinado por las organizaciones No Gubernamentales ProNaturaleza y Environmental Defense. Durante más de un año Cubanacán Náutica ha brindado sus Centros de Buceo para la implementación de esta Red como una experiencia piloto que se extendería a otras empresas turísticas. A esta Red pueden sumarse trabajadores de áreas protegidas, centros de investigación y aficionados al buceo.

La Red de Alerta Temprana está dirigida a la observación de eventos inusuales o de interés, ya sean dañinos o beneficiosos, que tienen lugar en los arrecifes de Cuba, para su comunicación inmediata a un centro receptor, con el fin de conocer mejor lo que está aconteciendo en ese importante ecosistema en medio de impactos humanos y de la influencia del Cambio Climático Mundial, así mismo proponer medidas oportunas si ello fuera pertinente.

Resultan de interés, por ejemplo, las enfermedades que afectan a los corales y otros organismos del arrecife, los incrementos excesivos de algas y tapetes rojos (cianobacterias) que se extienden y cubren el fondo, los corales, las esponjas y algas, y los efectos de los ciclones. También ocurren cosas llamativas como congregaciones de peces y otros organismos para reproducirse; aparición de animales impresionantes, entre ellos, ballenas, tiburones ballenas, manatíes, cocodrilos, pez luna, etcétera; desoves masivos de esponjas y corales, que se deben conocer por sus implicaciones turísticas y conservacionistas. Además es necesario saber sobre las violaciones y daños producidos por el hombre, como son el uso de anclas en arrecifes, pesca furtiva, empleo de chinchorros que destruyen los corales, redes y nasas abandonadas que siguen matando animales, y cualquier actividad que afecte la calidad estética de los puntos de buceo, y dañe el arrecife. Usted, como voluntario de la Red, puede añadir lo que considere inusual o significativo.

Los guías de buceo observan las incidencias de interés durante su trabajo cotidiano con los turistas, las anotan en una sección ecológica de su bitácora de trabajo y envían esa información al Centro de Recepción de Información de Alerta Temprana, ya sea mediante cuestionarios elaborados (ver anexos), o en algunos casos, mediante comentarios libres y espontáneos, si lo estiman necesario. En el curso del tiempo se enviarán cuestionarios adicionales diferentes, si algún evento importante o necesidades de información específica lo requieran. No se precisa que el buzo tenga que preparar salidas al mar dirigidas especialmente a hacer observaciones. Este es el modo de monitoreo más sencillo, rápido y económico que se aplica, y es complementado con otros tipos de monitoreo que se realizan en el país y en el mundo con mayor profundidad, lentitud y costo, y menor frecuencia de observaciones. Algunos reportes, por su importancia, generan la necesidad de efectuar verificaciones de campo o investigaciones para medir la calidad de los resultados o para profundizar científicamente en la incidencia reportada.

Para producir información de calidad y utilidad, es muy importante que los voluntarios adquieran una capacitación paulatina y adecuada sobre los temas relacionados con los arrecifes coralinos. Este es el objetivo de este Manual, dedicado a la creación de una cultura general lo más completa posible sobre los arrecifes coralinos, para los

participantes de la *Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana de Arrecifes Coralinos de Cuba* (VATAC). Los diferentes capítulos recorren una amplia gama de temas que contribuirán a comprender mejor las características, requerimientos, funcionamiento, fragilidad, importancia, problemas y aspectos de manejo de este ecosistema. Algunos tópicos se repiten en los capítulos en contextos diferentes, pero esta reiteración resulta conveniente para la mejor asimilación, y la integridad de los propios capítulos por separado.

El texto está escrito para ser comprendido por la mayor diversidad de niveles educacionales posibles, incluido el universitario. Por ese motivo es posible que algunos párrafos no sean fáciles de comprender, pero eso no debe desanimar, sino instarle a investigar ¡Buen provecho!

La impresión de este manual ha sido financiada por Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey y *Capacidad 21*.

AGRADECIMIENTOS

Por permitirme amablemente la utilización de sus excelentes fotos, expreso mi gratitud a Larry Benvenuti, Nick Bianchi, Shawna Brooks, Andy Bruckner, José Espinosa, Harry B. McCarty, Ken W. Marks, Steve Miller, Jesús Ortea, E. Peters, James W. Porter, Craig Quirolo, Cecilia Torres y Ernesto Weil. Agradezco a Kathryn Sutherland por la ayuda en la adquisición de fotos, y a Judith C. Lang y James W. Porter, por sus útiles comentarios. Igualmente, estoy agradecido por la minuciosa revisión del texto y valiosos señalamientos de Rodolfo Claro-Madruga.

A Natalia Polanco y a Alain Durán agradezco la detallada revisión de este trabajo. Especial mención merece el Dr José Romero, Coordinador Regional del Proyecto *Capacidad 21* para la América Latina, por señalar la necesidad de generar publicaciones en el marco de este Proyecto, para la difusión de lecciones aprendidas y conocimientos.

EL ARRECIFE CORALINO

¿QUÉ SON LOS ARRECIFES CORALINOS?

Los arrecifes coralinos son estructuras geológicas sólidas y masivas del relieve submarino, de origen biológico y de variadas formas, que se desarrollan sobre algunos fondos de áreas tropicales y subtropicales. Son creados por organismos que viven fijos al fondo y que tienen la habilidad de formar esqueletos pétreos de carbonato de calcio. Estos organismos son principalmente los llamados corales duros o pétreos, de ahí el nombre de arrecife coralino. Sin embargo, en el Océano Pacífico algunos arrecifes pueden estar formados predominantemente por algas calcáreas costrosas de consistencia pétrea (pertenecientes a las algas rojas o rodofíceas). Las algas pétreas también están presentes en los arrecifes del Caribe pero más que estructural presentan una función cementante o de cobertura protectora de la roca.

Asimismo, aparecen formando barreras o crestas arrecifales, comúnmente llamadas "restingas", que se delatan a manera de cordones de espumosas rompientes; o forman promontorios masivos sobre fondos llanos de arena o rocosos, que son denominados "cabezos" o "arrecifes de parches". También se manifiestan como llamativos sistemas de barras coralinas paralelas alternadas con canales de arena que son conocidos como "camellones" y en inglés como "spurs and grooves"; veriles tapizados por corales, exuberantes escarpes o cantos submarinos hasta alrededor de 80 m de profundidad, o plataformas rocosas de escasa pendiente formando terrazas coralinas. En condiciones muy específicas, como el caso de los arrecifes que crecen rodeando islas volcánicas que se hundan lentamente, se forman estructuras a manera de anillo conocidas como "atolones", muy típicos del Océano Pacífico y escasos en el Caribe.

El área total estimada de los arrecifes del mundo es de 617,000 kilómetros cuadrados. Ellos cubren el 0,17% del fondo del océano, lo que equivale al área del estado de Texas. Aproximadamente 14% de los arrecifes coralinos del orbe se distribuyen en la Región Antillana-Caribeña, también llamada Gran Caribe (Caribe, Golfo de México, Bahamas y Bermudas).

La belleza y colorido de los arrecifes impresionan a todo aquel que goza del privilegio de poder observarlos en su medio, incluso a aquellos que los observan por otros medios. Ante nuestros ojos, el arrecife coralino se presenta como una gran puesta en escena donde los elementos fijos del mismo lo conforman principalmente los corales pétreos, las esponjas, las gorgonias y las algas, mientras que los actores por excelencia lo constituyen los peces, de formas, hábitos, colores y tamaños diversos. El resto de la rica fauna (moluscos, equinodermos, crustáceos, y gusanos poliquetos, entre muchos otros) suele estar mayormente escondido de los depredadores y por eso apenas se destacan en escena, excepto cuando se aventuran a merodear durante la noche.

En breves palabras, puede decirse que el arrecife coralino no es más que la estructura física creada por el crecimiento de la rica comunidad que lo habita. En esta grandiosa obra tenemos diferentes oficios como son: formadores de estructuras pétreas, productores de sedimentos (arenas y fangos), cementantes, rapadores, perforadores, productores de materia orgánica (productores primarios), consumidores de materia viva, descomponedores de materia orgánica, controladores demográficos, etcétera. La gran mayoría de las especies desempeñan más de un papel en el grandioso espectáculo.

¿QUE SON LOS CORALES?

Es conveniente detenernos en una breve definición de los corales pétreos dada su condición de grupo clave en la formación del arrecife coralino.

Los corales pétreos son animales predominantemente coloniales, del grupo de los Celenterados o Cnidarios, que producen un esqueleto pétreo calcáreo (de aragonito) debajo de su tejido vivo, y que están constituidos por numerosos pólipos carnosos fusionados entre sí. Cada pólipo es una unidad individual que desempeña las funciones vitales con cierta coordinación con el resto de los pólipos de la colonia. Cada uno atrapa el alimento con una corona de tentáculos que rodea su boca y lo asimilado se reparte dentro de toda la colonia a través de canales que los conectan entre sí. Los tentáculos y unos filamentos internos están armados de baterías de "células disparadoras" (nematocistos) que poseen microscópicos dardos venenosos atados por largos filamentos como si fueran arpones balleneros. Estos últimos paralizan y atrapan a las pequeñas presas que sirven de alimento al coral.

La excreción se realiza por la misma boca, y la respiración tiene lugar por difusión del oxígeno y del anhídrido carbónico a través de las membranas celulares y tejidos.

Existen dos tipos de corales duros, los escleractinios o "madréporas" y los hidrocorales o "corales de fuego". Estos últimos, tremendamente urticantes, queman como el fuego.

Como dato muy curioso, los corales pueden vivir decenas de años, incluso siglos. Algunos se han atrevido a estimar que pueden vivir más de mil años.

Ver esquema de lo pólipos de un coral en la primera lámina.

FORMAS DE LOS CORALES

Las formas de los corales son muy diversas, e incluso dentro de una misma especie de coral pueden presentarse colonias con formas diferentes. Para complicar más las cosas, algunas formas son difíciles de identificar como un tipo de forma dentro de la clasificación de los corales por su morfología. A continuación se ofrece una tabla con la descripción de las formas de los corales y algunos ejemplos de cada una. No siempre es necesario identificar detalladamente en la forma y puede bastar con saber si son ramificadas, masivas, incrustantes o foliosas.

Formas de corales escleractinios

Formas	Descripción	Ejemplos
Masiva	Masa compacta de forma redondeada, hemisférica, cónica o irregular. Si los cálices serpentean se le llama coral cerebro (<i>Diploria</i> , <i>Meandrina</i> , <i>Colpophyllia</i>); si son redondos, corales de ojitos (<i>Montastraea</i>), si son estrellados, coral de estrellas (<i>Siderastrea</i>), y si parecen gusanitos; coral de orugas (<i>Dichocoenia</i>).	<i>Diploria</i> <i>Montastraea</i> <i>Porites astreoides</i> <i>Siderastrea</i> <i>Madracis decactis</i> <i>Favia fragum</i> <i>Dichocoenia stokesi</i> <i>Colpophyllia natans</i> <i>Solenastrea</i> <i>Isophyllia</i> <i>Mycetophyllia</i>
Incrustante	Forma incrustada de poca altura que se extiende predominantemente hacia los lados. Se aplican las mismas denominaciones que en la forma masiva.	<i>Diploria</i> <i>Montastraea</i> <i>Porites astreoides</i> <i>Favia fragum</i> <i>Siderastrea radians</i> <i>Madracis decactis</i> <i>Mycetophyllia</i>
Ramificada	Se ramifica de manera arborescente, de manera no compacta, o sea sin formar una masa de ramas apretadas. Cuando las ramas son romas se les llama ramificadas digitadas (por ejemplo, <i>Porites porites</i>).	<i>Acropora</i> <i>Porites porites</i> <i>Porites divaricata</i> <i>Porites furcata</i> <i>Eusmilia fastigiata</i> <i>Mussa angulosa</i> <i>Madracis mirabilis</i> <i>Oculina diffusa</i> <i>Cladocora arbuscula</i>
Ramificada sub-masiva	Grupo de ramas apretadas formando una masa bastante compacta. Puede incluirse en la forma ramificada.	<i>Porites porites</i> <i>Porites divaricata</i> <i>Porites furcata</i> <i>Eusmilia fastigiata</i> <i>Madracis mirabilis</i> <i>Oculina diffusa</i>
Lobulada sub-masiva	Grupo de lóbulos que apretados forman una masa. Puede incluirse en la forma masiva.	<i>Montastraea annularis</i>
Foliosa o laminar	Forma hojas o láminas separadas y levantadas del substrato. A veces se ramifican.	<i>Agaricia agaricites</i>
Tabular o de plato	Forma láminas que se extienden casi horizontalmente o de lo contrario casi paralelamente a substrato. Puede incluirse en la forma foliosa o laminar.	<i>Agaricia</i> <i>Montastraea franksi</i> <i>Mycetophyllia</i>
Columnar	Forma columnas que se elevan verticalmente desde una base común. Puede incluirse en la forma masiva.	<i>Dendrogyra cylindrus</i>
Pagoda	Forma de conos muy abiertos con la parte ancha hacia abajo. A veces forman grupos semi-superpuestos lateralmente con un cono central superior. Los bordes de los conos suelen sobresalir como láminas. Pueden considerarse como masivos.	<i>Montastraea faveolata</i>
Circular	Parte superior plana y circular. Corales pequeños y formados por un solo pólipos.	<i>Scolymia</i>
Otras formas	Muchas colonias son difíciles de adjudicar a una forma determinada. En este caso puede denominarse como "otra forma" o se puede proponer la que mejor parezca.	

Observe al final del texto las láminas que ilustran las formas más generales de los corales duros.

TIPOS DE ARRECIFES

Arrecifes de borde o frangeantes

Los arrecifes de borde surgen a manera de una plataforma baja directamente de las costas de tierra principal o de cayos, o cuando están geológicamente maduros se separan en grado variable de la orilla formando una laguna intermedia que raras veces excede los 5 metros de profundidad. Cuando existe laguna, o sea en el arrecife de borde maduro, la misma está bordeada y separada del océano por una especie de muro o restinga de coral llamada cresta del arrecife. Por el costado oceánico continúa una caída generalmente gradual y en ocasiones escalonada hacia las grandes profundidades (arrecife frontal) de configuración y fondos muy variables. Este tipo de arrecife, ya sea con cresta (maduro) o sin ella, a veces aparece no asociado a cayo o costa alguna y se encuentra bordeando la plataforma insular o continental. A estos últimos, algunos expertos les llaman “arrecifes de borde de plataforma” sin tener en cuenta la cercanía o no de una costa ni la presencia o no de cresta y laguna. Ejemplos de arrecifes de borde son los de Cayo Campos, Punta del Este, sur de Cayo Caballones, Cayo Bretón, etcétera.

Arrecifes de barrera o barreras de arrecifes

El arrecife de barrera se distingue del arrecife de borde con laguna y cresta (maduro), en que dicha laguna es mucho más profunda. Tan profunda es, que existen pendientes o cantos por ambos costados de la barrera (el externo y el interno). La barrera suele ser también más ancha que una simple cresta al punto que sobre ella en algunos casos pueden haber algunos cayos de origen coralino. Incluso, bordeando el costado oceánico de la parte baja (meseta) de la barrera se pueden presentar crestas arrecifales. La profundidad límite de la laguna que distingue ambos tipos de arrecife no está acordada entre los científicos. Aquí se considera esta profundidad como más de 15 metros. Las barreras son estructuras antiguas, algunas de las cuales se forman a partir de arrecifes de borde de plataforma cuando se producen fenómenos de subsidencia (hundimiento del fondo) o de aumento del nivel del mar. Otras se originan sobre estructuras elevadas (bancos) y alargadas mar afuera (zona oceánica), separadas de las plataformas insulares o continentales, por los que sus lagunas son muy profundas.

Ejemplos de barreras son: la Gran Barrera de Arrecifes de Australia, la Barrera de Belice, y el Archipiélago de los Colorados, en Cuba. Se discute si parte del Archipiélago “Jardines de la Reina” puede ser una barrera quizás tan antigua que se han desarrollado largas cadenas de cayos sobre su meseta. Es interesante que en esa supuesta barrera, se desarrollan crestas en algunas partes de su borde interior. Para algunos expertos la diferenciación entre cresta y barrera es algo confusa y prefieren obviarla y las llaman barreras indistintamente. En Cuba tratamos de mantener su diferenciación.

Arrecifes de banco

Arrecifes de contorno variable pero no lineal que surgen como bancos desde profundidades que pueden variar, pero que no son bajas, y no tienen vinculación alguna con la costa. Suelen ser aplanados en la cima. Los corales se desarrollan principalmente en los costados, aunque también pueden hacerlo en la parte superior. Ejemplos son: el Bajo de Knoll, en el noroeste de la Provincia de Pinar del Río, y el Banco de Jagua, al centro sur de Cuba. Quizás, el Banco de Buena Esperanza en el Golfo de Guacanayabo sea un tipo de arrecife de banco diferente que se desarrolla sobre un fondo fangoso de solo unas pocas decenas de metros de profundidad. En este

último caso los arrecifes no son muy compactos al estar formados por una mezcla de corales ramificados, esponjas y otros organismos fijos. En realidad, aunque aparentemente pertenecen al mismo tipo, son muy diferentes y el último puede requerir una nomenclatura distinta. Los investigadores que describieron este tipo de arrecife en el Golfo de Guacanayabo, lo llamaron “arrecifes gelatinosos”. También se les denominan “arrecifes movedizos” ya que algunos conglomerados coralinos presentes ceden al ser empujados, pero ello no se puede generalizar a todo el banco. Otros los nombran “arrecifes blandos” por ser menos compactos que los demás tipos al estar formados principalmente por corales ramificados y esponjas. Este último término parece más aceptable.

Algunos autores a mediados del siglo pasado han clasificado como arrecifes de banco a una estructura muy distinta a la aquí descrita, y que equivale a la del arrecife frangeante. Ellos mostraban como ejemplo al Archipiélago de los Canarreos.

Atolones

Son arrecifes con forma aproximada de anillo. Estas estructuras se originan a partir del crecimiento de corales alrededor de una isla volcánica a medida que ésta se va hundiendo muy lentamente a escala temporal geológica. Al final del hundimiento queda un anillo de arrecife con una laguna central poco profunda. Ejemplo de ellos son los atolones del Océano Pacífico como los famosos Mururoa y Bikini, y en el Caribe, Alacrán en el Golfo de México y Bolívar en el Caribe Colombiano. Existen formas anulares de desarrollo coralino cuyo origen no es una isla volcánica. Estos se denominan pseudoatolones

Arrecifes de parche

Son conglomerados de corales que desarrollan estructuras o parches de formas variadas que se levantan del fondo con altura variable, y llegan hasta cerca de 10 m. Aparecen, lo mismo formando parte de los fondos de los arrecifes de borde o de barrera, que en la laguna arrecifal y en aguas interiores de la plataforma marina. No son considerados por todos como un tipo básico de arrecife, sino como una estructura componente de los tipos básicos de arrecifes, pero al menos debiera considerársele como tal en aguas interiores donde no se definen otros tipos básicos que el de banco.

UTILIDAD DE LOS ARRECIFES

Los arrecifes coralinos brindan al hombre bienes y servicios de incalculable valor, hecho que lamentablemente no es por todos conocido y por lo tanto no se tiene siempre en cuenta a la hora de planificar el desarrollo de una zona o cuando cualquiera causa daños, deliberado o no, a los corales u otros organismos de ese maravilloso ecosistema.

El arrecife de coral es fuente de una gran variedad de recursos pesqueros de calidad y precio generalmente superior a los de otros ecosistemas costeros. Ejemplos de ellos son la codiciada langosta y peces exquisitos como el pargo, el pez perro y la cherna. Las pesquerías de estas especies constituyen un rubro económico de vital importancia en Cuba. Se estima que los arrecifes coralinos aportan entre el 10 y 12% de las pesquerías totales en los países tropicales, y entre el 20 y el 25 % si se trata sólo de pescado.

El potencial de pesca sostenible de peces, crustáceos y moluscos de los arrecifes de todo el planeta podría ser de 9 millones de toneladas métricas, lo que equivale al 12% de la pesca mundial. Más de 200 especies comerciales provienen de los arrecifes de la región del Gran Caribe.

Son muy variadas y prometedoras las sustancias biológicamente activas que se obtienen de extractos de gran cantidad de especies de arrecifes, que se emplean o ensayan como fármacos antibióticos, antivirales, anticancerígenos, hipotensores, antiinflamatorios, antiasmáticos, antiherpéticos, antiartríticos, antisolares, etcétera, y como reactivos de interés bioquímico y experimental. Las prostaglandinas extraídas de las gorgonias llamadas *Plexaura homomalla* y *Plexaura kuekenthali* son sustancias con múltiples y potentes propiedades medicinales que sirven tanto al hombre como en la veterinaria, las que en cierto grado han sido en algún momento aprovechadas en Cuba.

Numerosos son los productos que, como materia prima, sirven para la elaboración de vistosos y codiciados objetos de artesanía y bisutería, práctica que debe ser fuertemente regulada y controlada para evitar desequilibrar el arrecife y perder su atractivo turístico. Entre ellos están el coral negro, conchas de moluscos nacaradas o bellamente coloreadas, el caparazón del carey que ha hecho peligrar su existencia en el planeta, y algunos peces usados para taxidermia decorativa como la guanábana, por mencionar algunos “desafortunados”.

Por otra parte, no debe olvidarse que los arrecifes constituyen una de las principales fábricas de la arena que nutre las playas y que también se emplea en la construcción. No menos importante es la efectiva protección ejercida por las barreras o crestas arrecifales sobre las costas, incluyendo las playas, contra la erosión producida por el oleaje. Estas son barreras naturales que se automantienen sin costo alguno, a diferencia de las barreras artificiales cuyo mantenimiento es muy costoso y su efectividad, dudosa. Muchísimos cayos y ecosistemas costeros, como manglares, dunas de playas y pastos marinos, existen gracias a la presencia de rompientes arrecifales. En ese mismo caso se encuentran numerosos poblados y edificaciones costeras. Esto tiene una connotación futura especial en el contexto del actual incremento del nivel del mar provocado por los cambios climáticos globales.

Algunos arrecifes han contribuido a la formación de islas al aflorar por la disminución del nivel del mar o actuando como trampas de fragmentos de corales y sedimentos. Grandes partes de Cuba son de origen arrecifal.

De gran trascendencia socioeconómica para los países tropicales, es el extraordinario valor estético de los paisajes submarinos de los arrecifes coralinos junto con su enorme diversidad de fauna y flora. Esto los convierte en lugares de solaz y esparcimiento de alta demanda nacional e internacional y, por lo tanto, un recurso turístico y ecoturístico con gran potencial de ingreso financiero para los países en desarrollo, si se manejan correctamente. En la Florida, el uso recreativo de los arrecifes aportaba ganancias de alrededor de 1,6 miles millones de dólares anuales en la década de los noventa. Otros países que se destacan por la utilización exitosa de los arrecifes como recurso turístico son Bonaire, Belice, Gran Caimán y Bermudas.

El valor ecológico del arrecife coralino es considerable si se tiene en cuenta que constituye el área vital de refugio o reproducción de gran cantidad de especies de aguas interiores de las plataformas continentales e insulares, incluyendo las comerciales. Son muy numerosas las especies que se dirigen a los arrecifes a desovar, por ejemplo, la langosta, los pargos y los meros. Muchas especies se guarecen en los recovecos del arrecife y sólo se retiran para alimentarse en los pastos marinos cercanos, pudiendo citarse la langosta, los pargos, los roncós, los bajonaos, los jureles, etcétera. Unos lo hacen de noche y otros de día.

Asimismo, el arrecife de coral posee gran valor intrínseco por su carácter único en sus formas y procesos, así como por su composición y diversidad de especies. A pesar de su muy limitada extensión sobre el océano, albergan la cuarta parte de las especies del

globo terráqueo. De ello se desprende también un considerable valor educacional, científico y ético.

También debe mencionarse la utilidad del empleo de los arrecifes como indicadores, que informan y alertan del estado de la calidad de las aguas en los trópicos y de los efectos de los cambios climáticos que ocurren en el ámbito mundial. Ello se debe a la gran sensibilidad de los arrecifes a los cambios ambientales, y de hecho parecen ser el primer ecosistema marino que está mostrando signos claros de deterioro por esa causa.

De todo ello se evidencia que este ecosistema constituye una importante fuente de desarrollo y sostén de la vida en el planeta. Por ello se debe explotar de forma cuidadosa y bien planificada.

REQUERIMIENTOS DE LOS ARRECIFES

Como se ha visto, el desarrollo de los arrecifes se debe principalmente al crecimiento y superposición de los esqueletos calcáreos de los corales pétreos. Este proceso de calcificación del esqueleto a partir de la toma de carbonatos del agua de mar es estimulado por sustancias producidas por algas unicelulares microscópicas que viven en simbiosis dentro del tejido del coral. Estas microalgas reciben el nombre de zooxantelas. Dado que las algas necesitan de la luz, es por eso que el crecimiento de los corales se estima alrededor de 10 veces más rápido bajo iluminación que en la oscuridad.

La falta de luz en las profundidades limita la existencia allí de corales hermatípicos, que quiere decir formadores de estructuras arrecifales. Los que no las forman se llaman ahermatípicos y son típicos de aguas oscuras o profundas. De esta manera, la profundidad límite de la parte honda de los arrecifes dependerá de la transparencia del agua del lugar, y raramente excede de los 100 metros. Por debajo de los 20 a 30 metros, el crecimiento de los corales se hace muy lento.

Como dato interesante, en los corales ramificados, el crecimiento en longitud de las ramas es de alrededor de 10 centímetros por año, mientras que los masivos incrementan su diámetro a razón de más o menos un centímetro por año.

Los arrecifes necesitan aguas agitadas o constantemente renovadas por las corrientes para que los organismos inmóviles como los corales duros, gorgonias y esponjas, puedan alimentarse y llevar a cabo sus funciones fisiológicas.

La temperatura que requieren los corales pétreos fluctúan entre 20° C y 30° C (grados Celsius). Excepcionalmente, en los cayos de la Florida, soportan mínimas de 18° C, y en la Gran Barrera de Australia, máximas de 33° C. Otro autor refiere un valor máximo de 35° C en el Golfo Árabe. Cuando ocurre un incremento (durante semanas) de aproximadamente 1° C a 2° C, o más, por encima de los máximos locales habituales de verano, suele aparecer la enfermedad llamada "blanqueamiento de corales", sobre todo si coexiste una fuerte iluminación propiciada por condiciones de mar tranquila y escasa nubosidad. De esa enfermedad se hablará con más detalle adelante.

Además de una buena iluminación y temperaturas cálidas y poco variables, este ecosistema tolera salinidades entre 27 y 40 partes por mil, y le son óptimas las cercanas a las del océano (aproximadamente 34,5-36,5 partes por mil). Si la salinidad cae por debajo de 20 partes por mil durante 24 horas, los corales y otros organismos del arrecife mueren. Esta caída violenta de salinidad ocurre después de lluvias torrenciales y durante tormentas tropicales o ciclones.

El mejor desarrollo de los arrecifes se observa bajo niveles de sedimentación inferiores a 5 miligramos por centímetro cuadrado por día. Cuando esta excede de 10 miligramos

aparecen evidencias visibles de deterioro de los corales, y si es mayor que 15 miligramos el daño se hace drástico. La cantidad de sedimentos suspendidos no debe de exceder de un miligramo por litro. Esto debe ser considerado en las actividades de dragado y vertimiento de sedimentos en el mar y en las playas.

Otro requerimiento fundamental para la formación de los arrecifes es la presencia de un fondo duro donde las larvas de los corales puedan fijarse y desarrollarse.

Los arrecifes coralinos no se desarrollan mucho en las porciones orientales de los océanos Pacífico y Atlántico, en parte debido a que ahí las aguas sufren enfriamiento a causa de afloramientos de aguas profundas. Además, estos afloramientos acarrear aguas frías y fértiles de las profundidades (ricas en nutrientes minerales de nitrógeno y fósforo), que producen densos florecimientos de plancton que disminuyen la transparencia del agua y, por lo tanto, se reduce la intensidad de la luz. Por otra parte, esta fertilidad puede favorecer el desarrollo de algunos tipos de algas del fondo en detrimento del espacio disponible para los corales.

Según algunos investigadores, los niveles de sales disueltas de fósforo en el agua de los arrecifes no deben sobrepasar los 0,1 micromoles por litro, y las de nitrógeno (nitratos, nitritos y amonio), no más de un micromol por litro, que son los umbrales de concentración por encima de los cuales se produce un predominio de algunas algas del fondo que compiten con los corales, sobre todo cuando escasean los animales herbívoros. Realmente esos umbrales son algo imprecisos.

En el Atlántico sudamericano los arrecifes son muy escasos y están ausentes en largos tramos a causa de la influencia negativa del fuerte escurrimiento de agua dulce y de sedimentos de los ríos Amazonas y Orinoco.

FUNCIONAMIENTO DE LOS ARRECIFES

En el medio marino, el arrecife coralino es considerado el ecosistema más rico en especies, lo que lo sitúa en segundo lugar mundial después de la selva tropical lluviosa (recuérdese que los arrecifes albergan la cuarta parte de las especies del mundo). De igual modo, se distingue por su elevada productividad biológica y una constancia comparativamente mayor en la composición en especies y en la organización de sus comunidades que en otros ecosistemas marinos costeros.

Si bien el origen de los arrecifes coralinos data de 230 millones de años atrás, los arrecifes actuales son el producto de una historia evolutiva de alrededor de 6,000 a 8,000 años posteriores al fin de la última glaciación, que se ha caracterizado por un paulatino incremento del nivel del mar. Otros expertos dan un estimado, menos preciso, de menos de 10,000 años. Incluso otros lo dan de más años aún. La mayoría de los géneros de corales pétreos actuales existen desde los tiempos del Cretáceo o del Terciario Temprano (entre 58 millones y 135 millones de años).

Estos géneros han soportado los dramáticos cambios de temperatura y del nivel del mar producidos por las oscilaciones climáticas del Plioceno y Pleistoceno con bajas tasas de extinción, del mismo modo, las comunidades arrecifales han sido capaces de restablecerse después de las sucesivas glaciaciones. Por ello puede inferirse que a escala de tiempo geológica (del orden de miles o millones de años) los arrecifes son ecosistemas robustos adaptados a cambios climáticos repetidos. Ahora bien, dichos cambios han ocurrido con una lentitud suficiente como para permitir un ajuste de adaptación de los miembros de la comunidad coralina, y los cambios actuales son mucho más rápidos.

Esta larga historia evolutiva de los arrecifes, bajo condiciones de una relativa constancia o gran lentitud en la variación del clima, ha conducido a la gran diversidad de especies,

de adaptaciones y de interacciones biológicas de los seres vivos presentes. Este ininterrumpido proceso de ajuste evolutivo ha traído consigo una gran eficiencia en la economía del funcionamiento de los arrecifes. Para los más entendidos en ecología va la breve información siguiente:

- La producción primaria global de los arrecifes (producción de materia orgánica por fotosíntesis) se estima que varía entre 0,3 y 8 gramos de Carbono por metro cuadrado por día, aunque suele estar entre los 1,5 y 5 gramos. Esta producción está casi balanceada por la actividad de los organismos consumidores de materia orgánica (viva o muerta) que retiran entre el 95 y el 98% de dicha producción. Como la producción neta (la que queda) es tan pobre (2 a 5%), no se puede extraer mucha materia orgánica (pesca, colecta) sin causar daño al arrecife. Ese no sería el caso de otros ecosistemas costeros que producen más excedentes de producción por su menor eficiencia, como los estuarios y lagunas costeras.
- La elevada eficiencia de los arrecifes saludables y balanceados se refleja en una gran efectividad en la toma y reciclaje de carbono, nitrógeno y fósforo, así como en un cociente producción/respiración cercano a la unidad, que indica una gran aproximación al clímax metabólico, o lo que es lo mismo, un alto grado de madurez estructural y funcional. Esa relación es mayor que 1 cuando hay exceso de nutrientes minerales de nitrógeno y fósforo con una consecuente producción vegetal excesiva y una exportación de excedentes de la misma. El cociente es menor que 1 si predominan los procesos respiratorios (respiración vegetal y animal, y descomposición microbiana) sobre los de producción vegetal, que refleja una importación excesiva de materia orgánica.
- La tasa de calcificación de los arrecifes coralinos se estima que varía entre 0,3 y 12 kilogramos de carbonato de calcio por metro cuadrado por año, y en la mayoría de los casos es de alrededor de 4 kilogramos. El crecimiento vertical del arrecife se ha estimado por algunos expertos con un valor promedio de 0,3 centímetros por año, y por otros, con un promedio de 1,2 centímetros por año, lo que puede estar relacionado con variaciones locales. Se estima que un pequeño arrecife como el de Isla Tobago ha producido más de 250 veces la cantidad de material necesario para construir la ciudad de Nueva York, y más de 1,500 veces la empleada en las pirámides de Egipto.

Las relaciones simbióticas mutualistas (de mutuo beneficio) que se establecen entre las algas zooxantelas y los corales pétreos, así como las gorgonias y las esponjas, entre otros animales del arrecife, crean una especie de unidades altamente integradas que aumentan la eficiencia del reciclaje del carbono, nitrógeno y fósforo dentro del arrecife. Tomando los corales como ejemplo, éstos se ven beneficiados porque las algas simbióticas contribuyen a la formación de sus esqueletos, aportan alimento orgánico sintetizado por ellas (que contienen carbono, nitrógeno y fósforo, como glicerol, glucosa y alanina) y oxígeno. Por su parte las algas encuentran soporte y reciben desechos metabólicos del coral, que les son necesarios (que también contienen compuestos de carbono, nitrógeno y fósforo). De manera adicional, el coral se alimenta de pequeños animales del zooplancton (organismos vivos, generalmente muy diminutos, suspendidos en el agua) que le aportan compuestos ricos en nitrógeno y fósforo.

El coral junto con las zooxantelas puede ser visto como un organismo politrófico (que quiere decir, del latín: varios tipos de alimentación) donde convergen: la alimentación autótrofa (que es la realizada por las algas simbióticas), la herbívora (al alimentarse de los productos de las algas) y la carnívora (al alimentarse del zooplancton o plancton animal).

Esta simbiosis mutualista permite el uso y reuso de los elementos y compuestos necesarios para el crecimiento vigoroso de esos animales, incluso en condiciones de bajas concentraciones de nutrientes y de plancton como es corriente en los mares tropicales. Por ello, algunos arrecifes llegan a ser energéticamente autosuficientes al estar muy bien organizados para usar, almacenar y reciclar las escasas sustancias del agua circundante.

Aunque para algunos parezca paradójico, contrario a un difundido "dogma" que reza "crea diversidad y tendrás estabilidad", las investigaciones recientes tienden a demostrar que, a pesar de su gran diversidad de especies, los arrecifes son dinámicamente muy frágiles (cambian fácil y rápidamente bajo la acción de un disturbio) y poco elásticos (demoran mucho en regresar a su estado inicial después de cesar el disturbio) en comparación con otros ecosistemas costeros (manglares, pastos marinos, lagunas costeras).

La existencia del arrecife coralino parece deberse más a las condiciones ambientales relativamente poco fluctuantes en que se desarrolla que a una supuesta estabilidad generada por la diversidad de especies y de interacciones biológicas. Esto no niega que lo último también influye, pero no como causa primaria, pues sin una relativa constancia ambiental no se generaría una elevada diversidad de especies, ni de interacciones, ni de mecanismos de regulación interna (homeostasis).

Lo anterior se comprende si se tiene en cuenta que por lo general en los arrecifes abundan especies con menores tasas de crecimiento y de reproducción, con inferiores densidades de población en condiciones de equilibrio, y con mayor longevidad (sobre todo en las partes más profundas del arrecife) que en otros ecosistemas marinos de poca profundidad. Por esta razón, un disturbio de gran magnitud y duración provoca daños que pueden durar decenas de años en repararse una vez desaparecida la causa. El daño puede llegar a ser irreversible, sobretodo cuando se trata de aquellos inducidos por el hombre, para los cuales el arrecife no está "programado" para reaccionar favorablemente. Los arrecifes también son vulnerables a tenses (factores estresantes) de bajo nivel pero que operan de forma continua o crónica como los inducidos por el hombre (por ejemplo, contaminación, sedimentación desde tierra y sobrepesca).

Sin embargo, cierto grado de disturbio intermedio de carácter natural, como eventos meteorológicos esporádicos de gran intensidad, con los cuales algunos arrecifes han evolucionado normalmente, contribuye a mantener una mayor diversidad de especies y los revitaliza al impedir que especies competitivamente poderosas monopolicen todo el espacio. Así se crea un abigarrado y complejo mosaico formado por distintas fases de desarrollo de la comunidad y por tanto con diferente composición y dominancia de especies. Por otro lado, estos eventos meteorológicos son determinantes en el transporte de materiales (fragmentos de corales vivos y muertos, y sedimentos), de ahí que influyan en la forma y el crecimiento de los arrecifes.

Disturbios de este tipo son las tormentas, frentes fríos fuertes, los ciclones y los huracanes para los cuales los arrecifes, como sistemas cibernéticos, sí están "programados" para coexistir y funcionar. Sin embargo, la interferencia humana puede impedir que los arrecifes afectados por estos eventos se recuperen.

Donde las tormentas tropicales son más frecuentes y violentas los arrecifes son más ricos en especies pero desarrollan un menor relieve, mientras que donde son más esporádicos, presentan mayor perfil y son más frágiles, como es el caso de Bonaire.

El hombre introduce fenómenos o eventos que exceden la capacidad de respuesta fisiológica de las especies del arrecife, por su carácter crónico y novedoso, la relativa

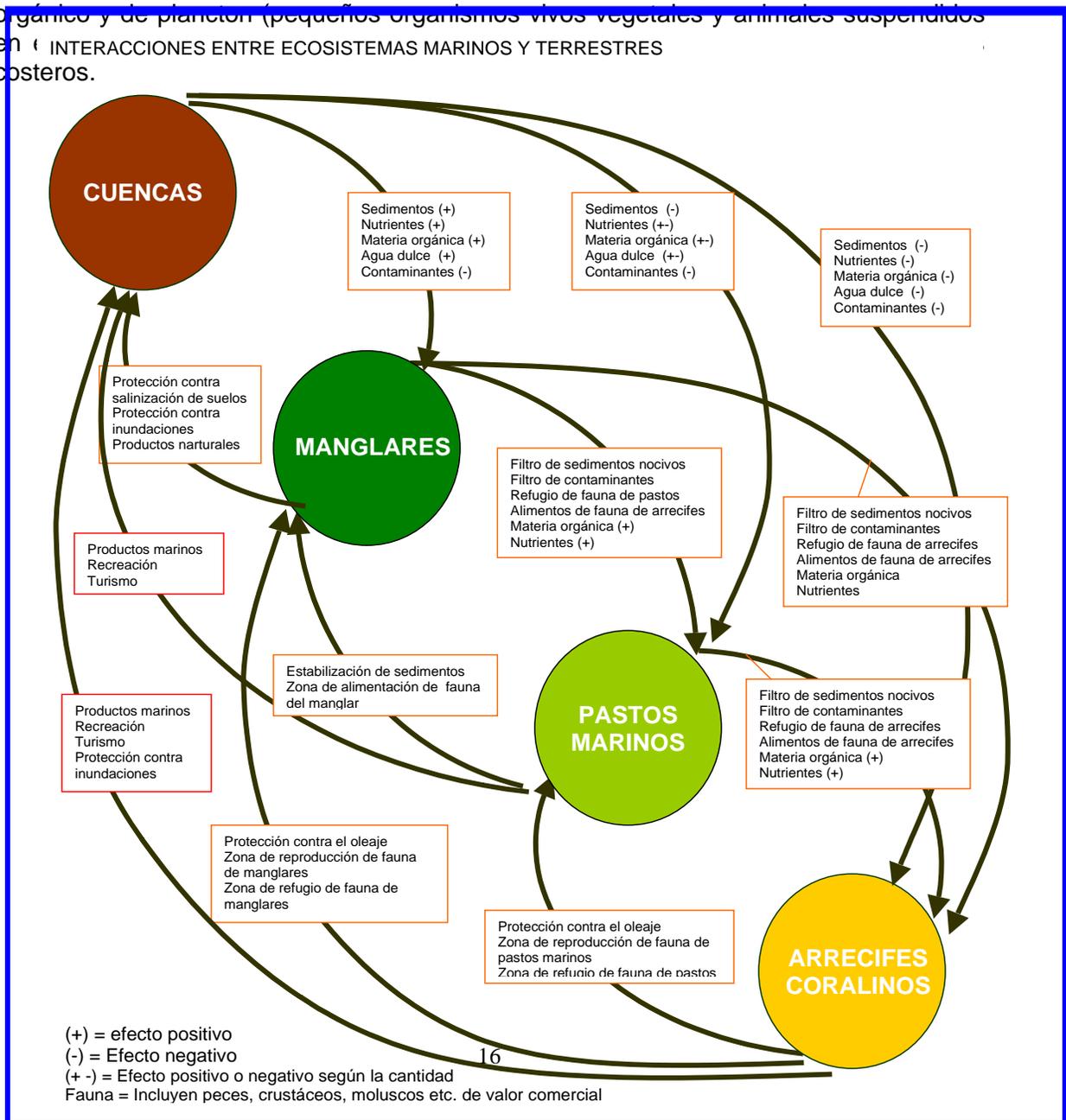
rapidez con que se imponen (que impide una evolución adaptativa), su intensidad, su frecuencia, o combinaciones de estas características.

RELACIÓN CON OTROS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

Los arrecifes coralinos mantienen, como regla, una marcada interdependencia con los demás ecosistemas marinos y costeros. Ellos constituyen verdaderas barreras protectoras contra el oleaje para muchos manglares, pastos marinos (en Cuba conocidos como seibadales cuando la hierba dominante es *Thalassia testudinum*), playas y otros tipos de costas, incluyendo ecosistemas urbanos, agrícolas, industriales o mixtos.

Muchas especies de los arrecifes pasan su vida o etapas haciendo uso (como zonas de refugio, alimentación o reproducción) de algunos de esos ecosistemas y viceversa. De este modo se produce un fuerte intercambio de materia y energía entre ellos. Ejemplo de este intercambio es el ya mencionado, de los peces de arrecifes que van a alimentarse a otros ecosistemas vecinos y, al regresar, defecan en el arrecife, lo que constituye una entrada de materia orgánica importante para la red alimentaria y la productividad local. La materia orgánica también puede llegar a manera de detrito orgánico y de plancton (pequeños organismos vivos vegetales y animales suspendidos

en el agua). Este intercambio de materia y energía se produce en las INTERACCIONES ENTRE ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES COSTEROS.



Los manglares y los pastos marinos retienen sedimentos contaminantes y nutrientes que arrastran las lluvias, de manera que mantienen limpia y con mejor calidad el agua que llega a los arrecifes, y brindan alimentos a numerosos animales arrecifales, así como refugio a juveniles de muchos de ellos.

Por otro lado, lo que ocurre en tierra adentro es decisivo para los arrecifes ya que de ésta van a parar al mar, por medio de los ríos y el escurrimiento, agua dulce, sedimentos, nutrientes, materia orgánica y contaminantes. Es por ello de vital importancia proteger la vegetación de las riberas de los ríos y cuencas, ya que actúan como verdaderos filtros igual que los manglares. Generalmente se recomienda conservar no menos de 30 m de ancho de bosques a lo largo de las riberas como “franjas hidroreguladoras”. Por otra parte las decisiones de desarrollo y conservación que toma el hombre desde tierra firme, pueden tener un impacto importante negativo o positivo sobre los arrecifes de coral.

Es preciso tener en cuenta esta gran interacción a la hora de explotar los recursos de esos ecosistemas, pues lo que afecta a uno perjudica a los otros. Esta manera racional de administrar el uso de los recursos naturales forma parte del Manejo Integrado Costero. Este tipo de manejo es recomendado en la *Agenda 21* de la *Cumbre sobre el Medio Ambiente* de Río de Janeiro en 1992, documento de gran importancia para avanzar hacia el desarrollo económico, social y ecológicamente sostenible.

FACTORES QUE AFECTAN A LOS ARRECIFES

Como ya se dijo, la existencia de arrecifes responde a un delicado balance entre el crecimiento de los corales pétreos y el de las algas, que en condiciones normales favorece a los primeros. Por este motivo la contaminación orgánica (que produce exceso de nutrientes minerales) es tan nociva para este ecosistema. La fertilización excesiva (nutricación) del agua producida por la agricultura, albañales, procesadoras de alimentos, criaderos de ganado, etcétera trae consigo una nociva proliferación de algunas algas y una consecuente disminución progresiva de la cobertura coralina del fondo. Se ha probado que el exceso de fosfatos afecta el crecimiento de algunos corales.

Proliferación de algas y animales competidores por el sustrato

El crecimiento exuberante de algas conduce a un acelerado cubrimiento del sustrato duro disponible, impidiendo la fijación de las larvas de los corales, y afectan también a los corales ya existentes mediante sofocación (anoxia nocturna), daño mecánico (abofeteo) e interferencia en la captación de la luz. Naturalmente, los corales jóvenes son los más afectados y, una vez muertos, se convierten en sustrato duro disponible, no para otros corales, sino para las algas que siendo ya abundantes generan más elementos reproductivos y tienen ventaja competitiva en la ocupación del espacio. Además suelen ocupar ventajosamente el fondo, por ser filtradores de plancton, las esponjas, corales blandos incrustantes llamados zoantídeos (por ejemplo, *Palythoa caribbea*), el octocoral incrustante *Erythropodium caribbaeorum* y la ascidia colonial también incrustante *Trididemnum solidum*.

Fertilización excesiva del agua

La fertilización excesiva (nutricación) también perjudica a los arrecifes al disminuir los niveles de iluminación a causa de la proliferación del fitoplancton (plancton vegetal mayormente compuesto por especies microscópicas). Esto induce un cambio en el patrón de zonificación (distribución) de los corales en relación con la profundidad bajo la acción de los cambios en la intensidad luminosa. Esto último además reduce la velocidad de crecimiento de los corales.

Disminución de poblaciones de herbívoros

Otro factor dañino, por favorecer la proliferación de algas, es la eliminación o disminución de las poblaciones de especies herbívoras por sobrepesca o epidemias masivas. La pandemia que causó la virtual desaparición del erizo negro de espinas largas *Diadema antillarum* en prácticamente todo el Caribe a partir de 1983 hasta 1985, inclusive, es un ejemplo elocuente. De ello no escapó Cuba. En parte, a consecuencia del disturbio, las algas han estado desplazando a los corales de varios arrecifes Del Gran Caribe, incluido nuestro país. En la actualidad, todavía no se han alcanzado los niveles de recuperación equiparables con los de antes de la mortalidad masiva, excepto en áreas muy localizadas como el arrecife de Cayo Diego Pérez, y del Canal de las Mulatas. Afortunadamente, parece haber una tendencia general en el Gran Caribe a un incremento paulatino de sus poblaciones. Se sospecha que la causa de esa enfermedad es un agente patógeno que alcanzó la zona del Caribe a través del Canal de Panamá, ya que los primeros arrecifes afectados fueron los de ese país. Otra hipótesis plantea que llegó con los polvos arrastrados por el viento desde el desierto del Sahara.

La sobrepesca de peces herbívoros tales como los escáridos (loros) y acantúridos (barberos) ha producido una explosión de algas en los arrecifes de varios países del

Caribe como Jamaica. En este país la situación se ve agravada por la mencionada mortalidad del erizo negro y por el efecto fertilizador de la contaminación orgánica.

Disminución de poblaciones de carnívoros

Por otra parte, la disminución de especies carnívoras (tiburones, barracudas, meros, pargos, langostas y pulpos) favorece la proliferación de especies que depredan o raspan los corales, que en exceso pueden rebasar la capacidad de recuperarse de estos. Entre los depredadores tenemos, por ejemplo, el molusco gasterópodo (caracol) *Coralliophylla spp.*, el gusano de fuego *Hermodice carunculata*, algunos peces loros que se alimentan de corales duros, y el caracol cinturita *Cyphoma gibbosum* que se alimenta de gorgonias. Entre los raspadores tenemos varias especies de chopitas. El propio erizo negro *Diadema antillarum* en cantidades excesivas puede ser perjudicial pues al vivir raspando el fondo para alimentarse, depreda a los corales más pequeños y otros organismo también diminutos, de forma indiscriminada.

Como se ha visto, una variación de la abundancia del erizo negro puede tener resultados muy diferentes según el sentido en que esta ocurra. Realmente, el efecto de la disminución o aumento de la población de una especie sobre el resto de los organismos puede resultar impredecible debido a la complejidad de las redes alimentarias y de otros tipos de interacciones biológicas incluidas las impuestas por el hombre.

Sedimentación

La sedimentación es otro enemigo mortal de los arrecifes cuando sobrepasa la capacidad de los corales de quitarse de encima los sedimentos. El gasto de energía que implica la producción del moco o mucílago que se emplea en la remoción de los sedimentos va en detrimento de la velocidad de crecimiento y reproducción del coral. Este factor también afecta su alimentación y respiración al obligar a los pólipos a mantenerse retraídos. Este es uno de los disturbios más ampliamente distribuidos e intensos, entre los producidos por el hombre. Son incontables las pruebas existentes sobre destrucciones de arrecifes a causa de la sedimentación inducida por la deforestación de manglares y de bosques de tierra adentro, dragados, alimentación artificial de playas, construcciones costeras y explosiones en prácticas militares.

Contaminación por sustancias tóxicas

No debe dejarse de mencionar el daño que produce la contaminación por sustancias tóxicas como pesticidas, herbicidas, ácidos, metales pesados, petróleo y sus derivados, etcétera, sobre la fisiología, reproducción, crecimiento y supervivencia de los organismos del arrecife.

En varios países, pescadores inescrupulosos, o muy presionados por la necesidad de subsistencia, usan venenos para pescar (cloro, rotenona, cianuro, quinaldina, etc.). En 15 países se ha registrado el uso ilegal de cianuro con este propósito.

Contaminación térmica

Las salidas de aguas muy calentadas de los sistemas de enfriamiento de industrias como las termoeléctricas causan mortalidades masivas de corales y otros organismos en los arrecifes cercanos.

Daño mecánico

El daño mecánico a los arrecifes es también muy común. Ejemplos de ello son los encallamientos de embarcaciones; fragmentación, desprendimientos y lastimaduras

causados por anclas, propelas, explosiones, y actividades subacuáticas típicas de zonas turísticas; y las extracciones de organismos por parte de aficionados al mar, colectores de piezas de adorno o souvenir, y colectores con fines lucrativos. En algunos países, como Las Islas Maldivas, se comete el grave error de utilizar los corales como material de construcción. Los arrecifes dañados por esta actividad minera no se han recuperado al cabo de 30 años. En otros, como Filipinas, se utilizan ilegalmente explosivos (dinamita) para pescar. Alrededor de 40 países tienen problemas con el uso de dinamita con fines pesqueros. El uso de chinchorros sobre arrecifes y la destrucción deliberada de corales con mandarrias o barretas para facilitar la captura son también prácticas pesqueras muy nocivas.

Enfermedades

Igualmente afectan a los arrecifes coralinos diferentes enfermedades que atacan a los corales pétreos, como el ya referido “blanqueamiento de corales”, la “banda negra”, la “banda blanca”, la “viruela blanca”, la “plaga blanca” y otras más.

El blanqueamiento de los corales afecta a prácticamente todas las especies produciendo desteñimiento parcial o total que puede dejar la parte afectada completamente blanca. El coral puede morir o recuperarse. Los corales blanqueados pueden recuperarse, a no ser que las condiciones de calentamiento del agua duren muchas semanas. Afortunadamente, algunos investigadores han encontrado indicios de que los corales que sufren blanqueamiento, si sobreviven, se hacen más resistentes a sufrir blanqueamientos posteriores, requiriéndose temperaturas más altas o más tiempo de calentamiento para que eso les vuelva a ocurrir. Esto último necesita una investigación profunda para que sea concluyente.

Esta enfermedad se manifiesta por la pérdida o expulsión masiva de las zooxantelas simbiotes, a causa de factores de estrés como incremento de la temperatura, rayos ultravioletas, sedimentación, y bajas salinidades. Los eventos masivos recientes de blanqueamiento de corales se atribuyen sobre todo a incrementos sostenidos o marcados de temperatura (anormalmente elevada y prolongada en verano) generalmente asociados a los eventos de “El Niño”. El efecto de las altas temperaturas se refuerza si después de largos períodos con aguas turbias o agitadas de pronto sigue una temporada de aguas tranquilas, transparentes, y escasa nubosidad (que permiten una fuerte iluminación del fondo). Ello se explicaría porque al estar las aguas turbias o agitadas, y por lo tanto con iluminación disminuida en el fondo, se produce, como compensación, un aumento de la cantidad de zooxantelas y de clorofila dentro de éstas, lo que incrementa la intensidad de la fotosíntesis. Luego, al aumentar de pronto la intensidad luminosa y la temperatura, este alto nivel de fotosíntesis se intensifica aún más y se hace nocivo por el exceso de producción de oxígeno, lo que intoxica al coral. Esto último parece suceder sólo bajo condiciones de temperaturas inusualmente altas. Algunos científicos piensan que el exceso de oxígeno desintegra el tejido de la superficie del coral y el movimiento del agua va desprendiendo las zooxantelas con la consecuente decoloración. Otros añaden la hipótesis de que ocurra una expulsión activa de las algas. Los mayores eventos de blanqueamiento en la región del Gran Caribe ocurrieron entre 1987 y 1991, en 1995, 1997 y 1998 (el más fuerte), todos en períodos avanzados del verano.

La banda negra, que más adelante se verá con más detalle, ataca principalmente a los corales masivos y es producida por una mezcla de una cianofícea que infecta a las colonias dañadas y bacterias. Esta enfermedad se manifiesta, como su nombre lo dice, a manera de una banda negra estrecha que delimita la parte sana de la colonia de la muerta que queda blanqueada y va siendo colonizada por algas y cubierta por sedimentos.

La banda blanca afecta a los corales ramificados del género *Acropora* como el "orejón" (*Acropora palmata*) y los "tarritos de venado" (*Acropora cervicornis* y *Acropora prolifera*) que empieza desde la base o algún lugar de las ramas y avanza hacia arriba. Esta enfermedad es causada por bacterias.

La viruela blanca ataca sólo las acroporas y aparece como manchas blancas dispersas que crecen con el tiempo. Otra enfermedad, llamada plaga blanca, se distingue porque ataca a corales masivos o incrustantes, y no a las acroporas. El borde de la parte enferma es muy nítido y contrastante. Ambas son causadas también por bacterias.

Más adelante se brindarán descripciones y detalles sobre éstas y otras enfermedades.

Rayos ultravioletas

Un incremento de la intensidad de los rayos ultravioletas como resultado del adelgazamiento de la capa de ozono quizás no afecte mucho a los corales adultos ya que estos se adaptan intensificando su pigmentación, pero sus larvas sí serían afectadas al igual que las de otros organismos del arrecife. Existe aún controversia sobre la posible influencia de los rayos ultravioletas sobre el blanqueamiento de los corales.

ASPECTOS CLAVES PARA LA PROTECCIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS ARRECIFES CORALINOS

Los arrecifes coralinos son ecosistemas que sustentan la mayor diversidad biológica marina y constituyen un importante recurso económico, social, ecológico, conservacionista y docente. El estado de declinación en que se encuentran muchos arrecifes del Gran Caribe es un hecho de amplio dominio público en el mundo. Cuba, aunque menos afectada que muchos sitios del Caribe, no escapa de esa situación. Según estimaciones publicadas, en el Gran Caribe aproximadamente 70% de los arrecifes están en declinación y sólo 30 % comparativamente en buen estado. Se prevé que al cabo de dos generaciones humanas dos tercios de los arrecifes estarán muy devastados.

Por estas razones, se requiere un enorme esfuerzo de manejo, investigación y monitoreo para mitigar en lo posible esta crítica situación. En este acápite se abordan y reiteran de manera breve algunos aspectos que se consideran claves para el manejo y mejor uso de los arrecifes coralinos.

ASPECTOS CLAVES

Balance competitivo en la existencia de los arrecifes

Como ya se dijo, los arrecifes coralinos se sustentan en un delicado balance competitivo entre el desarrollo de las algas que pugnan por ganar espacio y el de los corales duros que construyen las armazones de los arrecifes coralinos. En este balance han jugado un papel preponderante:

- La intensidad del herbivorismo, necesario para el control de las algas, que es practicado principalmente por el erizo negro de espinas largas (llamado *Diadema antillarum*) y los conocidos peces loros y barberos.
- La disponibilidad de nutrientes de nitrógeno y fósforo que al ser fertilizantes, favorecen el desarrollo de algunas algas competidoras (por ejemplo, algas verdes Ulvales).
- La complejidad estructural del relieve, que al brindar refugio, permite la existencia de muchos herbívoros controladores de algas, así como carnívoros importantes que controlan a los animales que comen o raspan corales

Recientemente han irrumpido, a favor de las algas, las presiones y daños del hombre, y el cambio climático que trae consigo el calentamiento del agua y varias enfermedades que han reducido de forma substancial las poblaciones de corales duros, del erizo herbívoro *Diadema antillarum*, y de los abanicos de mar, entre otros animales.

Las actividades de investigación, protección y uso sostenible de los arrecifes deben considerar de qué manera se modifican, se comportan o cómo afectan al arrecife esos elementos del balance mencionado.

Factores mundiales, regionales y locales

Los arrecifes en muchos casos están fuertemente interconectados, a través del mar, por procesos físicos y biológicos que tienen lugar a escalas temporales y espaciales diferentes, por lo que es importante mantener un enfoque regional, en el contexto del Gran Caribe, para comprender sus características y dinámica, así como para un manejo y cuidado enfocado más allá de las fronteras nacionales. Entre estos procesos pueden mencionarse como ejemplos las migraciones de especies como tortugas; y el transporte de larvas y juveniles de peces, crustáceos y otros animales y plantas

marinas, de enfermedades, de contaminantes y de nutrientes inorgánicos que favorecen a algunas algas.

Los arrecifes coralinos están gobernados por procesos físicos y biológicos que también operan en amplias escalas de espacio y tiempo. Estos ecosistemas presentan, en mayor o menor grado, degradación por una combinación de factores mundiales y regionales (dispersión transoceánica de enfermedades de origen microbiano, calentamiento del agua, ciclones, disminución de la velocidad de las corrientes) y factores locales de origen humano (como contaminación, sobrepesca, sedimentación, daño mecánico, etcétera). Por ello, cualquier enfoque de uso, protección o investigación debe contemplar un enfoque a multi-escala (mundial + regional + local).

Contaminación orgánica y por nutrientes inorgánicos

Ya se comentó que para los arrecifes caribeños existen evidencias de que el fósforo es determinante para el crecimiento excesivo de algas. Se plantea que el umbral crítico de concentración de fósforo total en el agua de los efluentes de industrias y asentamientos humanos, para asegurar la sostenibilidad de los arrecifes, es aproximadamente de sólo 0.1 a 0.2 $\mu\text{mol/L}$ (micromoles por litro), y el de nitrógeno total, 1.0 $\mu\text{mol/L}$. Se ha demostrado que en los efluentes tratados serían necesarios valores de dilución extremadamente altos y poco realistas, y tratamientos de eliminación de fósforo y nitrógeno más eficientes que los posibles con la tecnología actual.

Las lagunas de oxidación, como vía de tratamiento de las aguas usadas, sólo descomponen los residuales orgánicos y no eliminan el fósforo ni el nitrógeno que aún en pequeño exceso dañan a los arrecifes sobre todo cuando escasean los herbívoros. Al parecer, la única alternativa que parece realista para dar solución efectiva a largo plazo al problema es según expertos, no descargar efluentes en las áreas costeras con arrecifes cercanos, sino reutilizar las aguas residuales tratadas para la irrigación u otros propósitos como su uso en inodoros, limpieza, lavandería, etcétera.

La práctica de verter aguas residuales en pozos profundos de suelos cársicos es muy peligrosa ya que pueden existir conexiones subterráneas con el fondo del mar por las que los contaminantes pueden llegar al arrecife coralino.

Otra fuente de contaminación por nutrientes puede ser la liberación de éstos al ser levantados los sedimentos del fondo por los dragados y por la turbulencia inducida por las propelas de embarcaciones. Una vez suspendidos en el seno del agua, los nutrientes y materia orgánica antes atrapados en el fondo pueden ser transportados por las corrientes hacia los arrecifes a grandes distancias.

Pesca en los arrecifes de uso turístico

La pesca en arrecifes causa los siguientes problemas:

- Disminuye el atractivo de los arrecifes por reducir el número, variedad y tamaño de los peces;
- Produce reacción de huida de los peces ante el turista (peces ariscos); y
- Altera el balance de la red alimentaria. Por ejemplo, se produce proliferación excesiva de algas si disminuyen los peces herbívoros. Por otra parte, la disminución de los organismos carnívoros (pulpos, langostas, meros, chernas, pargos, pez perro, tiburones y barracudas) puede producir, como ya se sabe, un aumento de la abundancia de especies depredadoras o raspadoras de corales.

Es muy importante llevar a cabo un manejo con una efectiva prohibición de la extracción de peces, pulpos y langostas en las áreas de turismo de buceo donde una fauna exuberante y con animales grandes es clave para atraer clientes. Esto se basa

en que los peces y otros animales grandes, además de atraer más la atención al pescador, constituyen sólo un porcentaje pequeño de sus poblaciones. Con un poco que se permita pescar, éstos son los primeros en desaparecer en detrimento del negocio turístico y de la propia salud del arrecife. Cuando el manejo se lleva a cabo a medias, el resultado es igual que si no hubiera manejo alguno. Niveles bajos de pesca pueden ser suficientes para anular los beneficios del cierre a la pesca en áreas destinadas al turismo y a áreas protegidas estrictas.

Por otra parte, se ha demostrado que las zonas donde no se pesca sirven de efectivos focos reproductores para abastecer con nuevos peces y otros organismos las áreas que se dedican a la pesca.

Sobrepesca en áreas de pesca

El efecto de sobrepesca va más allá de las consecuencias planteadas para la pesca en áreas de uso turístico. Ésta trae consigo no solo la degradación de los arrecifes al alterarse el balance trófico, sino también la pérdida de los propios recursos pesqueros que afectan la economía del país.

Enfermedades

Algunas de las enfermedades que afectan a organismos de los arrecifes por lo general tienen una acción a escala regional, e incluso mundial, y por tanto su control escapa a las acciones locales y requieren soluciones a escala regional o planetaria. La mortalidad masiva del erizo negro y las enfermedades infecciosas de corales han tenido un alcance regional en el Gran Caribe, mientras que el blanqueamiento masivo de corales suele estar asociado con el fenómeno “El Niño” o “La Niña” cuyas escalas espaciales son mucho más amplias, llegando a ser mundiales. La “aspergilosis” o carcoma de los abanicos de mar, es una enfermedad ampliamente distribuida en el Gran Caribe y en Cuba. Hay algunas evidencias de que la misma tiene su origen en el transporte del hongo *Aspergillus sydowii* en los polvos de las tormentas del desierto Sahara que son arrastrados en grandes cantidades por el viento hacia el Caribe a través del Océano Atlántico. Es impresionante que ello pueda ser verdad.

Deforestación y erosión

La deforestación es la causa principal de daño por sedimentación a los corales en grandes extensiones del Gran Caribe y en alrededor del 20% al 30% de los arrecifes de Cuba. Además, la erosión derivada de la deforestación aporta nutrientes en exceso que, como se ha visto, afectan a los arrecifes a través de la proliferación de algunos tipos de algas.

Según expertos, sobre el Gran Caribe caen cientos de millones de toneladas de polvo del Sahara. La erosión costera pudiera contribuir al deterioro de los arrecifes si es cierto que ese polvo: (a) es el portador del hongo mencionado y de otros microorganismos patógenos para los corales duros, (b) contiene gran cantidad de hierro que pudiera acelerar la producción y desatar la virulencia de bacterias marinas que normalmente no son patógenas, y (c) está cargado de nutrientes de nitrógeno y fósforo. Esos polvos se acumulan más en las tierras emergidas y con el arrastre pudieran alcanzar las áreas de arrecifes más cercanas. De este modo, la caída de polvo directamente sobre el mar no sería la única vía de entrada de éste a los arrecifes.

Los rellenos de tierra para la construcción de infraestructuras turísticas (hoteles y otras instalaciones) cerca de las playas, constituyen una amenaza para los arrecifes cercanos. Estos rellenos pueden ser fuertemente erosionados y lavados por eventos extremos como los huracanes, y a largo plazo por el incremento del nivel del mar.

El aumento de la erosión no solo se debe a acciones humanas locales sino también a fenómenos que tienen lugar a escala mundial como la elevación del nivel del mar, y quizás también a probables, pero muy discutidos, incrementos futuros en el número e intensidad de las tormentas tropicales con las fuertes lluvias que acarrearán.

Uso de anclas

Debe prohibirse el uso de anclas en arrecifes ya que causan grandes destrozos que demoran años en repararse y que degradan el paisaje submarino. Deben utilizarse las llamadas boyas de amarre (*mooring buoys*). También hay que evitar el uso de anclas de gran tamaño en los pastos marinos, ya que producen “heridas” que se agrandan con las corrientes y el oleaje fuerte durante tormentas y ciclones. Recordemos que estos pastos marinos son importantes como protección de los arrecifes coralinos al atrapar sedimentos, como refugio y fuente de alimento de gran cantidad de fauna de los arrecifes aledaños, y principalmente por ser áreas de cría de peces, incluidas especies comerciales.

Daños por embarcaciones.

Deben ejecutarse, y en su defecto establecerse, regulaciones de navegación (tipos de embarcación, rutas y velocidades) para evitar los daños mecánicos producidos por embarcaciones en arrecifes de escasa profundidad, ya sea por las quillas o las propelas.

Capacidad de carga de buceo turístico

Diversos especialistas a partir de investigaciones en Bonaire, Islas Vírgenes, Gran Caimán, Egipto y Australia sugieren que los arrecifes pueden soportar de forma sostenible alrededor de 4,000 a 6,000 buceadores al año por punto de buceo (11 a 14 buceadores por día por sitio). Para esta cantidad de turistas se requiere la compañía obligada de 2 guías de buceo. Esta cifra es aconsejable para comenzar. Un monitoreo sistemático permitiría conocer si pueden ser aumentadas o deben ser disminuidas esas cantidades. Este estándar presupone que los visitantes tengan control sobre su flotabilidad, así como que cumplan las normas de buceo y adquieran algunos conocimientos pertinentes sobre los arrecifes, que se imparten brevemente por los guías antes de ir al agua. Los visitantes no deberán usar zapatillas ni guantes, y si se trata de buceo de *snorkeling*, llevarán puestos chalecos flotadores para evitar que puedan sumergirse y dañar los corales. Se prefiere no permitir el buceo en profundidades donde los visitantes “den pie” y usar patas de rana con talón descubierto. Debe evitarse que la consola y otros aditamentos del acualón cuelguen y golpeen los corales y otros organismos.

Patrón de recorrido de los turistas en los arrecifes

A diferencia de lo que ocurre en el medio terrestre, los senderos interpretativos fijos pueden ser nocivos en los arrecifes, según Kalli de Meyer, exdirectora del Parque Marino de Bonaire (STINAPA), y otros expertos. Los visitantes, al bucear repetidamente por las mismas rutas y al detenerse a leer los rótulos, levantan sedimentos y golpean los corales y otros organismos, y el sendero se deteriora rápidamente. Lo recomendable es realizar la actividad demostrativa en el centro de visitantes o en la embarcación (videos, láminas, diapositivas, material de exposición, maquetas, etc.) antes de ir al agua, y visitar sitios de forma dispersa, y con recorridos variables y rotativos, o sea evitando ir repetidamente por las mismas rutas de accesos a menos que sean suficiente profundas y los buzos nadan bien separados del fondo.

Acciones posibles para la recuperación de los erizos *Diadema antillarum*

Si bien han existido algunas iniciativas dirigidas a la reproducción y liberación artificial de erizos negros *Diadema antillarum*, éstas pueden ser muy costosas y quizás tener efectos a escalas espaciales muy limitadas.

Otra alternativa sería llevar a cabo de manera experimental la agrupación artificial de erizos en áreas propicias para su desarrollo que pudieran ser puntos de buceo donde se quiera incluso mejorar la ecología y belleza del arrecife. Esto tendría como objetivo favorecer el encuentro de los gametos (células sexuales) liberados en el agua, ya que la gran escasez de erizos limita la probabilidad de encuentro de dichos gametos y por lo tanto de la fecundación. Con esa agrupación artificial de erizos, las larvas que sobrevivan deberán contribuir a la repoblación de áreas fuera del arrecife en cuestión, pero si esta acción se hace en varios puntos del país pudiera propiciarse la recuperación generalizada de esta especie clave. Para ello pudieran seleccionarse zonas de arrecifes de áreas protegidas y de sitios de turismo de buceo, donde su personal dedique una parte de su tiempo a la recolección de erizos muy aislados y su incorporación a las “áreas de reproducción” que a su vez sean puntos de buceo. Se recomienda una densidad de uno o dos erizos por metro cuadrado. Al introducir los erizos, es conveniente eliminar a mano las algas grandes, pues ellos raspan las algas solo cuando son pequeñas, no dejándolas crecer. Esta faena puede ser apoyada por voluntarios. Las áreas de concentración deberán verse inmediatamente beneficiadas al controlarse la proliferación excesiva de algas por los erizos introducidos y permitirse de esta manera un mejor desarrollo de los corales. Además, sería una experiencia interesante de rehabilitación local que puede ser de interés y atractiva para muchos turistas y algunos medios de difusión.

Evaluaciones y monitoreo de arrecifes

En el Gran Caribe operan varias iniciativas o programas dedicados a la evaluación y monitoreo del estado de salud de los arrecifes coralinos. Estos tienen características y objetivos diferentes y complementarios, son en orden de simplicidad creciente los siguientes:

- Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN): No es rápido y es sólo para profesionales.
- Caribbean Marine and Coastal Community Productivity (CARICOMP): No es rápido y es también para profesionales. Se lleva a cabo de forma repetida en el tiempo. En este proyecto participó inicialmente el instituto de Oceanología y actualmente es ejecutado por el Centro de investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC) de Cayo Coco.
- Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA): Rápido; es para profesionales. Este método está siendo ampliamente aplicado por el instituto de Oceanología y el Acuario Nacional, y será empleado como método de monitoreo por los laboratorios creados por el Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey en cinco provincias (Matanzas, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey). Ya se han evaluado amplias zonas de arrecifes de Cuba con este método.
- ReefCheck: Rápido y sencillo, para buzos y pobladores locales voluntarios. Este método está siendo introducido en Cuba por el Centro de Investigaciones Marinas (CIM) de la Universidad de la Habana, la organización Sibarimar de Pronaturaleza, y algunas áreas protegidas.
- RECON (que viene de Reef Condition): Es más rápido y sencillo que el anterior; y también es para buzos y para aficionados voluntarios. Este método ha sido

introducido y expandido en Cuba por el Centro de Investigaciones Marinas (CIM) de la Universidad de la Habana.

- En Cuba estamos implementando la Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos, que empezó a escala piloto en el 2002 con la iniciativa y participación de Cubanacán Náutica y el Instituto de Oceanología a través del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey. Es el medio más sencillo y rápido de todos que puede aplicarse con la simple observación durante el trabajo cotidiano con los turistas. Permite reportes a tiempo real para alerta temprana.

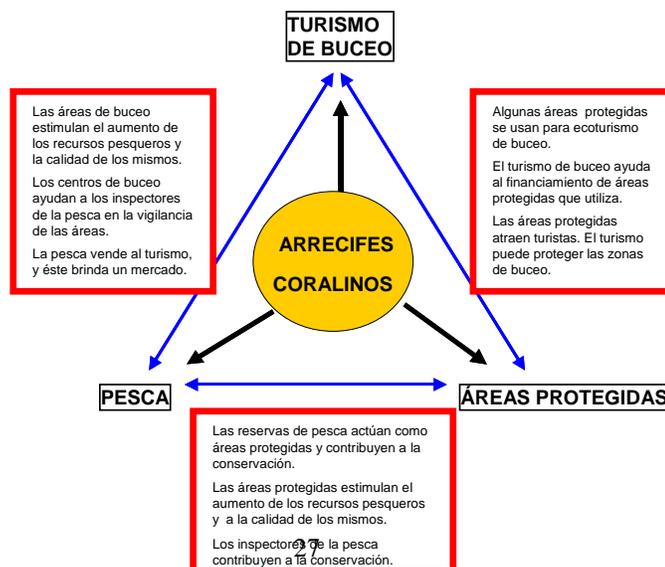
La obtención de información de esas y otras fuentes, dentro del marco de un sistema de observación nacional (como la Red de Voluntarios de Alerta Temprana que estamos iniciando con el MINTUR y Cubanacán Náutica como pionero) y uno regional como los de IOCARIBE/GOOS y ReefBase de ICRI (Iniciativa Internacional de Arrecifes Coralinos) e ICRAN (Red Internacional de Acción en Arrecifes Coralinos), contribuiría al conocimiento de la evolución, la protección y el uso sostenible de los arrecifes coralinos del Atlántico tropical. Para el monitoreo de esa región es vital el apoyo de sensores remotos satelitales y equipos registradores automáticos *in situ*, algunos de cuyos datos ya empiezan a estar disponibles gratuitamente en sitios de Internet desde hace unos años.

Manejo Integrado Costero y Comanejo

El Manejo Integrado Costero y el Comanejo son considerados como las base sobre las cuales todas las acciones de protección y uso sostenible de los arrecifes deben erigirse. Estos enfoques son promovidos y apoyados por el Grupo Nacional de Costas de la Dirección de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), y el Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey ha sido una efectiva herramienta de promoción y facilitación.

Brevemente, el Manejo Integrado Costero se basa en el planeamiento y la toma de decisiones sobre el desarrollo de la zona costera de forma interecosistémica, intersectorial, interdisciplinaria, transterritorial, transparente y con amplia participación de la comunidad, tomando en cuenta toda la mejor información científica y cultural acumulada y en desarrollo. El comanejo se sustenta en la armonía y la cooperación vertical (entre niveles de gobierno) de abajo a arriba y de arriba abajo en todo lo relacionado con el uso y protección de los recursos, y en la cooperación y solución de conflictos entre usuarios (cooperación horizontal).

El esquema que sigue muestra tres actividades importantes que hacen uso de los arrecifes.



Educación, información, sensibilización y participación comunitaria

Este aspecto no por ser el último es el menos importante. Por el contrario, tiene carácter prioritario. Sin ello, es prácticamente imposible aplicar las recomendaciones discutidas y lograr un sentimiento de pertenencia a las causas del desarrollo sostenible y la conservación del patrimonio natural del hombre como sustento de la vida misma. Por la gran urgencia de la problemática de los arrecifes, debe involucrarse a los adultos, incluyendo sin falta a los que toman decisiones. Para un mejor futuro, deben educarse niños y jóvenes por vías formales e informales.

Medidas para la protección de los arrecifes coralinos

A continuación se brindan lineamientos generales de manejo para la conservación de arrecifes coralinos, de los cuales gran parte provienen de una investigación del Instituto de Oceanología (finalizada en el 2000) con financiamiento del Programa Nacional Científico Técnico de Cambio Climático, y de aportes del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey:

- Construir siempre detrás de la duna activa de la playa para evitar la erosión y que a causa de ello lleguen sedimentos a los arrecifes cercanos.
- No construir hoteles, marinas y asentamientos humanos en lugares cercanos a los arrecifes coralinos para evitar riesgos de contaminación y de extracción de organismos.
- Proteger las lagunas costeras como cuencas receptoras de inundaciones (no rellenarlas). Estas lagunas pueden evitar o disminuir la llegada brusca y abundante de sedimentos y contaminantes a los arrecifes durante eventos extremos de precipitaciones u oleaje. El material de relleno puede pasar al mar durante dichos eventos extremos, o a largo plazo, con el incremento del nivel del mar.
- Proteger la vegetación costera para evitar la erosión, y así la llegada de sedimentos a los arrecifes cercanos.
- Proteger la vegetación de la orilla de los ríos (vegetación riparia) y de las laderas de las montañas ya que sirve de filtro que retiene contaminantes y sedimentos que pueden llegar a los arrecifes por medio de dichos ríos o por escurrimiento a lo largo de la costa.
- Dar prioridad a la reforestación de las orillas de los ríos y de las costas de manglares afectadas, ya que ello puede realizarse de manera más expedita que la reforestación de amplias cuencas hidrográficas, y además constituyen las últimas fronteras tierra-agua.
- No desviar cursos de agua (ríos, canales, arroyos, escorrentía) hacia lugares donde hayan arrecifes cercanos.
- Proteger a los campos de cultivo de la erosión de sus suelos, mediante técnicas productivas adecuadas, ya que sus sedimentos pueden ir a parar a los arrecifes vecinos.
- Evitar dragar donde el sedimento o los nutrientes almacenados en el fondo puedan ir a parar a los arrecifes cercanos. Ese efecto puede alcanzar gran distancia cuando los sedimentos son muy finos o poseen mucha materia orgánica.

- Usar cortinas contra sedimentos durante las actividades de dragado, rellenos y construcciones; monitorear y regular la cantidad de sedimentos sin exceder del estándar permisible de menos de 5 miligramos por centímetro cuadrado por día.
- Aplicar tratamiento terciario a los residuales orgánicos y albañales, para disminuir la llegada de nutrientes a los arrecifes mientras no se logre el reciclado de las aguas usadas. Valorar el uso de humedales construidos como tratamiento terciario biológico, económico, más ajustable al paisaje y efectivo.
- No verter aguas residuales o no tratadas de forma terciaria, en casimbas o pozos del carso costero. Las aguas contaminadas o cargadas con nutrientes de N y P pueden tener salidas submarinas en los arrecifes.
- Si no queda más remedio que construir un emisario submarino, colocar las salidas de los albañales por debajo del nivel de la termoclina (profundidad en la que hay un brusco enfriamiento del agua y donde la capa de agua que se encuentra por encima se mezcla muy poco con la que está debajo). Es mejor optar por el reciclado máximo (y mejor aún total) de las aguas tratadas.
- Emplear artes de pesca no perjudiciales para el hábitat, cuotas pesqueras sostenibles, áreas protegidas de exclusión pesquera para recuperar recursos pesqueros en declinación o agotados (como áreas de reproducción o cría, o de protección de adultos), vedas estacionales reproductivas, licencias de pesca limitadas, ajustadas a las capacidades estimadas y monitoreadas de los ecosistemas, y prohibir la pesca con escopeta submarina en áreas protegidas o de buceo turístico. No pescar nada en áreas de buceo turístico, o en áreas protegidas que por su categoría así lo necesiten. Niveles bajos de pesca ilegal pueden ser suficientes para anular los beneficios de áreas cerradas. Por ello se debe ser muy estricto y prioritario para la conservación de la competitividad turística.
- Regular y controlar fuertemente la exportación de peces ornamentales, evitando su realización en áreas de buceo turístico y en áreas protegidas que por su categoría así lo establezca.
- Controlar o prohibir (según proceda) la extracción, venta y exportación de artículos hechos con material proveniente de especies escasas, en peligro o amenazadas (corales, careyes, gorgonias, cobos, quincontes, tritones, etcétera).
- Prohibir el uso de guantes o zapatillas de buceo, para evitar que se toquen o golpeen con las manos y los pies los corales u otros organismos del arrecife. Los turistas deben usar chaleco flotador para el *snorkeling*. Se recomienda en lo posible que no usen patas de rana o que éstas sean de talón descubierto para evitar que se paren sobre los corales.
- Ensayar medios para estimular la reproducción de especies herbívoras para controlar la proliferación de algas en los arrecifes. Ejemplo de ello pueden ser áreas de concentración artificial de erizos negros (*Diadema antillarum*) para facilitar la fecundación de los huevos liberados por éstos al agua. Para eso pueden incluirse áreas protegidas y de buceo turístico. En el último caso los erizos concentrados podrían también librar a los arrecifes del exceso de algas, lo que aumentaría su belleza y desarrollo. El trabajo puede ser realizado por personal de las áreas y por voluntarios
- Educar a los niños, adolescentes y tomadores de decisiones pertinentes sobre los valores, funciones y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros así como sobre el concepto de desarrollo sostenible.

- Evaluar y monitorear el estado de salud de los arrecifes y el impacto de las actividades económicas sobre ellos, para tomar las medidas pertinentes.
- Desplegar urgentemente sistemas de boyas de amarre en los arrecifes coralinos frecuentados por turistas y por pescadores para evitar los destrozos de las anclas.
- Exigir el requisito del documento de Evaluación de Impacto Ambiental para la aprobación de cualquier licencia de inversión que pueda dañar a los ecosistemas costeros y específicamente a los arrecifes.
- Lograr que las licencias ambientales no se den de forma puntual sino dentro de un contexto integral de planeamiento estratégico dentro de la zona de influencia del sitio de emplazamiento de la obra.
- Cumplir los límites de carga de turistas buceadores de acuerdo con las regulaciones vigentes (preferiblemente menos de 4,000 buceadores/sitio/año, como precaución), y monitorear para decidir si mantener, aumentar o reducir la carga.
- Evitar senderos interpretativos, como se conciben en el medio terrestre, de modo que los visitantes no buceen reiteradamente a lo largo de las mismas rutas en un mismo sitio de buceo. Cada sitio debe ser visitado con recorridos diferentes para que no se produzcan “caminos” de arrecife muerto o deteriorado. No poner rótulos submarinos, pues el intento de su lectura puede causar daños a los organismos cercanos. La información demostrativa debe darse al visitante antes de entrar al agua (por ejemplo, charla con video o diapositivas).
- Evitar el buceo cerca de corales blanqueados.
- Promover la experiencia de acuerdo multilateral entre el Ministerio de la Industria Pesquera y la Empresa Náutica una vez llamada Sweet-Puertosol como ejemplo de manejo integrado de arrecifes coralinos mutuamente provechoso y sostenible. La empresa turística, dedicada en gran parte al buceo en arrecifes, paga al Ministerio de la Industria Pesquera un valor superior a lo que obtendría este último por concepto de pesca en el lugar donde ya no se pesca. Al mismo tiempo la actividad turística de buceo se ve beneficiada competitivamente por la presencia de peces abundantes, de gran tamaño y menos ariscos ante la presencia humana. La actividad pesquera se beneficia también ya que el área no pescada se convierte en un reservorio de peces reproductores que garantiza una mayor abundancia de peces y estabilidad de las capturas en las áreas de pesca influenciada por la exportación de huevos, larvas, juveniles y adultos de dichos peces. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas a su vez se ve apoyado en el manejo del área por los propios operadores de turismo junto con los Inspectores de la Pesca.

Como un código personal de conducta de buceo en arrecifes, han de considerarse las reglas siguientes:

- No arrojar al mar basura, escombros, ni dejar abandonados en las costas ni en el fondo, nasas, redes, sogas y cordeles.
- No pararse sobre los corales.
- No sujetarse a los corales, esponjas y gorgonias, ni tocarlos. Evite golpearlos con las aletas y con otros accesorios de buceo (acualón, consola).
- No levantar los sedimentos del fondo al bucear cerca de corales. Para evitarlo, se debe bucear con cuidado y tratar de adquirir flotabilidad neutral con el chaleco de buceo.

- No arrojar anclas sobre los arrecifes. Utilizar boyas fijas de amarre si están disponibles o bucear con la embarcación a la deriva, o en caso extremo fondear sobre fondo arenoso sin vegetación.
- No coleccionar corales ni la fauna acompañante ya que todos ellos participan de algún modo en el balance ecológico del arrecife, y muchos son raros o están amenazados.
- No extraer conchas de moluscos vacías, fragmentos de corales muertos, ni esqueletos de gorgonias, pues sirven de refugio a numerosos animales y sus restos se reintegran al ciclo de la materia del mar.
- No verter sustancias tóxicas, ni lubricantes, ni combustible al mar. Algunas personas irresponsables emplean envenenamiento con sustancias químicas para pescar.
- No disparar arpones contra los corales u otro organismo que no sea su blanco racional o autorizadamente elegido. Limitar el uso de la escopeta submarina sólo donde ello esté explícitamente permitido y ajustándose a las cuotas establecidas.
- No emplear explosivos ni descargas eléctricas en el mar.
- Evitar golpear los arrecifes con la embarcación que utilice, y evitar rozarlos con la propela.
- No invitar a bucear en los arrecifes a personas no conocedoras de las reglas de buceo y sin pleno dominio de sus movimientos y flotabilidad.

ZONAS Y TIPOS DE FONDOS DEL ARRECIFE CORALINO

Los arrecifes coralinos se componen de varias zonas ecológicas con sus características particulares en cuanto a su estructura geológica, relieve, y comunidades que la habitan. Estas zonas se diferencian a causa de los distintos grados de iluminación, agitación del agua, sedimentación e inclinación del fondo, que en conjunto deciden qué grupos biológicos y especies van a estar presentes, cuales van a predominar, y que grado de desarrollo alcanzarán. No todas las zonas están presentes en todos los arrecifes ya que la geología y la dinámica de las aguas no son similares. Las zonas ecológicas de los arrecifes se enumeran y describen brevemente a continuación.

Ver esquema de un arrecife hipotético en la primera lámina.

CRESTA DEL ARRECIFE

Ésta es una extensión de relieve coralino marcadamente alargado y tan poco profundo que produce rompientes de olas que nuestros pescadores llaman restingas. Las crestas pueden estar formadas hasta por 3 zonas a manera de cinturones contiguos.

Zona de embate o de *Acropora palmata*

Esta zona es la parte delantera de la cresta, que recibe el primer impacto del oleaje. Algunos investigadores llaman cresta a esta zona. En ella suelen predominar el coral orejón *Acropora palmata*, y el coral de fuego *Millepora*. Los abanicos de mar suelen ser muy abundantes. Profundidad: Generalmente 0.5 – 3 m.

Meseta arrecifal

Esta zona ecológica está presente en crestas más desarrolladas y se encuentra detrás de la zona de embate. Como lo dice su nombre es una meseta de coral muerto consolidado, así como fragmentado. Cuando la roca base de la meseta no está muy a flor de agua, suele abundar el coral de fuego *Millepora complanata*: La meseta puede llegar a sobresalir del mar en mareas bajas. Por su carácter muy expuesto al oleaje y la luz intensa (y a veces al aire), hay comparativamente menor desarrollo de organismos fijos (corales, gorgonias, esponjas). Profundidad: Generalmente menos de 0.5 m.

Zona trasera o tras-arrecife

Es una franja protegida por las dos zonas anteriores que permite el desarrollo de promontorios de corales conocidos como cabezos cuando son pequeños, o arrecifes de parche cuando son grandes (más de 5 m de diámetro). También se destacan las gorgonias y las algas. El fondo cerca de la meseta tiende a ser rocoso y al alejarse se va haciendo arenoso, y llega en ocasiones a estar presente la hierba marina *Thalassia testudinum*. Suelen abundar fragmentos de coral muerto. A esta zona también le llaman pendiente interna del arrecife. Profundidad: generalmente menos de 3 m.

LAGUNA DEL ARRECIFE

La zona de la laguna arrecifal consiste en un placer o pasto marino (seibadal) dominado por la hierba marina *Thalassia testudinum* (hojas en forma de cintas), que se extiende detrás de la cresta gracias a la protección que ésta le brinda contra el oleaje. A menudo está acompañada por otra hierba llamada *Syringodium filiforme*, (hojas cilíndricas). Pueden aparecer algunos cabezos o arrecifes de parches aislados, En esta zona puede

abundar el cobo *Strombus gigas*, estrellas de mar *Oreaster reticulatus* y erizos blancos *Tripneustes ventricosus*.

ARRECIFE FRONTAL O PENDIENTE EXTERNA DEL ARRECIFE

Esta es la zona que, desde el borde externo de la zona de embate de la cresta, o desde una profundidad de unos pocos metros (cuando no existe cresta), se extiende hacia profundidades de 80 a 100 m aproximadamente. La misma esta formada por varias zonas a manera de cinturones que, como ya se dijo, pueden estar o no presentes. Veamos algunas:

Terraza rocosa abrasiva o zona de *Pseudopterogorgia*

Esta zona también se conoce como pavimento rocoso, los pescadores le llaman “ramajal” o “ramajeal”, haciendo alusión a los “ramajos” (gorgonias) que en ella abundan. Ésta es una banda rocosa de escaso relieve, con muy poco desarrollo de corales pétreos. Sobresalen a la vista por su abundancia, figura y tamaño las gorgonias en forma de plumas del género *Pseudopterogorgia*. Este fondo puede ser llano o presentar suaves ondulaciones y algunos canales de arena. Se encuentra sobre la llamada terraza somera o superior. Profundidad: Generalmente 2-6 m. En lugares de oleaje muy fuerte, puede extenderse hasta 20 m de profundidad.

Veril o canto de veril

Es muy común encontrar un primer escalón o escarpe vertical o muy inclinado que es la zona del canto de veril. Aquí el relieve se hace más complicado, suele observarse un exuberante desarrollo de corales pétreos, esponjas y gorgonias (tanto en cantidad como en variedad). Profundidad: Generalmente entre 10 y 15 m.

Terraza areno-rocosa profunda del arrecife

Esta zona se encuentra sobre la terraza profunda o inferior. Algunos autores la llaman “talud del arrecife frontal”, lo que no nos parece adecuado por la relativamente poca inclinación del fondo. Esta surge al pie del veril y se extiende hasta profundidades variables como de 20 a 40 m, según el perfil del arrecife. Su fondo es llano, de basamento rocoso cubierto con espesores variables de arena. Sobre éste se han visto hermosos y exuberantes cabezos y parches coralinos, por ejemplo, en Rincón de Guanabo. Estos cabezos o parches a veces están muy cerca de la línea del pie del veril o dispersos en otras zonas de la terraza. En otras terrazas el paisaje es monótono por la ausencia de esos promontorios coralinos. Donde el agua es muy transparente pueden desarrollarse pastos marinos malos.

Zona mixta

Es una mezcla desordenada de corales y cabezos, a veces con camellones incipientes. Este suele aparecer como una transición entre una terraza abrasiva y un fondo de camellones. Profundidad: Generalmente aparece entre 6 y 10 m.

Zona de pináculos

Es una zona con estructuras coralinas impresionantes con crecimiento vertical a manera de torres o pináculos, que generalmente aparecen justo antes de llegar al canto de golfo. Estos pináculos suelen desarrollarse sobre fondo rocoso-arenoso. El desarrollo de la fauna fija es considerable.

Umbral o labio del talud

Es una elevación que bordea la plataforma marina a manera de muro, barra o quicio de varios metros de altura (generalmente menos de 10 m) que de pronto aparece en muchos arrecifes justo antes de la caída del talud profundo o canto de golfo. Este fondo está antecedido por un cinturón o corredor arenoso que lo delimita de la zona coralina o rocosa menos profunda adyacente. Profundidad: Generalmente puede aparecer entre 15 y 50 m.

Canto, canto profundo, talud, o canto de golfo

También se le llama “pendiente profunda del arrecife frontal” y en inglés, “*drop off*” que quiere decir caída. Esta zona es el escarpe o pendiente que ya cae hacia las profundidades batiales y donde, como ya se dijo, los corales son capaces desarrollarse sólo hasta los 80 a 100 m de hondura. Hacia la parte superior del canto los corales abundan y alcanzan gran tamaño, junto con esponjas, gorgonias y corales negros (antipatarios) que también crecen mucho al alcanzar gran longevidad. Con el aumento de la profundidad, el desarrollo coralino disminuye hasta ser muy bajo en los límites mencionados.

Fondo de camellones

En México le llaman fondo de macizos y canales y en países angloparlantes, “*spurs and grooves*”. Lo mismo puede aparecer sobre la terraza somera que en la terraza profunda (colindando por debajo de la terraza rocosa abrasiva o por debajo de la terraza areno-rocosa). Este fondo es una zona muy llamativa, a manera de barras rocoso-coralinas, dispuestas perpendicularmente al borde de la plataforma, que alternan con canales de arena de forma casi paralela. La altura de esas barras puede alcanzar desde apenas 1 m hasta más de 3 m. A veces los camellones se desarrollan tanto que sus cimas se funden dejando cuevas y túneles debajo. El desarrollo de los corales, esponjas y gorgonias puede ser grande sobre todo en áreas más profundas. Sin embargo, en algunos arrecifes los camellones tienen pocos corales. Profundidad: Variable, generalmente a más de 8 metros.

Terraza coralina difusa

Se trata de un fondo llano con cubierta difusa (sin ordenamiento específico) de abundantes corales pétreos. Este tipo de fondo suele aparecer colindando por debajo de la terraza rocosa abrasiva (en la terraza somera) hasta justo al borde del veril. Profundidad: Generalmente de 8 a 13 m.

Fondo de pilares

Es parecido a la terraza coralina difusa, pero donde sobre un fondo de aspecto erosionado se levantan estructuras verticales como pilares coronados por corales pétreos. La parte inferior de los pilares suele verse desgastada. Suele aparecer a más de 10 m de profundidad.

Fondo de cabezos o arrecife de parche

Este fondo es llamado “cabecerío” por los pescadores, y no es más que una extensión rocosa, rocoso-arenosa, arenosa, o de pasto marino (seibadal), sobre la que se desarrollan numerosos cabezos y arrecifes de parche. Este tipo de fondo suele encontrarse más dentro en la plataforma insular, o sea sin relación con los arrecifes que bordean dicha plataforma. Los fondos de cabezos y arrecifes de parche pueden estar también presentes en algunas partes del perfil del arrecife descrito, por ejemplo, en la terraza areno-rocosa profunda, en la zona trasera y en algunas lagunas arrecifales.

ENFERMEDADES EN LOS ARRECIFES CORALINOS

Como ya sabemos, son diversas las enfermedades que afectan a diferentes organismos de los arrecifes coralinos. Estas enfermedades no se veían antes de los años setenta. Aquí se mencionarán, describirán brevemente e ilustrarán las enfermedades más importantes, que deben ser conocidas lo mejor posible por los monitores voluntarios.

CORALES DUROS

Blanqueamiento

El coral empalidece en grado variable y puede llegar a ponerse completamente blanco por la pérdida de sus microalgas simbióticas (zooxantelas). A veces el blanqueado es parcial a manera de manchas. Algunos corales como *Siderastrea siderea* se ponen de color violáceo, azulado o rosado cuando está ocurriendo blanqueamiento. Es muy importante recordar que el tejido se conserva vivo, lo que puede verificarse por el tacto o visualmente. La elevada temperatura se considera la causa primaria del blanqueamiento. Su efecto es reforzado si hay una fuerte iluminación en el fondo como ocurre cuando la mar está muy tranquila y el cielo, despejado. Otros autores han encontrado bacterias causando blanqueamiento (*Vibrio shiloi* en el Mediterráneo, y *Vibrio coralliilyticus* en el Mar Rojo y en el Océano Índico), pero no se puede afirmar que sean la causa general de todos los eventos de blanqueamiento. Hasta el presente, el blanqueamiento por microorganismos no ha sido observado en el Gran Caribe.

No se debe confundir el color pálido o blanco de los bordes o extremos de las ramas de los orejones y tarritos de venado con el blanqueamiento, ni con ninguna de las enfermedades de color blanco que se verán a continuación, ya que son partes jóvenes del coral que aún no se han pigmentado.

Banda negra

Banda negra o anillo que avanza sobre el coral dejando una zona muerta que se cubre de sedimento, algas e incrustaciones de organismos vivos. Se ha visto en *Diploria*, *Montastraea*, *Porites*, *Siderastrea*, *Solenastrea*, *Colpophyllia*, *Favia*, *Meandrina*, *Madracis*, *Stephanocoenia* y *Dichocoenia*. También ataca abanicos de mar. La enfermedad es producida por la acción conjunta de la cianobacteria *Phormidium corallyticum*, bacterias sulfato reductoras del género *Desulfovibrio*, bacterias *Beggiatoa*, y un hongo. Es muy contagiosa.

Banda roja

Banda o anillo de color rojo ladrillo que avanza sobre el coral dejando una zona muerta que se cubre de sedimento, algas e incrustaciones de organismos vivos. Ataca a corales duros y abanicos de mar. Se ha visto en *Diploria*, *Montastraea*, *Porites*, *Colpophyllia* y *Siderastrea*. Es causada en conjunto por dos especies de cianobacterias *Oscillatoria*. Es muy contagiosa. Algunos la consideran una variante de banda negra.

Banda blanca tipo I

Solo ataca a los acropóridos, aparentemente más típica de los orejones (*Acropora palmata*). Es una banda blanca estrecha y bien definida que rodea a las ramas como un anillo y que avanza lentamente desde la base de las ramas hacia los extremos, dejando detrás el coral muerto cubierto de algas, sedimentos e incrustaciones. A veces no se distingue del tipo II. No se conoce el agente causal (probablemente una bacteria gram-negativa).

Banda blanca tipo II

También ataca a los acropóridos. Es una banda blanca de anchura más variable e irregular que puede partir desde cualquier parte de las ramas. Avanza tan rápido hacia los extremos que suelen verse grandes extensiones de la superficie del coral muertas recientemente, y por lo tanto de color blanco. A veces no se distingue del tipo I. La bacteria *Vibrio charchariae* es considerada la causante de la banda blanca tipo II. A veces un caracol que se alimenta de corales, del que se hablará más adelante, produce una banda blanca que se confunde con esta enfermedad. Estos caracoles suelen esconderse debajo de las ramas, por los que los corales deben ser bien inspeccionados por debajo para descartar esa posibilidad.

Plaga blanca

Mancha blanca de esqueleto desprovisto de tejido y con borde nítido y contrastante que cubre al coral rápidamente. Se han descrito tres tipos:

- Tipo I: Comienza por un costado. Es la más lenta. Avanza a razón de solo 3 mm por día.
- Tipo II: Comienza en toda la base de la colonia y progresa hacia arriba, a razón de 2 cm por día.
- Tipo III: Empieza por un costado o por la cima de la colonia y avanza muy rápido.

Solo ataca a los corales masivos, columnares, incrustantes y laminares, por ejemplo *Diploria*, *Dichocoenia*, *Montastraea*, *Dendrogyra*, *Agaricia* y *Colpophyllia*. La causante es la bacteria *Aurantimonas coralicida*. Es muy contagiosa.

Mancha o banda amarilla

Mancha amarillenta o pálida que al avanzar sobre el coral llega a formar una banda que rodea a áreas muertas que pueden estar cubiertas de algas, sedimentos e incrustaciones. A veces se observa una banda blanca entre la banda amarillenta y la parte muerta del coral. Avanza muy lentamente. Se ha visto mucho atacando a *Montastraea*. También se ha visto en *Porites* y *Cyphastrea*. Se desconoce la causa.

Mancha oscura

Manchas circulares o irregulares de color pardo oscuro o violáceo que terminan rodeando áreas de coral muerto. Cuando comienza suele verse como manchas purpúreas. Ataca a corales masivos. Se ha visto afectando mucho a *Siderastrea siderea*. También lo hace a *Stephanocoenia*. Se desconoce la causa.

Viruela blanca

Manchas irregulares de color blanco y sin tejido que solo parece atacar al orejón *Acropora palmata*. La enfermedad puede terminar matando todo el coral. La enterobacteria fecal *Serratia marcescens* (gram-negativa) parece ser al menos una de las causantes de ese síndrome (descubierta atacando corales en Florida). Por eso algunos la denominan serratiosis. Otros le llaman necrosis parcheada.

Hiperplasia

Aparecen zonas con pólipos y cálices más grandes que los normales, pero no deformados.

Neoplasias

Son tumores que aparecen como zonas abultadas o protuberancias irregulares, con pólipos y cálices deformes. A veces esas zonas no presentan cálices sino esqueleto amorfo.

Chimeneas de chopitas (damiselas)

No es una verdadera enfermedad. Se trata de elevaciones de la superficie del esqueleto del coral a manera de pequeñas chimeneas blanqueadas en sus extremos. Muchas de estas chimeneas rodean pequeñas algas generalmente filamentosas. Esto es producido por mordidas de varias especies de chopitas (damiselas) con en fin de crear “jardines” para atraer a las hembras.

Consumo por loros

Se le conoce erróneamente en inglés como “*wasting disease*” (enfermedad devastadora) ya que tampoco es una enfermedad. Se trata de partes importantes del coral que han sido mordidas profundamente por loros de modo que la superficie queda deprimida, sin cálices o con cálices muy mordisqueados (sin tejido) y el esqueleto expuesto contrasta fuertemente por su color blanco.

Pequeñas mordidas de peces

A veces aparecen pequeñas manchas blancas que pueden hacer pensar que se trata de una enfermedad, y en realidad son mordeduras hechas por loros y chopitas (damiselas). Estas mordeduras dañan los cálices, tienen formas redondeadas, elípticas, o de media luna, y no son tan profundas como en el caso anterior. Las mordeduras de loros a veces presentan estrías o forma alargada.

Consumo por caracol *Coralliophila*

No se trata de una enfermedad. Son manchas pálidas o blancas de forma redondeadas a irregulares hechas por el consumo del coral por parte de un molusco gasterópodo (caracol) del género *Coralliophila*. En ocasiones forman una banda blanca en el borde de la zona ya consumida, pero los bordes externos son mucho más irregulares que los de la enfermedad banda blanca. A veces se ven las zonas afectadas y no los caracoles porque estos, como ya se dijo, se esconden debajo del coral.

Consumo por gusano de fuego *Hermodice*

Tampoco es una enfermedad. El gusano de fuego *Hermodice carunculata* es capaz de engullir las puntas algunos corales ramificados y digerir su tejido. En las puntas de los corales afectados (por ejemplo, *Acropora cervicornis* y *Acropora prolifera*) aparece una zona de 2 o más centímetros de largo donde el esqueleto está desnudo, debido a que el tejido a sido consumido por el gusano.

OCTOCORALES (GORGONIAS EN PARTE)

Aspergilosis

Ataca a los abanicos de mar (aparentemente sólo al género *Gorgonia*). Ésta desintegra el tejido del abanico de mar y deja el esqueleto córneo desnudo. Luego el esqueleto se desintegra rápidamente dejando huecos o bordes carcomidos en el abanico. Es producida por un hongo terrestre llamado *Aspergillus sydowii* (recientemente se han mencionado otras especies de *Aspergillus* afectando a gorgonias). Se presentan manchas purpúreas oscuras, a menudo abultadas como tumores, que son zonas donde la gorgonia se defiende del hongo. Cuando el hongo es aún activo, puede observarse formando una felpa de filamentos casi microscópicos de color blanco en las partes que están siendo afectadas.

Necrosis del tejido

Necrosis del tejido de los octocorales (grupo a que pertenecen las gorgonias entre otros) que deja el esqueleto expuesto a la colonización y ataque de otros organismos. En *Briareum asbestinum* se produce blanqueamiento con parches necróticos producidos por una cianobacteria tóxica del género *Scytonema*. En las gorgonias *Pseudopterogorgia americana* y *Pseudopterogorgia acerosa*, se producen tubérculos con espículas muy pigmentadas acompañados de necrosis de tejido, por causas desconocidas.

Banda negra

Banda (o anillo) negra de la misma naturaleza que la que afecta a los corales.

Banda roja

Banda de color rojo ladrillo que ataca a abanicos de mar. La parte afectada muere. El agente causante es la acción conjunta de dos especies de cianobacterias del género *Oscillatoria*.

Tumores algales

Abultamientos sobre las ramas o en los extremos, rellenos de una pequeña alga clorófito llamada *Entocladia endozoica*. Esa enfermedad resta resistencia y elasticidad al esqueleto de la gorgonia, por lo que sus ramas se fragmentan fácilmente. Se ha observado en *Pseudoplexaura*. Ver foto de colonia infectada en http://www.coral.noaa.gov/coral_disease/algae_tumorss.html

Consumo por gusano de fuego *Hermodice*

No es una enfermedad. El gusano de fuego *Hermodice carunculata* es capaz de engullir las puntas de las gorgonias y consumirlas, de modo que quedan deterioradas.

ESPONJAS

Pudrición blanca

Manchas blancas donde al más mínimo contacto con los dedos la esponja se desintegra. Se ha visto afectando a la esponja barril *Xestospongia muta*.

Pudrición amarilla

Mancha amarillenta en el borde de la esponja barril *Xestospongia muta* que se desintegra fácilmente al ser tocada.

ERIZOS

Enfermedad mortal del erizo negro

Los erizos negros *Diadema antillarum* mueren en masa mientras van perdiendo todas sus espinas. Un especialista sospecha que fue producida por una bacteria del género *Clostridium*.

Enfermedad mortal de otros erizos

Otros erizos, *Meoma ventricosa* y *Litechinus variegatus* han experimentado mortalidad masiva a causa de la bacteria *Pseudoalteromonas haloplanktis* variedad *tetraodonis*, productora de tetrodoxina.

VERTEBRADOS

Tumores

Abultamientos irregulares en cualquier parte del cuerpo en los peces y las tortugas.

Lesiones necróticas

Lesiones en la piel de los peces que pueden deberse a infecciones (por hongos, bacterias y virus) de heridas producidas por daños mecánicos (mordeduras, rasponazos, etc.), o producirse por toxinas en el medio. .

Parasitismo

Incluye parásitos externos como crustáceos (Ej. isópodo cimotoide, copépodo *Lepeophtherius*) y gusanos planos. Los isópodos cimotoides se adhieren a la piel y son fácilmente visibles por su tamaño. Es típico verlos en la cabeza de los carajuelos. También hay parásitos internos como nematodos, crustáceos, gusanos planos, etcétera. La mayoría de los parásitos externos no afectan la salud de los peces. Los peces parasitados recurren a unos pecesitos o camaroncitos para que los limpien, en "estaciones de limpieza" donde el "cliente" es siempre esperado. Esto es una simbiosis mutualista en que el pez es librado de los parásitos a la vez que dichos parásitos sirven de alimento a los limpiadores.

Deformidad de los huesos

Esta enfermedad ósea afecta a los peces deformándoles la cabeza y otras partes del cuerpo. Su ocurrencia es muy rara, sobre todo en peces tropicales.

Las láminas al final del texto muestran fotos de enfermedades y falsas enfermedades de corales duros y de gorgonias.

CORALES MÁS IMPORTANTES Y AFECTADOS EN LOS ARRECIFES CORALINOS

Los corales más afectados en Cuba son los acropóridos (pertenecientes al género *Acropora*). Éstos son *Acropora palmata*, *Acropora cervicornis* y *Acropora prolifera*, el último supuestamente híbrido de los primeros. Esas especies han estado sufriendo mortalidades masivas en todo el Gran Caribe desde los años setenta. Ese fenómeno parece haber comenzado tardíamente en Cuba, posiblemente a partir del verano de 1987 o principios de los noventa. Esta mortalidad se asocia al cambio climático y puede estar relacionada con el calentamiento del agua. No se sabe si las acroporas de Cuba murieron por blanqueamiento, banda blanca o viruela blanca (Serratiosis), o de forma combinada, ya que no se han encontrado testigos de esos eventos. El período especial, que parece haber coincidido con el tiempo de ocurrencia de la mortalidad, limitó las posibilidades de realizar expediciones, por lo que no pudo presenciarse.

De las tres, el orejón *Acropora palmata* es el más importante desde el punto de vista práctico ya que es la mayor en tamaño y principal formadora de las crestas y barreras coralinas, que tanto protegen las costas, incluidas las playas y zonas de desarrollo costero. Por ese motivo es muy importante monitorear su evolución en toda Cuba. El haber seleccionado estas especies, no implica que se esté negando la importancia de todas las demás especies de corales, las cuales también, como ya vimos, son víctima de varias enfermedades letales. Por ser también importantes formadoras de arrecifes hay que mencionar las especies de *Montastraea*, *Agaricia* y *Porites*, y a *Siderastrea siderea*. Especies de *Agaricia* y *Porites* suelen sustituir a los corales orejones muertos en muchas crestas de Gran Caribe. También merece ser mencionado el coral de fuego *Millepora*, pero éste tiene una capacidad de recuperarse bastante rápido y también suele recubrir y sustituir a los orejones muertos.

Cuando los corales orejones mueren, sus esqueletos desnudos quedan a la merced de la erosión y fragmentación producidas por el oleaje cotidiano y las tormentas, de modo que las crestas y barreras afectadas masivamente como las del Archipiélago Jardines de la Reina, el Archipiélago de los Canarreos y el extremo este del Archipiélago Sabana-Camagüey, están amenazadas con desaparecer poco a poco, y cesar su protección de las costas. Por suerte, existen algas incrustantes calcáreas muy duras que cubren y protegen la roca coralina de la abrasión y conservan más tiempo la complejidad del relieve del fondo, tan necesaria para tantos organismos.

Por fortuna, se ha observado últimamente un fenómeno esperanzador para la recuperación de los orejones, y por tanto, de las crestas. Se ha visto cómo sobre los grandes orejones muertos se fijan nuevos corales orejones (a los que se les llama reclutas) y cómo éstos van tapizando todas las ramas como si las estuvieran pintando. Este fenómeno se denomina recapamiento. Lo esperanzador es que no hay que esperar decenas de años para que se formen nuevas grandes colonias de orejones, sino que mediante el recapamiento dichos corales muertos se recubran más rápidamente, quizás en cuestión de unos 3 a 5 años aproximadamente. Esa recuperación sería viable si no se repiten los eventos que causaron la mortalidad o si los nuevos corales, al descender de padres que sobrevivieron a los eventos anteriores, son más resistentes.

Al final se ofrecen fotos de las diferentes especies de acropóridos, colonias muertas y vivas, el proceso de recapamiento, y reclutas de orejones.

ARRECIFES Y TURISMO EN CUBA

Los arrecifes coralinos, por su gran diversidad de especies, muchas de las cuales son muy llamativas por sus formas, tamaños y colores, así como por sus impresionantes paisajes submarinos, constituyen un poderoso atractivo turístico de gran valor y demanda en el mundo entero.

El turismo puede ser, por un lado, una amenaza si se obra de manera irresponsable, y por otro, una alternativa de uso que promueva la conservación de los arrecifes coralinos, en contraposición con otras actividades económicas que pueden ser potencialmente más nocivas como la pesca y la minería. Por ello, en principio, no debemos oponernos al desarrollo del turismo subacuático en estos atractivos ecosistemas, sino buscar modos de uso ecológicamente más sostenibles. Esto hará que esa actividad sea también económicamente sostenible a largo plazo. Es como proteger a la gallina de los huevos de oro.

Según un conferencista del MINTUR en el evento Symposub 2003, en el año 2000 entraron 25,000 buzos a Cuba y se estima que dentro de 4 ó 5 años vendrán 100,000. El ingreso actual de Cuba por concepto de servicios de buceo es de aproximadamente 4 millones de USD, y puede ser muy superior en un futuro cercano (25 millones de USD dentro de 4 ó 5 años), ya que se piensa que entre 6 y 8 millones de buzos saldrán de sus países en el 2005. Además, se estima que un turista buzo gasta más del doble o el triple de lo que gasta un turista de "paquete turístico".

En los bellos arrecifes de Cuba, según información del 2003, existen alrededor de 550 sitios de buceo turístico, que son atendidos por 37 centros de buceo, operados con capital estatal, o mixto con participación extranjera. En el 2004, estos centros pertenecían a las empresas estatales Cubanacán Náutica (ScubaCuba), Cubanacan Hoteles, Gaviota, Rumbos, Horizontes Hoteles, Club Habana, Cubamar Viajes y Gran Caribe. En estos centros de buceo operaban entonces más de 150 guías de buceo certificados.

Las zonas de buceo más importantes en el 2004 eran en orden de oeste a este por el norte, y de este a oeste por el sur:

- Cayos Paraíso y Levisa (noroeste de la Provincia de Pinar del Río).
- Litoral habanero (incluyendo el área de la Marina Hemingway y Rincón de Guanabo).
- Varadero (norte de la Provincia de Matanzas). Abarca hasta las inmediaciones de Cayo Cruz del Padre, al este).
- Cayos Caimanes de Santa María (norte central de Cuba, en el Archipiélago Sabana-Camagüey).
- Cayos Guillermo, Coco y Paredón (norte central de Cuba, en el Archipiélago Sabana-Camagüey).
- Playa Santa Lucía (norte de la Provincia de Camagüey).
- Playas Guardalavaca, Esmeralda y Pesquero (Provincia de Holguín).
- Litoral de Santiago de Cuba (incluye Baconao y Guamá).
- Marea del Portillo (Provincia Granma).
- Archipiélago Jardines de la Reina (Laberinto de las Doce Leguas).

- Playa Ancón-Cayo Blanco (sur de la Provincia de Sancti Spíritus).
- Litoral de Cienfuegos (desde la desembocadura la Bahía de Cienfuegos hasta Guajimico, al este).
- Bahía de Cochinos (sur de la Provincia de Matanzas).
- Cayo Largo (sudeste del Golfo de Batabanó).
- Punta Francés (suroeste de la Isla de la Juventud). Esta zona se extiende hasta Cayos los Indios.
- María la Gorda (extremo occidental de Cuba, en la Ensenada de Corrientes).

En el 2003 estaban en proceso de ser incorporadas dos áreas importantes:

- Sudeste de la Península de Zapata (sur de la Provincia de Matanzas). Incluirá bellos arrecifes de Cayo Diego Pérez y de la Ensenada de Cazones.
- Cayos del sudeste de la Isla de la Juventud (incluyendo los cayos Matías, Hicacos, Campos y Ávalos).

Algunas de estas zonas están dentro de áreas protegidas (áreas de interés conservacionista) o en zonas de régimen especial de uso y protección (áreas donde la pesca se prohíbe con diferentes fines), como por ejemplo, María la Gorda, Punta Francés, Cayo Largo, Cienfuegos, Jardines de la Reina, Rincón de Guanabo, etcétera.

A pesar de la notable cantidad de sitios de buceo, la afluencia de visitantes es aún limitada dado el incipiente desarrollo que ha alcanzado esta modalidad de turismo. Ante las perspectivas de incremento de esta actividad económica en el futuro, deben tomarse muchas precauciones para no perder el recurso.

Las actividades de buceo (tanto de buceo libre como autónomo) están reguladas por un documento que pronto estará vigente, quizás ya en el momento de publicación de este manual. Este documento establece la capacidad de carga permitida (se proponen 4000 buceadores/año/sitio), normas de distribución de los sitios de buceo, requisitos de buceo, etc. En la literatura mundial se han propuesto cargas de visitantes que van desde 500 a 15000 buceadores/año/sitio. Dada la gran falta de consenso y la gran variabilidad de los arrecifes en cuanto a su fragilidad, se ha escogido como norma, cumpliendo el principio de precaución, la cifra de 4000, ya mencionada. Esta cifra se recomienda siempre que se cumplan requisitos indispensables de buceo. Los arrecifes donde abundan los corales ramificados son más vulnerables al daño de visitantes que aquellos que consisten mayormente en corales masivos, pero se recuperan más rápidamente. El efecto de las capacidades de carga aplicadas debe ser monitoreado periódicamente para hacer las correcciones pertinentes si es necesario.

Dado que uno de los mayores atractivos del turismo de buceo son los peces, ha de prohibirse totalmente la pesca de estos en las zonas de turismo subacuático. Los turistas reclaman peces diversos, abundantes, grandes y sociables. Nada de eso se consigue si se permite la pesca en las áreas de turismo y sus inmediaciones dentro de un radio determinado. Muchos expertos en arrecifes consideran que un control a medias en las zonas donde se quiere desarrollar buenas comunidades de peces, es igual que no ejercer control alguno.

La contaminación proveniente de hoteles, asentamientos humanos cercanos, marinas, embarcaciones, erosión costera y dragados pueden comprometer la salud y belleza de los arrecifes coralinos, y por lo tanto al propio desarrollo del turismo de buceo. Por esta razón es preciso evitar que las concentraciones de fosfatos y de nitrógeno total en el

agua no exceda de 0.2 $\mu\text{mol/L}$ (micromoles por litro) y 1.0 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente. Las lagunas de oxidación sólo descomponen los residuales orgánicos y no eliminan el fósforo ni el nitrógeno, que aún en pequeño exceso dañan a los arrecifes, sobre todo cuando escasean los animales que consumen algas. Por otro lado, las tecnologías actuales son incapaces de bajar las concentraciones de fósforo y nitrógeno a tan bajos niveles. Esto sólo se logra reciclando todas las aguas tratadas en usos de fregado y lavandería, descarga de inodoros y regadío, por ejemplo. Ello implica grandes inversiones tanto en plantas de tratamiento de aguas usadas como en sistemas de tuberías dobles para ambos tipos de aguas: agua fresca potable y agua tratada reciclada. Por ello es tan recomendable evitar construir hoteles, asentamientos humanos y marinas en zonas cercanas desde donde las aguas usadas puedan tener influencia sobre los arrecifes, con el consecuente desarrollo de algunas algas que son fuertes competidoras contra los corales en la ocupación del fondo. También deben protegerse las costas de la deforestación y la erosión, y evitar dragados en áreas desde las que pueda haber influencia sobre los arrecifes coralinos. De no tomarse esas medidas, con el tiempo las algas sustituirán a los corales y la vida del arrecife se empobrecerá enormemente.

No menos importante es evitar los daños mecánicos que producen los propios buzos con sus manos, pies e instrumentos de buceo, y los destrozos causados por anclas, varaduras y golpes o rasponazos de embarcaciones. El daño producido por buzos se aminora si se respetan las reglas de buceo ampliamente divulgadas y que existen en numerosas regulaciones técnicas. Es vital que los visitantes siempre buceen acompañados por guías que controlen la conducta de los mismos. Los fotógrafos causan más daños al acomodarse para sus tomas. El problema de las anclas se resuelve mediante el uso de boyas de amarre, que son boyas sujetas al fondo, a las cuales las embarcaciones se amarran sin necesidad de anclar.

ESTADO Y MANEJO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN CUBA

El Archipiélago Cubano (11,0921 km², con 4,196 islas y cayos) ocupa el 89% del área de superficie total de las Antillas Mayores, de ahí la significación que representa para la conservación mundial. Dicho archipiélago fue clasificado por WWF (Fondo Mundial para la Vida Silvestre) como una de las 233 Ecoregiones Priorizadas al nivel mundial. Las islas del Caribe, incluida Cuba, también se consideran como uno de los 27 *Hotspots* (puntos prioritarios) Mundiales para la Conservación.

Estado general

Los arrecifes coralinos se encuentran a lo largo de más del 95% de todo el borde de la plataforma marina cubana (algo más de 3,200 Km), así como dispersos en amplias áreas dentro de ésta. Por ello, junto con las Bahamas ocupan el primer lugar en extensión por país en el Atlántico Occidental.

En el contexto del Gran Caribe, los arrecifes coralinos de Cuba se encuentran comparativamente en un estado aceptable, en que los mayores problemas detectados son de escala regional y que escapan al control local del hombre. Ejemplos de ellos son:

- enfermedades de corales duros, gorgonias y esponjas;
- mortalidad del erizo negro de espinas largas *Diadema antillarum* a principios de los ochenta;
- calentamiento excesivo del agua (incremento promedio de 0.17° C por década); y
- paso de huracanes muy fuertes como el Gilbert y el Mitch.

En otras palabras, se trata de problemas no producidos directamente por el hombre. Los problemas antropogénicos (de origen humano) principales son:

- sobrepesca de varias especies de peces y de langosta (esfuerzo pesquero excesivo, pesca en congregaciones de desove de peces, y violación de regulaciones). Las poblaciones de peces se han reducido mucho en la última década principalmente en el Archipiélago Sabana-Camagüey;
- sedimentación por deforestación desde tiempos de la colonia (20%-30% de los arrecifes), acarreada por ríos y por el escurrimiento terrestre (por ejemplo, Cayo Blanco del Sur en el oeste del Río Agabama, sur de las montañas del Escambray, y sur de las Provincias Granma y Santiago de Cuba).
- Nutricación (exceso de nutrientes inorgánicos en el agua) en grado variable y que influye en la proliferación de ciertos tipos de algas en algunas áreas como el Archipiélago Sabana-Camagüey, Cayo Largo del Sur, Cayo Juan García y el nordeste de la Provincia de Pinar del Río. Las principales fuentes son los centrales azucareros, los asentamientos humanos, la actividad agropecuaria (cebaderos, fertilización de sembrados y erosión de los suelos) y la industria alimentaria (láctea, cárnica, pesquera, ronera, etcétera).

Los problemas de contaminación severa apenas afectan el 2% de los arrecifes de Cuba. Estos son los arrecifes cercanos a la Bahía de la Habana y frente al litoral habanero (ríos contaminados como el Almendares y el Quibú, desagües de alcantarillado y emisarios submarinos), y frente a la zona minera de Moa. La colecta de

organismos como corales, gorgonias y conchas, y la pesca submarina son problemas críticos principalmente en arrecifes cercanos a zonas urbanas y de fácil acceso.

En algunos arrecifes del norte y nordeste de Cuba se han observado prácticas nocivas ilegales de pesca como el uso de chinchorros sobre zonas de corales, uso de mandarría para tumbar corales y permitir el paso del chinchorro, la destrucción de los corales con barretas para extraer langostas, etcétera. Merece ser señalada, la pesca ilegal en algunas áreas de buceo. En algunos centros de buceos aún no se emplean boyas de amarre y se lanzan anclas sobre los arrecifes. También preocupa la aparición de extensos tapetes rojizos de cianobacteria que cubren arrecifes en la primavera, por ejemplo en Cayo Largo y Punta Francés. Se piensa que eso se deba al exceso de fosfato en el agua.

Además, pueden mencionarse el agotamiento de varias poblaciones de coral negro y la situación precaria de las poblaciones de tortugas en todo el mundo.

El crecimiento económico continúa siendo de gran prioridad para la nación y es probable que sectores como el turismo, todavía sean favorecidos en las políticas de desarrollo. El desarrollo de polos turísticos, con capital tanto nacional como extranjero, continúa a pasos acelerados y se han establecido metas ambiciosas para el año 2005, lo que requiere un aumento en la infraestructura hotelera actual. En este desarrollo turístico están incluidas las actividades náuticas y subacuáticas en áreas de arrecifes coralinos. Son numerosos y se incrementan los centros y sitios de buceo alrededor del país. La pesca es otra actividad económica prioritaria que está en gran parte vinculada al arrecife y, según un reconocido experto de la pesca, ya varias especies han sufrido sobrepesca. La langosta, que fue considerada el recurso pesquero más estable y mejor manejado, ya está sufriendo también severas bajas en los rendimientos pesqueros. Esto último quizás se deba a una mezcla de errores de manejo y cambios ecológicos.

Marco institucional y legal

En la década del 70 comenzó a prestársele especial atención a la investigación de los arrecifes en Cuba. Sin embargo, hasta principios de los noventa no había existido en Cuba la posibilidad de un manejo de los arrecifes de manera diferenciada, integrada, abarcadora, y sustentada por un sistema jurídico e institucional integrado y una legislación específica. En los últimos años ya se ha avanzado mucho en ese sentido. De forma implícita o explícita los arrecifes están considerados en los siguientes hitos legislativos y de políticas: *La Constitución de Cuba* (1992); *Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo* (1993: adecuación cubana de la Agenda 21); *Resolución 33/96 sobre las Regulaciones del Coral Negro* (1996), la *Resolución 87/96 sobre las Regulaciones de CITES* (1996); *Resolución 111/96 Regulaciones sobre el Acceso a la Diversidad Biológica* (1996); *Resolución 168, Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental y la Obtención de Licencias Ambientales* (1996); *Ley 81 del Medio Ambiente*, (1997); *Estrategia Ambiental Nacional* (1997); *Resolución Conjunta MIP-MCTMA No. 1/97* (1997); *Decreto-Ley 164 Reglamento de Pesca se crea la Comisión Consultiva de Pesca*; *Estudio Nacional de Diversidad Biológica* (1998); *Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica* (1999); *Resolución 31 del MIP sobre la Declaración como Zona Bajo Régimen Especial de Uso y Protección de las Aguas Marítimas* (1999); *Decreto-Ley 201/99 Sistema de Áreas Protegidas* (1999); *Decreto-Ley, Sistema de Contravenciones en Materia de Medio Ambiente* (1999); *Estrategia y Plan de Acción Nacional para la Diversidad Biológica* (2000); *Decreto Ley "De la Diversidad Biológica"* (en preparación). Existen otros instrumentos legales vigentes y elaborándose que indirectamente favorecen la conservación de los arrecifes coralinos (por ejemplo, la *Ley 85, Ley Forestal*, 1998). Además, el Estado Cubano es signatario de al menos 18 instrumentos jurídicos, acuerdos y compromisos

internacionales que de alguna manera se vinculan con la protección de los arrecifes coralinos.

En 1994 ocurre una profunda reestructuración del aparato estatal para aumentar la eficiencia de las funciones, y en el ámbito medio ambiental, las funciones de la antigua COMARNA y de la Academia de Ciencias son absorbidas por el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Éste funge como rector de la política científica, técnica y medioambiental. Su función operativa se ejecuta por la Agencia de Medio Ambiente, a su vez integrada por el Centro de Inspección y Control Ambiental, el Centro Nacional de Áreas Protegidas, el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental, y varios institutos científicos (antes pertenecientes a la antigua Academia de Ciencias de Cuba, como el Instituto de Oceanología, con más de 30 años en la investigación de los arrecifes). A ésta también pertenecen el Parque Zoológico Nacional, el Acuario Nacional, y el Museo Nacional de Historia Natural. El CITMA tiene representación al nivel de provincias en sus Delegaciones Provinciales, cuya actividad medio ambiental es desplegada mayormente por las Unidades de Medio Ambiente (UMA). Cuba mantiene una tendencia sostenida de perfeccionamiento e integración del proceso de toma de decisiones sobre el uso del territorio y la planificación física, y en la incorporación, al nivel de políticas, de la problemática ambiental en el desarrollo. Se prevén nuevos cambios institucionales en la estructura creada. A pesar de ser un país en desarrollo, posee los recursos humanos requeridos para llevar a cabo las investigaciones y asesorar el manejo de los arrecifes coralinos. Esto se basa en una experiencia de investigación sobre arrecifes coralinos que data desde los años 70 y por el énfasis e inversiones del Estado en la educación y el desarrollo científico del país en esa línea.

Sin embargo, el conocimiento de los arrecifes de Cuba es aún fragmentado y parcial, restringido sólo a algunas de las áreas de mayor prioridad. Es muy necesario conocer con un alcance nacional el estado, tendencias, cantidad, tipos y distribución de los arrecifes coralinos para su protección y uso sostenible. El desarrollo de una amplia Red de Voluntarios para el Monitoreo de Alerta Temprana de los Arrecifes es muy importante para complementar las investigaciones científicas y para el manejo. También es fundamental educar y concienciar a los sectores y niveles económicos y sociales pertinentes sobre la importancia, fragilidad y amenazas de los arrecifes coralinos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Adey, W. 1995. Cost effective wastewater remediation for the protection of coral reef environments. 46-47 pp. En: *Sustainable Financing Mechanisms for Coral Reef Conservation* (A.J. Hooten y M.E. Hatzios, eds.), Environmental Sustainable Development Proceeding Series, The World Bank, Washington, No. 9.
- Alcolado, P.M., R. Claro, G. Menéndez y B. Martínez-Daranas. 1997. General status of Cuban coral reefs. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, 1:341-344.
- Alcolado, P.M., E.E. García y N. Espinosa (Eds.). 1999. *Protecting Biodiversity and Establishing Sustainable Development in the Sabana-Camagüey Archipelago*. GEF/UNDP Project Sabana-Camagüey CUB792/G31. CESYTA S.L. Madrid, 145 p.
- Alcolado, P.M., R. Claro-Madruga y R. Estrada. 2000. Status and Prospective of Coral reef management in Cuba. *Coral Reef Status Report for Cuba*. GCRMN. Sitio de internet: http://www.reefbase.org/pdf/%20GCRMN_2000_CUB.pdf, 9 p.
- Alcolado, P.M., R. Claro-Madruga, B. Martínez-Daranas, G. Menéndez-Macía, P. García-Parrado, K. Cantelar, M. Hernández y R. del Valle (2001) Evaluación ecológica de los arrecifes coralinos del oeste de Cayo Largo del Sur, Cuba: 1998-1999. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 30: 109-132.
- Alcolado, P.M. R. Claro, B. Martínez-Daranas, G. Menéndez, P. García y M. Sosa. 2003. The Cuban Coral Reefs. In: (J. Cortés, Ed.) *Latin American Coral Reefs*. Elsevier Science. 508 p.
- Alcolado, P.M., B. Martínez-Daranas, G. Menéndez-Macía, R. del Valle, M. Hernández y T. García. 2003. Rapid assessment of coral communities of María la Gorda, southeast Ensenada de Corrientes, Cuba (part 1: stony corals and algae). Pp. 268-277. In: (Judith C. Lang, ed.) *Status of Coral Reefs in the Western Atlantic: Results of initial surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program*. *Atoll Research Bulletin*, 496: 630 p.
- Baisre, J. 2000. Chronicle of Cuban marine fisheries (1935-1995): Trend and fisheries potential. *FAO Fisheries Technical Paper*.394: 27 p.
- Birkeland, C. (Ed.). 1997. *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman & Hall, New York, 536 p.
- Garrison, V., J.D. Ray, L. Ashsbaugh y T. Cahill. 2000. Nutrient influx from African Dust at Virgin Island National Park. *Proceeding of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia*, 398 p.
- Hawkin, J.P. y C. Roberts. 1997. Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA diving. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 2: 1923-1996.
- Hayes, M.L., E. Shinn y R.T. Barber. 2000. Dust to dust: iron as the functional linkbetween eolian dust and marine infectious diseases. *Proceeding of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia*, 398 p.
- Jameson, S.C., J.W. McManus y M.D. Spalding. 1995. State of the reefs: Regional and global perspectives. *International Coral Reef Initiative Executive Secretariat Background Paper*. 32 p.
- Lang, J., P. Alcolado, J.C. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Geraldés, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell y J. Wiene. 1998. Status of coral reefs in the northern areas of the Wider Caribbean. 123-134 pp. En: *Status of coral reefs of the world: 1998* (C. Wilkinson, ed.). Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science.

- Lapointe, B.E. 1999. Simultaneous top-down and bottom-up forces control macroalgal blooms on coral reefs (Reply to the comment by Hughes et al.). *Limnol. Oceanogr.*, 44(6): 1586-1592.
- Lapointe, B.E., M.M. Litter y D.S. Litter. 1992. Modification of benthic community structure by natural eutrophication: the Belize barrier Reef. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam.*, 1: 323-324.
- Neis, U. y T. Blume. 1998. Nutrient control for conserving healthy coastal waters and coral reefs in the Caribbean. *CEHI News*, 5.2: 2-6.
- Reese, C. y A. Stone. 1993. Nutrient water quality standards for seagrass and coral reef habitats. Pp. 1-8. En: Recommendations for coral reef water quality protection and management. An American reefs campaign conservation action guide.
- Shinn, E. y C. Holmes. G. 2000. Coral reefs and the threat of soil dust. *Proceeding of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia*, 398 p.
- Smith, G., I.L. Nagelkerken y K. Ritchie. 1996. Caribbean seafan mortalities. *Nature*, 383: 487.
- Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P. Green. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Center. University of California Press, Berkeley, USA, 424 p.
- Szmant, A.M. 1997. Nutrient effects on coral reefs: a hypothesis on the importance of topographic and trophic complexity to reef nutrient dynamics. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, 2: 1527-1532.
- Walton-Smith, F.G. 1948. *The Atlantic Reef Corals*. University of miami Press, Coral Gables, Florida, 112 p.
- Watson, M., R. F.G. Ormond y L. Holliday. 1997. The role of Kenya's marine protected areas in artisanal fisheries management. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 2: 1950-1950.
- Weir, J.R., V. Garrison, E. Shinn y G.W. Smith. 2000. The relationship between gorgonian coral (Cnidaria: Gorgonacea) diseases and African dust storms. *Proceeding of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia*, 398 p.
- Wilkinson, C. 1998. *Status of coral reefs of the world*. Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science. 184 p.
- Wilkinson, C. 2000. *Status of coral reefs of the world*. Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science. 360 p.
- Wells, S.M. .1988. *Coral reefs of the world*. Vol. 1: Atlantic and Eastern Pacific. UNEP, Nairobi & IUCN, Gland. 373 pp.
- Woodley, C.M., A.W. Bruckner, S.M. McLaughlin, C.A. Downs, J.E. Fauth, E.B. Shotts and K.L. Lidie. 2003. Coral Disease and Health: A national Research Plan. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD. 72 p.
- Woodley, J.D. 1995. *Tropical Americas regional report on the issues and activities associated with coral reefs and related ecosystems*. Prepared for The 1995 International Coral Reef Initiative Workshop. Regional Co-ordinating Unit and CARICOMP, 63 p.
- Woodley, J., K. de Meyer, P. Bush, G. Ebanks-Petrie, J. Garzón-Ferreira, E. Klein, L.P.J.J. Pors y C.M. Wilson. 1997. Status of coral reefs in the south central Caribbean. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 1: 357-362.
- Zlatarsky, V. y N. Martínez-Estalella. 1982. *Scleractiniales de Cuba*. Académie Bulgare des Sciences, Sofia. 290 pp.

ANEXOS

CUESTIONARIO PARA REPORTE DE INCIDENCIAS AMBIENTALES DE INTERÉS

Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos

Estimados voluntarios de monitoreo de alerta temprana:

Los arrecifes coralinos están sufriendo impactos muy variados tanto de tipo natural como producidos por el hombre. Además, debido al cambio climático mundial, también están apareciendo distintos tipos de enfermedades y mortalidades en corales, gorgonias, erizos, etcétera. Son de interés los incrementos excesivos de algas y tapetes rojos (cianobacterias). También ocurren cosas interesantes como congregaciones de peces y otros organismos para reproducirse; aparición de animales llamativos como ballenas, tiburones ballenas, manatíes, cocodrilos, pez luna, etc.; desoves masivos de esponjas y corales, que son de interés conocer por sus implicaciones turísticas y conservacionistas. También importa conocer los daños y violaciones producidas por el hombre, como uso de anclas en arrecifes, pesca furtiva donde está prohibida, abandono de redes y nasas que siguen matando animales, uso de chinchorros destruyendo corales, todo lo que afecta la calidad estética de los puntos de buceo y dañan al arrecife. Usted puede añadir cualquier otra cosa que le resulte inusual o de interés.

Para conocer sobre la ocurrencia de todos estos tipos de incidencias a escala de todo el país y de forma inmediata, y tomar medidas rápidas si es preciso, es de gran valor contar con sus reportes en este cuestionario.

1. Nombre del que reporta:

2. Puesto o cargo:

3. Centro de Buceo, área protegida, centro de trabajo o dirección particular:

4. Correo-electrónico:

5. Teléfono y/o fax:

6. Localidad donde se hizo la observación:

7. Coordenadas geográficas si se conocen:

8. Fecha de la observación:

9. Profundidad o profundidades en que tuvo lugar la observación:

10. Organismo u organismos (animales o plantas) objeto de la información:

11. Tipo de fondo en que ocurre la incidencia que reporta (con sus propias palabras: crestas o barreras; veril; canto de golfo o talud; cabezos o cabeceríos; camellones/cangilones; arrecife de parche; fondo rocoso llano, de laja, o ramajal; fondo de yerbas marinas; u otros):

12. Extensión del área implicada (muy aproximada y a su manera):

14. Tipo de incidencia inusual o de interés para la conservación y el uso sostenible de los arrecifes (exponga con la extensión y detalle que desee conveniente). Para el blanqueamiento de corales, use el cuestionario especial para ello:

15. Cualquier duda o pregunta que desee expresar:

Favor de archivar sus reportes junto con su bitácora de buceo e informar al Dr. Pedro M. Alcolado por el correo alcolado@ama.cu, con copia a alcolado@oceanoinf.cu, y al Lic. Sergio González por el correo azuladomarin@hotmail.com (ambos del Instituto de Oceanología), así como a quién determine su organismo o empresa. ¡Muchas Gracias!

CUESTIONARIO PARA REPORTE DE BLANQUEAMIENTO DE CORALES

Red de Monitoreo de Voluntarios de Alerta Temprana en Arrecifes Coralinos

Estimados voluntarios de monitoreo de alerta temprana:

Debido al cambio climático mundial también están apareciendo distintos tipos de enfermedades y mortalidades en corales entre las que se encuentra la llamada “blanqueamiento de corales” asociada con altas temperaturas del agua en algunos veranos, acompañadas a veces por mar muy tranquila y cielo despejado por muchos días o semanas. Esta enfermedad se caracteriza por que el coral, al perder sus algas microscópicas que normalmente viven en simbiosis dentro de su tejido, se pone blanco completo o en parches, o empalidece. A veces se tornan de color violeta, azulado, o rosado. Para no confundir este síndrome con otros en que el coral también se pone blanco, es muy importante fijarse en que en el blanqueamiento el tejido (carne) no muere y por lo tanto no desaparece como en otras enfermedades. Eso se nota observando con atención o tocando suavemente el coral (se siente la carne o el moco y no el esqueleto limpio y muy áspero). En resumen, para que sea blanqueamiento el tejido tiene que estar presente.

Para conocer sobre la ocurrencia de blanqueamiento de corales a escala de todo el país y de forma inmediata, y tomar medidas rápidas si es preciso, es de extraordinario valor contar con su reporte en este cuestionario.

1. Nombre del que reporta:

2. Puesto o cargo:

3. Centro de Buceo, área protegida, centro de trabajo o dirección particular:

4. Correo-electrónico:

5. Teléfono y/o fax:

6. Localidad donde se hizo la observación:

7. Coordenadas geográficas si se conocen:

8. Fecha de la observación:

9. Profundidad o profundidades en que tuvo lugar la observación:

11. Tipo de fondo en que ocurre la incidencia que reporta (con sus propias palabras: crestas o barreras; veril; canto de golfo o talud; cabezos o cabeceríos; camellones/cangilones; arrecife de parche; fondo rocoso llano, de laja, o ramajal; fondo de yerbas marinas; u otros):

12. Extensión del área implicada (muy aproximada y a su manera):

13. ¿Ha observado al bucear en un área más de 2 ó 3 corales con blanqueamiento?

Sí ____

No ____

Si su respuesta es positiva siga llenando el cuestionario, si no envíelo llenado hasta aquí.

14. Porcentaje muy aproximado de corales afectados (indique con una cruz):

Pobre (1%-10%) ____

- Medio (11%-30%) _____
Fuerte (31%-50%) _____
Muy fuerte (51-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____

15. Si vio presencia de corales de color violeta, azulado o rosado junto con otros blancos y otros pálidos, ¿Cuál fue el tipo dominante?

- Los blanqueados _____
Los pálidos _____
Los violáceos, azulados y rosados _____

16. Si puede, indique con una cruz cual es el cubrimiento (muy aproximado) del fondo por corales vivos, independientemente de que estén blanqueados o no:

- Bajo (1%-10%) _____
Medio (11%-30%) _____
Alto (31%-50%) _____
Muy Alto (51-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____

17. Si puede diga los tipos (orejón, tarrito de venado, cerebro, de dedos, masivos, lechuga) o especies de corales más afectados (si se puede enumerar de especies, puede incluir hasta las 5 especies más afectadas).

18. Si puede diga qué porcentaje de corales está muerto:

- Bajo (1%-10%) _____
Medio (11%-30%) _____
Alto (31%-50%) _____
Muy Alto (51-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____

19. Si puede responder, ¿Qué tipos o especies de corales son los que más se han muerto?

20. Si lo conoce, ¿Cuándo empezó el blanqueamiento?

21. Otras observaciones:

22. Cualquier duda o pregunta que desee expresar:

Favor de archivar sus reportes junto con su bitácora de buceo, e informar al Dr. Pedro M. Alcolado por el correo alcolado@ama.cu, con copia a alcolado@oceano.inf.cu, y al Lic. Sergio González por el correo azuladomarino@hotmail.com (ambos del Instituto de Oceanología), así como a quién determine su organismo o empresa. ¡Muchas Gracias!

Datos editoriales:

Impresión: Creaciones Gráfica

Ciudad de La Habana, 2004

80 paginas

ISBN 959-270-040-0

© Pedro M. Alcolado 2004

© Proyecto PMUD/GEF CUB/98/G32, CUB/99/G81-Capacidad 21, "Acciones prioritarias para consolidar la protección de la Biodiversidad en el Ecosistema Sabana-Camagüey" (Realizador)

Nota: En esta copia no porta el diseño del original, realizado por Armay Hernández y Ihosvany del Valle

Planilla para reporte de blanqueamiento

1. Nombre del que reporta:
2. Puesto o cargo:
3. Centro de Buceo, área protegida, centro de trabajo o dirección particular:
4. Correo-electrónico:
5. Teléfono y/o fax:
6. Localidad donde se hizo la observación
7. Coordenadas geográficas si se conocen (preferiblemente grados decimales):
8. Fecha de la observación:
9. Profundidad o profundidades en que tuvo lugar la observación:
11. Tipo de fondo en que ocurre la incidencia que reporta (con sus propias palabras: crestas o barreras; veril; canto de golfo o talud; cabezos o cabeceríos; camellones/cangilones; arrecife de parche; fondo rocoso llano, de laja, o ramajal; fondo de yerbas marinas; u otros):
12. Extensión del área explorada. Muy aproximada y a su manera (si le es más fácil, puede escoger una de las siguientes que más se parezca: 10 m ² , 100 m ² , 1000 m ² y Más de 1000 m ²):
13. ¿Ha observado al bucear en un área más de 2 ó 3 corales con blanqueamiento?
Sí ___
No ___
Si su respuesta es positiva siga llenando el cuestionario. Si no, envíelo llenado hasta aquí (saber que no hubo blanqueamiento en épocas de mucho calentamiento del agua es también valioso).
14. Porcentaje muy aproximado de corales afectados por algún grado de blanqueamiento o coloración azulada, violácea o rosada. Si lo prefiere, Indique abajo con una cruz:
Pobre (1%-10%) _____
Medio (11%-30%) _____
Fuerte (31%-50%) _____
Muy fuerte (51%-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____
15. Si vio presencia de corales de color violeta, azulado o rosado junto con otros blancos o pálidos, ¿Cuál fue el tipo dominante?
Los blanqueados _____
Los pálidos _____
Los violáceos, azulados y rosados _____
16. Si puede, indique cuanto es el cubrimiento (muy aproximado) del fondo rocoso por corales vivos, independientemente de que estén blanqueados o no (no incluya las partes arenosas o de cascajo en la estimación). Si lo prefiere hágalo marcando con una cruz abajo:

Bajo (1%-10%) _____
Medio (11%-30%) _____
Alto (31%-50%) _____
Muy Alto (51-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____
17. Si puede diga los tipos de corales (orejón, tarrito de venado, cerebro, de dedos, masivos, lechuga), o especies o géneros de corales más afectados (si se puede enumerar de especies, puede incluir hasta las 5 especies más afectadas):
18. Si puede diga qué porcentaje de los corales ya está muerto supuestamente <u>a causa del blanqueamiento</u> (los corales muertos recientemente no tienen tejido y poco a poco comienzan a ensuciarse y a cubrirse de algas y otras incrustaciones):
Bajo (1%-10%) _____
Medio (11%-30%) _____
Alto (31%-50%) _____
Muy Alto (51%-75%) _____
Casi total (76%-100%) _____
19. Si puede responder, ¿Qué tipos, géneros o especies de corales son los que más han muerto aparentemente <u>por el blanqueamiento</u> ?
20. Si lo conoce, ¿Cuándo empezó el blanqueamiento?
21. ¿Sabe en qué otros años hubo blanqueamiento importante en el lugar?
22. Otras observaciones:
23. Cualquier pregunta, sugerencia o duda que desee expresar:

Enviar a alcolado@ama.cu con copia a azuladomarino@hotmail.com.
 Gracias



Distintos grados de **blanqueamiento de corales**. A veces se ponen de color violeta, azul o rosado y eso es blanqueamiento también.

Corales blanqueados de color violeta o rosado (a la izquierda) y de color blanco (a la derecha)

