

Mortalidad natural del erizo rojo de Baja California, México, estimada con la temperatura medida *in situ* y con sensores satelitales

Natural mortality of red sea urchin from Baja California, México, estimated with *in situ* and satellite measured temperature

Ma. del Carmen Jiménez-Quiroz¹, Julio S. Palleiro-Nayar², Ma. de Lourdes Salgado Rogel² y Alejandro Rodríguez-Buendía¹

¹CRIP-Manzanillo, INAPESCA, Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima, 28200. México

²CRIP-Ensenada INAPESCA, Apdo. Postal 187. Ensenada, Baja California, 22760. México
e-mail: mcjquiroz@hotmail.com.

Jiménez-Quiroz M. C., J. S. Palleiro-Nayar, M. L. Salgado Rogel y A. Rodríguez-Buendía. 2013. Mortalidad natural del erizo rojo de Baja California, México, estimada con la temperatura medida *in situ* y con sensores satelitales. *Hidrobiológica* 23 (3): 443-445.

RESUMEN

La mortalidad natural (M) promedio del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) en la costa noroccidental de Baja California durante el periodo 1985-2007, fue de 0.251 ± 0.008 (media \pm desviación estándar). Este intervalo se calculó con el método de Pauly (1983), basado en los parámetros de crecimiento y la temperatura del hábitat (Th); los primeros se obtuvieron de la literatura, en tanto que la segunda fue estimada a partir de mediciones realizadas *in situ* (Th) y con sensores satelitales (Th'). Las variaciones de M estuvieron correlacionadas con los eventos oceánicos El Niño y La Niña; los resultados de otros autores sugieren que los cambios en el ecosistema, asociados con estos procesos afectan el metabolismo, la morbilidad de los erizos y la abundancia del alimento para los ejemplares de todas las edades.

Palabras clave: AVHRR-NOAA, El Niño, La Niña, *Strongylocentrotus franciscanus*.

ABSTRACT

The natural mortality (M) of the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) on the northwestern coast of Baja California between 1985 and 2007 was of 0.251 ± 0.008 (mean \pm standard deviation); these values were calculated with the Pauly (1983) method, based upon growth parameters and the habitat temperature (Th). Growth parameters were taken from literature and the temperature was measured *in situ* (Th) and with satellite sensors (Th').

The variations of M were related to El Niño and La Niña events; another authors' results suggest that these events affect metabolism and morbidity of red sea urchins as well as the availability of food to animals of all ages.

Key words: AVHRR-NOAA, El Niño, La Niña, *Strongylocentrotus franciscanus*.

El erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*, Agassiz 1863) es un recurso pesquero muy importante de la costa noroccidental de México (29°N-114.73°O a 32.5°N-117.2°O), región por la que fluye la corriente templada de California y cuyo ecosistema es modificado periódicamente por los eventos oceánicos El Niño y La Niña (Bakun, 1996). Las poblaciones de erizo han estado sobre-explotadas desde la década de los ochenta (Palleiro-Nayar, 2009), por lo que se han propuesto varias medidas o Puntos de Referencia (PR) con el objetivo de recuperarlas. Una de las variables más importantes para establecer los PR es la mortalidad por pesca (Caddy & Mahon, 1996), que se calcula a partir de la diferencia entre la mortalidad total (Z) y la natural (M). A su vez, ésta última puede determinarse con el método de Pauly (1983), que se basa en los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy y la temperatura del hábitat (Th).

En México se ha utilizado la M promedio (0.22) calculada a partir de ejemplares marcados con tetraciclina en 13 localidades del sur de California, EUA (Ebert *et al.*, 1999) para determinar los

PR (Palleiro-Nayar *et al.*, 2004); sin embargo, puesto que la longevidad de los erizos está inversamente relacionada con la temperatura (Ebert & Southon, 2003) y hay diferencias significativas en la mortalidad dependientes de la latitud (Ebert *et al.*, 1999), es probable que en poblaciones mexicanas la M sea más elevada y esté relacionada con El Niño y La Niña. Por otra parte, puesto que la Th sólo se registró entre 2005 y 2007, los datos *in situ* se correlacionaron con mediciones de la temperatura superficial (TSM) efectuadas por el sensor AVHRR, instalado en satélites de la serie NOAA para obtener una serie de tiempo que permitiera calcular la variabilidad de la M y como está influenciada por los eventos oceánicos.

La Th se midió con tres sensores HOBO Pro v2 Water mod. U22-001 (precisión: ± 0.2 °C), que se colocaron a 15 m de profundidad en los bancos ericeros de Punta Banda B. C. (abr.-2005-abr. 2007; n = 26 meses), Arrecife Sacramento B. C. (abr. 2005-oct. 2005, mayo 2006-oct. 2006; n = 13 meses) y Punta Baja B. C. (ene. 2005-jul. 2006; n = 19 meses); puesto que los registros de las tres localidades estuvieron correlacionados ($r > 0.85$, $p < 0.01$) sólo se utilizó la serie de Punta Banda (PB) en el análisis. La TSM se obtuvo de imágenes compuestas mensuales (ene. 1985-dic. 2007, n = 276 meses; precisión: ± 0.3 °C; resolución espacial: 4 km) de archivos de la NASA (PO.DAAC, 2011) de dos de las cuatro zonas administrativas pesqueras (ZAP) en que se ha dividido la costa para el manejo de los recursos bentónicos. En la ZAP I, ubicada entre Tijuana y Ensenada (117.48 - 116.56 °O, 32.53 - 31.75 °N; área: 255 píxeles), se encuentra el banco ericero de Punta Banda, en tanto que en la ZAP IV, limitada por El Socorro y Punta Blanca (115.99 - 114.54 °O y 30.29 - 29 °N; área: 435 píxeles), se localizan los

bancos de Arrecife Sacramento y Punta Baja. El tamaño de muestra necesario para estimar la temperatura promedio fue de 30 y 50 píxeles de cada ZAP y se determinó a partir de 10 muestras generadas al azar de cada una de estas zonas, con 5, 10, 15, 20 y 30% de datos extraídos de cinco imágenes que estaban libres de nubes en más de 99% de la superficie de ambas áreas. Se descartaron 21 imágenes de la ZAP I y 19 de la ZAP IV, en tanto que 81.8% y 71.6% de las matrices de cada ZAP tenía más de 50% de datos útiles.

La temperatura superficial marina promedio (\pm desv.est.) de las ZAP I y IV fue de 17.34 ± 2.30 °C y 17.64 ± 2.14 °C, respectivamente. El análisis espectral de ambas series de tiempo indicó que las fluctuaciones estuvieron relacionadas con los ciclos estacionales y los eventos El Niño-La Niña. Por otro lado, las variaciones de la TSM y la Th fueron similares casi todo el periodo de estudio, excepto durante el verano cuando hubo diferencias de hasta 8 °C entre ambas (Fig. 1), por lo que la mejor correlación se logró retrasando tres meses la TSM de la ZAP I y dos meses la de la ZAP IV. Las ecuaciones para calcular la Th', a partir de la información satelital fueron: $Th'_{ZAP I} = 6.1286 + (0.4079 TSM_{ZAP I})$; $r = 0.71$, $F_{(1,21)} = 22.25$, $p < 0.01$ y $Th'_{ZAP IV} = 4.8030 + (0.4778 TSM_{ZAP IV})$, $r = 0.79$, $F_{(1,24)} = 42.34$ $p < 0.01$. La Th no fue significativamente diferente de la calculada ($p = 0.94$) y los valores promedio de la Th' fueron 13.20 ± 0.94 °C (abr. 1985-mar. 2008; n = 257) y 13.23 ± 1.023 °C (mar. 1985-feb. 2008; n = 263), respectivamente.

La mortalidad natural (M) se calculó con la ecuación de Pauly (1983): $\log_{10} M = -0.0066 - (0.279 \log_{10} L_{\infty}) + (0.6545 \log_{10} k) + (0.4634 \log_{10} Th')$; los parámetros de crecimiento, $L_{\infty} = 118.98$ mm y $k = 0.189$, fueron obtenidos por Palleiro-Nayar (2009). En ambas

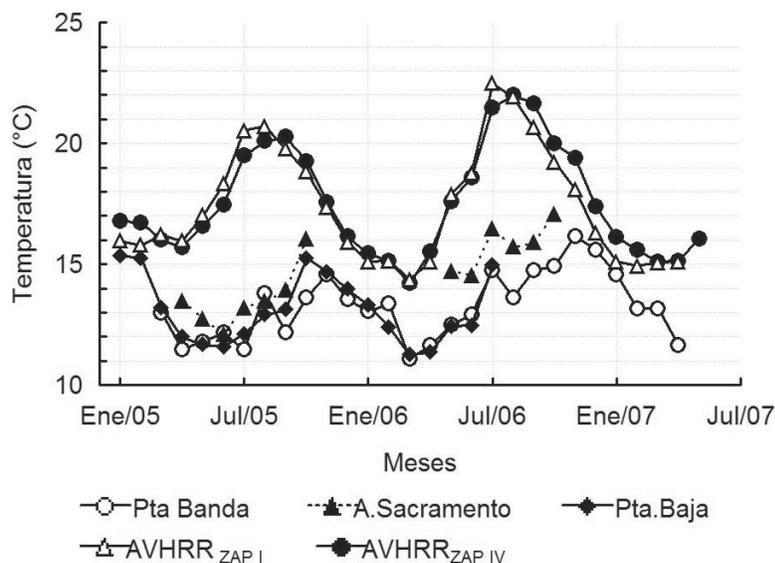


Figura 1. Temperatura registrada *in situ* en los tres bancos ericeros y de la superficie de las ZAP I y IV medida con el sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) instalados en los satélites de la serie NOAA. —○— Pta. Banda, —▲— Sacramento, —●— Pta. Baja, —△— AVHRR_{ZAP I}, —●— AVHRR_{ZAP IV}.

ZAP, la M promedio fue de 0.251 ± 0.008 y sus variaciones estuvieron relacionadas con la presencia de El Niño y La Niña según el análisis de correlación simple ($r > 0.64$, $p < 0.01$) aplicado a M y al Índice Multivariado de El Niño o MEI, por sus siglas en inglés (ESRL, 2011), a las que previamente se aplicó un filtro Hemming, con una ventana de 60 meses para eliminar las frecuencias menores a cinco años. Durante El Niño, la M se incrementó hasta en dos centésimas, en particular durante el otoño de los eventos de 1997-1998, 1992-1993 y 2004-2005; en contraste, durante La Niña fue inferior a 0.24, como ocurrió durante la primavera de 1989, 1999 y 2001. En el primer caso la M fue ~13% y en el segundo ~9%, mayor que la estimada para los erizos de California EUA por Ebert *et al.* (1999); los resultados de esos autores también sugieren que hay diferencias en la mortalidad entre años Niño y Niña (e.g. Isla San Nicolás).

El erizo rojo habita en ambientes templados, por lo que es probable que el incremento de temperatura relacionado con El Niño, aumente su metabolismo y morbilidad (Scheibling, 1986; Ebert *et al.*, 1999), en tanto que durante La Niña ocurre lo contrario. Por otra parte, ambos eventos afectan la productividad de micro y macroalgas por su influencia en la intensidad de las surgencias (Casas-Valdez *et al.*, 2003; Hernández de la Torre *et al.*, 2004), y por tanto influyen en la disponibilidad de alimento para toda la población. Estos resultados indican que deben considerarse las variaciones ambientales para establecer los Puntos de Referencia.

REFERENCIAS

- BAKUN, A. 1996. *Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. California Sea Grant College System. University of California. La Jolla. 323 p.
- CADDY, J. F. & R. MAHON. 1996. *Puntos de referencia para la ordenación pesquera*. Documento Técnico de Pesca núm. 347, FAO, Roma. 67 p.
- CASAS-VALDEZ, M., E. SERVIERE-ZARAGOZA, D. LLUCH-BELDA, R. MARCOS & R. AGUILA-RAMÍREZ. 2003. Effect of climatic change on the harvest of the kelp *Macrocystis pyrifera* on the Mexican Pacific coast. *Bulletin of Marine Science* 73 (3): 545-556.
- EBERT, T. A., J. D. DIXON, S. C. SCHROETER, P. E. KALVAS, N. T. RICHMOND, W. A. BRADBURY & D. A. WOODBY. 1999. Growth and mortality of red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient. *Marine Ecological Progress Series* 190: 189-209.
- EBERT, T. A. & J. R. SOUTHON. 2003. Red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) can live over 100 years: confirmation with A-bomb ^{14}C carbon. *Fisheries Bulletin* 101 (4): 915-922.
- ESRL (EART SYSTEM RESEARCH LABORATORY). 2011. Multivariate ENSO Index (MEI). Datos disponibles en: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html> (consultado el 2 de diciembre de 2011).
- HERNÁNDEZ DE LA TORRE, B., G. GAXIOLA-CASTRO & S. NÁJERA-MARTÍNEZ. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Ciencias Marinas* 30 (3): 427-441.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S. 2004. Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial en Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias (Ecología Marina). CICESE, Ensenada, BC. 82 p.
- PALLEIRO-NAYAR, J. S. 2009. Análisis poblacional del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en la costa occidental de la Península de Baja California. ¿Puede considerarse un metapoblación? Tesis de Doctorado en Ciencias (Ecología Marina). CICESE, Ensenada, B. C. 129 p.
- PO.DAAC (PHYSICAL OCEANOGRAPHY. DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER). 2011. Data available online at: <http://poet.jpl.nasa.gov/> (downloaded December 8, 2011).
- PAULY, D. 1983. *Some methods for the assessment of tropical fish stocks*. Fishery Technical Paper 234, FAO, Roma, 52 p.
- SCHIEBLING, R. 1986. Increased macroalgal abundance following mass mortalities of sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) along the Atlantic coast of Nova Scotia. *Oecologia* 68: 186-198.

Recibido: 26 de mayo de 2012.

Aceptado: 18 de julio de 2013.