

# El futuro

HUMBERTO BAHENA

## Corales y arrecifes de coral

Los arrecifes de coral son ecosistemas que cuentan con una gran diversidad biológica y que se elevan como "oasis" desde el fondo hasta la superficie del agua, en los desiertos mares tropicales. Se presentan principalmente entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio, aunque su distribución no es regular ya que existen extensas costas sin ellos.

Para comprender mejor su modelo de distribución es necesario considerar que los responsables de formar la estructura básica de los arrecifes son los corales, cuya distribución obedece a factores ambientales condicionados geográficamente.

La palabra coral no es un término científico y agrupa de manera artificial a organismos pertenecientes a distintos órdenes y clases dentro del Filo Cnidaria.

No todos los corales pueden formar arrecifes; las especies capaces de hacerlo (hermatípicos), además de presentar un esqueleto de carbonato de calcio en la forma cristalina de aragonita, no se

distinguen de otras por diferencias estructurales básicas; su característica distintiva es la presencia de algas endozoicas que viven dentro de sus tejidos, conocidas generalmente como zooxantelas.

La relación simbiótica alga-coral, además de permitirle al coral producir su propia comida (por ser el alga un vegetal, puede llevar a cabo la fotosíntesis), le otorga otras ventajas, como la eliminación de desechos metabólicos, entre los que destacan el bióxido de carbono y compuestos de fósforo y nitrógeno; la contribución directa de nutrientes, la concentración y reciclaje de nutrientes limitativos como el fósforo y el aumento de la tasa de calcificación o la velocidad a la que depositan su esqueleto aragonítico. Esta última ventaja les permite a los corales hermatípicos formar sus esqueletos a una tasa más rápida que la erosión ambiental, dato importante si se piensa que los esqueletos son los "ladrillos" en la construcción de la estructura del ecosistema. En otras palabras, la habilidad que tienen

los corales para usar la energía del sol y acrecentar su calcificación, es la clave de la existencia de todos los arrecifes modernos.

Los arrecifes de coral son muy importantes para México pues además de su belleza y diversidad biológica, generan una importante derrama de recursos económicos. Por ejemplo, en el estado de Quintana Roo, el turismo se basa en buena medida en la presencia de los arrecifes y es responsable de un porcentaje muy alto de los ingresos de divisas. Las playas de arenas blancas y tonos de mar de azules multicolores no existirían de no ser por la presencia de arrecifes de coral en la zona.

Desgraciadamente, estos ecosistemas no sólo sufren el deterioro causado por la contaminación y sobreexplotación de sus recursos de manera local, sino que están amenazados a escala planetaria por el cambio climático global, derivado de la acumulación e incremento de los llamados gases invernadero en la atmósfera.

### Crecimiento de los corales

En el crecimiento de los corales intervienen dos componentes: el crecimiento del tejido vivo, que se da principalmente por medio de reproducción asexual, y el crecimiento de las partes duras del coral o el esqueleto, que se da por la acumulación de carbonato de calcio producido por el tejido. Una fase no puede suceder sin la otra, por lo que ambas son indispensables.

A principios de la década de 1970 se descubrió que si se toman radiografías de los esqueletos de algunos corales masivos, pueden verse dos bandas distintas: una de alta y otra de baja densidad (figura 2).

Cuadro 1: Grupos taxonómicos de corales y nombres comunes (\* grupos en donde existen formas hermatípicas)

Clase	Subclase	Orden	Nombre común
Hydrozoa		Milleporina*	Corales de fuego
		Stylasterina	Corales violeta
Anthozoa	Alcyonaria	Alcyonacea	Corales blandos
		Gorgonacea	Corales córneos
		Helioporacea*	Corales azules
		Stolonifera	Coral órgano ( <i>Tubipora</i> )
		Zoantharia	Scleractinia*
	Cerianthipataria	Anthipataria	Corales negros

# de los arrecifes de coral

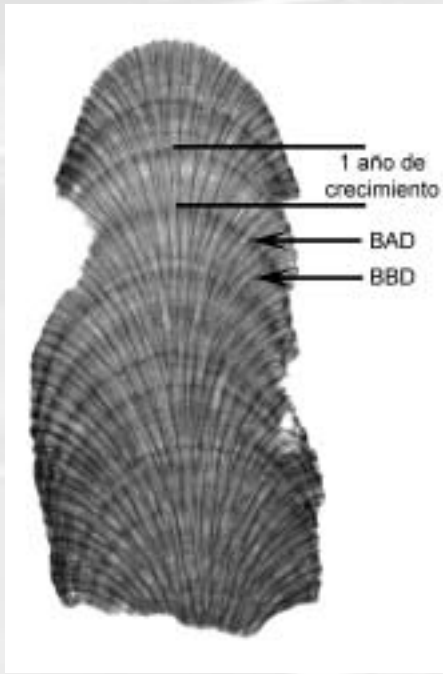


Figura 2. Contacto fotográfico de una radiografía del coral *Montastraea annularis*. Las flechas señalan las bandas de alta densidad (BAD) y de baja densidad (BBD). Cada par de bandas alternas constituyen un año de crecimiento. Los corales que pertenecen al género *Montastraea* son los constructores arrecifales más importantes del Atlántico Oeste.

Con estas bandas podemos describir el crecimiento de los corales, utilizando dos parámetros: la tasa de extensión esquelética, es decir, su crecimiento lineal en el tiempo (expresado en cm por año<sup>-1</sup>) y la tasa de calcificación o su crecimiento por adición de masa por unidad de área en el tiempo (expresado en g por cm<sup>-2</sup> al año<sup>-1</sup>). La primera se obtiene directamente de la radiografía del coral utilizando una regla; la segunda se calcula multiplicando a la densidad (g por cm<sup>-3</sup>) promedio del esqueleto durante el año por la tasa de extensión esquelética correspondiente.

Las bandas anuales contienen información valiosa tanto del propio crecimiento como de las condiciones en las que se llevó a cabo; con tal descubrimiento se abrió el camino para la reconstrucción ambiental de largos periodos de tiempo en las zonas tropicales. El bandeo ha provisto un registro de la respuesta de los corales a distintas condiciones ambientales, tanto a escala temporal como espacial; ha facilitado la identificación de los controles ambientales más importantes con efectos sobre

el crecimiento de los corales, y ha permitido realizar proyecciones de los posibles impactos en el ecosistema arrecifal causados por el incremento de la temperatura superficial de los océanos.

### La temperatura superficial del agua y la tasa de calcificación

A escala espacial se ha visto que la tasa de calcificación de los corales aumenta con el incremento de la temperatura del agua superficial, de tal forma que aquellos corales que habitan en aguas más cálidas tienen mayores tasas de calcificación. Por ejemplo, los corales de los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano, donde la media anual de temperatura es de 26.2°C, tienen tasas de calcificación más bajas que los del Caribe mexicano, donde la media anual es de 28.1°C aproximadamente.

Esto podría hacer pensar que en el escenario del incremento de la temperatura del agua oceánica aunado al cambio climático global, la tasa de calcificación de los corales podría verse favorecida, pero no es así. Tanto los arrecifes de Veracruz como los del Caribe se originaron hace unos 10,000 años y los corales han tenido todo ese tiempo para aclimatarse a las condiciones ambientales de cada sitio. Cuando experimentalmente se exponen corales a gradientes ascendentes de temperatura y se les mide la tasa de calcificación, ésta va aumentando hasta llegar a una temperatura óptima, para después empezar a decrecer (figura 3).

Así, la sensibilidad térmica de los corales hermatípicos ha sido señalada como su "talón de aquiles" y los arrecifes de coral se encuentran entre los primeros ecosistemas que sufren los impactos del calentamiento global.

Por ejemplo, la situación está ligada al fenómeno de blanqueamiento de coral, el cual se ha presentado en todos los mares tropicales del planeta

desde los inicios de la década de 1980. Biológicamente hablando, el blanqueamiento es la ruptura de la relación entre los corales y sus zooxantelas. Cuando los corales pierden estas algas, es posible ver el esqueleto blanco a través del transparente tejido coralino; dejan de reproducirse y de depositar su esqueleto de carbonato de calcio, por lo que ya no crecen y también son más sensibles a las enfermedades. En caso de que el estrés térmico se prolongue por mucho tiempo, el fenómeno puede causar la muerte de los corales. Durante 1998 (que de acuerdo con el registro climático reciente, fue al año más caliente antes de 2005) se sucedieron blanqueamientos de coral en prácticamente todos los arrecifes del planeta. En algunos, por ejemplo en el Pacífico mexicano, murieron más del 90% de los corales. A escala planetaria se calcula que se perdió alrededor del 16% de la cobertura coralina.

En los últimos 25 años, el fenómeno de blanqueamiento se ha relacionado con temperaturas del agua superficial anómalamente altas e incluso se ha detectado un aumento en su frecuencia, severidad y cobertura geográfica con el paso de los años. Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, la temperatura de los

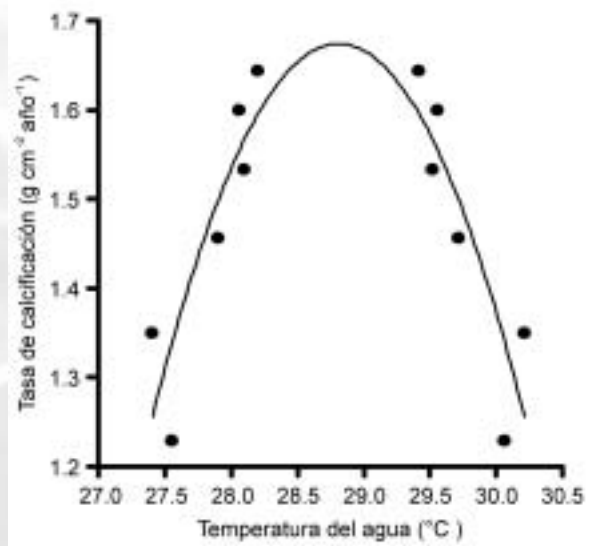


Figura 3. Comportamiento de la tasa de calcificación en función de un gradiente ascendente de temperatura del agua. En este ejemplo, la temperatura óptima para la calcificación es de 28.8°C.

océanos tropicales seguirá incrementándose durante este siglo hasta alcanzar, a fines del mismo, alrededor de 2.5°C sobre la temperatura actual. Esta situación es muy preocupante, pues los eventos de blanqueamiento cada vez serán más frecuentes, severos y con mayor cobertura geográfica.

Ahora sabemos, gracias a las investigaciones que hemos realizado en el Laboratorio de Corales Pétreos y Macroalgas de la Unidad Chetumal de ECOSUR, que el estrés térmico no siempre conlleva al fenómeno de blanqueamiento, pero que desgraciadamente sí causa efectos subletales o crónicos en los corales, afectando sobre todo sus tasas de calcificación.

Como se mencionó antes, la calcificación es uno de los procesos biológicos más importantes de los arrecifes, pues permite a los corales hermatípicos producir grandes cantidades de roca de carbonato de calcio que contrarrestan la erosión física que sufre la estructura arrecifal. Si ésta se ve afectada, en su momento también se afectará de manera fundamental la función arrecifal, la capacidad de recuperación y la sobrevivencia del ecosistema.

Así, en el bandeo de distinta densidad se reconocen ya signos negativos del estrés térmico que si bien no es tan fuerte como para causar blanqueamiento, queda registrado en el esqueleto del coral como una banda doble de alta densidad en un año (figura 4).

Asimismo, en algunas zonas de nuestro país, como en los arrecifes de Veracruz o del Caribe mexicano, ya se observa una caída en la tasa de calcificación ligada al aumento de la temperatura del agua superficial durante los últimos 20 años (figura 5).

Se prevé que la tasa de calcificación bajará dramáticamente durante los próximos 20 años, al grado de que la tasa de crecimiento del arrecife será menor que la de erosión.

Si los corales dejan de crecer o mueren, la erosión ambiental puede destruir en pocos años la estructura geológica arrecifal, resultado de miles de años de

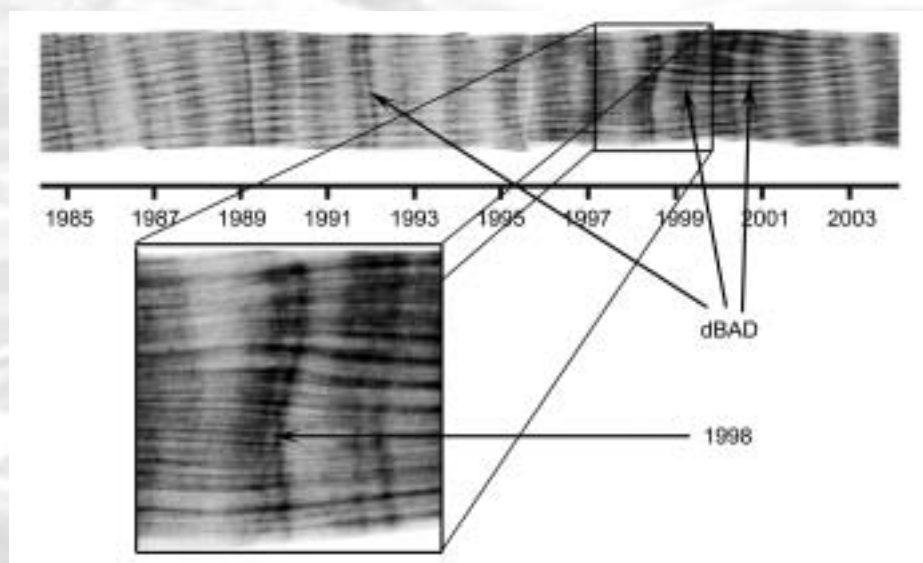


Figura 4. Contacto fotográfico de una radiografía de un núcleo del coral *Montastraea franksi* en donde se observa el bandeo de distinta densidad de 1985 a 2003. Nótese las bandas dobles de alta densidad (dBAD). La señalada en el recuadro inferior corresponde a la aparecida en el cálido 1998.

crecimiento. El futuro de estos valiosos ecosistemas no luce muy halagador y, a menos que tomemos medidas para reducir la emisión de gases invernadero a la atmósfera y para frenar la deforestación de selvas y bosques, corremos

el riesgo de perder para siempre a los arrecifes de coral y los servicios ambientales que nos proporcionan. ☹️

Juan Pablo Carricart-Ganivet es investigador del Área de Conservación de la Biodiversidad, ECOSUR Chetumal (jpcarri@ecosur-qroo.mx).

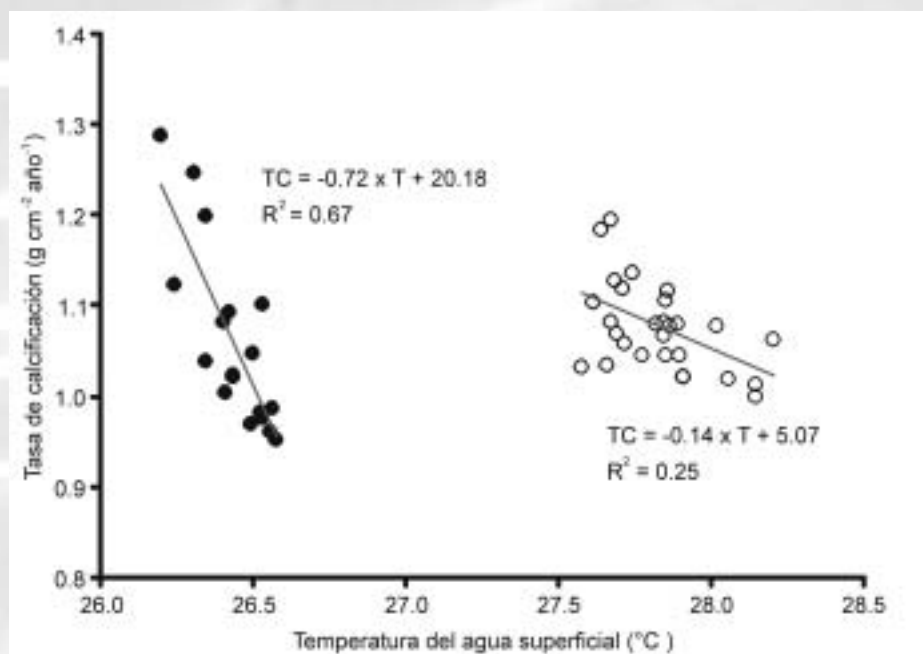


Figura 5. Comportamiento de la tasa de calcificación del coral *Montastraea faveolata* en función del aumento de la temperatura del agua superficial debido al calentamiento global en Veracruz (círculos llenos) y en el Caribe mexicano (círculos vacíos). Las líneas rectas representan la caída. Nótese que en Veracruz dicha caída es más abrupta a pesar que la temperatura es más baja. En las ecuaciones de regresión TC = tasa de calcificación y T = temperatura; ambas ecuaciones son significativas.