

Bienvenida nuevamente *Ciencia Pesquera*

La revista *Ciencia Pesquera* ha sido parte integral de la historia del Instituto Nacional de Pesca desde 1981, cuando con la dirección del doctor Jorge Carranza Fraser y del licenciado Fernando Rafful, en ese entonces jefe del Departamento de Pesca, se fundó con el propósito de publicar los resultados de las investigaciones que se realizaban de manera cotidiana en nuestra Institución. También ha estado abierta a investigadores, organismos e instituciones que han trabajado en el desarrollo de conocimientos sobre pesca y las ciencias marinas en general.

Tras un breve receso hemos retomado *Ciencia Pesquera*, pues si bien en México y Latinoamérica existen varias y muy buenas revistas relacionadas con las ciencias acuáticas, identificamos un nicho para la publicación especializada de artículos científicos y tecnológicos relacionados con la pesca y la acuicultura. En los inicios de la revista los artículos se ocupaban principalmente de la evaluación de los recursos explotados comercialmente; ahora pretendemos incluir trabajos con enfoques y estrategias de manejo moderno cuyo objetivo sea lograr la sustentabilidad y la conser-

vación de recursos naturales relacionados con la pesca, sin dejar de lado aspectos básicos de la biología y el estudio de recursos potenciales. Por otro lado, en esta nueva etapa de *Ciencia Pesquera* serán incluidos artículos relacionados con el cultivo y la engorda de organismos acuáticos, como una forma de reconocer su importancia económica y social, y como actividades productivas abastecedoras de proteínas en México y el mundo.

La publicación de trabajos se hará en estricto apego a normas de alto estándar y a rigurosos procedimientos editoriales. De esta manera aspiramos a contribuir a la difusión de resultados de investigaciones científicas y tecnológicas que impliquen la generación de conocimiento para el manejo pesquero y acuícola que demanda el siglo XXI.

Gracias y enhorabuena a la esforzada comunidad científica.

Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata
Director en Jefe del INAPESCA

Disminución de la abundancia del erizo rojo y propuestas para su manejo en Baja California, México

María de Lourdes Salgado-Rogel y Julio Said Palleiro-Nayar*

Las capturas de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*, durante el periodo 1982-2005 muestran una tendencia decreciente después de 1986, con producciones de alrededor de 1 700 t en los últimos años. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ha disminuido de 309 kg·día⁻¹ hasta 140 kg·día⁻¹, hecho atribuido al descenso en la densidad del recurso. La tasa de mortalidad por pesca cambió de 0.45 (1985) a 2.25 (2006) y estuvo correlacionada ($r = 0.94$) con la incidencia de tallas sublegales (<80 mm), ya que ésta fue elevada entre 1996 y 2001, cuando fue de 51.5%. A partir de 2002 el porcentaje oscilaba alrededor de 15%. La densidad de erizo rojo entre las cuatro zonas de pesca de Baja California varió entre 1.79 y 5.32 ind·m⁻² y fue muy inferior a la registrada en 1980. En contraste, la densidad del erizo morado en el nivel submareal se ha incrementado, en detrimento de la comunidad bentónica. Para revertir el deterioro de la pesquería del erizo rojo, se propone mantener densidades mínimas de 2 ind·m⁻² en los bancos naturales para promover la reproducción y el reclutamiento, la rotación de áreas de cosecha y promover la captura de erizo morado en todas las zonas de pesca.

Palabras clave: erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus*, abundancia, mortalidad, densidad.

Decrease in abundance and management proposals of red sea urchin in Baja California, Mexico

The red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* catch in Baja California showed a negative trend after 1986, with productions of around 1 700 t in recent years. Catch per unit effort (CPUE) has decreased from 309 kg·day⁻¹ to 140 kg·day⁻¹, caused by decrease in red sea urchin density. Fishing mortality rate changed from 0.45 (1985) to 2.25 (2006) and was correlated ($r = 0.94$) with catch of sublegal length organisms (<80 mm), which was high between 1996 and 2001, when it reached 51.5%; after 2002 the percentage oscillated around 15%. The density of red sea urchin in the four fishing areas in Baja California varied between 1.79 and 5.32 ind·m⁻² and was lower than the registered in 1980. In contrast, purple sea urchin densities at the subtidal have increased, in detriment of the benthic community. To reduce further deterioration of the red sea urchin fishery, it is proposed to keep a 2 ind·m⁻² minimum density in natural banks to promote reproduction and recruitment, as well as harvesting areas rotation and to increase the purple sea urchin catch in all the fishing zones.

Key words: red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, abundance, mortality, density

Introducción

La distribución geográfica del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* comprende desde Alaska, EU, hasta la isla de Cedros en Baja California, México (Ebert, 1968; Mottet, 1976), y

está relacionada, junto con su abundancia, con la cobertura del alga café *Macrocystis pyrifera* de cuyas frondas se alimenta (Tegner y Dayton, 1977; Dayton y Tegner, 1984). Es un organismo dioico, sin dimorfismo sexual y con fertilización externa, que presenta alta mortalidad entre su etapa larvaria y el asentamiento, por lo que la tasa de reclutamiento es baja (Low, 1975). La mayor densidad de organismos ocurre entre los 10 y 20 m de profundidad (Mottet, 1976). En Baja California, las primeras evaluaciones de abundancia de

* Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. INP-SAGARPA. Apartado Postal 187. cp 22760, Ensenada, Baja California, México. correo electrónico: rogel_rogel@hotmail.com.

erizo rojo las realizaron Palleiro-Nayar y Moctezuma (1980¹), quienes reportaban densidades promedio de entre 6.52 y 8.25 ind·m⁻².

La pesquería de erizo es la actividad de pesca ribereña más importante en Baja California, ya que genera cerca de 1 800 empleos en forma directa, y el valor de la producción de la gónada es de más de tres millones de dólares por temporada de pesca. La Norma Mexicana Oficial NOM-007-PESC-1993 (DOF, 1993) reglamenta la talla mínima de captura en 80 mm de diámetro de caparazón y establece la época de veda de marzo a junio de cada año (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996); sin embargo, la incidencia de la captura de individuos de talla menor a la reglamentaria ha sido muy alta a lo largo de su historia (Palleiro-Nayar *et al.*, 2003; Salgado-Rogel *et al.*, 2003). La normatividad también establece que el buceo debe ser el método de pesca, la recolección manual de los organismos por medio de un gancho, la entrega de erizo entero a la planta de proceso para evitar que la gónada se extraiga a bordo de los botes o en playa, así como especificaciones de la embarcación y sus tripulantes.

El reto para las autoridades de la administración pesquera y los productores de erizo rojo es preservar esta pesquería, ya que desde 1987 su biomasa está por debajo del valor de su máxima productividad (Cota-Villavicencio *et al.*, 2000), por lo que la Carta Nacional Pesquera y su anexo (DOF, 2000) establecen que la pesquería de este equinodermo está en deterioro. Otros indicadores de abundancia, como el volumen total de captura y la CPUE, presentan tendencias de marcado decaimiento en años recientes (Palleiro-Nayar *et al.*, 2003). Este trabajo presenta indicadores que confirman el deterioro de la población de erizo rojo y recomienda estrategias de conservación en el corto plazo, que no están contempladas en los instrumentos de manejo existentes para dicha pesquería, como la NOM-007-PESC-1993 y la Carta Nacional Pesquera.

Materiales y métodos

La región de pesca de erizo en Baja California comprende una longitud de aproximadamente 445 km en la costa occidental, desde las islas Coronado hasta el bajo de San Carlos, ubicado al sur de la localidad El Rosario, en esa misma entidad. El estudio y la administración de esta pesquería se encuentran divididos en cuatro zonas administrativas de pesca (ZAP) localizadas de norte a sur, respectivamente: la ZAP I se ubica desde la frontera con Estados Unidos hasta punta Banda, la ZAP II comprende entre punta Banda y punta Colonet, la ZAP III abarca desde punta Colonet hasta El Socorro, y la ZAP IV se ubica entre El Socorro y Punta Blanca (Fig. 1).

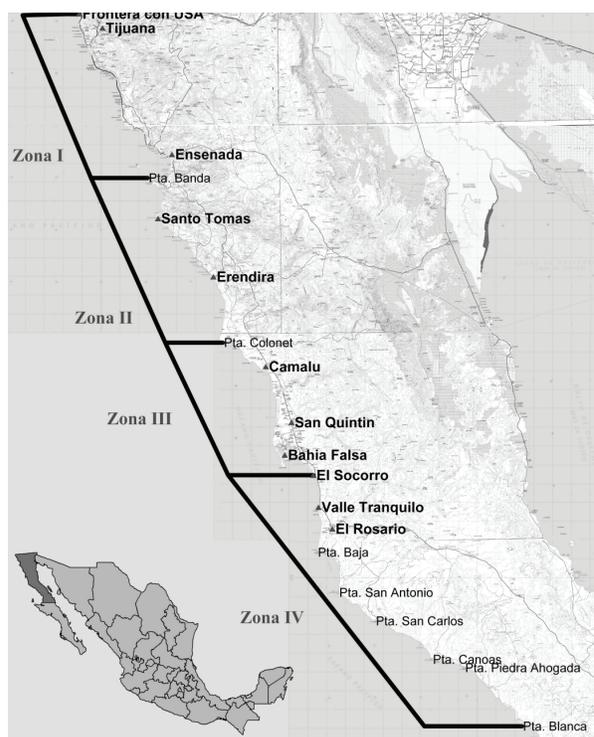


Fig. 1. Área de estudio y división de las zonas administrativas de pesca de erizo rojo.

El estudio de la pesquería comprende tres aspectos: el primero es el registro histórico de la producción, con datos proporcionados por 37 organizaciones pesqueras en la forma de bitácoras y de los avisos de arribo que entregan a las oficinas federales de Pesca; en estos documentos se describe la captura (CT) de organismos enteros, la CPUE que representa el peso de erizos ente-

1. PALLEIRO-NAYAR, J. y M. Moctezuma. 1980. Estimación de la densidad del erizo rojo en Baja California. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera-Ensenada. 18p.

ros capturados por equipo de pesca, y el número de equipos de pesca, donde cada uno de éstos corresponde a una embarcación provista de un buzo, un motorista y un cabo de vida. El segundo aspecto incluye muestreos masivos de organismos provenientes de la captura comercial, para determinar la abundancia relativa de ejemplares de tallas sublegales y la tasa de mortalidad por pesca (F), a partir de la distribución de tallas (mm). Estos datos se obtuvieron durante todas las temporadas de pesca y en todas las ZAP a partir de 1984. El monitoreo fue aleatorio, independiente y con tamaño mínimo de muestra de 75 kg de peso entero por embarcación. La talla se agrupó en intervalos de 5 mm, ya que este tamaño es el más adecuado para distinguir las clases de talla. La tasa de mortalidad por pesca se calculó empleando el programa FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2002) a partir de la expresión:

$$\text{Ec. 1} \quad Z = M + F$$

Donde Z es la mortalidad total y M la natural; por lo que F se estima con:

$$\text{Ec. 2} \quad F = Z - M$$

Se utilizó la tasa de mortalidad natural $M = 0.22 \text{ año}^{-1}$ calculada por Ebert *et al.* (1999), y una tasa de crecimiento $K = 0.198$ (Palleiro-Nayar, 1982).

El tercer aspecto que se incluye en este trabajo consistió en estudios realizados en los bancos silvestres para determinar la densidad poblacional (D) o el número de individuos por unidad de área. Los datos se obtuvieron mediante buceo durante el verano-otoño de 2006 en 25 sitios de captura, localizados de norte a sur en: isla Coronado, isla Coronado Centro, isla Coronado Sur, bajo Coronado, Popotla, Popotla Sur, Puerto Nuevo, Campo López, La Salina, El Mirador, San Miguel, el bajo San Miguel, isla Todos Santos, punta Banda, ejido Esteban Cantú, Santo Tomás, Santo Tomás Sur, La Calavera, ejido Eréndira, Jaramillo, punta San Quintín, isla San Martín, bahía El Rosario, isla San Jerónimo y Arrecife Sacramento. En cada localidad se localizaron los bancos ericeros con el apoyo de los pescadores y utilizando como indicador el hábitat del erizo rojo, la presencia de mantos de

Macrocystis pyrifera (Tegner, 1981, 1989) y de sustrato rocoso, ya que éste es favorable para su asentamiento (Tegner y Dayton, 1977; Vadas, 1977; Schroeter *et al.*, 1992; Salgado-Rogel *et al.*, 2002²). Los muestreos fueron de tipo aleatorio estratificado y se realizaron mediante transectos en franja de 10 x 2 m (20 m²) entre los 10 y 20 m de profundidad; el número de transectos fluctuó entre 4 y 12, dependiendo del tamaño de los bancos. También se contabilizaron los erizos morados. Las densidades promedio de cada ZAP se compararon entre sí con la prueba Kruskal-Wallis porque la varianza fue heterogénea según los resultados de la prueba de Levene y Brown; ambos métodos están incluidos en el programa Statistica 6.1 (StatSoft, 2000). Para diferenciar los valores significativamente diferentes se aplicó el método de comparaciones múltiples.

Resultados

La captura comercial inició en 1972 con cantidades muy pequeñas (213 t); en 1979 la producción alcanzó las 5 700 t (individuos enteros); no obstante, en 1980–1983 se observó un descenso abrupto, atribuible a la combinación del evento global El Niño de 1982–1983 y a la presión de pesca (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996). A partir de 1984 se registró un repunte en las capturas, asociado al incremento paulatino en el número de equipos de pesca (Fig. 2a), y en 1986 se presentó el máximo registro de captura (8 500 t), pero en años posteriores la tendencia fue negativa (Fig. 2b): en cada una de las últimas cinco temporadas se han alcanzado alrededor de 1 700 t.

En 1979 en la entidad de Baja California se contaba con 110 equipos para la pesca de erizo rojo, cantidad que disminuyó en el periodo 1980–1985, pero que se duplicó en 1986 y continuó aumentando hasta alcanzar 320 en 1988. En las últimas tres temporadas la flota ha contado con alrededor de 250 equipos (Fig. 3).

2. SALGADO-ROGEL, M.L., J. Palleiro-Nayar, D. Aguilar M., J.M. Romero y F.J. Martínez G. 2002. La abundancia del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en bancos pesqueros de Baja California, México. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera–Ensenada. 22p.

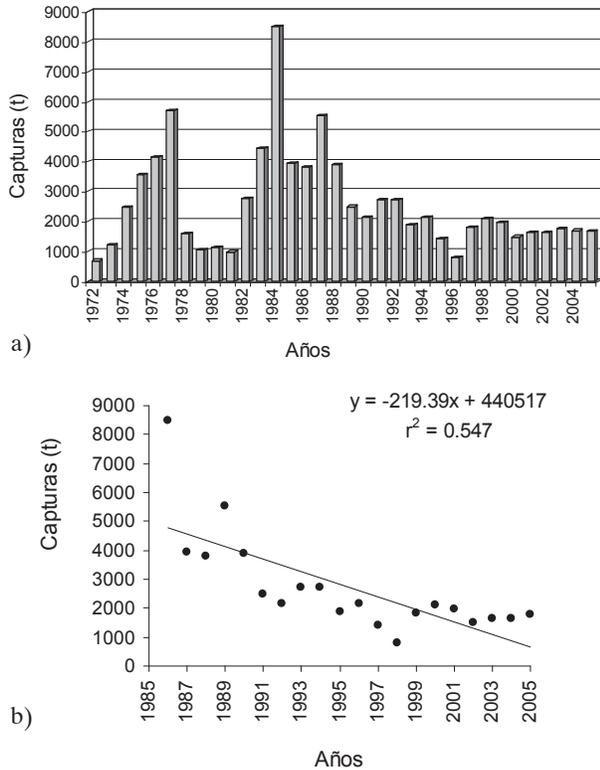


Fig. 2. Captura de erizo rojo entero: a) Captura total (t) de erizo rojo entero en Baja California. b) Tendencia de las capturas después de 1986, los datos explican 55% de la variación y fueron obtenidos de los avisos de arribo de 37 agrupaciones pesqueras.

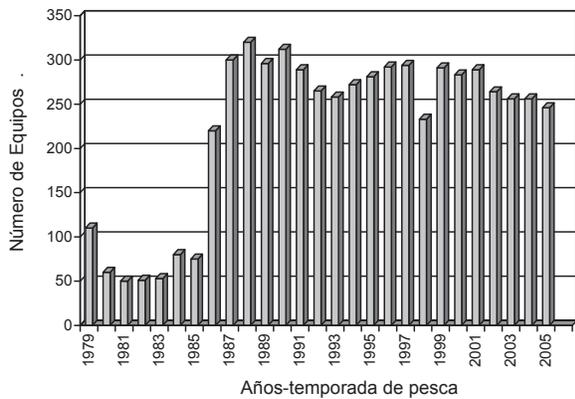


Fig. 3. Número de equipos dedicados a la captura de erizo rojo en Baja California. El equipo incluye la embarcación, buzo, motorista y cabo de vida. Datos obtenidos de los permisos de pesca proporcionados por la Subdelegación de Pesca en Baja California.

La CPUE en la pesca de erizo rojo ha disminuido drásticamente con el paso del tiempo; en 1988–1989 el promedio para todas las zonas de pesca

era de 310 kg·día⁻¹, para la temporada 2002–2003 fue de 94 kg·día⁻¹, mientras que en años recientes varió entre 115 y 136 kg·día⁻¹ (Fig.4).

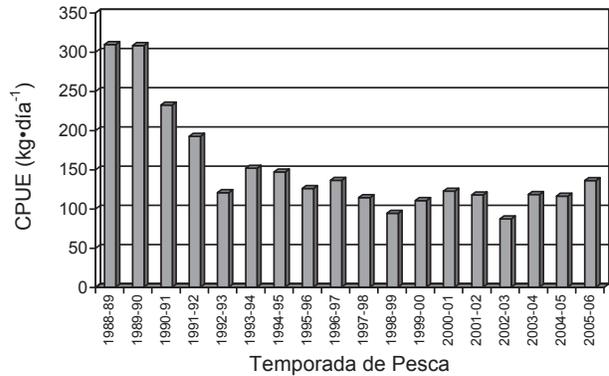


Fig. 4. Captura por unidad de esfuerzo de erizo rojo (kg·día⁻¹ por equipo de pesca) por temporada. Datos de las bitácoras de pesca mensual de 37 unidades productivas.

Una vez obtenido, el producto se traslada a las 20 plantas procesadoras distribuidas en la entidad; se procesan las gónadas y se empaquetan en charolas de poliuretano o en cajitas de madera (*hakatas*) no resinosa. En las capturas se detectaron altos porcentajes de organismos de tallas sublegales en el segundo lustro de las décadas de los años ochenta y noventa. El valor más alto se detectó en el año 2001, cuando fue mayor a 50% (Fig. 5), lo que evidencia el incumplimiento de la NOM-007-PESC-1993, al menos entre ese año y 1984, cuando se inició el seguimiento de esta variable.

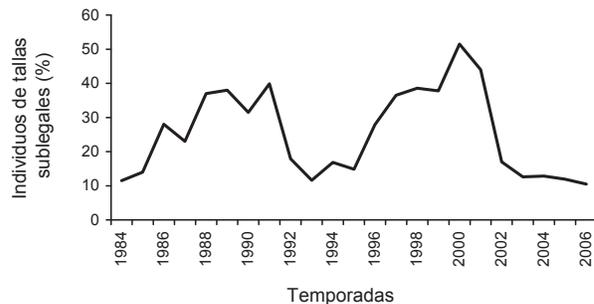


Fig. 5. Incidencia (%) de organismos de tallas ≤ 79 mm. Datos mensuales de la captura comercial en las 20 plantas de proceso en Baja California.

La tasa de mortalidad por pesca (F) estimada en este trabajo fue mayor que la calculada por otros autores (Tabla 1), lo que muestra el incremento

que se ha producido a lo largo del tiempo. La F y el porcentaje de tallas sublegales estuvieron significativamente correlacionados ($r = 0.882$; $r^2 = 0.772$; $N=12$), lo que explica la covarianza entre ambas variables (Fig. 6).

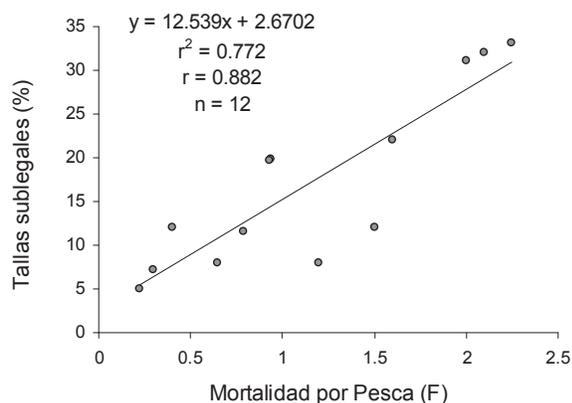


Fig. 6. Relación entre la mortalidad por pesca y el porcentaje de individuos capturados con tallas sublegales.

Tabla 1
Estimaciones de la Tasa de Mortalidad por Pesca (F) de erizo rojo

Mínima	Máxima	Autor
0.45	0.65	Lelevier y Palleiro-Nayar (1985) ³
0.58	1.23	Cota-Villavicencio (2000) ⁴
0.71	2.25	Este estudio

La densidad promedio del erizo rojo fue significativamente diferente ($p < 0.05$) en las cuatro zonas: en la ZAP I fue de $1.99 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, en la II de $3.05 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, en la III de $1.79 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ y en la IV de $5.32 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (Fig. 7). Las marcadas diferencias se detectaron entre la ZAP I y la III contra la ZAP II y la IV, lo que podría deberse a la variabilidad en el reclutamiento del erizo rojo en el medio natural (Palleiro-Nayar, 2004).

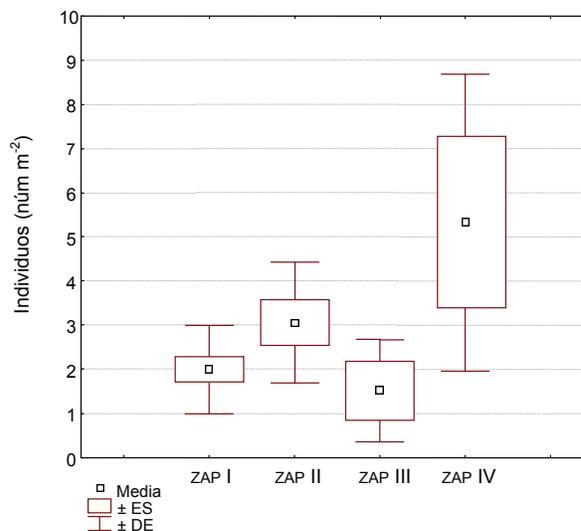


Fig. 7. Densidad de erizo rojo por zona de pesca durante el verano-otoño de 2006 (26 localidades muestreadas). ES: error estándar; DE: desviación estándar.

En todas las áreas estudiadas se encontró erizo morado (*S. purpuratus*), incluso en mayor densidad que la del erizo rojo; en la ZAP I se encontraron $4.57 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ en promedio; en la ZAP II, $2.80 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$; en la ZAP III, $3.41 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ y en la ZAP IV, $5.95 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$.

Discusión

La serie histórica de datos de la captura muestra que en la década de los años setenta esta variable se incrementó paulatinamente hasta 1979, y tal cantidad ($5\,700 \text{ t}$ de peso entero) sólo ha sido superada por la producción de 1986. El decremento en el periodo 1980–1983 puede ser atribuido a la disminución en la demanda y al impacto de El Niño que ocurrió en ese periodo (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996). La elevada captura registrada en 1986 se asocia al rápido incremento en el número de equipos de pesca de 1985 a 1986; después de ese año la tendencia de la captura total (CT) y la CPUE fue negativa. En temporadas recientes se han registrado entre $115\text{--}136 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1}$ y CT de alrededor de $1\,700 \text{ t}$ por temporada de pesca, resultado de un esfuerzo elevado (>250 equipos de pesca). La disminución en las capturas y un número alto de equipos de extracción representan mayor presión de pesca y competencia entre los pescadores por los organismos, con mayores

- LELEVIER, A. y J. Palleiro-Nayar. 1985. La mortalidad por pesca en el erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera-Ensenada. 40p.
- COTA-VILLAVICENCIO, A. 2000. Tasa de mortalidad por pesca del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera-Ensenada. 10p.

costos de operación (combustible), tiempo de trabajo y búsqueda del recurso a mayores profundidades, lo que implica mayor riesgo en la actividad subacuática. La disminución de los indicadores de abundancia de erizo rojo muestra que la flota actual es excesiva, frente a una CT y una CPUE decrecientes.

La densidad promedio en los bancos de erizo fue significativamente diferente entre zonas de pesca, los valores más altos se encontraron en las zonas IV y II. Históricamente, las ZAP de mayor densidad (IV y II) han estado sujetas a una alta presión de pesca, lo que podría estar compensado con altos valores de reclutamiento para mantener densidades más altas. Lo anterior concuerda con los elevados índices de reclutamiento de Morgan (Morgan *et al.*, 2000) estimados en 2001 y 2002 por Salgado-Rogel *et al.* (2003) en esas dos zonas, este indicador utiliza la proporción de juveniles y adultos. Palleiro-Nayar (2004) también registra las densidades más altas de erizo rojo en dichas zonas de pesca. Las densidades encontradas en las ZAP I y III ($<2 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) son bajas si se considera que este parámetro es útil para valorar la probabilidad del éxito de la fertilización, ya que los erizos requieren encontrarse a menos de un metro cuadrado de distancia para asegurar la fertilización de sus gametos (Levitan *et al.*, 1992), por ello se propone dejar en los bancos naturales de erizo rojo al menos $2 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$. Al comparar los datos de densidad en este trabajo con los estimados por Palleiro-Nayar y Moctezuma (1980¹) en las ZAP I, II y IV (6.52, 6.44 y $8.00 \text{ erizos}\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente), se observa que los datos recientes son dos o tres veces más bajos, lo que refleja la intensidad de la explotación. En la ZAP III el promedio de los datos obtenidos por Cota-Villavicencio *et al.* (1996⁵), primeros autores en evaluar la densidad en esa zona, fue de $4.34 \text{ erizos m}^{-2}$, valor superior al encontrado en este trabajo. El decremento de este parámetro se puede relacionar con el decaimiento de la captura total después de 1986 y de la CPUE; esta última disminuyó

de $310 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1}$ por embarcación en 1990 a $136 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1}$ en 2006, situación que puede atribuirse a la presión de pesca, a la alta incidencia de organismos de tallas sublegales y al poco respeto a la talla mínima de captura establecida en la NOM-007-PESC-1993. Lo anterior puede agravarse por las características biológicas del recurso, ya que son organismos longevos, de lento crecimiento y baja tasa de reclutamiento (Low, 1975; Bernard y Miller, 1973; Ebert, 1983; Bostford *et al.*, 1993⁶; Morgan *et al.*, 2000).

En las expediciones subacuáticas realizadas para este trabajo, se detectó la intrusión de erizo morado en profundidades de entre 10 y 20 m, con densidades superiores a las del rojo, lo que podría estar vinculado al alto esfuerzo de pesca ejercido sobre este último desde los años setenta. La presencia de erizo morado representa mayor competencia por alimento y espacio para el rojo (Kato y Schroeter, 1985), debido a que tiene la ventaja de consumir gran diversidad de macroalgas rojas, verdes y cafés de los géneros *Halydris*, *Demarestia*, *Gellidium*, *Prionitis*, *Rhodymenia* y *Macrocystis* (Salgado-Rogel, 1995), algas corallinas, diatomeas y detritus, ya que puede sobrevivir a base de residuos orgánicos (Ebert, 1968), además de que se adapta con rapidez a dietas artificiales de alimento para pollo y perro (Kim, 2001); mientras que el erizo rojo se alimenta preferentemente de frondas a la deriva de *Macrocystis*. Por otro lado, el desarrollo larvario del erizo morado es más corto ya que dura de 28 a 30 días, mientras que el del erizo rojo aproximadamente 42 días (Salas y Pares, 2000). La enorme capacidad de adaptación del morado puede afectar a otros habitantes de los mantos de algas, dado que como también se alimenta del rizoides del sargazo gigante *Macrocystis* sp, provoca su desprendimiento del sustrato. Sobre lo anterior, Leighon (1971), Dayton y Conell (1997) mencionan que dicha intrusión puede afectar a toda la comunidad asociada a los mantos de este sargazo, dado que brinda refugio, alimento y es hábitat de parte importante de la biota marina. Por ello se propone como

5. COTA-VILLAVICENCIO, A., D. Aguilar M. y J.M. Romero M. 1996. Evaluación de la densidad y biomasa del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* y su dictamen técnico biológico de la pesquería para la Temporada de Pesca 1996-1997. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera-Ensenada. 16p.

6. BOSTFORD, L.W., F. Quinn, S.R. Wing y J.G. Brittnacher. 1993. Rotating spatial harvest of a benthic invertebrate, the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. *Proc. International Symposium on Management of exploited fish*. Alaska Sea Grant. pp: 409-427.

estrategia de conservación del erizo rojo y las macro-algas, impulsar la pesquería del morado en todas las zonas de pesca, pues su valor comercial es similar al del primero, ya que fluctúa entre 20–25 dólares el kilogramo de gónada (véase el trabajo de Palleiro-Nayar *et al.*, en este mismo número).

El incremento en la mortalidad del erizo rojo, detectado al comparar los resultados de este trabajo con el de Lelevier y Palleiro-Nayar (1985³), se correlacionó con la incidencia de tallas sublegales, lo que sugiere que dicha situación podría ser la causa del incremento en la tasa de mortalidad por pesca, ya que reduce la capacidad de recuperación de la población después de la cosecha. En algunos años se detectó que hasta poco más de la mitad de individuos eran de tallas sublegales en la captura comercial; sin embargo, en las últimas cuatro temporadas esa proporción fue inferior a 15%, lo que puede ser atribuible a las acciones de inspección y vigilancia de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), así como al seguimiento de pesca responsable por parte de la autoridad pesquera a permisionarios, lo cual permite suponer que disminuirá el esfuerzo sobre la población de tallas sublegales.

Ante la disminución de la abundancia del erizo rojo y el incremento de la densidad del morado en la franja submareal, los autores de este trabajo han propuesto en las reuniones técnicas que se realizan entre las autoridades de administración pesquera y los productores antes de la apertura de la temporada de pesca, aplicar medidas de manejo en el corto plazo para la preservación de los bosques de *Macrocystis* sp. y las poblaciones de erizo rojo, tales como:

Repoblación inmediata en las zonas de pesca con mayor deterioro (ZAP I y III), con la finalidad de mantener una densidad mínima de 2 ind·m⁻² para incrementar el éxito de la reproducción y favorecer el reclutamiento.

Rotación de áreas de cosecha. Esta práctica se ha iniciado con grupos de pescadores cuyas áreas de captura se localizan en la ZAP II y consiste en iniciar la temporada de pesca en zonas con alta densidad y mayor cantidad de organismos de talla comercial (≥ 80 mm), y dejar “descansar”

las áreas pobres y con erizos de tallas pequeñas, para ser cosechados al final de la temporada o en el siguiente año.

Otorgar concesiones para la captura de erizo rojo y morado a los permisionarios que han realizado acciones de pesca responsable (como el respeto a la talla mínima de captura) y a aquellos que estén exentos de infracciones a la normatividad, previo estudio de su expediente. La concesión permite el usufructo del recurso por un periodo de 10 a 20 años, lo que trae consigo el interés y el compromiso de proteger el patrimonio pesquero.

Definir zonas que en el futuro sean consideradas como áreas de reserva, con la finalidad de asegurar la reproducción y el reclutamiento, además de promover la incorporación de reclutas a las áreas adyacentes.

Conclusiones

- Las diferencias significativas en la densidad promedio de erizo rojo entre las zonas de pesca muestran que su abundancia en éstas es distinta. Esta variable ha disminuido también con el transcurso del tiempo, debido al alto esfuerzo de pesca que se ha mantenido. Por ello, y con la finalidad de preservar su pesquería, es preciso mantener un enfoque precautorio que promueva su reproducción y reclutamiento, que considere mantener densidades de al menos dos individuos por metro cuadrado.
- La intrusión de erizo morado que se detectó en el nivel submareal en profundidades de entre 10 y 20 m, en todas las zonas de pesca, con densidades mayores a las de erizo rojo, pudiera afectar a la comunidad bentónica asociada a los mantos de sargazo gigante de *Macrocystis* sp, ya que este organismo se alimenta del rizoide o haptera y del talo. Por esta razón se propone alentar la captura de erizo morado en todas las zonas de pesca, ya que además tiene un valor comercial similar al del rojo.
- La flota para la captura de erizo rojo (250 equipos de pesca) actualmente es excesiva frente a la disminución de la densidad poblacional del recurso. Por ello, no se deberá in-

crementar el número de equipos, ni sustituir a los permisionarios que se retiren.

Literatura citada

- BERNARD, F. R. y D. C. Miller. 1973. Preliminary investigation on the red sea urchin resources of Baja California *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz). *Fish. Res. Board Can. Tech. Rep.* 400: 1–38.
- COTA-VILLAVICENCIO, A., D. Aguilar-Montero, J.M. Romero-Martínez, F. Uribe-Osorio, E. Zárate-Becerra y P. Sierra-Rodríguez. 2000. Erizo de Mar, *Strongylocentrotus franciscanus*. En: A. Aguilar-Ibarra, P. Arenas-Fuentes, L. Beléndez-Moreno, J.I. Fernández-Méndez, L. López-González, I. Ortiz-Fortunat, P. Sierra-Rodríguez, P. Ulloa-Ramírez y A. Díaz de León-Corral (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo 1997-1998*. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. México. pp: 299–324.
- DAYTON, P.K. y J.H. Conell. 1997. Studies toward the optimal management and environmental effects of sea urchin fisheries. Annual Report 1976–1977, Sea Grant College Program, California, EU. pp: 102–107.
- DAYTON, P.K. y M.J. Tegner. 1984. The importance of scale in community ecology: a kelp forest example with terrestrial analogs. En: W.P. Price (ed.). *A new ecology: Novel approaches to interactive systems*. Wiley & Sons, EU pp: 457–481.
- DOF. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-007-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de las poblaciones de erizo rojo en aguas de jurisdicción federal del océano Pacífico de la costa oeste de Baja California. *Diario Oficial de la Federación*. México. 1 de septiembre de 1993.
- DOF. 2000. Carta Nacional Pesquera y su anexo. *Diario Oficial de la Federación*. México. 28 de agosto de 2000.
- EBERT, T.A. 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology*, 49: 1075–1091.
- EBERT, T.A. 1983. Recruitment in echinoderms. En: M. Jangoux y J.M. Lawrence (eds.). *Echinoderms studies*. A. Balkeema, Rotterdam. pp: 169–203.
- EBERT, T.A., D. Dixon, S.C. Shroeter, P.E. Kalvas, N.T. Richmond, W.A. Bradbury y D.A. Woodby. 1999. Growth and mortality of red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient. *Mar. Ecol. Proc. Ser.*, 190: 189–209.
- GAYANILO, F.C., P. Sparre y D. Pauly. 2002. Welcome to FISAT II. User's guide. FAO, Roma. 45p. <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/WebHelp/FiSAT2.htm>
- KATO, S. y S.C. Schroeter. 1985. Biology of the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* and its fishery in California. *Mar. Fish. Rev.*, 47: 1–20.
- KIM A., M.T. 2001. Uso alternativo de dietas formuladas en la alimentación de juveniles de erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus*. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias Marinas. UABC. México, 92p.
- LEIGHTON, D.L. 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in southern California: kelp beds. *Pac. Sci.*, 20(1): 104–113.
- LEVITAN, D.R., M. R. Sewell y F. Chia. 1992. How distribution and abundance influence fertilization success in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Ecology*, 73(1): 248–254.
- LOW, CH. J. 1975. The effect of the grouping of *Strongylocentrotus franciscanus* the giant red sea urchin, on its population biology. Tesis doctoral. Departamento de Zoología. University of British Columbia. Canadá, 107p.
- MORGAN, L.E., S. Wing, W. Botsford, C. Lundquist y J.M. Diehl. 2000. Spatial variability in red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* recruitment in northern California. *Fisheries Oceanography*, 9: 83–98.
- MOTTET, M.G. 1976. The fishery biology of sea urchin in the family Strongylocentrotidae. *Wash. Dep. Fish. Tech. Report*, 20:1–66.
- PALLEIRO-NAYAR, J. 1982. Estimación de la densidad y crecimiento del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* para la zona de Santo Tomas BC. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias Marinas. UABC. México, 68p.
- PALLEIRO-NAYAR, J. 2004. Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial en

- Baja California. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias en Ecología Marina. Departamento de Ecología Marina. CICESE. México, 82p.
- PALLEIRO-NAYAR, J., D. Aguilar-Montero y J.M. Romero-Martínez. 1996. Equinodermos: erizo de mar. En: A. Sánchez-Palafox, D.F. Fuentes-Castellanos y S. García-Real Peñaloza (eds.). *Pesquerías relevantes de México*. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. México, pp: 313–335.
- PALLEIRO-NAYAR, J., M.L. Salgado-Rogel, D. Aguilar-Montero y J.M. Romero-Martínez. 2003. Análisis de la pesquería del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en la costa noroccidental de Baja California, México. *Journal INPescA*, 1:40–45.
- SALAS, A. y G. Pares. 2000. Dietary treatments in the larvae of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* and their impact on metamorphosis. (Abstract). American Aquaculture Society. New Orleans, Louisiana, EU, p. 292.
- SALGADO-ROGEL, M.L. 1995. La biota bentónica en las inmediaciones de Punta China (BC, México): Estudio comparativo en tres sitios sujetos a disturbio por vertimiento de material calizo y explotación de erizo. Tesis de maestría. Departamento de Ecología Marina. CICESE. México, 96p.
- SALGADO-ROGEL, M. L., J. Palleiro-Nayar, D. Aguilar-M., J. M. Romero y F. J. Martínez G. 2003. Indicadores de abundancia del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en la costa noroccidental de México. *Journal INPescA*, 1:46–53.
- SCHROETER, S., J. Dixon, T. Ebert y J. Richards. 1992. Urchins settlement patterns. En: C.M. Dewees (ed.). *The management and enhancement of sea urchins and other kelp bed resources: A Pacific rim perspective*. California Sea Grant. Ca., EU. 9p.
- STATSOFT Inc. 2000. Statistica for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com>.
- TEGNER, J. M. 1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins: *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*, in a kelp forest near San Diego, California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 255–268.
- TEGNER, J.M. 1989. The feasibility of enhancing red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, stocks in California: An analysis of the options. *Mar. Fish. Rev.*, 51(2):1–22.
- TEGNER, J.M. y K.P. Dayton. 1977. Sea urchin recruitment patterns and implications of commercial fishing. *Science*, 196: 324–326.
- VADAS, L.R. 1977. Preferential feeding: An optimization strategy in sea urchin. *Ecological Monographs*, 47: 337–371.