



**Análisis del desarrollo sexual y crecimiento del bivalvo
Anadara tuberculosa como información soporte para
ensayos de reproducción en Tumaco-Nariño**

Carlos Hernan Lucero Rincón, Nasly Quiñones P., Katty J. Valencia,
Cindy N. Mosquera V., Donni Cortes C., William O. Gualteros R.

Referencia: Lucero, C. H., Quiñones, N., Valencia, K., Mosquera, C., Cortes, D., Gualteros, W. (2022). Análisis del desarrollo sexual y crecimiento del bivalvo *Anadara tuberculosa* como información soporte para ensayos de reproducción en Tumaco-Nariño. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, (8), 5-22.

Resumen

Se evaluó el índice de madurez sexual (IMS) y aspectos poblacionales del bivalvo *Anadara tuberculosa*, como información base para realizar ensayos de inducción al desove. En Tumaco-Nariño, se obtuvieron muestras comerciales en mayo, junio y julio de 2022. Los individuos fueron acondicionados en laboratorio, medidos, pesados y disectados para su evaluación. La actividad reproductiva no coincide con lo registrado en la literatura científica, lo cual indica variaciones del comportamiento reproductivo en el tiempo. Se encontró un bajo nivel de madurez sexual y un crecimiento de tipo isométrico. El promedio de tallas registradas muestra que el 60% están siendo capturados con la talla mínima reglamentaria de Colombia (5,0 cm), mientras que el 40% están por debajo de la misma. Se concluye que, para una evaluación del desarrollo sexual del *Anadara tuberculosa*, se deben obtener muestras semanales durante un año de estudio, y no mensuales como ha ocurrido actualmente.

Palabras clave: Piangua, Recurso pesquero, manglares, maduración, Pacífico colombiano.

Introducción

Anadara tuberculosa es un molusco bivalvo habitante de los suelos de manglar, con una distribución en el pacífico americano desde baja California hasta el norte de Perú. En Colombia es conocido como “piangua”, y es el bivalvo más intensamente explotado (Gil-Agudelo et al., 2011), lo cual representa una importancia a nivel económico para las regiones costeras del país. Debido a la sobreexplotación a la que ha sido sometido este recurso, el volumen de captura ha disminuido y se encuentra incluido en el libro rojo de invertebrados marinos de Colombia como una especie vulnerable (Ardila et al., 2002). Al respecto en los últimos 20 años se ha presentado una disminución del recurso que ha sido registrada por otros autores Borda y Cruz (2004b); Cruz y Borda (2003); Lucero et al. (2012). En Tumaco, es la especie de molusco más explotada y actualmente representa una importante fuente de empleo, subsistencia y alimentación debido a que aporta proteína en la dieta tradicional (Lucero et al., 2013). Es una actividad realizada generalmente por mujeres y niños, los cuales se dedican diariamente a la extracción de este recurso en los ecosistemas de manglar durante las mareas bajas.

Estudios en esta especie han mostrado avances en las estrategias de conservación con el fin de generar información para su sostenibilidad (Roldan et al., 2010; Espinosa et al., 2010; Chamorro y Rosero, 2016). También ha sido utilizada como bioindicador de contaminación por metales pesados e hidrocarburos debido al carácter filtrador de esta especie (Lucero, 2019; Zambrano et al., 2012a,



2012b, 2012c). Sin embargo, aspectos sobre la reproducción inducida en el pacífico colombiano han sido poco tratados (García et al., 2018).

Con respecto al estudio de los aspectos reproductivos y pesqueros de esta especie, a partir del 2003 han sido intensificados (Cruz y Borda, 2003; Borda y Cruz, 2004a, 2004b y 2004c; Gil-Agudelo et al., 2011; Cano-Otalvaro et al., 2012; Manjarrez et al., 2012; Lucero et al., 2012, 2013, 2021). En estos estudios se ha logrado identificar los meses de mayor actividad reproductiva de la piangua, factores que lo determinan y aspectos biológicos pesqueros. De acuerdo con estos estudios, el comportamiento reproductivo de esta especie se relaciona con las condiciones del manglar hábitat de esta especie, cambios climáticos, disponibilidad de alimento y condiciones específicas de la intensidad pesquera en cada región (Lucero et al., 2013), es por ello que los cambios en el tiempo de estas condiciones permiten la variación estacional del desarrollo sexual de *Anadara tuberculosa*. Teniendo en cuenta que los ecosistemas de manglar están siendo modificados por acciones antrópicas y algunas naturales como la variación del clima en el planeta, es necesario continuar evaluando la actividad reproductiva de esta especie a fin de actualizar la información de su comportamiento reproductivo en Tumaco y así generar información para un desarrollo tecnológico de la producción de semilla en cautiverio con fines de repoblamiento y manejo comercial de este recurso pesquero.

Debido a lo anterior, la presente investigación busca aportar información relevante sobre los tiempos de maduración sexual de la especie, tallas de madurez sexual, índices de maduración sexual, crecimiento y algunos aspectos biológicos pesqueros, que permitan generar una información soporte para la realización de futuros ensayos de inducción al desove de esta especie. Estos aspectos son de importancia, para la transferencia de conocimientos y de tecnologías con las comunidades extractoras de piangua, a fin de implementar las acciones de manejo sostenible del recurso y garantizar su conservación y desarrollo económico en la región. Al mismo tiempo, y como parte de la ejecución de proyectos de investigación en el Centro Agroindustrial y Pesquero de la Costa Pacífica (SENA-Tumaco, Nariño), se fortaleció las habilidades y competencias de aprendices en el desarrollo de procesos investigativos para el desarrollo de la región y en la estructuración de artículos científicos como resultados del mismo.

Metodología

Obtención y procesamiento de las muestras

Se realizó una investigación tipo cuantitativa-longitudinal para determinar el estado de desarrollo sexual y el tipo de crecimiento que presenta *Anadara tuberculosa* obtenida en los manglares de Tumaco del pacífico colombiano en el periodo evaluado. Para ello se obtuvieron tres (3) muestras comerciales en los meses de mayo, junio y julio de 2022, procedentes del centro de acopio del barrio el Morrito de la ciudad de Tumaco-Nariño (01°48'54,4"N; 078°48'27,5"W) (**Figura 1**). Esta información será un aporte para los procesos de transferencia de conocimientos con las comunidades extractoras de piangua y el desarrollo de tecnologías para el cultivo de la especie, a fin de implementar acciones de manejo sostenible del recurso en la región.



Figura 1

Área de estudio en el municipio de Tumaco Nariño.



Nota. La figura muestra la ubicación del Centro de acopio de las pianguas en el barrio Exporcol de Tumaco de donde se obtuvieron las muestras biológicas para el análisis. Imagen tomada de Google Earth (2022, 29 de julio) y modificada para este trabajo.

Para el estudio se necesitó una muestra de 146 individuos de *Anadara tuberculosa*, los cuales estuvieron representados por 58 individuos en mayo, 43 en junio y 45 en julio. Los organismos se mantuvieron en acondicionamiento durante dos días previos a su procesamiento en sistemas de acuarios provistos de aireación continua y agua marina a 25 unidades de salinidad, sin filtración para permitir su alimentación de microalgas del agua.

Para determinar el desarrollo sexual de esta especie a nivel macroscópico y analizar la información, se empleó la metodología utilizada por Lucero et al. (2012; 2013). A cada individuo se le midió la longitud total con un calibrador digital marca Stainless hardened de 0,01mm de precisión, definida entre el borde anterior hasta el borde posterior más externo de la concha (Holden y Raitt, 1975), adicional a estas medidas se determinó el ancho y altura de la concha. En laboratorio se determinó el peso total y peso de la carne sin concha con una balanza marca OHAUS de 0,1 gramos de precisión. Ver **Figura 2**

Figura 2

Procesamiento de muestras de Anadara tuberculosa.



Nota. Se muestra la separación de los individuos por tallas y herramientas de medición y pesaje. Elaboración propia, 2022.

Para determinar el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de la especie, se realizó un análisis de asociación entre la longitud y el peso, determinando el coeficiente de correlación de Pearson (r) usando Microsoft Excel 2007. La **Ecuación 1** muestra el modelo de la forma:

Ecuación 1

Ecuación de crecimiento exponencial

$$W=aL_t^b$$

Nota. Relación Longitud-Peso (Pauly, 1983).

Donde “**W**” es el peso total (concha y carne) o el peso corporal húmedo libre de concha, “**a**” es la constante de regresión, “**L_t**” es la longitud total de la concha, “**b**” es la constante del modelo que define el tipo de crecimiento (si $b=3$, el crecimiento es isométrico, en este caso se considera que el peso y longitud crecen en la misma proporción, si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico. Esta ecuación se transforma en forma lineal tomando logaritmos a ambos lados de la **Ecuación 2**.



Ecuación 2

Linealización de la ecuación de crecimiento exponencial

$$\ln(W) = \ln(a) + b * \ln(Lt)$$

Nota. Ecuación linealizada de la relación Longitud-Peso (Pauly, 1983).

Se realizó la prueba estadística t (Pauly, 1983) con un 90% de confianza, para comprobar si el crecimiento es isométrico o alométrico.

Para la observación macroscópica, se separó la carne de la concha y se realizó un corte transversal y longitudinal de la carne para conocer el color, ubicación y distribución de la gónada. Esto permitió estimar por observación directa, el porcentaje ocupado de la gónada dentro de la cavidad visceral para clasificar los estadios en reposo, desarrollo, madurez inicial, madurez y desove (Lucero et al., 2013), y se registró la coloración de la gónada, anaranjada en hembras y crema o blanca en machos. Se guardaron registros fotográficos de las observaciones tal como se muestran en la **Figura 3** y **Figura 4**.

La descripción de los estadios de madurez sexual a nivel macroscópico según Borda y Cruz (2004a); Lucero et al. (2012) y Lucero et al. (2013) son:

Reposo o estado 1: no es posible observar a simple vista la gónada (**Figura 3**).

Desarrollo o estado 2: se observa una pequeña glándula acinosa anaranjada si es hembra y blanquecina o crema si es macho, el volumen que representa dentro la cavidad visceral es de aproximadamente menos del 20% (**Figura 3**).

Madurez inicial o estado 3: los animales presentan una gónada que ocupa aproximadamente entre el 30% y 50% de la cavidad visceral, anaranjada brillante si es hembra y crema si es macho, en nivel avanzado puede confundirse con la etapa siguiente de madurez (**Figura 3**).

Madurez o estado 4: se distingue una glándula que ocupa entre el 50% y 100% de la cavidad visceral, es abundante de consistencia dura y turgente, el color anaranjado brillante para las hembras y crema o blanquecino si es macho (**Figura 4**).

Desove o estado 5: a menudo se confunde con el de reposo, debido a que en ocasiones no es posible observar gónadas a nivel macroscópico, se diferencia en que cuando ha ocurrido el desove, los animales se observan flácidos y con coloración pálida y en muchas circunstancias hay presencia de manchas oscuras que son gránulos de secreción y restos de gránulos sanguíneos desoxigenados observando fluidos de apariencia negra (**Figura 4**).

Figura 3

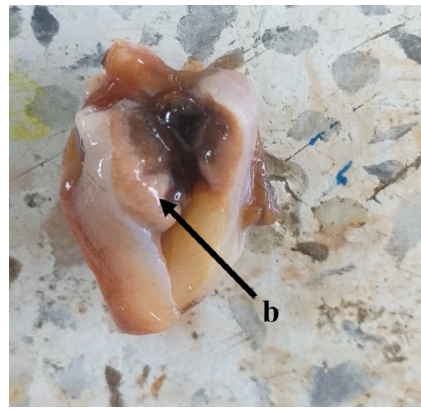
Registro fotográfico de los estados de desarrollo sexual de Anadara tuberculosa.



1. Reposo o indiferenciado, no hay gónada



2. Hembra en desarrollo (observe pequeña gónada anaranjada (a))



2. Macho en desarrollo, gónada color crema (b)



3. Hembra en madurez inicial. Gónada anaranjada (c)

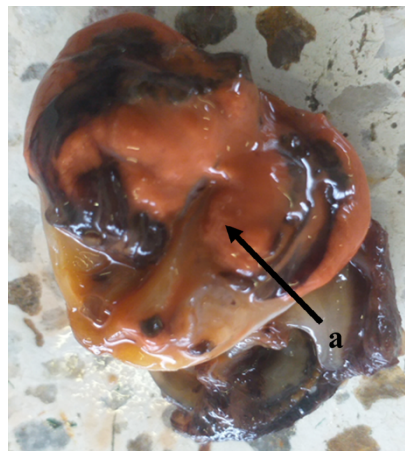


3. Macho en madurez inicial. Gónada crema (d)

Nota. Las flechas muestran la ubicación de la glándula reproductiva. Elaboración propia, 2022.

Figura 4

*Registro fotográfico de los estados de desarrollo sexual e *Anadara tuberculosa*, madurez y desove.*



4. Hembra en madurez. Gónada anaranjada (a)



4. Macho en Madurez. Gónada crema (b)



5. Hembra en desove, se observa la flacidez del cuerpo. Observar gonada residual anaranjada (c)



Nota. Las flechas muestran la ubicación de la glándula reproductiva. Elaboración propia, 2022.

Se calculó el Índice de Madurez Sexual (IMS) para los meses evaluados, el cual relaciona el número de individuos maduros del nivel 4 con el número total de individuos analizados, también se calculó el índice de condición expresado como rendimiento de carne (R), que se define como la capacidad del animal para producir la máxima cantidad de carne (Cruz, 1984) y es un índice de condición que funciona como medida que refleja la actividad fisiológica del organismo en diferentes condiciones ambientales (Lucero et al., 2013). Este se calcula considerando el peso fresco de la carne en relación con el peso total (Cruz y Palacios, 1983).

Resultados

Se encontró un bajo IMS en los tres meses analizados, a excepción de julio en donde se encontró un IMS del 51,11%, mostrando una mejor actividad reproductiva para este mes, mayo y junio estuvieron por debajo del 7%. Los eventos de desove fueron bajos, pero con mayor incidencia en mayo; en este mes se registró una mayor proporción de individuos en estado de desarrollo o inmaduro (**Tabla 1**), lo cual sugiere la recuperación sexual de la población después de un evento de desove fuerte que pudo haber ocurrido en abril. Los resultados muestran que en junio existe un alto porcentaje de individuos en estado de reposo, en el cual no hay gónadas observables, mientras que en julio ya inicia la actividad reproductiva (**Tabla 1**). El índice de condición determinado como el “rendimiento de la carne”, no mostró el mismo comportamiento del Índice de Madurez Sexual (IMS), con el menor registro en julio (18,36%), valor intermedio en mayo (19,97%) y mayor en junio (20,15%).

Tabla 1

*Índice de madurez sexual y rendimiento de carne de *Anadara tuberculosa* obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.*

Descripción	Mayo		Junio		Julio	
	Índice (%)	n	Índice (%)	n	Índice (%)	n
Reposo	10,34	6	51,16	22	40,00	18
Desarrollo/inmaduro	50,00	29	18,60	8	0,00	0
Madurez inicial	24,14	14	20,93	9	8,89	4
Madurez (IMS)	8,62	5	6,98	3	51,11	23
Desove	6,90	4	2,33	1	0,00	0

Nota. Se muestran los porcentajes de individuos en cada estado de desarrollo sexual. Elaboración propia, 2022.

Análisis de tallas

Los resultados registraron un rango de tallas entre 3,80 cm hasta 7,5 cm, con un promedio general de 5,36 cm $\pm$ 0,89 cm (n = 146 individuos). Los descriptores variaron en el periodo de estudio con los mayores valores medios en junio de 2022, **Tabla 2**.



Tabla 2

Descriptores de las medidas de la concha de Anadara tuberculosa obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.

Fecha	Descriptor	Longitud total (cm)	Grosor (cm)	Altura (cm)
Mayo	Media	4,40	2,44	3,11
	Desv Est.	0,24	0,29	0,29
Junio	Media	6,11	3,73	4,47
	Desv Est.	0,49	0,40	0,41
Julio	Media	5,90	3,61	4,30
	Desv Est.	0,49	0,41	0,36
Total	Media	5,36	3,18	3,88
	Desv Est.	0,89	0,70	0,72

Nota. La tabla indica las mediciones morfométricas de la concha de *Anadara tuberculosa*. Elaboración propia, 2022.

Cerca del 40% de las capturas se está ejerciendo sobre individuos con tallas inferiores a 5,0 cm y de estos, el 23,29% corresponden a individuos pre-adultos, lo cual es preocupante dado el agotamiento del recurso. No se registraron individuos jóvenes, considerados por Borda y Cruz (2004) menores de 3,0 cm. Aproximadamente el 60% de las capturas se está ejerciendo sobre individuos con tallas superiores a 5,0 cm, considerada la talla mínima lega de captura en Colombia (**Tabla 3**).

Tabla 3

Distribución de las capturas de Anadara tuberculosa por rango de tallas obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.

Rango tallas (cm)	Registros por rango de tallas		
	0-4,5	4,5-5,0	más de 5,0
Frecuencia (%)	23,29	17,12	59,59
N	34	25	87
Mínimo	3,8	4,5	5,3
Máximo	4,4	4,9	7,5
Media (cm)	4,25	4,60	6,03
Desv. estándar	0,17	0,13	0,47

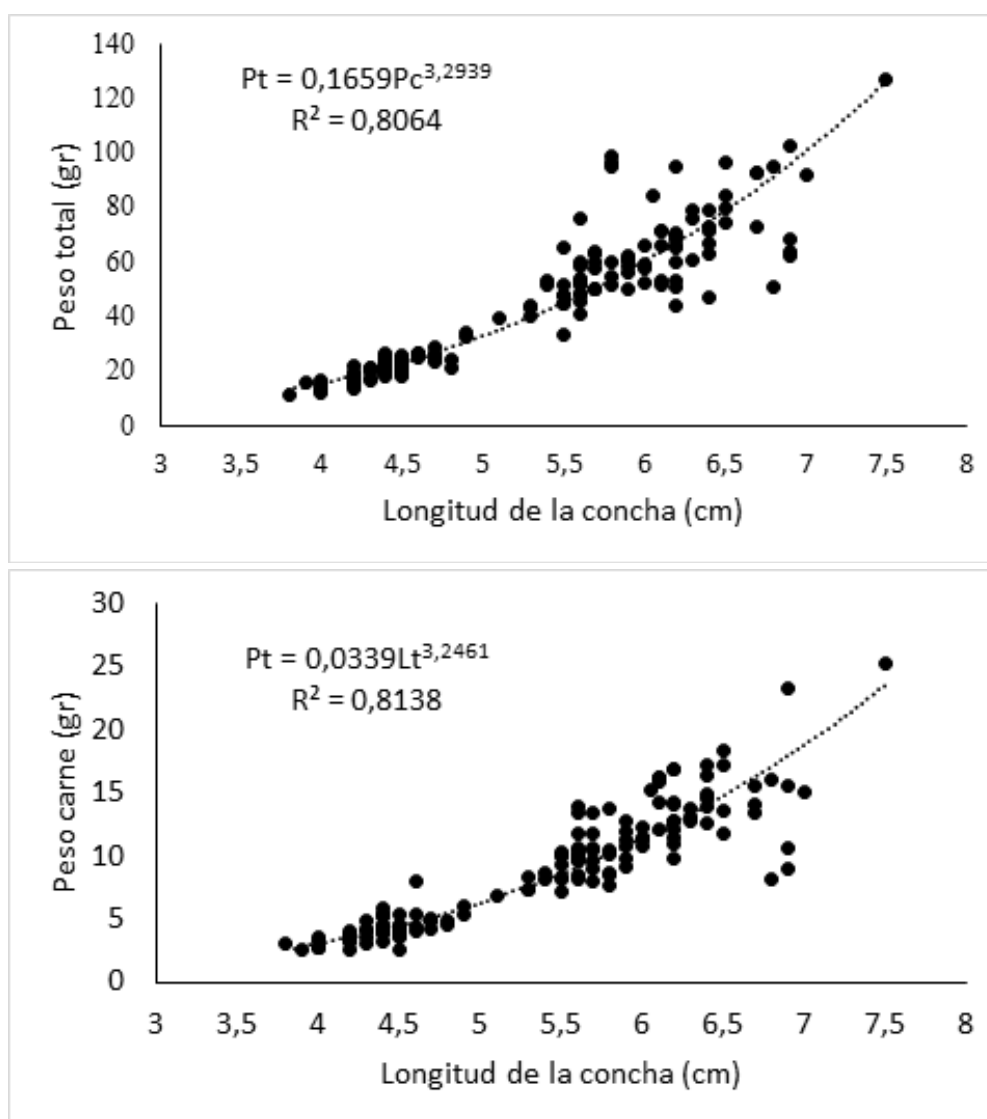
Nota. La tabla muestra los rangos de tallas de las pianguas comercializadas en Tumaco. Elaboración propia, 2022.

Crecimiento de *Anadara tuberculosa*

La relación del peso total (Pt) y peso de la carne (Pc) con la longitud de la concha de *Anadara tuberculosa*, mostró una alta correlación ($r = 0,90$) para las dos variables (Pt y Pc); la pendiente (b) en ambos casos fue de 3,29 y 3,24 respectivamente, **Figura 5**. El valor de “b” calculado no difiere estadísticamente de tres y por lo tanto *Anadara tuberculosa* presentó un crecimiento del tipo isométrico (t-Student, $p > 0,05$). La linealización de las curvas permitió encontrar una ecuación predictiva lineal para determinar las variables de peso y longitud, **Figura 6**.

Figura 5

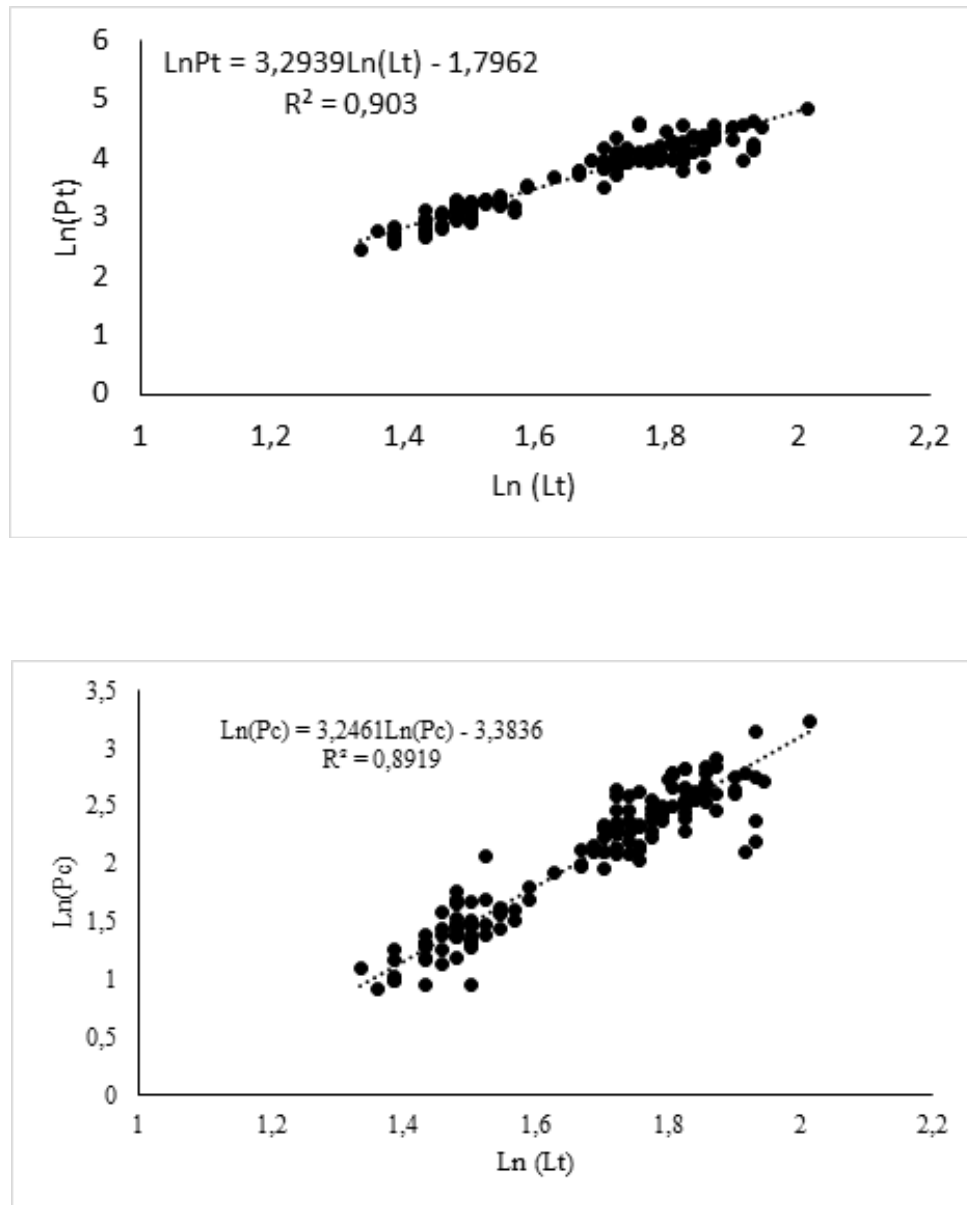
*Relación longitud-Peso total (superior) y longitud-Peso de carne (inferior), de *Anadara tuberculosa* en Tumaco durante mayo a julio de 2022.*



Nota. Las figuras muestran la forma del crecimiento de *Anadara tuberculosa*. Elaboración propia, 2022.

Figura 6

Linealización con logaritmo natural de la relación longitud-Peso total (superior) y longitud-Peso de carne (inferior), de Anadara tuberculosa en Tumaco durante mayo a julio de 2022.



Nota. Las figuras muestran la predicción lineal del aumento en masa de *Anadara tuberculosa* si se conoce su longitud total. Elaboración propia, 2022.

Discusión

Tallas de captura

En Tumaco, se está comercializando una alta proporción (40%) de individuos que no presentan la talla mínima legal de captura en Colombia (50,0 mm), lo cual indica una preocupación en las autoridades ambientales debido a que la captura de individuos por debajo de esta talla disminuye el potencial reproductivo de las poblaciones de piangua y el agotamiento del recurso. Esto se sustenta en los estudios que han encontrado la talla media de primera madurez sexual (TMPM), en la que se considera que el 50% de la población de *Anadara tuberculosa* ha tenido al menos un desove, considerada para el Pacífico colombiano en 43,50 mm, y sólo para Tumaco en 41,00 mm, (Lucero et al., 2013). Lo anterior sugiere fortalecer procesos de sensibilización relacionados con la comercialización de individuos con la talla legal de captura en función de la sostenibilidad ambiental y económica de la región.

Desarrollo sexual

La mayor actividad reproductiva encontrada en julio no coincide con lo reportado por Lucero et al. (2013) en Tumaco, quienes encontraron que la mayor actividad reproductiva se presenta en junio mientras que la menor es en octubre con eventos de desove en febrero y mayo. Esto sugiere que se presentan variaciones en las épocas de madurez sexual de *Anadara tuberculosa* en el tiempo. Los resultados muestran que existen eventos reproductivos en el transcurso del estudio, lo cual puede estar condicionado por el prolongado periodo de recolección de las muestras que osciló entre 3 y 4 semanas entre una y otra muestra obtenida. Después de eventos de desove, el proceso inicia con una recuperación fisiológica de los organismos en su medio natural (estado de reposo), para acondicionarse a la maduración de los gametos durante una o dos semanas (estados madurez inicial y madurez), continúan eventos de desoves parciales o totales (estado desove) según las variaciones de parámetros del agua como la temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento (microalgas y nutrientes esenciales), mediados por las condiciones de pluviosidad. Por ejemplo, Illanes (1990) afirma que un aumento de temperatura de 3°C a 5°C por encima de la temperatura normal del agua induce al desove de los moluscos en laboratorio, mientras que el cambio de salinidad de 0 unidades de salinidad a 31 unidades durante una hora, puede inducir también al desove (Retamales-González et al., 2014, Vélez-Cárdenas, Posterior al desove empieza nuevamente la recuperación sexual (estado “reposo”) en donde no es posible observar las gónadas. Estos eventos pueden ocurrir en el transcurso de un mes. Por lo tanto, muestras obtenidas con periodicidad mensual o bimensual como se han realizado algunos estudios en el pacífico americano, pueden tener la misma condición sexual; ya que durante el tiempo anterior al muestreo ocurren eventos de maduración y desove.

Debido a lo anterior se sugiere realizar el monitoreo semanal de la condición sexual de esta especie con fines de reproducción en cautiverio. A partir de ello, se podrá determinar el momento exacto en donde más del 50% de la población se encuentra sexualmente madura y en condiciones para el desove. De esta manera se aprovechan las condiciones que ofrece el medio natural, para



la inducción al desove de la especie. Información que es importante para las comunidades extrac-
toras de este recurso que implementarán los procesos de producción de semillas de esta especie.
El rendimiento (R) de la carne encontrado en el presente estudio ($19,49\% \pm 0,98\%$) es inferior a
lo reportado por Lucero et al. (2013) en la costa del Pacífico colombiano ($21,91\% \pm 7,44\%$) y en
Tumaco ($25,25\% \pm 8,07\%$). La correspondencia de este indicador con el IMS por meses evaluados
sugiere la condición fisiológica para la recuperación de los animales después de eventos de des-
ove, condiciones que fueron encontradas en el presente estudio. Esta especie mostro bajo IMS
y también de condición fisiológica (medido como rendimiento de carne), lo cual es explicado. En
este caso, el aumento de carne no es considerado un buen indicador de los eventos reproductivos
para esta especie,

Aunque estos resultados no coinciden con lo reportado por Silva y Bonilla (2001), Cruz y Palacios
(1983), Lucero et al. (2013) quienes encontraron una relación directa entre índice de condición (R)
con el IMS, el presente trabajo encontró que bajo la condición de estudio, la poca madurez encon-
trada se corresponde a una baja condición fisiológica de los animales, por lo tanto, el índice de con-
dición (R) es un buen estimativo de los procesos reproductivos para esta especie. Se recomienda
continuar estos estudios para demostrar esta condición, teniendo en cuenta otras variables como
el aumento de materia orgánica y disposición de nutrientes en las aéreas de manglar, estructura
del bosque, contaminación, ya que según Cruz y Palacio (1983); Silva y Bonilla (2001), el índice de
condición (R) está relacionado con estas variables, ya que también es considerado como un buen
indicador de la calidad del ambiente (Lucero et al., 2013), y registros bajos de este indicador po-
drían sugerir condiciones desfavorables del ecosistema de manglar para la sostenibilidad de esta
especie.

Crecimiento de *Anadara tuberculosa*

Anadara tuberculosa presentó un crecimiento del tipo isométrico tanto para el peso total como
para el peso de la carne, lo cual coincide con lo encontrado por Lucero et al. (2012) en Bahía Mála-
ga (Valle del cauca) y en Tumaco por Gil-Agudelo et al. (2011). Lo anterior implica que, en Tumaco
esta especie aumenta proporcionalmente la longitud de la concha con el crecimiento corporal
(solo carne) a partir de la incorporación de carbonato de calcio para el aumento de la concha. Esta
información es de gran importancia para establecer estrategias de cultivo y reproducción de este
molusco con fines de repoblamiento.

El crecimiento isométrico encontrado confirma los resultados expuestos por Silva & Bonilla (2001),
Lucero et al. (2012), quienes sugieren que la diferencia de rendimiento de carne (R) entre los gru-
pos de tallas, indican que *Anadara tuberculosa* disminuye su producción de carne después de los
40 mm de longitud, aunque el peso de la concha sigue aumentando. Esta disminución del peso de
la carne coincide con la reducción del crecimiento después del primer año de vida, lo cual indica
que *Anadara tuberculosa* invierte más energía en incorporación de carbonato de calcio para la
concha y menos al aumento de talla (Lucero et al., 2012). Esta información es necesaria debido, a
que, para procesos de acuicultura de esta especie, se recomienda tener en cuenta la talla máxima
en la cual el animal aumenta de carne (40 mm), y así disminuir los gastos económicos y tiempo en
la actividad.



Conclusiones

Se encontró que el 40% de las capturas comerciales en Tumaco, se están realizando sobre individuos que no tienen la talla legal de captura en Colombia, lo cual resulta peligroso debido a la reducción del potencial reproductivo de la especie.

Se concluye que, para una evaluación general del desarrollo sexual de *Anadara tuberculosa*, se deben obtener muestras semanales durante un año de estudio, con el fin de encontrar los índices de madurez sexual superiores al 70% para iniciar los procesos de inducción al desove en cautiverio.

El índice de condición determinado a partir del rendimiento de la carne sugiere que la población está iniciando un proceso de recuperación fisiológica después de ventos reproductivos condiciones que deben ser estudiadas.

Con respecto al crecimiento, el presente estudio demostró el crecimiento de tipo isométrico de esta especie, lo cual permite definir la talla en la cual los individuos pueden ser cosechados en un sistema cultivo, para obtener el máximo rendimiento de la carne.

Al respecto, se recomienda que para el desarrollo de la acuicultura de esta especie, los animales deben permanecer hasta los 4,0 cm de longitud total en los sistemas de cultivo, debido a que esta es la talla en donde se encuentra el máximo aumento de la carne. A partir de esta medida, los individuos disminuyen la producción de carne, pero aumentan en talla debido a la incorporación de carbonato de calcio para el engrosamiento de la concha.

Referencias

Ardila, N., Navas, G. R. y Reyes, J. O. (Eds.). (2002). *Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia*. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/libro-rojo-de-invertebrados-marinos-de-colombia/>

Borda, C.A. y Cruz, R. (2004a). Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25 (3), 185-195. [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Repro-Recluta%20\(2004-185\).pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Repro-Recluta%20(2004-185).pdf)

Borda, C. A. y Cruz, R. (2004b). Pesca artesanal de bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* y su relación con eventos ambientales, Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25 (3), 197-208. <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/borda2004.pdf>

Borda, C.A. y Cruz, R. (2004c). Crecimiento y tasas de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25, 177-184. [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-Web/planaccion/biblioteca/pordinario/Colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Crecimiento-Mortalidad%20\(2004-177-184\).pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-Web/planaccion/biblioteca/pordinario/Colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Crecimiento-Mortalidad%20(2004-177-184).pdf)



CODER/Anadara%20Crecimiento%20%282004-177%29.pdf

Cano-Otalvaro, J. L., Murrillo-García, O. E., Cantera-Kintz, J. R. y Gil-Agudelo, D. L. (2012). Diferenciación morfológica de las especies de piangua *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* (Arcidae) en diferentes bosques de manglar a lo largo de la costa pacífica colombiana mediante morfometría geométrica. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41 (1), 47-60. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n1/v41n1a03.pdf>

Chamorro, E. & Rosero, C. (2016). Estimation of *Anadara tuberculosa* genetic diversity in five mangroves from Tumaco, using Cytochrome oxidase I enzyme. *Revista MVZ Córdoba*, 21(3), 5547-5557. <https://doi.org/10.21897/rmvz.829>

Cruz, R.A. & Palacios, J. A. (1983). Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 31 (2), 175-179. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24931/25136>

Cruz, R.A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 32(1):45-50. Available as: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24772/24987>

Cruz, R. y Borda, C. A. (2003). Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de la piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 24, 221-230 <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/Colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Pronostico%20%282003-221%29.pdf>

Espinosa, S., Delgado, M. F., Orobio, B., Mejía, L. L. M. y Gil-Agudelo, D. L. (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. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR*, 39 (1), 161-176. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612010000100009

García, L. N., Murillo, D. L., Tabares, P. A., Paredes, F. J. & Chapman, F. A. (2018). Induced spawning of the blood ark *Anadara tuberculosa*, using hydrogen peroxide. *AACL Bioflux*, 11 (4), 1248-1251. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.1248-1251.pdf>

Gil-Agudelo, D.L., Espinosa, S. Delgado, M. F, Gualteros, W.O., Lucero, C. H. Zapata, L. Rolán, A. M., Palacio, C. J., Muñoz, O., Mayor, G. y Cantera, J. R. (2011). La pesquería tradicional de piangua el Pacífico colombiano, entre la subsistencia y el comercio. En Díaz, J.M., Vieira, C. y Melo, G. (Ed.). *Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano* (pp.49-79). MarViva. https://www.researchgate.net/publication/328772591_La_pesqueria_tradicional_de_piangua_en_el_Pacifico_colombiano_entre_la_subsistencia_y_el_comercio/link/5be1fc16a6fdcc3a8dc285e9/download

Holden, M. J. y Raitt, D. F. S. (Eds). (1975). *Manual de ciencia pesquera Parte 2-Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura



y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/3/f0752s/F0752S00.htm>

Illanes, J. (1990). *Cultivo del ostión del Norte Argopecten purpuratus*. En: Hernández A (ed) Cultivo de moluscos en América Latina, memorias 2a Reunión Grupo de Trabajo Técnico, Ancud, Chile: 211-230.

Lucero, R. C. H., Cantera, J. R. y Neira, R. (2012). Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoida: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en la bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. *Revista de Biología Tropical*, 60 (1), 203-217. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000100014

Lucero-Rincón, C. H. Cantera, J. R., Gil-Agudelo, D. L., Muñoz, O., Zapata, L. A., Cortes, N., Gualteros, W. O. y Manjarrés, A. (2013). Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48 (2), 321-334. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572013000200011

Lucero-Rincón, C. H. (2019). *Acumulación de mercurio y plomo, en el bivalvo Anadara tuberculosa, entre los años 2016 y 2018 en la desembocadura del río Dagua, Pacífico colombiano* [Tesis de maestría, Universidad Santiago de Cali]. Repositorio Institucional USC. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/232?show=full&locale>.

Lucero-Rincón, C. H., Cantera J. R., Gil-Agudelo D. L. (2021). Hermafroditismo en los bivalvos *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* Sowerby 1883 (Arcidae) en los manglares del Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(1), 163-170. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1019>

Manjarrés-Villamil, A., Lucero-Rincón, c. H., Gualteros, W. O., Cantera J. R. y Gil-Agudelo D. L. (2013). Abundancia y madurez sexual de *Anadara similis* en el manglar de Luisico, bahía Málaga, Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 42(2): 215-231. Available as: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612013000200001

Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). www.fao.org/docrep/003/X6845S/X6845S00.htm#toc.

Roldan, A. M., Delgado, M. F., Zapata, L. A., Candelo, C., Palacios, C. J., Gualteros, W., Lucero, R. C. H., Espinosa, S., Muñoz O. F., Mayor G. A. y Gil, D. L. (2010). El establecimiento de acuerdos de comanejo del recurso piangua (*Anadara tuberculosa*) en la costa Pacífica colombiana, una oportunidad para su conservación. En INVEMAR-ACIMAR (Eds). *Libro de Resúmenes extendidos XIV Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar, (SENALMAR)* (pp. 411-416). Serie de Publicaciones Especiales No, 21.

Silva, A.M. y Bonilla, R. (2001). Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y A.



similis (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 49 (2), 315-320. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/26337/26534>

Retamales-González, R., Panta-Vélez, P., Vélez-Cárdenas, J. (2014). Inducción al desove de la Concha Prieta *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en condiciones de laboratorio. *Revista La Técnica* 12 56 – 63

Zambrano, M., Casanova, R., Arencibia, G., Vidal, A. y Capetillo, N. (2012a). Cinética de bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en *Anadara similis* (Adams, 1852) y *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 15 (2), 291-302. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262012000200006&script=sci_abstract&tlng=es

Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A. & Capetillo, N. (2012b). Bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Gayana (Concepción)*, 76 (1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000200001>

Zambrano, M., Prada, J., Arencibia, G. & Vidal, A. (2012c). Bioacumulación de naftaleno y fluoranteno en el molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15 (2), 283 – 290. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262012000200005