

Serie Científica No. 18



872549



**Análisis de la población
y diagnóstico de la pesquería
de abulón amarillo
(Haliotis corrugata)
en el área de Punta Abreojos
e Isla Cedros, B. C.**

ORIGEN DE ESTA PUBLICACION

Este trabajo forma parte de una serie de estudios sobre la biología y poblaciones de abulón (*Haliotis* spp.) de la península de Baja California. El trabajo de campo fue realizado por el personal técnico de la Estación de Investigación Pesquera de El Sauzal, Ensenada, B.C. y el análisis de los datos se realizó en el Laboratorio Central del Instituto Nacional de Pesca.

DEPARTAMENTO DE PESCA

**ANALISIS DE LA POBLACION Y DIAGNOSTICO
DE LA PESQUERIA DE ABULON AMARILLO
(Haliotis corrugata) EN EL AREA DE PUNTA
ABREOJOS E ISLA CEDROS, B. C.**

Takeyuki Doi
S.A. Guzmán del Prío
Victoria Marín A.
Martín Ortiz Q.
Jesús Camacho A.
Temístocles Muñoz L.

DIRECCION GENERAL DEL
INSTITUTO NACIONAL DE
PESCA.
SERIE CIENTIFICA No. 18
MEXICO, 1977.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	4
RESULTADOS	
1. Estado actual de la pesquería en Abreojos y Cedros.	4
2. Modelo del ciclo de vida de <i>Haliotis corrugata</i>	5
3. Parámetros poblacionales	6
3.1 Crecimiento	6
3.2 Relaciones biométricas	6
3.3 Tasa de sobrevivencia (S) y coeficiente de mortalidad total (Z)	7
3.4 Coeficiente de mortalidad natural (M)	7
4. Tamaño de la población	8
4.1 Población capturable (N_c)	8
4.2 Disponibilidad (Q)	9
4.3 Tamaño de la población en el mar (N_m)	10
5. Diagnósis de la pesquería	11
5.1 Diagnósis 1: Talla mínima de captura	11
5.2 Diagnósis 2: Tasa de decremento de adultos desovadores y huevos	11
5.3 Diagnósis 3: Rendimiento máximo sostenible bajo las condiciones actuales de la pesquería.	13
5.4 Diagnósis 4: Rendimiento máximo sostenible bajo las condiciones óptimas de la pesquería.	15
DISCUSION Y CONCLUSIONES	16
LITERATURA CITADA	17

Resumen

Haliotis corrugata (abulón amarillo) constituye el 65% de la captura de abulón en Baja California. Estudios realizados en dos de las zonas de pesca más importantes: I. Cedros y Punta Abreojos, permiten conocer los niveles actuales de la población de esta especie en relación a la presión de pesca a que está sujeta.

Utilizando como material de análisis datos sobre crecimiento, composición de la captura, esfuerzo de pesca aplicado y algunos elementos del mecanismo de reproducción de la especie, se aplicó el método de análisis de T. Doi (1975) para obtener una estimación de los parámetros poblacionales (S, Z, F, M y E) y un primer diagnóstico de la pesquería.

La población de esta especie muestra un comportamiento distinto en los dos lugares estudiados. En Cedros con una composición por edades (4 a 14 años), más amplia que en Abreojos (3 a 8 años), se observan tasas de crecimiento más lentas que en Abreojos; paralelamente una tasa de sobrevivencia (S) más alta (0.54 contra 0.35) y un coeficiente de mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación menores que en Punta Abreojos. El coeficiente de mortalidad natural (M), se estimó en 0.35 en Cedros y 0.43 en Abreojos.

Un primer diagnóstico sobre la talla mínima de captura, indica que para Punta Abreojos, cuatro años y medio, sería la edad de captura más recomendable.

La tasa de decremento de huevecillos y de adultos reproductores respecto del "stock" virgen, señala para Abreojos que con el nivel actual de F (0.61), la reducción de huevecillos es de un 40%; es decir, menos del 50% que se recomienda para un mecanismo de reproducción óptimo, lo cual sugiere signos de sobrepesca en esta área. Se aconseja una reducción en el esfuerzo de pesca actual, para restablecer el nivel óptimo de captura por unidad de esfuerzo a 99kg/buzo/día que actualmente ha caído hasta un nivel de 70kg/buzo/día.

El área de I. Cedros requiere todavía una mayor información sobre las proporciones de madurez en las edades previas a la edad de máximo reclutamiento a la captura, antes de establecer un diagnóstico definitivo de la pesquería en este lugar.

Abstract

Haliotis corrugata (yellow abalone), constitutes 65% of the total catch of abalone in Baja California. From surveys carried out in two of the most important fishing zones: Isla Cedros and Punta Abreojos, it was possible to know the present situation of the population of this species with respect to the fishing effort to which it is subject.

Through the analysis of the data on growth catch composition, fishing effort and some elements of the reproductive mechanism, following the life's cycle analysis developed by T. Doi (1975), an estimate of the population parameters (S, Z, F, M and E) and a first diagnosis of this fishery was obtained.

The population's species show different behavior in the two surveyed areas. In Cedros, having an age composition range (4 to 14 years old) wider than in Abreojos (3 to 8 years old) that is, it was observed the growth rates are slower in Cedros than in Abreojos; in a parallel fashion, it is also observed that in Cedros they have a higher survival rate S (0.54 against 0.35) and a lower fishing mortality coefficient (F) as well as a lower exploitation rate than in Punta Abreojos. The natural mortality coefficient (M), was estimated to be 0.35 in Cedros and 0.43 in Abreojos.

A first diagnosis concerning the minimum suitable size of capture indicates that for Punta Abreojos, 4 1/2 years old should be the most advisable age for capture.

The rate of decrease of eggs and adult spawners with respect to the virgin stock, points out that for Abreojos with its present level of F (0.61), the reduction of eggs is some 40%; this means less than the 50% usually accepted as a best level for an

optimum reproduction mechanism, which suggests that there exist signs of overfishing in this area. Therefore, it is advisable that the actual fishing effort exercised at present be reduced in order to reestablish the optimum catch level per unit of effort to 99 kg/diver/day which has now dropped to 70 kg/diver/day.

The fishing zone of I. Cedros still lacks sufficient information on the maturity rates for the ages prior to the maximum recruitment age of the catch before a definitive diagnosis on this fishery is offered.

INTRODUCCION

Entre las cinco especies de abulón existentes en la Península de Baja California, destaca por su abundancia el abulón amarillo (*Haliotis corrugata*), el cual constituye del 60 al 90% de la captura total, dependiendo del área.

Punta Abreojos junto con La Bocana, Asunción, Tortugas e Isla Cedros, son los principales centros productores de abulón en la Península y en ellos se ha desarrollado en los últimos 4 años un programa de investigaciones del Instituto Nacional de Pesca tendiente a establecer información necesaria para estudiar las poblaciones de este molusco y su dinámica. La meta final de estas investigaciones, es determinar los niveles de máxima productividad del recurso y las medidas de administración más seguras dentro de las cuales puede manejarse la explotación, sin deterioro de las existencias.

El presente trabajo comprende el primero de una serie de análisis de la población de abulón amarillo (*H. corrugata*), referido en este caso al área de Abreojos e Isla Cedros (figura 1). El objetivo es describir en forma sumariada la situación que

vive el recurso en cuanto a una serie de parámetros poblacionales y plantear en consecuencia, un diagnóstico de la pesquería y sus perspectivas inmediatas.

Se eligieron Abreojos y Cedros por ser áreas con características geográficas y ecológicas suficientemente distintas entre sí, lo cual permite tener una idea global del comportamiento de esta especie bajo diferentes condiciones de habitat, vegetación, fisiografía, etc., y porque de estos lugares se contó con suficiente información estadística y una estrecha colaboración en los muestreos biológicos y de captura comercial por parte de los pescadores de las cooperativas de la región.

Dada la cantidad de material que se manejó y los diversos aspectos que se abordaron, el presente informe es necesariamente resumido y algunos aspectos probablemente puedan parecer insuficientemente tratados. Para subsanar esto, se encuentra en preparación otra publicación de los autores que describe en detalle la metodología seguida en cada uno de los aspectos aquí analizados.

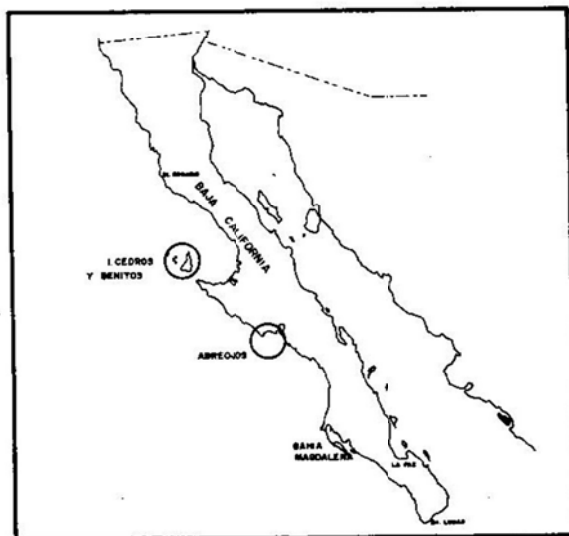


Fig. 1 Localización de las áreas de estudio.

MATERIAL Y METODOS

Los datos que sirvieron para el análisis, provienen de las cuatro últimas temporadas de pesca de abulón (1972/73, 1973/74, 1974/75 y 1975/76), comprendiendo los siguientes aspectos:

- Tablas mensuales de la composición de la captura de abulón por especies, tamaños y sexos.
- Cinco muestreos biométricos estacionales, realizados entre 1974 y 1976.
- Registros estadísticos mensuales de la captura y del esfuerzo de pesca aplicado (número de viajes (mareas) por buzo/día) para las 4 temporadas analizadas.

Las tablas de composición por tallas fueron transformadas a tablas de composición por edades, empleando como clave edad/longitud la ecuación de crecimiento promedio, obtenida a partir de polígonos de frecuencia de 3 muestreos masivos realizados en 1974.

Las ecuaciones de crecimiento se calcularon separando los grupos modales de polígonos poli-modales de frecuencias de longitud de concha. Las modas se tomaron como clases de talla promedio y llevándolas a una regresión de mínimos cuadrados, posteriormente se ajustaron a la ecuación de crecimiento de Bertalanffy.

Se encuentra actualmente en desarrollo (Muñoz 1976) un método para lectura de edad en la espira de las conchas y en un futuro próximo, esto puede confirmar o modificar nuestras estimaciones de la tasa de crecimiento y los grupos de edad considerados en este estudio.

Las hembras y machos se trabajaron en principio por separado para las estimaciones iniciales de sobrevivencia (S) y mortalidad total (Z). Posteriormente se adoptó un promedio de estos parámetros para los dos sexos combinados, valores con los cuales se manejó el resto del trabajo.

Para las estimaciones de todos los parámetros poblacionales, así como para las diagnósticos, seguimos íntegramente la metodología descrita por Doi (1975) y Doi (inédito).

Las cifras sobre fecundidad se asumieron en su mayor parte, pero orientadas sin embargo, por las primeras estimaciones de este parámetro, obtenidas recientemente por Ortíz *et. al* (inédito).

RESULTADOS

1. SITUACION DE LA PESQUERIA

Los registros de captura de abulón con que se cuenta para Abreojos y Cedros datan de 1957 a la fecha; sin embargo, únicamente a partir de 1964 se tienen cifras del esfuerzo de pesca aplicado (Ortíz *et. al* 1976), los cuales permiten tener una primera aproximación de los rendimientos de captura por buzo/día o buzo/marea como se denominan también en este trabajo.

La figura 2 muestra cual ha sido la tendencia de estos 3 factores: captura (Y), esfuerzo de pesca (X) y captura por esfuerzo (Y/X). En el área de

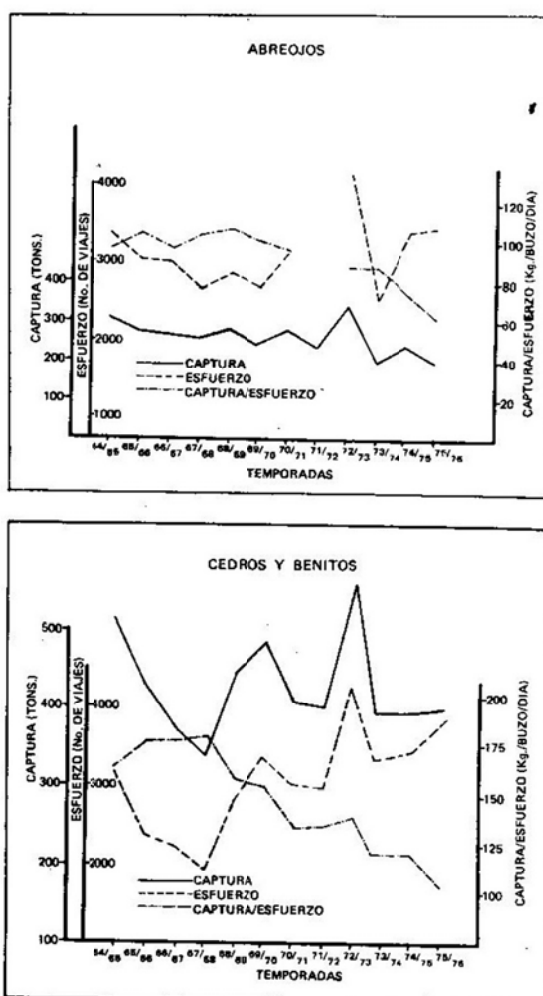


Fig. 2. Captura, esfuerzo y captura por esfuerzo de abulón en Abreojos e I. Cedros, B.C. La captura en Abreojos se compone fundamentalmente de abulón amarillo (90%). En I. Cedros abulón amarillo y azul se mezclan en la captura en un 60 y 40% respectivamente.

Abreojos resulta evidente que la captura se ha mantenido más o menos estable alrededor de las 250 toneladas de abulón desconchado; en cambio, los valores de captura por esfuerzo muestran una declinación gradual que mantiene la misma tendencia descendente en las últimas 8 temporadas de pesca, con valores de 95 a 100 kg/buzo/día a cifras ligeramente superiores a los 65 kg.

Mientras tanto, en el mismo período, el esfuerzo sigue una tendencia ascendente reflejando un incremento en la presión de pesca que afecta directamente a los rendimientos de captura por hombre. Tratándose de un área en la que el 90% de la captura lo constituye *H. corrugata*, las tendencias señaladas pueden ser aplicadas íntegramente a dicha especie.

El fenómeno es muy semejante en el caso de Cedros, sin embargo, la declinación que se observa en la captura y la captura por esfuerzo, no pueden ser atribuidas exclusivamente a *Haliotis corrugata*, porque en esta zona se captura en una proporción elevada otra especie, *H. fulgens*, la cual puede llegar en ocasiones a representar hasta el 50% del total de la captura. De tal modo, las curvas y sus tendencias representan dos especies combinadas.

2. CICLO DE VIDA DE *Haliotis corrugata*

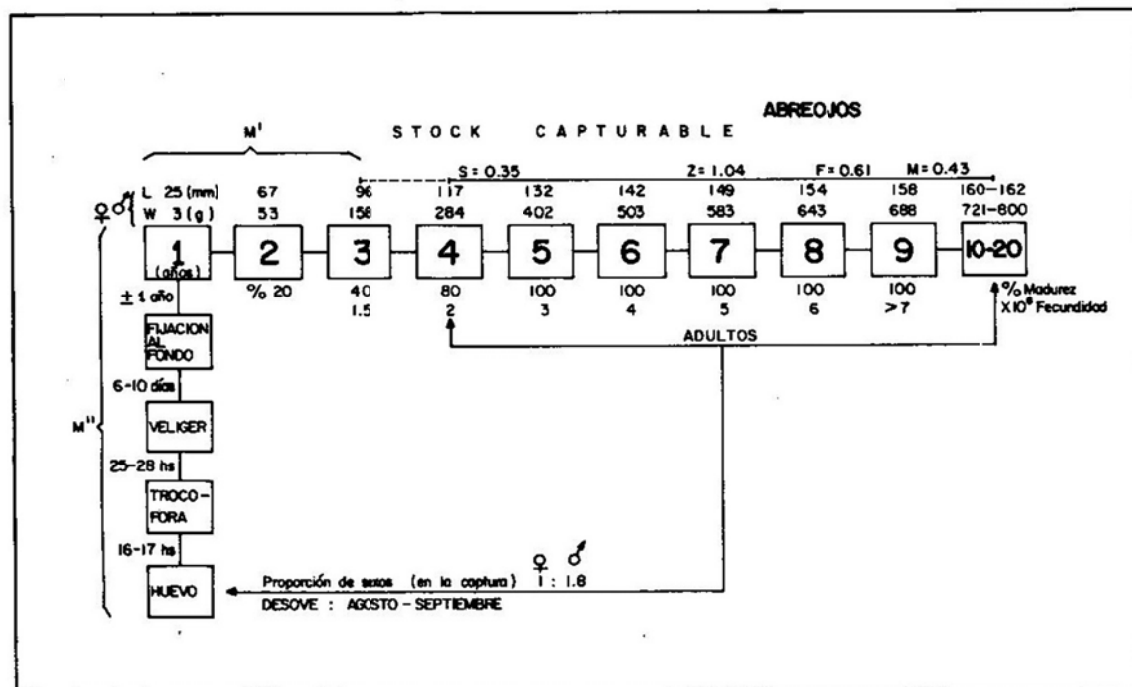
Uno de los elementos centrales para el método

de análisis que aquí se aplica, es un conocimiento claro del ciclo vital de la especie cuya población se está analizando.

El método plantea como premisa fundamental, que el tamaño de una población depende de la magnitud del mecanismo retroalimentador; esto es, desove y reclutamiento y éstos a su vez, del tamaño de la población adulta incluidos los mecanismos reproductivos tales como fecundidad y grado de madurez sexual para cada grupo de edad. En consecuencia, este fenómeno reproductivo debe ser bien conocido si se quieren obtener mejores resultados de este tipo de análisis.

En la figura 3 se muestra un esquema del ciclo vital de *Haliotis corrugata* para las dos localidades en estudio. Algunos datos fueron tomados de la literatura y otros fueron investigados directamente en este trabajo. Los principales elementos del ciclo, son los siguientes:

- Un ciclo compuesto de una fase pelágica muy breve, una fase béntónica que se inicia a los 6 ó 10 días de avivamiento y que se prolonga hasta el fin del ciclo vital.
- Una longevidad en general de 20 años para *H. corrugata* pero sensiblemente menor en el caso de Abreojos.
- Una fracción de la población que desde los 3 ó 4 años se encuentra sujeta a explotación.



Continúa Fig. 3.

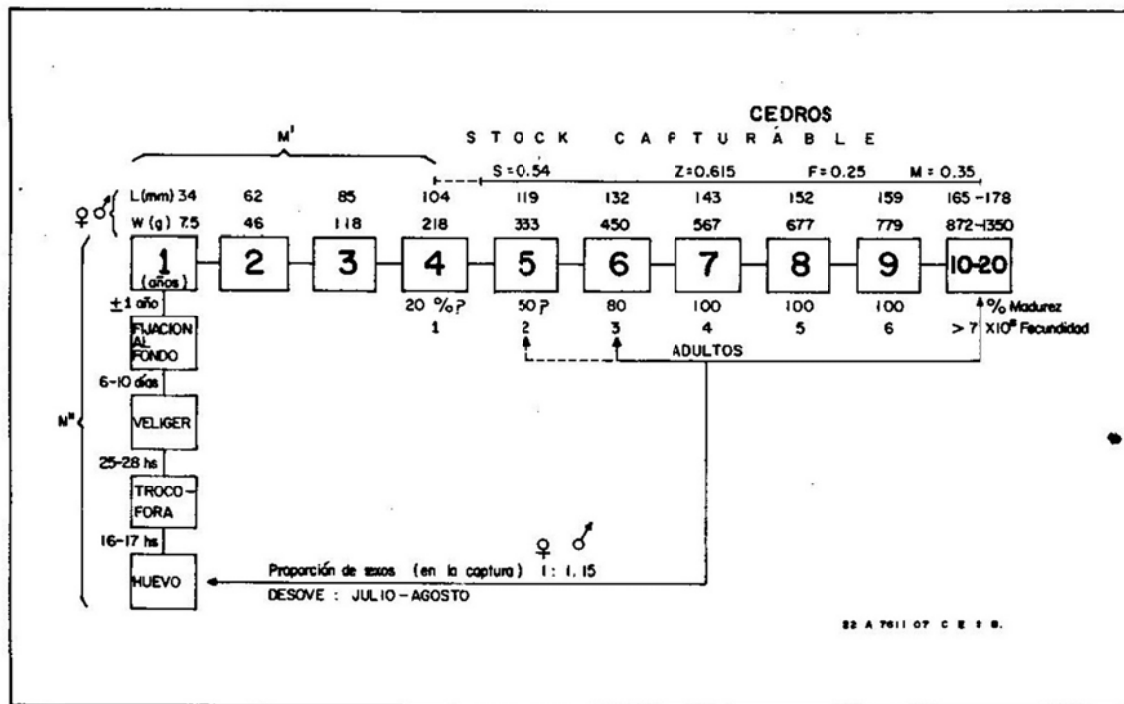


Fig. 3 Modelo del ciclo de vida de *Haliotis corrugata* en Abrejos y Cedros, B.C. Los valores de crecimiento y parámetros poblacionales (Z, S, F, M) desconocidos al iniciar el análisis, se calcularon en secciones posteriores.

- d) La época de desove en el verano, pero ligeramente desfasadas entre Cedros y Abrejos.
- e) Una primera edad de madurez más temprana en Abrejos que en Cedros.
- f) Una mortalidad natural teóricamente diferente (M, M' M'') en tres etapas del ciclo vital.
- g) Una mortalidad por pesca (F) que únicamente actúa a partir de las edades 3 y 4 en Abrejos y Cedros respectivamente.

Todos estos elementos, unidos al crecimiento en longitud y peso, calculados para la especie constituyen los requerimientos de información mínima, de tipo biológico, sobre los que se desarrolla toda la modelación y análisis de la población de *Haliotis*.

3. PARAMETROS POBLACIONALES

3.1 Crecimiento. Las ecuaciones de crecimiento en longitud de concha, obtenidas para ambos sexos se resumen en la tabla 1.

TABLA 1 Ecuaciones de crecimiento de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*)

Lugar	Hembras	Machos
Punta Abrejos	$L=170.3(1-e^{-0.372(x-0.6042)})$	$L=162.7(1-e^{-0.336(x-0.4625)})$
I. Cedros	$L=186(1-e^{-0.233(x-0.0957)})$	$L=210(1-e^{-0.150(x+0.160)})$
L = mm (longitud de concha) x = edad (años) t ₀ = enero		

3.2 Relaciones biométricas. Se manejaron fundamentalmente dos tipos de relaciones biométricas:

cas: peso total/longitud total y peso total/peso de carne ("callo"). Tomando en cuenta que estas re-

laciones varían dependiendo de la época del año, se promediaron los datos disponibles de 5 meses: septiembre y noviembre 1974, mayo y septiembre, 1975 y febrero de 1976. Este promedio anual fue

el que se utilizó para todos los cálculos posteriores. Las ecuaciones resultantes ajustadas a la ecuación $Y = AX^b$, son las siguientes:

TABLA 2 Relación peso total/longitud total (W_T/L_T)

Lugar	Hembras	Machos	Hembras + Machos
Abreojos	$W_T = 0.0001753 L_T^3$	$W_T = 0.0001797 L_T^3$	$W_T = 0.0001775 L_T^3$
I. Cedros	$W_T = 0.000189 L_T^3$	$W_T = 0.000195 L_T^3$	$W_T = 0.000192 L_T^3$
	L = mm		W = g

En el caso de la relación peso total/peso "callo" (W_T/W_C), la fuente de información fue la misma, pero los datos se ajustaron a una regresión lineal del tipo $Y = AX$.

TABLA 3 Relación peso total/peso carne (callo) (W_T/W_C)

Lugar	Hembras	Machos	Hembras + Machos
Abreojos	$W_C = 0.414 W_T$	$W_C = 0.419 W_T$	$W_C = 0.417 W_T$
I. Cedros	$W_C = 0.4121 W_T$	$W_C = 0.4156 W_T$	$W_C = 0.4139 W_T$
	W_C = peso "callo" (g)		W_T = peso abulón entero (g)

3.3 *Sobrevivencia (S) y coeficiente de mortalidad total (Z)*. La tabla 4 resume los valores de sobrevivencia (S) y mortalidad total obtenidos para ambos sexos combinados. Cada valor de S repre-

senta el valor promedio para cada año. El cálculo de este parámetro se hizo a partir de la composición por edades mensual de la captura y siguiendo el método de la edad media de Doi (1975).

TABLA 4 Tasa de sobrevivencia (S) y mortalidad total (Z) de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en Abreojos e Isla Cedros, B. C.

Año	Abreojos	S	Cedros	Abreojos	Z	Cedros
1972	0.36		0.52	1.02		0.66
1973	0.31		0.53	1.17		0.62
1974	0.38		0.57	0.96		0.55
1975	0.36		0.53	1.02		0.62
Promedio	0.35		0.54	1.04		0.61

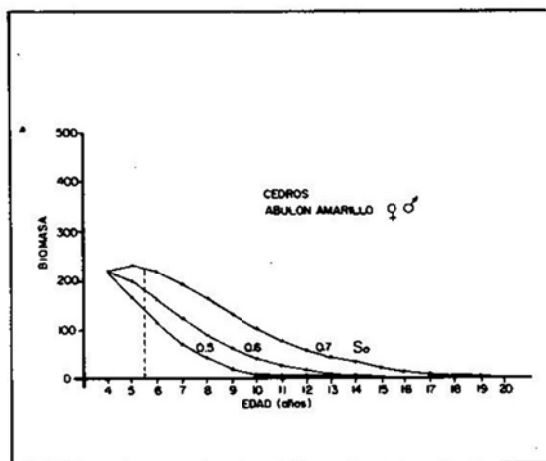
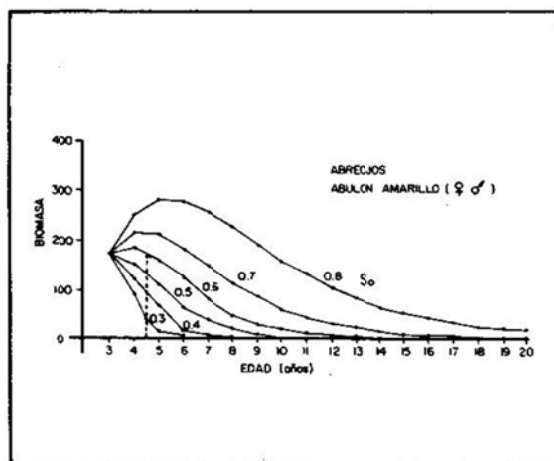
3.4 *Coeficiente de mortalidad natural (M)*. La estimación del coeficiente de mortalidad natural (M), necesario para descomponer la mortalidad total (Z) en sus dos componentes (F y M), se hizo a

partir de un método gráfico de rendimiento de biomasa en el "stock" virgen, con diferentes valores de sobrevivencia (S).

Se asumió una longevidad para la especie de 18

a 20 años (en condiciones de población virgen) aunque en la población actual estimamos que los abulones no van más allá de los 12 a 14 años en el caso de Abrejos y en el caso de Cedros, hasta los 18, según lo demuestra la composición de la captura la cual usualmente no cuenta con más de 4 a 6 grupos de edad.

Las figuras 4 y 5 muestran una familia de curvas de biomasa en el "stock" virgen de entre los cuales se eligieron como los más probables (por su tendencia y declinación hasta los años de máxima longevidad), los valores de sobrevivencia de 0.65 para Abrejos y 0.70 para Cedros. En consecuencia:



Figs. 4 y 5 Familia de curvas teóricas de biomasa, de la población virgen de *Haliotis corrugata* a diferentes niveles de S_0 . La línea punteada indica la edad de captura más aconsejable de acuerdo al nivel elegido de S_0 .

TABLA 5 Tasa de sobrevivencia (S_0) en el stock virgen y mortalidad natural (M) de *Haliotis corrugata*.

Lugar	S_0	M
Abrejos	0.65	0.43
Cedros	0.70	0.35

4. TAMAÑO DE LA POBLACION

4.1 *Stock capturable*. A partir de los valores de Z y M, se dedujo fácilmente el coeficiente de mortalidad por pesca (F) y la tasa de explotación (E).

La tabla 6 muestra los valores obtenidos para ambas localidades.

TABLA 6 Parámetros poblacionales de abulón amarillo (♀ ♂, *Haliotis corrugata*) y tamaño de la población capturable (P y N) en Abrejos y Cedros, B. C.

ABREJOS						P
Año	S	Z	F*	E	Y**	(Y/E)
1972	0.36	1.02	0.59	0.37	216	583
1973	0.31	1.17	0.74	0.44	332	754
1974	0.38	0.96	0.54	0.34	186	547
1975	0.36	1.02	0.59	0.37	228	616
Promedio	0.35	1.04	0.61	0.38	240	625

Tabla 6 continuación

I. CEDROS

Año	S	Z	F* (Z-M)	E (F/Z) (1-S)	Y**	P (Y/E)
1972	0.518	0.657	0.301	0.220	176	800
1973	0.535	0.625	0.269	0.199	180	904
1974	0.575	0.553	0.197	0.151	195	1291
1975	0.535	0.625	0.269	0.199	220	1105
Promedio	0.541	0.615	0.259	0.192	193	1024

* Se asume un valor de $M = 0.43$ en el stock virgen para Abreojos y de 0.35 para Cedros.

** La captura se registra como toneladas de abulón desconchado. Las cifras son estimadas para abulón amarillo exclusivamente.

En esta tabla, la captura (Y) está expresada en peso de abulón desconchado. El peso individual promedio del "callo" dentro de la captura, se estima en 130 g en Abreojos, mientras en Cedros es de 245 g. Estas cifras, provenientes de muestreos biológicos, no necesariamente coinciden con los pesos observados en las descargas comerciales en donde

éstos varían de acuerdo al factor de condición de la especie y a los bancos de donde procede el abulón.

Ahora bien, a partir de estos pesos promedio se hizo una estimación del tamaño de la población capturable (N_c) en número de individuos.

Abreojos

$$Y = 240 \text{ tons "callo"}$$

$$C = \frac{240 \text{ tons}}{0.130 \text{ kg}} = 1.85 \times 10^6 \text{ individuos}$$

$$N_c = \frac{1.85}{0.38} = 4.8 \times 10^6 \text{ individuos}$$

Cedros

$$Y = 193 \text{ tons "callo"}$$

$$C = \frac{193}{0.245} = 786 \times 10^3 \text{ individuos}$$

$$N_c = \frac{786}{0.19} = 4.1 \times 10^6 \text{ individuos}$$

Donde C es la captura en número de individuos y N_c el stock capturable.

Como puede observarse, la magnitud del stock capturable en ambas localidades es muy semejante y sólo resulta un poco más grande en Abreojos.

4.2 Disponibilidad (Q). No todas las edades están totalmente disponibles para la pesca. La edad de completo reclutamiento a la captura en el área de Abreojos es de 4 años, mientras que en Cedros esto ocurre a los 8; sin embargo, un número considerable de individuos menores de estas edades ingresan en diferentes proporciones a la captura.

Este hecho establece la necesidad de hacer una estimación de la disponibilidad real de cada grupo de edad, antes de calcular el tamaño de la población en el mar.

Partiendo del hecho de que en aquellas edades que aun no se reclutan totalmente a la pesquería (pero que son capturadas en cierta proporción), una fracción está afectada por F y M, mientras que la fracción restante solamente es afectada por M, nos permite establecer el siguiente planteamiento:

$$\frac{C_i}{C_{i-1}} = e^{-(M+F)} + \frac{1-Q_{i-1}}{Q_{i-1}} e^{-M}$$

donde: C_i = Captura en número del grupo de edad de máximo reclutamiento. El valor de Q en esta edad es 1.

C_{i-1} = Captura en número del grupo de edad inmediato anterior a C_i

Q_{i-1} = Disponibilidad de la edad $i-1$

Se calculó la disponibilidad de cada una de las edades capturadas menores de 4 y 8 años, obteniéndose los siguientes resultados para ambos sexos combinados:

TABLA 7 Disponibilidad (Q) de *Haliotis corrugata* en Abreojos e Isla Cedros, B.C.

		1972	1973	1974	1975	Promedio
Abreojos	Q_3	0.224	0.290	0.214	0.558	0.321
Cedros	Q_4	0.0013	0.000059	—	0.0006	0.00049
	Q_5	0.060	0.0348	0.0215	0.0310	0.0370
	Q_6	0.216	0.249	0.223	0.284	0.243
	Q_7	0.554	0.63	0.560	0.631	0.594

Los valores promedio de Q son los que se utilizaron para todas las estimaciones posteriores. Obviamente para las edades de 4 años y subsecuentes en Abreojos, y de 8 en adelante en Cedros, el valor de Q se consideró 1; es decir, 100% disponibles para la captura.

4.3 *Tamaño de la población en el mar.* Conociendo Q, se calculó el tamaño de la población en el mar, considerado como la suma de las N parcia-

les de todos los grupos de edad que ingresan a la captura. Este cálculo implica los valores estimados de sobrevivencia (S) y mortalidad por pesca (F) para el stock actual, junto con los valores de Q para aquellas edades que aun no se reclutan totalmente a la pesquería.

El planteamiento teórico obedece a la siguiente ecuación:

Abreojos: Población en el mar (N) = $N_3 Q + N_4 + N_5 + N_6 + \dots + N_{20}$

Cedros: $N = N_4 Q + N_5 Q + N_6 Q + N_7 Q + N_8 + N_9 + \dots + N_{20}$

Esta ecuación se resuelve calculando previamente el tamaño del primer grupo de edad que ingresa a la captura, en el presente caso N_3 , para Abreojos y N_4 para Cedros, que se definen como número

inicial o nivel promedio de reclutamiento.

El procedimiento de cálculo de esta edad inicial fue el del siguiente ejemplo:

Abreojos

$$\begin{aligned}
 \text{Edad 3} &= N_3 Q \\
 \text{Edad 4} &= N_3 (Q.S + (1-Q) S) \\
 \text{Edad 5} &= N_3 (Q.S + (1-Q) S) S \\
 \text{Edad 6} &= N_3 (Q.S + (1-Q) S) S^2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 20 &= N_3 (Q.S + (1-Q) S) S^{16}
 \end{aligned}$$

$$N_3 (Q.S + (1-Q) S) S^n = \text{Tamaño de la población capturable } (N_c)$$

Despejando de esta ecuación N_3 , se obtiene el tamaño de la edad inicial. Conociendo este valor y substituyéndolo en cada una de las expresiones

algebraicas enlistadas anteriormente, se obtiene el tamaño de la población en el mar. Por lo tanto:

TABLA 8

Tamaño de la población en el mar (N_m), de *Haliotis corrugata*.

Abreojos	7.27×10^6 abulones de edad 3 a 20
Cedros	15.86×10^6 abulones de edad 4 a 20

5. DIAGNOSIS DE LA PESQUERIA

El objetivo final de este tipo de análisis, es obtener un diagnóstico de la pesquería; es decir, establecer un juicio sobre el nivel en el que se encuentra la población de acuerdo a las condiciones actuales de explotación o dicho en otros términos, definir cuál es el estado de "salud" o "enfermedad" que guarda la población (Doi, 1975) y las medidas más adecuadas que deberán adoptarse para mantener la población cerca de su nivel óptimo.

Cuatro tipos de diagnosis se utilizaron en este trabajo:

5.1 Diagnosis 1:

Talla mínima. El modelo de curvas de rendimiento biomasa utilizado como mecanismo para estimar el coeficiente de mortalidad natural (M) es también válido para elegir la edad o talla mínima de captura con los mejores rendimientos de biomasa.

La figura 4 muestra que en el caso de Abreojos (para ambos sexos combinados), el abulón amarillo alcanza los incrementos máximos de biomasa a los 4 años de edad para valores de S_0 de 0.6 y 0.7.

Sin embargo, para machos y hembras por sepa-

rado, la figura cambia ligeramente. El máximo de biomasa se ubica a los 4 años en las hembras (122 mm) y para los machos entre los 4 y 5 años de edad en los 113 y 127 mm respectivamente; de manera que una edad promedio para este último sexo quedaría entre los 4 y 5 años equivalentes a 120 mm de longitud de concha. De cualquier manera, para propósitos prácticos, el promedio de talla mínima de captura para cualquiera de ambos sexos, sería 120 mm. En síntesis, la captura de abulón entre los 4 y 5 años de edad, resulta lo más aconsejable para esa zona.

En el caso de Cedros (figura 5), el diagrama sugiere una edad entre 5 y 6 años como la más recomendable para su captura.

5.2 Diagnosis 2:

Tasa de decremento de adultos desovadores y huevecillos. Un segundo diagnóstico consistió en calcular la tasa de reducción o decremento de reproductores y huevecillos respecto del "stock" virgen.

La tabla 9 muestra los resultados sumariados para Abreojos.

TABLA 9

Estimación del número de adultos maduros y huevecillos desovados en la población virgen y actual de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*), en Abreojos, B.C.

Edad (años)	No. Ad. $\times 10^6$	No. Ad. m. $\times 10^6$	No. H $\times 10^{12}$	
3 - 20	7.27	4.8	10.5	Población presente ($S = 0.35$)
3 - 20	11.1	8.5	27.1	Población virgen ($S = 0.65$)

No. Ad. = Número de adultos en el mar (considerando Q)

No. Ad. m. = Número de adultos maduros

No. H = Número de huevecillos desovados.

Partiendo de esta tabla, estimamos tasa de decremento de reproductores y huevecillos.

Tasa de decremento de huevecillos:

$$\frac{\text{Población actual}}{\text{Población virgen}} = \frac{10.5}{27.1} = 39\%$$

y

Tasa de decremento de adultos desovadores:

$$\frac{\text{Población actual}}{\text{Población virgen}} = \frac{4.8}{8.5} = 57\%$$

Por lo que toca a I. Cedros, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 10.

TABLA 10 Estimación del número de adultos maduros y huevecillos desovados en la población virgen y en la actual, de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en I. Cedros, B. C.

Edad (años)	No. Ad. x 10 ⁶	No. Ad. m. x 10 ⁶	No. H x 10 ¹²	
4 - 20	15.8	8.26	30.1	Población presente (S = 0.54)
4 - 20	18.0	10.25	45.0	Población virgen (S = 0.70)

No. Ad. = Número de adultos en el mar (considerando Q)
 No. Ad. m. = Número de adultos maduros
 No. H = Número de huevecillos desovados.

Tasa de decremento de huevecillos:

$$\frac{\text{Población actual}}{\text{Población virgen}} = \frac{30.1}{45.0} = 67\%$$

Tasa de decremento de adultos desovadores:

$$\frac{\text{Población actual}}{\text{Población virgen}} = \frac{8.26}{10.25} = 80\%$$

Los resultados para esta zona de Cedros deben ser tomados con un carácter provisional, ya que es necesario obtener mejores datos sobre porcentaje de individuos maduros en las edades 4, 5 y 6.

En general, se aceptan como valores óptimos para la población, porcentajes del 50% para ambas tasas de reducción. En el caso de Abrejos, los valores obtenidos sugieren que el decremento de huevecillos se encuentra por debajo de los niveles que garantizarían una adecuada retroalimentación a la población.

El decremento de los reproductores se encuentra en un nivel muy cerca del óptimo y permitiría quizás un ligerísimo margen de mayor captura, pero se ve afectado por el escaso porcentaje de huevecillos resultante.

La situación para Cedros es diferente, el porcentaje de adultos desovadores y el de huevecillos, muestra una población sin mayores problemas y sugiere que podría pescarse todavía un poco más del nivel actual.

5.3 Diagn3sis 3:

Máximo rendimiento sostenible (MSY) bajo las condiciones actuales de la pesquería. La diagn3sis 3 lleva al cálculo del rendimiento máximo sostenible bajo las condiciones presentes de la pesquería. En esta diagn3sis el cálculo maneja los mismos elementos de la diagn3sis 2, pero en este caso los rendimientos de captura se han estimado bajo dife-

rentes tasas de F (de 0.1 a 1.0).

Estos valores, junto con la tasa de decremento de huevecillos, determinan el óptimo de captura a un nivel del 50% de decremento de huevecillos.

Los resultados obtenidos para Abreojos se resumen en la tabla 11.

TABLA 11 Cambios estimados en la captura (Y), decremento de huevecillos (H) y en el peso promedio individual ($\bar{W}$), de *Haliotis corrugata* con diferentes niveles de mortalidad por pesca (F).

F	Y (tons)	H (%)	$\bar{W}_T$ (g)	$\bar{W}_C$ (g)
0.0	—	100		
0.1	230	78	373	156
0.2	332	64	348	146
0.3	388	54	328	138
0.4	453	48	315	132
0.5	463	42	299	125
0.6	504	39	291	122
0.7	520	36	284	119
0.8	535	34	278	117
0.9	547	32	273	115
1.0	560	31	269	113

$\bar{W}_T$ = peso promedio de abulón entero

$\bar{W}_C$ = peso promedio de carne ("callo") de abulón

Estos mismos valores se llevaron al gráfico de la figura 6, en el cual la línea de intersección desde el 50% del eje correspondiente a porcentaje de re-

ducción de huevecillos, equivale al nivel óptimo de la población.

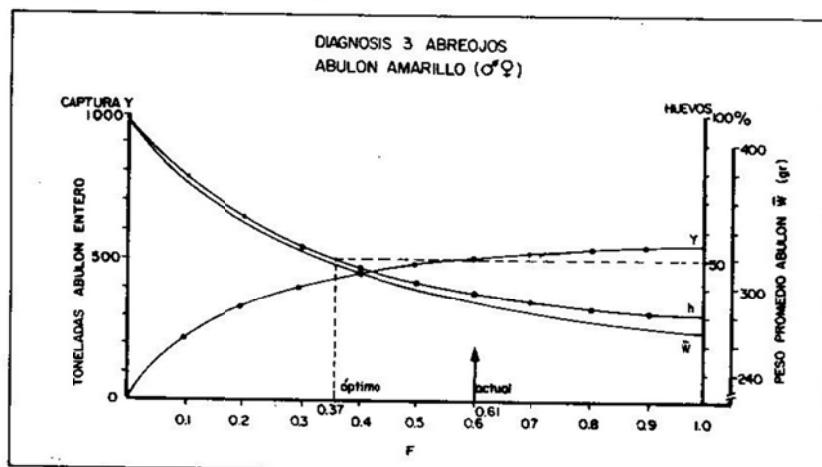


Fig. 6 Rendimientos de captura óptima y actual de *Haliotis corrugata* modificando mortalidad por pesca, en Abreojos, B. C.

Considerando además un esfuerzo de pesca anual (X) de 3,300 "mareas" o jornadas diarias de trabajo, que acumulan en promedio los buzos de la Cooperativa Abrejos durante una temporada de pesca, se estimó un valor de q (coeficiente de capturabilidad), partiendo en la ecuación $q = \frac{F}{X}$

$$q = 0.000203$$

Estos datos combinados con el gráfico de la figura 6, nos lleva a la tabla 12 que son los valores óptimos de captura, esfuerzo y captura por esfuerzo para esta área.

TABLA 12 Niveles de rendimiento actual y óptimo de *Haliotis corrugata* en Abrejos, B.C.

	Nivel actual	Nivel óptimo
H	40%	50%
F	0.61	0.37
$\bar{W}$	292 (122)	316 (133)
Y	504 (212)	430 (180)
X	3300	2002
Y/X	153 (64)	215 (90)

H = Decremento de huevecillos

F = Mortalidad por pesca

$\bar{W}$ = peso individual promedio (g)

Y = captura estimada en tons. de abulón entero.

X = Número de "mareas" o días de pesca.

Y/X = captura en kg/buzo/día

() = Equivalente de abulón entero a desconchado.

Estos resultados indican que en el caso de Abrejos se observan signos de sobrepesca dado que el nivel actual de decremento de huevecillos es apenas del 40%. Si este nivel se reajustara al óptimo, esto es, al 50%, se requeriría disminuir el esfuerzo de pesca presente de 3,300 viajes o "mareas" a

2,000 "mareas" como nivel óptimo de esfuerzo. Esta reducción en el esfuerzo significaría una elevación del rendimiento de captura por buzo, de 64 a 90 kg de abulón desconchado por jornada diaria de trabajo.

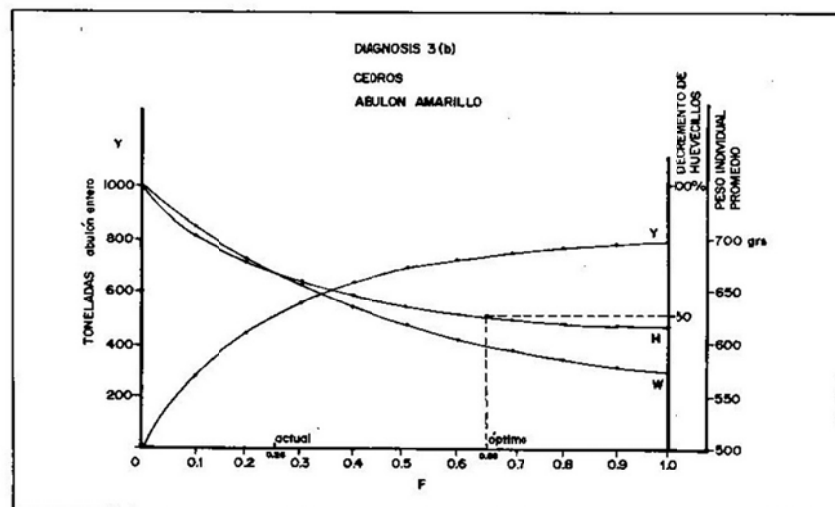


Fig. 7. Rendimiento de captura óptimo y actual de *Haliotis corrugata* modificando mortalidad por pesca, en I. Cedros, B.C.

Por lo que respecta a Cedros, los cálculos realizados se resumen en la figura 7 y tabla 13 utilizando en este caso, un coeficiente de capturabilidad $q = 0.000078$.

En el caso de esta área, sucede el fenómeno contrario a Abreojos: el nivel actual de esfuerzo de

pesca podría ser incrementado a casi el doble del número de mareas que en la actualidad se realizan, aunque esto implicaría una reducción en el rendimiento de captura por hombre de 59 a 40 kg de abulón desconchado por jornada diaria de trabajo.

TABLA 13 Niveles de rendimiento actual y óptimo de *Haliotis corrugata* en Cedros, B. C.

	Nivel actual	Nivel óptimo
H	67%	50%
F	0.26	0.66
$\bar{W}$	667 (270)	600 (248)
Y	510 (211)	735 (304)
X	3316	8461
Y/X	154 (64)	85 (35)

H = Decremento de huevecillos

F = Mortalidad de pesca

$\bar{W}$ = Peso individual promedio (g)

Y = Captura estimada en tons. de abulón entero

X = No. de "mareas" o días de pesca

Y/X = Captura en kg/buzo/día

() = Equivalente de abulón entero a desconchado.

5.4 Diagnósis 4

Rendimiento máximo sostenible (MXY) bajo las mejores condiciones de la pesquería. Esta diagnóstico es una aproximación más exacta a las condiciones "ideales" en que debería mantenerse la explotación del abulón amarillo sin deterioro de las existencias. Implica, a diferencia de la Diagnósis 3 no sólo un cambio en el esfuerzo de pesca,

sino también en el arte de pesca, en el número de unidades de pesca y en la primera edad de captura.

En el presente caso, la población actual de *H. corrugata* en Cedros y Abreojos presenta como primera edad de captura (x_c) las siguientes edades:

	Abreojos	Cedros
$*x_c =$	3.321	4.00049

Se calcularon entonces nuevos rendimientos modificando la primera edad de captura a 4, 5 ó 6 años, etc.

La figura 8 muestra las isólineas de rendimientos de captura obtenidas para abulón amarillo en Abreojos con diferentes tasas de F y a diferentes edades de captura

Los contornos en línea gruesa representan 3 niveles de reproducción diferentes. La línea correspondiente al 50% representa el nivel óptimo de reproducción a lo largo del cual (si se mantiene), pueden obtenerse los diferentes rendimientos de captura citados en la tabla 14.

* La primera edad de captura incluye el valor de Q.

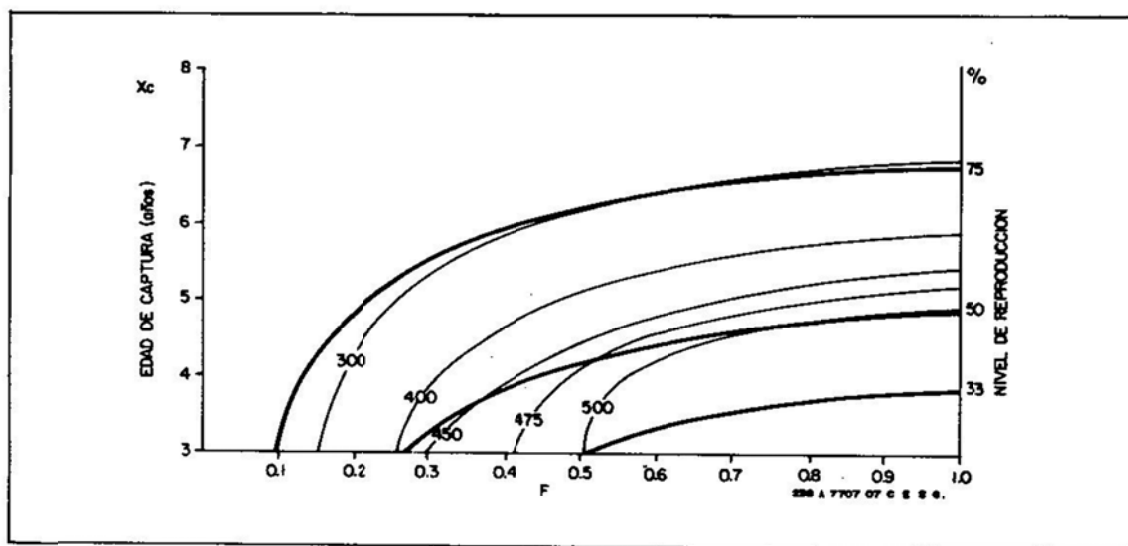


Fig. 8 Líneas de máximo rendimiento sostenible a diferentes etapas de captura.

TABLA 14 Máximo rendimiento sostenible en la captura de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) a diferentes niveles de F, X y x_c en Abreojos, B. C.

x_c	Y_E (tons)	Y_c (tons)	F	X Ds. de pesca	Y_E/X (kg/buzo/dfa)	Y_c/X (kg/buzo/dfa)
2.80	400	167	0.250	1231	325	136
3.75	450	187	0.375	1847	244	101
4.25	475	198	0.510	2512	189	79
4.50	500	208	0.700	3448	145	60

x_c = primera edad de captura

Y_E = rendimiento de captura de abulón entero

Y_c = captura equivalente de "callo" de abulón

X = esfuerzo de pesca

Y_E/X y Y_c/X = captura por esfuerzo

Este tipo de diagnóstico se aplica únicamente al abulón de Abreojos, ya que Cedros requiere todavía una revisión cuidadosa de valores de madurez

y fecundidad antes de ofrecer conclusiones definitivas para esa zona.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

- 1) La población de *Haliotis corrugata* que constituye en el área de Abreojos prácticamente el 90% del abulón capturado, acusa los primeros

signos de sobrepesca. En el período 64-70, la captura por esfuerzo se mantuvo en un nivel cercano al óptimo de 90 kg. de abulón/equi-

po/día. A partir de la temporada 72/73 los niveles de captura por esfuerzo han descendido hasta un 30% en la última temporada con respecto al óptimo. La estabilidad de la captura total empieza a resultar más aparente que real.

- 2) El diagnóstico sugiere que en el área de Abreojos debe reducirse el esfuerzo de pesca actual que rebasa ya las 3,000 "mareas" anuales. Una reducción de esta cifra alrededor de 2,000 viajes o "mareas" anuales, produciría una captura de 180 tons. de "callo" de abulón amarillo, lo cual significaría una reducción del 15% de la captura actual de esta especie y elevaría en cambio sensiblemente los rendimientos de captura por buzo en un 28% más del nivel actual.
- 3) La talla mínima de captura que sugieren las curvas de rendimiento en biomasa es: 120 mm. Actualmente el tamaño promedio de captura es de 128 mm lo cual no está muy alejado del tamaño ideal; no obstante, la pesca de individuos por debajo de 120 mm es en ocasiones considerable, llegando a constituir como en 1975, cerca del 25 al 28% del total capturado (Guzmán del Prío y Castro, 1976). Este hecho debe evitarse, ya que afecta al "stock" reproductor de la especie y merma como ya se ha probado, los rendimientos de captura por hombre.
- 4) Este trabajo constituye un primer intento por estimar la magnitud de las existencias de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) y su dinámica poblacional, utilizando en este caso la información que produce la propia pesquería. Un tra-

bajo anterior sobre el tamaño de la población de esta especie, a través de prospecciones directas (Guzmán del Prío, *et. al.*, 1976), muestra que las cifras encontradas en aquel entonces (1969) y los cálculos del presente trabajo para el tamaño de la población en el mar (N_m) no son muy diferentes entre sí, en especial por lo que se refiere a Isla Cedros. Sin embargo, para Abreojos parece más confiable el cálculo de N_m aquí obtenido, que el de la prospección directa, el cual está ligeramente sobre-estimado.

- 5) El análisis de la población de *H. corrugata* en Abreojos y Cedros, es el mejor que puede obtenerse hasta ahora, con los datos disponibles. Es probable que las estimaciones realizadas requieren todavía algunos ajustes, pues estamos conscientes de que puede haber errores debido a la frecuencia de los muestreos biológicos y de la captura que no siempre fue uniforme.

Existen todavía algunos puntos débiles en el análisis que deben ser revisados en nuevas investigaciones, en especial lo referente a la fecundidad y madurez gonadal por edades en el área de Cedros. Debe confirmarse igualmente las estimaciones de crecimiento a través de experimentos de marcado, así como iniciar también observaciones sobre las relaciones adulto-juvenil para conocer la curva reproductiva (parentela-progenie) de esta especie en dos o tres puntos de la Península de Baja California. Cuando estos puntos sobre la biología de *H. corrugata* y su ecología se conozcan a fondo, estaremos en posibilidad de realizar estimaciones más precisas sobre la dinámica de población de este molusco.

LITERATURA CITADA

- Doi, T. Análisis Matemático de Poblaciones Pesqueras/Compendio Para Uso Práctico. Inst. Nal. de Pesca/SI:m12. 1975 México.
- Guzmán del Prío, S.A., V. Marín A. y C. Castro A. Estructura y Abundancia de la Población de Abulón *Haliotis* spp) de Baja California en los años 1968/70. Memorias del Simposio sobre Recursos Pesqueros Masivos. Tomo I. Volumen Especial sobre Abulón y Langosta. Inst. Nal. de Pesca, S.I.C. México.
- Guzmán del Prío, S.A., y C. Castro A. Un Sistema de Registro de la Composición de la Captura Comercial de Abulón (*Haliotis* spp.). Resultados de cuatro temporadas (1972-1976) en Baja California. Memorias del Simposio Sobre Recursos Pesqueros Masivos. Tomo II. Volumen Especial Sobre Abulón y Langosta. Inst. Nal. de Pesca, S.I.C. México.
- Muñoz, L. T. Resultados preliminares de un método para determinar edad en abulones (*Haliotis* spp.) de Baja California. Memorias del Simposio Sobre Recursos Pesqueros Masivos. Tomo I. Volumen Especial Sobre Abulón y Langosta. Inst. Nal. de Pesca, S.I.C. México.
- Ortiz Q. M., T. M. López y J. Camacho A. Estadísticas Básicas Sobre Captura Esfuerzo y Captura por Esfuerzo de Abulón en 14 Cooperativas Pesqueras de Baja California. Memorias del Primer Simposio Sobre Recursos Pesqueros Masivos del 28 al 30 de septiembre de 1976. Tomo II, Volumen Especial Sobre Abulón y Langosta. Inst. Nal. de Pesca, S.I.C. México.

De esta publicación se editaron 2,000 ejemplares en abril de 1978, y la tipografía, formación y supervisión estuvo a cargo de la Subdirección de Publicaciones de la Dirección General de Difusión y Relaciones Públicas del Departamento de Pesca.