



# Arrecifes coralinos, ¿víctimas de los cambios?

CARLOS JIMÉNEZ

La noción de que los arrecifes coralinos son ecosistemas con una capacidad de recuperación inigualable se basó en la historia geológica de los diferentes organismos formadores de estas estructuras tridimensionales. Es desde hace aproximadamente 230 millones de años, luego de la extinción masiva del Pérmico-Triásico, que los corales escleractíneos (pétreos) son los constructores de los arrecifes actuales (Stanley 2003). Antes de los escleractíneos, otros grupos de organismos, incluyendo corales, eran los constructores de arrecifes. Aunque esa extinción fue una de varias, el ecosistema arrecifal se re-estableció con cambios en los organismos constructores del arrecife. Es probable que la asociación del coral con las algas endosimbióticas (las zooxantelas), relación que permite la construcción relativamente rápida de las enormes estructuras calcáreas que llamamos arrecifes, sea tan exitosa que se reinventó varias veces, es decir, se estableció de nuevo después de las extinciones (Copper 1994, Wood 1999). Sin embargo, esa resiliencia (capacidad de recuperación después de un disturbio) a través del tiempo en la escala geológica ha sido mal interpretada frecuentemente, y se asume que los arrecifes coralinos podrán sobrevivir los actuales impactos ocasionados por muy diversos factores incluyendo las actividades humanas.

Si bien es cierto que los ambientes arrecifales se han re-establecido después de varias extinciones masivas de organismos, la fragilidad de los actuales arrecifes coralinos ha quedado demostrada, por ejemplo, en varios trabajos recientes en los que se analizó la mayor parte de la información disponible sobre los arrecifes de la región del Caribe (Gardner *et al.* 2003). Los resultados sugieren que hay una disminución significativa en la cobertura viva de coral, un aumento en la de algas, cambios en la estructura de la cadena alimentaria y en los procesos que influyen directamente en la comunidad coralina (e.g. herbivoría). Los factores que con mayor probabilidad están asociados al deterioro regional de los arrecifes frecuentemente actúan a escalas espaciales y temporales diferentes y es difícil distinguir el alcance de su contribución (Hughes *et al.* 2003). Por ejemplo, los brotes epidémicos pueden estar interactuando con los efectos acumulativos del aumento en la sedimentación terrígena durante eventos climáticos globales. Es decir, la interacción de factores ambientales, biológicos y humanos está ocasionando estragos. El calentamiento global es un ejemplo de ello. Las consecuencias de éste no se limitan a una elevación de la temperatura y el nivel del mar, sino que implica también que la química del agua de mar cambiará (se hará más ácido) de manera que el proceso (calcificación) mediante el cual los organismos secretan el carbonato de calcio con que construyen el esqueleto o estructuras de soporte disminuirá produciendo una reducción en el crecimiento (Kleypas *et al.* 2006, IPCC 2007). Si se tiene esqueletos menos resistentes y el crecimiento es más lento, la integridad del arrecife coralino será comprometida seriamente. Adicionalmente, con la acidificación del mar aumentará la tasa natural de disolución de carbonatos (rocas, esqueletos o estructuras arrecifales) en el mar, lo que aunado a bajas tasas de calcificación disminuirá mucho más la capacidad de construir arrecifes.

Los arrecifes coralinos modernos están asediados por las actividades humanas llevadas a cabo en tierra y en el mismo arrecife. Estas fuentes terrígenas de estrés varían de acuerdo al tipo de uso de la tierra y las condiciones oceanográficas y ambientales. Por ejemplo, durante la época de lluvias las actividades agrícolas y desarrollos en las cuencas hidrológicas generalmente incrementan el aporte de sedimentos, nutrimentos, elementos contaminantes (metales pesados, herbicidas y pesticidas) y bacteriales. Por otro lado, los centros poblacionales sin un control adecuado de las aguas residuales también aportan nutrimentos, bacterias y sustancias contaminantes sólidas y disueltas. No es necesario que los centros poblacionales sean grandes, basta que un pequeño caserío descargue las aguas residuales directamente al mar para tener un aporte de nutrimentos que favorecerá la proliferación de ciertos grupos de organismos (e.g. algas planctónicas o bentónicas).

Regresando al caso de los arrecifes en el Caribe, no está claro si el deterioro en la mayoría de ellos es permanente o transitorio. Así como tampoco está claro cómo se define un arrecife en deterioro. Para muchos el deterioro es sinónimo de una reducción en la cobertura viva de corales, para otros es un cambio sustancial en la estructura de la comunidad donde los corales dejan de ser los principales constructores de la estructura arrecifal (Rogers y Miller 2006). La situación se complica cuando se considera la dimensión temporal en que estos cambios suceden, es decir, cuando son cambios que ocurren gradualmente a lo largo de varios años o décadas o cuando

sucedan en pocos años o meses. A pesar de que hay esfuerzos por conocer las historias de los arrecifes durante los últimos milenios (Pandolfi *et al.* 2003), las series temporales más largas (con años consecutivos) que documentan los cambios de la cobertura viva y el crecimiento de corales en el Caribe, por ejemplo, abarcan escasamente 32 años en la historia actual de los sitios (Gardner *et al.* 2003). Aunque los cambios en las condiciones ambientales hayan sido muy abruptos durante el mismo intervalo y difícilmente pasen desapercibidos, son períodos de tiempo sumamente reducidos que no permiten reconstruir una historia a largo plazo de los cambios y dificultan hacer inferencias o proyecciones del destino de estas comunidades coralinas en los próximos años.

El crecimiento coralino, la cobertura de coral vivo en los arrecifes, la incidencia de heridas y la capacidad de recuperación de las colonias son algunos de los parámetros que se utilizan para medir el “pulso” del arrecife coralino. En Costa Rica, hemos estado estudiando algunos de estos parámetros durante los últimos 30 años (Cortés y Jiménez 2003). Desde finales de los años setenta, por ejemplo, se mide la cobertura de coral vivo en algunos sectores del arrecife del Parque Nacional Cahuita. Sin embargo, la serie temporal más larga y con menos interrupciones para este arrecife es a partir de 1984 (figura 1a). Los cambios en el porcentaje de cobertura de coral vivo son significativos al comparar los datos de los ochenta con los más recientes, y es posible apreciar la relación entre la disminución en el porcentaje de cobertura viva y algunos eventos que ocurrieron en ese mismo tiempo (e.g. blanqueamiento de corales, terremoto 1991, inundaciones). De igual manera, en otra serie temporal de la cobertura viva en un arrecife en la zona de afloramiento del Pacífico norte de Costa Rica (golfo de Papagayo) (figura 1b), las fluctuaciones en la cobertura responden al efecto de factores estresantes de diversos tipos (mareas rojas, derrumbes y blanqueamientos asociados a calentamientos del agua de mar).

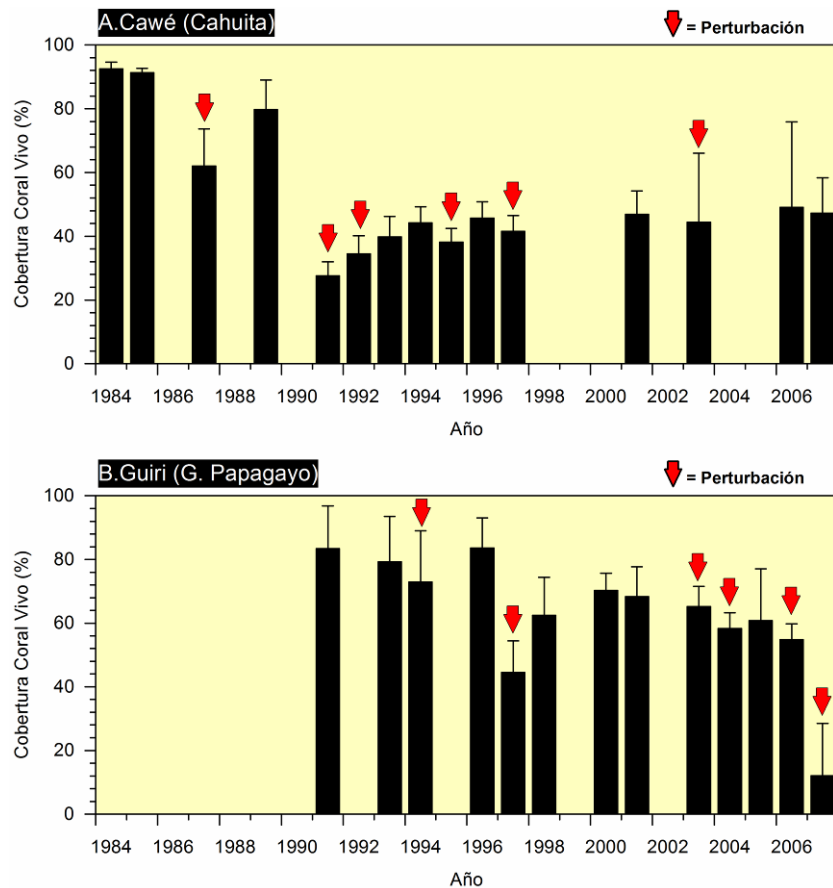


Figura 1. Porcentaje promedio (+1 DS) de cobertura (método del transecto con cadena, cinco transectos de 10 m de longitud) de coral vivo en (A) el parche arrecifal Cawé, dominado por el coral *Acropora palmata*, Parque Nacional Cahuita, 4 m de profundidad, y en (B) el arrecife Güiri-Güiri, construido por el coral *Pavona clavus*, bahía Culebra, golfo de Papagayo, 7 m de profundidad. Las flechas indican los años en que la cobertura presentó cambios atribuibles a los efectos de diversas perturbaciones, particularmente el terremoto de Limón (1991), blanqueamientos y mortalidad de corales asociados a calentamientos del agua de mar (1995) y *El Niño* (1987, 1997, 2003, 2007), inundaciones (1991, 1992, 2003) derrumbes y escombros de una construcción (1994), mareas rojas (2003, 2004, 2007).

La cobertura viva de coral, como mencionamos anteriormente, es uno de los signos vitales del arrecife pero debe ser analizada junto con el estudio de otros aspectos diagnósticos como lo es el crecimiento del coral. A diferencia de la cobertura viva en el arrecife, las series temporales de las tasas de crecimiento de varias especies de corales en Costa Rica pueden ser de varias décadas e, inclusive, de más de un siglo. Los corales depositan el

esqueleto de carbonato de calcio en diferentes bandas de densidad siguiendo patrones estacionales de acuerdo con las condiciones ambientales (Knutson *et al.* 1972). Al igual que en el estudio de los anillos de los árboles, el análisis de las bandas de crecimiento en el esqueleto nos permite identificar los años y hacer un análisis retrospectivo, es decir, una reconstrucción del crecimiento. Además de las tasas de crecimiento, en las bandas de crecimiento se puede estudiar la composición química del esqueleto y, de esta manera, reconstruir las condiciones ambientales al momento en que se depositó el material esquelético (Gagan *et al.* 2000). Así, si se encuentra colonias coralinas centenarias se tendría un archivo de información centenaria. En Costa Rica tenemos varias series temporales del crecimiento de corales en el Pacífico y el Caribe (figura 2). Al igual que los cambios interanuales en la cobertura, las tasas de crecimiento se pueden relacionar con eventos que ocurrieron en ese mismo periodo de tiempo y que alcanzaron a afectar el crecimiento.

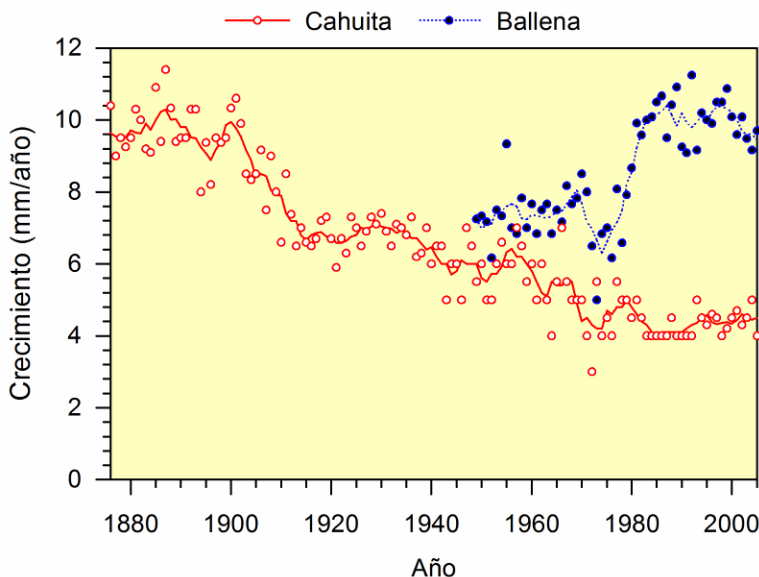


Figura 2. Tasas promedio (tres colonias) del crecimiento (mm/año) de corales en el Parque Nacional Cahuita (*Siderastrea siderea*) y en el Parque Nacional Marino Ballena (*Porites lobata*). Las líneas indican el promedio flotante (3-años). El crecimiento en Cahuita hace 100 años era más del doble del actual. Por el contrario, en Ballena el crecimiento hace 60 años era menor. Estas tendencias coinciden con un incremento en el uso de la tierra (Cahuita) y con el cambio en el cauce de un río cuya descarga afectaba directamente los corales (Ballena).

En síntesis, los arrecifes coralinos son ambientes cuya capacidad de recuperación está comprometida por la acción de factores que interactúan de muy distintas maneras y en diferentes intensidades a través del tiempo. El factor humano, es decir, la gama de actividades que se realiza en tierra y en los arrecifes mismos, es el que ha demostrado tener los efectos negativos más directos y duraderos. Que hay que controlar las actividades en la costa para poder proteger y ayudar en la recuperación natural de los arrecifes es un hecho que se ignora hasta el punto en que el deterioro es tan avanzado que las perspectivas de recuperación son muy bajas o nulas.

#### Referencias bibliográficas

- Copper, P. "Ancient reef ecosystem expansion and collapse", en *Coral Reefs* 13, 1994.
- Cortés, J. y C. Jiménez. "Past, present and future of the coral reefs of the Caribbean of Costa Rica" en Cortés, Jorge. 2003. *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam
- Gagan, M.K. *et al.* "New Views of Tropical Paleoclimates from Corals", en *Quaternary Science Reviews* 19, 2000.
- Gardner, T. A. *et al.* "Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals", en *Science* 301, 2003.
- Hughes, T. P. *et al.* "Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs", en *Science* 301, 2003.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. WMO, UNEP. Paris.
- Kleypas J.A. *et al.* 2006. *Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers. A Guide for Future Research, Rep Workshop*. NSF, NOAA, USGS. Washington.
- Knutson D.W. *et al.* "Coral chronometers: seasonal growth bands in reef corals", en *Science* 177, 1972.
- Pandolfi, J. M. *et al.* "Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems", en *Science* 301, 2003.
- Rogers, C.S. y J. Miller. "Permanent 'phase shifts' or reversible declines in coral cover? Lack of recovery of two coral reefs in St. John, US Virgin Islands", en *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 306, 2006.
- Stanley Jr., G. D. "The evolution of modern corals and their early history", en *Earth-Science Reviews* 60, 2003.
- Wood, R. 1999. *Reef Evolution*. Oxford Univ. Press. Oxford.

