

Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoïda: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en la Bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007

Carlos Lucero, Jaime Cantera & Raúl Neira

Universidad del Valle, Departamento de Biología. Calle 13 No. 100-00. Apartado aéreo 25360 Cali, Colombia; carlucero1@yahoo.es, jaime.cantera@correounivalle.edu.co, rneira56@yahoo.es

Recibido 01-III-2011. Corregido 28-V-2011. Aceptado 29-VI-2011.

Abstract: The fisheries and growth of Ark Clams (Arcoïda: Arcidae) *Anadara tuberculosa* in Málaga Bay, Colombian Pacific, 2005-2007. *A. tuberculosa*, is the most important bivalve species under exploitation in Colombia. Here, this species is found from Cabo Corrientes (Chocó) to the Ecuador border, in muddy substrates of mangrove forests. In order to determine the growth and the state of fisheries of *A. tuberculosa*, between December 2005 and April 2007, both, biological (*in situ*) and commercial studies were performed at Bahía Malaga (Colombian Pacific). The growth was estimated using the general equation of von Bertalanffy, with prior application of the methods of Bhattacharya and Powell-Wetherall. Mortality and exploitation rate were determined using the inverse model of von Bertalanffy. For the biological samplings, a total of 446 individuals of *A. tuberculosa* (0.64 ± 0.13 individuals/m²) and 53 individuals (0.05 ± 0.049 individuals/m²) of *Anadara similis* were collected. 79% of the catch was below 51mm. In the commercial samplings, 836 individuals of *A. tuberculosa* (size range: 31.1-92.2mm) were measured, but no *A. similis* samples were available for this. Recruitment of *A. tuberculosa* was higher during March, May, July and November. According to the data, *A. tuberculosa* might be reproducing during December, February, April and August. The data gathered with the biological samples were more reliable on explaining the growth of *A. tuberculosa* ($K=0.332$ per year, $L_{\infty}=88.256$ mm, $t_0=0.0556$ years) than the one taken from market samples ($K=0.256$ per year, $L_{\infty}=89.77$ mm, $t_0=0.733$ years). The high exploitation rate (77%), the low density and the high mortality suggest that *A. tuberculosa* is in overexploitation state in Bahía Malaga and management strategies are urgently required. Rev. Biol. Trop. 60 (1): 203-217. Epub 2012 March 01.

Key words: *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis* growth, reproduction, recruitment, exploitation, mortality, Colombia.

Anadara tuberculosa (Sowerby 1833) y *Anadara similis* (Adams 1852), conocidas en el Pacífico colombiano como piangua hembra y piangua macho respectivamente, son moluscos bivalvos comúnmente habitantes en planos lodosos de los manglares desde Baja California hasta Perú (Keen 1971). Su hábitat es compartido con otros bivalvos de importancia alimenticia como *Protothaca asperrima*, *Polymesoda meridionalis* y *Grandiarca grandis* (Betancourth & Cantera 1978, Lucero *et al.* 2006), encontrándose hasta los 35cm de profundidad

en el suelo de manglar. Estas especies son un recurso económico y de subsistencia importante para las comunidades costeras desde tiempos muy antiguos, como lo demuestran los restos de conchas que se encuentran en muchas regiones de la costa pacífica colombiana. Datos sobre su explotación muestran que *A. tuberculosa* es la especie más intensamente explotada de los manglares del Pacífico colombiano. En los últimos 15 años se ha presentado una disminución del recurso que ha sido registrada por otros autores (Borda & Cruz 2004 b, Cruz &

Borda 2003). En bahía Málaga la disminución ha alcanzado aproximadamente el 60% del recurso, teniendo como base que la comunidad extraía entre 80 y 100 docenas por día, mientras que actualmente, según conversaciones con las piangueras, sólo se extraen entre 10 y 30 docenas diarias. La situación actual de las poblaciones naturales de la piangua han determinado que esta especie aparezca en el Libro Rojo de Invertebrados de Colombia en la categoría Vulnerable (Ardila *et al.* 2002).

En el ámbito internacional, los estudios sobre las especies del género *Anadara* han abordado especialmente su análisis poblacional, reproductivo y sobre su biometría (Baqueiro 1984, Broom 1982, Cruz 1982, 1984, 1987, Cruz & Palacios 1983, Ampie & Cruz 1989, Fournier & de la Cruz 1987, Campos *et al.* 1990, Hernández-Valenzuela 1996, Ortiz *et al.* 2003, Stern-Pirlot & Wolff 2006, García-Domínguez *et al.* 2008, Félix-Pico *et al.* 2009, Flores & Lincadeo 2010, Flores 2011). En Colombia, los primeros estudios sobre esta especie datan del año 1975, mediante estudios de ecología (Contreras & Cantera 1978), potencial como especie comercial (Betancourth & Cantera 1978, Cantera & Contreras 1978), recolección de juveniles (Borrero 1982) y estudios de crecimiento y biología reproductiva (Squires *et al.* 1975, Bolívar 1984, Herrán 1983) quienes mostraron que se reproducen todo el año. Estudios recientes sobre esta especie, son los realizados por Franco 1995 en el Choco, Gutiérrez *et al.* 1999, Cruz & Borda 2003, Borda & Cruz 2004a, b y c, Borda & Portilla 1998 y 1999, Espinosa 2010 en Nariño. En estos estudios se evaluaron aspectos importantes de la pesca artesanal, estrategias de conservación, biología reproductiva y poblacional de *A. tuberculosa*, lo cual ha servido como base para generar alternativas de manejo en algunas regiones del Pacífico colombiano. *Anadara similis* ha sido poco estudiada en Colombia. Estas investigaciones han proporcionado buena información biológica y pesquera en algunas zonas del Pacífico colombiano, sin embargo hace falta conocer la dinámica de este recurso en el Pacífico central de Colombia para

complementar la información científica de la especie, en los futuros planes de manejo del país y como aporte al conocimiento científico a nivel mundial.

La mayoría de los estudios anteriores, aborda el conocimiento biológico-pesquero de *Anadara tuberculosa* a partir de datos de captura o muestreos comerciales, en esta investigación se analizan estos aspectos teniendo en cuenta además de las capturas comerciales, los muestreos biológicos especialmente diseñados para la evaluación de poblaciones naturales. Esto permitirá analizar el estado real en que se encuentra la población de *A. tuberculosa* en Bahía Málaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en bahía Málaga, la cual está ubicada entre 4°01'56" N - 77°15'30" W, a 36km al norte de la bahía de Buenaventura en la región central de la costa pacífica colombiana con un área aproximada de 136km² en la parte marino-costera. Hacia el fondo de la bahía Málaga, se desarrollan manglares ribereños y de franja, con presencia de las especies (*Rhizophora racemosa*, *R. mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae*). La región costera y marina está siendo estudiada por el gobierno nacional con posibilidades de declararla como "Reserva de Flora y Fauna", debido a la gran biodiversidad que presenta y a la presencia de especies endémicas.

Se realizaron muestreos comerciales en los cuatro principales centros de acopio de la piangua en la región. Se midió aleatoriamente la longitud de la concha de 836 individuos de *Anadara tuberculosa* como resultado de cuatro visitas a la zona (diciembre 2005, marzo y septiembre 2006 y abril 2007). Se registraron los volúmenes de almacenamiento total en número de conchas con el fin de tener una aproximación del esfuerzo pesquero ejercido sobre el recurso. Para estimar la densidad actual de la población, en abril del 2007 se realizó un único muestreo biológico en Mangaña, uno de los bancos naturales de *Anadara tuberculosa*

donde es explotada. En este manglar se delimitaron aleatoriamente siete parcelas de 100m² cada una, en donde se realizaron las capturas siguiendo el método manual tradicional, con tiempo y número de personas definidos. Durante este muestreo, se encontraron algunos individuos de *Anadara similis*, razón por la cual, se incluye un análisis de densidad y tallas de esta especie.

Con el fin de obtener la talla media de la primera madurez sexual (TMPM) y la talla media de la primera captura (TMPC) de *Anadara tuberculosa*, se realizó un gráfico (ojiva suavizada) de distribución de frecuencias para variables continuas con base en la longitud de la concha. La longitud media en donde corta la curva en el 50% de las frecuencias acumuladas, se considera la talla media de la primera madurez sexual (TMPM), Borda & Cruz 2004a. Se comparó la distribución de tallas entre cada mes usando la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (Kuehl 2001). La diferencias de tallas entre los meses de estudio se determinó mediante la prueba de Duncan y Newman-Keull, Kuehl 2001. Estos datos fueron analizados con el software STATISTICA®.

Los cambios en abundancia de la piangua fue evaluada a través del tiempo, utilizando los conocimientos tradicionales, por el sistema de entrevistas. Con base en volúmenes de comercialización aportados por la comunidad, se realizó una determinación del esfuerzo de pesca ejercido sobre la población.

Con el fin de determinar el crecimiento de *Anadara tuberculosa*, a cada individuo se le midió la longitud total que de acuerdo con Holden & Raitt 1975, se definió entre el borde anterior hasta el borde posterior más externo de la concha con un calibrador digital de 0.01mm de precisión. En laboratorio se determinó el peso total y peso de la carne sin concha con una balanza analítica de 0.001 gramos de precisión. El análisis de asociación entre la longitud y el peso se hizo con el coeficiente de correlación de Pearson (r) usando Microsoft Excel 2007. Se realizó la prueba estadística t (Pauly 1983) con un 90% de confianza, para comprobar si el crecimiento es isométrico o alométrico. De

acuerdo al resultado, se decide la utilización de la ecuación general de Von Bertalanffy para describir el crecimiento. Con el fin evaluar la condición fisiológica del organismo y la calidad del producto con fines comerciales (Silva & Bonilla 2001), se calculó el rendimiento de la carne considerando el peso fresco de la carne en relación con el peso total (Cruz & Palacios 1983). Se evaluó para cada sexo y se agruparon arbitrariamente en tres grupos de tallas (menores de 40mm, entre 41 y 50mm y mayores de 51mm).

Para determinar la tasa de crecimiento se realizó un cuadro de distribución de frecuencias para variables continuas con intervalos de 2.52mm. Se utilizó el Análisis de Progresión Modal (MPA) para separar las cohortes o clases modales de la población por el método de Bhattacharya contenidos en las rutinas de FiSAT II (Gayanilo *et al.* 2005). Se estableció un índice de separación mayor igual a dos, para evitar la superposición de las clases modales. Este método, supone normalidad de cada distribución modal (Goonetilleke & Sivasubramaniam 1987). Una vez obtenida la separación de las cohortes en cada grupo de edad y sus longitudes medias y varianza, se calculó el valor de L_{∞} utilizando el modelo de Powell-Wetherall por ser considerado la mejor manera para estimar L_{∞} . Debido a que las muestras representan captura por esfuerzo, los datos no fueron transformados, para ello se emplea la curva de pseudocaptura para la selección del primer punto de la recta de regresión, con esto se identifica el grupo de edad totalmente explotado en la pesquería y la talla que no es afectada por el método de pesca. Este método permite encontrar el L_{∞} que se ajuste a los datos de campo, con el mejor coeficiente de correlación. Finalmente se aplicó el modelo de crecimiento no estacionalizado de von Bertalanffy, el cual es el primer método para estimar K y t_0 a partir de una longitud asintótica conocida. Estos análisis fueron realizados con el programa de computación FiSAT II (Gayanilo *et al.* 2005). El gráfico de von Bertalanffy es el método más seguro en el sentido de que casi siempre da una estimación razonable de K, a condición

de que se use una estimación razonable de L_{∞} en los cálculos (Sparre & Venema 1997). Esta ecuación ya ha sido muy utilizada en bivalvos (Broom 1982, Borda & Cruz 2004c, Riascos & Urban 2002, Vakily 1992). La función de crecimiento de von Bertalanffy (VBGF) es:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde L_t es la longitud a la edad t , L_{∞} es la longitud asintótica, K es una constante de crecimiento, t_0 es la edad teórica de un animal a la longitud igual a cero. Se determinó la curva promedio de crecimiento de la piangua *Anadara tuberculosa*, de acuerdo a los parámetros de crecimiento reportados por varios autores para el Pacífico colombiano, con un intervalo de confianza del 95%.

La comparación de las curvas de crecimiento obtenidas para *Anadara tuberculosa* por diferentes autores se compararon con el índice Φ (Phi prime) Munro & Pauly 1983, el cual relaciona K y L_{∞} para organismos que crecen de acuerdo a VBGF. Este es el índice más empleado en la comparación del crecimiento de poblaciones marinas:

$$\Phi' = \text{Log}(K) + 2 * \text{Log}(L_{\infty})$$

Para determinar la mortalidad total (Z), se empleó la curva de captura linealizada convertidas a edad, basado en las composiciones por tallas de la piangua, esto permitió establecer el estado actual de explotación de este recurso y las perspectivas de la pesca. Para el análisis de la mortalidad, se excluyeron los primeros grupos de tallas que forman la parte ascendente de la curva. Estos individuos se consideran que aún no están completamente reclutados a la pesquería. Los últimos grupos de tallas también fueron excluidos debido a su bajo número de individuos en la muestra y porque al aproximarse a L_{∞} , la relación entre la edad (t) y la talla (L), se vuelve incierta (Sparre & Venema 1997). Se calcula el $\text{Ln}(N_t)$ frente a la edad relativa (t_i) calculada con el modelo inverso de von Bertalanffy:

$$t_i = t_0 - \frac{1}{k} * \text{Ln}\left(1 - \frac{L_t}{L_{\infty}}\right)$$

La conversión de las tallas a edades es un proceso muy complejo, ya que la cantidad de tiempo que un animal tarda en crecer hasta el intervalo de talla siguiente, aumenta continuamente a medida que estos envejecen (Gulland 1971 en Sparre & Venema 1997). Esto permite buscar la mejor regresión mediante el coeficiente de regresión lineal, eliminando aquellas tallas menores que poca abundancia tienen en la muestra, y los individuos más viejos que se acercan a la longitud infinita y que también tengan poca representación. La mortalidad total (Z) se determina con el valor positivo de la pendiente "b". Así, el modelo matemático estará definido por:

$$\text{Ln}(N) = a + bt$$

Posterior a la determinación de la mortalidad total (Z), la rutina de FISAT II se usó para estimar la mortalidad natural (M) aplicando la ecuación empírica de Pauly 1983:

$$\ln(M) = -0,0152 - 0,279 * \ln(K) + 0,463 * \ln(T^{\circ}\text{C})$$

Donde $T^{\circ}\text{C}$ es la temperatura media anual del agua en la superficie, considerada de 25°C en Bahía Málaga.

Conociendo Z y M , se obtiene la mortalidad por pesca (F) y la tasa de explotación (E) (Sparre & Venema 1997):

$$F = Z - M$$

$$E = F/Z$$

Para estimar la madurez sexual y el reclutamiento se realizó un análisis de los meses con mayor actividad reproductiva aplicando métodos directos e indirectos. Se hicieron frotis de la glándula reproductiva y se determinó el estado de madurez utilizando las escalas propuestas por Kenneth 1969, Narchi 1976, Herrán 1983 & Cruz 1984. Se determinó un índice nuclear

(IN), midiendo el diámetro del citoplasma de la célula y del núcleo con un micrómetro y microscopio calibrado para determinar el tamaño de la célula en estado maduro de acuerdo a su relación núcleo-célula. Se determinó el índice de madurez sexual (IMS), el cual relaciona el número de individuos maduros (Hm) con el número total de individuos analizados (Ht). Debido a que no se evaluó mensualmente este componente, el ciclo de madurez fue explicado con el patrón de reclutamiento, usando las rutinas de FISAT II (Gayanilo *et al.* 2005). Para ello, se emplearon los datos originales sin transformar, debido a que la muestra corresponde a captura por esfuerzo. Se usan los datos de frecuencias de tallas con clases de tamaños constante, siendo los datos de entrada del modelo, L_{∞} , K y t_0 .

RESULTADOS

***Anadara tuberculosa*:** Los datos comerciales registraron una escala de tallas entre 31.12mm hasta 92.2mm, con un promedio general de $52.21\text{mm} \pm 6.61\text{mm}$ (n=836 individuos). La talla media en los centros de acopio varió en el tiempo de estudio: diciembre ($52.20\text{mm} \pm 7.31\text{mm}$) 2005, marzo ($54.27\text{mm} \pm 6.13\text{mm}$) y septiembre ($51.77\text{mm} \pm 6.63\text{mm}$) del 2006 y abril 2007 ($51.57\text{mm} \pm 5.71\text{mm}$). La talla comercial de marzo fue la única que presentó diferencias con los otros meses ($p < 0.05$), mientras que estos fueron similares entre sí ($p > 0.05$). Se encontró una talla media de primera captura ($L_{50\%} = 51.1\text{mm}$), lo cual indica una buena selección de ejemplares para la venta.

El muestreo biológico permitió encontrar 443 individuos entre 18.56mm y 68mm de longitud. La talla media de primera captura fue de $L_{50\%} = 44.7\text{mm}$, y una densidad 0.64 ± 0.13 individuos/m², mientras que la talla media de captura se estimó en $45.76 \pm 6.39\text{mm}$. Cerca del 79% de las capturas se está ejerciendo sobre individuos menores de 51mm. La presencia de jóvenes, es decir, los menores a 30mm de longitud (Borda & Cruz 2004a) es baja en el tiempo de estudio, (Fig. 1). Durante el estudio,

las hembras presentaron una mayor longitud media ($52.34 \pm 9.41\text{mm}$) que los machos ($35.53 \pm 10.19\text{mm}$), t-Student, $p < 0.05$.

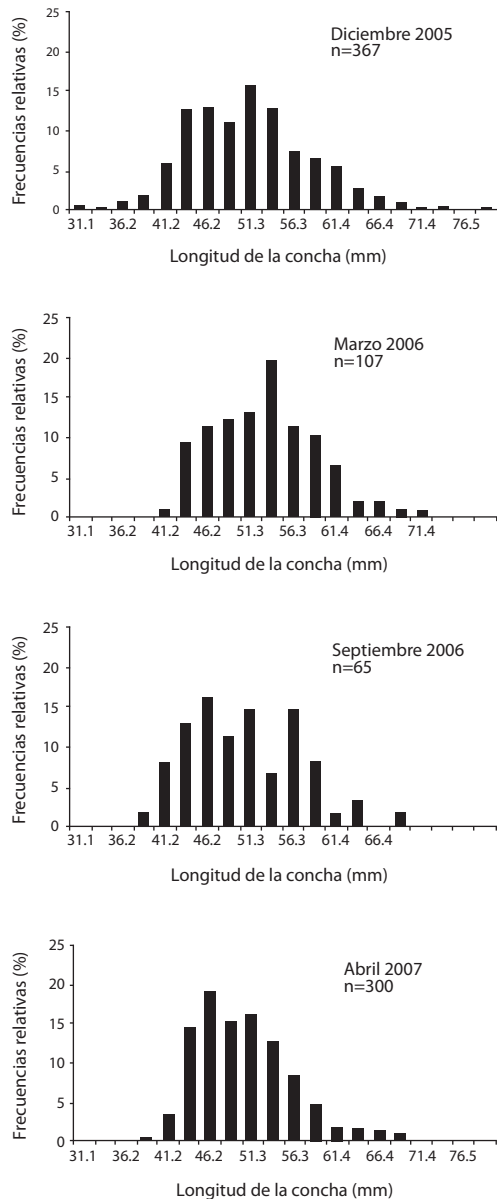


Fig. 1. Frecuencia mensual de longitudes de *Anadara tuberculosa*, que se mantuvieron en los centros de acopio en Bahía Málaga.

Fig. 1. Monthly length frequency of *Anadara tuberculosa*, in gathering centers at Malaga Bay.

La linealización del peso de la carne y la longitud de la concha de *Anadara tuberculosa*, mostró una alta correlación ($r^2=0.97$) y una pendiente de 2.817. El valor de “b” calculado no difiere estadísticamente de tres y por lo tanto *A. tuberculosa* presentó un crecimiento del tipo isométrico (t-Student, $p>0.05$).

Los machos presentaron ligeramente un mayor porcentaje de carne (21.4%) que las hembras (18.60%), y los estados maduros tienen mayor rendimiento (20%) que los inmaduros e indiferenciados (17.5%). En abril se registró el mayor rendimiento de la carne (22%) con respecto a marzo (18%) y septiembre (17%). Los resultados muestran que existe un aumento del rendimiento (25%) en la escala de tallas menores de 40mm que en tallas entre 40-50mm=18% y 52-69mm=18%.

Se encontraron tres cohortes características en la población de *A. tuberculosa*, registrando tallas medias con datos comerciales de 34.47±2.91mm, 47.68±3.33mm, 52.14±4.55mm y con datos biológicos de 19.95±8.57mm, 47.00±5.46mm y 53.09±3.71mm. Con los datos comerciales se observa que los jóvenes (menores de 30mm) no están representados en la primera cohorte. Los datos comerciales mostraron un crecimiento ligeramente menor ($\Phi=3.314$, $L_{\infty}=89.77$ mm) que los datos biológicos ($\Phi=3.416$, $L_{\infty}=88.26$ mm). De acuerdo a los reportes por otros autores y los presentados en este trabajo, *A. tuberculosa* presenta un

crecimiento relativamente variable en cada una de las zonas evaluadas (Cuadro 1).

Debido a esta variación, se propone la siguiente ecuación, para describir el crecimiento generalizado de esta especie con reportes generados en el área de distribución en el Pacífico colombiano:

$$Lt = 86.58 [1 - e^{-0.63(t-0.0895)}]$$

Esto sugiere que, *A. tuberculosa* presenta un mayor crecimiento hasta los 0.9 años de edad, tiempo en el cual alcanza los 39.5mm de longitud (talla media de la primera madurez sexual) y tarda 1.1 años en alcanzar la talla media de la primera captura (44.7mm), posterior a ello su crecimiento es lento (Fig. 2).

Con respecto a la mortalidad, los datos biológicos indican una mayor mortalidad total y por pesca que los comerciales ($p<0.05$), la mortalidad media fue de 0.61 y 0.51. En ambos casos hay un alto nivel de explotación (Fig. 3).

Se definieron cuatro estados de desarrollo sexual (indiferenciado, previtelogénesis, vitelogénesis y madurez). Los individuos indiferenciados, no presentaron glándula reproductiva visible. Una hembra en gametogénesis inicial o previtelogénesis, presenta oogonias y oocitos primarios. Las oogonias son de pequeño tamaño y de forma ovoide, se observan en gran número y el núcleo no está bien definido. No hay nucleolo y hay gran presencia de tejido conectivo interfolicular. Las hembras en

CUADRO 1

Comparación del crecimiento de *Anadara tuberculosa* en el Pacífico colombiano

TABLE 1
Comparison of growth of *Anadara tuberculosa* in the Colombian Pacific

Autor y localidad	K	L. asintótica	t ₀	Phi prime
Borda & Cruz 2004 (Nariño, Colombia)	1.173	86	0.047	3.938
Puentes 1997 (Nariño, Colombia)	0.6	87	0.263	3.657
Lucero & Cantera 2008 (Cauca, Colombia)	0.416	84.65	0.103	3.474
Presente estudio (datos biológicos)	0.332	88.65	0.055	3.416
Presente estudio (datos comerciales)	0.256	89.77	0.733	3.314
Promedio	0.63	86.58	0.0895	3.621
Intervalo de confianza (95%)	± 0.58	± 3.25	± 0.49	± 0.37

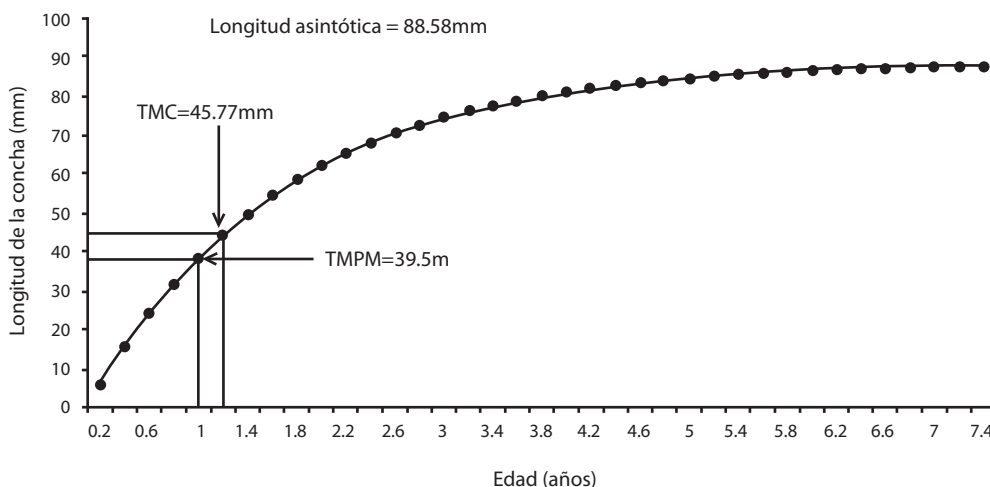


Fig. 2. Curva de crecimiento de *Anadara tuberculosa* en la costa pacífica de Colombia, con la edad a la que se alcanza la talla media de primera captura (TMC) y la talla media de la primera madurez sexual (TPM).

Fig. 2. Growth curve of *Anadara tuberculosa* in Malaga Bay, with the age at which average catch size (TMC) is reached and the average size of first sexual maturity (TPM).

gametogénesis avanzada o en vitelogénesis, siempre presentaron oocitos secundarios generalmente de forma piriforme. Las células son de mayor tamaño que los oocitos primarios, presentan núcleos más definidos y nucleolo observable, hay divisiones mitóticas que indican cambio a la maduración, el índice nuclear (IN) fue de $0.5\mu \pm 0.092\mu$. El núcleo ocupa la mitad o un poco más de la luz de la célula. La hembra madura mostró células grandes con una mayor proporción de citoplasma con respecto al núcleo ($IN=0.4\mu \pm 0.039\mu$), lo que indica que hay una mayor acumulación de vitelo en el citoplasma, el núcleo redondo con nucléolo ausente o periférico listo para atravesar la membrana nuclear. La célula presentó tamaños entre 70μ y 150μ . El estado maduro en machos se presenta como células alargadas (espermatozoides) de $12.6\mu \pm 3.03\mu$ con cabeza, cuello y flagelo, mientras que el estado intermedio (vitelogénesis) presenta células esféricas pequeñas (espermatozoides secundarios y espermátidas) inferiores a 2.5μ con gran núcleo.

El estado de previtelogénesis contiene células esféricas de gran tamaño (espermatozonias y espermatozoides primarios)

($11.38\mu \pm 1.37\mu$) con núcleo central. En abril del 2007 se encontró el mayor número de hembras maduras (IMS=89%) y el menor de individuos indiferenciados, lo cual sugiere una actividad reproductiva alta para esta época del año en Bahía Málaga. En septiembre 2006 no se presentó un estado de gametogénesis avanzado importante (IMS=27%). El análisis reproductivo mostró que el 48% de los individuos analizados fueron hembras, 31% machos y 21% indiferenciados. La talla media de la primera madurez, se estimó en 39.5mm (Fig. 4), en donde el 50% de los individuos entran activamente a la fase de maduración sexual. Para ello se tuvo en cuenta los estados III (vitelogénesis) y IV (madurez). Se encontró la talla media de madurez sexual en 43.53 ± 14.16 mm, con una escala entre 18.87mm y 67.57mm. Se encontraron machos maduros de 18.87mm y hembras maduras de 27.70mm.

Con respecto a los patrones de reclutamiento, se encontró que es continuo durante todo el año, aunque los meses de mayor reclutamiento ocurren en marzo, mayo, julio, y noviembre, pero con mas alta intensidad en julio (Fig. 5).

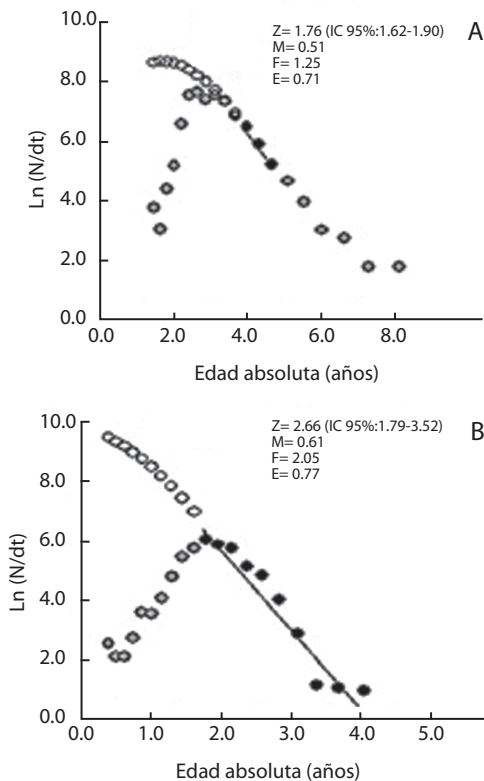


Fig. 3. Curva de captura linealizada basada en longitudes y convertida a edades de *Anadara tuberculosa* en bahía Málaga. La parte ascendente de la curva no fue considerada en el estudio así como tampoco los puntos cercanos a longitud infinita. Centros de acopio (A), bancos naturales (B), Z=mortalidad total, M=mortalidad natural, E=tasa de explotación, F=mortalidad por pesca.

Fig. 3. Linearized catch curve based on lengths and converted to age of *Anadara tuberculosa* in Malaga Bay. The rising section of the curve and the points near infinite length were not considered in the study. Gathering centers (A), natural field banks (B) Z=total mortality, M=natural mortality, E=exploitation rate, F=fishing mortality.

***Anadara similis*:** La abundancia de *A. similis* fue baja en relación con *A. tuberculosa*, registrando una densidad de 0.05 ± 0.049 individuos/m². Se logró identificar tres cohortes, la primera con talla media de 31mm ($r^2=1$) está pobremente representada. La segunda y tercera cohorte correspondieron a la mayoría

de observaciones, se registraron tallas medias de 38.78mm ($r^2=0.76$) y 43.3mm ($r^2=0.68$), respectivamente. El bajo número de individuos capturados no permitió estimar los parámetros de crecimiento ($n=53$). La talla media de la primera captura se estimó en 38.5mm (Fig. 6) y la talla media de captura fue de 39.39 ± 4.59 mm con un rango entre 30mm y 49.44mm. El 60% de las capturas correspondió a tallas inferiores a 40mm.

DISCUSIÓN

La talla media de captura (45.76mm) de *Anadara tuberculosa*, se encuentra entre la gama de reportes en algunas áreas del Pacífico americano, como las de Borda & Cruz 2004a (47.6mm), Lucero & Cantera 2008 (49.9mm) en Colombia, Maldonado 2005 (46.8mm), Flores & Lincadeo 2010 (46.58-48.44mm) en Ecuador, Stern-Pirilot & Wolff 2006 (43.8-48.6mm) en Costa Rica. El elevado porcentaje de la población (79%) capturada por debajo de la talla mínima legal de captura en Colombia (50mm), sugiere una alta incidencia de la pesca en individuos que no han alcanzado a llegar a tallas reproductivas o que recién están iniciando su vida sexual. Este problema de sobrepesca genera la reducción en las tallas de captura en la zona y probablemente disminuciones de la abundancia en el tiempo. Otros autores, también indican que las tallas medias más bajas son producto de la presión de pesca (Flores & Lincadeo 2010, Stern-Pirilot & Wolff 2006).

La talla media de primera madurez al 50% (39.5mm), encontrada en el presente estudio, es inferior a la presentada en Colombia, por Borda & Cruz 2001a, (44mm), Lucero & Cantera 2008 (47.21mm), pero similar a la talla media reportada por Herrán 1983 (39mm). En el presente estudio se encontró un individuo maduro de 18.9mm, valor por debajo de lo registrado en la literatura especializada hasta el momento, teniendo en cuenta que en Costa Rica, Ampie & Cruz 1989, registraron que la madurez sexual empieza entre 23.2 y 26.2mm y en Colombia, a los 25mm (Borda & Cruz 2004a). Esta baja talla de madurez, puede ser

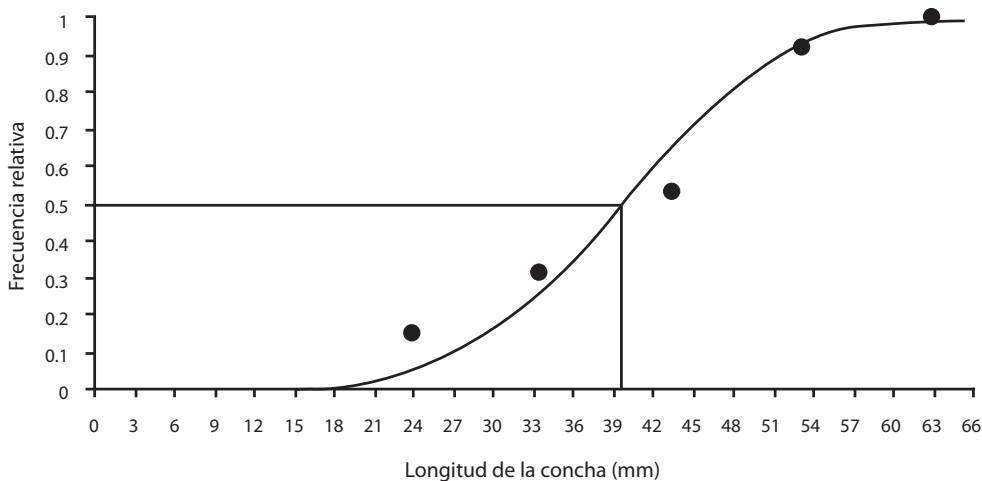


Fig. 4. Talla media de la primera madurez sexual ($L_{50\%}=39.5\text{mm}$) de la piangua *Anadara tuberculosa* en Bahía Málaga.
Fig. 4. Average size of first sexual maturity ($L_{50\%}=39.5\text{mm}$) of *Anadara tuberculosa* in Malaga Bay.

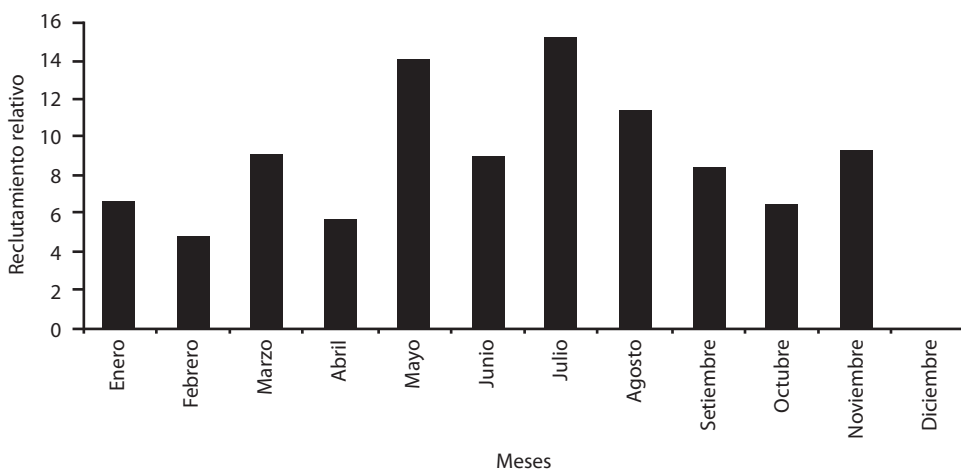


Fig. 5. Patrón de reclutamiento anual de *Anadara tuberculosa* en bahía Málaga.
Fig. 5. Annual recruitment pattern of *Anadara tuberculosa* in Málaga bay.

un indicador de la respuesta biológica, asociada con la conservación de la especie debido a la intensa explotación a la que es sometida. Borda & Cruz 2004a, sugieren, que la madurez sexual en estas tallas inferiores, pueden ser precocidades metabólicas de la especie.

La baja densidad encontrada en Bahía Málaga con respecto a otras zonas del Pacífico americano (Cuadro 2), puede ser considera

como un proceso de disminución de la población, así como lo indica Silvia & Bonilla 2001, en Costa Rica. También, es consecuencia de la tasa de explotación, captura de individuos que no han llegado a la talla de madurez sexual y otras condiciones no especificadas en este estudio, como deterioro del manglar y contaminación. Adicional a esto, los registros históricos de tradición oral indican que los volúmenes de

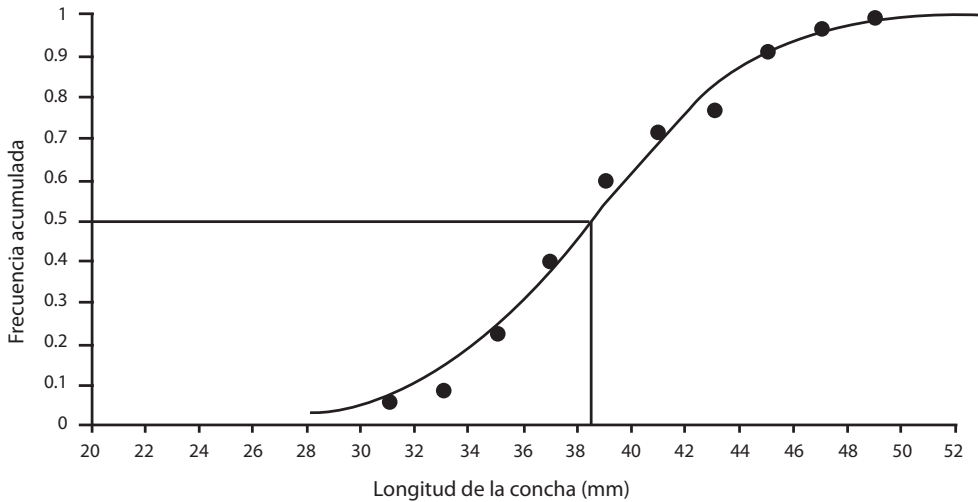


Fig. 6. Curva de selectividad del método de pesca, para determinar la talla media de la primera captura ($L_{50\%}$) de *Anadara similis* en Bahía Málaga. Ejemplares obtenidos del muestreo en los bancos de piangua ($L=38.5\text{mm}$).

Fig. 6. Selectivity curve of the fishing method to determine the mean size at first capture ($L_{50\%}$) of *Anadara similis* in Malaga Bay. Samples obtained from sampling banks of piangua ($L=38.5\text{mm}$).

captura han disminuido en los últimos 10 años (antes, entre 80 y 100 docenas/persona/día y actualmente de 10 a 30 docenas/persona/día), lo cual indica un estado de amenaza del recurso.

A nivel local, la constante de crecimiento y el índice Φ , de *A. tuberculosa*, fue similar a lo encontrado por Puentes 1997, superior al registro de Lucero & Cantera 2008, e inferior a lo presentado por Borda & Cruz 2004c. En

el Pacífico americano, la constante de crecimiento, se considera mayor que lo encontrado por Baqueiro & Aldana 2003 en México (0.24 anual), Stern-Pirlot & Wolff 2006 en Costa Rica (0.140 anual) y Flores 2011 en Ecuador (0.11 y 0.124 anual). Félix-Pico *et al.* 2009, en México, reporta una tasa de crecimiento de 1.85 anual, lo cual es superior a todas las K registradas para esta especie, hasta ahora en la

CUADRO 2

Registros de densidad de *Anadara tuberculosa* en el Pacífico americano

TABLE 2

Density records of *Anadara tuberculosa* in the American Pacific

Autor y localidad	Densidad (ind/m ²)
Esteves 1972 en Squires 1975 (Colombia)	1.0 - 4.0
Squires 1975 (B. Buenaventura, Colombia)	1.0
Bolívar 1984 (Punta Soldado, Colombia)	1.0 - 4
Haskoning 1986 en Borda & Cruz 2004 (Colombia)	1.0 - 3.0
Franco 1995 (Chocó, Colombia)	0.4 - 3.8
Borda & Cruz 2004 (Tumaco, Colombia)	0.5 - 1.5
Espinosa <i>et al.</i> 2010 (Nariño, Colombia)	0.3 - 1.0
Campos <i>et al.</i> 1990 (Costa Rica)	1.1
Silva & Bonilla 2001 (Costa Rica)	0.7 - 1.2
Presente estudio (Málaga, Colombia)	0.6: (0.5 - 0.8)

literatura científica. Esto puede estar relacionado con algunas técnicas de manipulación y tipos de datos (bilógicos y comerciales), consecuencia del nivel de explotación o variaciones naturales entre los sitios, ya que los parámetros de crecimiento varían de una especie a otra y de una población a otra dentro de la misma especie (Sparre & Venema 1997). Borda & Cruz 2004c, plantean que la variación de las curvas de crecimiento se originan por la falta de información acerca de las tallas mayores y menores. Debido a esto, los muestreos biológicos, permiten estimar mejor los parámetros de crecimiento, que los muestreos comerciales, ya que se tiene una mayor escala de tallas en la población y los jóvenes reclutados están mejor representados.

El promedio de crecimiento calculado en este trabajo muestra que, *A. tuberculosa* presenta un rápido crecimiento en el primer año de vida, alcanzando 43mm de longitud de la concha con un crecimiento de 3.5mm/mes. Por debajo de esta talla, los individuos se reclutan a la pesquería. En este primer año de vida llega a la talla media de primera madurez sexual (39.5mm) en 10 meses. En el segundo año alcanza una longitud de 63mm, en donde el recurso es totalmente explotado, y su crecimiento disminuye a menos de la mitad del primer año (1.3mm/mes). La rapidez de crecimiento medida hasta los 63mm indica que *A. tuberculosa* en dos años crece a una tasa rápida, comparado con las tasas de crecimiento encontradas en otras regiones, incluyendo algunas localidades del Pacífico colombiano, por ejemplo una tasa de crecimiento de 1mm/mes fue registrada por Rodríguez 1985, en el Pacífico colombiano. La rapidez de crecimiento reportada en este trabajo, se aproxima a la presentada por Borda & Cruz 2004c, en Tumaco (Colombia), aunque su constante de crecimiento es mayor. De acuerdo con lo anterior, en este estudio, se considera que *Anadara tuberculosa* es una especie de crecimiento rápido, a pesar de que se ha afirmado lo contrario lo cual convierte a esta especie en Colombia, como el recurso renovable comercial, mas importante del manglar, ya que produce gran cantidad de

biomasa en corto tiempo (Campos *et al.* 1990, Silva & Bonilla 2001)

Los valores de mortalidad y la tasa de explotación encontrados con los dos tipos de datos, no se consideran bajos con respecto al de Borda & Cruz 2004c (0.82 y 71%, respectivamente) en Colombia, considerando que estos autores emplearon tres métodos para su evaluación, ya que para bivalvos no hay un modelo único ajustado. También fue similar al de Stern-Pirlot & Wolff 2006 en Costa Rica, únicamente para la tasa de explotación (62%-76%). Los resultados indican que los individuos que mueren por efecto de la pesca representan entre dos y tres veces los que mueren naturalmente, lo cual indica un estado de explotación alta en la zona. Los mayores incrementos en las tasas de mortalidad y explotación obtenidas con datos biológicos, obedecen a más individuos capturados por debajo de 40mm en donde la mortalidad natural es mayor que en tallas superiores. Los individuos con tallas por debajo de 45mm son consumidos localmente, mientras que las tallas superiores son base de la comercialización regional.

Aunque existen variaciones en las épocas de maduración sexual con respecto a otras áreas del Pacífico americano, se presenta una coincidencia con lo encontrado por Herrán 1983 en la bahía de Buenaventura (Colombia), registrando también cuatro picos reproductivos en el año (Cuadro 3). Las diferencias se pueden relacionar con variaciones ambientales como la temperatura y pluviosidad (Kusakabe 1959, Pathansali 1961, Campos *et al.* 1990), con la salinidad (Cruz 1987) y la época de estudio. Se presentó una coincidencia entre los meses de maduración sexual y los meses de mayor peso fresco. De esta manera, el aumento del peso fresco puede ser un indicador de los periodos reproductivos. El tipo de crecimiento isométrico encontrado y la diferencia de rendimiento entre los grupos de tallas, indican que *A. tuberculosa* disminuye su producción de carne después de los 40mm de longitud, aunque el peso de la concha sigue aumentando. Datos similares fueron encontrados por Silva & Bonilla 2001 en Costa Rica. Esta disminución del peso

CUADRO 3

Comparación de los meses de mayor actividad reproductiva de la piangua *Anadara tuberculosa* en el Pacífico americano

TABLE 3

Comparison of the highest reproductive months activity of the piangua *Anadara tuberculosa* in the American Pacific

Región geográfica	Autor	Meses
Buenaventura, Colombia	Herrán, 1983	Febrero, abril, septiembre y diciembre
Tumaco, Colombia	Borda & Portilla, 1998	Mayo y noviembre
Tumaco, Colombia	Borda & Cruz, 2004	Febrero y noviembre
Pacífico colombiano	Squires <i>et al.</i> , 1975	Febrero y noviembre
Costa Rica	Cruz, 1982	Febrero y noviembre
Bahía Magdalena, México	García-Domínguez <i>et al.</i> , 2008	Julio y agosto
Bahía Málaga, Colombia	Presente estudio	Diciembre, febrero, abril y agosto

de la carne, coincide con la reducción del crecimiento después del primer año de vida, lo cual indica que *A. tuberculosa* invierte más energía en incorporación de carbonato de calcio para la concha y menos al aumento de talla. Las épocas de madurez sexual encontradas en diciembre y abril, coinciden con el reclutamiento en Bahía Málaga, ya que después del desove, tardan aproximadamente de tres a cuatro meses para reclutarse. Los jóvenes menores a 20mm de longitud, permanecen adheridos por medio del bizo a fibras de coco y restos vegetales en aguas sumergidas cerca de la costa y a raíces de mangle y otras conchas en las zonas de manglar, posterior a esto, se desprenden del sustrato de fijación para llevar una vida libre bentónica después de los primeros seis meses de vida

La baja densidad encontrada de *Anadara similis* (0.05 ± 0.049 individuos/m²), puede sugerir una disminución de esta especie teniendo como base los registros orales de la comunidad, quienes ancestralmente han explotados estos recursos. En Costa Rica, Silva & Bonilla 2001, también registraron una baja densidad (entre 0.1 y 0.2 individuos/m²), sugiriendo un proceso de disminución de esta especie, mientras que en Colombia, Lucero & Cantera 2008 en Cauca (Colombia), encontraron una densidad baja de 0.1 ind/m², indicando también, una disminución de esta especie de acuerdo a registros orales en el pasado. De acuerdo a esto, se sugiere intensificar los estudios en esta especie, para determinar el estado poblacional y potencial pesquero, ya que, también es capturada

durante las faenas de recolección de *Anadara tuberculosa*, y estos aspectos aun son desconocidos en Colombia para *Anadara similis*.

De acuerdo con la baja densidad encontrada, alta mortalidad, el gran esfuerzo ejercido sobre el recurso, alta tasa de explotación ($E=71\%$) y la baja talla media de captura, por debajo de la talla sugerida por la ley colombiana, permiten inferir que *Anadara tuberculosa* se encuentra en una etapa de sobreexplotación en Bahía Málaga.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle por el apoyo financiero de este proyecto: “Bases científicas para el acompañamiento de procesos de explotación y conservación de la piangua en Bahía Málaga, Pacífico colombiano”. A todos los compañeros y estudiantes de Biología marina por su compañía y apoyo y un agradecimiento especial a la comunidad de La Plata (Bahía Málaga) por darnos la oportunidad de vivir en su territorio durante las jornadas de trabajo y asesorarnos con su amplio conocimiento sobre el recurso piangua y el ecosistema de manglar.

RESUMEN

Anadara tuberculosa es el bivalvo de mayor explotación en la costa pacífica de Colombia, se distribuye en Colombia desde Cabo Corrientes (Chocó) hasta los límites

con el Ecuador, está asociada al bosque de manglar. Con el objetivo de determinar el estado de la pesca y su crecimiento, entre diciembre 2005 y abril 2007, se realizaron muestreos comerciales no sistemáticos y un muestreo biológico intensivo en Bahía Málaga. El crecimiento, se estimó utilizando la forma general de von Bertalanffy, con previa aplicación de los métodos de Bhattacharya & Powell-Wetherall. La mortalidad y tasa de explotación fueron determinadas usando el modelo inverso de von Bertalanffy. Se encontró una densidad de 0.64 ± 0.13 individuos/m². En el muestreo comercial se midieron 836 individuos de *Anadara tuberculosa* con tallas entre 31.1mm y 92.2mm. Los datos biológicos fueron más confiables para explicar el crecimiento de *Anadara tuberculosa* ($K=0.332$ por año, $L_{\infty}=88.256$ mm, $t_0=-0.0556$ años) que los datos comerciales ($K=0.256$ por año, $L_{\infty}=89.77$ mm, $t_0=0.733$ años). La tasa de explotación alta (77%), baja densidad y alta mortalidad, sugieren que *Anadara tuberculosa* se encuentra en un estado de sobre-explotación y requiere urgentes estrategias de manejo.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*, crecimiento, reproducción, reclutamiento, explotación, Bahía Málaga.

REFERENCIAS

- Ampie, C.L. & R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. *Brenesia* 31: 21-24.
- Ardila, N., G.R. Navas & J.O. Reyes. 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Inst. Inv. Rec. Biol. Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Baqueiro, E.C. 1984. Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture* 39: 83-93.
- Baqueiro, E. & D. Aldana. 2003. Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México. *Rev. Biol. Trop.* 4: 97-107.
- Betancourth, J. & J. Cantera. 1978. Estudio ecológico y económico de la piangua Mem. 1er. Seminario sobre el Océano Pacífico sudamericano. Cali, Colombia.
- Bolívar, G. 1984. Evaluación de la oferta de semilla de *Anadara* spp. en el estero Veneno, Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Informe Técnico.
- Borda, C.A. & E.G. Portilla. 1998. Talla de captura, madurez sexual, comercialización y recomendaciones para el manejo de la *Anadara tuberculosa* (piangua hembra) en la Ensenada de Tumaco (Nariño), Pacífico colombiano. Mem. XI Sem.Nac. Pol., Cien. Tec. Mar, Com. Col. Ocean. CCO, COLCIENCIAS, Bogotá, Colombia. [CD-ROM].
- Borda, C.A. & M.E.G. Portilla. 1999. Estado actual del recurso *Anadara tuberculosa* (piangua hembra) en la Ensenada de Tumaco (Nariño) y recomendaciones para su ordenación en el Pacífico colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. Subdirección de Investigaciones, División de Recursos Pesqueros. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Borda, C.A. & R. Cruz. 2004a. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Rev. Invest. Mar.* 25: 185-195 (también disponible en línea: www.cim.uh.cu/rim/pdf/2004/3/2004-185.PDF).
- Borda, C.A. & R. Cruz. 2004b. Pesca artesanal de bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* y su relación con eventos ambientales, Pacífico colombiano. *Rev. Invest. Mar.* 25: 197-208 (también disponible en línea: www.cim.uh.cu/rim/pdf/2004/3/2004-197.PDF).
- Borda, C.A. & R. Cruz. 2004c. Crecimiento y tasas de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Rev. Invest. Mar.* 25: 177-184 (también disponible en línea: www.cim.uh.cu/rim/pdf/2004/3/2004-177.PDF).
- Borrero, F.J. 1982. Observaciones sobre la recolección de jóvenes de "piangua" *Anadara* spp. y las condiciones oceanográficas en el área de Punta Soldado, Bahía de Buenaventura. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Broom, M.J. 1982. Structure and seasonality in a Malaysian mudflat community. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 15: 135-150.
- Campos, J., M.L. Fournier & R. Soto. 1990. Estimación de la población de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Sierpe-Terraba, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38: 477-480.
- Cantera, J.R. & R. Contreras. 1978. Informe preliminar sobre el potencial malacológico aprovechable en el Pacífico colombiano. Mem. I. Sem. Ocean. Pac. Sudamer. 2: 440-474.
- Contreras, R. & J.R. Cantera. 1978. Notas sobre la ecología de los moluscos asociados al ecosistema Manglar-Estero en la costa del Pacífico colombiano. Mem. I. Sem. Ocean Pac. Sudamer. Univalle.
- Cruz, R.A. 1982. Variación mensual del índice de condición del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda:

- Arcidae) en Punta Morales. Puntarenas Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 30: 1-4.
- Cruz, R.A. 1984. Algunas Aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 32: 45-50.
- Cruz, R.A. 1987. The reproductive cycle of the mangrove cockle *Anadara grandis* (Bivalvia: Arcidae) in Costa Rica. Brenesia 27: 1-8.
- Cruz, R.A. & J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 31: 175-179.
- Cruz, R. & C.A. Borda. 2003. Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de la piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Rev. Inves. Mar. 24: 221-230 (también disponible en línea: www.cim.uh.cu/rim/pdf/2003/3/2003-221.pdf).
- Espinosa, S., M.F. Delgado, B. Orobio, L.M. Mejía Ladino & D.L. Gil Agudelo. 2010. Estado de la población y valoración de algunas estrategias de conservación del recurso piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en sectores de Bazán y Nerete, costa pacífica nariñense de Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost. 39: 161-176.
- Felix Pico, E.F., M. Ramírez Rodríguez & O. Holguín Quiñones. 2009. Growth and fisheries of the Black Ark *Anadara tuberculosa*, a bivalve mollusk, in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. N. Am. J. Fish. Manage. 29: 231-236.
- Flores, L. 2011. Growth estimation of mangrove cockle *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Bivalvia): application and evaluation of length-based methods. Rev. Biol. Trop. 59: 159-170 (también disponible en línea: www.latindex.ucr.ac.cr/rbt59-1/rbt59-1-13.pdf).
- Flores, L. & R. Lincadeo. 2010. Size composition and sex ratio of *Anadara tuberculosa* and *Anadara similis* in a mangrove reserve from the northwest of Ecuador. Rev. Biol. Trop. 45: 541-546.
- Fournier, M.L. & E. De La Cruz. 1987. Reproduction of the cockle *Anadara grandis* in Costa Rica. Naga 10: 6.
- Franco, L. 1995. Uso y conservación de moluscos del género *Anadara* (Mollusca: Bivalvia): evidencia poblacional en un gradiente de explotación humana en el Chocó, costa Pacífica colombiana. Tesis de Maestría, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- García-Domínguez, F.A., A. De Haro Hernández, A. García Cuellar, M. Villalejo Fuerte & S. Rodríguez Astudillo. 2008. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcidae) en Bahía Magdalena, México. Rev. Biol. Mar. Ocean. 43: 143-152 (también disponible en línea: www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v43n1/art15.pdf).
- Gayanilo, Jr. F.C., P. Sparre & D. Pauly 2005. The FAO ICLARM stock assessment tools (FISAT II) user's guide. FAO, Computerized Information Series (Fisheseries), N°8.
- Goonetilleke, H. & K. Sivasubramaniam. 1987. Separating mixtures of normal distributions: basic programs for Bhattacharya's method and their applications to fish population analysis. Programme Marine Fishery Resources Management in the Bay of Bengal. FAO. Colombo, Sri Lanka.
- Gutiérrez, C.F., M.X. Zorrilla, A.A. Villa & V. Puentes. 1999. Aspectos biológico-pesqueros de la piangua *Anadara tuberculosa* en el parque nacional natural Sanquianga. VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Colacmar, Lima, Perú.
- Hernandez-Valenzuela, R. 1996. Pesquería de almeja pata de mula, p.121-126. In M. Casas Valdez & G. Ponce-Díaz (eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, SEMARNAP, Gobierno del Estado De Baja California Sur, FAO, UABCS, CIB-NOR, CICIMAR, Inst. Nac. de La Pesca y CETMAR.
- Herrán, Y. 1983. Observaciones sobre el desarrollo gonadal de la "piangua" *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en Punta Soldado, Bahía de Buenaventura. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Doc.Téc. Pesca (115) Rev. 1: 211 (también disponible en línea: www.fao.org/docrep/003/F0752S/F0752S00.HTM).
- Keen, A. 1971. Sea shells of tropical west America. Stanford University, Stanford, California, EEUU.
- Kenneth, V.L. Jr. 1969. Seasonal gonadal changes in two bivalve mollusks in Tomales Bay, California. The Veliger 11: 4.
- Kuehl, R.O. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Thomson, D. F., México.
- Kusakabe, D. 1959. Studies on the culture of the artificial seeds of the ark shell *Anadara subcrenata* (Lischke). J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima University, Japón.

- Lucero, C.H. & J.R. Cantera. 2008. Análisis de la explotación de la piangua hembra *Anadara tuberculosa* en El Consejo Comunitario de Cuerval-Cauca, Pacífico colombiano. Inf. Tec. CCI-Cuerval. Guapi-Cauca, Colombia.
- Lucero, C.H., J.R. Cantera & I.C. Romero. 2006. Variability of macrobenthic assemblages under abnormal climatic conditions in a small scale tropical estuary. Estuar. Coast. Shelf Sci. 68: 17-26.
- Maldonado, J. 2006. Aspectos Biológicos y Pesqueros de la Concha Prieta (*Anadara tuberculosa*) en Puerto El Morro entre septiembre y diciembre de 2005. Inf. Téc., INP IRBA.
- Munro, J.L. & D. Pauly. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte: 1: 5-6 (también disponible en línea: www2.fisheries.com/files/MethodCompareGrowthFishInvertebrates.pdf).
- Narchi, W. 1976. Ciclo anual da gametogenese de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca Bivalvia). Bol. Zool. Univ. S. Paulo 1: 331-350.
- Ortiz, E., E. Uria, A. Silva Olivares, V. Tsutsumi & M. Shibayama. 2003. Estudio de la ultraestructura de la espermatogénesis de *Anadara tuberculosa* (Sowerby 1833) (Mollusca: Pelecypoda: Arcidae). Hidrobiología 13: 145-150 (también disponible en línea: [//investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/13-2PDF/145-150_%20ortiz.pdf](http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/13-2PDF/145-150_%20ortiz.pdf)).
- Pathansali, D. 1961. Notes on the ecology of the cockle *Anadara granosa*. L. Proc. Indo-pacific Fish Council 11: 84-98.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. de pesca (234). Roma, Italia. (también disponible en línea: www.fao.org/docrep/003/X6845S/X6845S00.htm#toc).
- Puentes, G.V. 1997. Aspectos biológicos pesqueros de la piangua *Anadara* spp. en el Parque Nacional Natural Sanquianga. Informe final. Ministerio del Medio Ambiente, Unidad administradora Especial del Sistema de Parques nacionales naturales, Colombia.
- Riascos, J. & H.J. Urban. 2002. Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroidea: Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1977/1998. Rev. Biol. Trop. 50: 1113-1123 (también disponible en línea: <http://www.ots.ac.cr/tropiweb/attachments/volumes/vol150-3-4/24-RIASCOS.pdf>).
- Rodríguez, F. 1985. Taxonomía, crecimiento y mercadeo de la piangua *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Pacífico colombiano. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle, Colombia.
- Silva, B.A.M. & R. Bonilla. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49: 315-320.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. FAO. Manual. Documento técnico de pesca. No. 306.1 Rev. 2: 420.
- Squires, H.G., M. Estevez, O. Barona & O. Mora. 1975. Mangrove cockles, *Anadara* spp. (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific coast of Colombia. Veliger 18: 57-68.
- Stern-Pirlot, A. & M. Wolff. 2006. Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the pacific coast of Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 54: 87-99.
- Vakily, J.M. 1992. Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other Tropical areas. International Center for Living Aquatic resources Management. Manila, Philippines. ICLARM Tech. Rep. 36.