



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

“CRECIMIENTO DE *ANADARA SIMILIS* (C.B. ADAMS, 1852) EN LA RESERVA
ECOLÓGICA DE MANGLARES CAYAPAS-MATAJE, REMACAM: UNA
APROXIMACIÓN BASADA EN TALLAS.”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Presentada por:

Claudia Paola Musello Brambilla

GUAYAQUIL – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi fuente de todo. A mis padres y a mi hermana por su constante y eterno apoyo. A mi esposo por creer siempre en mí. A mi hijo Lucas por ser mi inspiración. De manera especial a Luigi, Elbita, Juan y al Blgo. Marco Álvarez por servir de guías en este arduo y a veces sinuoso camino. Al Instituto Nacional de Pesca, a través del M.A.M. Nikita Gaibor, por dejarme hacer uso de sus instalaciones y de su información como base de este documento.

DEDICATORIA

A Lucas.

A mi madre Tierra.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M.Sc. Jerry Landívar
DECANO DE LA FIMCM
PRESIDENTE

M.Sc. Marco Álvarez
DIRECTOR DE TESIS

Blga. Elba Mora
CO-DIRECTORA

Dra. Alba Calles
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Claudia Paola Musello Brambilla

RESUMEN

Los parámetros de crecimiento de la concha macho (*Anadara similis*) fueron estimados mediante métodos basados en tallas (ELEFAN I y NSLCA) en tres comunidades de la REMACAM (El Viento, Santa Rosa y Tambillo). El intervalo de clase de talla (ICT) que generó estimaciones con menor incertidumbre fue de 1.5 mm. En la estimación de los parámetros de crecimiento, L_{∞} se restringió al intervalo de confianza del 95% de la talla máxima predicha, y k a valores entre 0.10-0.20 año⁻¹. La variabilidad de las estimaciones inherente a cada método fue analizada con la técnica *jackknife*. Los parámetros de crecimiento L_{∞} y k se unificaron a efectos comparativos mediante el índice phi prima (Φ'). Los resultados mostraron que el método NSLCA tiene un mejor desempeño en la estimación de los parámetros de crecimiento de *A. similis*, mientras que ELEFAN I estimó valores superiores en el crecimiento, además de presentar dificultades en la convergencia durante la búsqueda de parámetros. Las estimaciones de Φ' derivadas de NSLCA variaron entre 2.60 y 2.88. No se encontraron diferencias significativas en el crecimiento de *A. similis* entre las tres comunidades, obteniéndose valores promedios de Φ' de 2.81, 2.79 y 2.84 para El Viento, Santa Rosa y Tambillo, respectivamente. Los resultados muestran que la especie *Anadara similis* es de lento crecimiento y que el

método NSLCA en conjunto con el *jackknife* son una aproximación aceptable para estimar de los parámetros de crecimiento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS	X
SIMBOLOGÍA.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1	8
1. GENERALIDADES	8
1.1. Área de estudio.....	8
1.1.1. Ubicación geográfica	8
1.1.2. Clima.....	10
1.1.3. Suelo.....	11
1.1.4. Comunidades	12

1.2. Biología de <i>Anadara similis</i>	12
CAPÍTULO 2	16
2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. Muestreo	16
2.2. Estimación de parámetros de crecimiento	17
2.2.1. Experimento de estimación.....	20
2.3. Análisis estadísticos.....	24
CAPÍTULO 3	25
3. RESULTADOS.....	25
3.1. Estructura de tallas	25
3.2. Experimento	26
3.3. Parámetros de crecimiento	29
3.4. Análisis comparativo	30
Capítulo 4	31
4. DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA.....	41

ABREVIATURAS

ANOVA	= Análisis de varianza
<i>A. granosa</i>	= <i>Anadara granosa</i>
<i>A. g. bisenensis</i>	= <i>Anadara granosa bisenensis</i>
<i>A. similis</i>	= <i>Anadara similis</i>
<i>A. subcrenata</i>	= <i>Anadara subcrenata</i>
CV	= Coeficiente de variación
ELEFAN I	= Electronic Length Frequency Analysis
EP	= Error porcentual
FISAT	= FAO ICLARM Stock Assessment Tools
ICT	= Intervalo de clase de talla
INAMHI	= Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INP	= Instituto Nacional de Pesca
MCVB	= Modelo de crecimiento de Von Bertalanffy
NSLCA	= New Shepherd's Length Composition Analysis
REMACAM	= Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje
TMC	= Talla mínima de captura

SIMBOLOGÍA

°C	= Grados Celsius
L_{∞}	= Largo asintótico
k	= Tasa a la cual se alcanza el largo asintótico
St	= Estimador promedio de los n pseudo valores de jackknife
Φ'	= Índice de crecimiento estándar
mm	= Milímetros
p	= Nivel de significancia
LC	= Largo total

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje, REMACAM.....	10
Figura 2. Estadios gonadales de <i>A. similis</i>	13
Figura 3. <i>Anadara similis</i>	15
Figura 4. Análisis exploratorio de datos de tallas de <i>A. similis</i> en Tambillo	22
Figura 5. Diferencias en el CV con respecto al supuesto	27

ÍNDICE DE TABLAS

I. Coeficientes de variación para cada supuesto y cada	26
II. Significancia estadística de la comparación de los phi prima	28
III. Parámetros de crecimiento promedio estimados para <i>Anadara similis</i> en la REMACAM.....	29
IV. Valores de Φ' para algunas especies del género <i>Anadara</i>	36

INTRODUCCIÓN

En el Pacífico ecuatoriano las especies comerciales de la familia Arcidae están representadas principalmente por *Anadara tuberculosa* (concha prieta, concha negra), *Anadara similis* (concha macho, mica) y *Anadara grandis* (pata de mula) las cuales son especies dominantes en la comunidad bentónica del ecosistema manglar. Una de ellas, *A. similis*, posee una amplia distribución en la costa del Pacífico; y se distribuye geográficamente desde Corinto, Nicaragua hasta Tumbes, Perú (1).

En Ecuador *A. similis* vive en áreas de manglar, sobre fondos blandos de la zona sublitoral entre 15 y 50 cm de profundidad (2,3,4,5). Se encuentra localmente distribuida en la provincia de Esmeraldas desde el norte (Palma Real, San Lorenzo, Limones) hasta el sur (Muisne); en la provincia del Guayas en Puerto El Morro e Isla Puná; y en la provincia de El Oro en el Archipiélago de Jambelí (3). Es en estas áreas donde se realiza la explotación de la misma.

Sin embargo, dentro de la pesquería del recurso concha que se caracteriza por ser de pequeña escala y de acceso abierto, la extracción de la concha macho

(*A. similis*) no es tan representativa en comparación con la concha prieta (*A. tuberculosa*) como consecuencia de su menor densidad. Según Silva (6), Flores (7) y Mora y Moreno (8), la densidad a la que se encuentra *A. similis* es aproximadamente de 3.5 a 4 veces menor que *A. tuberculosa*. Por tal motivo los trabajos de evaluación pesquera y biológica desarrollados hasta el presente se refieren sólo a la especie dominante en los desembarques (5). Además, debido al poco tiempo de sobrevivencia de *A. similis* y de su menor densidad en comparación con *A. tuberculosa*, esta es menos comercializada y por lo tanto es generalmente más utilizada para la subsistencia de las familias de los concheros, quienes separan estas conchas del resto para su propio alimento (9).

Lo anterior pone de manifiesto que a pesar de ser un recurso artesanal de suma importancia, no existe mucho conocimiento sobre algunos procesos biológicos (ej. crecimiento) de la especie *A. similis*, los que son de interés si es que se piensa en un adecuado manejo de la especie basado en el conocimiento científico. La mayoría de los estudios que se han realizado recaen sobre *A. tuberculosa* a lo largo de su distribución geográfica (5,10,11), pero sobre *A. similis* existe escasa información en nuestro país (ej. Flores 2002), así como en el resto de países que forman parte del rango de distribución de esta especie (9).

Uno de los aspectos biológicos poco estudiados para esta especie es el crecimiento. Es necesario contar con estimaciones de parámetros de crecimiento, pues estos son relevantes para los estudios de la dinámica de un recurso explotado; además de que todos los modelos poblacionales estructurados dirigidos a evaluar estrategias de manejo requieren de esta información para ser aplicados (12). En el caso de los bivalvos, de acuerdo con Bayne (13) y Urban (14) el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB) puede ser utilizado para representar su patrón de crecimiento en el estado adulto. Por lo tanto en esta tesis se pretende abordar el estudio del crecimiento de la especie *A. similis*, asumiendo que su patrón de crecimiento es bien representado por el MCVB y estimando sus parámetros mediante metodologías basadas en tallas.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Área de estudio

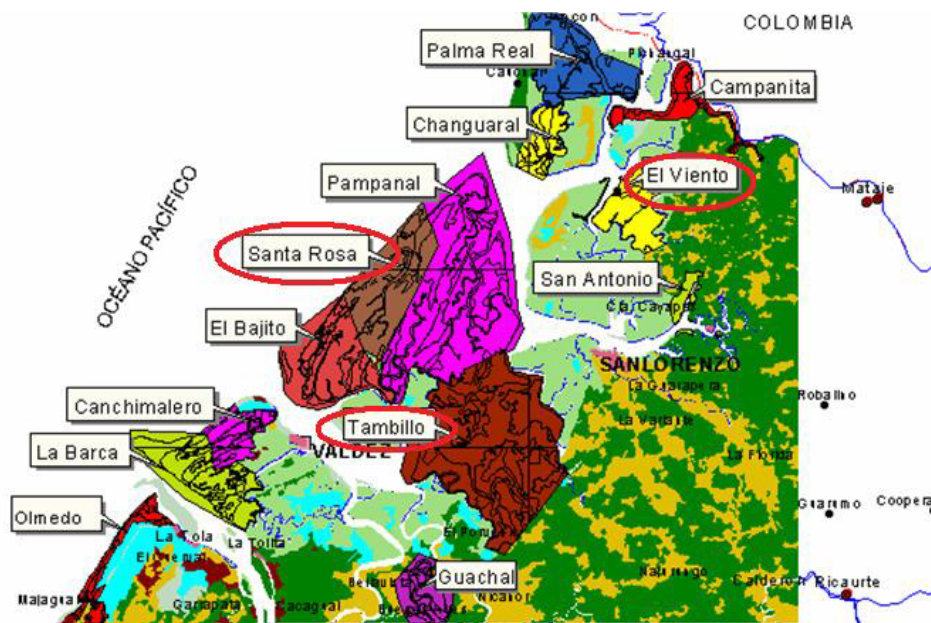
1.1.1. Ubicación geográfica

La Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje (REMACAM) se encuentra ubicada en la parte noroccidental de la provincia de Esmeraldas, entre las coordenadas $1^{\circ}29'31.7''\text{N}$; $79^{\circ}12'8.5''\text{W}$ y $1^{\circ}02'22.9''\text{N}$; $78^{\circ}45'12.9''\text{W}$ (15). Esta posee 49.350 hectáreas, de las cuales 32.250 corresponden a hábitats terrestres, y 17.000, a aguas interiores y costeras. En esta reserva se incluyen los

bosques de manglar de Olmedo y Majagua; y se encuentran además remanentes de bosque húmedo tropical, humedales, aguas interiores y costeras de las islas comprendidas entre la Tola en la desembocadura del río Cayapas y el río Mataje en el límite con Colombia (16, 15).

Dentro del sistema de Islas que conforman la REMACAM, las comunidades estudiadas fueron Santa Rosa (01.36784 N, 078.83588 W), Tambillo (01.25485 N, 078.88626 W) y El Viento (01.32669 N, 078.94241 W) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje, REMACAM



Fuente: Moreno, Solano y Mendívez 2008.

1.1.2. Clima

La climatología de la región es clasificada generalmente como uniforme, megatérmica y muy húmeda, según los registros de la Estación Meteorológica en San Lorenzo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Las precipitaciones se registran durante todo el año, sin mostrar grandes diferencias entre los períodos lluvioso y seco, con tenues disminuciones de lluvias entre los meses de julio a noviembre. La precipitación promedio anual es de aproximadamente 3000 mm; la humedad relativa anual es de 88%; y la temperatura media ambiental oscila entre 23° y 25,5°C (7).

1.1.3. Suelo

Las áreas de manglar están formadas por acumulaciones limo arcillosas de colores oscuros, que presentan texturas finas pesadas (arcillo limosas, limosas), además de depósitos naturales de materia orgánica (7).

El suelo en las áreas altas es de tipo arcilloso, de alto lavado y lixiviación de las bases debido a las constantes lluvias en la zona, por lo cual se han formado depósitos de hierro y el pH se acidificado (15).

1.1.4. Comunidades

Los habitantes de la reserva, que en su mayoría son afro-ecuatorianos, dependen directamente del manglar y otros recursos naturales locales para su sobrevivencia. Se encuentran agrupados en pequeñas comunidades en las riveras de los ríos y en las islas de manglar. Existen 31 comunidades rurales con un total aproximado de 5600 habitantes. Estas comunidades están muy bien adaptadas al ecosistema de manglar, con el cual se protegen de fuertes vientos y olas, y con cuya madera construyen sus casas (17).

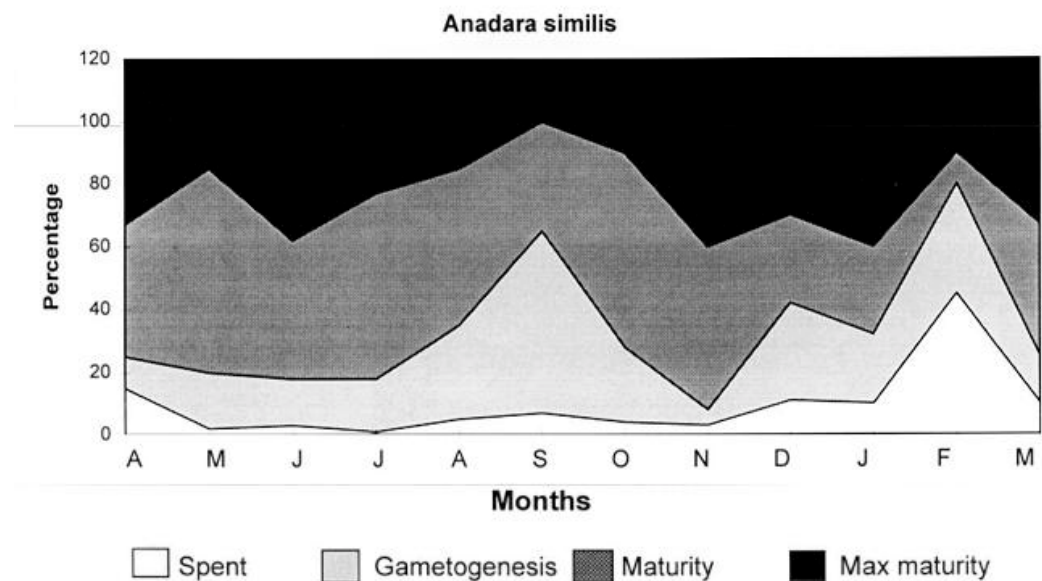
Económicamente, el manglar es lo que sostiene a las familias de estas comunidades, ya que las actividades más importantes son la pesca, la recolección de conchas, cangrejos y madera.

1.2. Biología de *Anadara similis*

Un aspecto crítico en el manejo de estos bivalvos, es la talla en la que el organismo madura. En Costa Rica las tallas de madurez reportadas para *A. tuberculosa* y para *A. grandis* son de 23-26 mm, y de 21-24 mm

respectivamente (18). En *A. similis* la gametogénesis ocurre durante todo el año (Fig. 2) y de acuerdo con Ishiyama y Terukina (19) en la zona norte de Perú la talla mínima promedio para la máxima madurez es de 42.1 mm en las hembras y 41 mm en los machos; mientras que la primera evacuación de gametos ocurre a los 39.8 mm en las hembras y 38.2 mm en los machos. Para ambos países se ha reportado una proporción entre sexos de 1:1 (18, 19).

Figura 2. Estadios gonadales de *A. similis*



Fuente: MacKenzie 2001.

En Ecuador, se ha observado juveniles de *A. similis* pegados a las conchas adultas y raíces de los árboles de mangle desde julio a septiembre (20). Según los estudios realizados por Flores (7), la tasa de crecimiento de *A. similis* es lenta, mostrando un mayor crecimiento durante los primeros años, para luego bajar su ritmo. Esto corrobora lo reportado experimentalmente por Mora y Bravo (21) y Rojas (22). Ambos autores reportan bajas tasas de crecimiento para *A. similis*. Flores (7) reporta que durante el primer año de vida *A. similis* crece a un término medio de 16.05 mm; en dos años llega a 21.78 mm y en tres años, a 27.11 mm. La talla máxima registrada fue de 63.4 mm (7).

1.2.1. Taxonomía

De acuerdo al sistema taxonómico moderno, la especie *Anadara similis* se clasifica de la siguiente manera en los respectivos taxones:

Reino: Animalia
Filo: Mollusca
Clase: Bivalvia
Orden: Arcoida
Familia: Arcidae
Género: *Anadara*
Especie: *A. similis* (Fig. 3)

Figura 3. *Anadara similis*



CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestreo

Datos de tallas de *A. similis* provenientes de muestreos mensuales obtenidos por el Instituto Nacional de Pesca (INP) entre enero y diciembre del 2002 en comunidades de la REMACAM- Santa Rosa, Tambillo y El Viento) fueron analizados. Las mediciones fueron realizadas por tres promotores, uno de cada comunidad, quienes fueron capacitados para esta tarea, así como para la entrevista de los concheros y la recolección de datos socioeconómicos relacionados a la captura del recurso concha. Cada promotor midió conchas dos veces

por semana, de muestras al azar provenientes de los desembarques, por lo cual en su mayoría, las conchas deberían medir no menos de 45 mm [talla mínima de captura (TMC)]. A pesar de esto, la base de datos posee información de tallas menores a la TMC. Las conchas fueron medidas en su longitud total (LC), comprendida desde el borde anterior de la concha hasta el borde posterior más extremo, tomada con un calibrador a una precisión de 0.05 milímetros.

Se construyeron distribuciones de frecuencia de tallas y fueron agrupadas en varios intervalos de clase (ICT) (0.5mm, 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm y 2.5mm) con el objetivo de evaluar el efecto de los ICT sobre la estimación de los parámetros de crecimiento.

2.2. Estimación de parámetros de crecimiento

Se utilizó el software FISAT II, FAO ICLARM Stock Assessment Tools (23), para estimar los parámetros de crecimiento del MCVB, con los métodos ELEFAN I, Electronic Length Frequency Analysis (24) y NSLCA,

New Shepherd's Length Composition Analysis (25), que forman parte de este programa para Windows.

El método de ELEFAN I ajusta la función de von Bertalanffy por un método no paramétrico, en el cual la curva óptima que cruza el mayor número de crestas posibles, es seleccionada por una bondad de ajuste determinada por la división de la suma de las modas disponibles y la suma de las modas explicadas.

En cambio, en el NSLCA, el ajuste de la función de von Bertalanffy se basa en una función senoidal, donde la longitud de la frecuencia es gobernada por los valores de la curva de von Bertalanffy y el mejor ajuste es obtenido utilizando una función de maximización.

Para evaluar la incertidumbre de las estimaciones, se aplicó el método de *jackknife* (26), el cual consistió en retirar una muestra (un mes de muestreo) de forma secuencial y con reemplazo, produciendo de esta manera n combinaciones de parámetros de crecimiento por método e intervalo de clase de talla. El error porcentual (EP) y el coeficiente de

variación (CV) fueron los utilizados para cuantificar la incertidumbre, de acuerdo a lo reportado por Leonce-Valencia y Defeo (27).

El EP fue calculado según la siguiente expresión:

$$PE = \frac{(St - St_j) * 100}{St_j}$$

Donde St es el estimador de parámetros de crecimiento (L_∞ and k) usando todas las muestras (sin *jackknife*) (i.e., 12 meses), y St_j es el estimador promedio de los n pseudo valores de *jackknife*. El EP es óptimo cuando es igual a 0, en otras palabras, cuando St es igual a St_j .

El CV fue calculado por:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum (St_{i-1} - St_j)^2}{n(n-1)}}}{St_j}$$

donde St_{i-1} es el parámetro estimador cuando se omite una muestra y n es el tamaño de la muestra. Este procedimiento ya ha sido aplicado

anteriormente para evaluar la influencia de cada muestra (12, 27), y ha demostrado ser una herramienta objetiva para cuantificar el desempeño de cada uno de los métodos utilizados.

Como criterio para comparar las diferentes estimaciones de crecimiento, se utilizó el índice de crecimiento estándar Φ' (28), que no muestra variaciones marcadas como L_∞ y K en forma individual (27). La función que define este índice es:

$$\Phi' = 2\log_{10}(L_\infty) + \log_{10}(K)$$

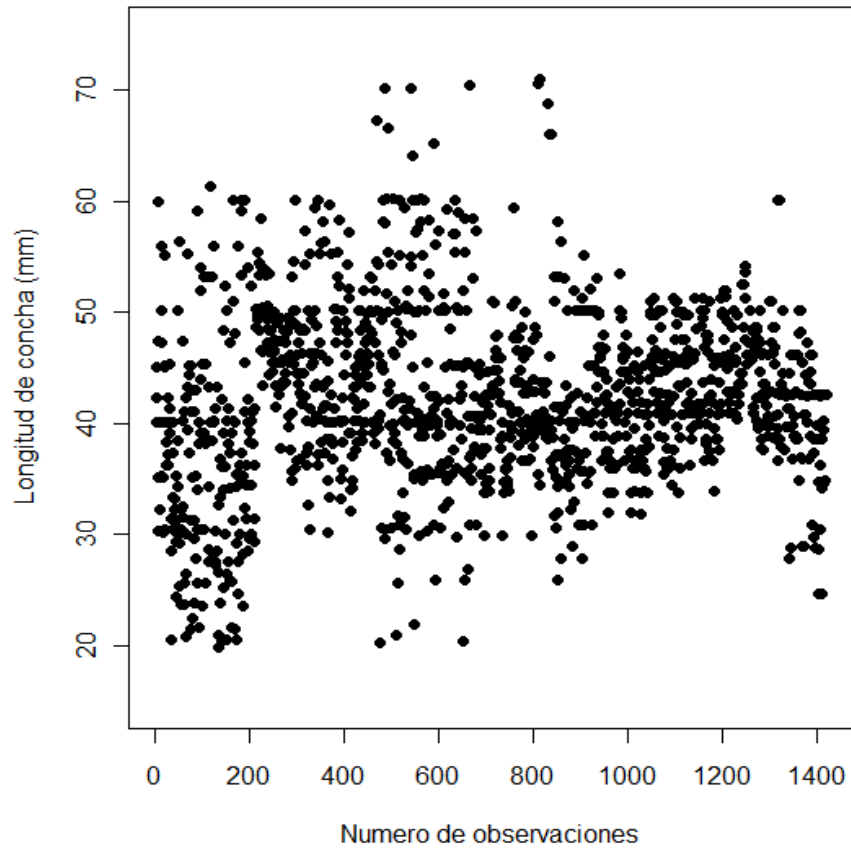
2.2.1. Experimento de estimación

Tambillo, al tener la mayor cantidad de datos, fue la comunidad tomada como experimento para determinar el intervalo de clase más idóneo para realizar las estimaciones en las otras dos comunidades.

Al observar la dispersión de los datos de tallas de Tambillo (Fig. 4), se pudo apreciar la presencia de tallas iguales o mayores a

70 mm, las cuales no son comunes para la especie y en esa zona de estudio. Por lo tanto en este estudio se restringió el análisis de la información a la talla máxima de 65 mm. La talla máxima encontrada por Flores (7) de 63.4 mm, así como las tallas reportadas por Mora y Moreno en el 2004 (29) justifican la definición de esta restricción.

Figura 4. Análisis exploratorio de datos de tallas de *A. similis* en Tambillo



Para el análisis del crecimiento se establecieron tres supuestos: 1) Que los valores de L_{∞} y k son identificados por el programa FISAT; 2) Que el valor L_{∞} se encuentra en el intervalo de confianza del 95% de la talla máxima predicha y

k, entre 0.10-0.20 año⁻¹; 3) Que el valor de L_{∞} se encuentra en la última clase de talla y k entre 0.10-0.20.

Los valores del primer supuesto fueron obtenidos automáticamente por el programa, utilizando la herramienta de cómputo de ELEFAN y NSLCA.

Los valores del segundo supuesto se obtuvieron primero utilizando la herramienta de cálculo de la máxima longitud (Estimación de Talla Máxima) encontrada y luego reemplazando estos valores en los cálculos de ELEFAN y NSLCA.

Por su parte, en el tercer supuesto, los valores de L_{∞} fueron reemplazados por la última clase de talla (60-65 mm).

Con los datos obtenidos, se realizaron matrices para cada ICT y para cada supuesto, evaluando al final el EP y el CV.

2.3. Análisis estadísticos

A fin de evaluar diferencias estadísticas, las estimaciones de CV entre supuestos derivadas del análisis *jackknife* fueron sometidas a un ANOVA de una vía. Al detectar diferencias, se realizó un análisis de comparaciones múltiples dentro de cada localidad empleando la prueba de Tukey para identificar los ICT que difieren.

Por otro lado, para evaluar el efecto, tanto de localidad como de método, se empleó un ANOVA de dos vías y posteriormente una prueba de Tukey para evaluar el grado de probabilidad de las localidades.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados por medio del paquete informático "R" (30).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1. Estructura de tallas

En la comunidad de Tambillo, las tallas de *A. similis* fluctuaron entre 19.9 y 64.0 mm. Por su parte, en la comunidad de Santa Rosa, las tallas encontradas estaban entre 21.0 y 65.0 mm; mientras que en El Viento, entre 30.2 y 61.5 mm. En Tambillo la talla media observada del total de muestras fue de 42.4 mm., en Santa Rosa, 45.34 mm; y en El viento, 45.26 mm.

A pesar de que las muestras provenían de desembarques pesqueros, el 55.82% de las muestras medía menos que la talla mínima de captura, es decir, menos de los 45 mm legales.

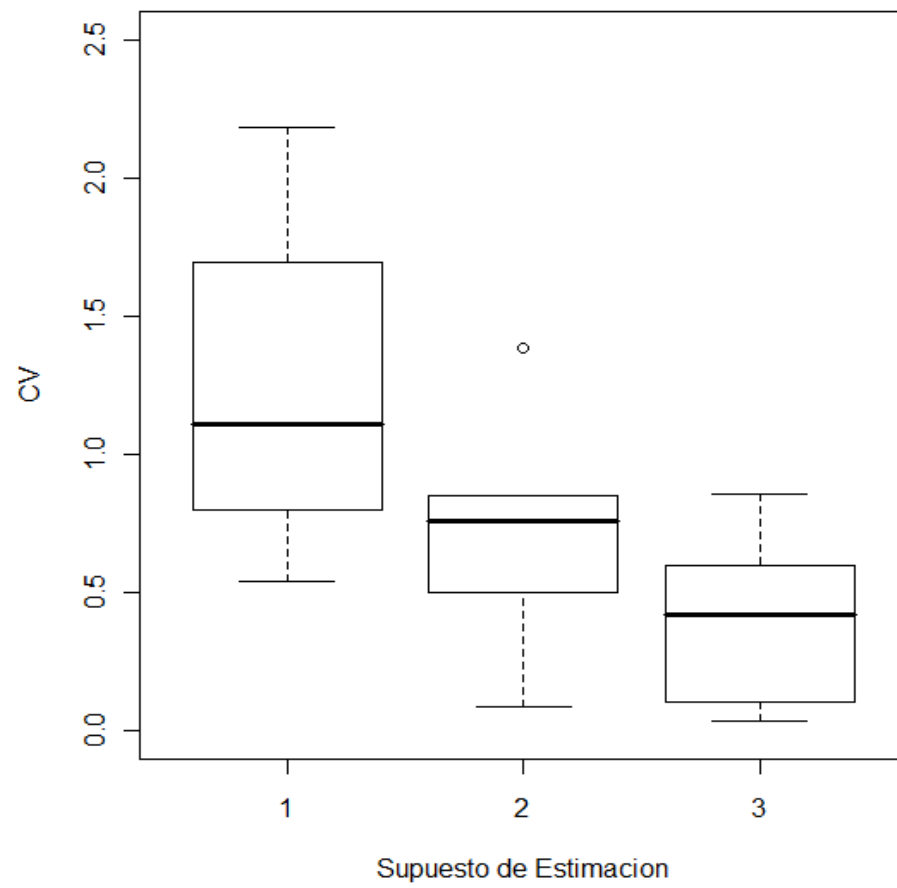
3.2. Experimento

Para definir el supuesto de estimación y el ICT a utilizar en el resto de comunidades, se evaluó el CV, pues brinda una mayor precisión que el EP. Este análisis dio como resultado el ICT de 1.5 mm y el supuesto 2 como los más precisos (fig. 5). Además se comprobó que el supuesto 2 poseía el CV acumulado más bajo (Tabla I). Esto es corroborado por una prueba de Tuckey con los valores de Φ' , en donde el supuesto 2 fue el que menos diferencias significativas presentó a diferencia de los otros supuestos (Tabla II).

I. Coeficientes de variación para cada supuesto y cada

Experimento	$\Phi_{0.5}$	$\Phi_{1.0}$	$\Phi_{1.5}$	$\Phi_{2.0}$	$\Phi_{2.5}$
Supuesto1	0,538	1,106	0,841	2,184	1,695
Supuesto2	0,501	1,384	0,089	0,852	0,757
Supuesto3	0,037	0,595	0,102	0,420	0,855
Acumulado	1,076	3,086	1,033	3,457	3,308

Figura 5. Diferencias en el CV con respecto al supuesto



II. Significancia estadística de la comparación de los phi prima

Supuesto 1

	0,50	1,00	1,50	2,00
0,50				
1,00	< 0.05			
1,50	NS	NS		
2,00	< 0.001	NS	< 0.001	
2,50	< 0.001	< 0.10	< 0.001	NS

Supuesto 2

	0,50	1,00	1,50	2,00
0,50				
1,00	NS			
1,50	NS	NS		
2,00	NS	NS	NS	
2,50	< 0.001	< 0.10	< 0.05	< 0.05

Supuesto 3

	0,50	1,00	1,50	2,00
0,50				
1,00	< 0.001			
1,50	NS	< 0.001		
2,00	< 0.05	< 0.05	NS	
2,50	< 0.05	< 0.001	< 0.05	< 0.001

3.3. Parámetros de crecimiento

Los valores promedios de los parámetros de crecimiento fueron diferentes por comunidad, así como por método (Tabla III).

III. Parámetros de crecimiento promedio estimados para *Anadara similis* en la REMACAM

Método	ELEFAN			NSLCA		
	Parámetros			Parámetros		
Localidad	L^∞	k	Φ'	L^∞	k	Φ'
El Viento	71.093	0.155	2.887	68.043	0.123	2.746
Santa Rosa	70.498	0.164	2.904	68.484	0.152	2.847
Tambillo	76.376	0.161	2.965	65.938	0.128	2.746

Con ELEFAN, en la comunidad de El Viento, L^∞ varió entre 62.03 y 75.58 mm; y k , entre 0.12 y 0.19 año⁻¹. Por su parte, en Santa Rosa L^∞ fluctuó entre 69.53 y 72.49 mm, y k entre 0.11 y 0.20 año⁻¹. En Tambillo se encontró una mayor diferencia, L^∞ varió de 72.48 a 79.27 mm y k de 0.11 a 0.20 año⁻¹.

Con NSLCA, los resultados para El Viento fueron que L^∞ varió entre 61.09 - 72.05 mm, y k entre 0.10 – 0.18. En Santa Rosa las estimaciones de L^∞ fueron de 61.92 a 72.91 mm, y de k de 0.13 a 0.19. Por otro lado, Tambillo aportó con una menor variación: L^∞ entre 65.49 y 67.28 mm, y k entre 0.12 y 0.13.

3.4. Análisis comparativo

Al comparar los valores de Φ' , se observó que hubo variaciones significativas entre métodos: 2.72-3.01 en ELEFAN I y 2.60-2.88 en NSLCA ($p \ll 0.0001$). Entre localidades el ANOVA demostró que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual fue corroborado por un análisis de comparaciones múltiples de medias [Tuckey (Santa Rosa-El Viento $p=0.854$; Tambillo-El Viento $p=0.592$; Tambillo-Santa Rosa $p=0.289$)].

Capítulo 4

4. DISCUSIÓN

De los dos métodos basados en tallas utilizados y evaluados, se observó que NSLCA presenta un mejor desempeño comparado con ELEFAN I. ELEFAN I tiende a aumentar el coeficiente de crecimiento de la especie (parámetro k del MCVB), además de presentar dificultades en la convergencia durante la búsqueda de los parámetros en las estimaciones. ELEFAN I ha sido recomendado para especies de rápido crecimiento y/o una época de desove corta y definida (12, 31). Mientras que NSLCA ha sido comprobado como un método más apropiado en la estimación de parámetros de crecimiento en especies con tasas de crecimiento bajas (12, 32).

Las restricciones que se hicieron para la estimación de Φ' se basaron en la observación de la dispersión de los datos, en donde las tallas mayores a 65 mm son poco comunes. Se cree que durante el muestreo pudo haber ciertos

errores por parte de los promotores al momento de determinar la especie, y que aquellas tallas mayores a 65 mm pertenecerían a individuos de *A. tuberculosa*.

Las estimaciones observadas en este estudio para *A. similis*, dan cuenta de un lento crecimiento (bajos valores de k). Esto corrobora lo reportado por Flores (7), porque los valores de k de este estudio son similares a los obtenidos por dicho autor. En aquella investigación el método óptimo escogido fue el de mínimos cuadrados por poseer el menor cuadrado residual [Ford-Walford: 57.30 (L^∞) y 0.156 (K); Beverton y Holt: 57:93 (L^∞) y 0.154 (k); No lineal de Mínimos cuadrados (FISAT): 56.96 (L^∞) y 0.16 (k)].

Al realizar un ANOVA de dos vías entre métodos, se comprobó que existen diferencias significativas en sus estimaciones, corroborando los estudios anteriormente mencionados, en los que se habla de utilizar NSLCA en la estimación de parámetros de especies con bajas tasas de crecimiento. A pesar de esto, no existen reglas para juzgar en qué casos se debe de utilizar qué método (12, 27, 32), por lo tanto cada especie es un caso independiente en cuanto al uso de técnicas para la estimación de su crecimiento. A pesar de haber obtenido los resultados esperados, existe la necesidad de validar las estimaciones obtenidas por medio de tallas, con lectura de valvas, donde se haga una evaluación de la formación de los anillos de crecimiento.

La técnica de *jackknife* es una herramienta que ya ha sido anteriormente utilizada por otros autores (12, 26, 27, 31) y en otras especies, y se ha comprobado que es una técnica que permite compensar hasta cierto punto la incapacidad del FISAT al momento de caracterizar la incertidumbre en la estimación de los parámetros de crecimiento. Al tener sólo datos de tallas, esta herramienta en conjunto con los métodos de estimación, en este caso NSLCA, es de suma importancia para determinar los parámetros de crecimiento.

No se encontraron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento (ϕ prima) entre localidades. Estos resultados hacen rechazar la hipótesis de que el crecimiento de *A. similis* varía espacialmente en estas comunidades, como lo planteaba esta tesis, por lo menos al comparar el índice de crecimiento estándar (ϕ prima). Probablemente la uniformidad en el crecimiento se deba a una poca variación en las características ambientales que gobiernan la zona de estudio. Aunque es sabido que la dinámica de poblaciones de invertebrados bentónicos es extremadamente sensible a variaciones ambientales, incluso en escalas reducidas de metros (33). Otra razón probable de homogeneidad en los parámetros de crecimiento entre comunidades es que los datos provienen de

desembarques pesqueros y no se hizo una consideración explícita del banco de pesca del cual provenían en el momento de la toma de datos.

Adicionalmente, se plantea que los lugares de extracción de cada comunidad son compartidos entre ellas. Sin embargo, esta suposición no es apoyada por el estudio realizado por Moreno, Solano y Mendívez (34), en donde se reportan los esteros utilizados para la extracción del recurso concha y preliminarmente no hay evidencias de que El Viento, Santa Rosa y Tambillo compartan lugares de captura. Hasta el momento, este proceso de selección de zonas de pesca no ha sido estudiado y por lo tanto es muy poco entendido.

Los estudios sobre el crecimiento de *A. similis* aun son escasos, salvo por los estudios de Flores (7), Mora y Bravo (20) y Rojas (22) en los que se reporta su baja tasa de crecimiento y su lento aumento de talla. Debido a los escasos datos existentes sobre esta especie, se la puede comparar con otras especies del género *Anadara* (Tabla IV). Los estudios demuestran que *A. granosa* y *A. subcrenata* son especies con altas tasas de crecimiento, así como las que posee la subespecie *A. g. bisenensis*. Los datos de crecimiento para *A. tuberculosa* reportados por Félix-Pico et al, y Cruz y Borda (36,37) son mayores que los encontrados para las tres especies mencionadas anteriormente, aunque los mismos autores mencionan la sobreestimación del

parámetro k , por lo que el resultado final estaría sobreestimado de la misma manera.

Recientemente, Flores (38) evaluando algunos aspectos metodológicos para analizar el crecimiento de *A. tuberculosa*, reporta valores de Φ' mucho más bajos que los mencionados anteriormente, y confirma la sobreestimación de los parámetros por parte de Félix-Pico et al y Borda y Cruz. Finalmente, al comparar los parámetros obtenidos en este estudio para *A. similis*, con los del resto de especies del género *Anadara*, podemos observar que esta es una de las especies con menores tasas de crecimiento.

IV. Valores de Φ' para algunas especies del género *Anadara*

ESPECIE	Φ'
<i>A. granosa</i> *	3.30
<i>A. granosa</i> *	3.64
<i>A. granosa</i> *	3.58
<i>A. granosa</i> *	3.27
<i>A. granosa</i> *	3.18
<i>A. g. bisenensis</i> *	3.11
<i>A. subcrenata</i> *	3.19
<i>A. tuberculosa</i> (36)	4.09
<i>A. tuberculosa</i> (37)	3.93
<i>A. tuberculosa</i> (38)	2.95
<i>A. similis</i> (7)	2.72

*Parámetros de crecimiento citados por Broom (35); phi prima calculado por Claudia Musello.

CONCLUSIONES

1. No existen diferencias significativas en el parámetro de crecimiento Φ' de *A. similis* entre las comunidades de El Viento, Santa Rosa y Tambillo ($p > 0.05$). Los parámetros L^∞ y k tampoco presentaron variaciones significativas.
2. El método más óptimo para la estimación de los parámetros de crecimiento para esta especie es NSLCA en conjunto con *jackknife* a un ICT de 1.5 mm.
3. *Anadara similis* es una especie con bajas tasas de crecimiento y no sobrepasa la talla máxima de 65 mm.

4. La técnica de *jackknife* es útil para contrarrestar la incapacidad de FISAT de caracterizar la incertidumbre en la estimación de los parámetros de crecimiento.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario validar las estimaciones realizadas mediante métodos directos, como la lectura de anillos de crecimiento, con técnicas para validar la periodicidad de la formación de los anillos.
2. Se necesitan realizar estudios más profundos sobre el crecimiento de *A. similis*.
3. Que se continúe el análisis de datos obtenidos de los muestreos que realiza el INP anualmente para corroborar la información obtenida por esta investigación.

4. Caracterizar las localidades estudiadas, así como incorporar los datos ambientales de estas zonas para poder determinar las razones por las cuales no existen diferencias en los parámetros de crecimiento entre las 3 comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

1. Keen, M. 1971. Sea Shells of the Tropical America. Mollusks from lower California to Perú. Stanford Uni. Press. 1064 p.
2. Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, 3era. Ed. Suiza,. 450 p.
3. Mora, E. 1990. Catálogo de Bivalvos Marinos del Ecuador. INP, Boletín Científico y Técnico, 10(1). 136 p.
4. Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., Niem, V. H. 1995. Guía FAO para la Identificación de Especies para los

Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Plantas e Invertebrados. Roma, FAO. Vol. I: 1. 646 p.

5. Borda, C. A y R. Cruz. 2004. Pesca Artesanal de Bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) y su Relación con Eventos Ambientales. Pacífico Colombiano. Rev. Invest. Mar. 25(3):197-208.
6. Silva, A. y 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, 2 : 315-320.
7. Flores, L. 2002. Biometría, Edad y Crecimiento de *Anadara tuberculosa* (C.B. Adams, 1852) y *Anadara similis* (Sowerby, 1833) en Estero Hondo, Reserva Ecológica Manglares Cayapas–Mataje (REMACAM), Esmeraldas. Tesis de Biólogo, Universidad de Guayaquil. 99 p.
8. Mora, E. y J. Moreno. 2008. Estado de la Pesquería del Recurso Concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la Costa Ecuatoriana. Informe Técnico Interno, INP, Guayaquil. 15 p.

9. MacKenzie, C.L., Jr. 2001. The Fisheries for Mangrove Cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with Descriptions of their Habitats and Biology, the Fishermen's Lives, and the Effects of Shrimp Farming. *Mar. Fish. Rev.* 63(1):1-39.

10. Borda, C.A. y R. Cruz. 2003. Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Rev. Invest. Mar.* 24(3):221-230.

11. Stern-Pirlot, A. y M. Wolff. 2006. Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54 (1): 87-99.

12. Nepita, M.R. y O. Defeo. 2001. Crecimiento del pulpo *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) de la costa de Yucatán, México: un análisis de largo plazo. *Rev. Biol. Trop.* 49(1): 93 – 101.

13. Bayne, B.L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2(1):1–47.
14. Urban, H. 2002. Modeling growth of different developmental stages in bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 238: 109–114.
15. INEFAN/GEF, 1998. Suelo, clima, zonas de vida, hidrología y calidad de agua. Anexo al Plan de Manejo de la REMACAM.
16. Gálvez, P. 1998. Diagnóstico de Base. Proyecto Manejo Comunitario y Uso Sostenido de las Áreas del Manglar en los Cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo de las Provincias de Esmeraldas. Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio (FEPP), 49 p.
17. Ocampo-Thomason P. 2006. Mangroves, people and cockles: Impacts of the Shrimp-Farming Industry on Mangrove Communities in Esmeraldas Province, Ecuador. In: Hoanh C.T., Tuong T.P., Gowing., J.W., and

Hardy, B. Environment and Livelihoods in Tropical Coastal Zones, p. 140-153.

18. Cruz, R. A. 1984. Algunos aspectos reproductivos y variación mensual del índice de condición de *Anadara similis* (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Brenesia 22:95–105.

19. Ishiyama, V. & Terukina, S. 1989. Reproducción en *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* de la zona de Puerto Pizarro, Perú. Rev. Biota, XIV(95): 2-11.

20. Altamirano, M., M. Bravo, R. Elao, R. Noboa, and J. Rosero. 1998. Otorgación, en custodia, de un área de manglar a un grupo de usuarios en el estero Saca Mano. Maestría Manejo de Recursos Costeros (Convenio PMRC-ESPOL). Módulo III Economía de Recursos, INP. Guayaquil. 21 p.

21. Mora, E. y M. Bravo. 1992. Engorde de concha prieta en una zona de manglar de Bunche. Informe Técnico Interno INP/PMRC/1992. Guayaquil. 5p.

22. Rojas, T. 2008. Cultivo de *Anadara similis* a diferentes densidades en estanques camaroneros utilizando canastas sumergidas. Tesis de Ingeniería en Acuicultura. Universidad Técnica de Machala. 64 p.
23. Gayanilo, F.C.Jr., P. Sparre and D. Pauly. 2004. The FAO – ICLARM Stock Assessment Tools II Windows Version (FISAT II) user's guide (Revision I). FAO Computerized Information Series (Fisheries), N° 8. 183 p.
24. Pauly, D. y N.C. David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length frequency data. Meeresforschung, 28: 205 – 211.
25. Pauly, D y F. Arreguín-Sánchez. 1995. Improving Shepherd's length composition analysis (SLCA) method for growth parameter estimations. NAGA. ICLARM Q., 18(4): 31 – 33.

26. Efron, B. 1982. The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, Pennsylvania. 92 p.
27. Leonce – Valencia, C y O. Defeo. 1997. Evaluation of three length – based method for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). Sci. Mar. 61: 297 – 303.
28. Pauly, D. & J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte 2: 21.
29. Mora, E. y J. Moreno, 2004. Seguimiento de la pesquería artesanal del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) durante el 2004. Informe Técnico Interno, INP. Guayaquil. 14 p.
30. R Development Core Team, 2007. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

31. Defeo, O., F. Arreguín-Sánchez & J. Sánchez. 1992. Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three lengthbased methods. *Sci. Mar.* 56: 53-59.
32. Basson, M., A.A Rosenberg and J.R. Beddington. 1988. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length frequency data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 44:277 – 285.
33. Caddy, J.F., O. Defeo. 2003. Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources. *FAO Fisheries Technical Paper 448*. Roma. 159 p.
34. Moreno, J., F. Solano, W. Mendívez. 2008. Distribución y abundancia de los recursos pesqueros en las zonas de manglar. Informe Técnico Interno, INP. Guayaquil. 36 p.
35. Broom, M.J. 1985. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus *Anadara*. *ICLARM Studies and Reviews* 12. 37 p.

36. Félix-Pico, E.F, M. Ramírez-Rodríguez, O. Holguín-Quiñones. 2009. Growth and Fisheries of the Black Ark *Anadara tuberculosa*, a Bivalve Mollusc, in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. North American Journal of Fisheries Management 29:231-236.
37. Borda, C.A. y R. Cruz. 2004. Crecimiento y tasa de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico Colombiano. Rev. Invest. Mar. 25(3): 177 – 184.
38. Flores, L. 2009. Growth estimation of mangrove cockle *Anadara tuberculosa* (Mollusca: bivalvia): application and evaluation of length-based methods. (Artículo en revisión, enviado al Journal of Molluscan Studies).