

## Parámetros poblacionales de *Porites panamensis* (Anthozoa: Scleractinia), en el arrecife de Cabo Pulmo, México

Héctor Reyes Bonilla y Luis Eduardo Calderón-Aguilera

Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Departamento de Ecología. Apartado postal 2732, Ensenada, B.C. México.

(Rec. 2-IV-1993. Acep. 27-X-1993)

**Abstract:** The abundance of *Porites panamensis* was estimated with 21 belt transects (50 X 1 m; total sampled area 1050 m<sup>2</sup>) at the Cabo Pulmo Reef, Mexico. The species occupies 4-8% of the bottom and is more abundant in deeper zones (circa 10 m). The calculated yearly mortality rate (8-14%) is constant throughout the reef and it is similar to others reported for the genus. Assuming a steady state of the population, the yearly recruitment rate should be low, since recruit density ranged from 0.3 to 0.8 colonies/m<sup>2</sup>. The renewal time of the population was estimated in 7 to 13 years, suggesting a constant genetic recombination that may help develop local adaptations by selection. The recruit abundance was not proportional to adult abundance, perhaps because *P. panamensis* is gonocoric and its larvae spend several days in the water, a process which helps homogenize the distribution of planulae in the reef.

**Key words:** *Porites panamensis*, population parameters, mortality rate, recruitment, Gulf of California, coral reef.

Las investigaciones sobre aspectos de la biología poblacional de corales hermatípicos en el Pacífico oriental tropical se han centrado en la estimación de las abundancias de las especies y en la determinación de sus tasas de crecimiento en diferentes localidades y condiciones (Glynn *et al.* 1972, 1982, Glynn & Wellington 1983, Guzmán & Cortés 1989a, b). La mayor parte de la información se ha generado en los arrecifes de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. A este respecto, para México sólo existen datos sobre la abundancia de corales en el Golfo de California y Guerrero (Reyes Bonilla 1993), pero el arrecife de Cabo Pulmo, en el Golfo, es el más ampliamente estudiado (Steinbeck & Ricketts 1941, Squires 1959, Brusca & Thomson 1975, Arizpe & Alvarez 1987, Robinson & Thomson 1992, Reyes Bonilla 1993).

Antes de la extirpación de las poblaciones de Costa Rica y Panamá, causada por el evento

de "El Niño" (Guzmán *et al.* 1987, Glynn & Colgan 1992), *Porites panamensis* Verrill, 1870, se distribuía desde el norte del Golfo de California hasta Colombia (Squires 1959, Glynn *et al.* 1982). De la biología de este coral se conoce la cobertura que alcanzó en Costa Rica (Guzmán *et al.* 1987) y en Panamá (Porter 1974, Glynn 1976), la abundancia, el patrón de distribución y la tasa de crecimiento de colonias que no estaban fijas al fondo, llamadas "coralitos" (del inglés coralliths) en Panamá (Glynn 1974), información sobre su habilidad competitiva y su resistencia a la desecación (Glynn 1976) y datos sobre su reclutamiento y sistema reproductivo en Panamá (Smith 1991).

En México, *P. panamensis* ha sido encontrada en todo el Golfo de California, la costa occidental de la península de Baja California, Nayarit, Guerrero y Oaxaca (Durham 1947, Squires 1959, Reyes Bonilla 1990). En la mayoría de los trabajos ha sido identificada como

CUADRO 3

Reclutamiento estimado y tiempo de recambio de la población de *Porites panamensis* en el arrecife de Cabo Pulmo

Barra	Colonias/m <sup>2</sup>	Tasa de reclutamiento	Reclutas/m <sup>2</sup>	Tiempo de recambio poblacional	Número de reclutas (% del total)
I	3.24	0.079	0.26	12.7	3.8X10 <sup>3</sup> (33)
II	2.52	0.143	0.36	7.0	3.2X10 <sup>3</sup> (28)
III	8.54	0.087	0.77	11.5	4.6X10 <sup>3</sup> (39)

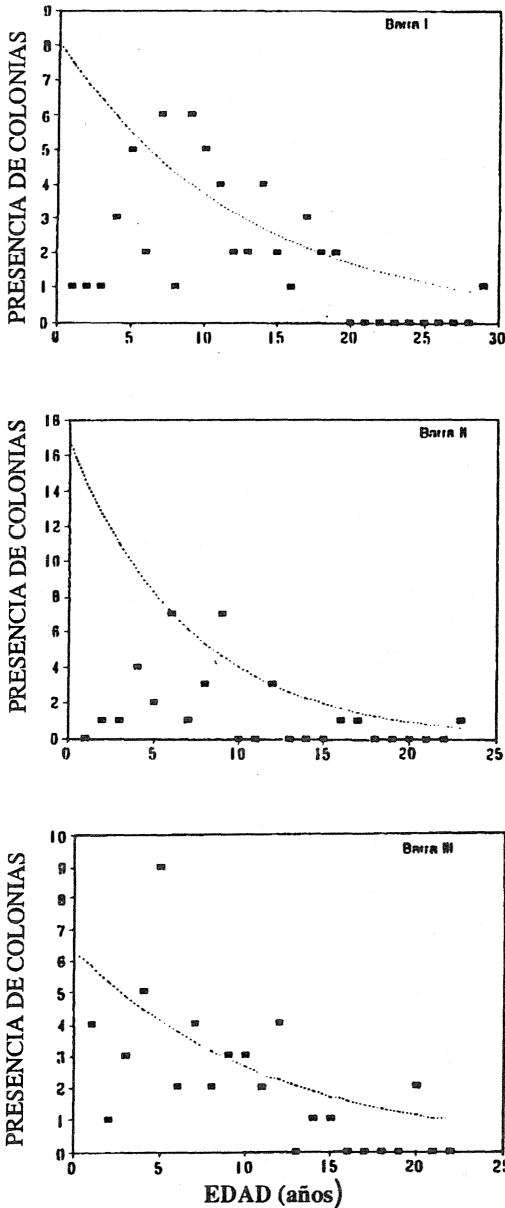


Fig. 2. Curvas de supervivencia de *Porites panamensis* en cada barra del arrecife de Cabo Pulmo, México, calculadas según las ecuaciones del modelo de Grigg.

las rectas calculadas para las tres barras ( $F_{2,23} = 0.61$ ;  $P > 0.05$ ), lo que señala que la tasa de mortalidad es homogénea en el arrecife y, análogamente, también la de reclutamiento. La curva de supervivencia obtenida por el modelo corresponde al tipo III (Fig. 2). El número de reclutas necesarios para mantener el equilibrio poblacional en la barra III es más del doble que en cualquiera de las otras dos. El recambio de todos los individuos en la barra II se debe llevar a cabo en intervalos menores a una década (Cuadro 3).

## DISCUSION

*P. panamensis* tiene un promedio de cobertura del 5.4% y es más abundante en las zonas profundas. El patrón de distribución detectado no está significativamente influido por la depredación, ya que el efecto conjunto del erizo *Eucidaris thouarsii* Valenciennes, la estrella *Acanthaster planci* (L.) y el pez *Arothron meleagris* (Bloch y Schneider) sobre la comunidad coralina de Cabo Pulmo es mínimo (Reyes Bonilla 1993). Es posible que las diferencias espaciales en la abundancia de *P. panamensis* se deban principalmente a las condiciones oceanográficas de la bahía de Cabo Pulmo.

El promedio anual de la temperatura oceánica superficial en Cabo Pulmo es de 25° C (Reyes Bonilla 1993). No obstante, la isoterma de 20° C está cerca de los 20 m de profundidad durante seis meses del año (Fiedler 1992) y la bahía está sujeta a eventos de surgencia en verano y otoño (Alvarez Borrego 1983) y a la entrada esporádica de agua fría proveniente de fuera del Golfo (Klimley & Butler 1988). Las bajas temperaturas del agua afectan notablemente a los corales del género *Pocillopora* (Coles y Jokiel 1977), el cual es el dominante en las zonas someras del arrecife y deben ocasionar que su abundancia disminuya significativamente en la barra III. Además, la extinción

de la luz solar con la profundidad está significativamente relacionada con la menor abundancia de *Pocillopora capitata* Verrill y *P. meandrina* Dana (Reyes Bonilla 1993), ya que los pocilopóridos requieren altas intensidades luminosas para su metabolismo y no habitan donde la luz incidente es menos del 40% de la que llega a la superficie (Spencer Davies 1991, Titlyanov & Latypov 1991). En Pulmo, en días con menos del 20% de nubosidad, a 12 m de profundidad, se recibe menos del 40% de la luz incidente en superficie (Reyes Bonilla 1993). En resumen, el ambiente físico en la barra III no es propicio para el desarrollo de ese tipo de corales.

El espacio libre en la barra III es ocupado por *Porites panamensis*, especie que al parecer presenta adaptaciones fisiológicas que le ayudan a resistir la influencia de aguas notablemente frías y/o relativamente poco iluminadas. Su abundancia no está significativamente relacionada con el porcentaje de luz incidente en Cabo Pulmo (Reyes Bonilla 1993). Por otro lado, mantiene poblaciones estables en zonas como Bahía Magdalena (costa del Pacífico de Baja California, 23° N) o Isla Tiburón (norte del Golfo de California, 29° N), donde la temperatura promedio anual es menor a los 23° C y llega a bajar hasta 16° C en invierno (Cole & McLain 1989, Fiedler 1992). Otra prueba indirecta de su adecuación a la supervivencia a bajas temperaturas es que mientras otras especies sufrieron fuertes reducciones en su abundancia, *P. panamensis* se extinguió localmente en varias comunidades de América Central, luego del evento de El Niño de 1983 (Glynn & Colgan 1992).

El número calculado de colonias por metro cuadrado está dentro del ámbito estimado de abundancia de *P. panamensis* en otras zonas del Golfo de California (Barham et al. 1973) y Panamá (Glynn 1976), por lo que consideramos que el método de cálculo y la estimación resultante es confiable. Las colonias de esta especie tienen forma de domos y casi no se fragmentan. Solo 11 de las 132 colonias medidas en el presente estudio mostraron evidencia de ser producto de fragmentos provenientes de otras (Reyes Bonilla & Calderón Aguilera en prep.). Esto indica que al contrario de lo que ocurre con otras especies del mismo género (Highsmith 1980, De Vantier & Endean 1989), la mayoría de las colonias de *P. panamensis* en Cabo Pul-

mo deben ser originadas por reclutamiento larval.

Las suposiciones del modelo de Grigg, aquí empleado, deben ser discutidas para evaluar su precisión. No hay datos sobre los patrones de reproducción de *P. panamensis* en Cabo Pulmo, pero la reproducción anual es la generalidad en los corales hermatípicos del mundo (Harrison & Wallace 1990). Así mismo, las curvas de supervivencia obtenidas del modelo asemejan a las del tipo III, representativas de escleractínidos (Hughes et al. 1992). La suposición respecto a que la tasa de mortalidad es constante entre los grupos de edad es difícil de sostener. Las tasas de mortalidad de los corales varían en función a su edad y talla (Babcock 1985, Hughes & Connell 1987). Aún así, la suposición de constancia en las tasas de mortalidad de poblaciones naturales (como hipótesis de trabajo) es común (Ricker 1975), por lo que la discrepancia del modelo con la población real puede soportarse, aunque esto debe ser comprobado con estudios más profundos.

El análisis estadístico de las curvas de supervivencia indica que aún fluctuando entre el 8 y el 14%, la tasa anual de mortalidad de *P. panamensis* es constante en las diferentes zonas del arrecife. En otras especies del género *Porites*, las tasas fluctúan entre el 10 y el 51% (Done 1987, Hughes & Connell 1987), por lo que valores de 8 a 14% no están fuera de lo esperado. La constancia de la tasa de mortalidad señala que los factores que la determinan actúan de manera similar en todo el arrecife de Cabo Pulmo.

Las tasas de mortalidad calculadas son iguales a las de reclutamiento, bajo la suposición de equilibrio en el tamaño poblacional. Hay numerosas estimaciones de tasas y frecuencias de reclutamiento en comunidades coralinas (Smith 1992), pero la dificultad de identificación complica la evaluación para especies en particular. De los estudios que han logrado este tipo de datos, puede verse que el número de reclutas de *Porites panamensis* por unidad de área está dentro de lo normal (Bak & Engel 1979, Sammarco & Andrews 1989). Hay pocas investigaciones donde se haya tratado de estimar el reclutamiento de corales en el Pacífico oriental, pero todas coinciden en el hecho de que la fijación exitosa de larvas es una ocurrencia rara. Birkeland (1977), en Panamá, encontró dos colonias de *Pocillopora* en 251 placas de plexi-

- Arizpe, O., F. Alvarez, H. Reyes & F. Sinsal. 1988. Macrobentos de la zona rocosa de La Paz, B.C.S. Resúmenes del I Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Hermosillo, México. Sin paginación.
- Babcock, R.A. 1985. Growth and mortality in juvenile corals (*Goniastrea*, *Platygyra* and *Acropora*): the first year. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong. Tahiti 4: 355-360.
- Bak, R.P.M. & M.S. Engel. 1979. Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. Mar. Biol. 54: 342-352.
- Barham, C.G., R.W. Gowdy & F.G. Wolfson. 1973. *Acanthaster* (Echinodermata: Asteroidea) in the Gulf of California. Fish. Bull. 71: 922-942.
- Birkeland, C. 1977. The importance of rate of biomass accumulation in early successional stages of benthic communities to the survival of coral recruits. Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp., Miami 1: 15-21.
- Brusca, R.C. & D.A. Thomson. 1975. Pulmo reef: the only "coral reef" in the Gulf of California. Ciencias Marinas 1: 37-53.
- Cole, D.A. & D.R. Mc Lain. 1989. Interannual variability of temperature in the upper layer of the North Pacific Eastern Boundary region, 1971-1987. NOAA Technical Report NOAA-TM-NMFS-SWFS 125 (marzo).
- Coles, S.L. & P.L. Jokiel. 1977. Effects of temperature on photosynthesis and respiration in hermatypic corals. Mar. Biol. 43: 209-216.
- Dana, T. & A. Wolfson. 1970. Eastern Pacific crown-of-thorns starfish populations in the lower Gulf of California. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist. 16: 83-90.
- De Vantier, L.M. & R. Endean. 1989. Observations of colony fission following ledge formation in massive corals of the genus *Porites*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58: 191-195.
- Done, T.J. 1987. Simulation of the effects of *Acanthaster planci* on the population structure of massive corals in the genus *Porites*: evidence of population resilience? Coral Reefs 6:75-90.
- Durham, J.W. 1947. Corals from the Gulf of California and the north Pacific coast of America. Geol. Soc. Am. Mem. 20: 1-46.
- Fiedler, D.C. 1992. Seasonal climatologies and variability of eastern Pacific surface waters. NOAA Technical Report NMFS 109. 34 p.
- Glynn, P.W. 1974. Rolling stones among Scleractinia: mobile coralliths in the Gulf of Panamá. Proc. 2nd. Int. Coral Reef Symp., Brisbane, Australia 2: 183-197.
- Glynn, P.W. 1976. Some physical and biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. Ecol. Monog. 46: 431-456.
- Glynn, P.W. & M.W. Colgan. 1992. Sporadic disturbances in fluctuating coral reef environments: El Niño and coral reef development in the eastern Pacific. Am. Zool. 32: 707-718.
- Glynn, P.W. & G.M. Wellington, 1983. Corals and coral reefs of the Galápagos islands. University of California, Berkeley. 330 p.
- Glynn, P.W., R.H. Stewart & J.E. Mc Cosker. 1972. Pacific coral reefs of Panamá: structure, distribution and predators. Geol. Rundsch. 61: 483-519.
- Glynn, P.W., H. von Prael & F. Guhl. 1982. Coral reefs of Gorgona Island, Colombia, with special reference to corallivores and their influence on community structure and reef development. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín 12: 185-214.
- Grigg, R.W. 1984. Resource management of precious corals: a review and application to shallow water reef building corals. Publ. Staz. Zool. Napoli -I. Mar. Ecol. 5: 57-74.
- Guzmán Espinal, H.M. 1986. Estructura de la comunidad arrecifal de Isla del Caño, Costa Rica y el efecto de perturbaciones naturales severas. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, San José.
- Guzmán, H.M. & J. Cortés. 1989a. Coral reef community structure at Caño Island, Pacific Costa Rica. Publ. Staz. Zool. Napoli -I. Mar. Ecol. 10: 23-41.
- Guzmán, H.M. & J. Cortés. 1989b. Growth rates of eight species of scleractinian corals in the eastern Pacific (Costa Rica). Bull. Mar. Sci. 44: 1186-1194.
- Guzmán, H.M., J. Cortés, R.H. Richmond & P.W. Glynn. 1987. Efectos del fenómeno de El Niño-Oscilación Sur-eña 1982-83 en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 35: 325-332.
- Harrison, P.L. & C.C. Wallace. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals, p. 123-207. In Z. Dubinsky (ed.). Ecosystems of the world 25. Coral Reefs Elsevier, Amsterdam.
- Hernández Cortés, M.P. 1988. Análisis del crecimiento en *Pocillopora elegans* para el verano de 1987 en Cabo Pulmo, B.C.S.. Resúmenes del I Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Hermosillo, México. Sin paginación.
- Highsmith, R.C., 1980. Passive colonization and asexual colony multiplication in the massive coral *Porites lutea*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 47: 55-67.
- Hughes, T.P. 1985. Life histories and population dynamics of early successional corals. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., Tahiti 4: 101-106.

- Hughes, T.P. 1988. Long-term dynamics of coral population: contrasting reproductive modes. 6th Int. Coral Reef Symp., Australia 2: 721-725.
- Hughes, T.P. & J.B.C. Jackson. 1985. Population dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecol. Monog.* 55: 141-166.
- Hughes, T.P. & J.H. Connell. 1987. Population dynamics based on size or age? A reef-coral analysis. *Am. Nat.* 129: 818-829.
- Hughes, T.P., D. Ayre J.H. Connell. 1992. The evolutionary ecology of corals. *Trend. Ecol. Evol.* 7: 292-295.
- Klimley, A.P. & S.B. Butler. 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49: 11-20.
- Porter, J.W. 1974. Community structure of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panamá. *Science* 186: 543-545.
- Reyes Bonilla, H. 1990. Distribución, riqueza específica, aspectos biogeográficos y taxonómicos de los corales hermatípicos del Golfo de California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.
- Reyes Bonilla, H. 1993. Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos en el arrecife de Cabo Pulmo, Baja California Sur. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, México.
- Reyes Bonilla, H. 1993. Ecología y biogeografía de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. In S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Com. Nac. Biodiversidad/ C.I.Q.R.O., Chetumal, México (en prensa).
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Canada* 191: 1 - 302.
- Robinson, J.A. & D.A. Thomson. 1992. Status of the Pulmo coral reefs in the lower Gulf of California. *Environ. Conserv.* 19: 259-261.
- Sammarco, P.W. & J.C. Andrews. 1989. The Helix experiment: differential localized dispersal and recruitment patterns in Great Barrier Reef corals. *Limnol. Oceanogr.* 34: 896-912.
- Smith, D.B. 1991. The reproduction and recruitment of *Porites panamensis* Verrill at Uva Island, Pacific Panamá. M. Sc. Thesis, University of Miami, Florida.
- Smith, S.R. 1992. Patterns of coral recruitment and post-settlement on Bermuda's reefs: comparisons to Caribbean and Pacific reefs. *Am. Zool.* 32: 663-673.
- Spencer Davies, P. 1991. Effects of daylight variations on the energy budget of shallow-water corals. *Mar. Biol.* 108: 137-144.
- Squires, D.A. 1959. Corals and coral reefs in the Gulf of California. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 118: 367-432.
- Steinbeck, J. & E.F. Ricketts. 1941. Sea of Cortez. Viking, Nueva York. 598 p.
- Titlyanov, E.A. & Y.V. Latypov. 1991. Light dependence in scleractinian distribution in the sublittoral zone of south China Sea islands. *Coral Reefs* 10:133-138.
- Wallace, C.C. 1985. Seasonal peaks and annual fluctuations in recruitment of juvenile scleractinian corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 21: 289-298.
- Wells, J.W. 1983. Annotated list of the scleractinian corals of the Galápagos Islands, p. 212-295. In P.W. Glynn & G.M. Wellington (eds.) Corals and coral reefs of the Galápagos Islands. University of California, Berkeley, California.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. N. Jersey, 672 p.