

Estimación de la tasa de crecimiento corporal del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en cautiverio y en el Arrecife Sacramento en la Bahía El Rosario, Baja California, México

Julio S. Palleiro-Nayar,* Oscar Sosa-Nishizaki** y Gabriela Montaña-Moctezuma***

Se compara el crecimiento corporal del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en cautiverio y en el medio silvestre, utilizando para la identificación de los individuos una marca electrónica denominada PIT Tag (Passive Integrated Transponder). En cautiverio se mantuvo a los erizos ocho meses en un tanque con agua de mar filtrada, suministrando alimento (*Macrocystis pyrifera*). En el Arrecife Sacramento permanecieron por 12 meses dentro de un manto de *M. pyrifera*. El incremento diario de talla promedio de los erizos cuya talla inicial fue de 29 a 61 mm de diámetro de caparazón, fue de 0.076 mm (0.027 DE) en cautiverio y en el medio natural de 0.033 mm (0.011 DE). Las diferencias en los incrementos de talla fueron significativas, lo que posiblemente se deba al mínimo gasto energético de los erizos en cautiverio a diferencia de los erizos silvestres.

Palabras clave: Incremento de talla, parámetros de crecimiento, búsqueda de alimento.

Somatic growth increment estimations of the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* in the laboratory and Sacramento Reef, El Rosario Bay, Baja California, Mexico

Growth increment of red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* was compared in laboratory and field using a PIT Tag (Passive Integrated Transponder) for identification. The experiment was developed in 8 months in filtered sea water tank feeding *Macrocystis pyrifera* and for 12 months in Sacramento Reef inside a kelp bed of *M. pyrifera*. Initial length was 29 to 61 mm. Daily growth increment was 0.076 mm (0.027 SD) in laboratory and 0.033 mm (0.011 SD) in field. Significant differences were found maybe because the red sea urchin uses less energy in the laboratory than those in their natural habitat.

Key words: Length increment, growth parameters, food search.

Introducción

El erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz, 1863) es una de las especies de erizos de mayor tamaño en el mundo, con longitud máxima de 19 cm de diámetro de caparazón (Bureau, 1996). Crece durante toda su vida y puede llegar a vivir 100 años (Ebert y Southon, 2003), por lo que es uno de los invertebrados

más longevos, que aparentemente no envejece, ya que la capacidad reproductiva de los individuos más viejos es similar a la de cualquier erizo adulto (Ebert, 2008).

Existen varios factores que pueden afectar la tasa de crecimiento y el tamaño máximo de los erizos, de los cuales los más importantes son: la carga genética, la disponibilidad y el valor nutricional de las algas de las que se alimentan, la competencia por espacio y alimento, así como condiciones ambientales (Leighton, 1971; Baker, 1973; Pearce *et al.*, 2004).

Se han utilizado varios tipos de marcas para identificar a los individuos y proceder a estimar el crecimiento de los erizos, una de ellas es una marca electrónica denominada PIT Tag (Passive Integrated Transponder, Biomark, Inc.), utilizada

* Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. A.P. 187 Ensenada, Baja California, México. C.P. 22760. julio.palleiro@inapesca.sagarpa.gob.mx

** Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. C. P. 22860 Ensenada, Baja California, México.

*** Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

con éxito porque conlleva baja mortalidad y la retención es de 95 a 99% (Nilsen, 1992). Se ha recomendado utilizarla sólo para erizos mayores de 25 mm de talla, para no dañar los órganos internos al introducir la marca (Hagen, 1996).

En estudios previos de crecimiento realizados en erizos de talla inicial de entre 25 a 45 mm de diámetro de caparazón, se encontró que, en condiciones ideales, la tasa de crecimiento puede ser de 2 mm al mes, lo que equivale a 0.0666 mm diarios (Meidel y Scheibling, 1999; Pearce *et al.*, 2004).

Debido al agradable sabor de las gónadas de *S. franciscanus*, en el mercado japonés existe alta demanda de éstas, por lo que es importante conocer el crecimiento de esta especie en los diferentes estadios ontológicos, además de que actualmente sus poblaciones silvestres se encuentran sobreexplotadas en varias áreas de captura en la costa estadounidense (Andrew *et al.*, 2002). Por ello, el objetivo de este trabajo fue estimar el crecimiento corporal del erizo rojo *S. franciscanus* en un tanque con circulación cerrada y en una población silvestre, dentro de un manto de algas color café, *Macrocystis pyrifera* (Agardh, 1820), en el Arrecife Sacramento en la Bahía El Rosario, Baja California, considerando que el crecimiento en ambos casos debería de ser similar, en función de que se alimentaron de la misma especie de alga.

Materiales y métodos

Técnica de marcado

Para identificar a los ejemplares y posteriormente estimar el crecimiento de los erizos se utilizó una marca electrónica denominada PIT Tag (Passive Integrated Transponder, Biomark, Inc.) que contiene un pequeño chip de 10 dígitos alfanuméricos, encapsulado en un cilindro de cristal de 12 mm de largo por 2.11 mm de ancho. La marca se inyectó en el animal por medio de una jeringa especial, a través de la membrana peristomal, ubicada alrededor de la linterna de Aristóteles. Posteriormente se determinó el código respectivo, con un lector portátil marca Biomark, Inc. y se midió el diámetro del caparazón (*ambitus*) de cada organismo con un vernier electrónico.

Crecimiento en cautiverio

En el laboratorio de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) se colocaron 35 erizos rojos con un caparazón de 29 a 61 mm de diámetro, en un sistema cerrado conformado por un tanque de fibra de vidrio de 1 m³ de capacidad lleno con agua de mar, una bomba y un filtro con carbono activado. Los recambios de agua fueron de 50 % cada ocho días. El tanque se ubicó en el exterior del edificio principal, sólo protegido con un techo de malla sombra, para evitar que se caliente el agua por la radiación del sol.

Los organismos se acondicionaron por tres días (sin moverlos y sin alimento), después de ese tiempo se retiraron los que murieron (cinco) y se inyectó la marca electrónica a los sobrevivientes. En el tanque no se controló la temperatura, y la alimentación consistió de frondas de *M. pyrifera* que se colocaban cada ocho días. El experimento se programó para un ciclo anual, pero después de ocho meses, una descompostura en el tanque obligó a concluirlo.

Crecimiento en el medio silvestre

Para observar el crecimiento del erizo rojo en el medio silvestre se seleccionó un sitio en el Arrecife Sacramento, en la Bahía El Rosario (Fig. 1), ubicada a 250 km al sur de Ensenada, Baja California. Es un sitio de alta productividad primaria, con grandes diversidad y abundancia de invertebrados y peces (Palleiro-Nayar, 2004; 2009). La alta productividad de dicha Bahía se debe a los patrones de surgencias que se presentan durante varios meses del año, que afloran aguas frías y ricas en nutrientes (Durazo y Baunmgartner, 2002).

En el Arrecife Sacramento se localizan varios mantos de algas café (*M. pyrifera*). Uno de ellos se seleccionó por la gran abundancia de erizo rojo encontrado a una profundidad de 20 m. El sitio se ubicó mediante un equipo geoposicionador satelital desde la embarcación y con una marca submarina que consistió en una estaca clavada en el sustrato rocoso.

Por medio de buceo autónomo se recolectaron 56 erizos rojos (tallas de 35 a 65 mm) el 13 de junio de 2006. Se llevaron a una embarcación para proceder a la introducción de la marca

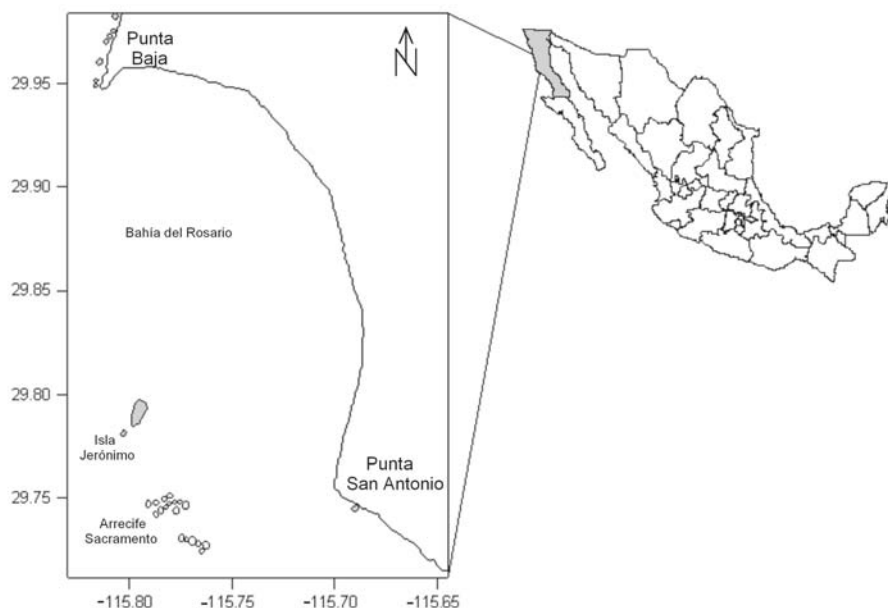


Fig. 1. Ubicación del Arrecife Sacramento en la Bahía El Rosario, localizada a 250 km al sur de Ensenada, Baja California.

electrónica, la medición de talla y el código respectivo para cada organismo. Se liberaron los erizos alrededor de la marca submarina procurando acomodarlos adecuadamente en el sustrato.

Los erizos se recapturaron el 15 de junio de 2007, doce meses después de haber sido marcados, para conocer el incremento de talla y su desplazamiento; esto último se determinó recapturando a todos aquellos encontrados en radios de 0 a 3 m, de 3 a 9 m y de 9 a 12 m donde fueron liberados. Con los datos de las mediciones de los erizos se construyó un histograma de frecuencias de talla con un intervalo de clase de 3 mm para conocer la estructura de tallas de los individuos muestreados.

Procesamiento de la información

Se realizó una prueba *t de Student* para detectar diferencias entre el incremento de talla de los ejemplares en cautiverio y en campo. También se graficaron los incrementos de talla de cada erizo y se aplicó un modelo de regresión lineal para observar su tendencia.

Para estimar la constante de crecimiento individual (K) se utilizó un modelo de von Bertalanffy para incrementos de longitud, mediante la ecuación:

$$L_2 = L_1 + (L_{\infty} - L_1) * (1 - e^{-K * dt}) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde L_2 = longitud al tiempo $t+1$
 L_1 = longitud al tiempo t
 L_{∞} = longitud infinita
 K = constante de crecimiento
 dt = días año⁻¹

La L_{∞} fue determinada a partir de la longitud de erizos medidos en el Arrecife Sacramento (754 organismos), con la subrutina Elefan I del programa Fisat II (FAO, 2002).

Las constantes de crecimiento individual (K) estimadas en este trabajo fueron comparadas con las publicadas en otros estudios para la especie *S. franciscanus* en Norteamérica.

Resultados

Crecimiento del erizo rojo en laboratorio

La temperatura mensual promedio del estanque varió entre 14 y 19.5°C (Fig. 2), ya que no se contó con enfriador de agua durante los ocho meses —de septiembre de 2005 a abril de 2006— que duró el experimento.

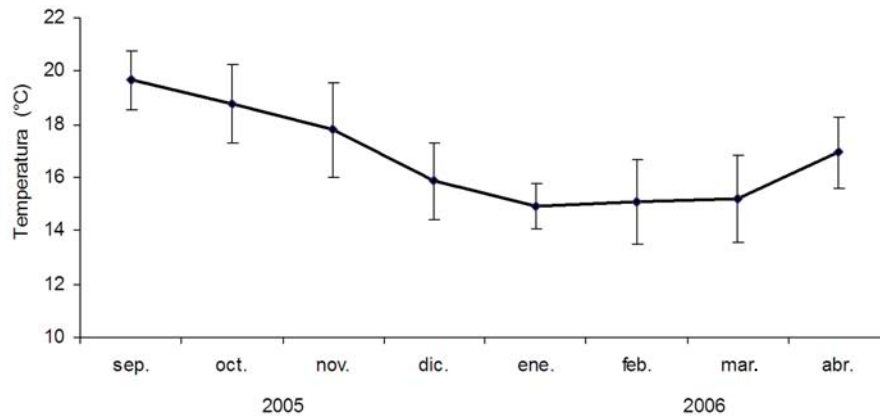


Fig. 2. Temperatura promedio mensual en el estanque de crecimiento del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (los puntos son los promedios y las barras la desviación estándar).

El incremento diario promedio en el crecimiento de los erizos fue de 0.076 mm (0.027 desviación estándar o DE) para erizos de talla inicial entre 29 a 61 mm de diámetro de caparazón, con aumentos máximos de 0.136 mm y mínimos de 0.02 mm por día. Al graficarlos se observa una tendencia negativa conforme la talla del erizo aumenta, ya que los chicos crecen con mayor rapidez que los grandes (Fig. 3).

Crecimiento en el campo

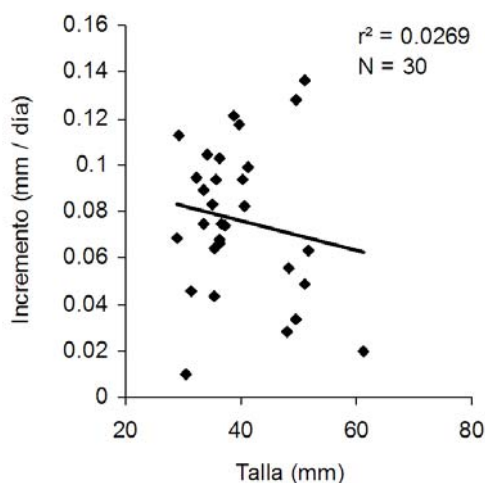


Fig. 3. Incrementos diarios de talla (mm/día) del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en condiciones de laboratorio.

En el muestreo que se realizó en el Arrecife Sacramento 12 meses después para recuperar los ejemplares marcados, se obtuvieron 757 in-

dividuos medidos y escaneados para detectar la marca electrónica. La talla de la mayoría de los especímenes fue de entre 60 y 77 mm (Fig. 4).

Se logró recapturar a 25% de los organismos marcados el año anterior (14), se graficaron los incrementos en relación con la talla inicial (Fig. 5) y se estimó el promedio diario de crecimiento, cuyo valor fue 0.033 mm por día (0.011 DE), muy inferior al estimado en el laboratorio de 0.076 mm (0.027 DE), en los que se observó una diferencia significativa ($p < 0.001$).

Los erizos recapturados fueron encontrados muy cerca del sitio donde se les había depositado: cuatro erizos se localizaron entre 0 y 3 m, y 10 a una distancia de entre 9 y 12 m, es muy probable que el poco movimiento se haya debido a la gran abundancia de erizo rojo en las áreas contiguas y también a la amplia cobertura del alga color café (*M. pyrifera*).

Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento estimados para *S. franciscanus*, tanto en laboratorio como en el medio silvestre, fueron $K = 0.24$ con $L_{\infty} = 118.98$ mm y de $K = 0.18$ con $L_{\infty} = 89.25$, respectivamente. Estos valores se comparan con los de otros estudios (Tabla 1), observándose valores similares para K específicamente con el reportado por Morgan *et al.* (2000) para los erizos rojos al norte de California.

Tabla 1

Comparaciones de las constantes de crecimiento (K) del modelo de von Bertalanffy reportadas para *Strongylocentrotus franciscanus* en poblaciones silvestres, jaulas y laboratorio en California y Baja California

Referencia	Localidad	Tipo de estudio	K (año ⁻¹)	L _∞ (mm)
Baker (1973)	San Diego, Cal.	Silvestre	0.215	110.3
Palleiro-Nayar (1982)	Santo Tomás, B.C.	Silvestre	0.189	109.5
Ebert <i>et al.</i> (1999)	Norte California	Silvestre	0.13	144
Morgan <i>et al.</i> (2000)	Norte California	Silvestre	0.24	116
Este trabajo	A. Sacramento	Silvestre	0.18	118.98
Este trabajo		Laboratorio	0.24	89.25

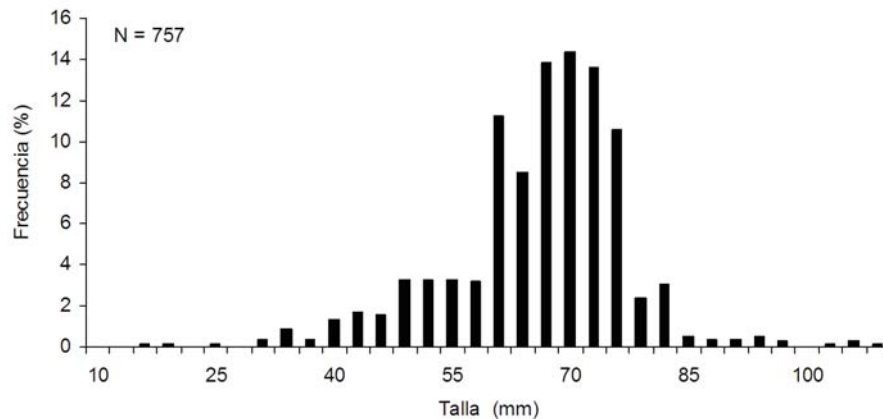


Fig. 4. Estructura de talla de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en el Arrecife Sacramento. Muestreo realizado el 15 de junio de 2007.

Discusión

La retención de la marca electrónica introducida en los erizos mantenidos en cautiverio durante ocho meses fue de 100%, similar a lo documentado por Kalvas *et al.* (1998), quienes para la misma especie registraron una retención de 90% y una mortalidad de 4% en siete meses.

El crecimiento diario del erizo rojo observado en el laboratorio y en el medio natural presentó una diferencia significativa; se esperaba que los incrementos fueran similares o, en todo caso, menores en el laboratorio, ya que éstos soportaron temperaturas altas ($\leq 20^\circ\text{C}$) durante varios días entre los meses de septiembre y noviembre de 2005, lo que podría reducir la tasa de alimentación y de asimilación de los erizos (Rogers-Bennett *et al.*, 2003). Es factible suponer que tal diferencia sea el resultado de un distinto gasto metabólico de los ejemplares de los dos grupos experimentales, ya que en su medio natural los erizos gastan energía en la búsqueda

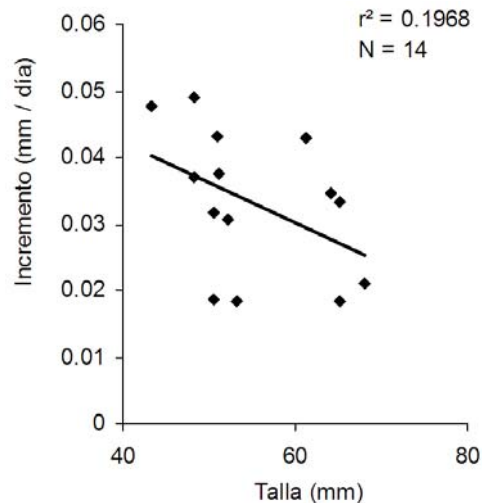


Fig. 5. Incrementos diarios de talla (mm/día) diámetro de caparazón de erizo rojo en condiciones naturales (Arrecife Sacramento).

de alimento, desplazamiento para evitar depredación y para fijarse al fondo en épocas de mal

tiempo, como en el invierno cuando el oleaje es más fuerte. En cambio, los erizos en cautiverio probablemente tuvieron menor gasto energético por el poco movimiento y el alimento suficiente, aunque la temperatura del agua no fuera la óptima para su desarrollo que, según los reportes, ha sido de entre 12 a 14 °C (Ebert *et al.*, 1999).

Es importante mencionar que los erizos marcados en el medio natural estuvieron bien alimentados, ya que se depositaron dentro de un manto de *M. pyrifera*, con gran abundancia de frondas todo el año (Palleiro-Nayar, 2009). En esta área también se observaron otras especies de algas como: *Gelidium robustum* (Gardner, 1927) y *Eisenia arborea* (Areschoug, 1876).

En experimentos realizados en campo se han detectado amplias variaciones en el crecimiento de erizos de la misma talla inicial, lo que sugiere que la disponibilidad de alimento, las condiciones ambientales, así como la carga genética individual influyen en su crecimiento (Vadas *et al.*, 2001; Rogers-Bennett *et al.*, 2003). Uno de los primeros reportes del crecimiento del erizo rojo *S. franciscanus* es el de Swan (1961), que mantuvo a los erizos en jaulas dentro de una bahía en el estado de Washington, EU, y que tuvieron un crecimiento diario promedio de 0.0684 mm para organismos de 30 mm de talla y de 0.0356 mm diarios para organismos de 50 mm de talla. Baker (1973) utilizó un método de marcado-recaptura con erizos rojos de talla promedio de 30 mm en dos localidades del área de San Diego, California (Mision Bay y Point Loma, California, EU), donde el crecimiento registrado fue de 13.8 mm y 19.20 mm por año respectivamente, lo que equivale a 0.0378 y 0.0526 mm por día.

Domínguez-Valdez (1999) mantuvo durante 13 meses a los erizos rojos en jaulas suspendidas a 5 m de la superficie, y se observó un crecimiento diario promedio de 0.062 mm (0.009 DE) para organismos cuya longitud inicial era de 25 a 40 milímetros.

Para otra especie de erizo, *S. droebachei*, se ha reportado un crecimiento diario de 0.0666 mm en individuos de talla inicial de 25 mm (Swan, 1961; Miller y Mann, 1973; Vadas, 1977; Raymond y Scheibling, 1987; Meidel y Scheibling, 1999; Pearce *et al.*, 2004).

En cuanto al movimiento de los erizos en un año (≤ 12 m del sitio donde se marcaron), se ha observado que los erizos menores de 30 mm se mueven poco (Dumont *et al.*, 2004), mientras los de 40 a 45 mm presentan mayor movilidad para escapar de los depredadores (Hagen y Mann, 1994). También el movimiento del erizo en su medio natural está en función de la densidad de organismos y la disponibilidad de alimento, se han reportando desplazamientos entre 0.5-0.8 m por día (Lauzan-Guay *et al.*, 2006; Lauzan-Guay y Scheibling, 2007). En el Arrecife Sacramento la densidad de estos organismos es alta, de siete a ocho por metro cuadrado (Salgado-Rogel y Palleiro-Nayar, 2008), pero también es alta la cantidad de sus depredadores, especialmente peces, langostas y estrellas de mar, observados durante los muestreos en comparación con otras áreas (Palleiro-Nayar, 2004), por lo que resulta interesante que después de un año, 25% de los erizos marcados se encontrara muy cerca del sitio donde se depositaron, y la explicación podría ser que la altas densidades de erizo rojo y la gran abundancia de macroalgas propician su escasa movilidad. El resto de los erizos marcados probablemente no se localizó por haberse dispersado a mayor distancia y/o a la mortalidad natural o por pesca.

Se concluye que el crecimiento de erizo rojo en cautiverio observado en este trabajo fue alto comparado con el de otros estudios, lo que podría ser atractivo para la engorda de erizo, con objeto de comercializar sus gónadas; sin embargo, es necesario estimar los costos de producción para analizar su factibilidad económica.

Agradecimientos

A los pescadores y directivos de la Asociación Pesquera Regasa 2 SPR.

Al CONACYT-Gobierno del Estado de Baja California por apoyar el proyecto denominado "Estudio poblacional del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en sus principales áreas de captura de la costa occidental de Baja California."

A la Dra. Ma. del Pilar Sánchez Saavedra por facilitar las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura en el CICESE y por el apoyo logístico

durante los ocho meses que se mantuvieron los erizos en cautiverio.

Literatura citada

- ANDREW, N.L., Y. Agatsuma, E. Ballesteros, A.G. Bazhin, E.P. Creaser, K.A. Barnes, L.W. Botsford, A. Bradbury, A. Cambril, J.D. Dixon, S. Einarsson, P.K. Gerring, K. Hebrt, M. Hunter, P. Kalvass, R.J. Miller, C.A. Moreno, J.S. Palleiro, R.S. Steneck, R.L. Vadas, D.A. Woodby y Z. Xiaoqi. 2002. Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanography Marine Biology Annual Review* 40:343-425.
- BAKER, S.L. 1973. Growth of the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* in two natural habitats. Master Thesis, UCLA, San Diego, Cal., 83p.
- BUREAU, D. 1996. Relationship between feeding, reproductive condition, jaw size and density in the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. Master Thesis, Simon Fraser Univ. Burnaby, Canada. 90p.
- DOMÍNGUEZ-VALDEZ, P.M. 1999. Evaluación de jaulas y hábitat artificial para la crianza del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera Facultad Ciencias Marinas. UABC, México. 67p.
- DUMONT, C., J.H. Himmelman y M.P. Russell. 2004. Size-specific movement of green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* on urchin barrens in eastern Canada. *Marine Biological Progress Series* 276:93-101.
- DURAZO, R. y T.R. Baunmgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997-1999. *Progress Oceanography* 54:7-31.
- EBERT, T.A., J.D. Dixon, S.C. Schroeter, P.E. Kalvass, N.T. Richmond, W.A. Bradbury y D.A. Woodby. 1999. Grow and mortality of red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient. *Marine Ecological Progress Series* 190:189-209.
- EBERT, T.A. y J.R. Southon. 2003. Red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* can live over 100 years: confirmation with A-bomb 14Carbono. *Fisheries Bulletin* 101:915-922.
- EBERT, T.A. 2008. Longevity and lack of senescence in the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Experimental Gerontology* 43:734-738.
- FAO. 2002. Programa de cómputo FISAT II www.fao.org
- HAGEN, N.T. 1996. Tagging sea urchins: a new technique for individual identification. *Aquaculture* 139:271-284.
- HAGEN, N.T. y A. Mann. 1994. Experimental analysis of factors influencing the aggregation behavior of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal Marine Biology Ecological* 176:107-126.
- KALVAS, P.E., J.M. Henrix y P.M. Law. 1998. Experimental analysis of 3 internal marking methods for red sea urchins. *California Fish and Game* 84:88-99.
- LAUZAN-GUAY, J.S., R.E. Scheibling y M.A. Barbeau. 2006. Movement patterns in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of the Marine Biology Association U.K.* 86(1):167-174.
- LAUZAN-GUAY, J.S. y R.E. Scheibling. 2007. Seasonal variation in movement, aggregation and destructive grazing of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in relation to wave action and sea temperature. *Marine Biology* 151(6):2109-2118.
- LEIGHTON, D.L. 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. En: W.J. North (ed.). *The biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California*. Pergamon Press, Oxford UK, pp: 421-453.
- MEIDEL, S.K. y R.E. Scheibling. 1999. Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology* 134:155-166.
- MORGAN, L.E., S.R. Wing, L.W. Botsford, C.J. Lundquist y J.M. Diehl. 2000. Spatial variability in the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) recruitment in northern California. *Fisheries Oceanography* 9:83-98.
- MILLER, B.A. y K.H. Mann. 1973. Ecological energetic of the seaweed zone in marine bay on Atlantic coast of Canada. Energy transformation by sea urchins. *Marine Biology* 129:159-167.

- NILSEN, L.A. 1992. *Methods of marking fish and shellfish*. American Fisheries Society Special Publication 23:89-112.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S. 1982. Estimación de la densidad y crecimiento del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Santo Tomás Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad Ciencias Marinas. UABC. México. 61p.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S. 2004. Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, B.C. 74p.
- 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. CICESE, Ensenada, BC. 129p.
- PEARCE, C.M., R.W. Weavers y S.W. Williams. 2004. Effect of three kelp species and a prepared diet on somatic growth of juvenile green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquatic Association Canadian Special Publication* 8:73-76.
- RAYMOND, M. y R.E. Scheilbling. 1987. Recruitment and growth of sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* following mass mortalities off Nova Scotia. *Canadian Journal Experimental Marine Biological Ecology* 108:31-54.
- ROGERS-BENNETT, L., D. Rogers, W. Bennett y T.A. Ebert. 2003. Modeling red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) growth using six growth functions. *Fisheries Bulletin* 101(3):614-626.
- SALGADO-ROGEL, M.L. y J.S. Palleiro-Nayar. 2008. Disminución de la abundancia de erizo rojo y propuesta para su manejo en Baja California, México. *Ciencia Pesquera* 16:37-45.
- SWAN, E.F. 1961. Some Observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*. *Biological Bulletin* 120:420-427.
- VADAS, R.L. 1977. Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecological Monographs* 47:337-371.
- VADAS, R.L., B.D. Smith, B. Beal y T. Dowling. 2001. Sympatric growth morphs and size bimodality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Ecological Monographs* 72:113-132.

Recibido: 3 de febrero de 2009.

Aceptado: 7 de septiembre de 2009.