

# Crecimiento y mortalidad de la madreperla *Pinctada mazatlanica* en poblaciones naturales del litoral oriental de Baja California Sur, México

Humberto Wright-López<sup>1</sup>, Oscar Holguín-Quiñones<sup>1</sup>, Francisco Arreguín-Sánchez<sup>1</sup>  
& Irene Roque-Villada<sup>1</sup>

1. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. Playa el Conchalito S/N. Apdo. Postal 592, C. P. 23000. La Paz, Baja California Sur, México; marlin9119@yahoo.com.mx; oholguin@ipn.mx; farregui@ipn.mx; ivillada@yahoo.com

Recibido 02-VII-2007. Corregido 27-VI-2008. Aceptado 28-VII-2008.

**Abstract: Growth and mortality of the mother-of-pearl *Pinctada mazatlanica* in natural populations of the east coast of Baja California Sur, Mexico.** The Mexican Pacific mother-of-pearl *Pinctada mazatlanica* was placed in forbidden fisheries status for the Mexican Federal Government and considered in extinction danger since 1939. This decree was modified in 1994 to allow the capture of spat for research or marine culture. We estimated the growth and mortality of mother-of-pearl from the eastern littoral of South Baja California wild stock in the periods 1992-93 and 1997-99. We used 38 sample stations at 2 bays and 6 insular complexes. The maximum length was 187.22 mm (179.83-195.81 mm,  $P > 0.95$ ). Seasonal von Bertalanffy growth (ELEFAN I routine) values are:  $L_{\infty} = 193.31$  mm,  $k = 0.54$  year<sup>-1</sup>,  $t_0 = -0.1805$  year,  $C = 0.49$  and  $WP = 0.75$ . The growth performance index was  $\Phi' = 4.305$ . The total mortality was calculated from a length-converted catch curve  $Z = 2.03$  año<sup>-1</sup>. Length-weight relationship  $W_{(l)} = 0.0005418 * L_{(l)}^{2.7301}$ . The growth parameters were similar to those for *Pinctada margaritifera* var. *cumingi* (open ocean wild stocks). The wild stock oysters differ from culture individuals at experimental repopulation conditions in Paz Bay. The total mortality is similar to that for *Pinctada radiata* in the Red Sea. Rev. Biol. Trop. 57 (1-2): 53-61. Epub 2009 June 30.

**Key words:** wild stocks, growth parameters, total mortality, *Pinctada mazatlanica*, South Baja California.

La pesquería de ostras perleras data desde la llegada de los españoles al Golfo de California en 1535. Posteriormente, en 1884 y con la presencia de varias empresas que poseían la concesión para explotación de las ostras perleras, se inició un periodo de decaimiento de las poblaciones asociado al uso de la escafandra al ampliar el tiempo de extracción y el espectro de profundidades de recolecta (Townsend 1911, Santiago-Cruz 1969, Anónimo 1977, Cariño-Olvera y Cáceres-Martínez 1990, Monteforte 1991).

La madreperla *Pinctada mazatlanica* fue decretada en veda por el Acuerdo del Poder Ejecutivo Federal desde 1939 dado el profundo agotamiento de los bancos naturales, declarándola especie en peligro de extinción, sin la posibilidad de pescarla o cultivarla por esta

condición (Herrera-Peña 1981 en Félix-Pico 1996). Posteriormente el decreto fue modificado en 1994 colocando a la madreperla como especie bajo “protección especial” y únicamente puede ser capturada semilla natural por métodos de recolecta artificial con fines de cultivo (Cariño-Olvera y Monteforte 1999). Las causas del abatimiento de la pesquería no son bien comprendidas; algunos investigadores consideran que fue por sobreexplotación y las mortandades masivas de 1937 a 1939 fueron debidas a un cambio drástico en las condiciones oceanográficas en el Golfo de California (Álvarez-Borrego *et al.* 1978). Por otra parte, los pescadores de perlas de La Paz notaron una gran mortalidad de ostras perleras en el año de 1938, asegurando que fue debida a que los japoneses envenenaron las aguas del golfo a fin de

eliminar la competencia perlera (Cariño-Olvera y Monteforte 1999), otras hipótesis consideran que introdujeron especies exóticas que causaron enfermedades a las especies nativas de ostras perleras, o bien por una excesiva depredación (Díaz-Garcés 1972, Martínez 1983).

Las estimaciones de los valores de crecimiento y mortalidad de los individuos de las especies constituyen parámetros de indudable importancia en la construcción de futuros modelos de dinámica poblacional para el diseño de estrategias de manejo, protección y perlicultivo. Los antecedentes de estudios sobre estos tópicos en *Pinctada mazatlanica* son ampliamente abordados en condiciones de cultivo extensivo (Buckle-Ramírez *et al.* 1992, Monteforte y García-Gasca 1994, Bervera y Monteforte 1994, Rangel-Dávalos y Cáceres-Martínez 1994, Monteforte *et al.* 1995, Aldana y Monteforte 1995, Morales-Mulia 1996, MacLaurin *et al.* 1999, Monteforte *et al.* 2005), sin embargo son escasos y se tienen pocas referencias de valores de parámetros de crecimiento y mortalidad de esta especie en los bancos naturales, siendo los de mayor relevancia los estudios de crecimiento en condiciones de repoblamiento en la bahía de La Paz (Saucedo-Lastra 1991, 1995, Saucedo y Monteforte 1997) y los estudios poblacionales de *P. mazatlanica* en el Golfo de Nicoya, Costa Rica (Solano-López *et al.* 1997).

El presente estudio pretende estimar los valores de crecimiento y mortalidad de *P. mazatlanica* en los bancos naturales del litoral oriental de Baja California Sur.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Zona de estudio:** Durante la época de la explotación perlera en el siglo pasado, fue establecida la ubicación de los placeres perleros en la costa oriental de Baja California Sur, comprendidos entre los paralelos 28° y 23° de latitud norte, dividido en tres distritos: el del norte que comprende a Mulegé, el del centro que comprende a la bahía de Loreto y el del sur que comprende a la bahía de La Paz (Félix-Pico 1996, Cariño-Olvera y Monteforte 1999).

El área de estudio abarca una red de muestreo en dos bahías del litoral oriental del estado de Baja California Sur. El análisis poblacional considera a la bahía de La Paz comprendiendo en ella también a la isla Ballena en el archipiélago de Espiritu Santo, la isla San José y a la bahía de Loreto en la cual se cuenta con una red de 10 estaciones abarcando localidades en la costa de la bahía e islas aledañas (Isla Coronados, isla del Carmen y Danzante), así como el área de Ligiú explorando también la isla Montserrat, abarcando en total 38 estaciones en 2 bahías y 6 complejos insulares (Fig. 1). Esta red de estaciones cubre aquellos sitios donde se consideraba la existencia de placeres perleros contándose con representatividad respecto a la ubicación de los emplazamientos poblacionales o bancos de ostras naturales de importancia.

**Muestreo:** La localización de los bancos naturales se llevó a cabo mediante una prospección de la franja costera tanto de la bahía de Loreto como de la bahía de La Paz. Mediante buceo libre se observaron las áreas rocosas y de manera visual se determinaron los sitios propicios para la evaluación de los bancos naturales. Estos sitios mostraban el substrato



Fig. 1. Localidades de muestreo: A) Bahía de Loreto, B) Área de Ligiú e isla Montserrat, C) Isla San José y D) Bahía de La Paz.

adecuado para la proliferación de la madreperla y donde fueron observados individuos de *Pinctada mazatlanica*.

Los organismos encontrados en los bancos naturales de las áreas seleccionadas, fueron medidos *in situ* mediante buceo SCUBA por medio del uso de un vernier (0.01 mm) considerando la longitud de la concha o medida dorso-ventral (MDV, distancia comprendida entre la charnela y el margen de las valvas, excluyendo los procesos de crecimiento).

También fue registrado el peso total de cada individuo con precisión de 0.001 gr de una muestra de individuos colectados en la isla Ballena durante el periodo de 1992-93 (n = 258 ostras).

**Estimación del crecimiento y mortalidad:** Las tallas fueron registradas comprendiendo el periodo 1992-93 y 1997-1999. Los datos de frecuencias de longitudes fueron ordenados en un “año virtual”, el método consiste en reunir los datos de alturas de diferentes años para un mismo mes formando así un único año artificial, la ventaja del método es que nos permite conjuntar la información suficiente por mes para cumplir con el teorema del límite central mostrando con claridad los componentes gaussianos en los histogramas de frecuencias de alturas y es factible determinar los parámetros de crecimiento mediante técnicas de desplazamiento modal. Esta técnica es útil en recursos altamente dispersos como las ostras perlas del Golfo de California. La eficiencia del método queda demostrada en los estudios de Langi (1990) y Guanaco (1991). La estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para las longitudes fue realizada usando el método ELEFAN I (Pauly y David 1981) contenido en el software FiSAT (Gayanilo *et al.* 1995). Se estimó el valor máximo teórico de longitud y su intervalo de confianza al 95% de valor de probabilidad. El método de Wetherall (1986) fue usado para estimar el intervalo de valores de  $L_{\infty}$ . Posteriormente los valores de  $L_{\infty}$  y  $k$  fueron depurados mediante la rutina de búsqueda automática.

El índice de desempeño del crecimiento ( $\Phi'$ ) fue estimado aplicando la ecuación

derivada por Munro y Pauly (1983) en la forma de  $\Phi' = \log_{10}(K) + 2 \log_{10}(L_{\infty})$ , donde  $L_{\infty}$  y  $k$  son los parámetros de crecimiento.

El parámetro  $t_0$  es la “edad” hipotética que la ostra debiera haber tenido para que su longitud fuese cero y fue estimado con la aproximación propuesta por Pauly (1979) según la ecuación  $\log_{10}(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \log_{10} L_{\infty} - 1.038 \log_{10} k$ .

La longevidad fue estimada mediante la expresión  $t_{\max} = (2.9957/k) + t_0$  considerando que la máxima talla observada en la naturaleza corresponde aproximadamente al 95% de  $L_{\infty}$  según Taylor (1962) y Beverton (1963).

Fue calculada la relación morfométrica entre la longitud de la concha (medición dorsoventral, MDV) y el peso total de acuerdo con Le Cren (1951),  $W_{(i)} = a * L_{(i)}^b$ , en donde  $W_{(i)}$  es el peso total en gramos,  $L_{(i)}$  es la longitud (MDV) en milímetros, y (a) y (b) son constantes.

La tasa instantánea de mortalidad total  $Z$  fue determinada mediante la curva de captura basada en tallas (Pauly 1983) la cual, al no existir explotación corresponde a la tasa instantánea de mortalidad natural.

## RESULTADOS

**Parámetros de crecimiento:** Los datos de frecuencias de longitud comprendieron la medición de 1424 ostras silvestres de los bancos naturales de la costa oriental de Baja California Sur. Aplicando el método de Wetherall (1986) se determinó que el intervalo de la longitud máxima asintótica fue de 179.97 a 196.13 mm, posteriormente se procedió a la búsqueda de los valores de  $L_{\infty}$  dentro de este intervalo y del coeficiente de crecimiento,  $k$ , mediante las rutinas de búsqueda de  $k$  y ajuste automático del ELEFAN I. Para decidir el valor apropiado de  $k$  con el valor de  $L_{\infty}$  fijo se utilizó el valor más alto de la función  $R_n$  como criterio, permitiendo en este proceso variación estacional. Los valores de los parámetros de crecimiento de la curva de Bertalanffy (Fig. 2) fueron  $L_{\infty} = 193.31$  mm,  $k = 0.54 \text{ año}^{-1}$ ,  $t_0 = -0.1805$  años,  $C = 0.49$ ,  $WP = 0.7$  ( $R_n = 0.200$ ), donde  $C$

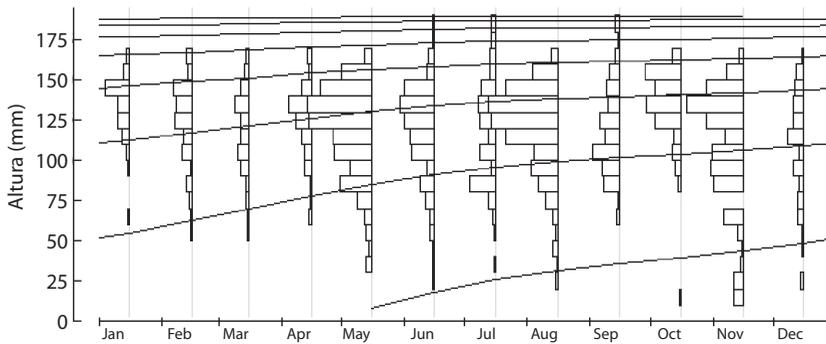


Fig. 2. Estimación del crecimiento de *P. mazatlanica* mediante el análisis de progresión modal en un año virtual. Valor de bondad de ajuste ( $R_n = 0.200$ ).

representan la intensidad de la oscilación estacional y WP la época del año donde ocurre el mayor retardo en crecimiento.

Considerando los parámetros de crecimiento para *Pinctada mazatlanica* en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, se estima que la longitud asintótica se alcanza a los 4.2 años de edad (Solano-López *et al.* 1997). Los valores de parámetros de crecimiento calculados por Saucedo y Monteforte (1997) corresponden a una longevidad estimada de 3 años como los obtenidos para otras especies de ostras perleras como *P. imbricata* de bancos naturales en Guamachito, Península de Araya, Venezuela, donde se calcularon valores de  $L_\infty = 85.15$  mm y  $k = 1.42$  año<sup>-1</sup> (Marcano *et al.* 2005). En base al valor de  $k = 0.54$  año<sup>-1</sup> para *P. mazatlanica* de bancos naturales del litoral oriental de Baja California Sur estimamos un aproximado de 5.4 años de longevidad para la especie, valores equiparables a los obtenidos por diversos autores para *P. margaritifera* var. *cumingi* (Sims 1994, Pouvreau *et al.* 2000, Pouvreau y Prasil 2001) que es la especie de ostra perlera genéticamente más cercana a *P. mazatlanica* (Arnaud *et al.* 2000).

**Índice de desempeño del crecimiento:** El índice  $\Phi'$  puede ser igual en la misma especie o entre taxones estrechamente relacionados y entre diferentes bancos de la misma especie (Moreau *et al.* 1986). El valor de  $\Phi'$  para *P.*

*mazatlanica* de bancos naturales en el litoral oriental de Baja California Sur fue de  $\Phi' = 4.305$ . El cuadro 1 muestra la diferencia en el valor de  $\Phi'$  para la individuos de *P. mazatlanica* en distintas áreas y son comparados con los valores obtenidos para ostras perleras en la Polinesia Francesa. El valor de  $\Phi'$  de *P. mazatlanica* en el litoral oriental de Baja California Sur fue equiparable a la obtenida para *P. margaritifera* var. *cumingi* en mar abierto (Pouvreau y Prasil 2001) lo cual sugiere que estas especies tienen un patrón de crecimiento similar.

**Relación peso-altura:** La relación peso-longitud es requerida en dinámica de poblaciones y evaluaciones de la dinámica en pesquerías, desde que la tasa de incremento en peso refleja como es que los factores ecológicos de un hábitat afectan al organismo que vive en este (Mohammed y Yassien 2003). La Fig. 3 muestra la relación entre la longitud de la concha y el peso de *P. mazatlanica* provenientes de la localidad isla Ballena en el archipiélago de Espíritu Santo; la fórmula resultante es:  $W_{(i)} = 0.0005418 * L_{(i)}^{2.7301}$  con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.9568$  y  $n = 258$  ostras.

Esta relación fue isométrica como el valor de la pendiente  $b = 2.7301$ , no fue significativamente diferente del valor isométrico,  $p < 0.1$ .

**Mortalidad total:** En la curva de captura convertida a longitud (Fig. 4) la pendiente de la

CUADRO 1

Valores del índice de desempeño de crecimiento  $\Phi'$  para individuos repoblados y silvestres de *P. mazatlanica* comparados con *P. margaritifera* var. *cumingi* en diferentes áreas

AUTOR, LOCALIDAD Y MÉTODO DE CÁLCULO	$L_{\infty}$	k		$\Phi'$	Especie
	mm	mes <sup>-1</sup>	año <sup>-1</sup>		
Saucedo y Monteforte (1997) bahía de La Paz (ELEFAN I) (*)	110	0.45	5.4	4.815	
Saucedo y Monteforte (1997) bahía de La Paz (Iteración) (*)	80.91	0.131	1.572	4.012	
Saucedo (1995) bahía de La Paz (Regresión) (*)	79.66	0.148	1.776	4.052	<i>P. mazatlanica</i>
Solano-López <i>et al.</i> (1997) Golfo de Nicoya, Costa Rica (ELEFAN I) (*)	139.5	0.083	0.996	4.287	
Wright <i>et al.</i> (presente estudio) Litoral oriental de Baja California Sur (ELEFAN I)	193.31	-	0.54	4.305	
Pouvreau y Prasil (2001) Atolón de Takaroa (Minimizando suma residual de cuadrados por Marquardt)	157.9	-	0.60	4.175	
Pouvreau y Prasil (2001) Tahaa-Raiatea (Minimizando suma residual de cuadrados por Marquardt)	184.3	-	0.53	4.255	<i>P. margaritifera</i> var. <i>cumingi</i>
Pouvreau y Prasil (2001) Polinesia Francesa (mar abierto) (Minimizando suma residual de cuadrados por Marquardt)	196.8	-	0.52	4.304	

(\*) El índice de desempeño de crecimiento ( $\Phi'$ ) es calculado con los parámetros de crecimiento  $L_{\infty}$  en mm y k en año<sup>-1</sup>. Para efecto de las comparaciones fueron considerados los valores máximos de los parámetros de crecimiento reportados por Pouvreau y Prasil (2001).

línea ajustada fue igual a  $Z = 2.03$  año<sup>-1</sup>, siendo la ecuación de regresión  $\ln(N/\Delta t) = 10.464 - 2.032 t$  ( $r^2 = 0.99$ ).

Yassien (1998) estimó que  $Z = 2.47$  año<sup>-1</sup> para *Pinctada radiata* colectada del Mar Rojo. Alagarswami y Chellam (1976) comprobaron que los problemas de fouling y organismos oradores son probables causas de mortalidad en ostras perlas observadas en diferentes edades.

## DISCUSIÓN

La madreperla *Pinctada mazatlanica* en el litoral oriental de Baja California Sur mostró una talla de  $L_{\infty} = 193.31$  mm,  $k = 0.54$  año<sup>-1</sup> y  $t_0 = -0.833$  años,  $C = 0.49$  y  $WP = 0.75$  con un valor del índice de desempeño del crecimiento  $\Phi' = 4.305$ . Saucedo y Moteforte (1997) estimaron valores de los parámetros

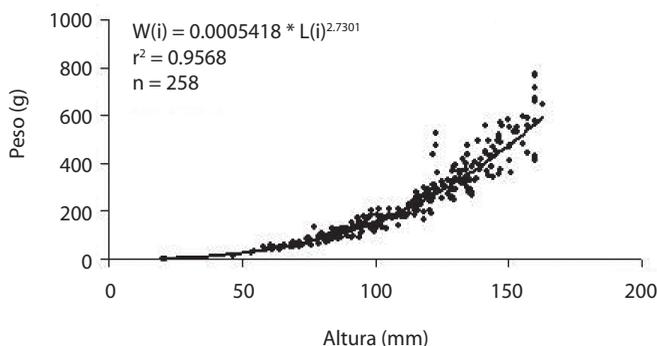


Fig. 3. Relación peso-altura de la madreperla *Pinctada mazatlanica* en el litoral oriental de Baja California Sur.

de crecimiento por progresión modal para *P. mazatlanica* en condiciones de repoblamiento en la caleta El Merito, bahía de La Paz, obteniendo valores de  $L_{\infty} = 110$  mm,  $k = 0.45$   $\text{mes}^{-1}$  ( $5.4$   $\text{año}^{-1}$ ),  $C = 0.3$  y  $WP = 0.6$ ; también calcularon estos parámetros aplicando el algoritmo de Marquardt obteniendo valores de  $L_{\infty} = 80.91$  mm,  $k = 0.131$   $\text{mes}^{-1}$  ( $1.572$   $\text{año}^{-1}$ ) y  $t_0 = -3.466$  meses, estimaciones de estos parámetros también fueron estimados por regresión (Saucedo-Lastra 1995), calculando los valores de  $L_{\infty} = 79.66$  mm,  $k = 0.148$   $\text{mes}^{-1}$  ( $1.776$   $\text{año}^{-1}$ ) y  $t_0 = 3.1711$  meses. Solano-López *et al.* (1997) ajustó la ecuación estacionalizada de von Bertalanffy para individuos silvestres de *P. mazatlanica* en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, obteniendo valores de los parámetros de crecimiento  $L_{\infty} = 139.5$  mm,  $k = 0.083$   $\text{mes}^{-1}$  ( $0.996$   $\text{año}^{-1}$ ) y  $t_0 = -0.32$  meses. Los diferentes métodos utilizados para la estimación de los parámetros de crecimiento, así como las condiciones particulares de los casos de estudio parecen ser los factores que determinan las diferencias en las estimaciones, en adición a las condiciones ecológicas particulares de las localidades. Con respecto a las diferencias encontradas con otros autores, es bien conocido el efecto de la ausencia de tallas grandes en la estimación de crecimiento resultando en valores elevados del coeficiente de crecimiento, tal parece ser el caso de aquellos reportados por Saucedo y Moteforte (1997) y Solano-López

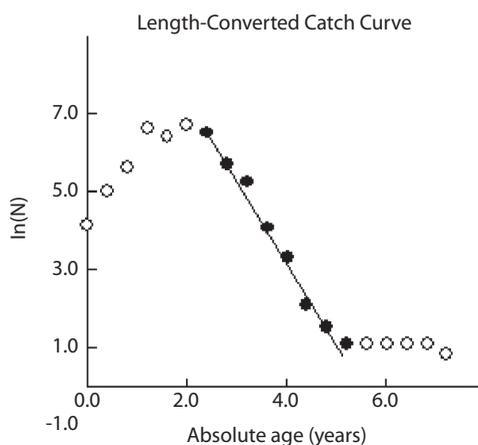


Fig. 4. Curva de captura convertida a longitud para estimar el coeficiente de mortalidad total ( $Z$ ) para *P. mazatlanica*.

*et al.* (1997), donde las estimaciones de dicho coeficiente son prácticamente el doble de los obtenidos en este trabajo en términos anuales, mientras que los de  $L_{\infty}$  son de 70% y 40% respecto a los estimados en este trabajo. Cabe mencionar, en adición a lo anterior, que todos los métodos para estimar  $L_{\infty}$  a partir de frecuencia de tallas son muy sensibles a las tallas máximas presentes en la muestra.

Pouvreau y Prasil (2001) realizaron estudios de crecimiento en *P. margaritifera* var.

*cumingi* en diferentes áreas geográficas en la Polinesia Francesa comparando el crecimiento entre bancos naturales ubicados en varios atolones y en mar abierto, demostrando que existen diferencias significativas en el crecimiento de individuos de ostras perleras dependiendo de la ubicación geográfica. En este sentido nuestros resultados son comparables a los valores máximos de los parámetros de crecimiento obtenidos para *P. margaritifera* var. *cumingi* calculados para bancos naturales en mar abierto con valores estimados de  $L_{\infty} = 184.0 \pm 12.8$  mm,  $k = 0.47 \pm 0.05$  año<sup>-1</sup>,  $t_0 = 0.12 \pm 0.03$  años y  $\Phi' = 4.21$  ( $\Phi' = 4.301$  calculado de  $L_{\infty}$  y  $k$  máximos).

La alta tasa de crecimiento puede estar relacionada a las condiciones de depredación y ambientales, un rápido crecimiento puede estar relacionado con una adaptación de escape de depredadores. Los parámetros de crecimiento fueron comparables con aquellos valores obtenidos para la especie más cercana *Pinctada margaritifera* var. *cumingi* en condiciones de mar abierto, lo cual sugiere que el rápido crecimiento de *P. mazatlanica* en los bancos naturales del litoral oriental de Baja California Sur también puede estar fuertemente influenciado por la disponibilidad de alimento al incrementarse la productividad de las áreas costeras. Este factor es considerado de relevancia para los valores de  $\Phi'$  obtenidos para *P. margaritifera* var. *cumingi*. Sin embargo los altos valores de  $Z = 2.03$  muestran un acelerado proceso de mortalidad en las tallas intermedias (Fig. 4). Se considera que las bajas densidades de ostras perleras en los bancos naturales causadas por el bajo reclutamiento y alta depredación, así como la amplia dispersión que muestran los individuos (0.05-0.08 ind/m<sup>2</sup>, Wright obs. pers.) y por consecuencia no logran agregarse en grupos, pueden ser factores de relevancia que promueven una alta mortalidad relativa.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONACYT por la beca otorgada para los estudios de doctorado en ciencias marinas. Igualmente agradecemos al

FMCN, COFAA y CGPI-IPN por el apoyo otorgado para el desarrollo del proyecto "Estudio de las comunidades marinas litorales de la bahía de Loreto e islas circunvecinas".

## RESUMEN

La madreperla *Pinctada mazatlanica* esta en veda desde 1939 y considerada en peligro de extinción, cambiando su categoría a protección especial en 1994. El presente estudio estima su crecimiento y mortalidad en bancos naturales en el periodo 1992-93 y 1997-99. Se registró el alto de la concha de ostras en poblaciones desde el paralelo 28° a 23° LN del litoral oriental de Baja California Sur, abarcando 38 estaciones, 2 bahías y 6 islas. La longitud máxima estimada fue 187.22mm (179.83-195.81mm,  $P > 0.95$ ). Las frecuencias de longitud se ordenaron en un "año virtual". Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimados con el programa ELEFAN I fueron:  $L_{\infty} = 193.31$ mm,  $k = 0.54$ año<sup>-1</sup>,  $t_0 = -0.1805$  años,  $C = 0.49$  y  $WP = 0.75$ ; el índice de desempeño del crecimiento fue  $\Phi' = 4.305$ . La mortalidad total fue de  $Z = 2.03$  año<sup>-1</sup> por longitud convertida a curva de captura. La regresión peso total y la altura tuvo la expresión  $W_{(i)} = 0.0005418 * L_{(i)}^{2.7301}$ . Los parámetros de crecimiento fueron similares a los de *Pinctada margaritifera* de bancos de mar abierto y diferentes a aquellos de ostras perleras en repoblamiento en bahía de La Paz. La mortalidad mostró valores parecidos a los estimados para *Pinctada radiata* del Mar Rojo.

**Palabras clave:** bancos naturales, crecimiento, mortalidad total, *Pinctada mazatlanica*, Baja California Sur.

## REFERENCIAS

- Alagarswami, K. & A. Chellam. 1976. On fouling and boring organisms and mortality of pearl oysters in the farm at Veppalodai, Gulf of Mannar. Indian J. Fish. 23: 10-22.
- Aldana, C. & M. Monteforte. 1995. Spat collection, growth and survival of pearl oyster *Pteria sterna* under extensive culture conditions in bahía de La Paz, South Baja California, Mexico. Book of Abstracts. Aquaculture '95, February 1-4, San Diego, Calif. World Aquaculture Society. Resumen 5.
- Álvarez-Borrego, S., J.A. Riviera, G. Gaxiola-Castro, M. De Acosta-Ruiz y A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. Ciencias Marinas. 5: 53-71.
- Anónimo. 1977. Las perlas de Baja California. Dpto. de Pesca. Baja California Sur, México.

- Arnaud, S., M. Monteforte, N. Galtier, F. Bonhomme & F. Blanc. 2000. Population structure and genetic variability of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* along coast from México to Panamá. *Conservat. Gen.* 1: 299-307.
- Bervera, H. & M. Monteforte. 1994. Spat collection trials for pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley) at bahía de La Paz, South Baja California, México. En: Abstracts of the International Pearl Conference and Exposition, Pearls '94. *J. Shellfish Res.* 13:341-342.
- Beverton, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of Clupeid and Engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P.-V. Réun. CIEM.* 154:44-67
- Buckle-Ramírez, L.F., D. Voltolina-Lobina, E. Morales-Guerrero & F. Valenzuela-Buriel. 1992. Spat settlement and growth of *Pteria sterna* (Gould) (Mollusca, Bivalvia) in bahía de Los Angeles, Baja California, México. *Trop. Ecol.* 33:137-147.
- Cariño-Olvera, M. & C. Cáceres-Martínez. 1990. La Pesquería de perlas y la perlicultura en Sudcalifornia a principios de siglo. *Ser. Cient. UABCS (La Paz), México.* 1: 1-6.
- Cariño-Olvera, M. & M. Monteforte. 1999. El primer emporio perlero sustentable del mundo. La compañía criadora de concha y perla de Baja California S. A. y perspectivas para Baja California Sur. *CONACULTA-FONCA-Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.*
- Díaz-Garcés, J.J. 1972. Cultivo experimental de madreperla *Pinctada mazatlanica* Hanley, 1856, en bahía de La Paz, B.C., México. *Mem. IV Cong. Nac. Ocean. (México).* 429-442.
- Félix-Pico, F.E. 1996. Las perlas del Golfo de California: historia, importancia y situación actual. *COBACH.* 17: 47-57.
- Gayanilo, F.C., Jr., Sparre, P. & D. Pauly. 1995. The FiSAT users guide. *FAO computerized information series fisheries.* 99, ICLARM, DIFMAR, Rome. 265 p.
- Guanco, M.R. 1991. Growth and mortality of indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Scombridae) in the Visayas Sea, Central Philippines. *Fishbyte. ICLARM, Manila Philippines.* 9: 13- 15.
- Herrera-Peña, J. 1981. La acuicultura en México. Serie Legislación No. 11, Dpto. de Pesca, México D.F., México.
- Langi, S. 1990. The applicability of ELEFAN for use in analyzing three species of deepwater snappers in Tonga (*Etelis coruscans*, *Pristipomoides flavipinnis* y *P. filamentosus*, Fam. Lutjanidae). *Fishbyte. ICLARM, Manila Philippines.* 8: 21-25.
- Le Cren, D.E. 1951. The length weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. *J. Anim. Ecol.* 20: 201-219.
- Marcano, J. S., A. Prieto, A. Lárez, J. J. Alió & H. Sanabria. 2005. Crecimiento y mortalidad de *Pinctada imbricata* (Mollusca: Pteriidae) en Guamachito, Península de Araya, Sucre, Venezuela. *Ciencias Marinas.* 31: 387-397.
- Martínez, A.T. 1983. Prospección de los bancos de madreperla en el Golfo de California de 1962 a 1965. Tesis de Licenciatura. UNAM. México D.F. 75 p.
- McLaurin, D., E. Arizmendi, S. Farrell & M. Nava. 1999. Pearls and pearl oysters from the Gulf of California, México. An Update. *The Australian Gemmologist* 20: 239-245.
- Mohammed, S. Z. & M. H. Yassien. 2003. Population Parameters of the Pearl Oyster *Pinctada radiata* (Leach) in Qatari Waters, Arabian Gulf. *Turk. J. Zool.* 27: 339-343.
- Monteforte, M. 1991. Las perlas, leyenda y realidad: un proyecto actual de investigación científica. *Revista Panorama. Nueva Época. UABCS.* 38: 28-31.
- Monteforte, M. & A. García-Gasca. 1994. Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) in bahía de La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia.* 291: 21-34.
- Monteforte, M., E. Kappelman-Piña & B. López-Espinosa. 1995. Spatfall of pearl oyster, *Pteria sterna* (Gould), on experimental collectors at bahía de La Paz, South Baja California, Mexico. *Aqua. Res.* 26. 497-511.
- Monteforte, M., H. Bervera, J.J. Ramírez, P. Saucedo & C.O. López. 2005. Effect of stocking density on growth and survival of the rainbow pearl oyster *Pteria sterna* (Gould 1852) during nursery and late culture in bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Aqua. Inter.* 13: 391-407.
- Morales-Mulia, S.M. 1996. Crecimiento y supervivencia de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia, Pteriidae) en diferentes secuencias operativas del ciclo prengorda-cultivo en el proceso de cultivo extensivo en bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM, México D.F. 122 p.
- Moreau, J., C. Bambino & D. Pauly. 1986. Indices of overall fish growth performance of 100 tilapia (Cichlidae)

- populations. p. 201-206. In J.L. Maclean, L.B. Dizon & L.V. Hosillos (eds.). The first Asian fisheries forum. Manila, Philippines. Asian Fish. Soc.
- Pauly, D. 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. ICLARM Stud. Rev. 1: 35.
- Munro, J.L. & D. Pauly. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte. 1: 5-6.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 234: 1-52.
- Pauly, D. & N. David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequencies data. Meeresforsch. 28: 205-211.
- Pouvreau, S., J. Tiapari, A. Gangnery, F. Lagarde, M. Garnier, H. Teissier, G. Haumani, D. Buestel & A. Boday. 2000. Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in suspended culture under hydrobiological conditions of Takapoto lagoon (French Polynesia). Aquaculture. 184: 133-154.
- Pouvreau, S. & V. Prasil. 2001. Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, at nine culture sites of French Polynesia: synthesis of several sampling designs conducted between 1994 and 1999. Aquat. Living Resour. 14: 155-163.
- Rangel-Dávalos, C & C. Cáceres-Martínez. 1994. Pearl oyster culture in México. En: Abstracts of the International Pearl Conference and Exposition, Pearls '94. J. Shellfish Res. 13: 347-348.
- Santiago-Cruz, F. 1969. Baja California biografía de una península. JUS, México. 71-76.
- Saucedo-Lastra, P.E. 1991. Ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de concha nácar *Pteria sterna* y madreperla *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae) en el Merito, bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. Tesis de Licenciatura, UNAM. México D.F. 75 p.
- Saucedo-Lastra, P.E. 1995. Crecimiento, relaciones alométricas y reproducción de las ostras perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) en condiciones de repoblamiento en el Merito, bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR, Baja California Sur, México. 101 p.
- Saucedo, L. P. E. & M. Monteforte. 1997. *In situ* growth of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) and *Pteria sterna* (Gould 1851) under repopulation conditions at bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Aqua. Res. 28: 367-378.
- Sevilla, M.L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). Rev. Soc. Mex. His. Nat. 30: 223-262.
- Shirai, S. y Y. Sano. 1979. Reporte de una investigación sobre los recursos perleros del Golfo de California. Reporte interno, Secretaria de Pesca, México D.F. 55 p.
- Sims, N.A. 1994. Growth of wild and cultured black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.) (Pteriidae: Bivalvia), in the Cook Islands. Aquaculture. 122: 181-191.
- Solano-López, Y., J. Cabrera-Peña, R. A. Cruz y J.A. Palacios. 1997. Estructura de la población y crecimiento de *Pinctada mazatlanica* (Pterioida: Pteriidae), Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 45: 1055-1060.
- Taylor, C.C. 1962. Growth equation with metabolic parameters. J. Cons. CIEM. 27:270-86.
- Townsend, C.H. 1911. La pesquería de la perla en el área de La Paz. UABC. 25-29.
- Wetherall, J.A. 1986. A new method for estimating growth and mortality parameters for length frequency data. ICLARM, Fishbyte 4: 12-14.
- Wright, H. & M. Monteforte. 1995. Ecology of pearl oyster spat collection in bahía de La Paz, South Baja California, México: Temporal and vertical distribution, substrate selection, associated species. En: Abstracts of International Congress Aquaculture '95, San Diego, Calif. Resumen 535.
- Wright, L.H. 1997. Ecología de la captación de semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica* y concha nácar *Pteria sterna* (BIVALVIA: PTERIIDAE), en la isla Gaviota, bahía de La Paz, B. C. S., México. Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 139 p.
- Yassien, M.H. 1998. Biological and ecological studies on the pearl oyster, *Pinctada radiata* (Mollusca, Lamellibranchia) from the Red Sea, with special reference to its tolerance to water pollution. PhD Thesis, Faculty of Science, Ain Shams University. Egypt. 191 p.

