
DETERMINACIÓN DE BIOMASA Y BANCOS DE LA ALMEJA DE SIFÓN *Panopea globosa* (Dall, 1898) EN UNA ZONA VIRGEN DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

SERGIO ALEJANDRO PÉREZ-VALENCIA
y EUGENIO ALBERTO ARAGÓN-NORIEGA

RESUMEN

En este trabajo se describe cómo determinar bancos de la almeja de sifón *Panopea globosa* (Dall 1898) para una población de la parte alta del Golfo de California mediante la combinación de conocimiento tradicional de los pescadores y el uso de tecnología de posición geográfica satelital. La presencia de almejas de sifón fue evaluada mensualmente durante un periodo anual del 01/11/2008 al 02/11/2009. La zona era un área virgen para la pesca de esa especie y fue posible establecer el contorno de un banco de la almeja. Por otro lado, la biomasa virgen del banco fue evaluada por medio de un mod-

elo estructurado por tallas para poder emitir una cuota de captura basada en la explotación del 1% anual para el aprovechamiento en un horizonte de 50 años. La administración de la pesquería en estos términos puede garantizar que uno de los sectores más vulnerable de la sociedad (los pescadores) tenga empleo y que disminuya la presión sobre otros recursos pesqueros que por cambio de sus técnicas de pesca impactan en organismos con importancia para la conservación como es la vaquita marina (*Phocoena sinus*).



cientos prospecciones han demostrado que la almeja del género *Panopea* tiene un gran potencial pesquero en la costa occidental de la península de Baja California y en ambas costas de la parte norte del Golfo de California (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010). En esta última zona, existe una fuerte presión social por acceder a dicho recurso debido principalmente a su alto valor comercial y a programas de reconversión pesquera impulsados en México por las Secretarías o Ministerios de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). El objetivo de la reconversión es generar alternativas productivas al uso de redes agalleras en la pesca ribereña y así disminuir la muerte

incidental del mamífero marino *Phocoena sinus* (vaquita marina).

De acuerdo con información oficial (DOF, 2012), los primeros permisos para extraer almejas del género *Panopea* en México fueron expedidos en el año 2004 y desde esa fecha se han otorgado 44 permisos para las costas de Baja California, con distintas temporalidades, cinco de los cuales continúan vigentes. El reciente interés por esta especie explica en parte la falta de estudios enfocados a generar información ecológica, social, económica y pesquera que sustenten el establecimiento y adecuación de instrumentos de regulación como planes de manejo, vedas, tasas de captura, permisos de pesca, etc. El primer Plan de Manejo para el recurso 'almeja generosa' en Baja California, se publicó oficialmen-

te en marzo de 2012 (DOF, 2012) e incluye un programa de investigación para el seguimiento de la pesquería, la prospección y evaluación de nuevas áreas de aprovechamiento. Actualmente esta pesquería se regula con base a los resultados de estudios de distribución y abundancia.

En México existe muy poca información ecológico-pesquera sobre *Panopea* spp. Aun así, y en respuesta a solicitudes de cooperativas y permisionarios, desde el año 2002 el Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura dictamina sobre las cuotas de aprovechamiento con base en resultados de evaluaciones de abundancia y distribución. A partir del año 2007, otras instituciones Mexicanas de investigación se han involucrado en las estimaciones de abundancia (DOF, 2012).

PALABRAS CLAVE / Almeja de Sifón / Biomasa / Golfo de California / *Panopea globosa* /

Recibido: 18/06/2012. Modificado: 28/08/2012. Aceptado: 30/08/2012.

Sergio Alejandro Pérez-Valencia. Biólogo Marino, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales y candidato a Doctor en Ciencias, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México. Investigador, Centro para Estudios de Desierto y Océanos (CEDO), México. e-mail: svalencia@cibnor.mx

Eugenio Alberto Aragón-Noriega. Doctor en Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), México. Investigador, CIBNOR, México. Dirección: CIBNOR, Unidad Sonora, Km. 2.35 Camino al Tular, Estero Bacochibampo, Guaymas, Sonora México CP 85454. e-mail: aaragon04@cibnor.mx

A nivel mundial la pesquería de *P. generosa* cuenta con más de 30 años de manejo y seguimiento en las costas de Washington, EEUU, y Columbia Británica, Canadá. No es extraño que la mayoría de los antecedentes y literatura especializada provengan de dicha región. Sin embargo también existen publicaciones de especies de Nueva Zelanda y Argentina. Los temas abordados son biología poblacional y ecología (Breen *et al.*, 1991; Bureau *et al.*, 2002; Campbell y Ming, 2003; Campbell *et al.*, 2004; Gribben y Creese, 2005), determinación de la edad y validación (Black *et al.*, 2008); evaluación de stock y modelación (Bradbury y Tagart, 2000; Hand y Bureau, 2000; Zhang y Hand, 2006; Orensanz *et al.*, 2004; Khan, 2006), relación del reclutamiento con el clima (Noakes y Campbell, 1992; Valero *et al.*, 2006) acuicultura (Marshall *et al.*, 2012) y genética (Vadopalas *et al.*, 2004).

Para el aprovechamiento de la almeja *Panopea* en México se ha propuesto como una medida de manejo que la explotación sea por banco (DOF, 2012); sin embargo, no existe una definición clara de como determinar un banco. Así mismo, bajo un enfoque precautorio las autoridades pesquera mexicanas han propuesto que la explotación sobre los bancos que se identifiquen sea del 1% de la biomasa virgen (DOF, 2012). Es entonces importante establecer de manera adecuada estas dos variables; banco y biomasa virgen. Por esa razón el objetivo del presente estudio es determinar la distribución de almeja *P. globosa* y hacer una propuesta de la metodología para determinar el banco susceptible de aprovechamiento, así mismo determinar la biomasa virgen sobre la cual se recomendará la explotación de recurso pesquero en una zona del Alto Golfo de California.

El presente estudio se realizó sobre una zona virgen, donde nunca antes se había explorado la presencia de almeja generosa, y por eso es de interés considerar que en pocas ocasiones se tiene la oportunidad de hacer recomendaciones para diseñar un sistema que desde el inicio de la pesquería busque la sustentabilidad y prevenga problemas de sobrexplotación, en lugar de recomendar acciones correctivas a pesquerías ya en proceso de deterioro.

Materiales y Métodos

Las tareas de relevamiento se efectuaron en el periodo comprendido entre el 01/11/2008 y el 02/11/2009, utilizando embarcaciones de 7m de eslora y motor fuera de borda de 75HP, que realizan tareas de pesca durante 7 a 9 días al mes.

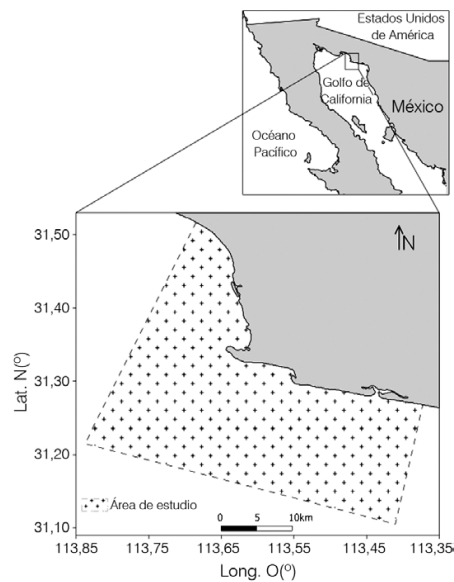


Figura 1 Área de estudio.

Área de estudio

El área donde se ubica zona de pesca experimental de estudio (Figura 1) se ubica en el Alto Golfo de California (31°00'N-114°48'O; 34°28'N-114°08'O, en adelante referido como alto golfo), el cual tiene características oceanográficas y biológicas que lo diferencian claramente del resto del Golfo de California (Álvarez-Borrego, 2010). Se caracteriza por tener profundidades menores a los 50m en su mayor parte, sin embargo algunos sitios alcanzan hasta los 200m de profundidad (Carriquiry *et al.*, 2001). En general es plano con pendientes discretas que no exceden los 5° desde la línea de costa hasta 15m de profundidad. Los canales y bajos presentes en esta región tienen una dirección noroeste-sureste (Álvarez-Borrego, 2010). Existe una gran variabilidad de temperatura con valores mínimos de 8°C registrados en diciembre y máximos de 32°C registrados en agosto (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). La salinidad mantiene en general el mismo gradiente a lo largo del tiempo, con valores que aumentan hacia el noroeste (Lavín *et al.*, 1998). Presenta una alta productividad primaria en contraste con otros mares semi-cerrados como el Mediterráneo y el Mar Rojo (Lavín *et al.*, 1995), debido a la alta disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica originada por la circulación termohalina, mezcla vertical y, surgencias costeras principalmente en invierno y primavera (Badan-Dangon *et al.*, 1985).

Delimitación del banco con presencia de almeja generosa

Para establecer los límites del banco se registró la posición geográfica en las rutas y zonas de pesca de cada una de las tres embarcaciones utilizadas. Con dichos datos se elaboró un mapa por mes usando el programa ARCVIEW.

Estimación de biomasa de almeja generosa en el banco definido

Se analizó la estructura de tallas de almeja de sífon utilizando el modelo de Sullivan de captura a la talla (Sullivan *et al.*, 1990). El modelo describe la explotación y crecimiento de los individuos en la población en términos de la longitud y de dos relaciones básicas; la primera relaciona la captura a la longitud con la abundancia y la segunda caracteriza el cambio en número de organismos a la longitud en un tiempo dado según la expresión

$$C_{l,t} = \mu_{l,t} N_{l,t} \quad (1)$$

donde $C_{l,t}$: captura a la longitud l al tiempo t , μ : tasa de explotación y N : abundancia en número de organismos. La tasa de explotación representa la proporción de individuos que mueren debido a la mortalidad por pesca (F), de tal forma que dicha tasa puede ser expresada como

$$\mu_{l,t} = \frac{F_{l,t}}{Z_{l,t}} (1 - e^{-Z_{l,t}}) \quad (2)$$

donde $F_{l,t}$ y $Z_{l,t}$ están en unidades de t^{-1} , y el valor de Z representa la mortalidad total. La mortalidad por pesca (F) es una función del esfuerzo de pesca y de la selectividad, suponiendo que la mortalidad por pesca es separable mediante un coeficiente de selectividad específico a la longitud (s_l) y una mortalidad por pesca (f_l) al tiempo t expresado como

$$F_{l,t} = s_l f_l \quad (3)$$

El coeficiente de selectividad es la fracción de individuos de la clase de longitud l sujetos al efecto de la mortalidad por pesca, lo que se representa por la ecuación logística

$$s_l = \frac{1}{1 - \alpha_s e^{\beta \cdot l}} \quad (4)$$

En este caso los parámetros α y β son parámetros del modelo. Los valores s_l deben ser re-escalados al valor más grande de s_l para asegurar que los valores de las tasas de mortalidad por pesca estén bien definidas.

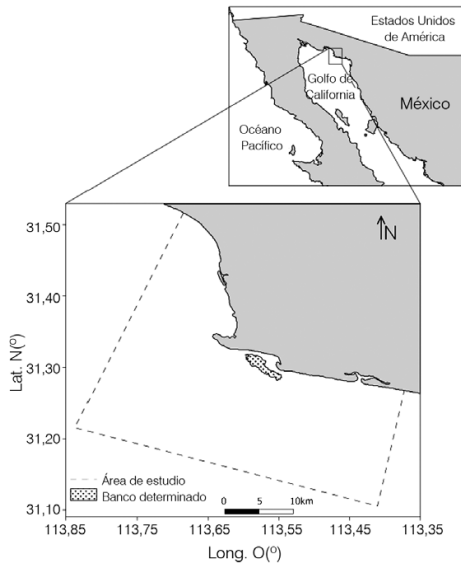


Figura 2. Delimitación del banco de *Panopea globosa* identificado con base al seguimiento con GPS de las áreas de pesca de noviembre de 2008 a octubre de 2009.

La relación entre el número de individuos ($N_{1,t+1}$) y el número ($N_{1,t}$) presente en un tiempo posterior t' es descrito por los individuos a la longitud que sobreviven y crecen al siguiente periodo. Si el crecimiento es despreciable para los individuos de la talla l en el tiempo t , entonces el número total de individuos en la longitud l sobrevivirán al inicio del periodo y t' se reduce solo por mortalidad. La ecuación se expresa entonces como

$$N_{1,t+1} = N_{1,t} e^{-z_{1,t}} \quad (5)$$

El modelo de Sullivan se apoya en una matriz de Leslie, que supone una distribución gama:

$$g(x|\alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (6)$$

donde x representa Δ_l , es decir, el incremento en crecimiento dado que un individuo estaba originalmente en la clase de longitud l . El valor de Δ_l se estima a partir de la ecuación de Bertalanffy, donde $\Delta_l = L_{t+1} - L_t$. El cambio medio en longitud está dado por $\Delta_l = \alpha \beta^2 = \beta \Delta_l$, así el valor de $\Delta_{lc} = (L - 1)(1 - e^{-k})$. El valor de β es también un coeficiente de variación que es usado para incorporar la variabilidad del crecimiento individual en la población. Así, la proporción de individuos creciendo de una clase de longitud l a la clase de longitud l' puede encontrarse integrando el rango de longitudes de acuerdo con

$$P_{l,t} = \int g(x|\alpha, \beta) dx \quad (7)$$

En la Ec. 7 cualquier individuo más grande que la longitud media L_α se asume que permanece y sobrevive en la última clase de longitud. Con las probabilidades estimadas $P_{l,t}$, el número de individuos $N_{l',t}$ de la clase de longitud l' en el inicio del siguiente tiempo t' es expresado como

$$N_{l',t} = \sum_l P_{l,t} N_{l,t} e^{-z_{l,t}} \quad (8)$$

Cuando el reclutamiento ($R_{l',t'}$) es incorporado a la ecuación, la nueva expresión es

$$N_{l',t'} = \sum_l P_{l,t} N_{l,t} e^{-z_{l,t}} + R_{l',t'} \quad (9)$$

La selectividad específica a la edad se combina con el reclutamiento a la población para reflejar la entrada efectiva de individuos en la captura; en todo caso, a partir de un reclutamiento inicial (R_0) se estima la proporción de reclutas a cada intervalo de longitud ($P_{1,t}$), ya que se asume que el reclutamiento sucede dentro de un determinado intervalo de tallas. Así, el valor de $P_{1,t}$ se estima a partir de una distribución gama similar a la Ec. 7. El modelo de reclutamiento a la talla $R_{1,t}$ se expresa como

$$R_{1,t} = R_0 P_{1,t} \quad (10)$$

El modelo que describe la transición del número de individuos en una clase de longitud l al tiempo t hacia la longitud l' al tiempo t' se describe con la notación matricial

$$\begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ \vdots \\ N_{n,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{1,2} & 0 & & \\ P_{1,2} & P_{2,2} & & \\ & & P_{l,t} & \\ & & & P_{l,t} & 0 \\ & & & & P_{1,n} & P_{n,m} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} S_{1,1} & 0 \\ 0 & S_{2,1} & 0 \\ & & S_{3,1} \\ & & & S_{l,1} & 0 \\ & & & & P_{1,n} & S_{n,1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ \vdots \\ N_{n,t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_{1,t} \\ R_{2,t} \\ \vdots \\ R_{n,t} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Biomasa estimada en el banco

Se usó la captura total (80362 almejas) para determinar la captura total a la talla de acuerdo a la frecuencia de tallas obtenida a partir de los muestreos de la

captura (Tabla II). Dicha frecuencia fue analizada utilizando el método de análisis de tallas de Sullivan (Sullivan *et al.*, 1990) para ajustar el modelo a la captura observada según la talla (Tabla II). La Tabla III indica el valor de los parámetros que permitieron dicho ajuste. Los resultados sugieren que la biomasa total calculada fue de 25992 toneladas lo cual se aprecia gráficamente para cada talla en la Figura 3. Los parámetros obtenidos permiten un buen ajuste del modelo de Sullivan (Sullivan *et al.*, 1990) a los datos observados, tal como se muestra en la Figura 4.

Discusión

La mayoría de los recursos pesqueros ribereños se encuentran en

y la captura se estima a partir de la ecuación matricial

$$\begin{bmatrix} C_{1,t} \\ C_{2,t} \\ \vdots \\ C_{n,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{1,1} & 0 & & \\ 0 & \mu_{2,1} & & \\ & & \mu_{3,1} & \\ & & & \mu_{l,1} & 0 \\ & & & & \mu_{n,1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ \vdots \\ N_{n,t} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Los parámetros del modelo fueron calculados a partir de una función objetivo del tipo de diferencia cuadrática (DC):

$$DC = \sum_{l,t} (C'_{l,t} - C_{l,t})^2 \quad (13)$$

TABLA I
RESUMEN DE FECHAS DE ACTIVIDADES, DÍAS EFECTIVOS DE PESCA Y CAPTURA
REALIZADAS EN EL BANCO AUTORIZADO CON BASE A LOS AVISOS DE ARRIBO

Folio	Periodo que ampara			Días efectivos de pesca	Embarcaciones utilizadas	Peso (kg)	Número de almejas
	Año (aa)	Mes (mm)	Día (dd)				
110287	08	11	1,2,3	2	3	1,540	1,100
110288	08	11	15,16,17	3	3	3,010	2,150
708310	08	11	18,19	2	3	2,100	1,500
708311	08	11	20,21	2	3	2,724	1,945
708340	08	12	1,2	2	3	2,885	2,060
708341	08	12	4,5,6	3	3	3,310	2,364
708356	08	12	20,22	2	3	1,785	1,275
708384	09	01	4,5,6	2	3	2,744	1,960
708399	09	01	18,19,20	3	3	2,916	2,083
708514	09	01	21,22	2	3	1,823	1,302
708522	09	02	2,3,4	3	3	2,912	2,080
708532	09	02	5	1	3	937	669
708539	09	02	20	1	3	812	580
708538	09	02	16,17,18,19	4	3	4,085	2,917
708540	09	03	2	1	3	1,260	900
708572	09	03	3,4,5	3	3	3,108	2,220
708541	09	03	16,17,18	3	3	2,980	2,128
708542	09	03	19,20	2	3	1,965	1,404
708617	09	03	21	1	3	893	637
708618	09	04	1,2	2	3	1,912	1,366
708619	09	04	4	1	3	2,100	1,500
708634	09	04	13,14	2	3	1,197	855
708620	09	04	17	1	3	1,260	900
708641	09	04	18	1	3	2,100	1,500
708663	09	04	29	1	3	1,260	900
708664	09	05	30	1	3	1,050	750
708670	09	05	1,2	2	3	2,100	1,500
708659	09	05	12,13,14	3	3	2,105	1,503
708660	09	05	15,16,17	3	3	2,450	1,750
708691	09	05	28	1	3	1,050	750
708692	09	05	29	1	3	1,050	750
708693	09	06	30,31	2	3	1,890	1,350
708661	09	06	15,16	2	3	1,890	1,350
708695	09	07	1,2,3	3	3	3,780	2,700
708696	09	07	13	1	3	1,050	750
708651	09	07	17	1	3	1,050	750
708890	09	07	27,28	2	3	2,100	1,500
708891	09	08	29,30,31	3	3	3,050	2,178
708894	09	08	12,13,14	3	3	3,361	2,400
827870	09	08	14,15	2	3	2,520	1,800
827907	09	08	25,24	2	3	2,100	1,500
827908	09	09	28,29	2	3	2,730	1,950
827929	09	09	8, 9	2	3	2,520	1,800
827930	09	09	10	1	3	1,260	900
827974	09	09	11,12	2	3	2,520	1,800
827975	09	09	20,21,22	3	3	1,260	900
827976	09	09	23, 24,25	3	3	3,780	2,700
827977	09	09	26	1	3	1,260	900
827978	09	10	7, 8	2	3	3,780	2,700
828037	09	10	12	1	3	1,260	900
828071	09	10	21,22	2	3	4,001	2,858
828072	09	10	23	1	3	1,929	1,378
TOTAL				102		112514	80362

su nivel máximo de explotación o completamente agotados (Arreguín-Sánchez, 2006), por lo que la pesquería de la almeja de sifón en el alto Golfo se constituye en una especie con potencial de crecimiento, ya que su explotación es reciente, aunado al

alto valor que obtiene en el mercado asiático, de hasta 19 USD/kg (Khan, 2006).

En cuanto al ámbito del desarrollo social y económico de la región ribereña del alto golfo, se presenta una contribución a uno de los sectores más vulnerable de la socie-

dad. En particular, este sector es atendido gracias al proyecto de investigación de investigación en pesca de fomento. Se encuentran tres pescadores por panga y por cada cuatro embarcaciones se tiene dos personas en tierra atendiendo la recepción del producto. El empaque del mismo requiere de cinco personas más, para ser realizado en unas dos horas, trabajo que puede ser llevado a cabo tanto por mujeres como por hombres (observación personal durante el desarrollo de este trabajo). Esto significa la creación de nuevos empleos directos generados gracias a la contribución de conocimientos para atender el bienestar social a comunidades con alta dependencia de pesca.

Hay aspectos biológicos de la almeja de sifón del alto golfo que no han sido suficientemente estudiados y aun así han sido determinantes para su manejo pesquero, el cual no da la certidumbre que este sea un recurso sustentable. Los resultados del presente estudio permiten proponer estrategias fundadas para el mejor aprovechamiento y conservación de la *P. globosa*. Debido al patrón de distribución presente en estos bivalvos, según DOF (2012) se ha planteado como una estrategia de pesca

que la administración de la almeja de sifón debe de realizarse por banco, comprometiendo así al pescador solicitante de permiso a realizar un estudio para determinar su viabilidad comercial y ubicar en coordenadas geográficas bancos en base a su distri-

TABLA II
FRECUENCIA DE TALLAS
EXTRAPOLADA A LA CAPTURA
TOTAL CON BASE A LA
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS
OBTENIDAS A TRAVÉS DEL
MUESTREO DE LAS CAPTURAS

Talla (mm)	Frecuencia nominal	Frecuencia porcentual
90-99	1267	1,6
100-109	483	0,6
110-119	543	0,7
120-129	1146	1,4
130-139	3017	3,8
140-149	9834	12,2
150-159	21116	26,3
160-169	21176	26,4
170-179	14721	18,3
180-189	5249	6,5
190-199	1448	1,8
200-209	362	0,5

bución. Esto resultaría benéfico para el solicitante, ya que se estaría cuidando el recurso, excluyendo áreas de pesca para la conservación del mismo.

Se entiende por banco la zona de concentración de organismos con una estructura poblacional común y definida por su densidad o algún otro criterio como su estructura de tallas o edades (DOF, 2012). El perímetro del banco puede estar definido por batimetría o se obtiene una ausencia de organismos debido a diferentes variables o barreras físicas, como por ejemplo, la presencia de un terreno rocoso que impida el asentamiento de las larvas y el crecimiento de los juveniles. Ante la falta de una metodología básica para la determinación de un banco con rentabilidad pesquera, se presenta como propuesta la realizada en la presente investigación como una alternativa viable.

Basándose en la experiencia de países que han enfrentado problemas de sobreexplotación de recursos pesqueros, se sugiere el sistema de cuotas, como una alternativa para el recurso de la almeja de sífon del alto golfo. Sin embargo, para fijar la cuota de captura permisible es necesario evaluar la biomasa sobre la cual se aplicará

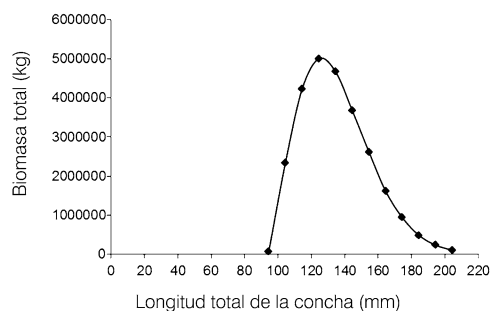


Figura 3. Biomasa total estimada por tallas de acuerdo a los parámetros descritos en la Tabla III.

TABLA III
VALORES DE LOS PARÁMETROS
OBTENIDOS MEDIANTE EL
ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE
TALLAS DE SULLIVAN

Parámetro	Valor estimado
beta crec =	0,954423143
k =	0,327313779
Linf =	205
M =	0,675534189
F/Z =	0,5
ALFA =	17,86305487
BETA =	5,395572617
R0 =	287.193.121

la cuota de explotación. La necesidad de expresar la evaluación de un modo cuantitativo se resuelve mediante el uso de modelos que permiten ajustar la información disponible a las posibles concepciones sobre el comportamiento dinámico de las poblaciones explotadas.

Dependiendo de la información disponible se aplican distintos modelos para evaluar el stock, aunque dos son los fundamentales: los modelos globales y los modelos estructurados por edades. En la presente investigación se ha aplicado el modelo de Sullivan *et al.* (1990) y se ha representado de una mejor y más aceptable forma la biomasa de almeja de sífon del alto golfo de California.

Aunque la información disponible permitió hacer una evaluación de la biomasa del recurso almeja de sífon del alto golfo, aún existen vacíos de información que pueden ser útiles abordar en evaluaciones futuras. La base de datos no dispone de registros históricos, en comparación con las bases de datos disponibles para otras pesquerías, porque aún no se inicia la pesca de manera comercial en la zona sobre este recurso. Pero el más importante vacío de información es el escaso conocimiento de los procesos biológicos de la especie.

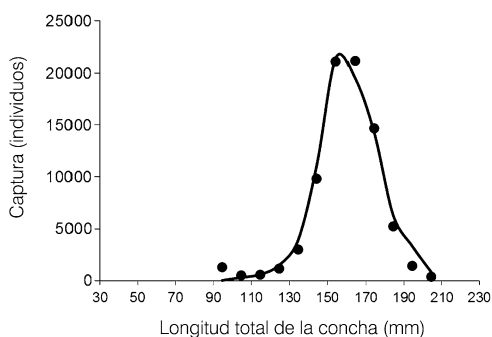


Figura 4. Modelo (línea) ajustado a los datos observados (puntos) de captura a la talla. Los parámetros fueron estimados mediante el análisis de tallas de Sullivan (Sullivan *et al.*, 1990).

Conclusiones

Se ha delimitado el contorno de un banco para la explotación de almeja de sífon mediante la combinación del conocimiento empírico de los pescadores en la zona de pesca y la tecnología de posición satelital en una zona que, para el recurso almeja de sífon, es un área virgen. La evaluación de la biomasa mediante el uso de un modelo estructurado por edad hace más robusta determinación de la biomasa virgen sobre la cual se recomendará la cuota de captura en del banco. Finalmente, de acuerdo a la biomasa determinada y al horizonte de manejo (50 años) establecido en la administración de esta pesquería se puede garantizar que un sector de los más vulnerables de la sociedad (pescadores) tengan empleo y disminuyan la presión sobre otros recursos que por sus técnicas de pesca impactan en organismos con importancia para la conservación como es la vaquita marina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los grupos de pescadores del alto golfo que proporcionaron apoyo logístico en campo (Chichi, Mavadu, Chava), a las autoridades pesqueras federales que facilitaron la realización del trabajo (Anabel Leyva, Evlin Ramírez) y a José Campoy (q.e.p.d.), quien apoyó el trabajo de interacción con la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. SAPV recibió beca para estudios de posgrado del CONACYT-México, y EAAN recibió apoyo financiero del proyecto 981-1 del CIBNOR.

REFERENCIAS

- Álvarez-Borrego S (2010) Physical, chemical, and biological oceanography of the Gulf of California. In Brusca R (Ed) *The Gulf of California: biodiversity and conservation*. Arizona University Press, EEUU. 354 pp.
- Álvarez-Borrego S, Flores-Báez BP, Galindo-Bect LA (1975) Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante Invierno, Primavera y Verano: *Cienc. Mar.* 2: 21-36.
- Arreguín-Sánchez F (2006) Pesquerías de México. En Guzmán Amaya P, Fuentes Castellanos DF (Eds.) *Pesca, acuicultura e investigación en México*. CDERSA Cámara de diputados México. 400 pp.
- Badan-Dangon A, Koblinsky DJ, Baumgartner T (1985) Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta* 8: 13-22.
- Black AB, Gillespie DC, McLellan SE, Hand CM (2008) Establishing highly accurate production-age data using the tree-ring technique of crossdating: a case study for Pacific geoduck (*Panopea abrupta*). *Can. J. Fisher. Aquat.Sci.* 65: 2572-2578.
- Bradbury A, Tagart JV (2000) Modeling geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad 1849)

- population dynamics. II. Natural mortality and equilibrium yield. *J. Shellfish Res.* 19: 63-70.
- Breen P, Gabriel AC, Tyson T (1991) Preliminary estimates of age, mortality, growth, and reproduction in the hiattellid clam *Panopea zelandica* in New Zealand. *N.Zeal. J. Mar. Freshw.r Res.* 25: 231-237.
- Bureau D, Hajas W, Surry NW, Hand CM, Dovey G, Campbell A (2002) *Age, size structure, and growth parameters of geoducks (Panopea abrupta Conrad, 1849) from 34 locations in British Columbia sampled between 1993 and 2000.* Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science No. 2413, Ocean and Marine Fisheries, Canadá. 84 pp.
- Calderón-Aguilera LE, Aragón-Noriega EA, Hand CM, Moreno-Rivera VM (2010) Morphometric relationships, age, growth and mortality of the geoduck clam, *Panopea generosa*, along the Pacific coast of Baja California, Mexico. *J. Shellfish Res.* 29: 319-326
- Campbell A, Ming MD (2003) Maturity and growth of the Pacific geoduck clam, *Panopea abrupta*, in Southern British Columbia, Canada. *J. Shellfish Res.* 22: 85-90.
- Campbell A, Yeung CW, Dovey G, Zhang Z (2004) Population biology of the Pacific geoduck clam *Panopea abrupta* in experimental plots, Southern British Columbia, Canada. *J. Shellfish Res.* 23: 661-663.
- Carriquiry J, Sánchez A, Camacho-Ibarra VF (2001) Sedimentation in the northern Gulf of California after cessation of the Colorado River discharge. *Sedim. Geol.* 144, 37-62.
- DOF (2012) Plan de manejo de para la pesquería de almeja generosa (*Panopea* spp.) en las costas de Baja California, México. Diario Oficial de la Federación, 23 de marzo de 2012 México pp 18-51.
- Gribben PE, Creese RG (2005) Age, growth, and mortality of the New Zealand geoduck clam, *Panopea zelandica* (Bivalvia: Hiattellidae) in two North Island populations. *Bull. Mar. Sci.* 77: 119-135.
- Hand CM, Bureau D (2000) *Quota options for the geoduck clam (Panopea abrupta) fishery in British Columbia for 2001 and 2002.* Can. Stock Assessment Sec. Res. Doc. 2000/163, Ocean and Marine Fisheries, Canadá. 53 pp.
- Khan A (2006) *Sustainability challenges in the geoduck clam fishery of British Columbia: policy perspectives.*, Fisheries Centre Working paper series no. 2006-19. University of British Columbia, Canadá. 22 pp.
- Lavín MF, Godínez VM, Álvarez LG (1998) Inverse-estuarine features of the Upper Gulf of California. *Estuarine Coastal Shelf Science* 47: 769-795.
- Lavín MF, Gaxiola-Castro G, Robles JM, Richter K (1995) Winter water masses and nutrients in the northern Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 100: 8587-8605.
- Marshall R, McKinley RS, Pearce CM (2012) Effect of temperature on gonad development of the Pacific geoduck clam (*Panopea generosa* Gould, 1850). *Aquaculture* 338-341: 264-273.
- Noakes, DJ, Campbell A (1992) Use of Geoduck Clams to Indicate Changes in the Marine Environment of Ladysmith Harbour, British Columbia. *Environmetrics* 3: 81-97
- Orensanz JM, Hand CM, Parma AM, Valero J, Hilborn R (2004) Precaution in the harvest of Methuselah's clams -the difficulty of getting timely feedback from slow-paced dynamics. *Can. J. Fisher. Aquat.Sci.* 61: 1355-372.
- Sullivan P, Han-Lin L, Gallucci V (1990) A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. *Can. J. Fisher. Aquat.Sci.* 47: 184-198.
- Vadopalas B, Leclair LL, Bentzen P (2004) Microsatellite and allozyme analyses reveal eew genetic differences among spatially distinct aggregations of geoduck clams (*Panopea abrupta*, Conrad 1849). *J. Shellfish Res.* 23: 693-706.
- Valero JL, Hand C, Orensanz JM, Parma AM, Armstrong D, Hilborn R (2006) Geoduck (*Panopea abrupta*) recruitment in the Pacific Northwest: long-term changes in relation to climate. *CalCOFI Reports* 45, 2004: 80-86
- Zhang Z, Hand CM (2006) Recruitment patterns and precautionary exploitation rates for geoduck (*Panopea abrupta*) populations in British Columbia. *J. Shellfish Res.* 25: 445-453.

ASSESSING BIOMASS AND BEDS OF CORTES GEODUCK *Panopea globosa* (DALL, 1898) IN A VIRGIN AREA OF THE UPPER GULF OF CALIFORNIA

Sergio Alejandro Pérez-Valencia and Eugenio Alberto Aragón-Noriega

SUMMARY

This study describes a scheme to determine Cortes geoduck (*Panopea globosa* Dall, 1898) beds for a population of the upper Gulf of California through the combination of traditional fishermen knowledge and the use of satellite position technology. The presence of Cortes geoduck was assessed monthly during an annual period, from 11/01/2008 to 11/02/2009. The area was a virgin area for Cortes geoduck fishing and it was possible to establish the shape of a bed for this clam. On the other hand, the virgin biomass in the bed was assessed using a size

structured model in order to setup a capture quota based on the exploitation of 1% per year for the use in a 50 year horizon. This term established in the administration of fisheries can ensure that the more vulnerable sector of society (fishermen) has employment and also decrease the pressure on other fisheries resources which, by their changing fishing techniques, impact negatively on species with a conservation status such as *Phocoena sinus* ('vaquita marina').

DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E BANCOS DE MEXILHÃO *Panopea globosa* (DALL, 1898) EM UMA ZONA VIRGEM DO ALTO GOLFO DE CALIFÓRNIA

Sergio Alejandro Pérez-Valencia e Eugenio Alberto Aragón-Noriega

RESUMO

Neste trabalho se descreve como determinar bancos de mexilhão *Panopea globosa* (Dall 1898) para uma população da parte alta do Golfo de Califórnia mediante a combinação de conhecimento tradicional dos pescadores e o uso de tecnologia de posição geográfica por satélite. A presença dos mexilhões foi avaliada mensalmente durante um período anual de 01/11/2008 a 02/11/2009. A zona era uma área virgem para a pesca dessa espécie e foi possível estabelecer o contorno de um banco do mexilhão. Por outro lado, a biomassa virgem do banco foi ava-

liada por meio de um modelo estruturado por tamanhos para poder emitir uma cota de captura baseada na exploração de 1% anual para o aproveitamento em um horizonte de 50 anos. A administração da pescaria nestes termos pode garantir que um dos sectores mais vulneráveis da sociedade (os pescadores) tenha emprego e que diminua a pressão sobre outros recursos pesqueiros que por mudança de suas técnicas de pesca impactam em organismos com importância para a conservação como é o golfinho "a vaquita" (*Phocoena sinus*).