

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

La pesca de erizo morado, *Strongylocentrotus purpuratus*, y su incremento poblacional en Baja California, México

Julio Said Palleiro-Nayar,* María de Lourdes Salgado-Rogel* y David Aguilar-Montero*

El erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* se pesca en forma comercial en Baja California desde 1993, como una actividad alterna a la captura de erizo rojo. No obstante, el esfuerzo es muy variable y depende de la calidad de las gónadas y del precio en el mercado japonés, por lo que la captura ha fluctuado entre 89 y 815 t de peso vivo. La densidad de población estimada en la mayoría de las 31 localidades donde hay bancos ericeros fue alta (>4 erizos morados·m⁻²) con diferencias significativas en ocho localidades cuando se compara la estimación realizada en 2003 con la obtenida en 2005. El incremento de la densidad de erizo morado posiblemente afecta la abundancia y la distribución de los mantos de *Macrocystis pyrifera*, como se observó en la isla San Jerónimo, donde desapareció la pradera de macroalgas adyacente a un manto de *M. pyrifera*. La pesquería de erizo morado en Baja California está subexplotada y podría desarrollarse sustentablemente. La pesca limitaría el crecimiento poblacional excesivo de esta especie y los daños a la comunidad asociada a los mantos de sargazo.

Palabras clave: erizo morado, pesquería, densidad y ecología.

Fishery of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*, and its population increase in Baja California, Mexico

Purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* fishery began in 1993 in Baja California as an alternative activity to red sea urchin fishery. Nevertheless the level of its catch is very variable, due to gonad quality and market price in Japan. The catch has fluctuated from 89 to 815 metric tons of total weight. The density was high in most of the 31 locations (>4 purple sea urchins·m⁻²) with significant differences in eight locations from 2003 to 2005. The observed increments of density possibly affect the abundance and distribution of kelp beds of *Macrocystis pyrifera*, as was observed in San Jeronimo island, where no macro algae was found next to a kelp bed. Purple sea urchin population in Baja California is underexploited and could be developed further to be a sustainable fishery and avoid an ecological negative impact in the kelp bed community.

Key words: purple sea urchin, fishery, density, ecology.

Introducción

La extracción de erizo de mar tiene como finalidad aprovechar sus gónadas, ya que son utilizadas para el consumo humano directo. La captura de este equinodermo está sustentada en 20 especies, de las cuales siete pertenecen a la familia Strongylocentrotidae y son capturadas en Canadá, Estados Unidos, Rusia, Islandia, Japón y México. Japón es el principal comprador (Andrew *et al.*, 2002).

Los primeros intentos de explotación de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California, México, fueron hechos a finales de la década de los sesenta por una compañía japonesa, pero hasta 1972 se inició la explotación en escala comercial (Malagrino, 1972). La captura del erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* en Baja California fue iniciada en 1993 por recomendación de investigadores del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Ensenada (Palleiro-Nayar *et al.*, 2004). Se propuso como alternativa comercial y para limitar el crecimiento desmesurado de su población, ya que estaba empezando a ocupar el nicho ecológico del erizo rojo debido a la alta presión de pesca de la que

* Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Ensenada, B. C. Instituto Nacional de Pesca. Apartado postal No. 187 Ensenada, B. C. México. Correo electrónico: palleiro@cicese.mx.

es objeto. Esta recomendación estipulaba que los permisos se otorgaran a los permisionarios autorizados para pescar erizo rojo (*S. franciscanus*) y que esta actividad se desarrollara en las mismas áreas de operación, determinadas por coordenadas geográficas (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996).

En la actualidad hay 12 permisos vigentes para la explotación de erizo morado, con un total de 57 equipos y tres concesiones con 19 equipos que operan en cuatro zonas de pesca. Estos permisionarios capturan el erizo morado dependiendo de la calidad de las gónadas y las variaciones en el precio en los mercados japoneses. La temporada de pesca generalmente es de julio a noviembre, pero no existe regulación alguna para su extracción, por lo que se podría realizar todo el año y sobre organismos de cualquier talla, aunque el intervalo observado en la captura comercial es de 40 a 70 mm de diámetro. La talla de primera madurez en Baja California se determinó en 32 mm de diámetro (Esqueda, 2000).

Desde la perspectiva del ecosistema, la relación entre los erizos rojo y morado es muy importante para la estabilidad de la comunidad que habita los mantos de *Macrocystis pyrifera*, que está conformada por especies de importancia comercial como la langosta roja (*Panulirus interruptus*), abulones (*Haliotis* spp), caracoles (*Astraea* spp), pepino de mar (*Parastichopus parvimensis*) y muchas especies de peces (Kato y Schroeter, 1985). El erizo morado es el principal competidor del rojo por espacio y alimento, ya que ambas especies se encuentran en el sustrato rocoso, particularmente en cuevas y hendiduras. La competencia por espacio desempeña un papel muy importante en la distribución y la abundancia del erizo morado, y aunque la distribución de las dos especies de erizo se traslapa, éste domina en las zonas intermareal y submareal porque resiste los cambios físico-químicos y la acción del oleaje, mientras que el rojo es más abundante más allá de los cinco metros de profundidad (Workman, 1999). En este sentido se han realizado varios estudios con objeto de establecer la relación entre la disponibilidad de alimento con el comportamiento y la fisiología de los erizos, así como con la estructura de la comunidad que habita los mantos de algas (Lees, 1970; Pearse *et al.*, 1970; Mattinson *et al.*, 1977; Dean *et al.*, 1984; Ebelin *et al.*, 1985; Harrold y Reed, 1985). El erizo rojo prefiere consumir las frondas de

Macrocystis y cuando la comida es abundante se mueve muy poco; el erizo morado, por el contrario, ataca el rizoide de *Macrocystis*, por lo que es capaz de acabar con los mantos cuando es muy abundante (Kenner, 1992). En esta situación de competencia por espacio, la pesca comercial casi exclusiva de erizo rojo ha propiciado que el morado amplíe su área de distribución a profundidades de hasta 25 m, donde estaba limitado por el rojo (Kato y Schroeter, 1985; Palleiro-Nayar, 2004; Salgado-Rogel *et al.*, 2004). En la literatura se ha reportado su presencia hasta 64 m de profundidad (McCauley y Carey, 1967).

El presente trabajo tiene por objeto analizar las variaciones de la captura del erizo morado y presentar los resultados de las estimaciones de la densidad poblacional de *S. purpuratus* en Baja California, para documentar su incremento y el estatus de recurso subexplotado.

Materiales y métodos

La distribución geográfica de los erizos *S. franciscanus* y *S. purpuratus* en la costa occidental del estado de Baja California abarca desde las islas Coronado, frente a las playas de Tijuana, hasta Isla de Cedros; sin embargo, la zona de estudio comprende de islas Coronado a Punta Blanca (coordenadas 32° 30' a 29° 00' N), donde se realiza la pesca comercial (Fig. 1). Esta área se dividió en cuatro zonas de pesca con objeto de analizar las variaciones en la captura y el esfuerzo (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996).

Los datos de captura se obtuvieron de los avisos de arribo registrados en el Departamento de Informática de la Subdelegación de Pesca en Ensenada, BC entregados por los productores con permiso vigente en el lapso 1994 a 2006 (12 a 25). La información de esfuerzo y rendimiento gonadal se obtuvo de las bitácoras de pesca que se han entregado en el CRIP Ensenada. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por temporada y por zona de pesca fue el resultado de la relación entre el peso de la captura (kg) y el esfuerzo expresado en días de trabajo, denominados localmente como "mareas". La información por zona de pesca de la captura, esfuerzo, CPUE y rendimiento gonadal se procesó en una hoja de cálculo Excel (Microsoft®).

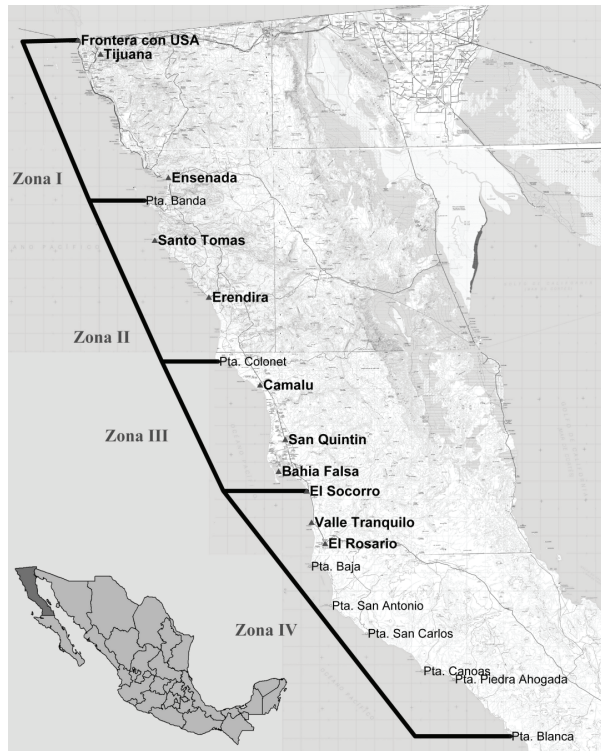


Fig. 1. Áreas y zonas de pesca para la captura de erizo en Baja California.

La tendencia de la captura en cada zona se describió con una regresión de Pearson y las comparaciones entre áreas se hicieron con el método no paramétrico de Kruskal-Wallis y con el de comparaciones múltiples de Diferencias Honestas Significativas de Tukey, con un valor de significancia de 95%. Ambas pruebas se aplicaron con el programa JMP 5 (v. 5.0.1).

Para la estimación de la densidad del recurso se diseñó un muestreo estratificado y en cada área o estrato se trazaron de 20 a 30 transectos en banda de 10x2 m, en donde se contabilizaron todos los erizos por medio de buceo autónomo; con el fin de verificar las evaluaciones de los buzos se filmó con una cámara de video submarina (Sony digital de 8mm) en profundidades entre 5 y 25 m dentro o cerca de los mantos de *M. pyrifera*. Se muestreó un total de 31 localidades donde se explota comercialmente a los erizos rojo y morado en Baja California.

La ubicación geográfica de cada transecto se estableció por medio de un geoposicionador satelital. Se realizaron dos campañas de muestreo: una en los meses de abril a julio de 2003 y

otra en los mismos meses de 2005. Se compararon los resultados de los dos años de la densidad poblacional para cada localidad, utilizando una prueba *t-Student* (Statsoft, 1999), para detectar diferencias significativas.

Resultados

Captura y esfuerzo. La pesca fue intensa en los primeros años (1994–1996), y posteriormente siguió una tendencia decreciente. Así, para 1996 se reportó una captura máxima de 815 t de erizos vivos, mientras que para 2005 sólo se recolectaron 89 t (Fig. 2). Por otro lado, el esfuerzo diario ha fluctuado, como se observa en la figura 2, entre 3 607 y 774 mareas, pues su número está relacionado directamente con la demanda de la gónada y con la calidad de ésta. Durante el periodo analizado, las mareas fueron abundantes en 1996 y en el intervalo 2000–2002; pero a partir de este último año, la tendencia fue decreciente hasta 2005, cuando sólo se registraron 774 mareas. Cabe señalar que la captura total y el esfuerzo tuvieron correlación significativa ($r = 0.64$; $p = 0.02$; $N = 12$).

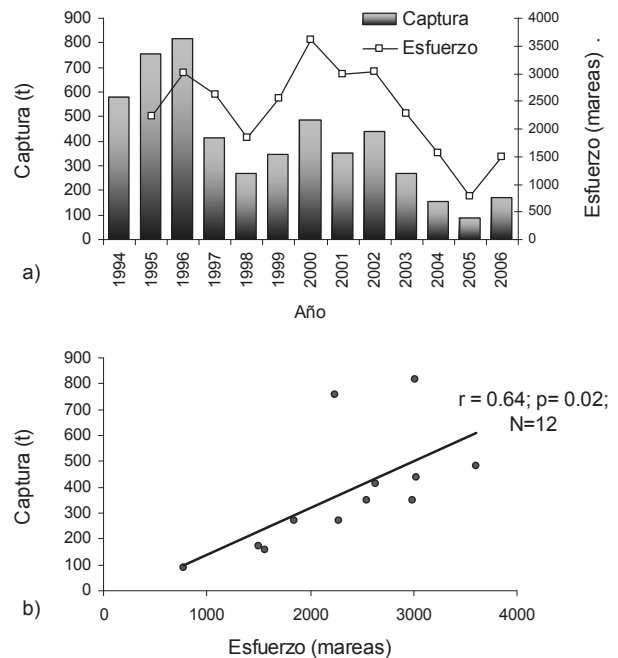


Fig. 2. a) Captura y esfuerzo (t peso vivo) y b) relación de la captura y esfuerzo, de erizo morado en Baja California.

Las estadísticas de captura por zona son claramente diferentes (Fig. 3), como lo muestran los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($\chi^2 = 27.33$, $gl = 3$, $p < 0.001$). La prueba de diferencias honestas indica que la captura en la zona II ha sido significativamente distinta a las demás; por otro lado ésta ha llegado a representar hasta 70% de la producción total del estado (Fig. 3).

La zona de pesca I también ha aportado volúmenes importantes (Fig. 3), ya que ahí existe el mayor número de campos pesqueros (Tabla 1); empero, el volumen capturado ha pasado de 245 t en 1994 a 15 t en 2005, principalmente por la reducción en el esfuerzo debido a la mala calidad de las gónadas, según lo han comentado los buzos de esa zona.

En la zona de pesca III la captura ha sido menor a 50 t en los últimos años; su valor máximo se alcanzó en 1996 (165 t). Y en la IV ha sido escasa, aunque las evaluaciones han mostrado que la abundancia del recurso es suficiente, particularmente en las localidades de la isla San Jerónimo y del arrecife Sacramento (Tabla 1).

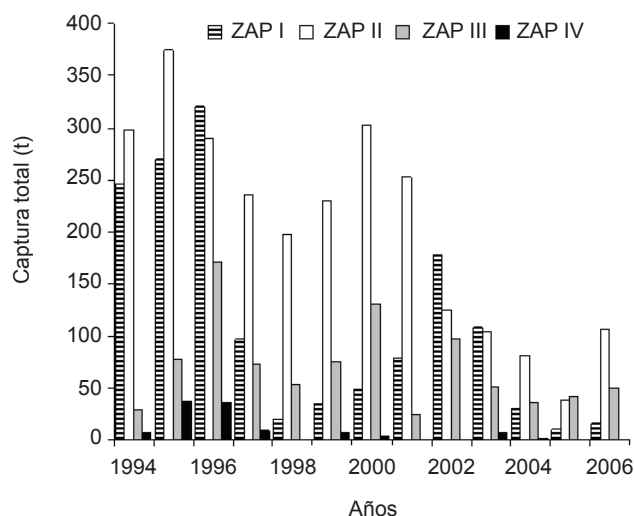


Fig. 3. Captura (t) de erizo morado (peso total) en las cuatro zonas de pesca de Baja California.

Captura por unidad de esfuerzo. La CPUE por temporada ha fluctuado entre 85 y 154 $\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$, aunque a partir de 2001 el registro ha sido de alrededor de 120 $\text{kg} \cdot \text{día}^{-1}$ (Fig. 4). La tendencia de los datos se ha mantenido relativamente constante en el periodo de estudio.

Tabla 1
Densidad (media $\pm$ desviación estándar) de erizo morado en varias localidades, estimada en 2003 y 2005

Localidad		Densidad (erizos $\cdot \text{m}^{-2}$)	
Zona I		2003	2005
1	Isla Coronado Norte	10.33 $\pm$ 2.56	9.1 $\pm$ 3.45
2	Isla Coronado Centro	5.09 $\pm$ 1.95	7.33 $\pm$ 2.53
3	Isla Coronado Sur	4.10 $\pm$ 2.69	12.87 $\pm$ 4.89 *
4	Bajo Coronados	4.82 $\pm$ 2.74	0.94 $\pm$ 0.80 *
5	Popotla	4.75 $\pm$ 1.78	7.03 $\pm$ 2.59
6	Popotla Sur	1.33 $\pm$ 0.81	2.61 $\pm$ 0.99
7	Puerto Nuevo	1.09 $\pm$ 0.59	0.29 $\pm$ 0.25
8	Campo López	5.33 $\pm$ 2.58	0.14 $\pm$ 0.05 *
9	Campo López Sur	0.25 $\pm$ 0.15	0.125 $\pm$ 0.8
10	La Salina	4.50 $\pm$ 1.52	5.45 $\pm$ 2.54
11	Jatay	4.40 $\pm$ 0.9	6.51 $\pm$ 0.59 *
12	El Mirador	6.89 $\pm$ 2.10	8.19 $\pm$ 2.51
13	San Miguel	0.25 $\pm$ 0.09	0.05 $\pm$ 0.03
14	El Bajo San Miguel	1.10 $\pm$ 0.51	0.93 $\pm$ 0.45
Zona II			
1	Isla Todos Santos	2.95 $\pm$ 1.31	3.6 $\pm$ 1.97
2	Punta Banda	0.25 $\pm$ 0.08	0.125 $\pm$ 0.45
3	Ejido Esteban Cantú	4.91 $\pm$ 1.87	11.04 $\pm$ 2.59 *
4	Santo Tomás	3.69 $\pm$ 3.01	0.13 $\pm$ 0.09 *
5	Santo Tomás Sur	2.05 $\pm$ 1.11	0.14 $\pm$ 0.8 *
6	La Calavera	1.05 $\pm$ 0.59	0.76 $\pm$ 0.66
7	Eréndira	5.87 $\pm$ 2.78	3.78 $\pm$ 1.8
Zona III			
1	Punta Colonet	0.45 $\pm$ 0.31	0.47 $\pm$ 0.25
2	Jaramillo	0.25 $\pm$ 0.11	0.35 $\pm$ 0.20
3	Norte de San Quintín	0.17 $\pm$ 0.10	0.18 $\pm$ 0.9
4	Punta San Quintín	1.25 $\pm$ 0.91	8.92 $\pm$ 2.99 *
5	Isla San Martín	3.95 $\pm$ 2.11	4.36 $\pm$ 2.19
6	Valle Tranquilo (Sur)	0.17 $\pm$ 0.08	0.15 $\pm$ 0.07
Zona IV			
1	Bahía El Rosario	1.75 $\pm$ 0.95	2.93 $\pm$ 1.08
2	Isla San Jerónimo	3.79 $\pm$ 1.87	6.05 $\pm$ 1.98
3	Arrecife Sacramento	6.29 $\pm$ 2.78	8.27 $\pm$ 3.75
4	Campo Nuevo	4.1 $\pm$ 2.59	0.54 $\pm$ 0.50

* se refiere a que se encontraron diferencias significativas con la prueba *t-Student*.

Densidad. Las evaluaciones realizadas en 2003 y 2005 en las principales áreas de extracción se observan en la *tabla 1*. La densidad fue alta (>4 erizos $\cdot \text{m}^{-2}$) en las islas Coronado, Popotla, La Salina, Jatay, El Mirador, ejido Cantú, punta San Quintín, isla San Jerónimo y Arrecife Sacramento. Los sitios en los que hubo diferencias significativas según la prueba de *t-Student*

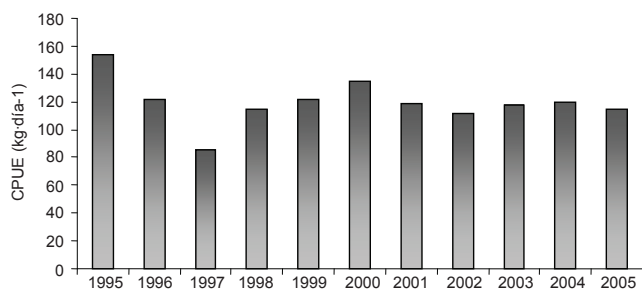


Fig. 4. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de erizo morado en Baja California (1995–2005).

($p < 0.05$) entre las densidades estimadas en 2003 y 2005 fueron: isla Coronado Sur, Jatay, ejido Esteban Cantú, punta San Quintín. En algunas localidades, las elevadas densidades de erizo morado ya están afectando los mantos de *M. pyrifera* como en isla San Jerónimo, en donde hay áreas sin macroalgas en sitios adyacentes a *M. pyrifera* y sólo se observan tapetes de erizo sobre la roca desnuda (Fig. 5).

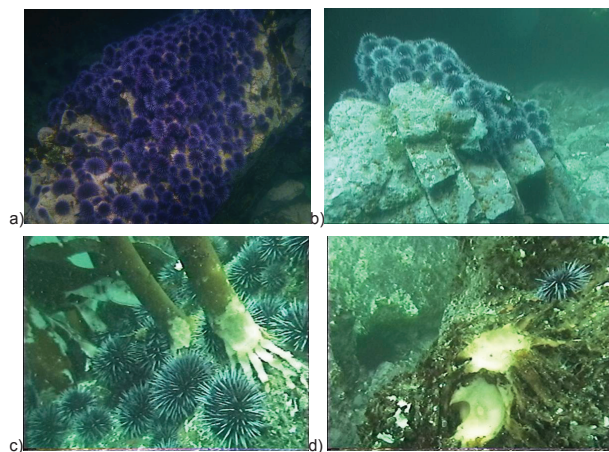


Fig. 5. a) y b) Abundancia de erizo morado y la escasez de macroalgas en su entorno (Arbolitos, al sur de Punta Banda, B.C.). c) y d) Ejemplos del consumo del rizoide y consecuentemente de la muerte de alga café *Eisenia arborea* (Puerto Escondido, B.C.). Fotos: Julio S. Palleiro.

De la zona de pesca I, la densidad de erizo ha aumentado considerablemente (>4 erizos·m⁻²) en nueve de las 14 localidades (Tabla 1); es importante destacar que en las tres islas Coronado, las macroalgas fueron escasas. En contraste, en el bajo de Coronado la densidad fue menor en 2005 comparada con la de 2003, probablemente debido a que en este banco la pesca comercial y la calidad de la gónada es adecuada.

En 2005, las densidades más altas de cada zona de pesca se encontraron en isla Coronado Sur con 12.87 erizos·m⁻² en la zona de pesca I, en el ejido Cantú con 11.04 erizos·m⁻² en la zona de pesca II y en punta San Quintín con 8.92 erizos·m⁻²; en estas tres estimaciones se encontraron diferencias significativas con respecto a la densidad de 2003, y en la zona de pesca IV la localidad con densidad más alta fue Arrecife Sacramento con 8.27 erizos·m⁻² (Tabla 1).

Discusión

La captura de *S. purpuratus* es una opción para disminuir la presión de pesca sobre el erizo rojo (*S. franciscanus*) y controlar su densidad poblacional, ya que puede afectar la distribución y la abundancia de las macroalgas marinas. Sin embargo, su extracción depende de la calidad de las gónadas y ésta a su vez del alimento disponible, ya que estos órganos almacenan productos de reserva cuando abunda el alimento y en ausencia de éste pueden no desarrollarse (Mottet, 1976). El color de la gónada depende de la fuente de alimentación: la de mejor calidad es amarilla y se obtiene cuando el erizo consume el sargazo gigante *M. pyrifera*, mientras que cuando pastorea otras algas, como las coralinas, es oscura y es de menor calidad (Mann, 2000). La diferencia de coloración es resultado del mayor contenido proteínico de *Macrocystis* (con epifitas), por lo que el consumo de esta macroalga proporciona el nutrimento necesario para la reproducción y el crecimiento (Wheeler y North, 1981).

Cuando el porcentaje de rendimiento de gónada de erizo morado con respecto a su peso entero varía de 6% a 12%, se considera adecuado para la comercialización. Sin embargo, el color y la textura son las características más importantes para que este erizo sea aceptado en el mercado internacional (Procesadores Ensenada, BC, *com. pers.*), por lo que el tipo de alimento consumido es de suma importancia. Por otro lado, cuando la densidad poblacional es muy alta, la competencia por alimento limita el desarrollo de las gónadas y compromete la capacidad reproductiva de los erizos.

Un aspecto importante del erizo morado es que tiene gran plasticidad para adaptarse a dis-

tintos microhábitats, lo que le permite superar condiciones adversas y lo hace una especie muy competitiva por espacio y alimento (Russell, 1987). Esta cualidad se ha observado en Baja California, al ocupar la zona entre mareas y el submareal hasta 25 m de profundidad.

En las evaluaciones efectuadas en 2003 y 2005 se detectaron altas densidades de erizo morado en varias zonas de pesca, que mostraron evidencia de estar afectando los mantos de *M. pyrifera*; en isla San Jerónimo, por ejemplo, éstos ya habían agotado las praderas de macroalgas en sitios adyacentes a un área conocida como La Lobera al sur de la isla San Jerónimo. Es posible que el incremento en la densidad del erizo morado se deba a varios factores: reducción de la competencia por espacio y alimento por la pesca intensa sobre el rojo, la reducción de sus principales depredadores (langosta, cangrejos y estrellas de mar) por la pesca comercial (Palleiro-Nayar, 2004), alta tasa de reclutamiento, plasticidad para ocupar distintos hábitats y la baja mortalidad por pesca. Se considera que esta pesquería está subexplotada en Baja California y si se toma en cuenta que la mayor parte de las poblaciones de erizo en el mundo está sobreexplotada (Andrew *et al.*, 2002), así como la mayoría de las especies que soportan otras pesquerías (Beddington *et al.*, 2007), desarrollar e incrementar la extracción de erizo morado es una oportunidad para contar con una pesquería sustentable (por su alta abundancia), y ayudaría a reducir el problema ecológico que ocurriría por la destrucción de los mantos de *M. pyrifera* en Baja California. Aunado a ello, puede propiciar una disminución del esfuerzo sobre el erizo rojo y disminuir la intensidad de pesca sobre esta especie, que está considerada como sobreexplotada en Baja California.

Conclusiones

La captura de erizo morado ha tenido fluctuaciones, la producción máxima (peso entero) se obtuvo en 1996 (814 t) y la más baja (89 t) en 2005; tuvo un repunte de 172 t en 2006. Sin embargo, son cantidades muy pequeñas con respecto a la disponibilidad del recurso.

La captura del erizo morado depende de la calidad de su gónada y del precio en el mercado internacional. En las zonas de pesca I y II es donde se han reportado las mayores capturas históricas; la mínima captura reportada fue en la zona IV.

En varios de los sitios se incrementó la densidad poblacional de erizo morado estimada en 2005, con referencia a 2003, especialmente en isla Coronado Sur, Popotla, Jatay, ejido Esteban Cantú, punta San Quintín, isla San Jerónimo y Arrecife Sacramento. Se observó que en la isla San Jerónimo se corre el peligro de perder áreas importantes de los mantos de *M. pyrifera* por el ramoneo de los erizos, lo que tiene un impacto ecológico muy grave sobre la comunidad que habita este importante ecosistema marino.

Se considera adecuado incrementar la captura de erizo morado en todas las zonas de pesca, ya que la densidad poblacional observada es sumamente alta, así como reducir la captura de erizo rojo para que se recuperen las poblaciones que desde 1972 ahí se pescan intensamente. Podría condicionarse a los productores de erizo rojo, la extracción de cierta cantidad de erizo morado, determinada por su disponibilidad en cada área de pesca para garantizar de esta manera que se regule su población.

Literatura citada

- ANDREW, N.L., Y. Agatsuma, E. Ballesteros, A.G. Bazhin, E.P. Creaser, D.K.A. Barnes, L.W. Botsford, A. Bradbury, A. Campbell, J.D. Dixon, S. Einarsson, P.K. Gerring, K. Hebert, M. Hunter, S.B. Hur, C.R. Johnson, M.A. Juinio-Menez, P. Kalvass, R.J. Miller, C.A. Moreno, J.S. Palleiro, D. Rivas, S.M.L. Robinson, S.C. Schroeter, R.S. Steneck, R.L. Vadas, D.A. Woodby y Z. Xiaoqi. 2002. Status and management of world sea urchin fisheries. *Ocean. Mar. Biol.*, 40:343–425.
- BEDDINGTON, J.R., D.J. Agnew y W. Clark. 2007. Current Problems in the management of marine fisheries. *Science*, 316:1713–1716.
- DEAN, T.A., S.C. Schroeter y D.D. Dixon. 1984. Effects of grazing by two species of sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *Litichinus anamesus*) on recruitment and

- survival of two species of kelp (*Macrocystis pyrifera* and *Pterogophora californica*). *Mar. Biol.*, 78:301–313.
- EBELIN, A.W., D.R. Laur y R.J. Rowley. 1985. Severe storm disturbances and reversal of community structure in a southern California kelp forest. *Mar. Biol.*, 84:287–294.
- ESQUEDA, M.C. 2000. Variación de la madurez gonádica del erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* en un gradiente latitudinal del Océano Pacífico (otoño, 1998). Tesis de maestría. CICESE. México. 68p.
- HARROLD, C. y D.C. Reed. 1985. Food availability, sea urchin grazing and kelp forest community structure. *Ecology*, 66:1160–1169.
- 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.
- KENNER, M.C. 1992. Population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in central California kelp forest: recruitment, mortality, growth and diet. *Mar. Biol.*, 112:107–118.
- LEES, D.C. 1970. The relationship between movement and available food in the sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*. Tesis de maestría, Calif. State Univ. San Diego, 117p.
- MCCAULEY, J.E. y A.G. Carey Jr. 1967. Echinoidea of Oregon. *J. Fish Res. Board Can.*, 24(6):1385–1401.
- MALAGRINO, L.G. 1972. Extracción y preservación de las gónadas del erizo de mar. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias Marinas. UABC, México. 52p.
- MANN, K. H. 2000. *Ecology of coastal water with implications for management*. Blackwell Science. EU. 125p.
- MATTINSON, J.E., J.D. Trent, A.L. Shanks, T.B. Akin y J.S. Pears. 1977. Movement and feeding activity of red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. *Mar. Biol.*, 39:25–30.
- MOTTET, M.G. 1976. The fishery biology of sea urchin in the family Strongylocentrotidae. *Wash. Dep. Fish. Tech. Rep.* 20:1–66.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S. 2004. Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial en Baja California. Tesis de maestría. CICESE Ensenada, BC. México. 74p.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S., D. Aguilar-Montero y J.M. Romero-Martínez. 1996. Equinodermos: erizo de mar. En: A. Sánchez-Palfox, D.F. Fuentes-Castellanos y S. García-Real Peñaloza (eds.). *Pesquerías relevantes de México*. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. México. pp:313–336.
- PALLEIRO-NAYAR, J.S., M.L. Salgado-Rogel, D. Aguilar-Montero, J.M. Romero y F.J. Martínez. 2004. Análisis de la pesquería del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en la costa noroccidental de Baja California, México. *Journal INPescA*, 1:40–45.
- PEARSE, J.S., M.E. Clark, D.L. Leighton, C.T. Mitchell y W. J. North. 1970. Marine waste disposal and sea urchin ecology. En: W.J. North (ed.). *Ann. Rep. Kelp habitat improvement project, 1969–1970*. Calif. Inst. Tech. Pasadena. pp:1–93.
- RUSSELL, M.P. 1987. Life history traits and resource allocation in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 108:199–216.
- SALGADO-ROGEL, M.L., J.S. Palleiro-Nayar, D. Aguilar-M., J.M. Romero y M., F.J. Martínez G. 2004. Indicadores de abundancia del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en la costa noroccidental de México. *Journal INPescA*, 1:46–53.
- STATSOFT. 1999. *Statistics for Windows*. Computer Program Manual. Tulsa, EU, <http://www.statsoft.com>.
- WHEELER, P.A. y W.J. North. 1981. Nitrogen supply, tissue composition, and frond growth rates for *Macrocystis pyrifera* off the coast of southern California. *Mar. Biol.*, 64:59–69.
- WORKMAN, G. 1999. A Review of the biology and fisheries for purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* and discussion of the assessment needs for a proposed fishery. *Can. Stock Asses. Res. Doc.*, 99(163):1–98.