

Mortalidad y crecimiento del ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854),  
en San Ignacio, Sinaloa, México

Mortality and growth of the rock oyster, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854),  
at San Ignacio, Sinaloa, Mexico

Juan Manuel Melchor-Aragón<sup>1\*</sup>  
Arturo Ruiz-Luna<sup>2</sup>  
Roberto Terrazas-Gaxiola<sup>3</sup>  
Carmen Acosta-Castañeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de la Pesca. CRIP-Mazatlán  
Sábalo-Cerritos s/n. A.P. 117  
Mazatlán, C.P. 82010, Sinaloa, México  
\* E-mail: [cripmaz@red2000.com.mx](mailto:cripmaz@red2000.com.mx)

<sup>2</sup>CIAD-Mazatlán  
Sábalo-Cerritos s/n. Estero El Yugo. A.P. 711  
Mazatlán, C.P. 82010, Sinaloa, México

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Mar  
Universidad Autónoma de Sinaloa  
Paseo Claussen s/n.  
Mazatlán, C.P. 82000, Sinaloa, México

*Recibido en febrero de 2001; aceptado en enero de 2002*

## Resumen

Como parte de un programa de manejo de recursos de la pesca, el objetivo del presente estudio fue obtener estimaciones de la mortalidad natural ( $M$ ), caracterizar la relación entre longitud total y peso total, y evaluar las tasas de crecimiento del ostión de roca *Crassostrea iridescens*, por medio de técnicas de marcado *in situ*. Un total de 99 ejemplares fueron identificados individualmente por medio de una técnica de sujeción de boyas al sustrato rocoso. El trabajo fue desarrollado en dos etapas (marzo-abril y septiembre-octubre, 1995), observándose que la supervivencia ( $S$ ) se mantuvo en valores cercanos al 80%, dando por resultado final una  $M = 2.2 \text{ año}^{-1}$ . La relación longitud-peso indica un crecimiento de tipo alométrico negativo, con coeficientes cuyos valores fueron significativamente menores a 3.0 para cada período (2.18 y 2.61). Finalmente los valores obtenidos para los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy fueron  $L_{\infty} = 134 \text{ mm}$  y  $155 \text{ mm}$ ,  $K = 0.069$  y  $0.098$  y  $t_0 = -0.66$  y  $-0.40$ , para cada uno de los dos periodos señalados. En términos generales los resultados mostraron congruencia con las variaciones anuales que se registran en el área de estudio, por lo que se recomienda su inclusión en estudios dirigidos a la regulación de la explotación y manejo del ostión de roca.

*Palabras clave:* marcado, crecimiento, mortalidad, administración pesquera, ostión de roca.

## Abstract

With the aim of contributing with technical information necessary for the management of the rock oyster fishery in Sinaloa (Mexico), a survey of the rock oyster *Crassostrea iridescens* was done using individual buoys hooked to the rocky bottom in order to recover and identify 99 tagged specimens, including estimates for natural mortality ( $M$ ), growth rates and the relationship between total length and total weight. Data for rock oysters were recorded during two sampling phases (March-April and September-October 1995), and in both cases survival rates ( $S$ ) were near 80% to give a final estimation of  $M = 2.2 \text{ y}^{-1}$ . The length-weight relation indicates a negative allometric growth, with coefficient values significantly smaller than 3.0 for each period (2.18 and 2.61). The values for the growth parameters of the von Bertalanffy model were  $L_{\infty} = 134 \text{ mm}$  and  $155 \text{ mm}$ ,  $K = 0.069$  and  $0.098$ ,  $t_0 = -0.66$  and  $-0.40$  for each period. The results agree with the annual environmental variations present in the study area, and appear sufficiently reliable for use in the management of the rock oyster.

*Key words:* tagging, growth, mortality, fisheries management, rock oyster.

## Introducción

El ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), es un recurso costero del que depende un importante número de pescadores artesanales. Particularmente en Mazatlán, Sinaloa (México), la extracción de este molusco es la principal fuente de ingresos de más de 300 pescadores y sus familias (Melchor *et al.*, 1996). Sobre esta especie y su pesquería, se desarrolla uno de los programas regionales de investigación del Instituto Nacional de la Pesca, particularmente en el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Mazatlán, habiéndosele dado un seguimiento continuo desde 1990. El objetivo final de este programa es mantener las posibilidades de explotación comercial de este recurso, evitando que su relativa vulnerabilidad lo coloque en una situación de riesgo como ha ocurrido en el país con otros moluscos bivalvos y gasterópodos, tales como el abulón, lapa y callo de hacha (Melchor, 1994).

En Sinaloa, la explotación comercial de esta especie se realiza principalmente en las costas de los municipios de Mazatlán y San Ignacio, al sur del estado, llevándose a cabo por medio de buceo libre. La colaboración con los beneficiarios de este recurso ha permitido que actualmente se cuente con información biológica básica de captura para la región. Pese a ello, la información disponible para esta especie es, en términos generales, limitada y dispersa. Principalmente se cuenta con evaluaciones de densidad de los bancos ostrícolas y de la intensidad de captura (Melchor, 1987). Asimismo, se tienen estimaciones de la mortalidad natural y crecimiento en sistemas artificiales (Orduño *et al.*, 1983). Para poblaciones silvestres se ha encontrado, que la mortalidad natural ( $M$ ) es el componente con mayor efecto sobre el recurso, estableciéndose que la mortalidad por pesca puede reducirse a niveles despreciables debido a la cobertura temporal de arena sobre el ostión de roca (Melchor y Hernández, 1985). Con relación al crecimiento de la especie, únicamente se cuenta con estimaciones del incremento promedio en talla para cultivos experimentales, sin que se incluyan parámetros que identifiquen el crecimiento con algún modelo (Hernández *et al.*, datos no publicados).

Por lo anterior y considerando que, en la actualidad, la aplicación de los principales modelos de manejo de especies sujetas a explotación pesquera requieren de estimaciones de mortalidad y del crecimiento, entre otros parámetros, en el presente estudio se propone el uso de técnicas de marcado *in situ*, para la estimación de la mortalidad natural y los parámetros de crecimiento en *Crassostrea iridescens*, de utilidad para futuros programas de administración pesquera para este recurso.

## Materiales y métodos

El área donde se desarrolla esta pesquería, seleccionada como zona de estudio para el presente trabajo, está situada entre los 23°30' y los 24°00'N y entre los 106°30' y 107°00'W. Comprende la franja litoral que va desde la boca del Estero El Tazajal o de Mármol, hasta el Estero El 29, en el Municipio de San Ignacio, Sinaloa (fig. 1). El sustrato de la zona presenta una

## Introduction

The rock oyster, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), supports an important fishery in Mazatlan, Sinaloa (Mexico), from which more than 300 fishermen and their families depend (Melchor *et al.*, 1996). It is managed under regional programs that have been developed by the Instituto Nacional de la Pesca (INP) in the *Centro Regional de Investigación Pesquera* (CRIP) from Mazatlan, and the fishery has been continuously monitored since 1990. The main goal of the program is to maintain the fishery at commercial levels and avoid catastrophic declines in catches and abundance as it has occurred with other bivalves and gastropods such as abalone, limpet and pen shell (Melchor, 1994).

This fishery is mainly active in the municipalities of Mazatlan and San Ignacio, Sinaloa, where rock oysters are harvested by free diving. The experience and traditional knowledge of the fishermen are used extensively in the CRIP oyster program, and this collaborative arrangement has enhanced the potential for the acquisition of biological information data.

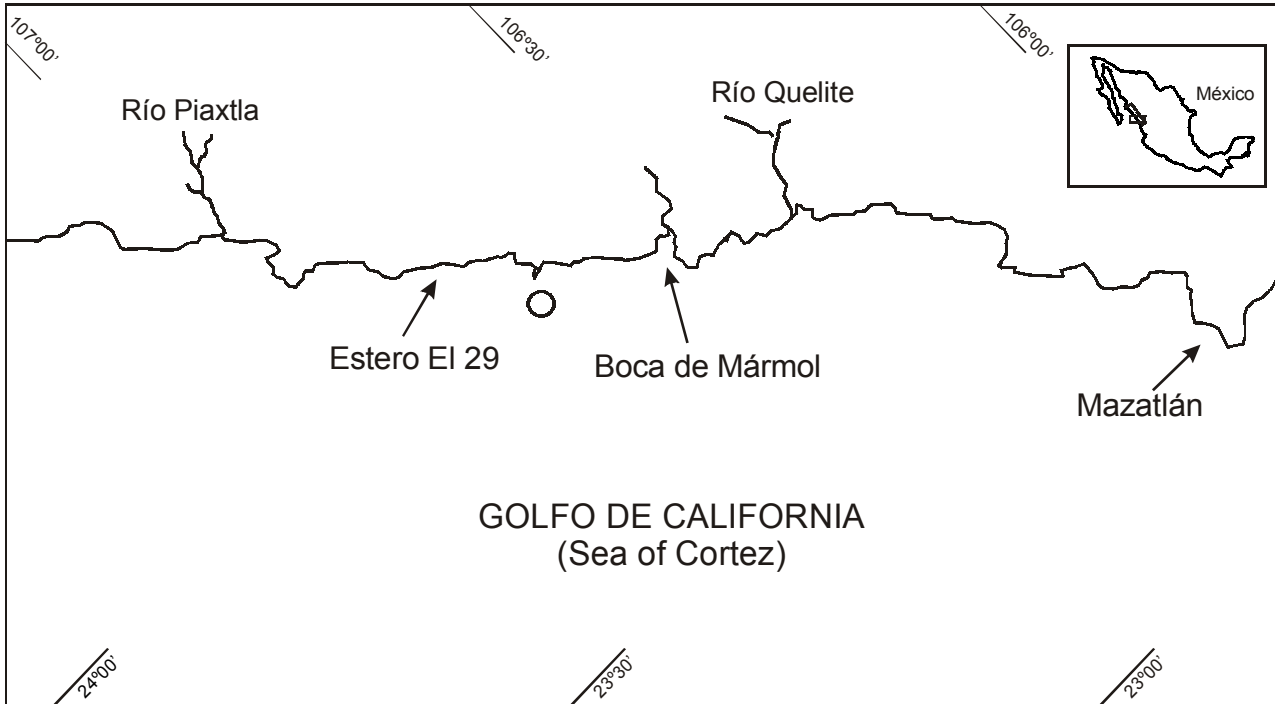
The available information for this species is limited and disperse, but assessments of the density of the oyster beds and the intensity of fishing are available (Melchor, 1987). In addition, natural mortality and growth rates in artificial systems have been estimated (Orduño *et al.*, 1983). Melchor and Hernández (1985) found that natural mortality ( $M$ ) has the greatest effect on the population dynamics of natural oyster patches, when fishing mortality ( $F$ ) is naturally reduced due to temporary cover of sand over the rock oyster. Besides this, growth rates using average sizes of rock oysters have been estimated from experimental cultures of *C. iridescens*, and allometric development has been detected. However, there are not reports on models or parameters that fit with any known growth model (Hernández *et al.*, unpublished data).

Considering the regional importance of this resource and given that the management of any fishery resource requires information about mortality and growth parameters, we proposed *in situ* tagging techniques to estimate natural mortality and growth parameters for wild *Crassostrea iridescens*, to be used in further fishery management programs of this resource.

## Materials and methods

The study area is between 23°30' and 24°N and between 106°30' and 107°00'W. It includes the shoreline from Estero El Tazajal or Boca de Mármol, in Mazatlan, to Estero El 29 in San Ignacio, Sinaloa (fig. 1). There are diverse kinds of bottom in the area, but mainly they are rocky beds, sedimentary rock, sand, and cliffs. Clustered oysters dwell in the rocky bottoms, however, occasionally these clusters, located between 1- and 8-m depths, remain covered by sand, making the locating and extraction of the resource difficult.

The study area was previously selected in agreement with the local fishermen, to constrain fishing activities around it and avoid overestimation of natural mortality. The sampling area



**Figura 1.** Localización del área de estudio.  
**Figure 1.** Location of the study area.

composición variada, con bancos de roca, rocas sedimentarias, bancos de arena y salientes rocosos de extensión variada, donde generalmente se sitúan los bancos ostrícolas. Ocasionalmente estos bancos quedan cubiertos por arena, lo que puede dificultar la localización del recurso. La profundidad donde se localiza la mayoría de los bancos sometidos a presión pesquera varía de 1 a 8 m.

Dentro de esta zona se eligieron, previo acuerdo con los pescadores, bancos ostrícolas que se encuentran permanentemente expuestos, a fin de restringir la pesca y evitar una sobreestimación de la mortalidad natural. Los bancos señalados se encuentran en un área reducida dentro de la zona de estudio, donde por medio de buceo libre se procedió al marcado de especímenes, contando con el apoyo de cuatro pescadores. Para calcular el porcentaje de recuperación de marcas y determinar el tamaño mínimo de muestra, se aplicaron preliminarmente dos técnicas de sujeción de las boyas de identificación al sustrato rocoso. Una de ellas consistió en fijar la señal por medio de dos robadores (conjunto de tres anzuelos) unidos con alambre de acero inoxidable, los cuales se fijaron al sustrato por medio de torsión del mismo. La segunda y más efectiva técnica (~50% de recuperación) fue la de fijar las boyas al sustrato por medio de clavos acerados. Esta última técnica fue la usada durante la realización del experimento.

Se establecieron dos periodos de marcado (7 de marzo y 8 de septiembre de 1995), durante los cuales se registró la longitud total ( $L_t$ ) inicial en milímetros, midiendo individualmente la longitud máxima (distancia entre el umbo y el margen de la valva ventral), con ayuda de una escala vernier. Posterior-

was selected at permanently exposed banks, where tags were attached to specimens with the help of four fishermen. Two techniques to hold the identification buoys to the rocky bottom were used in a preliminary experiment. One of them consisted of two sets of three joined hooks ("robador") joined together with steel wire, that was tightened until both "robadores" were fasten to the rock. The second and more successful technique (~50% recovery) was to hold the buoys to the bottom with steel nails. The latter technique was used for the main experiment.

Rock oysters were tagged on March 7 and September 8, 1995, in which initial total length and maximum shell length (distance from the umbo to the margin of the ventral valve) in millimeters were recorded for individuals to the nearest millimeter using a vernier caliper. On April 14 and October 7, all remaining tagged rock oysters (dead and alive) were recovered, measured and weighed. The data base was made with records of total lengths ( $L_t$ ) at the beginning and at the end of the experiment as well as the total weight ( $W_t$ ), including shell, at the end of the experiment for individual rock oysters, which were accomplished with weight and length data from the Rock Oyster Research Program from CRIP-Mazatlán (unpublished data).

The natural mortality rate ( $M$ ) was estimated assuming the same mortality in the tagged and untagged populations. This assumption was reasonable because tags influence only substrate not the individuals. Annual natural mortality rate was assessed by means of recovered oyster censuses, according to the model

$$M = -\ln(N_t/N_0) / \Delta t = -\ln(S)/\Delta t,$$

mente, el 14 de abril y el 7 de octubre del mismo año, se obtuvo el registro de los individuos cuyas marcas fueron recuperadas, evaluando nuevamente las longitudes máximas para la estimación del crecimiento. Con la intención de contar con una muestra mayor para establecer la relación peso-longitud, los datos registrados *in situ* fueron complementados con información de peso total ( $W_t$ ), incluyendo la concha, y longitud total del Programa Ostión de Roca del CRIP-Mazatlán (datos no publicados).

La mortalidad natural ( $M$ ) se estimó bajo los supuestos de que ésta afecta de manera similar al conjunto de la población y de que las marcas y el proceso de marcado influyen únicamente sobre el sustrato y no sobre el individuo.  $M$  se calculó sobre una base anual, por medio de censos de los ostiones recapturados, de acuerdo al modelo

$$M = -\ln(N_t/N_0)/\Delta t = -\ln(S)/\Delta t,$$

donde  $N_t$  = ostiones recapturados vivos,  $N_0$  = número total de ostiones recapturados, tanto vivos como muertos,  $S$  = supervivencia y  $\Delta t$  = incremento del tiempo (días/365). Para contrastar las estimaciones de supervivencia y, con ello, la mortalidad para ambos periodos (marzo-abril y septiembre-octubre), se utilizó una tabla de contingencia de  $2 \times 2$  con un 5% de significancia (Spiegel, 1970).

Los datos de longitud total ( $L_t$ ) en milímetros y peso total ( $W_t$ ) expresado en gramos, se ajustaron a un modelo lineal, previa transformación de los datos originales a su logaritmo natural ( $\ln W_t = \ln \alpha + \beta \ln L_t$ ), a fin de normalizar la varianza. El ajuste se realizó por el método de los mínimos cuadrados y para determinar la significancia de esta relación, se utilizó tanto el análisis de varianza de la regresión como el análisis de residuos (Zar, 1974).

Para la determinación de los valores de los parámetros de crecimiento, se adoptó un modelo de crecimiento logístico (von Bertalanffy), considerando que el crecimiento reportado para otros bivalvos de la zona sigue esa tendencia (Arizpe y Félix, 1986; Del Norte, 1988; Castro, 1992; Richardson *et al.*, 1993).

El ajuste de los parámetros de la ecuación de crecimiento ( $L_\infty$  y  $K$ ), se hizo utilizando el método de Gulland y Holt (1959), que no requiere de intervalos regulares de tiempo o de estimaciones de edad. Este método minimiza el error cuadrático de una regresión lineal, siendo las variables  $X = (L_{t+\Delta t} + L_t)/2$  e  $Y = \Delta L_t/\Delta t$ . A partir del modelo de regresión resultante, se calculan los parámetros como  $L_\infty = -a/b$  y  $K = -b$ , siendo  $a$  la ordenada al origen y  $b$  la pendiente. Para determinar si los parámetros de esta relación fueron o no significativos estadísticamente, se realizó un análisis de varianza de la regresión y el análisis de residuos (Zar, 1974). Finalmente, para el cálculo de  $t_0$ , se aplicó la relación  $t_0 = \ln(1 - L_t/L_\infty)/K$ , considerando  $L_t = 6$  mm, como la talla de fijación del ostión de roca al sustrato (Alvarez *et al.*, no publicado).

where  $N_t$  = living recovered oysters,  $N_0$  = total oysters recovered, dead or alive,  $S$  = survival rate, and  $\Delta t$  = time increment (days/365). To compare the survival and mortality rates for both periods (March–April and September–October), a  $2 \times 2$  contingency matrix with a 5% significance level was used (Spiegel, 1970).

Data of total length  $L_t$  (mm), and total weight  $W_t$  (g) were fitted to a linear model by least squares regression, after a log transformation of the original data ( $\ln W_t = \ln \alpha + \beta \ln L_t$ ) to normalize the variance. Data from both periods were fitted to the model separately and the hypothesis of no differences between samples was tested using analysis of the variance and residuals were examined (Zar, 1974). Finally, in agreement with previous studies on molluscs done near to the study area (Arizpe and Félix, 1986; Del Norte, 1988; Castro, 1992; Richardson *et al.*, 1993), the values of the growth parameters for the von Bertalanffy model ( $L_\infty$  and  $K$ ) were estimated using the graphic method of Gulland and Holt (1959), which does not require regular time intervals or age estimates, and minimizes the quadratic error in a linear regression whose variables are  $X = (L_{t+\Delta t} + L_t)/2$  and  $Y = \Delta L_t/\Delta t$ . From the resultant model, the parameters were calculated as  $L_\infty = -a/b$  and  $K = -b$ , being  $a$  the y-intercept and  $b$  the slope. The significance of the regression model was evaluated using analysis of variance and residuals were plotted and checked for lack of fit. For the calculation of  $t_0$ , the relation  $t_0 = \ln(1 - L_t/L_\infty)/K$  was used, with  $L_t = 6$  mm, as the rock oyster length at its settlement to the bottom (Alvarez *et al.*, unpublished data).

## Results

During the first phase of the study, 48 oysters were tagged in March. From these, 26 were recovered in April, 38 days after tagging them, but just 23 were alive. Six months after the beginning of the first sampling, a total of 51 individuals were tagged for the second sampling in September 8, and, 30 days after, 23 oyster were recovered in October, from which 17 were alive.

With the results of the total number of individuals recovered ( $N_0$ ) and the number of living organisms ( $N_t$ ), the values of the survival and natural mortality rates were assessed, obtaining the results in table 1. The statistical analysis indicates that there was no difference in survival ( $\chi^2_{\text{obs}} = 1.72$  and  $\chi^2_{0.05,1} = 3.84$ ), although the difference observed was less than 15%. Since differences between samples were not statistically significant, data were pooled to obtain average estimations of survival ( $S$ ) nearby 80% and a natural monthly mortality rate  $M = 0.203$  (or  $2.2 \text{ y}^{-1}$ ), from the two surveys.

In respect to the length-weight relationship (table 2), results obtained with data combined from both periods indicate the existence of a negative allometric relation, with values of  $b$  significantly smaller than 3.0 and 95% confidence intervals between 2.01 and 2.86. The analysis of variance for regression

**Tabla 1.** Cálculo de la supervivencia ( $S$ ) y mortalidad natural ( $M$ ) del ostión de roca, *Crassostrea iridescens*, en Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, 1995.  $N_0$  = número total de ostiones recuperados, vivos y muertos.  $N_t$  = ostiones recuperados vivos.

**Table 1.** Survival ( $S$ ) and natural mortality ( $M$ ) estimates for the rock oyster, *Crassostrea iridescens*, at Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, 1995.  $N_0$  = total oysters recovered dead and alive.  $N_t$  = living recovered oyster.

Periodo	$N_0$	$N_t$	$S$	$M$
marzo-abril, 1995	26	23	0.885	0.12
septiembre-octubre, 1995	23	17	0.739	0.30
Total	49	40	0.816	0.20

**Tabla 2.** Estimación de los parámetros de la relación peso total ( $W_t$ )–longitud total ( $L_t$ ) del ostión de roca, *Crassostrea iridescens*, en Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, en 1995.  $F_{obs} \gg F_{teórica}$ , en ambos casos.

**Table 2.** Estimation of the parameters for the total weight ( $W_t$ )–total length ( $L_t$ ) relationship for the rock oyster, *Crassostrea iridescens*, en Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, 1995. In both cases  $F_{obs} \gg F_{critical}$ .

Periodo	$\ln \alpha$	$\beta$	Desviación estándar $\beta$	$W_t = \alpha * L_t^\beta$
marzo-abril, 1995	-5.07	2.18	0.08	$(6.29 * 10^{-3}) * L_t^{2.18}$
septiembre-octubre, 1995	-6.84	2.61	0.12	$(1.11 * 10^{-3}) * L_t^{2.61}$

## Resultados

Durante la primera etapa del estudio, se marcó un total de 48 ostiones en marzo, de los cuales se recuperaron 26 ejemplares en abril, 23 de ellos vivos. Durante la segunda etapa se marcaron 51 organismos, de los cuales se recuperaron 23 ejemplares en octubre y de éstos solamente 17 se encontraron vivos.

Con los resultados correspondientes al número total de organismos recuperados ( $N_0$ ) y el número de individuos recuperados vivos ( $N_t$ ), se procedió a obtener los valores de las tasas de supervivencia y mortalidad natural. Los resultados se presentan en la tabla 1, en donde se observa que existe similitud entre los valores de supervivencia ( $\chi^2_{obs} = 1.72$  y  $\chi^2_{0.05,1} = 3.84$ ), con una diferencia inferior al 15%. Considerando que los resultados de ambos periodos no fueron significativamente diferentes, la supervivencia ( $S$ ) se mantuvo en valores cercanos al 80%, dando por resultado final una tasa mensual de mortalidad natural  $M = 0.203$ , que en términos anuales se traduce en  $2.2 \text{ año}^{-1}$ .

Con respecto a la relación peso-longitud (tabla 2), los resultados en ambos periodos señalan la existencia de una relación alométrica negativa, con valores de la pendiente  $b$  significativamente menores a 3.0, encontrándose los intervalos de confianza del 95% entre 2.01 y 2.86, incluyendo ambos periodos. El análisis de varianza de la regresión y el análisis de residuos permitieron comprobar que el modelo ( $W = \alpha L^\beta$ ) al que fueron ajustados los datos, es adecuado y explica la variación observada entre ambas etapas. Simultáneamente, la comparación de las pendientes indica que éstas son estadísticamente distintas ( $P < 0.005$ ).

indicates that slopes for each period were statistically distinct ( $P < 0.005$ ). At the same time, residual analysis indicated that the length-weight model fits the data well.

For growth *versus* time, different values for the von Bertalanffy model parameters were obtained (table 3). Since estimates of  $L_\infty$  and  $K$  are based on the statistical significance of the regression defined by the Gulland and Holt method, a regression analysis was carried out for each period. In both periods, the estimated value of the test statistic  $F$  was greater than the critical  $F$  or theoretical value ( $P < 0.005$ ), indicating that the slope is significantly different to zero. However, there are differences between the  $L_\infty$  and  $K$  values obtained for each period, yielding a higher growth rate for those organisms sampled by the end of summer.

## Discussion

The technique of individual tagging with buoys allowed the acquisition of survival and growth data of *Crassostrea iridescens*, achieving enough information to assess its relevant biological parameters, which are useful for studies of population dynamics and for designing fishery management strategies. As well, it is also advisable to continue with this kind of studies to accomplish a better database regarding this resource.

The experimental arrangement, with two temporal phases in transitional periods (winter–spring and summer–autumn), also contributed to a better approximation for the intra-annual variations in growth and mortality rates. After the analysis it can be concluded that natural survival rates are not modified by seasonal effects, but the different environmental conditions could have consequences on the growth rate, which was greater during the warm (summer–autumn) season. Although, we can

**Tabla 3.** Valores y desviación estándar de la pendiente ( $a$ ) y ordenada al origen ( $b$ ) en la regresión  $Y = \Delta L_t / \Delta t$  vs.  $X = (L_{t+\Delta t} + L_t) / 2$  para obtener los parámetros de la ecuación de crecimiento del ostión de roca, *Crassostrea iridescens*, en Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, 1995. **Table 3.** Slope ( $a$ ) and y-intercept ( $b$ ) values and standard deviation (d.e.) for the regression  $Y = \Delta L_t / \Delta t$  vs.  $X = (L_{t+\Delta t} + L_t) / 2$ , to obtain the growth model parameters for the rock oyster, *Crassostrea iridescens*, at Lomas del Mar de Piaxtla, San Ignacio, Sinaloa, 1995.

Parámetro	marzo-abril, 1995	septiembre-octubre, 1995
$a$	9.31 (d.e. = 1.93)	10.09 (d.e. = 1.87)
$b$	-0.07 (d.e. = 0.03)	-0.05 (d.e. = 0.03)
$L_\infty$ (mm)	134.0	155.0
$K$	0.069	0.098
$t_0$ (meses)	-0.660	-0.399
$n$	22	16
$F_{0.05(1),n}$	4.32	4.54
$F_{obs}$	4.62	14.37

Finalmente, con relación al crecimiento con respecto al tiempo, se obtuvieron diferentes valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (tabla 3). Dado que las estimaciones de los valores de  $L_\infty$  y  $K$  se sustentan en la significancia estadística de la regresión definida en el método de Gulland y Holt, se realizó el análisis de la regresión en cada periodo. En ambos periodos, el valor estimado del estadístico de prueba  $F$  fue mayor que la  $F$  crítica o valor teórico ( $P < 0.005$ ), lo que indica que la pendiente es significativamente distinta de cero. Sin embargo, se presentan diferencias entre los valores de  $L_\infty$  y  $K$  calculados para cada periodo, obteniéndose una mayor tasa de crecimiento en los ejemplares que fueron muestreados al final del verano.

## Discusión

La técnica de marcado mediante la utilización de boyas individuales permitió contar con un tamaño de muestra suficiente para los propósitos del presente estudio. Basados en lo anterior, los datos obtenidos proveen elementos para la adecuada estimación de algunos de los parámetros biológicos (mortalidad y crecimiento) de *C. iridescens*, importantes para estudios de su dinámica poblacional, y que repercuten en el manejo del recurso.

El diseño experimental del presente trabajo, con dos periodos de muestreo en etapas de transición (invierno-primavera y verano-otoño), contribuye también para contar con una mejor aproximación de la variación interanual de las tasas de crecimiento y mortalidad. De esta manera se ha podido observar que la tasa de supervivencia no se ve modificada substancialmente por las variaciones intra-anales (estacionales), aunque se presentan diferencias superiores en las tasas de crecimiento durante la época cálida. A pesar de esto, no se puede concluir que la temperatura sea la única causa de la variación en las tasas de crecimiento ya que, para la región, la época con mayor temperatura coincide con la época de lluvias, lo que representa

not conclude that temperature is the only physical parameter that influences growth, given that the warm season also corresponds to the rainy season, within which there is a greater land-origin input. We thus recommend developing analyses for periods longer than a year.

The survival in the natural oyster beds was higher than that found in controlled production systems for the same region by Orduño *et al.* (1983) of around 64%, meanwhile the average obtained in this study was 81%. In respect to the growth, the same authors recorded a monthly growth value around 10 mm, which is slightly over our estimates. We suppose that these variations might be generated by the effect of manipulating some of the culture conditions (seed selection, density control, location of culture sites), nevertheless this results are mentioned since they are the only reference available for the area.

The proposed value near 0.2 for the monthly mortality rate ( $M = 2.2 \text{ y}^{-1}$ ) reflects the *status* of the population during the study period. However, in order to include this in fishing management models, it should be studied for longer time-series than the present one, along with changing environmental conditions to take account of the natural variations.

Regarding the species' development, we confirmed that the length-weight relationship in *C. iridescens* follows a negative allometric pattern, with values near those proposed by Hernández *et al.*, (unpublished data) for it. The value estimated in this work represents a slightly negative allometry in respect to 3.0 which represents an isometric growth. Thus, we recommend for future biomass estimates based on length data to incorporate the allometric factor, by using general growth models such as that proposed by Taylor (1962). It is important to point out that, in the present study, the von Bertalanffy model was used to estimate lengths, for it is considered the most suitable in function of the tagging and recovering technique, as well as because of the fishing method used with the species. As other methods, the Gulland and Holt's one is sensitive to the greatest sizes and that could bring up the differences found, then the

un mayor aporte de terrígenos. Por lo anterior es recomendable hacer un análisis con una base temporal más amplia.

Se estimó que la supervivencia en bancos ostrícolas naturales es superior a la encontrada en sistemas de producción controlada para la misma región, la que de acuerdo a Orduño *et al.*, (1983) fue de aproximadamente 64%, mientras que el promedio obtenido en este estudio fue de 81%. Con respecto a la tasa de crecimiento, los mismos autores registran un valor de crecimiento mensual de aproximadamente 10 mm, lo que supera ligeramente los resultados obtenidos en el presente estudio. Se asume que estas variaciones pueden ser generadas por efectos del manejo de algunas de las condiciones de cultivo (selección de semilla, control de densidades, ubicación de los sitios de cultivo), sin embargo se hace mención de dichos resultados por ser el único punto de referencia para la zona.

Para este estudio, la propuesta de un valor de la tasa instantánea de mortalidad natural mensual cercano a 0.2 ( $M = 2.2 \text{ año}^{-1}$ ), refleja el estado de la población durante el periodo comprendido en el estudio. Sin embargo, con fines de incorporación a modelos de manejo pesquero, éste debe estudiarse en series de tiempo más largas para incluir las variaciones ambientales interanuales, ya que como se evidenció, pueden darse diferencias inclusive a nivel intra-anual.

Con relación al desarrollo de la especie, se confirmó el carácter alométrico de la relación peso-longitud en *C. iridescens*, habiéndose obtenido valores del coeficiente de la regresión muy cercanos al de 2.6, propuesto por Hernández *et al.*, (datos no publicados) para la misma especie. El valor estimado en este trabajo representa una alometría ligeramente negativa con respecto al 3.0, que representa el crecimiento isométrico. Por ello es recomendable que para futuras estimaciones de biomasa a partir de datos de longitud, se incorpore el factor de alometría, con la aplicación de modelos generalizados de crecimiento tales como el propuesto por Taylor (1962). Es importante señalar que en el presente estudio se aplicó el modelo de von Bertalanffy para la estimación de longitudes, por considerarse el más adecuado en función del diseño de marcado y recaptura, así como de las características del método extractivo usado con esta especie. Con relación a estos parámetros y a la relación peso-longitud, para la cual se obtuvieron diferencias significativas entre las pendientes de las regresiones con valores transformados logarítmicamente, se desprende que a pesar de tratarse de una misma población, los parámetros evaluados pueden modificarse en el tiempo. Como ocurre con otros métodos, el de Gulland y Holt es sensible a las tallas más grandes y eso pudiera traer como consecuencia las diferencias encontradas, por lo que entonces la calidad y cantidad de los datos utilizados condicionaría los resultados. Sin embargo, existen también condiciones ambientales que no deben soslayarse y que pueden ocasionar diferencias en la estimación de los parámetros. Así, es condición natural que las tasas de crecimiento se reduzcan en determinadas condiciones. En particular, durante la época de transición invierno-primavera, cuando

quality and quantity of the data used would influence the results. Nevertheless, there are environmental conditions which should not be underestimated and that may cause differences in parameter estimates. This is, natural growth rates decrease under certain conditions, particularly during the winter-spring transition. When cold water masses predominate, growth rates decrease nevertheless, associated to this, there is a decrease in the natural mortality while, during the summer-autumn period, growth rates reverse and both growth and natural mortality increase.

Generally speaking, our results agree with the annual variations recorded in the study area and, considering that the information analyses also validate them, we conclude that the natural mortality and growth parameter estimates are suitable for their inclusion in greater extent studies aiming to regulate the exploitation and improve the management of this resource. However, in order to count with more information regarding this species and the effect of middle-term environmental variations over its population dynamics, we would recommend to extend the scope and the time-period of the studies.

English translation by Adrián R. López-González.

predominan masas de agua de baja temperatura, las tasas de crecimiento se reducen, sin embargo, a esto se asocia una disminución de la mortalidad natural. Durante la etapa veranotoño, la situación anterior se revierte y se incrementa tanto el crecimiento como la mortalidad natural.

En términos generales, los resultados muestran congruencia con las variaciones anuales que se registran en la localidad de estudio y, considerando que los análisis de la información también los avalan, se concluye que las estimaciones de mortalidad natural y de los parámetros de crecimiento son adecuadas para incluirse en estudios de mayor envergadura, tendientes a regular la explotación y manejo del recurso. Sin embargo, sería recomendable ampliar el ámbito y el periodo del estudio para contar con mayor información relativa a la especie y al efecto de variaciones ambientales de mediano plazo sobre su desarrollo poblacional.

## Referencias

- Arizpe C., O., y Felix U., R. (1986). Crecimiento de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en la Bahía de La Paz, México. An. Inst. Cienc. Mar. y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 13:167-172.
- Castro, J.L., (1992). Crecimiento de la Almeja chocolata, *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835), en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR. 1: 1-7.
- Del Norte, A.G.C. (1988). Aspects of the growth, recruitment, mortality and reproduction of the scallop *Amusium pleuronectes* (Linne) in the Lingayen Gulf, Philippines. OPHELIA 29: 153-168.
- Gulland, J.A. and Holt, S.J. (1959). Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. J. Cons. CIEM. 25: 47-49

- Melchor-Aragón, J.M. (1987). Pesquería del ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), en los municipios de Mazatlán y San Ignacio, Sinaloa, México. CRIP-Mazatlán. INP-SEPESCA. Bol. Inf. No. 22. Septiembre 1987. pp. 14–30.
- Melchor-Aragón, J.M. (1994). Administración de la pesquería del ostión de roca en los municipios de Mazatlán y de San Ignacio, Sinaloa. En: L. A. Ruiz (ed.): Temas sobre la administración de recursos pesqueros en México. SEPESCA-UAS. pp. 53–60.
- Melchor-Aragón, J.M. y Hernández-L., M. (1985). Estudio de prefactibilidad de la S.C.P.P. “Ostioneros de Mazatlán”, S.C.L., para la explotación del recurso ostrícola en la región sur costera del estado de Sinaloa. Estudio presentado al Centro Financiero Regional del Noroeste, BANPESCA, 14 de Junio de 1985. 22 pp.
- Melchor-Aragón, J.M., Chávez-H., D., Acosta-Castañeda, C. y Bush-M., R. (1996). Diagnóstico de la Pesquería del Ostión de Roca, *Crassostrea iridescens*, en las costas de los municipios de Mazatlán y de San Ignacio, Sinaloa. CRIP-Mazatlán, INP-SEMARNAP. Bol. Inf. No. 27. Septiembre 1996. pp. 25–45.
- Orduño, C.R., Díaz-C. R., Obeso-C. H. y Soto-S. H. (1983). Estudio biológico del ostión de piedra, *Crassostrea iridescens*, en su etapa de fijación en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Escuela Ciencias del Mar. UAS. Memoria de Servicio Social. 59 pp.
- Richardson, C.A., Seed, R., Al-Roumaihi, E.M.H. and McDonald, L. (1993). Distribution, shell growth and predation of the New Zealand oyster, *Tiostrea (=Ostrea) lutaria* Hutton, in the Menai Strait, North Wales. J. Shellfish Res. 12: 207–214.
- Spiegel, R.S. (1970). Estadística. McGraw-Hill. México. 357 pp.
- Taylor, C.C. (1962). Growth equation with metabolic parameter. J. Cons. CIEM. 27: 270–286.
- Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J., USA. 620 pp.