

## Concentración de clorofila a en colonias de *Pocillopora verrucosa* (Scleractina) durante un blanqueamiento coralino en el Golfo de California, México (1997)

Adrián Munguía-Vega y Héctor Reyes-Bonilla

Universidad Autónoma de Baja California Sur. Departamento de Biología Marina. Apartado Postal 19-B, CP 23080, La Paz, Baja California Sur. México. Fax: (112) 1-28-01. Correo electrónico: airdrian@hotmail.com; hreyes@calafia.uabcs.mx

Recibido 18-IX-1998. Corregido 23-IV-1999. Aceptado 11-V-1999.

**Abstract:** El Niño-Southern Oscillation 1997-98 significantly elevated sea temperatures in the Gulf of California and caused widespread coral bleaching starting in July 1997. Changes in chlorophyll a concentration by unit of area (cm<sup>2</sup>) among normal, discolored and totally bleached colonies of the coral *Pocillopora verrucosa* (= *P. elegans*) were determined in 27 colonies collected in October, 1997 at Ensenada de Muertos, Baja California peninsula, México (24° 03' N), by spectrophotometric determinations. Mean pigment values varied from 2.06 µg/cm<sup>2</sup> to 1.12 µg/cm<sup>2</sup> and 0.09 µg/cm<sup>2</sup> among normal, decolorated and totally bleached colonies, respectively, although statistically significant differences only appeared between completely bleached and normal corals. The low chlorophyll concentration of the healthy-looking ("normal") corals and the lack of differences in pigment concentrations between these and partially bleached corals, indicated that the former had actually suffered a previous loss of pigmentation and may have been recovering when sampled.

**Key words:** Bleaching, *Pocillopora verrucosa*, Chlorophyll a, Zooxanthellae, ENSO, Corals.

El fenómeno de blanqueamiento se presenta cuando un coral pierde o degrada sus zooxantelas o los pigmentos que éstas contienen, debido a una perturbación severa que altera su asociación simbiótica y hace visible el color blanco del esqueleto coralino (Brown 1997). De entre las múltiples causas que lo provocan, la más importante parece ser la elevación excesiva de la temperatura oceánica (Glynn 1993). Una consecuencia clave de la pérdida de los dinoflagelados simbiotes es la mortalidad coralina asociada, la cual puede ir de mínima a extrema dependiendo del tiempo de duración y la naturaleza del evento que causa el daño (Williams & Bunkley-Williams

1990). Los casos más dramáticos fueron observados en el Pacífico oriental tropical luego del fenómeno de Oscilación Sureña del Niño de 1982-1983, cuando hubo mortalidades severas (del 50% a más del 95% de la cobertura coralina viva) en comunidades arrecifales de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador (Glynn 1988).

En julio de 1997 se detectó el inicio de un evento de blanqueamiento coralino en el sur del Golfo de California y otros sitios del Pacífico Mexicano; en el golfo resultaron particularmente afectadas *Pocillopora verrucosa* (Ellis y Solander, 1786) [= *P. elegans* Dana, 1846], *P. capitata* Verrill, 1864, *P. damicornis*

(Linneo, 1758), *P. meandrina* Dana, 1846, *Porites panamensis* Verrill, 1866, *Pavona clavus* (Dana, 1846), y *Pavona gigantea* Verrill, 1869. El fenómeno se extendió hasta noviembre del mismo año, pero tuvo su mayor intensidad entre agosto y octubre, cuando se observó mortalidad de colonias en aguas someras (Reyes-Bonilla en prensa). Como parte de los estudios que se condujeron para caracterizar este fenómeno, se analizó la concentración de clorofila a por unidad de área en colonias de *Pocillopora verrucosa* de apariencia normal, y en aquellas que presentaban blanqueamiento parcial (decoloración) o total. Se eligió este coral por ser el dominante en el sur del Golfo de California, presentando normalmente coberturas superiores al 20% en los arrecifes de la región (Beltrán-Ramírez 1999).

El estudio se llevó a cabo durante octubre de 1997 (cuando la anomalía térmica superó los 2° C en el Golfo de California, y se alcanzaron temperaturas de 31° C; Reyes-Bonilla *et al.* 1998), en la localidad de Ensenada de Muertos (24° 03' N; 109° 50' W), ubicada en la porción sureste de la Península de Baja California, México. Se recolectó un total de 27 ramas individuales de distintas colonias de *P. verrucosa* a una profundidad de 3 m: nueve de corales de apariencia normal, nueve que presentaban blanqueamiento parcial y nueve completamente sin color. Las muestras fueron transportadas al laboratorio en agua de mar a temperatura ambiente, permaneciendo dos horas en estas condiciones. Luego, el tejido de cada fragmento fue separado del esqueleto mecánicamente por raspado y con ayuda de chorros de agua de mar filtrada, y posteriormente se estimó el área que ocupaba, midiendo la altura y diámetro máximo de cada brazo de coral con un vernier (precisión  $\pm 0.1$  mm), y considerando su forma como la de un cilindro.

Para el aislamiento de la clorofila  $\alpha$  de cada muestra, se centrifugaron 8 ml de la mezcla de tejido coralino y agua, con 0.1 g de  $MgCO_3$  (para evitar la desnaturalización de la clorofila a feofitina) por un tiempo de 10 min y a 3 000 rpm. Se eliminó el sobrenadante, se resuspendió la porción sedimentada y a partir

de ésta se realizó la extracción del pigmento usando 10 ml de acetona grado reactivo (Carricart-Ganivet 1993). Los tubos donde el pigmento se puso en solución fueron cubiertos con papel aluminio y se dejaron reposar durante 48 h en refrigeración, luego de lo cual se tomaron lecturas espectrofotométricas de absorbancia de cada muestra a 664 nm, 647 nm y 630 nm; cada lectura se corrigió restándole la absorbancia de un blanco de turbidez a 750 nm y se obtuvieron las concentraciones de clorofila a utilizando las ecuaciones señaladas por Parsons *et al.* (1984).

El promedio de las concentraciones de clorofila a obtenidas de los fragmentos de coral de apariencia normal fue de  $2.06 \pm 0.76$   $\mu g/cm^2$ , para los decolorados fue de  $1.12 \pm 0.78$   $\mu g/cm^2$  y para los totalmente blanqueados de  $0.09 + 0.07$   $\mu g/cm^2$  (Fig. 1). Cabe destacar que de las nueve muestras sin color que se analizaron, en cuatro de ellas la cantidad de clorofila a fue tan baja que el instrumento de medición no detectó lectura alguna. Los valores calculados de concentración de clorofila a por  $cm^2$  mostraron una distribución normal (Prueba de Kolmogorov-Smirnov,  $KW= 0.212$ ;  $P> 0.2$ ) y homogeneidad de varianzas (Prueba de Cochran,  $C= 0.507$ ;  $P>0.1$ ). Un análisis de varianza de una vía mostró diferencias significativas en la cantidad de clorofila a por unidad de área, en función de la condición de blanqueamiento ( $F_{2,24}= 9.31$ ;  $P< 0.005$ ). La prueba de Tukey reveló que la media de la concentración de pigmentos en corales de apariencia normal fue significativamente mayor a la de los totalmente blanqueados, pero no se encontró diferencia entre las medias de corales de coloración típica y los que presentaban decoloración leve, ni entre éstos últimos y los corales totalmente blanqueados.

El blanqueamiento observado en el sur del Golfo de California en 1997 debió presentarse como respuesta al incremento anormal en la temperatura del agua en la región causado por la Oscilación Sureña de "El Niño" (Reyes-Bonilla *et al.* 1998). Glynn & D'Croz (1990), Feingold (1995), Maté (1997) y Huerkamp (1998) demostraron que colonias

de varias especies de coral que habitan el Pacífico oriental sufren blanqueos luego de quedar expuestas a temperaturas experimentales altas, lo cual apoya la hipótesis presentada. No obstante ello, los valores de clorofila a estimados por Feingold (1995) y Huerkamp (1998) en colonias de *P. verrucosa* no afectadas por blanqueamientos (de 3 a 28  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) fueron superiores a los encontrados en el golfo (Fig. 1). En los experimentos citados, donde se emplearon colonias recolectadas de 4 a 8 m de profundidad, concentraciones de pigmentos semejantes a las observadas en México aparecieron sólo en corales que habían estado expuestos por lo menos 14 días a temperaturas elevadas. Esto indica que aunque los ejemplares recolectados en el presente estudio aparentemente estaban en buenas condiciones, quizá habían sufrido daños previos a la fecha de su análisis, lo que explicaría el por qué los contenidos de clorofila a por centímetro cuadrado de las colonias de apariencia normal no eran significativamente diferentes a los encontrados en aquellas que presentaban decoloración parcial. Para concluir, puede decirse que considerando que a fines de octubre las mortalidades coralinas cesaron y se inició la etapa de recuperación (Reyes-Bonilla *et al.* 1998), es posible que las colonias de *P. verrucosa* aquí estudiadas hayan presentado tal estado cuando fueron extraídas. La idea se ve apoyada por la observación de que más del 60% de los corales blanqueados recuperaron su coloración para los últimos meses de 1997.

El trabajo de campo se llevó a cabo con el apoyo logístico de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (contrato FB342/H337/96), y con la colaboración de Nadia Olivares, Maribel Santibáñez, Hever Latisnere, Efraín Chávez y Carlos Aguilar (UABCS). Se agradecen también los comentarios y sugerencias sobre el manuscrito de parte de dos árbitros anónimos, de Juan Pablo Carricart-Ganivet, Aurora Beltrán-Torres (El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal) y Efrén Hernández (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz).

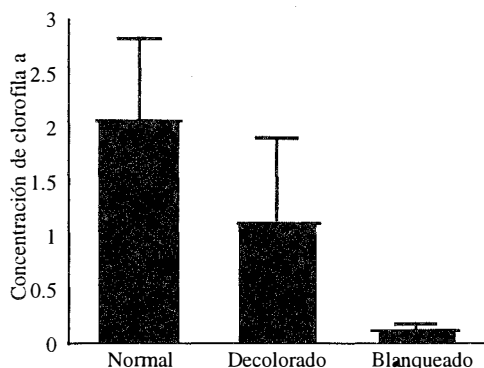


Fig. 1. Concentración de clorofila  $\alpha$  (promedio y error típico; unidades en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) en colonias de *Pocillopora verrucosa* de pigmentación normal, con decoloración y con blanqueamiento total, recolectadas en Ensenada de Muertos, Golfo de California, México (24° 03' N), en octubre de 1997. En todos los casos  $n=9$ .

Fig. 1. Concentration of chlorophyll  $\alpha$  (mean and standard error; units in  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) of *Pocillopora verrucosa* colonies with normal pigmentation, decoloration and full bleaching, collected at Ensenada de Muertos, Gulf of California, México (24° 03' N), in October, 1997. In all cases  $n=9$ .

## REFERENCIAS

- Beltrán-Ramírez, V.H. 1999. Estructura de la comunidad de siete arrecifes coralinos del sur del Golfo de California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.
- Brown, B.B. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16: S129-S138.
- Carricart-Ganivet J.P. 1993. Blanqueamiento parcial en *Porites porites* (Cnidaria: Scleractinia) en el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 41: 495-498.
- Feingold, J.S. 1995. Effects of elevated water temperature on coral bleaching and survival during the El Niño disturbance events. Ph.D. Thesis, University of Miami, Coral Gables, U.S.A.
- Glynn, P.W. 1988. El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: nearshore population, community, and ecosystem responses. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 19: 309-345.
- Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12: 1-17.

- Glynn, P.W. & L. D'Croz. 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of the El Niño-coincidental coral mortality. *Coral Reefs* 8: 181-191.
- Huerkamp, C. 1998. Responses of five eastern Pacific reef-building coral species to experimentally elevated temperature: susceptibility to bleaching and ability to recover. Master's Thesis, University of Rostock, Rostock, Germany.
- Maté, J.L. 1997. Experimental responses of panamanian reef corals to high temperature and nutrients. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panamá* 1: 515-520.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon, Oxford. 173 p.
- Reyes-Bonilla, H. En prensa. Coral reefs of the Pacific coast of México. In J. Cortés (ed.). *Coral reefs of Latin America*. Elsevier, Amsterdam.
- Reyes-Bonilla, H., V.H. Beltrán-Ramírez, E. Ochoa-López & I. Suárez-González. 1998. Efectos de El Niño 1997-98 sobre corales y arrecifes coralinos del Golfo de California, Islas Revillagigedo y Clipperton. *Res. XI Congr. Nac. Oceanogr. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México*. 182 p.
- Williams, E. H. & L. Bunkley-Williams. 1990. The worldwide coral reef bleaching cycle and related source of coral mortality. *Atoll Res. Bull.* 335: 1-71.