Remoción del potencial reproductivo por efecto de la pesca: el caso del camarón nailon (*Heterocarpus reedi* Bahamonde, 1955)

Mauricio Gálvez Larach¹

Escuela de Ciencias del Mar
Universidad Católica de Valparaíso
Casilla 1020, Valparaíso, Chile

RESUMEN: Se propone un procedimiento numérico para calcular la remoción relativa del potencial reproductivo, por efecto de la pesca, y la desviación estándar asociada. La metodología de cálculo del estadístico de dispersión, sugerida aquí, es una forma paramétrica del método de remuestreo bootstrap.

El procedimiento es aplicado a datos de hembras de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) desembarcadas en la zona de Valparaíso, entre 1969-74 y 1992-93. Se determina el período de máxima remoción del potencial reproductivo entre junio y septiembre (200.000 a 400.000 huevos por cada 100 hembras capturadas). Por otro lado, se estima que la remoción provocada en el reclutamiento de 1996, por efecto de la pesca de hembras ovíferas dos años antes, será la más alta de los 10 últimos años, lo cual se debiera ver reflejado por una baja proporción de la 2ª clase anual en los desembarques de 1996.

Palabras claves: potencial reproductivo, reclutamiento, *Heterocarpus reedi*, aleatorización.

Remove of the reproductive potential by fishing: the case of Chilean shrimp (*Heterocarpus reedi* Bahamonde, 1955)

ABSTRACT: A numeric procedure for the estimation of the relative reduction of the reproductive potential by fishing, and its associated standard deviation is proposed. The methodology for the calculation of the dispersion statistic suggested here, is a form of the parametric bootstrap resampling method.

The procedure is applied to Chilean shrimp (*Heterocarpus reedi*) female data, landing on Valparaíso zone, for the 1969-74 and 1992-93 period. The maximum remove in the reproductive potential was found between June and September (200,000 to 400,000 eggs for each 100 females in the catches). On the other hand, the reduction in recruitment in 1996 (by the catch of sexually mature female, two years before) will be the largest in the last ten years, this should be reflected in a low proportion of 2nd year class in landings of 1996.

Key words: reproductive potential, recruitment, *Heterocarpus reedi*, randomization.

INTRODUCCION

En los últimos diez años se observa un notable aumento en los desembarques de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), de 2.980 ton en 1986 a 10.620 ton en 1995, pasando a constituir esta especie el principal crustáceo capturado a nivel nacional (Fig. 1). Dentro de este marco, la V Región tiene una importancia fundamental, ya que en sus costas se desem-

barca aproximadamente el 41% de la captura nacional. No obstante lo anterior, la preocupación por el manejo de esta pesquería ha sido tardía, si se compara con otras similares.

El objetivo de la ordenación pesquera se ha orientado, por lo general, a la búsqueda del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). Según García y

¹Dirección actual: Departamento de Pesquerías, Instituto de Investigación Pesquera VIII Región, Casilla 350, Talcahuano, Chile.

Figura 1. Desembarques anuales de camarón nailon y crustáceos capturados en Chile.

Figure 1. Annual landings of nylon shrimp and crustaceans from Chile.

Le Reste (1986) la aproximación al RMS presenta diversos inconvenientes graves, entre los cuales destaca la «disminución del potencial reproductor». El RMS conduce a buscar una explotación próxima a la ideal, donde la edad media en las capturas es cercana a la edad óptima (cuando la biomasa de una cohorte es máxima). Esta edad, está muy próxima a la edad de primera madurez por lo que se daña el potencial reproductor, se reduce la población parental a individuos jóvenes, disminuye la fecundidad y la calidad de los huevos y se incrementa el riesgo de producir una catástrofe (Larkin, 1977).

Por este motivo y con el fin de hacer sustentable en el tiempo la pesquería del camarón nailon es necesario modelarla en base a parámetros manejables y tomar las decisiones que de ellos se deriven. El presente estudio tiene por objetivo calcular la remoción del potencial reproductivo del camarón nailon y las respectivas desviaciones estándar de estos estimados, estimar el período mensual de máxima remoción del potencial reproductivo y entregar una aproximación de la remoción anual provocada en el reclutamiento por efecto de la actividad pesquera.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo, los ejemplares examinados de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) fueron obtenidos de muestras tomadas de cap-

turas de pescas de investigación y comercial realizadas entre 1969-1974 y 1992-1993. El área donde operaron los buques de los cuales se obtuvo la información está comprendida, en forma latitudinal, entre Papudo (31°20'S) y Punta Tres Cruces (33°30'S), y longitudinalmente hasta el veril de los 400 m de profundidad.

Las muestras se obtuvieron al azar y a cada ejemplar se le registró la longitud cefalotorácica (Lc) y, en el caso de las hembras, la condición de portadora de huevos o no. La longitud medida se definió como la distancia en línea recta desde la región postocular hasta el borde posterior del caparazón. Las mediciones de talla se efectuaron con un pie de metro, con una precisión de $\pm 0,1$ mm.

La información analizada, que corresponde únicamente a las distribuciones de frecuencia de tallas de hembras, fue agrupada en forma mensual y considerando todas las profundidades y zonas de las cuales se extrajo el recurso. Para el análisis de la información se establecieron distribuciones absolutas de frecuencia de tallas (de hembras totales y hembras ovíferas) con una amplitud del intervalo de clase de 1 mm.

Fecundidad

En lo que a fecundidad se refiere, se utilizaron los resultados preliminares de Arana y Tiffou (1970) y Arana *et al.* (1976), los que fueron obtenidos en base a 224 ejemplares examinados en 1970, 1971 y 1972.

Con esta información se recalculó por proporción el número total de huevos (NHT) a la talla, utilizando los valores de peso total de la masa ovífera (Wt), peso de una fracción del 10% de la masa ovífera (Wf) y número de huevos en esa fracción.

La información de fecundidad a la talla fue graficada con el objeto de detectar y eliminar los datos atípicos. Esto se hizo, especialmente, para reducir la alta variabilidad que presenta el número de huevos a longitudes de cefalotórax grandes, ya que se estimó que valores bajos en el número de huevos, se pueden deber a la liberación parcial de los mismos por parte de las hembras. Debido a que no se dispuso de la cantidad adecuada de registros de número de huevos a cada talla, como para determinar algún tipo de distribución, se supuso que los datos de fecundidad en cada talla se distribuyen en forma normal respecto al valor medio y, por este motivo, se calculó la media y la varianza de estos para reconstruir la curva de probabilidad normal (procedimiento Monte Carlo). La función de probabilidad utilizada que corresponde a la curva normal fue:

$$f(NHT_m) = \frac{1}{\sqrt{2 * \pi * S_m^2}} * e^{\left(\frac{-(NHT_m - \overline{NHT_m})^2}{2 * S_m^2} \right)}$$

donde NHT_m : número total de huevos promedio en cada intervalo de talla m, S_m^2 : varianza del número total de huevos en el intervalo de clase m; y $f(NHT_m)$: probabilidad del valor NHT a la talla m.

Posteriormente, con esta función, se calculó la probabilidad de seleccionar un valor cualquiera de número total de huevos (NHT) para cada rango de talla. Luego, esta información fue almacenada en archivos previamente identificados para ser procesada posteriormente con un programa computacional creado expresamente con este fin (Gálvez, 1996). Este procedimiento se realizó para considerar la variabilidad de los datos de fecundidad en la estimación del potencial reproductivo y su respectiva dispersión.

Análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas

Para incluir la variabilidad que presentan las muestras, a las distribuciones de frecuencia de tallas mensuales de hembras totales y hembras ovíferas se les aplicó el procedimiento de remuestreo denominado «bootstrap» (Efron, 1979).

Cada distribución de frecuencia absoluta de tallas mensual, tanto de hembras totales como de hembras ovíferas, se remuestreó 500 veces en forma aleatoria y con reemplazo, y en cada remuestreo se obtuvo una submuestra de igual tamaño que la original. Posteriormente, los 500 valores que se obtuvieron para cada marca de clase se agruparon en una distribución de probabilidad, con lo cual ya no se tiene un valor puntual de frecuencia absoluta para cada Lc, como en la distribución original, sino una distribución de probabilidad de las frecuencias absolutas (Fig. 2).

Remoción del potencial reproductivo

En el presente trabajo se entenderá por potencial reproductivo a la cantidad total de huevos que puede producir la población de hembras de camarón nílono en un período de tiempo determinado. Por otro lado, se entenderá por remoción del potencial reproductivo, a la cantidad total de huevos extraídos al capturar C hembras (en este caso C=100) en un período de tiempo determinado.

La remoción del potencial reproductivo (entendido en el marco de este trabajo) dependerá de la distribución de frecuencias de tallas de hembras totales y ovíferas observada en las capturas del recurso, y de la cantidad de huevos que puede portar una hembra de una longitud cefalotorácica cualquiera.

La remoción del potencial reproductivo a la talla se obtuvo de la multiplicación de tres variables y una constante, estas variables son función de la talla y corresponden a:

PH : Proporción de hembras en la talla m. Es decir, número de hembras (ovíferas + no ovíferas) en el intervalo de talla m, dividido por el número de hembras totales en toda la muestra (o tamaño de la muestra de hembras totales (n)).

$$PH_m = \frac{H_{Om} + H_{Nm}}{\sum_{m_{min}}^{m_{max}} (H_{Om} + H_{Nm})} = \frac{H_{Om} + H_{Nm}}{H}$$

con H_{Om} número de hembras ovíferas a la talla m, H_{Nm} número de hembras no ovíferas a la talla m, H es el número total de hembras en la muestra, m_{min} categoría inferior de tallas, y m_{max} categoría superior de tallas.

Pr : Proporción de hembras ovíferas en la talla m. Es decir, número de hembras ovíferas en el intervalo de talla m, dividido por el número de hembras totales en el intervalo de talla m.

Figura 2. Procedimiento bootstrap utilizado para la generación de "B" submuestras en base a una distribución de frecuencias de tallas original.

Figure 2. Bootstrap procedure used to generate "B" subsamples based in the original length frequency distribution.

$$Pr_m = \frac{H_{Om}}{H_{Om} + H_{Nm}}$$

consecuencia la fórmula puede ser reducida a:

$$E_m = C * \frac{H_{Om}}{H} * NHT_m$$

NHT : número total de huevos que posee una hembra en el intervalo de talla m.

C: Cantidad de hembras capturadas (se utilizó un valor de 100).

Luego, la ecuación queda:

$$E_m = C * PH_m * Pr_m * NHT_m$$

donde E es la remoción del potencial reproductivo, que resulta de extraer $(C * PH_m)$ hembras del intervalo de tallas m.

De la multiplicación del segundo y tercer término de la ecuación anterior se obtiene H_{Om}/H , en

Debido a que, con los procedimientos de bootstrap y Monte Carlo, se obtuvieron distribuciones de los valores de PH_m ; Pr_m y NHT_m , se eligió de cada una de estas distribuciones un valor aleatorio para ser incorporado en la función de E. Este procedimiento se repitió 500 veces, con lo cual se obtuvieron 500 valores probables de E para el intervalo de talla m. Posteriormente, estos valores fueron agrupados en una distribución y se obtuvo el valor medio de E_m para todos los rangos de talla y en todos los meses de los cuales se disponía de información (Fig. 3). En caso de considerar la ecuación 5, el procedimiento se simplifica y sólo es neces-

rio obtener distribuciones remuestreadas de NHT_m (Monte Carlo) y de H_{Om} (bootstrap).

Al realizar la suma de la remoción de los potenciales reproductivos referidos a cada rango de talla se obtiene la remoción total del potencial reproductivo (E_t), que resulta de extraer C hembras, es decir:

$$E_t = \sum_{m_{\min}}^{m_{\max}} E_m$$

donde E es un valor que esta asociado a una muestra específica, y en consecuencia, a un mes determinado de un año en particular.

Como se obtuvieron, inicialmente, 500 valores de E para cada rango de talla, la obtención de E se realizó eligiendo aleatoriamente un valor de E_t , el cual se sumó a un valor elegido también aleatoriamente de E_{m+1} , los que se sumaron a un valor elegido aleatoriamente de E_{m+2} , y así sucesiva-

mente hasta el último valor de rango de tallas. Este procedimiento se repitió 500 veces, con lo cual se logró construir distribuciones de frecuencia de remoción de potencial reproductivo, para los diferentes meses en los cuales se tenía información (Fig. 4). De la misma forma, en cada una de estas distribuciones, se calculó el valor promedio, el máximo, el mínimo, la desviación estándar, los rangos de remoción del potencial reproductivo de mayor probabilidad y la probabilidad asociada a este rango. Este procedimiento se basa en el descrito por Butterworth *et al.* (1990), y consiste en un enfoque paramétrico del método bootstrap de Efron (1981, 1985).

Para observar si existe estacionalidad en la remoción del potencial reproductivo, se graficó este valor, E, *versus* el respectivo mes. A esta serie de datos, ponderada por la probabilidad de cada observación, se le ajustó un polinomio para observar más claramente el período estacional. Esto se realizó mediante mínimos cuadrados no lineales con la

Figura 3. Esquema del procedimiento de cálculo de la remoción del potencial reproductivo a la talla, efectuado en la talla "m" y en el mes "Y".

Figure 3. Scheme of computational procedure to remove the reproductive potential from length, done over length "m" in month "Y".

opción "Nonlinear Estimation" del programa computacional STATISTICA. La estacionalidad de la remoción del potencial reproductivo se estimó, además, mediante la unión de los puntos de más alta probabilidad.

Finalmente, con las distribuciones mensuales de frecuencias de tallas que se disponían, se calcularon las tallas medias de hembras totales y hembras ovíferas y se graficaron *versus* la remoción del potencial reproductivo.

Remoción provocada en el reclutamiento

Se calculó, para el período 1987-96, la merma en el

reclutamiento de los individuos a la pesquería, debido a la extracción de hembras ovíferas y a la consiguiente extracción de huevos que se efectuó cada año. Para tal efecto se consideró: en 2 años la fase pre-recluta; mortalidades naturales (M) en la fase pre-recluta de 1,00, 0,58 y 0,30; la estacionalidad de la proporción sexual global calculada por Ziller (1993); los desembarques mensuales en la V Región (SERNAPESCA, 1995); y la estacionalidad de la remoción del potencial reproductivo estimada a través de un ajuste polinomial (Fig. 6).

Considerando lo anterior, la remoción provocada en el reclutamiento se definió como:

Figura 4. Esquema del procedimiento de adición de la remoción de los potenciales reproductivos a la talla, para la obtención de la remoción del potencial reproductivo total.

Figure 4. Scheme of the procedure of adding the removal of the reproductive potentials from length, to obtain the removal of the total reproductive potential.

$$A_{i+2} = B_i - C_{i+2}$$

Siendo, A_{i+2} : número de individuos que no se reclutaron el año $i+2$ por efecto de la pesca el año i , B_i : número de huevos extraídos el año i ; y, C_{i+2} : número de individuos que hubieran sido desovados el año i , y que hubieran muerto por causas naturales entre el año i e $i+2$. Donde:

$$B_i = \sum_{j=\text{Ene}}^{\text{Dic}} \frac{\text{Captura}_j * (1 - \text{Prop. Sex}_j) * Et_j}{\overline{W}_{\text{hembras}}} * \frac{1}{C}$$

$$C_{i+2} = B_i * e^{-(M * 2)}$$

Debido a que no existe certeza sobre la edad de reclutamiento de esta especie, para establecer dicho parámetro se tomaron en consideración dos fuentes. La primera fuente indica que la población de *H. reedi* tiene un ciclo anual de reclutamiento (Roa y Ernst, 1996); la suposición hecha por estos autores se basa, según ellos, en estudios paralelos sobre biología reproductiva de esta especie. La segunda fuente proviene de estudios realizados por Pavez *et al.* (1996),

en que se indica que, para la zona de Valparaíso, la talla de reclutamiento más probable (L25%) es de 23,34 mm para machos y 23,88 mm para hembras, lo que corresponde según las ecuaciones de crecimiento propuestas por Ziller (1993) a 2,7 y 2,4 años respectivamente.

Considerando que el ciclo anual de reclutamiento propuesto por Roa y Ernst (1996) se basa simplemente en una suposición, se trató de establecer un compromiso entre este valor y el generado a partir de las estimaciones hechas por Pavez *et al.* (1996). Según las consideraciones anteriores el tiempo de duración de la fase pre-recluta fue fijado en dos años.

RESULTADOS

Fecundidad

Al recalcular los valores del número total de huevos a la talla (NHT) se encontró una mayor dispersión en longitudes cefalotorácicas superiores a 30 mm (Fig. 5). Esto se debe, probablemente, a la manipulación de los ejemplares (debido a que las

Figura 5. Número total de huevos (NHT) según rango de tallas.

Figure 5. Total number of eggs (NHT) by length range.

Figura 6. Estacionalidad de la remoción del potencial reproductivo total (N° de huevos/100 hembras).

Figure 6. Seasonality of the total reproductive potential removal (N° of eggs/100 females).

hembras grandes pierden con mayor facilidad su masa ovífera) y/o a que parte de la masa ovífera ya ha sido desovada. Debido a lo anterior se eliminaron algunos valores ya que se consideraron atípicos y se estimó que los individuos muestreados ya habían perdido parte de sus huevos.

Remoción del potencial reproductivo

Al calcular la remoción del potencial reproductivo a cada rango de talla (E) en todos los meses en los cuales se disponía de información, se pudo observar que la mayor remoción de E se logró al capturar hembras entre 26 mm y 30 mm de longitud cefalotorácica. En promedio, la talla a la cual se obtiene la mayor remoción del potencial reproductivo es 28 mm. Lo anterior se refleja en que al extraer 100 hembras en cualquier mes analizado, la cantidad de huevos extraídos por concepto de captura de hembras de 28 mm de L_c varió entre 2.000 y 105.000, con una media de 30.000 huevos.

Se determinó que existe estacionalidad en el proceso de remoción del potencial reproductivo. El modelo polinómico que describe esta estacionalidad (Fig. 6) resultó ser de grado 5 y $R=0,74$ (Tabla 1). En base a este ajuste, se pudo apreciar que entre

junio y septiembre se logra la mayor remoción de E . En dicho lapso, al pescar 100 hembras cada mes, se alcanzaría una remoción del potencial reproductivo de entre 200.000 y 400.000 huevos por mes. Por otro lado, la trayectoria resultante de la unión de los puntos de más alta probabilidad (Fig. 6), resultó ser consistente con el modelo descrito por el ajuste polinomial.

Se pudo observar que la media de E se encuentra en rangos de alta probabilidad de ocurrencia (Fig. 7). Lo anterior quiere decir que en la mayoría de los casos, a todos los valores encontrados de E en cada mes se les puede asignar una probabilidad de que así hayan ocurrido de sobre el 50%, y en algunos casos de 100%. El período en que se puede asegurar que los resultados obtenidos presentan mayor confiabilidad corresponde a enero-mayo, mientras que en el resto del año la certeza es menor, aunque no despreciable.

Al graficar la talla media de hembras totales y hembras ovíferas *versus* E , se pudo observar que efectivamente, la remoción del potencial reproductivo aumenta a medida que aumenta, ya sea, la longitud media de hembras totales o la longitud

Tabla 1. Estadísticas del ajuste polinomial.

Table 1. Statistics of the polynomial fit.

ESTADISTICOS	PARAMETROS					
	A_5	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
Estimado	157688	-51688	35702	1356	-662	32
Error estándar	211899	288546	12106	21752	1757	52
t_{43}	0,70	-1,00	0,30	0,06	-0,37	0,61
nivel-p	0,50	1,00	0,80	0,95	0,70	0,54

media de las hembras ovíferas registrada en las capturas. El límite superior en la remoción del potencial reproductivo está comprendido entre 300.000 y 400.000 huevos por cada 100 hembras capturadas, este valor se logra con tallas medias de hembras totales entre 26 y 28 mm y/o tallas medias de hembras ovíferas entre 27,5 y 29,0 mm (Fig. 8).

No obstante lo anteriormente descrito, cabe mencionar que, si bien, mientras más grande es la talla media de captura de hembras (o en las capturas están más representadas hembras de tamaños superiores en la distribución), mayor es la remoción del potencial reproductivo, esto debe conjugarse con

el hecho de que en una población siempre hay menor cantidad de individuos adultos en relación al total de la población. Si se relacionan estas dos situaciones implicaría que el impacto de capturar hembras de tamaños grandes no sería considerable, en términos absolutos, en la población, ya que la cantidad de hembras disponibles de este tamaño es baja (considerando que esta es una población que ya ha sido sometida a explotación).

Remoción provocada en el reclutamiento

Al efectuar los cálculos de la remoción provocada en el reclutamiento en el área de estudio, entre 1987 y 1996, se pudo observar que el número total de

Figura 7. Distribución mensual de probabilidad de la remoción del potencial reproductivo (N° de huevos/100 hembras), por mes (1969-74 y 1992-93).

Figure 7. Probability distribution of the reproductive potential removal (N° of eggs/100 females) by month (1969-74 and 1992-93).

Tabla 2. Resultados del cálculo mensual de la remoción del potencial reproductivo (N° de huevos/100 hembras), (1969-74 y 1992-93).

Table 2. Results of computations of the reproductive potential removal (N° of eggs/100 females) by month (1969-74 and 1992-93).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1969												
Promedio								222329	318320	368271	122030	
Mínimo								143654	223878	277682	64053	
Máximo								306272	413001	470921	197234	
Desviación estándar								28771	29448	33296	21842	
Rango de mayor probabilidad								200000-250000	300000-350000	350000-400000	100000-150000	
Probabilidad (%)								61	58	53	76	
1970												
Promedio	88953			42550	107783	242689	162658		279185	99599	49218	141136
Mínimo	31004			17908	60746	187926	122245		205389	62778	27789	80137
Máximo	160762			74869	190082	296899	205424		380660	158603	78538	222971
Desviación estándar	20979			9163	21807	18926	16333		27464	16112	7887	26096
Rango de mayor probabilidad	50000-100000			0-50000	100000-150000	200000-250000	150000-200000		250000-300000	50000-100000	0-50000	100000-150000
Probabilidad (%)	73			79	58	63	75		65	54	56	60
1971												
Promedio	13124	13599	5285		146982	288414	374769	295930	146801	39163	187328	305497
Mínimo	3647	7598	4597		97422	236535	274897	227564	110710	21233	137606	217652
Máximo	27886	24736	5971		199808	339162	492538	360571	195835	66572	230458	382807
Desviación estándar	3336	3393	345		19193	17558	37036	21111	14667	8568	19936	27432
Rango de mayor probabilidad	0-50000	0-50000	0-50000		100000-150000	250000-300000	350000-400000	250000-300000	100000-150000	150000-200000	150000-200000	300000-350000
Probabilidad (%)	100	100	100		57	74	52	58	58	89	79	49
1972												
Promedio						149151	153128	172619	216332	133367	162009	51719
Mínimo						114878	121217	136628	174140	100843	119496	32816
Máximo						181942	185235	209485	261435	172321	205870	72577
Desviación estándar						11351	11679	12875	14173	11671	15118	6770
Rango de mayor probabilidad						100000-150000	150000-200000	150000-200000	200000-250000	100000-150000	150000-200000	50000-100000
Probabilidad (%)						53	57	95	87	91	77	57

Continuación Tabla 2

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1973												
Promedio	19492		22093	30163	176162	229579	214315					
Mínimo	8383		13515	20761	124825	175317	156005					
Máximo	29214		33092	43323	242924	291645	262110					
Desviación estándar	3610		3165	3710	17653	17877	17724					
Rango de mayor probabilidad	0-50000		0-50000	0-50000	150000-	200000-	200000-					
					200000	250000	250000					
Probabilidad (%)	100		100	100	83	83	78					
1974												
Promedio							375678	397701	307161	118872	98854	26051
Mínimo							271563	333341	254543	80770	56158	13029
Máximo							481547	502794	357893	163243	143274	41965
Desviación estándar							30697	26721	18735	15762	14185	5040
Rango de mayor probabilidad							350000-	350000-	300000-	100000-	50000-	0-50000
							400000	400000	350000	150000	100000	
Probabilidad (%)							62	51	65	84	56	100
1992												
Promedio							257557	331625		242654		
Mínimo							218854	265375		205115		
Máximo							299807	404524		284780		
Desviación estándar							13015	25922		14299		
Rango de mayor probabilidad							250000-	300000-		200000-		
							300000	350000		250000		
Probabilidad (%)							71	67		71		
1993												
Promedio				106814	196378			156094				
Mínimo				83001	156387			125558				
Máximo				145904	231867			187852				
Desviación estándar				10138	12914			10806				
Rango de mayor probabilidad				100000-	150000-			150000-				
				150000	200000			200000				
Probabilidad (%)				75	61			70

Figura 8. Remoción del potencial reproductivo (Et) en función de la talla media (mm) de hembras ovíferas y hembras totales.

Figure 8. Reproductive potential removal (Et) as a function of the carrying females mean length (mm) and total females egg.

huevos extraídos en la zona ha aumentado notablemente, desde poco más de 100×10^9 huevos extraídos en 1985 hasta casi 400×10^9 huevos en 1994.

Se consideró en dos 2 años el tiempo que demoran los individuos en reclutarse a la pesquería desde que son desovados, lo que según las ecuaciones de crecimiento propuestas por Ziller (1993) implicaría que la talla de reclutamiento para machos es de 19,45 mm y de 18,90 mm para hembras, correspondiendo a los estados de muda asignados 4 y 3 respectivamente.

Entre 1987 y 1996, para todos los valores de M (tasa instantánea de mortalidad natural) consideradas, se observó que el número de individuos no reclutados ha ido en aumento, siguiendo la misma

tendencia de los desembarques (Fig. 9).

A pesar de que en la literatura no se encuentran antecedentes concretos, se considera que de las tres tasas de mortalidad natural utilizadas en el análisis, el valor de $M=1$ es el que más se aproxima a la realidad (de los considerados), ya que en la fase de pre-recluta, generalmente las mortalidades son altas. Considerando este valor de M, se estimó para 1996 una remoción del reclutamiento del orden de 50×10^9 individuos (desviación estándar= 8×10^9), lo que llevado a peso, considerando un valor promedio de peso equivale a 17.006 ton.

Figura 9. Número de individuos no reclutados a la pesquería por efecto de la pesca de hembras ovíferas dos años antes (1987-96).

Figure 9. Number of individuals unrecluted to the fishery as an effect of carrying-females fished two years earlier (1987-96).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En los estudios referidos a aspectos de reproducción de especies, usualmente se menciona el término potencial reproductivo, cuya definición, la mayoría de las veces no coincide. En camarones peneidos, García y Le Reste (1986) mencionan el potencial reproductivo para indicar el potencial de una población para reconstruir su biomasa de un año al siguiente. Como se puede apreciar, la definición resulta demasiado amplia (si se quiere asociar el potencial reproductivo únicamente con aspectos reproductivos), pues la reconstrucción de la biomasa se podría lograr debido a: una mayor sobrevivencia en la fase pre-recluta, un aumento de la fecundidad, inmigraciones hacia la población o a un mayor éxito reproductivo. Por otro lado, la biomasa de una población también podría aumentar debido a, por ejemplo, condiciones ambientales favorables, las que incidirían en el aumento de peso de los individuos debido a la mayor disponibilidad de alimentos.

Siguiendo la línea de crustáceos, Campbell y Robinson (1983) definieron el potencial reproductivo por grupo de muda para *Homarus americanus* como «el número total de huevos, respecto a los desovantes, producidos por grupo de muda m ». Similar definición hicieron Campbell y Pezzack (1986), pero refiriendo el potencial

reproductivo, esta vez, a rangos de longitudes cefalotorácicas. Trabajando con *Pleuroncodes monodon*, Palma y Arana (1990), distinguen el potencial reproductivo como «el número de huevos que las hembras pueden producir en cada período de desove».

Si bien existe una variedad de definiciones para el término potencial reproductivo, todos tienden esencialmente a significar la capacidad del recurso para aportar nuevas crías a la población. Algunos de estos procedimientos apuntan a calcular el potencial reproductivo tomando en cuenta las posibles pérdidas durante el proceso de incubación, o consideran un porcentaje de huevos viables según el estado madurez de los huevos asociado al estado de muda de los individuos. En el presente trabajo, a pesar de ser el estado de madurez de los huevos y su viabilidad una variable importante, no se ha considerado este factor, debido a que recién se está intentando determinar los estados de madurez de los huevos de *H. reedi* (S. Palma, com. pers.).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se estima que la mayor remoción de huevos del medio se efectúa en el rango de tallas comprendido entre 26 y 30 mm de longitud cefalotorácica, y la talla a la cual se reduce más el potencial reproductivo corresponde a los 28 mm. No obstante lo anterior, si se considera la abundancia de huevos en la población no pescada, puede que en el rango de tallas mencio-

nado se produzca también la mayor ganancia o producción de huevos, de tal manera que esa pérdida en sentido relativo a la abundancia podría ser poco importante, en comparación con otro rango de talla, donde puede que la reducción (remoción relativa a la abundancia) sea mayor.

En este sentido, con este procedimiento propuesto y si se dispusiera de información de evaluaciones directas por ejemplo, sería interesante determinar la abundancia de huevos en la población total, para así conocer la reducción de huevos por rango de tallas, por efecto de la pesca, con respecto a la cantidad de huevos en la población. De alguna forma, este esfuerzo conduciría a estimar una tasa de explotación relativa a los huevos del recurso.

Al analizar la remoción provocada en el potencial reproductivo a la talla en cada mes, se encontró que se podría reducir, en promedio, la extracción de huevos en un 50% si las capturas se efectuaran sobre 28 mm de Lc. De este análisis se desprende que la recomendación para una futura medida de manejo, en cuanto a un tamaño de malla mínimo en el copo, debiera ser permitir el escape de individuos menores a 28 mm de Lc.

Esta apreciación no se contrapone con los resultados encontrados por Arana *et al.* (1976), en el sentido de que el valor propuesto se encuentra por sobre la talla de primera madurez sexual (50%), la que fue determinada entre 24,6 y 25,4 mm. Por otro lado, estos autores encontraron que la longitud media de desove fue de 26,9. Sobre la base de los antecedentes proporcionados por Arana *et al.* (1976) y los resultados aquí expuestos, se puede entender que, con la medida de manejo anteriormente propuesta, se lograrían tres objetivos; reducir la extracción de huevos en alrededor de 50%, capturar individuos sexualmente maduros y capturar individuos que en promedio ya han desovado al menos una vez, los cuales apuntan a asegurar los reclutamientos futuros y bajan la posibilidad de sobrepesca por reclutamiento.

Considerando la estacionalidad de los desembarques en la V Región, se puede observar que el período de mayor remoción del potencial reproductivo comienza en un mes en que los niveles de captura son relativamente bajos y continúa en meses en que los tonelajes registrados son medios y altos respecto al promedio. Esto hace ver que a los meses de mayor remoción del potencial reproductivo se le sumaría el período de mayor cap-

tura, lo que se ve aún más agravado debido a que según Ziller (1993) en esos meses la proporción de hembras en las capturas puede alcanzar hasta un 70%.

Del análisis integrado de toda la información considerada en el presente trabajo, se podría proponer un período de veda reproductiva que considerara; la atenuación del efecto de la remoción del potencial reproductivo y que contribuyera a incrementar la liberación de las larvas al medio. Bajo estas circunstancias el período propuesto abarcaría cuatro meses y estaría comprendido entre junio y septiembre, ya que la época de liberación larval se produciría de septiembre a diciembre (Palma, 1996).

La implicancia directa, y de interés pesquero, de los aspectos reproductivos es el reclutamiento a la pesquería. Dado que en el esquema general de vida de una especie explotada, la continuación lógica al acontecimiento del desove es la fase de pre-recluta y el posterior reclutamiento, en el presente trabajo se determinó, con los datos y herramientas disponibles, la merma que se produce en el reclutamiento por efecto de la captura de hembras portadoras que aún no han liberado sus huevos. El ciclo de vida de un crustáceo, desde el punto de vista pesquero, se puede dividir esquemáticamente en una fase no disponible y una fase explotada (García y Le Reste, 1986). En la primera se puede considerar el período comprendido desde el desove de los huevos hasta la llegada de los ahora individuos a las zonas de pesca, y en la segunda desde ésta hasta el fin de la vida del camarón.

Generalmente, por razones prácticas, al construir un modelo sobre la pesquería con el fin de evaluar los recursos o definir las condiciones óptimas de explotación sólo se toma en cuenta la fase explotada, debido a que la información procedente de la fase previa se reduce al número de individuos sobrevivientes al final de la misma; esto es, cuando tiene lugar el reclutamiento. Cuando no se dispone de tal información, el reclutamiento se supone constante. Si se dispone de información sobre el número de individuos en la primera fase, se deben considerar año a año las variaciones estacionales de este parámetro, el cual proporciona una importante contribución al modelo.

El hecho de disponer de datos referidos a reclutamiento se hace aún más relevante en el caso del camarón nilton, debido a que, según Alegría *et al.* (1994), los desembarques nacionales se susten-

tan principalmente (83% de las capturas) en las clases de edad dos (edad aproximada de reclutamiento) y tres. No obstante lo anterior, al menos durante 1992 y 1993, en la V Región el mayor aporte a la pesquería lo efectuaba la 4ª clase anual (77%) en el caso de las hembras y la 3ª clase anual (85%) en el caso de los machos. De los resultados obtenidos por estos autores se puede afirmar que el aporte de los reclutas en las capturas, fue bajo en ese período.

Lo dicho por Alegría *et al.* (1994) se ve corroborado por los resultados aquí obtenidos sobre la de remoción provocada en el reclutamiento (Fig. 9). Debido a que la disminución del número de huevos en 1990 fue mayor que en 1988 y 1989, era de esperar que en 1992 la 2ª clase anual estuviera menos representada que la 3ª y 4ª. Se destaca entonces que los resultados obtenidos de número total de huevos extraídos y remoción provocada en el reclutamiento entregan buenas estimaciones en cuanto a la «fuerza» de las clases anuales y su composición en las capturas.

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede esperar para 1996 que el reclutamiento sea bajo, lo cual se debiera ver reflejado en una proporción baja de la 2ª clase anual, mientras que la 3ª clase anual debiera ser la más representada, siguiéndole la 4ª clase anual.

Como lo indican los últimos estudios realizados por la Subsecretaría de Pesca, es posible apreciar una disminución de la biomasa total a partir de 1989-1990, lo cual, en cierta medida, puede ser explicado por la gran extracción de huevos que se empezó a efectuar desde 1987-1988, lo cual redujo la biomasa de los individuos de la segunda clase anual durante 1990 (*Memorandum Técnico* N°158, SUBPESCA). Esto, además, se ve confirmado por los estudios de Alegría *et al.* (1993; 1994), que indican una baja proporción de la clase recluta en los desembarques.

Finalmente, del análisis de los resultados obtenidos se destacan las siguientes conclusiones:

- La pesca de individuos cuya longitud cefalotorácica fuera mayor o igual a 28 mm, reduciría el efecto sobre el potencial reproductivo en aproximadamente 50%.
- Existe estacionalidad en un ciclo anual, en la remoción del potencial reproductivo. Entre junio y septiembre se logra la mayor remoción del potencial reproductivo, oscilando este valor entre 200.000 y 400.000 huevos (por cada 100 hembras capturadas) por mes.
- La cantidad de huevos extraídos del medio en-

tre 1985 y 1994 ha aumentado desde $100 \cdot 10^9$ hasta $400 \cdot 10^9$, lo que indica que la remoción provocada en el reclutamiento será la más alta de los 10 últimos años.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a la Escuela de Ciencias del Mar (UCV), por facilitar la información necesaria para la realización de este artículo. Muy particularmente se agradecen las sugerencias y alcances de los Sres. correctores y del M.Sc. Patricio Arana.

REFERENCIAS

- Alegría, V., G. Henríquez y R. Roa. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (Crustáceos) zona central, 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI-IFOP, 93/4: 30 pp.
- Alegría, V., R. Roa, M.I. Ortego y C. Montenegro. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (Crustáceos) zona central, 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. SGI-IFOP, 94/4: 36 pp.
- Arana, P., L. Noziglia y G. Yany. 1976. Crecimiento, reproducción, factor de condición y estructura poblacional del camarón naylor (*Heterocarpus reedi*) (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Cienc. y Tec. del Mar*, CONA 2: 1-61.
- Arana, P. y M. Tiffou. 1970. Madurez sexual, sexualidad y fecundidad del camarón naylor (*Heterocarpus reedi*). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 1(11): 261-284.
- Bahamonde, N. 1955. Hallazgo de una nueva especie de *Heterocarpus* en aguas chilenas: *H. reedi* n. sp. *Invest. zool. chil.*, 4: 259-264.
- Butterworth, D.S., G. Hughes y S. Strumpfer. 1990. VPA with ad hoc tuning: implementation desegregated fleet data, variance estimation, and application to the Namibian stock of cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 9: 327-357.
- Campbell, A. y D.G. Robinson. 1983. Reproductive potential of three American lobster (*Homarus americanus*) stocks in the Canadian Maritimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1958-1967.

- Campbell, A. y D.S. Pezzack. 1986.** Relative egg production and abundance of barred lobster, *Homarus americanus*, in the Bay of Fundy and southwestern Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43(1): 2190-2196.
- Efron, B. 1979.** Bootstrap methods: another look at the jackknife. Ann. Stat., 7: 1-26.
- Efron, B. 1981.** Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. Biometrika, 68(3): 589-599.
- Efron, B. 1985.** Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika, 72(1): 45-58.
- Gálvez, M. 1996.** Reducción del potencial reproductivo del camarón nailon (*Heterocarpus reedi* Bahamonde, 1955), por efecto de la pesca, en la zona de Valparaíso. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso 105 pp.
- García, S. y L. Le Reste. 1986.** Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Doc. Téc. Pesca, 203: 180 pp.
- Larkin, P.A. 1977.** An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. Trans. Am. Fish. Soc., 106(1): 1-11.
- Palma, S. 1996.** Desarrollo embrionario y fecundidad del camarón nailon *Heterocarpus reedi*, capturado en la zona centro-norte de Chile. Mayo-agosto 1996. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 46/96: 87-117.
- Palma, S. y P. Arana. 1997.** Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 25: 203-221.
- Pavez, P., C. Falcón, V. Espejo y C. González. 1996.** Crecimiento, mortalidad, selectividad y análisis del stock de camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) entre la II y la VIII Región. Mayo-agosto 1996. In: Evaluación directa del stock de camarón nailon en la zona centro norte de Chile. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 46/96: 338 pp.
- Roa, R. y B. Ernst. 1996.** Age structure, annual growth, and variance of size-at-age of the shrimp (*Heterocarpus reedi*). Mar. Ecol. Prog. Ser., 137: 59-70.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 1995.** Anuarios estadísticos de pesca, Chile. Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, 239 pp.
- Ziller, S. 1993.** Crecimiento, mortalidades y talla de primera captura del camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) en la zona de Valparaíso. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV Valparaíso, 132 pp.

Recibido el 29 de julio de 1996.

Aceptado el 30 de diciembre de 1996.