

**EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DE ABULÓN AZUL *Haliotis fulgens* EN
BAHÍA ASUNCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**EVALUATION OF THE GREEN ABALONE *Haliotis fulgens* FISHERY IN
BAHÍA ASUNCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

G. Ponce-Díaz^{1, 2}
E.A. Chávez²
M. Ramade-Villanueva³

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Km 1 Carretera a San Juan de La Costa "El Comitán"
Apartado postal 128
La Paz, C.P. 23000, Baja California Sur, México
E-mail: gponce@cibnor.mx

² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n
Col. Sta. Rita, El Conchalito
La Paz, C.P. 23000, Baja California Sur, México

³ Federación Regional de Sociedades de Producción Pesquera "Baja California", F.C.L.
Soto 283 entre Calle Segunda y Tercera, Col. Obrera
Ensenada, C.P. 22830, Baja California, México

Recibido en mayo de 1999; aceptado en abril de 2000

RESUMEN

Se analiza la pesquería de abulón azul en la zona de Bahía Asunción, Baja California Sur (México), a través de un modelo de simulación que considera la estructura por edades de la población. Se utilizó información sobre captura, esfuerzo, estimaciones de abundancia, así como la de parámetros de la dinámica poblacional del abulón (k , L_{∞} , t_0 , a y b de la relación peso-longitud, edad de primera captura y longevidad). Adicionalmente, se estimó la relación parentela-progenie incluyendo incertidumbre. El modelo presentó un ajuste adecuado entre la biomasa pescable estimada y las estimaciones independientes de la pesquería. Se determinó el rendimiento potencial de esta pesquería, observándose que las capturas actuales se encuentran por debajo del rendimiento máximo sostenible biológico y económico a largo plazo. El reclutamiento anual presenta desviaciones con anomalías que describen un patrón sinusoidal.

Palabras clave: abulón azul, pesquería de abulón.

ABSTRACT

The fishery of green abalone in Bahía Asunción, Baja California Sur (Mexico), was analyzed with an age-structured simulation model using data on catch, effort, abundance estimates, natural mortality and the population growth parameters (k , L_{∞} , t_0 , a and b of the length-weight relationship, age at first capture and longevity). The parent-recruit relationship can be established from the correspondence between the adult stock and the one-year-old juveniles and was analyzed as a random variable with normal distribution; it shows anomalies with a sinusoid pattern. Estimates of potential yield show that current yields are below the biologic maximum sustainable yield and economic maximum sustainable yield levels.

Key words: green abalone, abalone fishery.

INTRODUCCIÓN

La pesquería de abulón en México inició a mediados del siglo pasado, con la incursión de pescadores chinos, y posteriormente a principios del presente siglo, con la participación de japoneses. Sin embargo, es hasta inicios de los años cuarenta que se estableció una actividad pesquera sobre el abulón por parte de pescadores mexicanos, al establecerse las organizaciones de cooperativas a quienes se reservó el derecho de captura de este recurso a lo largo de la costa occidental de la península de Baja California (Vega *et al.*, 1994).

Esta pesquería es considerada una de las de mayor relevancia regional por varias razones, por ejemplo: el alto valor económico de los productos derivados de ésta; el aprovechamiento comercial del abulón por pescadores mexicanos desde hace más de cinco décadas, lo que permitió fundar varios poblados en la costa occidental de la península de Baja California; poseer una alta capacidad de exportación; y generar un impacto sustantivo en el empleo entre las sociedades cooperativas pesqueras que están dedicadas a la captura del abulón.

Las especies sujetas a explotación son: *Haliotis fulgens* Philippi 1845, abulón azul; *Haliotis corrugata* Gray 1828, abulón amarillo; *Haliotis cracherodii* Leach 1817, abulón negro; *Haliotis rufescens* Swainson 1822, abulón rojo; y *Haliotis sorenseni* Bartsch 1940,

INTRODUCTION

The fishing of abalone in Mexico began in the middle of the nineteenth century with the incursion of Chinese fishermen and then at the beginning of the twentieth century with the participation of Japanese fishermen. Mexican fishermen began fishing this resource in the 1940s, and established cooperatives that held the fishing rights along the west coast of the peninsula of Baja California (Vega *et al.*, 1994).

There are many reasons why this fishery is considered one of the most important in Mexico. The products derived from it are of high economic value. It has a high export potential. Its commercial development over the past five decades has led to the establishment of many fishing communities on the west coast of the peninsula of Baja California, and it has generated a significant number of jobs for the fishing cooperatives dedicated to the catch of abalone.

The species caught are: *Haliotis fulgens* Philippi 1845, green abalone; *Haliotis corrugata* Gray 1828, pink abalone; *Haliotis cracherodii* Leach 1817, black abalone; *Haliotis rufescens* Swainson 1822, red abalone; and *Haliotis sorenseni* Bartsch 1940, white abalone. The green and pink species contribute between 95% and 98% of the total catch (León and Muciño, 1996).

abulón chino. Las especies de abulón azul y amarillo contribuyen aproximadamente del 95% al 98% de la captura total (León y Muciño, 1996).

Sobre el abulón ha existido un interés comercial desde hace muchos años; por lo mismo, la pesquería en México, como se mencionó anteriormente, data en su etapa más reciente desde hace aproximadamente 50 años. No obstante, el conocimiento sobre la ecología y la dinámica del recurso abulonero no es el suficiente a pesar de contar con importantes esfuerzos de investigación. Los primeros estudios sobre los abulones de México fueron realizados a principios de los años sesenta por de Buen (1960), Chapa (1963) y Ortiz (1966), entre otros, quienes hicieron los primeros aportes sobre el conocimiento de estas especies y de su pesquería. Por su parte, Cox (1962) realizó un trabajo sobre los abulones de Norteamérica, en el cual aborda varios aspectos sobre la distribución y biología de los haliótidos de México.

Durante la década de los setenta, se llevaron a cabo diversas evaluaciones del tamaño de las existencias en una porción muy amplia de la península de Baja California (Guzmán del Prío *et al.*, 1976). Posteriormente, conforme fueron realizados estudios adicionales y mayor información fue conjuntada, se realizaron los primeros trabajos sobre la dinámica poblacional del abulón en la zona central de la península, particularmente sobre el abulón amarillo y azul (Guzmán del Prío y Marín, 1976; Doi *et al.*, 1977; Guzmán del Prío y López-Salas, 1993).

Asimismo, se han llevado a cabo evaluaciones pesqueras sobre el abulón, como las de Lluch-Belda *et al.* (1973), Marín (1981), Rocha y Arreguín-Sánchez (1987), Shepherd *et al.* (1991), y Prince y Guzmán del Prío (1993). Por otra parte, se han realizado estimaciones acerca de los ingresos económicos de esta pesquería en la región, mismos que en 1996 ascendieron a 36 millones de dólares americanos,

Commercial interest in abalone has existed for many years and, as previously mentioned, its fishery in Mexico began about 50 years ago. However, despite important research efforts, our knowledge of the ecology and dynamics of abalone is still insufficient. Research on Mexico's abalone started in the 1960s with the works of de Buen (1960), Chapa (1963) and Ortiz (1966), among others, who were the first to report on this species and its fishery. Cox (1962) studied abalone of North America and covered various aspects of the distribution and biology of Mexico's haliotids.

The sizes of the populations along a wide strip of the peninsula of Baja California were studied extensively during the 1970s (Guzmán del Prío *et al.*, 1976). As more studies were made and additional information was gathered, the first works on the population dynamics of abalone, pink and green in particular, from the central area of the peninsula of Baja California appeared (Guzmán del Prío and Marín, 1976; Doi *et al.*, 1977; Guzmán del Prío and López-Salas, 1993).

The abalone fishery has also been evaluated by Lluch-Belda *et al.* (1973), Marín (1981), Rocha and Arreguín-Sánchez (1987), Shepherd *et al.* (1991), and Prince and Guzmán del Prío (1993). The economic income of this fishery in the region has also been estimated, which reached 36 million US dollars in 1996, based on the end-of-season prices (Ponce-Díaz *et al.*, 1998).

The agency of the Mexican Government responsible for regulating this fishery is the Instituto Nacional de la Pesca. During recent years, this agency has evaluated the available biomass in order to regulate its catch through annual catch quotas (Ramade-Villanueva *et al.*, 1998).

Historical data of the fisheries have shown that the evaluation of populations is not an easy task. Past experience and the fishery-science

considerando precios de final de la temporada (Ponce-Díaz *et al.*, 1998).

La dependencia del Gobierno de México responsable de proponer medidas para la regulación de la pesquería es el Instituto Nacional de la Pesca. Esta dependencia ha venido llevando a cabo en años recientes evaluaciones directas de la biomasa disponible con el objeto de normar su extracción a través del método de cuotas anuales de captura (Ramade-Villanueva *et al.*, 1998).

La explotación histórica de las pesquerías ha mostrado que las evaluaciones de poblaciones no son tarea fácil. Es por esta razón que a la luz de la experiencia y de las actuales herramientas disponibles en la ciencia pesquera, se puede intentar responder a cuestionamientos sobre la evaluación de un recurso en un contexto de información limitada (Chávez, 1996).

Dada la relevancia biológica, ecológica y económica que representa el abulón en la costa occidental de la península de Baja California, se desarrolló el presente estudio con objeto de evaluar la pesquería del abulón azul en Bahía Asunción, Baja California Sur, México, y explorar mediante simulación, algunas estrategias de manejo adicionales a las que actualmente se encuentran en aplicación.

La pesquería de abulón en Bahía Asunción

No obstante que esta pesquería inició en los años cuarenta su etapa más reciente en Bahía Asunción, Baja California Sur, es a partir de finales de los años cincuenta que se cuenta con información estadística sobre capturas y esfuerzo en esta zona geográfica, donde se encuentran los bancos explotados por organizaciones de pescadores a través de cooperativas pesqueras (fig. 1).

Si bien en la pesquería de abulón de la zona de estudio se capturan diversas especies, tanto el abulón azul como el abulón amarillo son las especies realmente relevantes; otras como el

tools currently available can be used to address the problems with evaluating a resource when there is a limited amount of information (Chávez, 1996).

Given the biological, ecological and economic importance of abalone on the west coast of the peninsula of Baja California, this study was made to evaluate the green abalone fishery at Bahía Asunción, Baja California Sur, Mexico, and to explore, through simulations, some management strategies in addition to those already in force.

Abalone fishery in Bahía Asunción

Even though this fishery began in the 1940s in Bahía Asunción, Baja California Sur, there is no statistical information available prior to the late 1950s on the catches and fishing effort for this area, where there are banks fished by groups of fishermen belonging to cooperatives (fig. 1).

Different species of abalone are caught by the fishery in the study area. Green and pink abalone are the most abundant, whereas the other species, such as black and white abalone contribute negligible amounts. At present, green abalone contributes 85–90% of the production; however, a change in the proportions of the species in the catches has been noticed. The most noticeable effect is observed during the second half of the 1970s (fig. 2).

The catches of all abalone species in the area between 1959 and 1965 were relatively more than 500 t per year. Between 1966 and 1973, the catches decreased slightly to between 400 and 500 t per year. From 1974 to 1985, the catches decreased steadily from close to 400 t per year to between 60 and 70 t in 1984. Between 1986 and 1997, a slight increase is observed in the catches, but then they drop again to 40 t in 1997 (fig. 2). Based on the trajectory of the catches of green abalone, three peaks can be observed in 1971, 1975 and

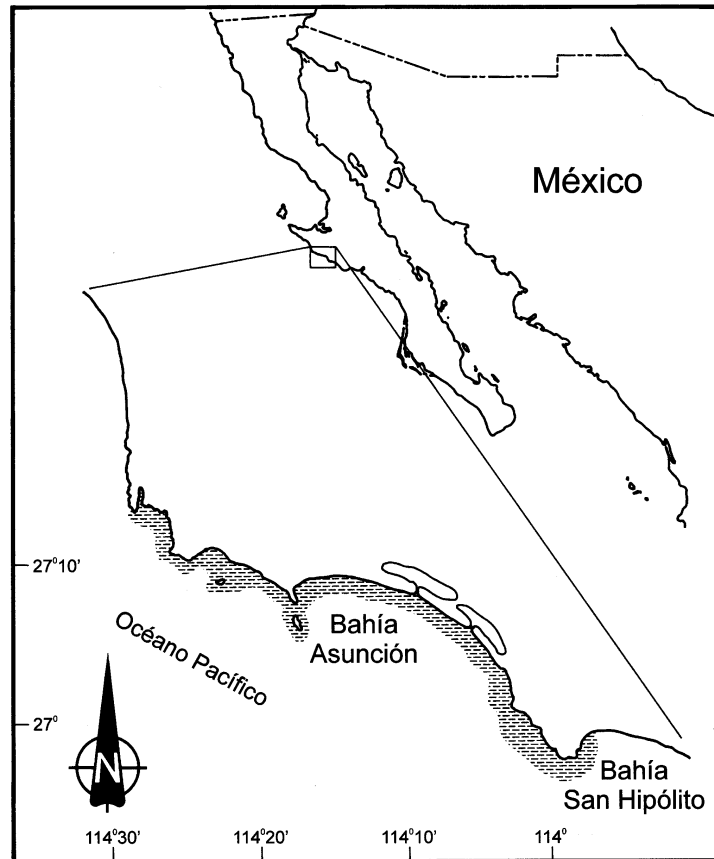


Figura 1. Bahía Asunción, Baja California Sur, México. Zonas de pesca.
Figure 1. Bahía Asunción, Baja California Sur, Mexico. Fishing areas

abulón negro y chino reportan cantidades despreciables. En la actualidad, el abulón azul participa con aproximadamente el 85–90% de la producción; sin embargo, se ha distinguido un proceso de cambio de proporciones de las especies en la captura que tuvo su efecto más conspicuo durante la segunda mitad de la década de los años setenta (fig. 2).

Las capturas de abulón de todas las especies en esta zona entre los años de 1959 y 1965 fueron relativamente superiores a las 500 t

1990–1992, after which there are perceptible decreases.

The fishing is carried out with hookah diving equipment, from 21-foot long boats, close to the coast. The abalone banks are found on rocky bottoms that present diverse algae. There are 53 abalone banks where the cooperatives of Bahía Asunción conduct their fishing activities, including areas close to San Roque Island, Baja California Sur (Muñoz, 1976).

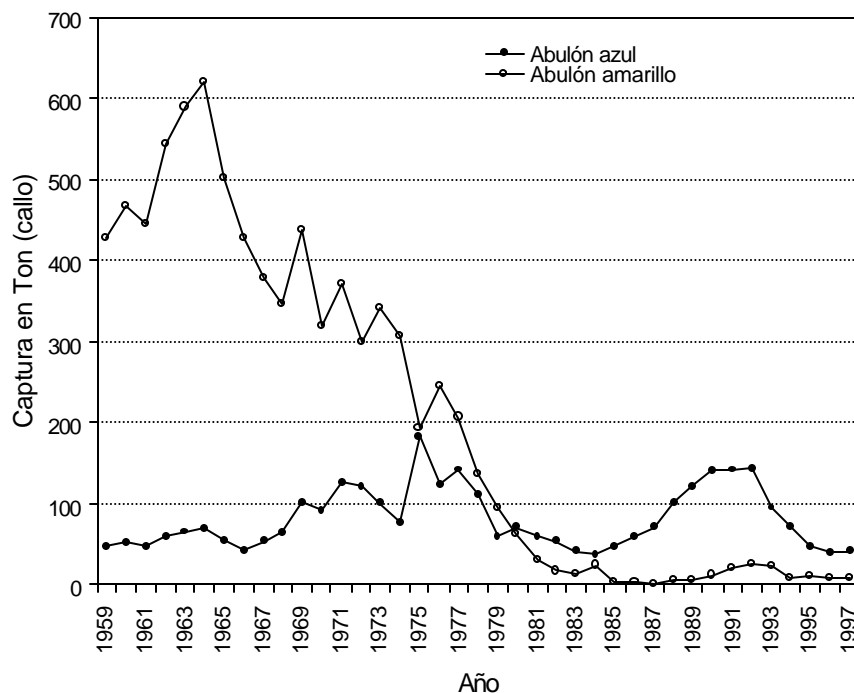


Figura 2. Captura y proporción de especies en el tiempo en la zona de Bahía Asunción, Baja California Sur.

Figure 2. Catch and species composition through time in Bahía Asunción, Baja California Sur.

anuales. De 1966 a 1973 las capturas bajaron de manera ligera para situarse en cifras entre 400 y 500 t de callo anuales. Sin embargo, de 1974 a 1985 las capturas de abulón declinaron de manera sostenida, desde cerca de 400 t por año hasta 60–70 t en 1984. Entre 1986 y 1997 se observa un ligero repunte en las capturas, para posteriormente bajar de nueva cuenta hasta el nivel de 40 t en 1997 (fig. 2). Al considerar la trayectoria de las capturas de abulón azul, se observan tres picos de capturas en 1971, 1975 y 1990–1992, después de los cuales se presentan bajas sensibles.

La pesca se lleva a cabo con ayuda de equipos de buceo semiautónomos tipo hooka en embarcaciones de 21 pies de eslora, en zonas de pesca cercanas a la costa. Los bancos abuloneros se encuentran en áreas de pesca que presentan sustratos rocosos con presencia de

MATERIAL AND METHODS

The information used in this study consists of a data base on the catches and fishing effort for the fishing area studied. This series is the result of a recent update of the abalone fishery data base performed mainly by the cooperatives that catch abalone. This information begins in 1959 and contains the species composition from 1966 on. The species composition of the commercial catch from 1959 to 1965 was estimated from the trend observed throughout the series.

This study also includes information on abundance estimates independent of the fishery from 1994 to 1997 and information on the costs and profits per trip. Bibliographic information on the green abalone was also used regarding the growth parameters, length-weight ratio,

diversas algas. Existen 53 bancos abuloneros donde las cooperativas pesqueras asentadas en el área de Bahía Asunción realizan sus actividades de pesca, que incluyen entre otras a localidades cercanas a la Isla de San Roque, Baja California Sur (Muñoz, 1976).

MATERIAL Y MÉTODOS

La información utilizada en el presente trabajo consistió en una base de datos sobre captura y esfuerzo para la zona de pesca de estudio. Esta serie es producto de un esfuerzo reciente de actualización de la base de datos de la pesquería de abulón, llevado a cabo primordialmente por el sector productivo (sociedades cooperativas que capturan abulón). Dicha información inicia en el año de 1959 y contempla la composición por especies a partir de 1966. La composición por especies de la captura comercial de 1959 a 1965 fue estimada de acuerdo con la tendencia observada a lo largo de la serie histórica.

También se consideró información sobre estimaciones de abundancia independientes de la pesquería para años recientes (1994–1997) e información sobre costos e ingresos por viaje. Adicionalmente, se utilizó información bibliográfica sobre el abulón azul en relación con los parámetros de crecimiento y de la relación peso-longitud, datos sobre la longevidad de la especie, así como la edad de madurez sexual, entre otros. Los valores de los parámetros biológico-pesqueros considerados en este trabajo se encuentran en la tabla 1, en donde se refiere la fuente de información respectiva.

El modelo

Con la información descrita en la tabla 1, se desarrolló un modelo basado en la estructura por edades utilizando una hoja de cálculo. El objeto de este modelo fue reproducir los niveles que ocurren en la población bajo estudio, con base en las siguientes expresiones.

longevity of the species, age at sexual maturity, among others. The values of the biological-fishery parameters considered in this study are shown in table 1, as well as the respective source of information.

The model

Using the information described in table 1, a model was developed with a spread sheet, based on the age structure. The objective of this model was to reproduce the levels that occur in the population under study, based on the following equations.

The change in the relative number of individuals in the population was modeled with:

$$N_{g,t} = N_{g-1,t-1} \exp(-M_t) \quad 0 \leq t \leq t_r \quad (1)$$

$$N_{g,t} = N_{g-1,t-1} \exp(-(M_t + F_t)) \quad t_r \leq t \leq t_\lambda \quad (2)$$

where $N_{g,t}$ is the number of individuals of age class g at time t , $N_{g,t-1}$ is the number of individuals of age class g at $t-1$, M is the natural mortality rate, F is the fishing mortality rate, t_r is the age at first capture and t_λ is the longevity of the species.

The following equations were used to model the population structure in terms of biomass.

(a) Growth in weight with von Bertalanffy's equation for weight, according to the following equation:

$$W_t = W_\infty * (1 - \exp(-k(t - t_o)))^3 \quad (3)$$

where W_t is the weight of the organism at time t , W_∞ is the asymptotic weight of the organism, k is the parameter proportional to the growth rate and t_o is the parameter of intersection with the X axis.

Tabla 1. Parámetros utilizados para el desarrollo del modelo. Los valores en negritas son los parámetros usados en el modelo descrito en este trabajo. Sexo: m = machos, h = hembras y nd = no se distingue. Long. = longevidad. ERP = edad de reclutamiento a la pesquería. E/LRR = edad/longitud de reclutamiento reproductor. Zona en Baja California Sur (BCS): BT = Bahía Tortugas, BA = Bahía Asunción, PA = Punta Abreojos e IN = Isla Natividad. * Se refiere a diferentes métodos de estimación.

Table 1. Parameters used to develop the model. The values in bold are the parameters used in the model described herein. Sex: m = males, h = females and nd = not distinguishable. Long. = longevity. ERP = age of recruitment to the fishery. E/LRR = age/length of breeder recruitment. Area in Baja California Sur (BCS): BT = Bahía Tortugas, BA = Bahía Asunción, PA = Punta Abreojos and IN = Isla Natividad. * Refers to different estimating methods.

L_{∞} (mm)	k	Sexo	Relación peso/longitud		Long.	ERP	E/LRR	Mortalidad natural	Zona en BCS	Fuente
			a	b						
183.1	0.380	m/h	2.72E-05	3.430	5 años	3-4 años	0.10-0.30	BT	Shepherd <i>et al.</i> (1991)	
189.0	0.342	m/h						BA	Guzmán del Prío y Salas, en Guzmán del Prío (1992)	
170.0	0.368	h	6.10E-04	2.729				PA	Guzmán del Prío y Marín (1976)	
171.0	0.384	m	6.10E-04	2.729				PA	Guzmán del Prío y Marín (1976)	
177.0	0.440	nd						BT	Turrubiates y Castro-Ortiz (1992), 1*	
177.0	0.280	nd						BT	Turrubiates y Castro-Ortiz (1992), 2*	
190.2	0.370	nd						BT	Shepherd y Turrubiates (1997), 3*	
182.6	0.360	nd						BT	Shepherd y Turrubiates (1997), 4*	

Tabla 1 (Cont.)

L_{∞} (mm)	k	Sexo	Relación peso/longitud		Long.	ERP	E/LRR	Mortalidad natural	Zona en BCS	Fuente
			a	b						
187.1	0.350	nd							IN	Shepherd y Turrubiates (1997), 3*
179.6	0.290	nd							IN	Shepherd y Turrubiates (1997), 4*
194.3	0.347	m/h							BA	Guzmán del Prío y López- Salas (1993)
	0.356									Promedio de los datos referidos
187.0			7.04E-06	3.414					BA	Este trabajo a partir de M. Ramade (datos no publicados)
			2.72E-05	3.430	20 años		141 mm	0.310	BT	Guzmán del Prío (1994)
								0.576	BA	Este trabajo a partir de M. Ramade (datos no publicados)

El cambio del número relativo de individuos en la población fue modelado por las siguientes ecuaciones:

$$N_{g,t} = N_{g-1,t-1} \exp(-M_t) \quad 0 \leq t \leq t_r \quad (1)$$

$$N_{g,t} = N_{g-1,t-1} \exp(-(M_t + F_t)) \quad t_r \leq t \leq t_\lambda \quad (2)$$

donde $N_{g,t}$ es el número de individuos del grupo de edad g al tiempo t , $N_{g,t-1}$ es el número de individuos del grupo de edad g al tiempo $t-1$, M es la tasa instantánea de mortalidad natural, F es la tasa instantánea de mortalidad por pesca, t_r es la edad de primera captura y t_λ es la longevidad de la especie.

Para modelar la estructura poblacional en términos de biomasa fueron utilizadas las siguientes ecuaciones.

(a) El crecimiento en peso, por medio de la ecuación de von Bertalanffy para peso, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$W_t = W_\infty * (1 - \exp(-k(t - t_o)))^3 \quad (3)$$

donde W_t es el peso del organismo al tiempo t , W_∞ es el peso asintótico del organismo, k es el parámetro proporcional a la tasa de crecimiento y t_o es el parámetro de intersección con el eje X .

(b) La relación peso-longitud, descrita de acuerdo con la siguiente expresión:

$$W = a * L^b \quad (4)$$

donde W es el peso del organismo, L es la longitud del organismo, y a y b son los parámetros de la curva, ordenada al origen o factor de condición y pendiente o coeficiente de proporcionalidad entre la longitud y el peso, respectivamente.

(b) Weight-length relationship, described according to:

$$W = a * L^b \quad (4)$$

where W is the weight of the organism, L is the length of the organism, and a and b are the parameters of the curve, ordered to the origin or condition factor and slope or proportionality coefficient between length and weight, respectively.

(c) The biomass for each age class caught was estimated with:

$$B_t = \sum N_t * W_t \quad (5)$$

considering the sum from the catch age to t_λ , where B is the biomass of the population, N_t is the number of individuals of age class t and W_t is the average weight of the organisms of age class t .

(d) The catch equation:

$$C = F * B \quad (6)$$

where C is the catch, F is the fishing mortality and B is the biomass of the population.

Recruitment was modeled with the modified Beverton and Holt (1957) recruitment function according to:

$$R_{t+1} = \beta * Ad_t * Ad_{max} / (Ad_t + (\alpha * Ad_{max})) \quad (7)$$

where R_{t+1} is the level of recruits at time $t+1$, Ad_t is the level of adults at time t , Ad_{max} is the level of adults in the maximum of catches, α is the parameter of the recruitment curve and β the parameter of the recruitment curve.

The values of the parameters were estimated at 0.2 and 4.174 for α and β ,

(c) La biomasa para cada grupo de edad capturado fue estimada mediante:

$$B_t = \sum N_t * W_t \quad (5)$$

considerando la sumatoria desde la edad de captura hasta t_λ , donde B es la biomasa de la población, N_t es el número de individuos del grupo de edad t y W_t es el peso promedio de los organismos del grupo de edad t .

(d) La ecuación de captura:

$$C = F * B \quad (6)$$

donde C es la captura, F es la mortalidad por pesca y B es la biomasa de la población.

El reclutamiento fue modelado mediante la función de reclutamiento de Beverton y Holt (1957) ligeramente modificada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_{t+1} = \beta * Ad_t * Ad_{m\acute{a}x} / (Ad_t + (\alpha * Ad_{m\acute{a}x})) \quad (7)$$

donde R_{t+1} es el nivel de reclutas al tiempo $t + 1$, Ad_t es el nivel de adultos al tiempo t , $Ad_{m\acute{a}x}$ es el nivel de adultos en el máximo de capturas, α es el parámetro de la curva de reclutamiento y β parámetro de la curva de reclutamiento.

Se estimaron los valores de los parámetros; éstos fueron 0.2 y 4.174 para α y β , respectivamente. El reclutamiento se multiplicó por una variable aleatoria con distribución normal para introducir incertidumbre en este proceso. El coeficiente de variación asignado inicialmente fue de 0.2, para posteriormente modificarlo mediante una rutina de optimización. Mediante la función Solver de Excel se minimizó el cuadrado medio de las diferencias entre la captura registrada en las estadísticas y la generada mediante simulación; de esta manera es posible determinar el margen de incertidumbre en la tasa de reclutamiento.

respectively. Recruitment was multiplied by a random variable with normal distribution in order to introduce uncertainty in this process. The variation coefficient initially assigned was 0.2, and was later modified with a routine of optimization. Using the Excel Solver function, the mean square of the differences between the catch recorded for the statistics and that generated with the simulation was minimized. In this manner it is possible to determine the margin of uncertainty in the recruitment rate.

RESULTS

A model was developed based on the age structure that considers two basic matrices. One contains the age structure in terms of number of individuals and the other in terms of biomass. This model presents a high fit with respect to the observed and estimated catches of the green abalone fishery of Bahía Asunción for the entire study period (fig. 3). A reasonable fit is also observed between the exploitable biomass estimated with the model and the annual biomass estimated independently of the fishery (fig. 4).

The catches from year t are directly related to fishing effort and to the number of organisms available in the population from the previous year $t - 1$. Due to the importance of recruitment in the population, the level of annual recruitment and its anomalies were estimated for the study period (fig. 5).

The levels of fishing mortality were estimated in terms of the fit made with the recruitment data calculated for the beginning of the series, minimizing the difference between the observed and estimated catches with an iterative process using the Solver option of Excel version 5.

The potential yields were estimated in terms of fishing mortality (fig. 6). This figure shows the optimum yield located at approximately 126 t of green abalone with a fishing mortality of $F = 1.3$, whereas the maximum

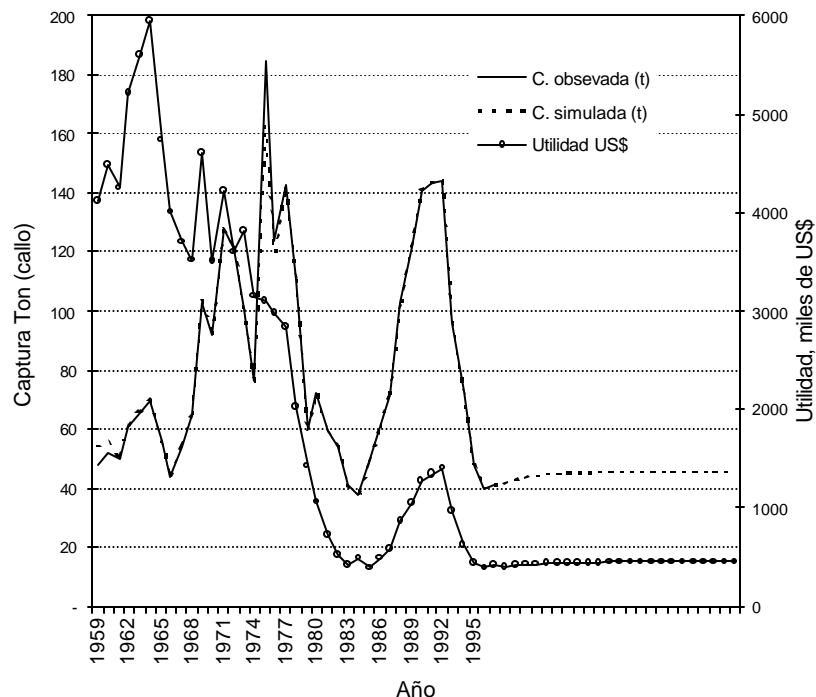


Figura 3. Captura observada en relación con la captura simulada por el modelo y beneficios estimados.
Figure 3. Catch observed in relation to the catch simulated with the model and estimated benefits.

RESULTADOS

Se desarrolló un modelo basado en la estructura por edades que considera dos matrices básicas. Una de ellas contiene la estructura por edades en términos de número de individuos y la otra en función de la biomasa. Este modelo para la pesquería de abulón azul en Bahía Asunción presenta un ajuste alto con respecto a las capturas observadas y estimadas para todo el periodo de estudio (fig. 3). Asimismo, se observa un ajuste razonable entre la biomasa explotable estimada por el modelo y las biomásas anuales estimadas de manera independiente de la pesquería (fig. 4).

Las capturas del año t se encuentran directamente relacionadas con el esfuerzo de pesca y

economic yield is obtained with a mortality of approximately $F = 0.9$.

In order to evaluate the different fishing strategies, three fishing scenarios were considered: (a) continue with the same level of fishing mortality of the last season analyzed, which was that of 1997 ($F = 0.13$); (b) decrease fishing mortality by 50% with respect to that of 1997; and (c) increase fishing mortality by 50% with respect to that of 1997. The long-term results of these scenarios are shown in table 2.

DISCUSSION

The simulation of fisheries is a useful tool to identify the influence of key factors in the

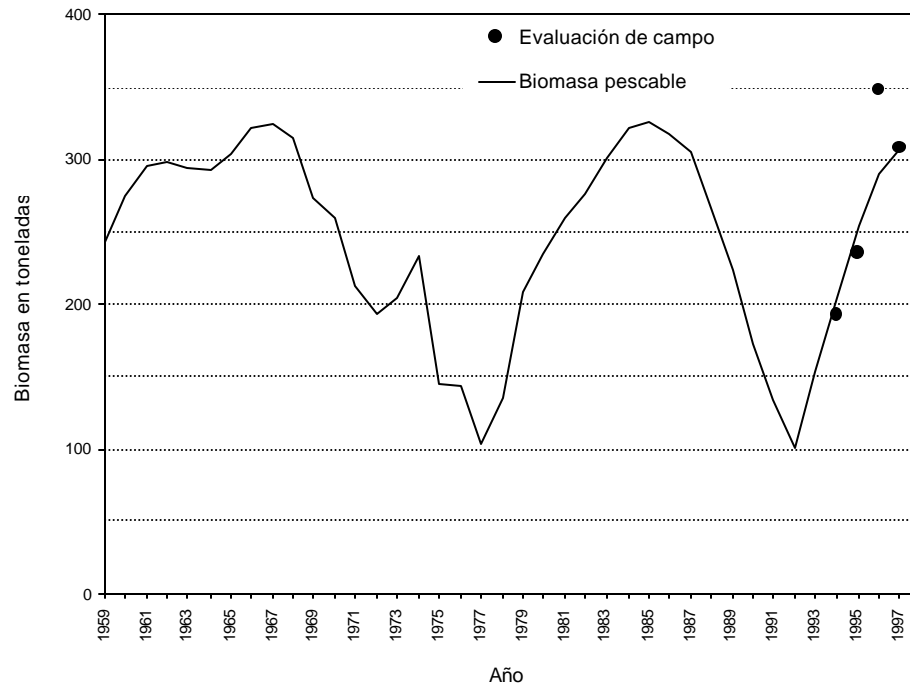


Figura 4. Biomasa explotable estimada por el modelo e independiente de la pesquería para abulón azul en Bahía Asunción, Baja California Sur.

Figure 4. Exploitable biomass estimated with the model and independently of the green abalone fishery in Bahía Asunción, Baja California Sur.

con la cantidad de organismos disponibles en la población en el año anterior $t - 1$. Debido a la importancia del proceso de retroalimentación que ocurre en la población, en este trabajo se estimó el nivel de reclutamiento anual y las anomalías de éste para el periodo de estudio (fig.5).

Los niveles de mortalidad por pesca fueron estimados en función del ajuste que se realizó con información del reclutamiento calculado para el inicio de la serie, minimizando la diferencia entre las capturas observadas y estimadas mediante un proceso iterativo utilizando la opción Solver de la hoja de cálculo Excel versión 5.

performance of the abalone fishery in Bahía Asunción, Baja California Sur, such as fishing effort and its effect on the natural resource, as well as the response of the resource to different levels of fishing mortality and other biological processes, such as breeder recruitment.

The abalone fishery of Bahía Asunción presented significant reductions in the catches during the second half of the 1970s, which led to the implementation of catch quotas at the beginning of the next decade, determined from the estimate (independent of the fishery) of the exploitable biomass (León and Muciño, 1996). According to these authors, in 1972, based on suggestions made by fishermen from the

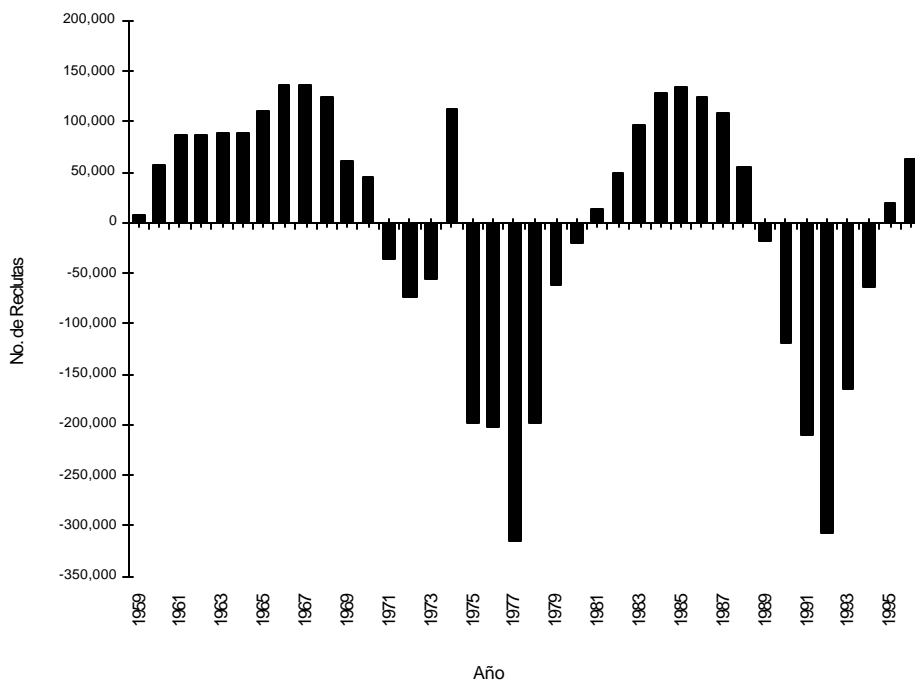


Figura 5. Anomalías estimadas del reclutamiento de abulón azul.
Figure 5. Anomalies estimated for the green abalone recruitment.

Se estimaron los rendimientos potenciales en función de la mortalidad por pesca (fig. 6). En esta figura se muestra el rendimiento óptimo que está situado en aproximadamente 126 t de abulón azul con una mortalidad por pesca de $F = 1.3$, mientras que el máximo rendimiento económico se obtiene con una mortalidad de aproximadamente $F = 0.9$.

Para evaluar diferentes estrategias de pesca, se consideraron tres escenarios de pesca: (a) continuar con el mismo nivel de mortalidad por pesca que la última temporada analizada, que fue la de 1997 ($F = 0.13$); (b) disminución del 50% de la mortalidad por pesca respecto a la de 1997; y (c) aumento del 50% de la mortalidad por pesca respecto a la de 1997. Los resultados a largo plazo de estos escenarios se presentan en la tabla 2.

cooperatives to the federal government and the results of studies conducted by the Instituto Nacional de la Pesca, the closed season was moved to the summer months, from 1 July to 31 August, in order to protect the breeding period. Catch quotas were also proposed for each cooperative, as well as new provisional minimum catch sizes for the species: red abalone, 165 mm; green, 150 mm; and pink, 135mm (Lluch-Belda *et al.*, 1973; Guzmán del Prío, 1992).

Even though catch quotas have existed since the 1970s, these measures did not achieve the results expected. It has taken many years for a management plan to evolve that is reasonable for the cooperatives; however there are still problems and/or limitations in the implementation of these norms.

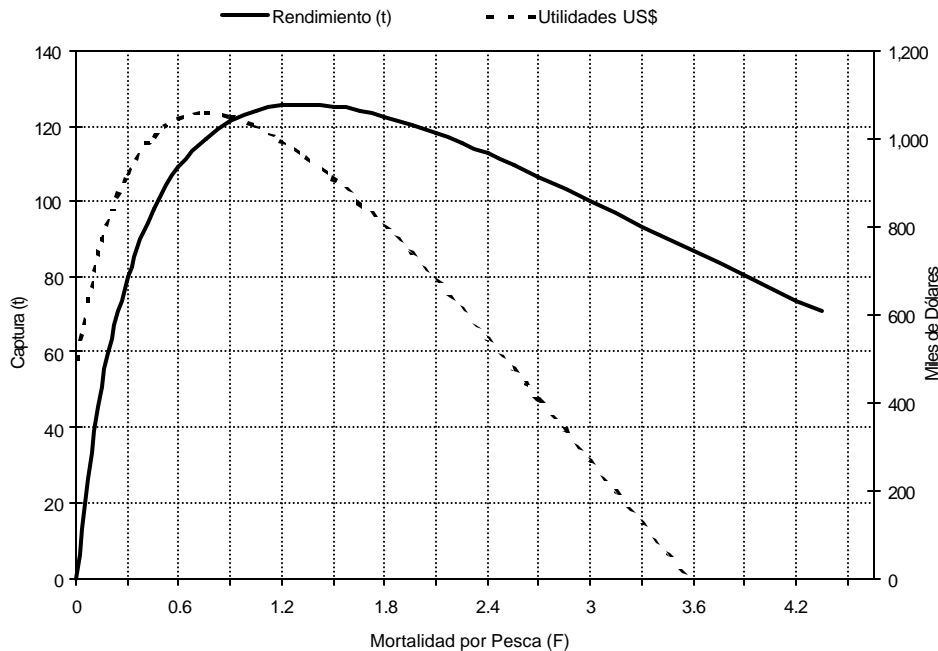


Figura 6. Curva de rendimiento potencial (biológico y económico) para la pesquería de abulón azul en Bahía Asunción, Baja California Sur.

Figure 6. Potential yield curve (biological and economic) for the green abalone fishery in Bahía Asunción, Baja California Sur.

DISCUSIÓN

La simulación de pesquerías es una herramienta adecuada que ha permitido identificar la influencia de factores clave en el desempeño de la pesquería de abulón en Bahía Asunción, Baja California Sur, como son el esfuerzo pesquero y su efecto sobre el recurso natural, así como la respuesta de éste a los diferentes niveles de mortalidad por pesca y en otros procesos en la biología del recurso, como es el caso del proceso de reclutamiento reproductor.

La pesquería de abulón en la zona de Bahía Asunción presentó reducciones sustantivas en las capturas a partir de la segunda mitad de la década de los años setenta; por tanto, a principios de la siguiente década se implementó un

Two determinant factors were identified for the success of the model: fishing mortality and recruitment. The fishing mortality estimated with the model presents a period of high values (close to $F = 1.3$) during the second half of the 1970s, similar to other estimates of fishing mortality in neighboring areas (Shepherd *et al.*, 1991). These years coincide with increases in the catches of green abalone.

Recruitment is one of the processes that renews the fishery. When this process generates a small number of recruits, both natural and fishing mortality have a significant impact on the biomass of the stock, particularly on organisms between 5 and 20 years of age. The results of this study indicate recruitments below the average estimated for the series,

Tabla 2. Escenarios planteados para la pesquería de abulón.
Table 2. Scenarios proposed for the abalone fishery.

Escenario	F	Rendimiento	Utilidades
(a) Base	0.13	46 t	US\$447,560
(b) Disminución 50%	0.065	26 t	US\$254,910
(c) Aumento 50%	0.195	61 t	US\$595,330

esquema de administración del recurso a través de la asignación de cuotas de captura, determinadas éstas por la estimación (independiente de la pesquería) de la biomasa pescable (León y Muciño, 1996). Según estos autores, en 1972, por gestiones de pescadores cooperativistas ante el gobierno federal y considerando los resultados de los estudios de investigación realizados en ese tiempo por el Instituto Nacional de la Pesca, el esquema de veda se cambió a los meses de verano, del 1 de julio al 31 de agosto, con la finalidad de proteger el periodo de reproducción. Asimismo, se recomendaron cuotas de captura por cada cooperativa y se propusieron de manera provisional nuevas tallas mínimas de captura por especie: abulón rojo, 165 mm; azul, 150 mm; y amarillo, 135 mm (Lluch-Belda *et al.*, 1973; Guzmán del Prío, 1992).

Por tanto, si bien es cierto que existieron planteamientos para el establecimiento de cuotas de captura desde principios de los años setenta, estas medidas no tuvieron el éxito deseado, por lo que se considera que es hasta años después que se dio un esquema razonable de observancia de dichas normas, sin que ello estuviera exento de problemas o limitaciones en cuanto a la aplicación de esta medida.

Dos factores que se identificaron como determinantes sobre el desempeño del modelo fueron la mortalidad por pesca y el reclutamiento. En este sentido, la mortalidad por pesca estimada por el modelo presenta un periodo de valores elevados (cerca de $F = 1.3$) durante la segunda mitad de la década de

específicamente durante la década de los años sesenta, al final de los años setenta, al final de los años ochenta y al principio de los años noventa. Entre las anomalías negativas estimadas, las de mayor magnitud ocurrieron en los años 1975–1977 y 1991–1992, y muestran una cierta correlación con los eventos El Niño. Muchos autores han reportado los efectos potencialmente negativos de estos eventos sobre el recurso pesquero y su ambiente (Tegner and Dayton, 1987; Guzmán del Prío, 1994; Lluch-Belda *et al.*, 1997).

Basado en lo anterior, este estudio identificó el reclutamiento como una variable fundamental en el éxito de esta pesquería. Si tomamos en cuenta que las larvas de abulón tienen un periodo pelágico bentónico muy corto, de una a dos semanas antes de asentarse en el fondo marino, este periodo es muy crítico con respecto a las condiciones de temperatura, corrientes, etc. (Prince and Guzmán del Prío, 1993). Esto abre una nueva línea de investigación que ayudaría a explicar la magnitud del impacto del esfuerzo pesquero sobre las poblaciones de abulón en esta zona.

El estimado a largo plazo del potencial rendimiento derivado del modelo de estructura poblacional es del orden de 126 t de abulón verde. El nivel actual de capturas está por debajo de este punto. El máximo rendimiento económico se estimó en 1.05 millones de dólares, con una mortalidad por pesca de alrededor de $F = 0.9$. Cabe señalar que el modelo predice los rendimientos biológicos y económicos basados en la biomasa estimada; el último se comparó con las estimaciones de biomasa (organismos > 92 mm) obtenidas

los años setenta, al igual que otras estimaciones sobre la mortalidad por pesca en áreas de pesca contiguas (Shepherd *et al.*, 1991), coincidiendo estos años con aumentos de capturas de abulón azul.

El reclutamiento es uno de los procesos que permite la renovación de la pesquería. Cuando este proceso genera un bajo número de reclutas, las mortalidades, tanto natural como por pesca, tienen un impacto sensible en la biomasa de la población y particularmente en aquellos organismos que se encuentran entre los 5 y 20 años de edad. En el presente estudio se detectaron reclutamientos por debajo del promedio estimado a lo largo de la serie, específicamente durante mediados de los años setenta, así como a finales de los ochenta y principios de los noventa. De estas anomalías negativas estimadas, las de mayor magnitud se dieron en los años de 1975–1977 y 1991–1992, lo que sugiere cierta correlación con fenómenos tipo ENSO, situación de efecto potencialmente negativo sobre el recurso pesquero y su medio ambiente, como ha sido sugerido por diversos autores (Tegner y Dayton, 1987; Guzmán del Prío, 1994; Lluch-Belda *et al.*, 1997).

De acuerdo con lo anterior, el reclutamiento se identifica en este estudio como una variable fundamental en el desempeño de esta pesquería si consideramos que las larvas de abulón tienen un periodo de vida bentopelágica sumamente corto, de una a dos semanas, antes de su asentamiento definitivo en el fondo, por lo que este periodo deberá ser sumamente crítico con respecto a condiciones de temperatura, corrientes, etc. (Prince y Guzmán del Prío, 1993). Esto plantea una línea de investigación a desarrollar y que bien puede complementar la explicación acerca de la magnitud del impacto del esfuerzo pesquero sobre las poblaciones de abulón explotadas en esta zona.

En lo relativo a la estimación del rendimiento potencial a largo plazo que se deriva de

independientemente de la pesquería en los últimos años. Este análisis (fig. 4) muestra un ajuste razonable, que es considerado un adecuado “calibración del modelo” que también respalda y valida el mismo.

Con respecto a los escenarios de pesca presentados, el 50% de aumento en la mortalidad por pesca con respecto a la observada en 1997 resultó en un aumento en la producción de 32% y 33% para los rendimientos biológico y económico, respectivamente. El 50% de disminución en la mortalidad por pesca con respecto a la observada en 1997 resultó en una disminución en la producción de 43.5% y 43% para los rendimientos biológico y económico, respectivamente. Esto indica que a este nivel de aumento o disminución, la población es más sensible a la disminución de la mortalidad.

Las capturas de la pesquería durante 1997 fueron del orden de 41 t, con una mortalidad por pesca de $F=0.13$ y ganancias cercanas a US\$410,000. Por lo tanto, basados en la curva de rendimiento potencial determinada con el modelo de este estudio, la mortalidad por pesca podría ser aumentada para lograr mayores rendimientos biológicos y económicos a largo plazo. Sin embargo, la drástica disminución en las capturas registradas desde los años 70 en adelante, debido a los valores obtenidos de las proyecciones de población utilizadas para establecer las cuotas de captura, sugiere que la pesquería en los últimos años ha sido llevada a cabo con precaución; esto concuerda con la longevidad del organismo, su alta vulnerabilidad y su alto precio, ya que estas características resultan en alta presión de pesca, tanto legal como ilegal, sobre el recurso.

Los resultados de este estudio indican que el abalón de la zona tiene una mayor capacidad de explotación, basada tanto en los datos históricos de las capturas y el esfuerzo de pesca como en los parámetros utilizados en el modelo. Sin embargo, no se ignoran las variaciones que pueden ocurrir en los procesos biológicos, como el reclutamiento, el crecimiento individual, el asentamiento larval como un periodo crítico en la vida del abalón y la mortalidad natural, entre otros, que contribuyen a

la aplicación del modelo de estructura de la población, éste es del orden de 126 t de abulón azul, por lo que el nivel actual de capturas se encuentra por debajo de dicho punto. El máximo rendimiento económico fue estimado en aproximadamente \$1.05 millones de dólares americanos, con una mortalidad por pesca aproximado de $F = 0.9$. Conviene destacar que el modelo predice los rendimientos biológicos y económicos con base en la biomasa pesable estimada, siendo esta última comparada con respecto a las estimaciones de biomasa (organismos > 92 mm) realizadas de manera independiente de la pesquería en los últimos años. De esta comparación (fig. 4) se observa que existe un ajuste razonable, por lo que este resultado se considera como una adecuada "calibración del modelo", que le da soporte y validez.

Respecto a los escenarios de pesca planteados, a través de un aumento y disminución de la mortalidad por pesca en un 50% respecto a lo observado durante 1997, se puede mencionar que en el primer caso la producción aumenta 32% para el rendimiento biológico y 33% para el económico. En el caso de la disminución de la mortalidad por pesca se estiman reducciones de 43.5% para el rendimiento biológico y 43% para el económico, lo que indica que al menos en este nivel de aumento o disminución la población es más sensible a los decrementos de la mortalidad.

El nivel de capturas en la pesquería durante 1997 fue del orden de 41 t, con una mortalidad por pesca de $F = 0.13$ y utilidades en la fase extractiva de cerca de US\$410,000. Por tanto, desde el punto de vista de la curva del rendimiento potencial determinada por el modelo aquí presentado, habría posibilidades de aumentar la mortalidad por pesca, logrando con ello aumentos de los rendimientos pesqueros y económicos a largo plazo. Sin embargo, dada la drástica disminución de las capturas registradas a partir de los años setenta por los valores que

inherent and particular uncertainty of the fishing models or the biomass estimates that are made independently of the fishery. The output of the model with regard to the biological and economical potential yields and the management of the fishery at a level to the left of these are situations that have to do with elements outside the scope of this study, which attempts to contribute to the knowledge of this resource in the study area.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the directors and technical staff of the Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera "Baja California", F.C.L., and of the Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera "California de San Ignacio" and "Leyes de Reforma" for providing the data used in this study. This study was financed by projects SIMAC94-CM02 and SIMAC97-0106020 of CONACYT; projects AYCG2/99 and AYCG2/2000 of the Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), and project PIFI-988004 of the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). The first author acknowledges support from CONACYT (Reg. 119827) and the Programa Institucional de Formación de Investigadores-IPN during this study. E.A. Chávez received a COFFA-IPN scholarship. The authors also appreciate the suggestions and comments by the anonymous reviewers that improved the manuscript.

English translation by Jennifer Davis.

arrojan las prospecciones poblacionales para el establecimiento de cuotas de captura, éstas sugieren que la pesquería en los últimos años se estaría desarrollando en un ambiente de precautoriedad; esto sería acorde con la longevidad del

organismo, su alta vulnerabilidad y su alto precio, ya que estas características resultan en una tendencia de alta presión de pesca tanto legal como ilegal sobre el recurso.

Los resultados del trabajo indican una mayor capacidad de utilización del recurso abulonero en esta zona, de acuerdo con la información histórica de captura y esfuerzo, así como con los parámetros utilizados en el modelo. Sin embargo, esta situación por sí misma no desconoce la variabilidad que pueden presentar procesos biológicos tan importantes como el reclutamiento, el crecimiento individual, el asentamiento de larvas como periodo crítico de la vida del abulón, la mortalidad natural y otros más que se suman a la incertidumbre inherente y propia de los modelos pesqueros o las estimaciones de biomasa que se realizan de manera independiente de la pesquería. La salida del modelo en cuanto a rendimiento potencial y la operación de la pesquería en un nivel a la izquierda de éste en lo biológico y económico son situaciones que tienen que ver con elementos que van más allá del propio trabajo, ya que este último procura una aportación al conocimiento de este recurso en el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los directivos y cuerpo técnico de la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera "Baja California", F.C.L., y de las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera "California de San Ignacio" y "Leyes de Reforma" su valioso apoyo para la obtención de información que ha sido utilizada para la realización del presente trabajo. Este trabajo fue realizado con apoyo parcial de los proyectos SIMAC94-CM02 y SIMAC97-0106020 de CONACYT, los proyectos AYCG2/99 y AYCG2/2000 del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), y el

proyecto PIFI-988004 del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). El primer autor agradece el apoyo tanto del CONACYT (Reg. 119827) como del Programa Institucional de Formación de Investigadores, IPN, durante la realización del presente estudio. E.A. Chávez es becario COFFA-IPN. Los autores agradecen las sugerencias y comentarios de los revisores anónimos que contribuyeron de manera sustantiva a mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

- Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. UK Ministry of Agriculture and Fisheries, London, Fisheries Invest. Ser. 2, Vol. 19, 533 pp.
- Chapa, S.H. (1963). Los abulones. Importante recurso pesquero de México. Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Pesca, México. Trabajos de Divulgación, IV(34): 1-17.
- Chávez, E.A. (1996). Simulating fisheries for the assessment of optimum harvesting strategies. Naga, ICLARM, 19(2): 33-35.
- Cox, K.W. (1962). California abalones, family Haliotidae. Calif. Fish Game, Fish. Bull., 118: 1-133.
- De Buen, F. (1960). Abulones de Baja California. Moluscos del género *Haliotis*. Univ. Chile, Rev. Biol. Mar., 10(1-3): 201-207.
- Doi, T., Guzmán del Prío, S.A., Marín, V., Ortiz, M., Camacho, J. y Muñoz, T. (1977). Análisis de la población y diagnóstico de la pesquería de abulón amarillo *Haliotis corrugata* en el área de Abreojos e Isla de Cedros, Baja California. Instituto Nacional de Pesca, Ser. Científica, 18: 1-17.
- Guzmán del Prío, S.A. (1992). A review of the biology of abalone and its fishery in Mexico. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán del Prío (eds.), Abalone of the World. Biology, Fisheries and Culture. Proc. 1st International Symposium on Abalone. Fishing News Books, pp. 341-360.
- Guzmán del Prío, S.A. (1994). Biología, ecología y dinámica de población del abulón (*Haliotis* spp.)

- de Baja California, México. Tesis doctoral, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 173pp.
- Guzmán del Prío, S.A. y Marín, V. (1976). Resultados preliminares sobre crecimiento de abulón amarillo y azul (*Haliotis corrugata* y *H. fulgens*) en Punta Abreojos, Baja California Sur. Instituto Nacional de Pesca, Ser. Científica, 17: 1–11.
- Guzmán del Prío, S.A. y López-Salas, F. (1993). Crecimiento de *Haliotis fulgens* en Bahía Asunción, Baja California Sur, México. An. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 38: 59–66.
- Guzmán del Prío, S.A., Marín, V. y Castro, A. (1976). Estructura y abundancia de la población de *Haliotis* spp. de Baja California, 1968–1970. Memorias del Primer Simposio Nacional sobre Recursos Pesqueros Masivos de México. Vol. Esp. Abulón/Langosta, Instituto Nacional de Pesca, pp. 219–278.
- León, C.G. y Muciño, M. (1996). La Pesquería de abulón. En: M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.), Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur. SEMARNAP/Gobierno de BCS/FAO/INP/UABCS/CIBNOR/CICIMAR/CetMar, pp. 15–41.
- Lluch-Belda, D., Guzmán del Prío, S.A., Ortiz, M.Q. y Marín, V. (1973). La pesquería de abulón en Baja California. Un análisis de su desarrollo histórico y perspectivas futuras. Instituto Nacional de Pesca, Ser. Información, 6: 1–21.
- Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., Lluch-Cota, S.E. y Hernández-Vázquez, S. (1997). Análisis de la pesquería de abulón de la península de Baja California. Informe Técnico, presentado ante SEMARNAP, 31 pp.
- Marín, V. (1981). Parámetros poblacionales y diagnóstico de la pesquería de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. Instituto Nacional de Pesca, Ciencia Pesquera, 1(2): 67–79.
- Muñoz, L.T. (1976). Los bancos abuloneros de la parte central de Baja California. Memorias del Primer Simposio sobre Recursos Pesqueros Masivos de México. Vol. Esp. Abulón/Langosta, Instituto Nacional de Pesca, 1: 161–184.
- Ortiz, M. (1966). Informe preliminar de las investigaciones sobre biología y pesca del abulón comercial de las islas de Cedros, Benitos y Guadalupe, Baja California. Dirección General de Pesca, INIBP, Trabajos de Divulgación, XI(109): 1–42.
- Ponce-Díaz, G., Vega-Velázquez, A., Ramade-Villanueva, M., León-Carballo, G. and Franco-Santiago, R. (1998). Socioeconomic characteristics of the abalone fishery along the west coast of the Baja California Peninsula, Mexico. J.Shellfish Res., 17(3): 853–857.
- Prince, D.J. and Guzmán del Prío, S.A. (1993). A stock reduction analysis of the Mexican abalone (*Haliotis*) fishery. Fish. Res., 16: 25–49.
- Ramade-Villanueva, R., Lluch-Cota, D.B., Lluch-Cota, S.E., Hernández-Vázquez, S., Espinoza-Montes, A. and Vega-Velázquez, A. (1998). An evaluation of the annual quota mechanism as a management tool in the Mexican abalone fishery. J. Shellfish Res., 17(3): 847–851.
- Rocha, E. y Arreguín-Sánchez, F. (1987). Diagnóstico de la pesquería de abulón (*Haliotis* spp.) de la península de Baja California, México. Investigaciones Marinas, CICIMAR, 3(2): 65–77.
- Shepherd, S.A. and Turrubiates, J. (1997). A practical chronology for the abalone *Haliotis fulgens*. Molluscan Res., 18: 219–226.
- Shepherd, S.A., Guzmán del Prío, S.A., Turrubiates, J., Belmar, J., Maker, J.L. and Sluczanowski, P.R. (1991). Growth, size at sexual maturity, and egg-per-recruit analysis of the abalone *Haliotis fulgens* in Baja California. Veliger, 34(4): 324–330.
- Tegner, M.J. and Dayton, P. (1987). El Niño effects on Southern California kelp forest communities. Adv. Ecol. Res., 17: 243–279.
- Turrubiates, J. and Castro-Ortiz, J.L. (1992). Growth of *Haliotis fulgens* in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico. Abalone of the World. Biology, Fisheries and Culture. Fish. Res. Papers, Australian Dept. Fisheries, Suppl. Papers, No. 24: 10–15.
- Vega, V.A., León, G. y Muciño, M. (1994). Sinopsis de información biológica, pesquera y acuacultural de los abulones (*Haliotis* spp.) de la península de Baja California, México. SEPESCA/CIBNOR, documento interno, 118 pp.