

Artículos y ensayos

Estimación de abundancia y mortalidad por pesca de erizo de mar (*Strongylocentrotus sp.*) en la costa noroccidental de Baja California, México

Alfredo Cota *
David Aguilar *
Manuel Romero *
Francisco Uribe *

Resumen

La composición por tallas del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) en la costa noroccidental de Baja California fue analizada durante las temporadas 1995/1996, 1996/1997 para estimar la tasa de mortalidad por pesca utilizando el método de la curva de captura. Así mismo, se aplicó un modelo de extracción sucesiva para las mismas temporadas en los erizos rojo y morado (*S. purpuratus*) con el objeto de determinar cambios estacionales en la abundancia y evaluar los efectos de la intensidad de pesca. Al sur de El Rosario, *S. franciscanus* presentó los niveles de esfuerzo y la mayor tasa de mortalidad por pesca en relación a las otras 3 zonas. Debido al efecto combinado del mal tiempo y la forma de operación de la pesca por la distribución no-uniforme del recurso. La estimación del coeficiente de capturabilidad presentó desviaciones importantes con respecto a la linealidad del modelo utilizado, siendo más frecuentes en los últimos meses de ambas temporadas. En el Rosario, *S. franciscanus* presentó un tamaño de población inicial más elevado en ambas temporadas, mientras que *S. purpuratus* lo hizo en la zona que comprende de Islas Coronado a Punta Banda .

Abstract

To estimate fishing mortality rate, the size composition of the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) was analyzed for 1995/1996 and 1996/1997 fishing seasons using the catch curve method. To determinate seasonal abundance and assess fishing intensity effects a depletion model population size was applied to the red and purple (*S. purpuratus*) sea urchins. Fishing mortality rate and fishing effort were higher for the red sea urchin of El Rosario. The catchability coefficient showed important deviations from a linear model relationship and increased during the last months of both seasons, perhaps due to a combined effect of bad weather and fishing activities related to the resource non-uniform distribution. Largest initial population sizes for both seasons were present south of El Rosario and from Islas Coronado to Punta Banda for the red and purple sea urchins, respectively.

Abstrait

La composition par taille de l'oursin rouge (*Strongylocentrotus franciscanus*) a été analysée durant les périodes de 1995/1996 et 1996/1997 pour estimer le taux de mortalité durant la pêche, utilisant la méthode de la courbe de capture. On a appliqué de même un modèle d'extraction successive durant les mêmes périodes sur les oursins rouges et violets, a fin de déterminer les changements saisonniers quant à l'abondance e évaluer les effets selon l'intensité de la pêche. Le taux de mortalité lors de la pêche e les efforts faits pou l'oursin rouge dans la zone sud de El Rosario Baja California ont été plus grands que dans les autres zones. L'estimation du coefficient de capture présente des déviations importantes selon le modèle utilisé, celles-ci étant plus fréquentes durant les derniers mois des deux périodes. En raison de l'effet combiné du mauvais temps et de la manière de pêcher dû à la distribution non uniforme des ressources. El Rosario présente un niveau de population initiale plus élevé pour les deux périodes dans le cas de l'oursin rouge ainsi que la zone qui va des îles Coronado à Punta Banda pour l'oursin violet.

* Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de El Sauzal, Baja California

Introducción

El erizo de mar es un invertebrado que forma parte de la comunidad bentónica en la costa noroccidental de Baja California, en donde existen dos especies el erizo rojo y el morado, ambas tienen una gran importancia en la captura comercial (Palleiro, 1986). El erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (A. Agassiz, 1863), presentó un incremento muy vertiginoso a partir de 1972 con una captura máxima de 8,000 tm en 1986 (Palleiro *et al.* 1991). Dentro de las especies de erizo en el mundo *S. franciscanus* presenta las tallas más grandes sobrepasando los 160 mm de diámetro (Ebert y Russell, 1992). El erizo morado, *S. purpuratus* (Stimpson, 1857), es la segunda especie en importancia comercial alcanzando alrededor de 60 mm de diámetro (Kenner, 1992). Debido a la fuerte demanda que el recurso tiene dentro del mercado internacional, ambas especies están sometidas a una alta explotación en la zona (Palleiro, *et al.* 1990).

La administración pesquera del erizo rojo se basa en el punto de referencia biológico que consiste en mantener un nivel de producción excedente máximo, el cual ha sido difícil de conseguir por la creciente demanda del mercado y el efecto que tiene el aumento en el esfuerzo, además de lo complejo de la dinámica poblacional del recurso (Botsford *et al.*, 1993). Una de las alternativas que han permitido conocer el estado de la pesquería y poder generar medidas rápidas que permitan alcanzar el objetivo de manejo, así como otorgar una cuota de pesca adecuada ha sido las estimaciones independientes de biomasa realizadas mediante cruceros de pesca. En las temporadas de 1995/1996 y 1996/1997 se estimó una biomasa inferior a la de un nivel de recuperación del recurso (Solana *et al.*, 1996 y Cota *et al.*, 1997). El alto costo de este tipo de evaluaciones ha obligado a cambiar la estrategia de manejo, intensificando los muestreos en los bancos de pesca con el objeto de evaluar la mortalidad utilizando el análisis de distribución por tallas, así como explorar otras técnicas como son el análisis de cohortes por tallas en el que Lelevier y Palleiro (1987) calcularon valores de abundancia y mortalidad por pesca (F), repórtando que la población de erizo rojo se encuentra ligeramente sobreexplotada.

Los modelos de Schaefer y de Fox también han sido utilizados de forma dinámica ver Solana (1997) quién determinó una cuota de captura de 1,700 tm para el erizo rojo e indicó una serie de recomendaciones para su recuperación, e.g. mantener una tasa de explotación en un 20%. Cota *et al.*, (1997), utilizaron el mismo tipo de modelos para la temporada de pesca de 1998 y concluyen en otorgar una cuota de captura por debajo de las 1,700 tm, respetando la medida de mantener una tasa de explotación del 20%. En la pesquería de *S. Franciscanus*, Ramírez (1997) aplicó por primera vez el modelo de Schaefer con depensación crítica, simulando situaciones de riesgo basado en encuestas realizadas a los involucrados directa e indirectamente en la pesca, incluyendo información de pesca furtiva, cambios de zona al renovar permisos de pesca y la variación de la temperatura superficial. En la simulación con permisos la biomasa disminuye, mientras que con un manejo bajo una concesión la biomasa tiende a aumentar (salvo en los años cuando la temperatura es elevada). Otro tipo de modelos, como los estructurales, no se han utilizado, por la falta de parámetros poblacionales y de una estructura por edades por la carencia de marcas de crecimiento visibles (Smith, *et al.*, 1998). Los modelos de extracción sucesiva resultan más atractivos en la estimación de biomasa inicial por los pocos requerimientos que tiene y porque se puede cumplir con la mayoría de los supuestos. Esta técnica tampoco ha sido utilizada en la pesquería del erizo, por lo que resulta una herramienta atractiva como apoyo a otras técnicas en el manejo de la pesquería.

Así en el presente trabajo se da a conocer el cambio estacional de la abundancia de los erizos rojo y morado, se evalúan los efectos de la intensidad de la pesca mediante un modelo de extracción sucesiva (o agotamiento), y se estima la tasa de mortalidad por pesca a partir del análisis de la distribución por tallas.

Material y Métodos

La composición por tallas mensuales provenientes de los muestreos de la captura comercial del erizo rojo de las temporadas 1995/1996 y 1996/1997 en las cuatro zonas de pesca (Figura 1).

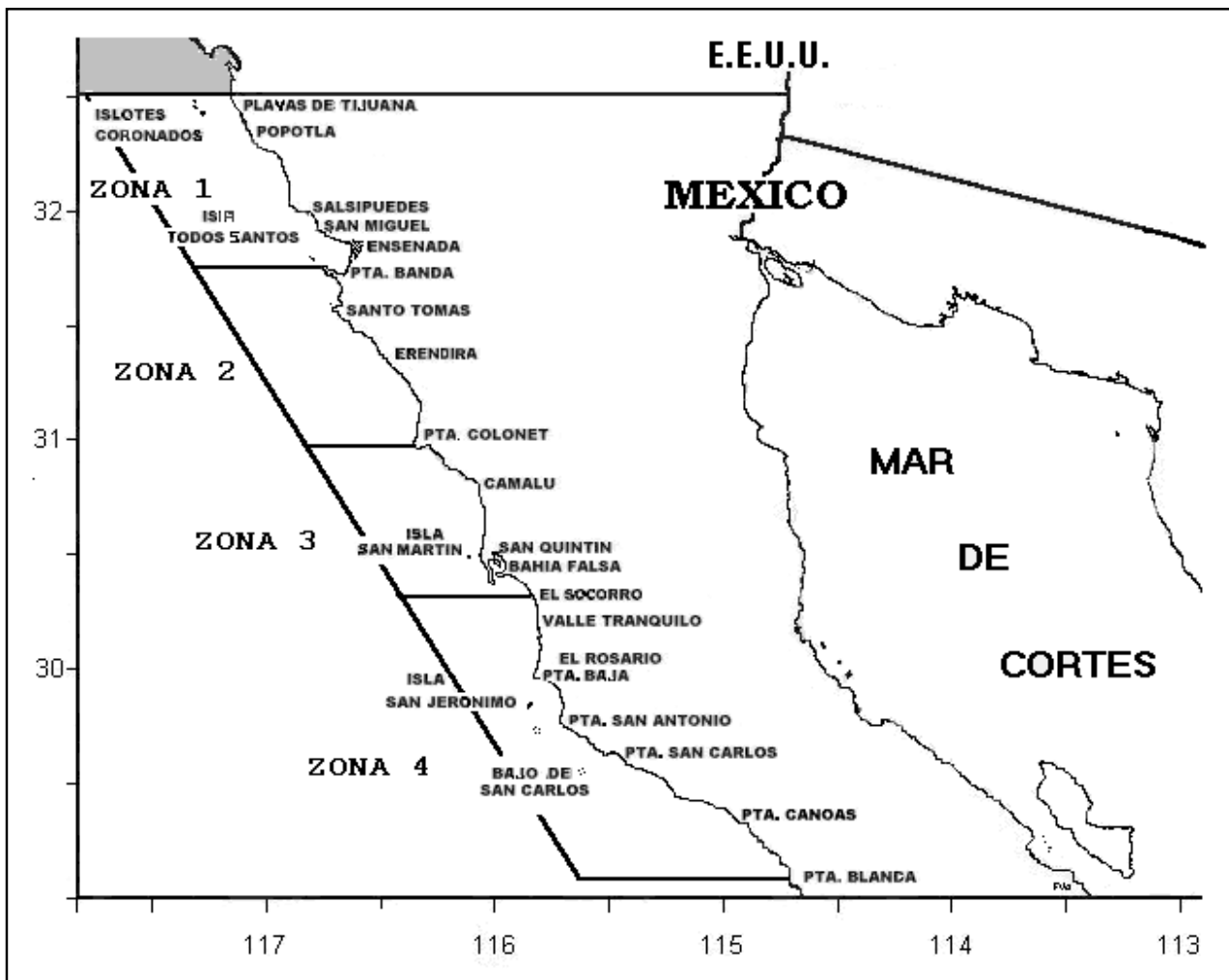


Figura 1. Áreas donde se colectaron las muestras de erizo rojo y morado en Baja California

Se utilizó como parte del análisis en la estimación de la mortalidad por pesca la temporada de pesca que comprende del 1° de julio al 28 de febrero del siguiente año .

La captura comercial, (transformada en números de organismos) y el esfuerzo de pesca expresado en número de mareas fueron utilizados para estimar la abundancia por área y temporada donde cada marea equivale al tiempo total de operación que incluye el tiempo de búsqueda, tiempo de captura y el tiempo de traslado y retorno al sitio de pesca, este tiempo se cubre en alrededor de 8 horas diarias de trabajo. La búsqueda y el tiempo de captura, requieren mayor tiempo y son más variables que el tiempo de traslado y retorno al sitio de pesca. El esfuerzo de

pesca se pondero sobre el esfuerzo total anual con objeto de remover el efecto del mal tiempo, que se observa durante los meses de otoño e invierno en los que se reduce la actividad pesquera. En este caso se analizan las temporadas de 1995/1996 y de 1996/1997 para el erizo rojo y la última temporada para el erizo morado.

El modelo parte de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para convertir la longitud en edad relativa; la curva de captura es linealizada y convertida a longitud, el método se describe de manera más amplia en Sparre *et al.*, (1989). Las ecuaciones son las siguientes.

$$\ln \frac{a(l_1, l_2)}{\Delta t(l_1, l_2)} = a - Zt \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right)$$

Esta es una ecuación lineal donde

$$X = t \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right)$$

$$Y = \frac{a(l_1, l_2)}{\Delta t(l_1, l_2)}$$

y la pendiente es $-Z$, con los datos de frecuencia de longitud y los parámetros de crecimiento de k y que se especifican posteriormente, se puede obtener el valor de Z y mediante la relación de $F = (Z - M)$ el valor de la mortalidad por pesca F , que es la variable que se analiza en este trabajo.

Los parámetros utilizados para el erizo rojo fueron de acuerdo con Lelevier y Palleiro (1987).

$L_{\infty} = 140$ mm

$K = 0.22$

$M = 0.22$

Modelo de Extracción Sucesiva

Se aplicó un modelo del tipo De Lury con la variante formulada por Chien y Condrey (1985) a la captura por unidad de esfuerzo (captura/marea), tomando esta como índice de abundancia relativa. Su aplicación resulta útil cuando la población es pescada intensamente al grado de reducir drásticamente la captura por unidad de esfuerzo además permite evaluar la abundancia inicial y el coeficiente de capturabilidad.

Los fundamentos teóricos de los modelos de extracción sucesiva, se discuten con amplitud en el capítulo 12 de Hilborn y Walters (1992). El modelo de extracción sucesiva desarrollado por Chien y Condrey (1985) considera la mortalidad natural de una población. En el caso del erizo de mar que presenta altos índices de depredación de acuerdo a Tegner y Levin (1983) el modelo resulta bastante adecuado. La fórmula planteada por los autores queda de la siguiente manera:

$$q = -\frac{1}{f} (\ln(1 - |q'| |f'|) + M)$$

donde el esfuerzo de pesca (f') es un valor promedio de 8 meses, duración que tiene la temporada de pesca, la mortalidad natural (M) se tomó de Lelevier y Palleiro (1987), la pendiente de la recta (q') y el coeficiente de capturabilidad (q) fracción del stock que toma una unidad de esfuerzo, bajo el supuesto de permanencia constante durante el período de estudio.

Se estimó la biomasa inicial mediante la relación $B_0 = C \cdot E_0 / q$, multiplicando el peso promedio de los individuos mayores a 80 mm que es la talla mínima legal (Diario Oficial de la Federación 12/06/97) por número en el caso del erizo rojo y de 40 mm en adelante para el erizo morado, por ser esta la talla modal más importante en las capturas; dado que se carece de una talla mínima legal para su extracción.

Tabla I. Resultados de la mortalidad total (Z) del erizo rojo durante las temporadas de pesca 1995/1996 y 1996/1997

ZONA	F								
	1995		1996				1997		
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
I		0.438	0.137	0.621	0.231	0.355	0.339	0.165	0.644
II			0.582	0.461	0.461	0.573	0.252	0.249	1.23
III	0.91	0.961	0.584	0.589	1.357	0.611	0.833	0.906	0.369
IV			0.921	0.922	0.931	0.691	0.529	0.421	0.492

Tabla I I. Resultados de la mortalidad por pesca (F) del erizo rojo durante la temporada de 1995/1996 y de 1996/1997

ZONA	Z								
	1995		1996		1996		1997		1997
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
I		0.658	0.357	0.841	0.451	0.575	0.559	0.385	0.864
II			0.802	0.681	0.681	0.793	0.472	0.469	1.45
III	1.13	1.181	0.804	0.809	1.577	0.831	1.053	1.126	0.589
IV			1.141	1.142	1.151	0.911	0.749	0.641	0.712

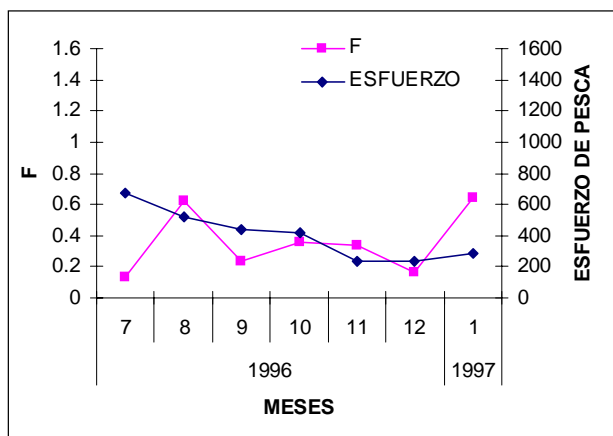


Figura 2a. Relación de la mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca para el erizo rojo en la zona de pesca I durante la temporada 1996/1997

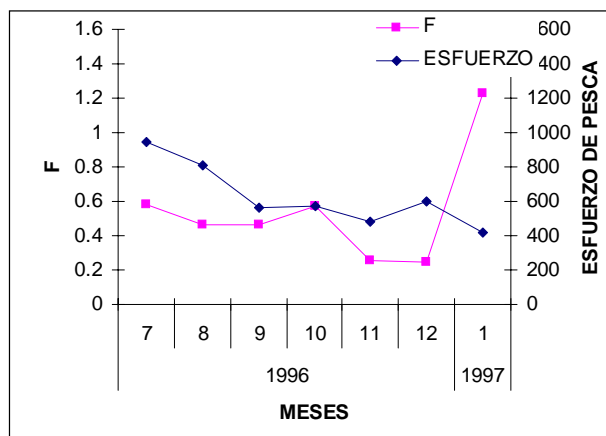


Figura 2b. Relación de la mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca para el erizo rojo en la zona de pesca II durante la temporada 1996/1997

Resultados

La mortalidad por pesca del erizo rojo para las temporadas 1995/1996 y 1996/1997; la zona I mostró dos valores mínimos (<0.2) en julio y diciembre, incrementando en meses posteriores con dos máximos (>0.60) en agosto de 1996 y en enero de 1997. En los meses intermedios la mortalidad por pesca se mantuvo por encima de 0.2; el esfuerzo de pesca presentó una tendencia a disminuir hasta mantenerse cerca de las 300 mareas en el mes de enero (Fig. 2a, Tabla I y II).

La mortalidad por pesca para la zona II presentó un máximo y un mínimo de 1.23 y 0.58 en los meses de julio 1995/1996 y enero 1996/1997 respectivamente.

El esfuerzo de pesca mantuvo un valor promedio cercano a las 40 mareas hasta el mes de diciembre (Fig. 2b, Tabla I y II).

En relación a la mortalidad por pesca en la zona III, se presentaron dos máximos en septiembre 1996/1997 (> 1.0) y otro en diciembre (0.96), el resto de los meses un valor promedio de 0.60.

El esfuerzo de pesca mantuvo niveles bajos desde el inicio de la temporada, salvo agosto que registro 426 mareas, el resto de la misma se mantuvo entre 61 y 253 mareas en promedio (Fig. 2c, Tabla I y II).

Los valores de mortalidad en la zona IV presentaron un valor máximo de 0.9 y un mínimo

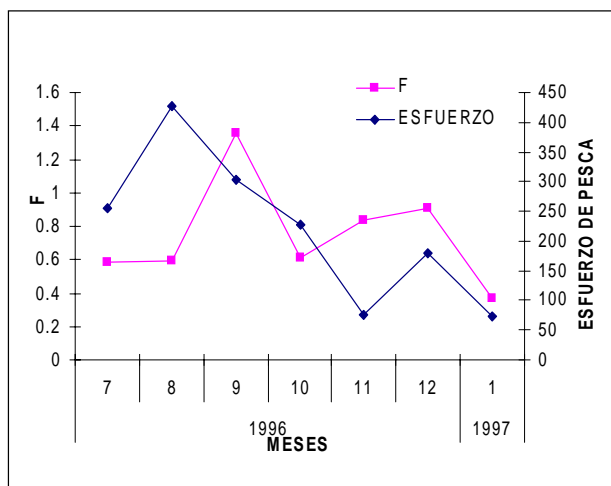


Figura 2c. Relación de la mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca para el erizo rojo en la zona de pesca III durante la temporada 1996/1997

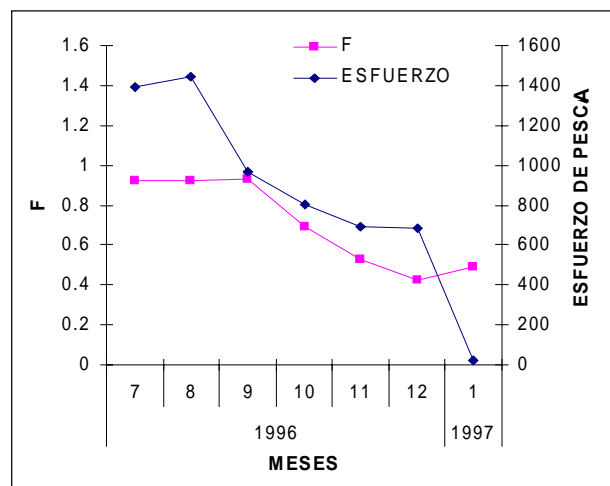


Figura 2d. Relación de la mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca para el erizo rojo en la zona de pesca IV durante la temporada 1996/1997

de 0.49 en los meses de julio-agosto de 1995/1996 y enero de 1996/1997.

El esfuerzo de pesca fue superior al de las otras zonas de pesca, con una variación casi paralela a los valores de F hasta diciembre (Fig. 2d, Tabla I y II).

Algunos pares de datos analizados con el modelo de Chien y Condrey (1985) fueron eliminados debido a la amplia variación presente en la cpue, producto tal vez de cambios climáticos y de la manera de operar de la pesca (Tabla IIIa y IIIb).

Los resultados de la aplicación del modelo de extracción sucesiva, mostraron un coeficiente de capturabilidad para el erizo rojo con una variación de q / marea (zona IV, 1995/1996) a q / marea (zona I, 1995/1996) y de q / marea (zona IV, 1996/1997) a q / marea (zona III, 1996/1997), los valores más altos de capturabilidad fueron para la temporada de pesca 1995/1996, en las zonas I y III con las más importantes en la zona I. Para la temporada 1996/1997 la zona III presentó valores mayores de q . En la temporada 1995/1996, solamente en las zonas I a III, el análisis de residuales refleja una desviación de la linealidad (en las mismas los dos últimos meses de la temporada se salen totalmente del ajuste lineal), lo que señala que el coeficiente de capturabilidad no es constante para estas zonas

de pesca. En la temporada 1996/1997, las zonas de pesca I y II no presentan evidencias de una desviación significativa de la linealidad, solamente en las III y IV se observó esta desviación, como en la temporada pasada, los últimos meses se salen del ajuste por lo que no fueron incluidos en el análisis.

En las 4 zonas se observan variaciones importantes de abundancia inicial en el período de captura, especialmente en la zona IV la cual presentó la mayor diferencia de B_0 y el mayor esfuerzo promedio aplicado durante ambas temporadas.

El tamaño poblacional inicial varió para 1995/1996, de 395.52 tm en la zona I a 2,279.66 tm en la zona IV. En 1996/1997 la variación por zona fue de 601.74 tm a 1,318.20 tm en las zonas I y IV respectivamente.

En el caso del erizo morado las zonas I y II, presentan los valores más elevados tanto en abundancia como en el coeficiente de capturabilidad, el cual varió de q / marea (zona III, 1996/1997) a q / marea (zona II, 1996/1997). El análisis de residuales para estas mismas zonas no permitió apoyar la hipótesis de una pendiente constante; la zona III no presentó evidencias de una desviación de la linealidad. El valor de B_0 en la zona I resultó ser el más alto con 562.62 tm y la zona III mostró la estimación mínima de 223.46 tm.

TABLA IIIa. Captura mensual (en numeros) y de esfuerzos de pesca registrados durante las temporadas de pesca de 1995/1996 Y 1996/1997 para el erizo rojo.

		ZONA I		ZONA II	
		NUMEROS	ESFUERZO	NUMEROS	
1995/1996	JULIO	257,458.52	243	221172	631*
	AGOSTO	146,178.64	241	342388	627
	SEPTIEMBRE	113,527.76	148	138496	583
	OCTUBRE	66784	130	385280	796
	NOVIEMBRE	79483.12	117*	254616	618*
	DICIEMBRE	53364	78*	125820	447*
	ENERO	63900	95*	234924	453*
	FEBRERO	44352	65*	139452	121*
		ZONA III		ZONA IV	
1995/1996	JULIO	45280	67*	997508	1263
	AGOSTO	103368	254*	955176	1685
	SEPTIEMBRE	79548	209	420426	807
	OCTUBRE	94352	228	633365	1213
	NOVIEMBRE	97935	124	558167	1133
	DICIEMBRE	39386	153	273425	535
	ENERO	46640	120*	276620	657*
	FEBRERO	15012	55*	97761	351*
		ZONA I		ZONA II	
1996/1997	JULIO	301572	635	330064	941*
	AGOSTO	214464	490	462272	805
	SEPTIEMBRE	191976	335	415136	564
	OCTUBRE	169808	520	290728	572
	NOVIEMBRE	133772	335*	291624	486*
	DICIEMBRE	106180	236*	279044	599*
	ENERO	55104	67*	51944	90*
			ZONA III		ZONA IV
1996/1997	JULIO	96152	230	785056	1188
	AGOSTO	190316	375	992636	114
	SEPTIEMBRE	150588	396	513724	970
	OCTUBRE	84804	406	558152	839
	NOVIEMBRE	91404	177	468504	690*
	DICIEMBRE	65008	185*	521024	890*

(*) valores no tomados en cuenta por no cumplir con la linealidad del modelo.

Tabla IIIb. Captura mensual (en números) y de esfuerzo de pesca registrados durante la temporada de pesca de 1996/1997 para el erizo morado

		ZONA I		ZONA II		ZONA III	
		NUMEROS	ESFUERZO	NUMEROS	ESFUERZO	NUMEROS	ESFUERZO
1996/1997	JULIO	334100	176	283920	29	85040	48
	AGOSTO	1437800	243	938700	40	153000	54
	SEPTIEMBRE	1628600	259	1495960	612	499900	418
	OCTUBRE	1159580	435	1428240	284*	476740	350*
	NOVIEMBRE	928980	276	739840	238*	1042680	400*
	DICIEMBRE	200600	120*	544200	109*	562020	245*
	ENERO	57600	86*	344940	39*	382340	37*

Discusiones y Conclusiones

En las 4 zonas de pesca se observan diferentes tendencias de la tasa de mortalidad por pesca a lo largo de las temporadas, con valores mayores para las zonas III y IV, siendo esta última la que presenta los valores más altos y que coinciden con los niveles más elevados del esfuerzo de pesca (mareas). Esta zona es la más importante en la pesca del erizo rojo, aportando el 58 % de la captura total durante la temporada 1995/1996. Así mismo, en la zona IV se ha mantenido un mayor número de equipos de pesca y por lo tanto los niveles de esfuerzo han sido más elevados (Estadísticas de Pesca de la Delegación Federal de Pesca en B. C., 1996). En otros trabajos realizados utilizando la composición por tallas y aplicando el método de análisis de cohortes, se han obtenido altas tasas de mortalidad por pesca (superiores a 1.0), en intervalos de talla de 55-65 mm que todavía no entran en la fase de explotación (> 80 mm), (Lelevier y Palleiro, 1987 y Cota *et al*, 1996).

El análisis de residuales presenta evidencias que no apoyan la idea de un ajuste lineal, por lo que se tomó la decisión de eliminar algunos meses de cada serie (considerados como valores extremos, sobre todo los primeros y últimos meses); aquí se puede señalar que la hipótesis de que la cpue es proporcional a la densidad del recurso refleja el problema de que este presenta por un lado una distribución no-uniforme del mismo, que

resulta ser típico de los organismos bentónicos y que viene a afectar la actividad del buzo, disminuyendo el valor de q al encontrar una alta concentración de erizo y por consecuencia una sobreestimación de B_0 . En el caso contrario al encontrar un recurso demasiado disperso y escaso, el valor de q tiende a aumentar y por consecuencia el valor de B_0 se ve subestimado. También los cambios climáticos que afectan la capturabilidad y el aumento del esfuerzo de pesca que se da a lo largo de la temporada (sobre todo cuando se dan "ventanas" de buen tiempo) es más intenso en aquellos sitios donde el buzo mejora sus capturas; lo anterior además afecta las estimaciones de B_0 . El esfuerzo promedio aplicado para el erizo rojo resultó más elevado para la zona IV en ambas temporadas. Alrededor del 50 % de las capturas y del esfuerzo de pesca total tienen su origen en esta zona, especialmente en la parte sur de la misma (Palleiro *et al*, 1990; Palleiro *et al*, 1991; y Cota *et al*, 1996). En el caso del erizo morado la zona II presenta los valores más altos del esfuerzo de pesca en temporadas pasadas, esta misma zona ha venido contribuyendo de manera importante en la extracción de este recurso tanto en capturas como en el esfuerzo ejercido (Palleiro, 1995).

La variación de la capturabilidad resulta ser un fuerte obstáculo en el manejo de este tipo de modelos aun cuando se trate de información *a-posteriori*, por lo que es necesario la implementación de modelos que contemplen esta variabilidad. Otro aspecto importante es el

Tabla IV. Resultados del modelo de extracción sucesiva por zonas de pesca para el erizo rojo capturado en las temporadas 1995/1996,1996/1997 y para el erizo morado 1996/1997

ERIZO ROJO			
Año	Esfuerzo promedio	ZONA I Bo	$\times 10^{-4}$ q
1995/1996	159	395.52	7.3
1996/1997	420	601.74	3
ZONA II			
1995/1996	665	507.32	2.7
1996/1997	540	795.79	3
ZONA III			
1995/1996	156	532	5
1996/1997	338	389.28	4
ZONA IV			
1995/1996	1005	2,280	1
1996/1997	885	1,318.20	2
ERIZO MORADO			
ZONA I			
1996/1997	266.6	562.62	0.00058
ZONA II			
1996/1997	312	252.51	0.000325
ZONA III			
1996/1997	274	223.46	0.00054

hecho de que la pesquería se desarrolla en una zona muy grande, por lo que en el futuro sería importante llevar a cabo experimentos con este método en los bancos de pesca para obtener una mejor estimación de la abundancia, mediante la separación de las bitacoras de pesca provenientes de un número determinado de estos.

El método de Leslie ha sido utilizado en la estimación del tamaño de población inicial y en el establecimiento de cuotas de captura para

algunas especies de cangrejo y langostas tanto del Pacífico norte como del Atlántico norte (Miller y Mohn, 1993). En la pesquería del erizo resulta novedoso el uso de modelos de agotamiento, ya que no existen antecedentes en su aplicación con fines de manejo. En la costa occidental de los Estados Unidos, las pesquerías de los erizos rojo y morado son muy importantes y son reguladas mediante la aplicación de una talla mínima legal y de un plan de rotación de pesca en las áreas bajo explotación (Botsford *et al.*, 1993).

Bibliografía

- Botsford L. W., J. F. Quinn, S. R. Wing, y J. G. Brittnacher, 1993. Rotating spatial harvest of a invertebrate, the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*. Symp. Managem. Strateg. Expl. Fish Pop., Alaska Sea Grant College 1993: 409-427.
- Cota A., D. Aguilar, M. Romero, R. Solana y F. Uribe, 1996. La pesquería del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) y morado (*S. purpuratus*) en la costa noroccidental de la Baja California. Ciencia Pesquera no. 12: 68-75.
- Cota A., D. Aguilar, M. Romero y F. Uribe, 1997. La pesquería del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus* de Baja California, México: Dictamen técnico para la temporada de pesca de 1997-1998. CRIP-1998, Ensenada, B. C., 20 pp.
- Chien Y.H. y R. E. Condrey, 1985. A modification of the De Lury method for use when natural mortality is no negligible. Fish. Res. 3: 23-28.
- Ebert T. A. y M. P. Russell, 1992. Growth and mortality estimates for red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*, from San Nicolas Island, California. Mar. Ecol. Prog. Ser. 81: 31-41.
- PESCA, 1996. Estadísticas de Pesca de la Delegación Federal de Pesca en B. C.
- Hilborn R. y C. Walters, 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Chapman and Hall, N. Y. USA. 563 pp.
- Kenner M. C., 1992. Population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in a central California kelp forest: recruitment, mortality, growth, and diet. Mar. Biol. 112: 107-188.
- Lelevier A. y J. Palleiro, 1987. Evaluación preliminar del stock de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California. Simp. Inv. Biol. y Oceanog. Pesq. México, 1987: 139-146.
- Miller R.J. y R. K. Mohn, 1993. Critique of the Leslie method for estimating sizes of crab and lobster populations. North Am. J. Fish. Managem. 13: 676-685.
- Palleiro J., 1986. Informe Técnico de la temporada de pesca de 1985/1986 del erizo rojo *S. franciscanus*, Informe Técnico CRIP-1986, Ensenada, B. C. 20 pp.
- Palleiro J., 1995. Situación de los recursos ribereños explotados comercialmente en la costa occidental de Baja California. Informe Técnico CRIP-1995, Ensenada, B. C. 30 pp.
- Palleiro J., L. Salgado, D. Aguilar, M. Navarrete y M. Romero, 1990. La Pesca de erizo en Baja California: Diagnostico de la temporada de pesca 1988-1989, Informe Técnico CRIP-1990, Ensenada, B. C. 35 pp.
- Palleiro J., D. Aguilar y M. Romero, 1991. La pesquería del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California, Mem. Taller MEXICO-AUSTRALIA Reclut. Rec. Bent. Baja California, La Paz, BCS, México, 25-29 nov. 1991: 81-89.
- Ramirez E. A., 1997. La concesión para explotación pesquera y su efecto en el erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*, (A. Agassiz, 1863)) en el área de Santo Tomás a Punta China Baja California. Tesis de Maestría. Universidad Autonoma de Baja California, México. 93 pp.
- Smith D. B., L. W. Botsford y S. R. Wing, 1998. Estimation of growth and mortality parameters from size frequency distributions lacking age patterns: the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) as an example. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 1236-1247.
- Solana R., 1997. A conservative management of the sea urchin fishery in Baja California, Mexico. Informe técnico, Universidad de Washington, 26 pp.
- Solana R., A. Cota, D., Aguilar, M. Romero, y F. Uribe, 1996. Dictamen técnico para la temporada de pesca 1995/1996 del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*, en la costa noroccidental de Baja California, México, Informe Técnico CRIP-Ensenada, B.C. 1996, 30 pp.
- Sparre P., E. Ursin y S. C. Venema, 1989. Introducción a la evaluación de stocks de peces tropicales. Parte 1- manual F.A.O. Fish. Tech. P. 306/1480 pp.
- Tegner M. J. y L. A. Levin, 1983. Spiny lobsters and sea urchins: Analysis of a predator-prey interaction. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 73: 125-150.