

ABUNDANCIA Y EVALUACIÓN DEL GUACUCO *TIVELA MACTROIDES* EN LA ENSENADA LA GUARDIA, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA.

¹JEREMY J. MENDOZA & ²JESÚS S. MARCANO
jmendoza@sucre.udo.edu.ve

¹ Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

² Centro de Investigaciones Agropecuarias. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Cumaná, Venezuela

RESUMEN: En este estudio se presenta una evaluación de la población de guacuco *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita, en base a estimaciones directas de biomasa y al análisis de los datos de frecuencia de tallas durante los años 1989 y 1990. Las estimaciones directas de la biomasa explotada se realizaron por medio de transectos y arrojaron valores promedios anuales de 1.742 tm y 1.795 tm para los años 1989 y 1990, respectivamente. La biomasa presentó fuertes fluctuaciones mensuales, observándose para ambos años los máximos en julio y los mínimos en febrero. Por otra parte, se obtuvieron estimados de los parámetros de crecimiento, mortalidad natural (M) y total (Z), los cuales fueron utilizados para evaluar la abundancia poblacional y los niveles de explotación por medio del análisis de cohortes por longitudes para una situación de equilibrio y por medio del análisis de pseudocohortes. Ambas técnicas permitieron obtener estimados de biomasa bastante similares a las obtenidas por el método directo de estimación. Por último, considerando los resultados de la evaluación se recomienda disminuir los niveles actuales de explotación.

ABSTRACT: In this study a population assessment of the tropical clam *Tivela mactroides* in La Guardia Beach, Margarita Island, based on direct and length frequency data estimates is presented. Direct biomass estimates were obtained using transects and average annual values of 1,742 mt and 1,795 mt were observed for the years 1989 and 1990, respectively. Biomass estimates showed strong monthly variations with maximum values in July and minimum values in February for both years. Additionally, growth parameters, natural (M) and total (Z) mortality were estimated and used to assess population abundance and exploitation levels by equilibrium length based cohort analysis and monthly pseudocohort analysis. Both techniques allowed to obtain biomass estimates which were similar to the direct method estimates. Finally, considering assessment results it is recommended that the observed exploitation level should be reduced.

INTRODUCCIÓN

El guacuco *Tivela mactroides* (BORN, 1778) es un bivalvo perteneciente a la familia Veneridae. Se caracteriza por presentar una concha trigonal con tres dientes cardinales en cada valva, suplementado por otros pequeños. El umbo es central y prominente con una lúnula larga. La concha presenta un periostraco con una coloración variable desde blanco a marrón, dependiendo del tipo de sustrato donde vive (WARMKE & ABBOTT, 1975).

T. mactroides es muy abundante en playas arenosas de Venezuela. La especie ha sido reportada para las costas de Maracaibo (Edo. Zulia) en la región occidental del país, Isla de Margarita (RODRÍGUEZ, 1959, 1963; ETCHEVERS, 1976; PRINCZ & PACHECO, 1979) y Ensenada Playa Guiría (PRIETO, 1987) en las costas orientales y en Playas de Tucacas, Boca de Aroa (ALMEIDA, 1974) y Barlovento (BRITO, 1984) en la región central.

ETCHEVERS (1976), en la Isla de Margarita, realizó estimaciones de la densidad y biomasa, aportando observaciones sobre la distribución espacial y los factores ambientales que la determinan. Por otro lado, PRIETO (1980, 1983, 1987) estudió, respectivamente, aspectos reproductivos, producción y dinámica poblacional en Playa Guiría, Edo. Sucre. BRITO (1984) estudió producción, crecimiento y distribución de la especie en las playas de Higuerote y Paparo en el litoral central. TATÁ (1984) estudió producción, biomasa y distribución de *T. mactroides* en Playa Guiría. En la Isla de Margarita, BUITRAGO *et al.* (1991) compararon la efectividad de diferentes instrumentos de muestreo en las determinaciones de abundancia de esta especie. Por último, RAMÍREZ (1993) realizó un estudio sobre la abundancia y explotación del guacuco en Playa Guiría, Edo. Sucre.

Considerando el aumento de la demanda y explotación de esta especie observado en el último

decenio en la Isla de Margarita y la necesidad de disponer de información sobre la abundancia y evaluar los niveles de explotación de este recurso, en el presente estudio se presenta una evaluación basada en datos recolectados durante el período 1989-1990.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Ensenada La Guardia (Fig. 1) está situada en la zona norte de la Isla de Margarita. Está formada por una barra arenosa de 23,5 km de longitud, que une al sector de La Guardia con la Península de Macanao, en algunas épocas del año la barra se interrumpe en algunos sitios, debido a la acción erosionadora del agua cuando el mar está agitado.

El perfil vertical de la ensenada es variable, el sector occidental es el menos profundo encontrándose valores de 0,20 m en la zona de socavación y 1,90 m a 80 m de la línea de costa. En la zona oriental la profundidad es mayor, observándose valores de 3,20 m a 40 m de la costa y de 0,80 m en la zona de socavación. El oleaje predominante en la ensenada tiene una dirección de incidencia ENE y NNE con períodos significativos de 6 a 8 segundos. Las precipitaciones en el área son escasas, con valores mínimos en febrero-marzo inferiores a 5 mm y máximos en agosto-septiembre del orden de 80 mm para el período 1989-1990 (Datos no Publicados, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables).

El guacuco vive enterrado hasta aproximadamente 8 cm de profundidad en una arena ligeramente lodosa y predomina en número y peso sobre los otros macroorganismos bentónicos presentes en la Ensenada La Guardia. En algunas áreas se captura junto con el chipichipe *Donax striatus*, conocido comúnmente como chipichipe galera, y *Donax denticulatus*, éste último coloniza la zona de barrido.

La explotación de *T. mactroides* se realiza exclusivamente en la franja infralitoral comprendida entre la zona de socavación y los cuarenta metros de distancia de la costa. Esta zona tiene una profundidad media de 0,80 metros. La pesquería de guacucos en la Ensenada La Guardia es artesanal y en ella intervienen un número importante de pescadores, en su mayoría

residenciados en las áreas vecinas. La explotación se realiza a pie y los guacucos son recolectados manualmente e introducidos en sacos. La extracción del guacuco se efectúa principalmente en la porción central de la ensenada (ANON., 1987).

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA

Se utilizó la información estadística disponible en la Inspectoría de Pesca del Ministerio de Agricultura y Cría del Estado Nueva Esparta para el análisis de los aspectos más relevantes de la pesquería. Se obtuvo el registro de número de pescadores con permiso, número de licencias otorgadas para la extracción de guacucos, captura total en peso reportada y valor de la misma.

Por otro lado, se aplicaron encuestas, una vez por semana, a los pescadores en el área de captura con el fin de conocer el régimen y tácticas de pesca, número de pescadores, volumen y valor de la captura.

Con la información obtenida se estimó el esfuerzo de pesca como número de pescadores por día (np/d), las capturas y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), por mes y por año, utilizando un estimado de 5 días efectivos de pesca por semana para las extrapolaciones.

MUESTREO DIRECTO DE LA POBLACIÓN

Las muestras del guacuco *T. mactroides* fueron recolectadas mensualmente desde febrero de 1989 hasta diciembre de 1990. La ensenada fue dividida en tres sectores de 7 km aproximadamente de extensión cada uno, denominados : occidental, central y oriental. Se estableció un total de 11 transectos con separación de 2 km, iniciándose en el sector occidental (El Saco) y finalizando en el sector oriental (La Guardia). En cada transecto se establecieron estaciones cada 10 m, para ello se utilizó una cuerda de polietileno en la cual se colocaron flotadores cada 10 m, para indicar la distancia para la extracción de las muestras. Este diseño corresponde a un muestreo sistemático o uniforme (COCHRAN, 1977). Por inconvenientes surgidos por la interrupción de la barra arenosa, en 1989 se obtuvieron muestras en 9 transectos y en 1990 se muestreó sólo en los 12 primeros kilómetros de playa a partir de la zona más occidental de la ensenada (El Saco). Es importante destacar que éste es el sector de la ensenada que está sometido a explotación.

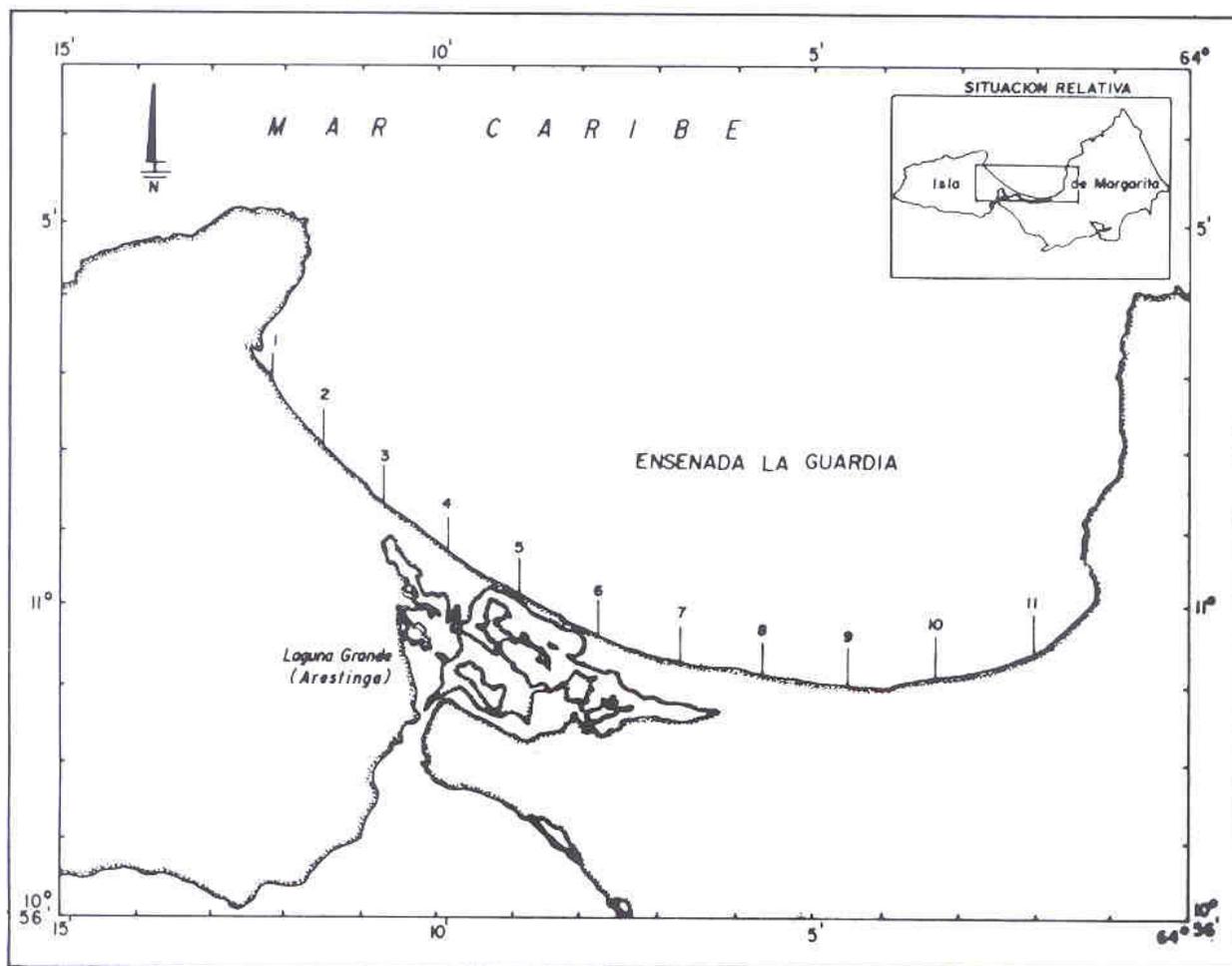


Figura 1. Area de Estudio, Ensenada La Guardia, Isla de Margarita. La figura muestra la ubicación aproximada de los transectos. Entre los transectos 1 al 4 corresponde al sector occidental, del 4 al 7 al sector central y del 7 al 11 al sector oriental.

Para la obtención de las muestras de *T. mactroides* se empleó un cilindro de acero inoxidable de 15,5 cm de diámetro y 25 cm de altura. Este se introdujo manualmente en el sustrato hasta una profundidad aproximada de 15 cm, se creó succión tapando manualmente los orificios del tope, se extrajo el sustrato, el cual se hizo pasar por un tamiz de 1 mm de apertura de malla para eliminar el sedimento. En cada transecto-estación por mes se extrajeron tres cilindros (réplicas). Las muestras se colocaron en bolsas plásticas y se rotularon con los datos correspondientes a cada transecto y estación, luego se transportaron en cavas isotérmicas hasta el laboratorio donde permanecieron congeladas hasta su análisis.

Los ejemplares de *T. mactroides* recolectados en las muestras de cada transecto y estación se contaron y pesaron separadamente. Se determinó el peso total, peso húmedo de la carne y peso de la concha en fresco. Por medio de un vernier se midió la longitud anteroposterior de los organismos en su parte más ancha y la altura.

ESTIMACIONES DE BIOMASA, DENSIDAD Y ABUNDANCIA

El área cubierta por el cilindro para la extracción de las muestras se determinó mediante la fórmula $a = \pi r^2$, donde a es el área del fondo del cilindro, π es 3,1416 y r es el radio del fondo del cilindro.

Se determinó el número y peso de los individuos por unidad de área (m²), posteriormente se calcularon los promedios por transecto, estación y mes para el período febrero de 1989 - diciembre de 1990.

La densidad promedio expresada en g/m² de peso total se utilizó para determinar la biomasa total mensual y anual, utilizando el área total muestreada en la Ensenada La Guardia.

CRECIMIENTO

Para determinar el crecimiento relativo del guacuco *T. mactroides* se estableció la relación existente entre el peso del animal (Pt) expresado en gramos y la altura (A) expresada en mm. Cada mes, luego de obtener las muestras de guacuco, se seleccionó al azar una submuestra de 100 ejemplares, finalmente estas submuestras se mezclaron y se calculó una relación única para el período de estudio. El modelo se ajustó por medio de transformación logarítmica de las variables y aplicando la regresión funcional o método de Teissier (RICKER, 1973).

Los parámetros de crecimiento (L_∞ y K) de la ecuación de von Bertalanffy se determinaron por medio del análisis de progresiones modales. Para ello se utilizó en primer lugar el método de BHATTACHARYA (1967), el cual sirve para descomponer gráficamente distribuciones plurimodales suponiendo normalidad de cada componente. Posteriormente se identificaron los incrementos en longitud que consideramos atribuibles al crecimiento en función del tiempo. Por último, estos valores se ajustaron por medio de la técnica de GULLAND & HOLT (1959) para obtener los estimados de L_∞, K y valores preliminares de la oscilación estacional del crecimiento. Esta última se obtiene en función de las variaciones mensuales (positivas o negativas) con respecto a la media de los incrementos de talla. Posteriormente, tomando como referencia los valores obtenidos por el método anteriormente descrito, se utilizó la técnica de superficie de respuesta de ELEFAN I (GAYANILO *et al.*, 1989) para ubicar la combinación de parámetros de crecimiento que arrojarán el valor más elevado del criterio de bondad de ajuste (Rn). La forma estacional del modelo de crecimiento de von Bertalanffy es (PAULY & GATSCHÜTZ, 1979) :

$$L_t = L_{\infty} [1 - \exp (-K (t-t_0) + (CK/2\pi) \sin 2\pi (t - t_s))]]$$

donde C representa la intensidad de la oscilación y t_s el período del año en que el crecimiento es máximo.

MORTALIDAD

Con la finalidad de determinar la mortalidad natural (M) se llevó a cabo una experiencia siguiendo el método de DICKIE (1955), basado en el porcentaje de conchas vacías cuyo ligamento pierde elasticidad una vez muerto el organismo, con respecto al número total de guacucos recolectados en las muestras en cada una de las estaciones. El procedimiento consistió en recolectar 240 guacucos de diferentes tallas, a éstos se les dejó morir por asfixia fuera del agua. Una vez muertos los organismos se colocaron en bandejas plásticas horadadas y luego fueron sumergidas en el agua. Las observaciones se realizaron cada dos días y se determinó el tiempo (t) requerido para que el ligamento que une las dos valvas perdiera la elasticidad. Es decir, el tiempo requerido para que una vez ligeramente separadas las valvas, éstas no volvieran a su posición inicial.

Se calculó el porcentaje diario de bivalvos que pierden elasticidad (i) mediante la relación, $i = 1/t$. Luego, se determinó el porcentaje de bivalvos muertos o conchas vacías en los muestreos mensuales realizados en la Ensenada La Guardia durante el período de estudio.

La tasa diaria de mortalidad natural puede ser convertida a tasa de mortalidad anual mediante la expresión :

$$A = 1 - e^{-it}$$

donde, A es la mortalidad anual, e la base del logaritmo natural, i la tasa instantánea diaria de mortalidad natural. Para convertir la tasa diaria de mortalidad natural (i) en tasa de mortalidad anual se multiplica por 365 días. Luego, el valor del coeficiente instantáneo de mortalidad natural (M) se estima a partir de la sobrevivencia (S) :

$$S = 1 - A$$

$$M = -\ln(S)$$

Para la estimación de la tasa instantánea de

mortalidad total (Z) se utilizó la curva de captura linealizada basada en datos de composición de longitud (PAULY, 1983; 1984) y, por último, se estimó la tasa de mortalidad por pesca (F) mediante la relación $F = Z - M$.

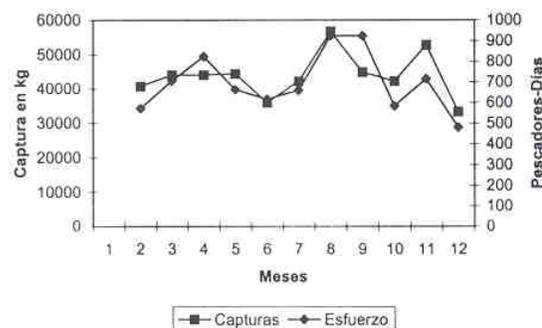
EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN

Por un lado, se utilizó el análisis de cohortes basado en longitud desarrollado por JONES (1984), según la modificación introducida por PAULY (1984). Este método supone que la población bajo estudio se encuentra en equilibrio dinámico. De esta manera se obtienen estimados al equilibrio del número de individuos, mortalidad por pesca y biomasa por intervalo de longitud. Una vez obtenidos estos estimados se puede estudiar los efectos de cambios en el vector de mortalidad por pesca y/o selectividad por medio del modelo predictivo de THOMPSON & BELL (1934) basado en datos de longitud (SPARRE *et al.*, 1989; CHEVALIER & LAUREC, 1990).

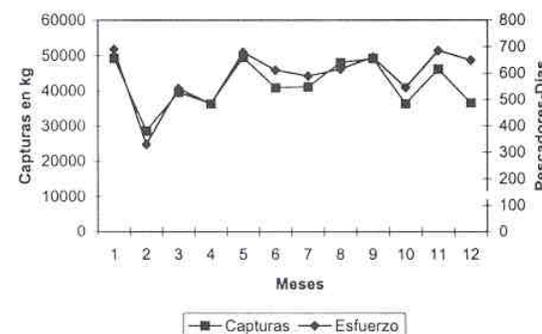
Por otro lado, se utilizó el análisis de pseudocohortes basado en datos de longitud para datos mensuales propuesto por J. Pope (en PAULY, 1987). De esta manera se obtienen datos mensuales, entre otros, de biomasa y número de reclutas. Considerando las características de crecimiento y mortalidad de la población bajo estudio, para poder obtener una serie completa de 2 años de datos de biomasa y número de reclutas, se construyó una "serie de 4 años" compuesta por la repetición de los 2 años de estudio (1989-1990).

RESULTADOS

El esfuerzo de pesca se distribuye principalmente entre los kilómetros 3 y 12 de la ensenada, con mayor incidencia entre los km 3 y 7 al oeste del balneario que se encuentra situado aproximadamente en la parte central de la ensenada. Al analizar las variaciones de las capturas totales y el esfuerzo de pesca para los años 1989 y 1990, provenientes de los muestreos semanales realizados en la zona, no se encontró una clara señal estacional en los datos. De manera general, en ambos años se observa que los valores elevados de capturas y esfuerzo de pesca se presentan, mas bien, en el segundo semestre (Fig. 2). El promedio durante el período de estudio de las capturas totales por año fue de 485 tm. Esto representa una cifra alrededor de 10 veces superior



A



B

Figura 2. Evolución mensual de las capturas (kg) y esfuerzo de pesca (pescadores-días) en la pesquería de guacuco *Tivela mactroides* en la Isla de Margarita A) 1989 ; B) 1990.

a la reportada por los pescadores en la Inspectorías de Pesca en el mismo período.

En el año 1989 la cpue osciló entre 53,5 y 73,4 kg/pescador-día, observándose los máximos valores en los meses de octubre y noviembre. En 1990, la cpue osciló entre 66,5 y 86,7 kg/pescador-día, registrándose el máximo valor en febrero y el mínimo en diciembre (Fig. 3).

Los estimados de densidad y biomasa anual promedio de *T. mactroides* en La Ensenada La Guardia muestran poca variación entre los dos años, con un valor promedio del orden de 1.800 tm (Tabla 1). En cuanto a la variación mensual de la biomasa del guacuco, expresada en kg de peso húmedo, se observa la tendencia al aumento de la biomasa en los primeros meses del año en todo el período considerado, los máximos se registran en el mes de julio de 1989 y 1990 con 2.749 tm y 2.551 tm, respectivamente. Los menores valores se

registraron en febrero de 1990 y 1991, en los cuales se registró la cifra de 990 tm y 1.198 tm, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 1. Densidad (g/m²) y biomasa (tm) promedios de *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita, años 1989 y 1990. Los valores de biomasa incluyen los límites de confianza.

Año	Área (m ²)	Densidad Promedio (g/m ²)	Biomasa (mt)
1989	1.060.000	1.644	1.742 ± 484
1990	1.060.000	1.637	1.796 ± 410

Tabla 2. Estimados directos de biomasa (kg) por mes del guacuco *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia (1989-1990).

MES	1989	1990
Enero		1.312.280
Febrero	990.354	1.198.436
Marzo	1.216.700	1.308.040
Abril	934.944	1.621.588
Mayo	1.712.642	1.971.388
Junio	1.682.096	1.605.158
Julio	2.749.216	2.551.950
Agosto	1.525.658	1.913.512
Septiembre	1.942.026	2.248.148
Octubre	1.693.986	1.851.608
Noviembre	1.849.488	1.877.890
Diciembre	1.320.866	1.194.832

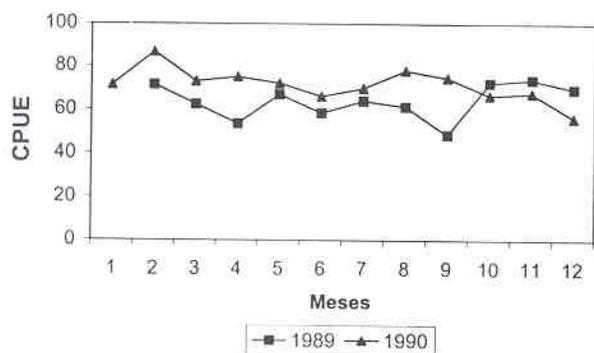


Figura 3. Evolución mensual de la CPUE (kg / pescador-día) en la pesquería de guacuco *Tivela mactroides* en la Isla de Margarita durante los años 1989 y 1990.

La estructura poblacional de *T. mactroides* analizada en base a histogramas mensuales de frecuencia de clases de altura durante el período de estudio (Fig. 4), indica que la población se encuentra distribuida en un amplio rango de tallas comprendidas entre 3,3 mm y 38 mm y que el número de cohortes aparentes es igual a 2. Los mayores porcentajes de individuos corresponden a las tallas entre 23 mm y 25 mm; estas tallas son, por lo general, superiores a la talla reglamentaria (21 mm) establecida por resolución del Ministerio de Agricultura y Cría. Los ejemplares con tallas inferiores a los 5 mm de altura fueron muy escasos.

La relación existente entre la altura del cuerpo (A) y el peso total (Pt) de *T. mactroides* en la Ensenada La Guardia para el período de estudio está expresada por la siguiente ecuación :

$$Pt = 0,0008 A^{2,77} ; R^2 = 0,94 ; n = 2.300$$

Los parámetros de crecimiento se determinaron a partir de las distribuciones de frecuencia de tallas agrupadas en clases de 2 mm de altura. A partir del gráfico de GULLAND & HOLT (1959), se obtuvo la longitud asintótica (L_{∞}) de 39,1 mm con un coeficiente de crecimiento (K) de 1,80 año⁻¹ y estimados preliminares de C= 0,60 y $t_s = 0,2$ para el modelo con estacionalidad.

Al analizar el porcentaje de individuos muertos de *T. mactroides* colectados en las muestras mensuales en los años 1989 y 1990, se aprecia que en el año 1989 la mayor mortalidad se registró a principios y finales de año, mientras que en el año 1990 los valores más altos corresponden al bimestre octubre-noviembre (Tabla 3). Los estimados de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) varían entre 0,52 y 0,66 (Tabla 4). Los promedios anuales obtenidos fueron de : M = 0,58 en 1989 y M = 0,61 en 1990.

Los resultados del análisis de cohortes basado en datos de longitud suponiendo una situación de equilibrio, con M constante (M=0,60 año⁻¹), arrojaron una biomasa total estimada de *T. mactroides* de 2.122 tm (Tabla 5). Estos estimados se obtuvieron tomando como valores de entrada una mortalidad por pesca terminal (Ft) igual a 3 año⁻¹, los valores obtenidos para los parámetros de crecimiento de la población ($L_{\infty} = 39,1$ mm y K = 1,8 año⁻¹) y captura promedio anual para el período de 485 tm.

Tabla 3. Composición porcentual de la abundancia de organismos vivos y muertos de *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita durante los años 1989 y 1990.

Mes y Año	Vivos	%	Muertos	%	Total
Febrero 89	344	92,23	29	7,27	373
Marzo 89	490	95,95	21	4,05	519
Abril 89	479	97,56	12	2,44	491
Mayo 89	838	96,10	34	3,90	872
Junio 89	873	96,25	34	3,75	907
Julio 89	1012	98,16	19	1,84	1031
Agosto 89	1013	96,66	35	3,34	1048
Septiembre 89	903	99,12	8	0,88	911
Octubre 89	602	97,89	13	2,11	615
Noviembre 89	459	90,89	46	9,11	505
Diciembre 89	405	93,53	28	6,47	433
Total 1989	7426	96,38	279	3,62	7705
Enero 90	529	96,53	19	3,47	547
Febrero 90	430	96,85	14	3,15	444
Marzo 90	545	98,55	8	1,45	553
Abril 90	944	98,95	10	1,05	954
Mayo 90	1044	96,08	41	3,92	1045
Junio 90	849	96,48	34	3,52	880
Julio 90	1156	99,14	10	0,86	1166
Agosto 90	956	96,38	36	3,62	995
Septiembre 90	1035	99,14	9	0,86	1044
Octubre 90	762	95,61	35	4,39	797
Noviembre 90	826	94,29	50	5,71	876
Diciembre 90	415	97,42	11	2,58	426
Total 1990	9453	97,18	274	2,82	9727

Tabla 4. Tasa instantánea de mortalidad natural ($M \text{ año}^{-1}$) de *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, por grupos de talla. Años 1989 y 1990.

Año	Intervalo de Talla		
	● 22mm	> 22 < 28mm	> 28mm
1989	0,52	0,66	0,56
1990	0,54	0,64	0,64

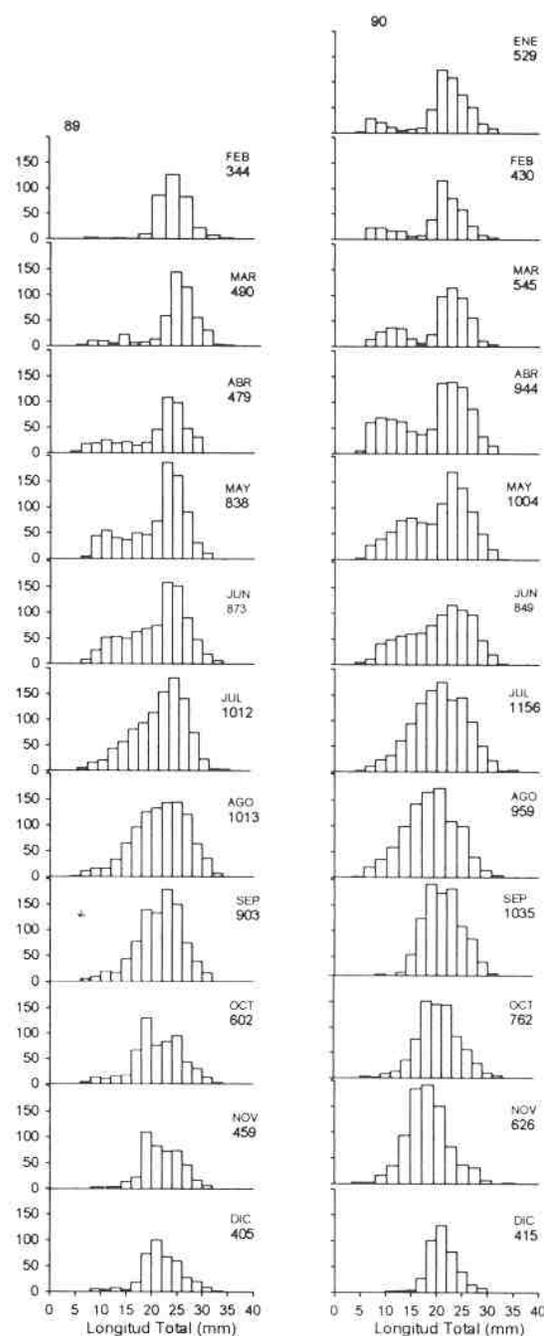


Figura 4. Distribución mensual de frecuencias de tallas (altura en mm) del guacuco *Tivela mactroides* durante los años 1989 y 1990.

Se realizó un análisis de sensibilidad de estas estimaciones, basado en diferentes valores de mortalidad por pesca terminal (Ft). Los resultados indican que el comportamiento de los vectores resultantes de

mortalidad por pesca es muy similar (Tabla 6), exceptuando los valores extremos y para las tallas mayores (entre 35 mm y 39 mm). El valor de M utilizado fue de 0,60 año⁻¹.

Tabla 5. Análisis de cohortes por longitudes para *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita. Años 1989 y 1990.

Altura (mm)	ϕ (Años)	Captura (N) x10	Población (N) x 10 ²	Biomasa (t)	F año ⁻¹
9	0,036	7.635	1.056.258	37,5	0,020
11	0,038	12.724	1.032.734	63,8	0,03
13	0,041	17.814	1.067.691	98,7	0,04
15	0,044	55.986	981.031	142,6	0,27
17	0,048	122.153	949.357	195,1	0,27
19	0,053	328.286	909.853	254,2	0,71
21	0,058	1.012.850	848.770	312,8	2,22
23	0,065	2.018.066	719.693	341,1	5,17
25	0,074	2.091.867	494.084	294,9	7,68
27	0,085	1.351.315	268.277	198,1	8,52
29	0,100	753.276	123.472	111,2	9,79
31	0,123	302.837	43.454	47,1	10,32
33	0,158	73.801	11.380	14,6	7,12
35	0,221	10.179	3.368	5,1	1,76
37	0,372	7.635	1.977	3,5	1,48
39	1,691	7.635	919	1,8	3,00

De igual manera se estimó la biomasa empleando diferentes valores de mortalidad natural. Los resultados indican que para valores de M que varían entre 0,3 y 1,2 año⁻¹ la biomasa total se mantiene entre 1.998 y 2.391 toneladas (Tabla 7).

Las capturas y biomasa al equilibrio de *T. mactroides* para diferentes niveles de mortalidad por pesca, según el modelo predictivo de Thompson y Bell para datos de longitud, muestran que el Rendimiento Máximo Sostenible estimado fue de alrededor de 540 tm, el cual se obtiene con aproximadamente 50% de la mortalidad por pesca actual. Este nivel de capturas corresponde a una biomasa al equilibrio de aproximadamente 3.000 tm. El régimen de referencia para el período de estudio es para un factor multiplicador de F = 1 (Fig. 5).

Tabla 6. Comportamiento del vector de mortalidad por pesca (F año⁻¹) para diferentes valores de mortalidad por pesca terminal (Ft).

Intervalo	Ft=0,10	Ft=1,10	Ft=1,50	Ft=2,10	Ft=3,0	Ft=6,80
9	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
13	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
17	0,32	0,31	0,32	0,31	0,31	0,31
19	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
21	2,58	2,60	2,60	2,60	2,62	2,60
23	6,06	6,13	4,14	6,14	6,13	6,14
25	9,11	9,28	9,28	9,28	9,29	9,29
27	10,19	10,55	10,56	10,57	10,58	10,59
29	11,54	12,54	12,57	12,59	12,61	12,63
31	10,89	13,83	13,94	14,02	14,08	14,17
33	5,42	10,13	10,39	10,60	10,76	10,98
35	0,95	2,69	2,83	2,95	3,05	3,19
37	0,68	1,53	2,74	2,92	3,09	3,32
39	0,10	1,10	1,50	2,10	3,00	6,80

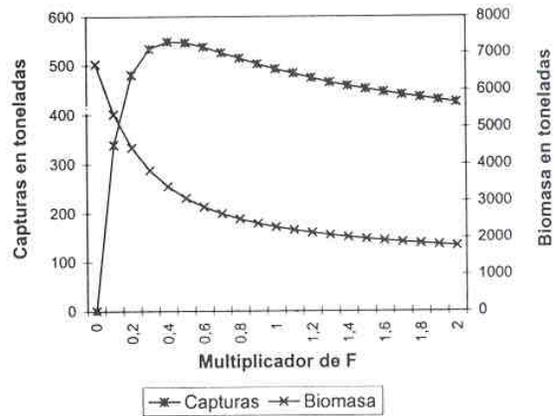


Figura 5. Estimaciones de producción al equilibrio para diferentes niveles de mortalidad por pesca (F). La situación actual corresponde a un multiplicador de F = 1.

En cuanto a la aplicación del análisis de pseudocohortes para datos mensuales se realizaron diversos ajustes para calibrar los estimados de biomasa con los observados directamente por muestreo.

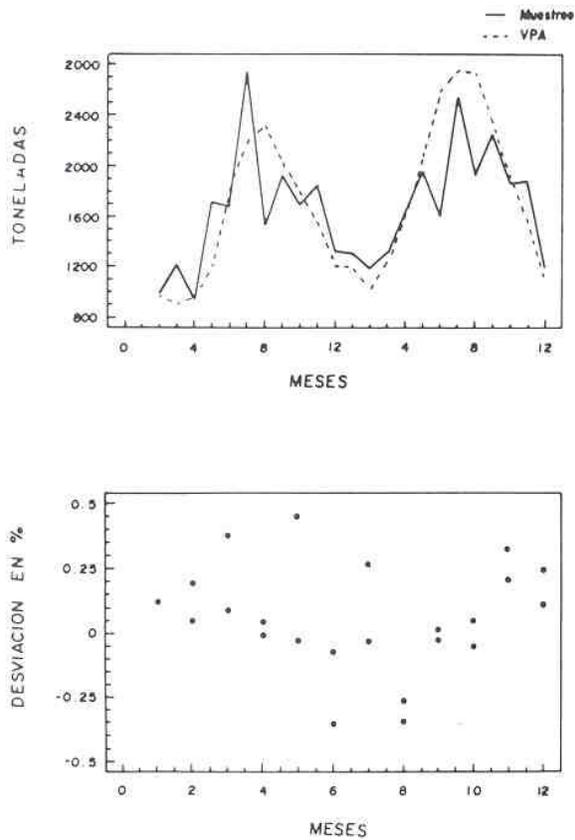


Figura 6. a) Evolución mensual de la biomasa (tm) de *Tivela mactroides* estimada por muestreos directos (línea continúa) y por análisis de pseudocohortes (línea cortada). b) Diferencias porcentuales de las estimaciones de biomasa por análisis de pseudocohortes con respecto a las estimaciones directas.

Tabla 7. Biomasa (tm) de *Tivela mactroides* estimada por análisis de cohortes por longitudes para diferentes tasas de mortalidad natural (M año⁻¹).

Mortalidad Natural (M)	Biomasa Estimada (tm)
0,30	1.998
0,50	2.076
0,60	2.122
0,85	2.203
1,00	2.299
1,20	2.391

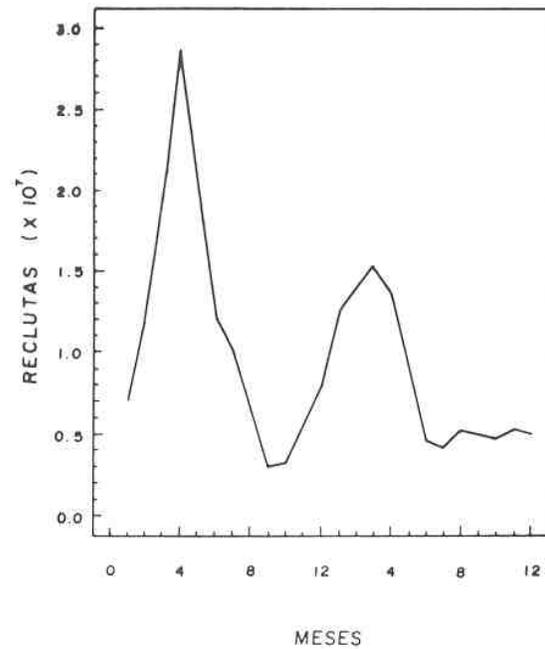


Figura 7. Evolución mensual del número de reclutas a 9 mm de longitud (en decenas de millones de individuos) de *Tivela mactroides* estimados.

Los mejores ajustes se obtuvieron con valores de $L_{\infty} = 39,1$ mm, $K = 1,80$, $C = 0,55$, $t_s = 0,3$, $M = 0,8$ y $F_t = 6$ (Fig. 6). Se puede apreciar que el 66% de los estimados mensuales por análisis de pseudocohortes se mantienen dentro de un rango inferior al 20% de variación con respecto a las estimaciones directas de biomasa mensual. Si bien el reclutamiento se presenta a lo largo del año, existen picos marcados en abril de 1989 y entre febrero-abril de 1990 de acuerdo la evolución del número de reclutas (en decenas de millones de individuos) estimados por análisis de pseudocohortes durante los 2 años de observación.

DISCUSIÓN

La altura promedio de los guacucos extraídos por los pescadores tienen tallas superiores a la permitida (21 mm) por la resolución que controla la extracción de este bivalvo. En algunos meses se extraen bivalvos con tallas inferiores a 21 mm de altura, en porcentajes que oscilan entre 1% y 6%. La extracción manual del recurso no nos permitió determinar el factor de selección de este «arte», motivo por el cual no se evaluó el posible impacto de un cambio en la selectividad.

El comportamiento de las capturas y el esfuerzo total siguen un patrón similar, en los años 1989 y 1990, al de la densidad (g/m^2). Sin embargo, la cpue estimada en $\text{Kg}/\text{pescador-día}$ no refleja los cambios estacionales observados directamente en la densidad o abundancia numérica de organismos. Es probable que en este caso la definición del esfuerzo de pesca en pescadores-días por mes no sea la más adecuada. Diferentes factores pueden afectar la capturabilidad en este caso, tales como : factores ambientales (viento y oleaje), saturación del «arte» (cansancio físico, «cuotas» personales de captura diaria fijadas por el pescador o por el contratista), cambios en la densidad y competencia o colaboración entre pescadores y la selección de individuos de mayores tallas por parte de los pescadores, entre otros. Por otro lado, las estimaciones directas de abundancia por muestreo también pueden verse afectadas por los factores ambientales antes mencionados, así como también por la distribución agregada de los organismos.

La proporción de individuos menores de 6 mm en las distribuciones de frecuencia de talla mensuales fue relativamente baja, presentándose la mayor incidencia en el mes de abril para el período de estudio, lo cual indicaría que existe un reclutamiento importante en este mes. Por otro lado, es interesante constatar que el máximo observado en 1989 es prácticamente 2 veces superior al observado en 1990. Sin embargo, en términos generales el reclutamiento total del año 1989 fue solamente 40% superior al observado en 1990, debido a la mayor duración del período de reclutamiento en este último año. Estos resultados coinciden parcialmente con lo señalado por PRIETO (1980) en Playa Guiría (Edo. Sucre) y BRITO (1984) en Barlovento (Edo. Miranda), quienes detectaron reclutamientos de juveniles menores de 5 mm de enero a mayo. Según PRIETO (1987), *T. mactroides* se reproduce durante todo el año, aunque existe mayor predominio de ovocitos grandes de julio a diciembre, decreciendo la maduración hasta marzo. Por lo tanto, puede pensarse que los máximos de reclutamiento observados son producto del pulso reproductivo que se presenta a finales y principios de año.

El resultado de los cálculos de la biomasa total anual estimada en la Ensenada La Guardia revelan su relativa constancia en el período 1989-1990. La biomasa media de *T. mactroides* es de 1.785 tm. ETCHEVERS (1976) estimó en 3.291 tm la biomasa total de guacuco en la

misma ensenada. Sin embargo, en dicho trabajo no se presentó una estimación de los niveles de captura y tasa de explotación para la época. Las diferencias entre el valor estimado en este estudio y el de ETCHEVERS (*op. cit.*) se deben tanto a diferencias metodológicas en el muestreo y a variaciones naturales en la abundancia poblacional, como al hecho que la explotación ha aumentado considerablemente, siendo la producción actual del orden de 500 tm/año. Es probable, por lo tanto, que la disminución observada en la biomasa entre ambos períodos esté relacionada, al menos parcialmente, con el aumento de los niveles de explotación y sus efectos sobre la abundancia y estructura demográfica de la población.

Las variaciones mensuales observadas de la biomasa total de *T. mactroides* son bastante acusadas durante el período de estudio, los máximos valores registrados corresponden al mes de julio en 1989 y 1990, éstos seguramente provienen del crecimiento de reclutas incorporados aproximadamente 3 o 4 meses antes. En el estudio de Brito (*op. cit.*) el valor máximo de biomasa también correspondió al mes de julio.

El coeficiente de crecimiento (K) obtenido para la especie en este estudio es inferior a la estimada por Brito (1984) en Barlovento, este autor estimó un K igual a $2,76 \text{ año}^{-1}$ y $L_{\infty} = 32,8 \text{ mm}$, y similar a la obtenida por PRIETO (1987) en Playa Guiría. No obstante, en esta última localidad, RAMÍREZ (1993) estimó valores de $L_{\infty} = 29,56 \text{ mm}$ y $K = 1,06 \text{ año}^{-1}$. En general, el crecimiento de los bivalvos varía de acuerdo a la localización geográfica de la población siendo estimulado por aumentos de temperatura y un mayor aporte de alimento, en cambio, sería retardado por salinidad y temperaturas bajas (PEREIRA *et al.*, 1988). Así, por ejemplo, la alta tasa de crecimiento que presenta esta especie en Barlovento, comparada con las observadas en La Guardia y Playa Guiría, podría explicarse por las relativamente altas temperaturas y el importante aporte de nutrientes durante todo el año por parte de los ríos Tuy, Higuero y Curiepe, lo cual incide en una alta productividad, que unido a la gran cantidad de material orgánico en suspensión permite una alta disponibilidad de alimento para estos bivalvos suspensívoros. Por otro lado, el análisis de la incidencia de conchas vacías, en el presente trabajo, indica que la mortalidad natural es más elevada durante el período noviembre-febrero, que coincide con la época de sequía, fuertes vientos y

relativamente bajas temperaturas. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio indican que el crecimiento de *T. mactroides* alcanza su máximo en el primer semestre del año cuando existe presencia de aguas frías y ricas en elementos nutritivos producto de la surgencia costera (GINÉS, 1972), mientras que el período de crecimiento reducido estaría asociado con relativamente altas temperaturas y, por lo discutido anteriormente, con el período de reproducción.

La estimación de parámetros poblacionales y evaluación de recursos por métodos basados en frecuencias de tallas ha conocido un desarrollo importante en años recientes (PAULY & MORGAN, 1987; GULLAND & ROSENBERG, 1992; GALLUCCI *et al.*, 1996; QUINN & DERISO, 1999), especialmente en el caso de pesquerías tropicales o de ciertos invertebrados para las cuales no se disponen de datos de composición por edades. No obstante, la aplicabilidad de estos métodos ha sido severamente cuestionada (HILBORN & WALTERS, 1992). Es claro que la transformación de datos de longitud en edad presenta limitaciones, especialmente en el caso de los individuos de mayor edad, y dependerá en buena medida de la estructura de las frecuencias de tallas observadas. Los procesos de reclutamiento, selectividad y mortalidad pueden introducir sesgos en las estimaciones de crecimiento y las evaluaciones subsiguientes.

Por otro lado, los análisis de cohortes y pseudocohortes basados en datos de longitud, al igual que los análisis de cohortes o de población virtual basados en datos de la composición por edades, están sujetos a las limitaciones relacionadas con la incertidumbre en los estimados de la mortalidad por pesca terminal (F_t) y la mortalidad natural (M), así como también con las incertidumbres asociadas al conocimiento de la estructura demográfica de la población, en edad o tallas, y los niveles de capturas. En el caso de los análisis de frecuencias de tallas se agrega también la incertidumbre en las estimaciones de los parámetros de crecimiento (GULLAND & ROSENBERG, 1992; GALLUCCI *et al.*, 1996). En este estudio los análisis de sensibilidad realizados para los resultados obtenidos por el método de JONES (1984), en cuanto a los valores de F_t y M , mostraron pocas diferencias, a excepción de los valores muy bajos de F_t (ver Tablas 6 y 7). Sin embargo, en este estudio no se realizó un análisis de sensibilidad de las estimaciones ante variaciones de los

parámetros de crecimiento.

En lo que se refiere al guacuco en la Ensenada La Guardia el rendimiento actual, bajo el supuesto de equilibrio, está más allá del máximo, pudiendo obtenerse rendimientos ligeramente más altos con niveles de mortalidad por pesca alrededor de 50% de los actuales con el régimen de explotación vigente. A pesar de lo anterior, es posible que en esta pesquería no se presente un problema grave de sobrepesca bajo las condiciones actuales, ya que una fracción importante de la población, ubicada fundamentalmente al este de la ensenada, no se encuentra sometida al esfuerzo de pesca, representando probablemente una reserva importante en términos de la incorporación de reclutas a la población. En todo caso, los resultados del análisis indican que es recomendable reducir los niveles actuales de explotación.

Por otro lado, es importante destacar la similitud de los valores de biomasa obtenidos por el análisis de cohortes por longitudes bajo el supuesto de equilibrio (2.122 tm) y el obtenido por estimación directa (1.785 ± 410 tm). Esta diferencia de 16% entre el promedio de la estimación directa y el estimado obtenido por análisis de cohortes es indicativo de la robustez de éste último método para estimar la abundancia poblacional, por lo menos en el caso de especies sedentarias de crecimiento rápido como *Tivela mactroides*. Como ya se mencionó, este método resultó relativamente poco sensible, en términos de la estimación de biomasa, a las variaciones de la mortalidad por pesca terminal (F_t) y de la mortalidad natural. De igual manera, las estimaciones mensuales de biomasa por análisis de pseudocohortes comparadas con las estimaciones directas pueden considerarse bastante satisfactorias. No obstante, la técnica no permite traducir la totalidad de las fuertes variaciones intermensuales de biomasa producto tanto de las características del ciclo vital de la especie como del muestreo. El análisis de pseudocohortes resultó más sensible a la variación de parámetros de entrada, tales como la mortalidad por pesca terminal y la mortalidad natural, y en este caso resulta fundamental la incorporación de los parámetros de oscilación de la curva de crecimiento. La revisión bibliográfica no nos permitió ubicar otros trabajos en los cuales se presentasen comparaciones de estimaciones mensuales de biomasa obtenidas por análisis de frecuencias de tallas con estimaciones directas de biomasa en la misma escala

temporal. Sin embargo, PAULY *et al.* (1987), en un estudio sobre un período de treinta años de la anchoveta peruana, utilizaron estimaciones independientes de biomasa con resoluciones temporales menos finas (anuales, semestrales y trimestrales) para calibrar los resultados mensuales del análisis de pseudocohortes.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, P. 1974. Distribución de los moluscos en la costa centro-occidental (Patanemo-Punta Tucacas) de Venezuela. Comparación de hábitats litorales. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 97: 23-51.
- ANON. 1987. *Informe sobre la extracción de Tivela mactroides en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Cría. 15 p. (mimeo).
- BATTACHARYA, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.
- BRITO, P.J. 1984. *Algunos aspectos de la dinámica poblacional del guacuco Tivela mactroides en dos localidades de Barlovento*. Trab. Grad. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela, 67 pp.
- BUITRAGO, J., R. GONZÁLEZ & C. AZARA, 1991. El tamaño de la muestra y la potencia de las evaluaciones de abundancia, en el caso del guacuco *Tivela mactroides* en la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* Vol. 51 (135-136): 235-246
- COCHRAN, W.G., 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York, 428 p.
- CHEVALIER, P. & A. LAUREC, 1990. Logiciels pour l'évaluation des stocks de poisson. ANALEN: logiciel d'analyse des données de capture par classe de taille et de simulation de pecheries multi-engins avec analyse de sensibilité. *FAO Doc. Tech. Peches*. No. 101, Suppl. 4. 124 pp.
- DICKIE, L.M., 1955. Fluctuations in the abundance of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gomeling) in the Digby area of the Bay of Fundy. *J. Fish. Res. Bd. Can.* Vol. 12 (6): 797-855.
- ETCHEVERS, S.L., 1976. Notas ecológicas y cuantificación de la población de guacucos *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia-Veneridae) en la Ensenada La Guardia, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 15 (1): 57-62
- GALLUCCI, V.F. S.S. SAILA, D.J. GUSTAFSON & B.J. ROTHSCHILD (Eds.) 1996. *Stock Assessment. Quantitative Methods and Applications for Small-Scale Fisheries*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 527 p.
- GAYANILO, F., M. SORIANO & D. PAULY. 1989. *A draft guide to the Compleat ELEFAN*. ICLARM Software No. 2: 65 p.
- GINÉS, HNO., 1972. *Carta Pesquera de Venezuela. 1- Areas del Nororiente y Guayana*. Monografía No. 16. Fundación La Salle, Caracas. 328 p.
- GULLAND, J. A. & S. J. HOLT, 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal Cons. Int. Expl. Mer* 25 (1):47-49.
- . & A. A. ROSENBERG, 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. *FAO Doc. Téc. Pesca*, No. 323, 112 p.
- Hilborn, R. & C.J. Walters, 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment : Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, New York. 572 p.
- JONES, R., 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish. Tech. Pap.* No. 256: 118 p.
- PAULY, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* (234): 52 p.
- . 1984. *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*.

- ICLARM Studies & Reviews (8): 325 p.
- . 1987. *A review of the ELEFAN system for analysis of length frequency data in fish and aquatic invertebrates* p. 17-34. En D. Pauly y G. Morgan (eds.) *Length based methods in fisheries research*. ICLARM Conf. Proc. No. 13, 468 p.
- . & G. GASCHÜTZ, 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICES C.M. 1979/G:24 : 26 p. (mimeo).
- . & G.R. MORGAN (Eds.), 1987. *Length-based methods in fisheries research*. ICLARM Conf. Proc. No. 13, 468 p.
- , M.L. PALOMARES & F.C. GAYANILO, 1987. *VPA Estimates of Monthly Length Composition, Recruitment, Mortality, Biomass and Related Statistics of Peruvian Anchoveta, 1953 to 1981: pp 142-166*. En Pauly D. & I. Tsukayama (Eds.) *The Peruvian Anchoveta and Its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change*. ICLARM Studies & Reviews No. 15, 351 p.
- PEREIRA, R., A. PRIETO & M. FLORES, 1988. Notas sobre crecimiento de una población del mejillón *Modiolus squamosus* en Tocuchare, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Act. Cient. Venezolana*, Vol. 39 : 281-288.
- PRIETO, A., 1980. Contribución a la ecología de *Tivela mactroides* (BORN 1778): Aspectos reproductivos. *Bol. Inst. Oceanogr. Sao Paulo*. 29 (2): 323-328.
- PRIETO, A. 1983. Ecología de *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia) en Playa Guiría (Sucre Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 22 (1 & 2): 7-19.
- . 1987. *Ecología de Tivela mactroides (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia): Crecimiento, mortalidad numérica, eliminación y rendimiento en la localidad de Guiría (Sucre-Venezuela)*. Trab. Asc. Prof. Asociado, Universidad de Oriente, Cumaná, 209 p.
- PRINCZ, D. & A. PACHECO. 1979. *Los moluscos marinos del Parque Nacional La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas.
- QUINN, T.J. & R. DERISO. 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford Univ. Press, 542 p.
- RAMÍREZ, T. 1993. *Densidad, crecimiento y dinámica poblacional del guacuco Tivela mactroides (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) en la Ensenada Playa Guiría, Edo. Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 140 p.
- RICKER, W. E. 1973. Linear regressions in fisheries research. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 409-434.
- RODRÍGUEZ, G. 1959. The marine community of Margarita Island, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 9 (3): 237-280.
- . 1963. *El Sistema Maracaibo. Biología y Ambiente*. Dpto. Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas. 395 pp.
- SPARRE, P., E. URSIN & S. VENEMA. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1-Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306.1. 337 p.
- TATÁ, A. 1984. *Producción, biomasa y distribución del molusco Tivela mactroides (Born, 1778) en la Ensenada Playa Guiría, Edo. Sucre*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 87 p.
- THOMPSON, W & F. BELL. 1934. Biological Statistics of the Pacific Halibut Fishery. 2. Effect of Changes in Intensity upon Total Yield per Unit of Gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm.*, 8 : 49 p.
- WARMKE, G.L. & R.T. ABBOTT. 1975. *Caribbean Seashells*. Dover Publications, Inc., New York, 348 pp.