



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

ESTRUCTURA DE EDADES Y ANALISIS DEL CRECIMIENTO
DEL CARACOL Astraea undosa (PROSOBRANCHIA; TROCHIDAE),
EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS,
BAJA CALIFORNIA, MEXICO.



TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA:
FABIO GERMAN CUPUL MAGAÑA

ENSENADA, B.C. ABRIL DE 1991

"ESTRUCTURA DE EDADES Y ANALISIS DEL CRECIMIENTO DEL CARACOL Astraea undosa (PROSOBRANCHIA; TROCHIDAE), EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS
QUE PRESENTA:

OC. Fabio Germán Cupul Magaña

M.C. Guillermo Torres Moya
Presidente del Jurado.

M.C. Anamaría Escofet Giansone
Sinodal Propietario

Dr. Jorge De La Rosa Vélez
Sinodal Propietario

M.C. Gorgonio Ruíz Campos
Sinodal Suplente

M.C. Guillermo Villareal Chaves
Sinodal Suplente

RESUMEN

El caracol comestible Astraea undosa fue colectado mensualmente de mayo de 1987 a junio de 1988, dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C., con la finalidad de obtener muestras de opérculos. La evaluación de la composición por tallas se realizó a través del análisis polimodal de frecuencias de longitud opercular y la determinación de la edad se efectuó a través de la interpretación de los anillos de crecimiento presentes en los opérculos. Se encontró que el ritmo de formación de los anillos de crecimiento fue anual, asociado con el ciclo reproductivo de la especie. El anillo hialino (lento crecimiento), se formó en primavera-verano y el opaco (rápido crecimiento), en otoño-invierno. Los organismos de mayor talla (100 mm de altura), registraron hasta 13 anillos de crecimiento, considerados como 12+ años de edad. El crecimiento fue significativamente mayor en machos, respecto al de hembras. Las edades de primera madurez para los machos fluctuaron entre los 4+ a 6+ años y 5+ a 8+ años para las hembras. La estructura de la población fue bimodal, ubicándose la mayor densidad entre los 2+ a 12+ años de edad. Se logró el ajuste de los datos de crecimiento al modelo matemático de von Bertalanffy. El crecimiento somático de la especie fue de tipo alométrico.

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente.

A mi Director de Tesis, M. C. Guillermo Torres Moye, quien compartió su experiencia y amistad conmigo durante el desarrollo del trabajo y quien continúa apoyándome dentro de mi desempeño profesional.

Al Dr. Jorge de la Rosa Vélez, por su amistad y por haber depositado su confianza en mí.

A mis Sinodales, M.C. Anamaria Escofet Gianzone, M.C. Guillermo Villarreal Chaves, M.C. Gorgonio Ruiz Campos y Dr. Jorge de la Rosa Vélez por todos sus consejos otorgados durante las revisiones de tesis.

A mis compañeros de generación, Oc. Guillermo Ballesteros Grijalva, Oc. Cuitláhuac Cedillo Acosta, Oc. Fabián Fernández Candelas, Oc. Juan Antonio Fernández Apango y Oc. Edgar Arroyo Ortega, por su apoyo y camaradería.

A los Directivos de la Facultad de Ciencias Marinas, Oc. Guadalupe García de Ballesteros, M.C. Roberto Millán Núñez, Oc. Lorenzo Gómez-Morín Fuentes y M.C. Ramón Cajal Medrano, por todas las atenciones que me brindaron.

A todos y cada uno de los tesistas y alumnos de servicio social del proyecto "ASTRAEA", por su colaboración en el trabajo de campo y laboratorio, muy especialmente al Oc. Francisco Javier Becerril Bobadilla.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico, a través de la beca otorgada.

A todas aquellas personas que hicieron posible el desarrollo del presente trabajo.

El desarrollo de este trabajo fue logrado gracias al apoyo otorgado por la Secretaría de Educación Pública, a través del Convenio C87-01-0136.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Profr. Luis B. Cupul Aguilar y Sra. María Eva Magaña de Cupul por su amor y paciencia, así como su constante aliento por desarrollar mi formación humana y profesional.

A LAS FAMILIAS:

Cupul Sánchez, Cupul Castellanos y Cupul Velázquez, por que nunca me desampararon ni permitieron caer.

A MIS HERMANOS PEQUEÑOS:

Grecia Helena y Emmanuel, con cariño.

A MI ABUELITA:

Sra. María Teresa Aguilar Vda. de Cupul, con todo mi amor.

A MI ESPOSA:

Lolita, por su gran amor y sensibilidad humana.

INDICE

	PAGINA
I. Introducción	1
II. Objetivo	8
III. Localización del Area de Estudio	9
IV. Materiales y Métodos	11
IV.1. Distribución de Frecuencias de Tallas	12
IV.2. Análisis de Regresión	14
IV.3. Análisis de Opérculos	14
IV.4. Validación del Método para Interpretación de Opérculos para la Determinación de la Edad	17
IV.5. Crecimiento en Longitud	18
IV.6. Caracterización del Crecimiento	20
IV.7. Estructura Poblacional por Edades	21
V. Resultados	22
VI. Discusión	40
VII. Conclusiones	52
VIII. Literatura Citada	53

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Fig. 1. Localización del área de estudio y zona de muestreo	10
Fig. 2. Variables biométricas en concha (a, b, c) y opérculo (d) de <u>A. undosa</u>	13
Fig. 3. Mediciones desde el punto de origen (p) al inicio en formación de cada anillo hialino	16
Fig. 4. Distribución de frecuencias de tallas del largo opercular para machos de <u>A. undosa</u> ...	23
Fig. 5. Distribución de frecuencias de tallas del largo opercular para hembras de <u>A. undosa</u> ..	24
Fig. 6. Fluctuación mensual del incremento marginal en los opérculos de <u>A. undosa</u> (intervalo de confianza del 95%)	27
Fig. 7. Crecimiento promedio observado en longitud opercular para machos y hembras de <u>A. undosa</u>	31
Fig. 8. Curvas de crecimiento para machos y hembras de <u>A. undosa</u> calculadas a través del modelo de von Bertalanffy	32

Fig. 9.	Frecuencia de aparición mensual de las edades de <u>A. undosa</u> para ambos sexos	37
Fig. 10.	Histograma global de frecuencia de edades para <u>A. undosa</u> en la región del cabo Punta Banda	38

INDICE DE TABLAS

PAGINA

Tabla I.	Ecuaciones de las regresiones lineales funcionales entre longitud opercular y altura, lado mayor, diámetro mayor y menor de la concha para global y ambos sexos	25
Tabla II.	Comparaciones estadísticas del incremento marginal mes a mes, utilizando el estadígrafo "t" a un nivel de confianza del 95% (n = no significativo; s = significativo)	28
Tabla III.	Promedio de longitud de opérculos en distintas edades con intervalos de confianza (95%) para machos y hembras (DS = Desviación Estándar)	30
Tabla IV.	Tasas de crecimiento de longitud opercular por sexos obtenidas a través del análisis de los anillos de crecimiento	34
Tabla V.	Resultados de diámetro mayor de la base de la concha obtenidos a través del modelo de von Bertalanffy para hembras y machos	

de A. undosa . Así como la desviación
porcentual de los valores del modelo con
respecto a los observados 35

I.- INTRODUCCION.

Las investigaciones sobre edad y crecimiento en organismos marinos son de gran importancia, ya que permiten hacer inferencias sobre la estructura de la población en el tiempo. La tasa de renovación del recurso, longevidad, mortalidad, reclutamiento, edad de primera madurez, así como los tamaños mínimos de extracción, son parámetros fundamentales para el adecuado manejo y aprovechamiento de las especies de importancia económica (Haskin, 1954; Miranda, 1975; Acuña, 1977; Gallardo-Cabello y Santarelli, 1987).

La edad de un organismo puede ser conocida a través de la observación de sus estructuras anatómicas duras, en las cuales queda impresa la edad en forma de marcas, bandas o anillos de formación anual, que son reflejo del crecimiento experimentado, válido para especies de regiones templadas (Bagenal, 1978). Para tal efecto, se han utilizado otolitos, vértebras, escamas y huesos operculares en peces, dientes en mamíferos, anillos en la concha de los bivalvos, bandas en los interambulacros de los erizos (Acuña y Stuardo, 1979); así como marcas en las conchas y opérculos de los gasterópodos (Clark, 1974).

Debido a lo laborioso y a la dificultad relativa que

presenta el análisis de las estructuras citadas anteriormente al procesar gran cantidad de individuos, se emplean también otros métodos alternativos para la interpretación de la edad y crecimiento somático de las poblaciones animales, dentro de los cuales se pueden citar: el análisis de frecuencias de tallas en el tiempo, método introducido por el danés C.G.J. Petersen en 1892 (Ricker, 1975; Pereiro, 1982), el análisis de frecuencias polimodales mediante el empleo de papel probabilidad (Harding, 1949; Cassie, 1954), o experimentos que involucran la captura y liberación de organismos marcados (Haskin, 1954; Frank, 1965; Horikawa y Yamakawa, 1982; Saunders, 1984).

Hoffbauer (1899, en Miranda, 1975), desarrolló el método de interpretación de los anillos o bandas de crecimiento en escamas, como indicadores de la edad en peces de regiones templadas, con las estaciones climáticas bien definidas. La formación de los anillos es atribuida a períodos de lento o nulo crecimiento, concomitantes con la estación de invierno (Miranda, 1975), en la cual el metabolismo se ve disminuido por las bajas temperaturas presentes durante esa estación. Se cree en el mismo argumento fisiológico sobre la formación de los anillos de crecimiento en moluscos de zonas templadas, en

los cuales la formación de un anillo hialino y opaco es producto de la depositación de capas de carbonato de calcio con distinta orientación cristalográfica (Clark, 1974). Además se ha descubierto que la manipulación de los organismos (Wilbur y Owen, 1964), la contaminación por desechos industriales (Fritz y Lutz, 1986), los ciclos reproductivos (Thompson et al., 1980), la competencia intraespecífica e interespecífica por espacio y/o alimento (Underwood, 1976), las variaciones latitudinales (Frank, 1975), la distribución en la franja costera (McQuaid, 1983) y la anaerobiosis (Lutz y Rhoads, 1977), entre otros, afectan el ritmo de formación de las líneas de crecimiento presentes en las conchas y opérculos de los moluscos.

En cuanto a los gasterópodos se refiere, existen diversos estudios que han utilizado los anillos de crecimiento presentes en concha u opérculo, como indicadores de la edad. En Japón, Kubo y Kondo (1953), interpretaron las líneas de crecimiento presentes en el opérculo de Babylonia japonica, encontrando que la formación de la marca fue anual, formándose durante el invierno. En la Bahía de Mejillones del Sur, Chile, Miranda (1975), registró marcas de crecimiento en el opérculo de Thais chocolata y obtuvo una correlación

significativa entre el número de anillos y de clases anuales obtenidas mediante el empleo del método del papel probabilidad. Williamson y Kendal (1981), estudiaron las marcas de crecimiento presentes en la concha de distintas poblaciones inglesas de Monodonta lineata, y detectaron que la formación de la marca fue anual, entre temporadas sucesivas de crecimiento; además no encontraron diferencias significativas en el crecimiento de machos con respecto al de hembras. Sire y Bonnet (1984), observaron en los opérculos de Turbo setosus de la Polinesia Francesa, tres tipos de líneas de crecimiento: (1) producidas por estrés, (2) líneas de regular periodicidad, correspondientes al ritmo de crecimiento diario y (3) líneas que reflejan un ritmo de crecimiento menor al diario. En la región del Golfo Normando-Bretón, al norte de Francia, Santarelli y Gros (1985), determinaron la edad de Buccinum undatum basándose en el conteo de las estrías del opérculo, ya que la formación de la marca fue anual, durante los meses templados del año (entre junio y agosto). Kraeuter et al. (1989), utilizaron tres técnicas para estimar la edad y el crecimiento de Busycon carica, en las costas de Virginia, E.U.A. Encontraron un crecimiento promedio de 14.4 mm/año para individuos cultivados en el laboratorio y de 6.5 mm/año a través de la observación de las líneas de crecimiento presentes en el opérculo. Además,

reportaron un crecimiento negativo o nulo en los estudios de marca-recaptura en el campo.

El caracol Astraea undosa (Wood, 1828), conocido comunmente como "caracol panocha", es un molusco que se presenta como un recurso comercial en las costas de la Península de Baja California, ya que es sustituto del abulón en el mercado, dadas sus características de sabor, textura de la carne y alto valor comercial. Este gasterópodo llega a medir hasta 110 mm tanto en diámetro como en altura, y presenta orillas ondulantes bien definidas en toda la superficie de la concha. Los individuos adultos presentan una arruga periférica marcada con líneas en espiral conspicuas. Su periostraco es café. Se distribuye geográficamente desde Punta Concepción, Santa Barbara, California, E.U.A., hasta Punta Abreojos, Baja California Sur, México (Morris et al., 1983).

Este recurso ha sido subutilizado ya que se ha empleado principalmente como carnada para la captura de la langosta (Chenaut, 1985). Los registros de captura por parte de la Secretaría de Pesca datan desde 1981, período a partir del cual se ha incrementado su uso para consumo humano directo.

En la actualidad se carece de información básica sobre

las poblaciones del "caracol panocha" y por el momento se encuentra restringida a trabajos referentes a su registro ocasional en campo (McLean, 1962; Bishop y Bishop, 1973; García-Pámanes y Chee-Barragán, 1976; Searcy-Bernal, 1986; Caballero-Alegría, 1987), algunos aspectos sobre la morfología de su rádula (Hickman, 1981), mineralogía y bioquímica del opérculo (Adegoke, 1973), hábitos alimenticios (Leighton, 1966), estudios de depredación (Schmitt, 1981), dinámica poblacional y energética (Schwalm, 1973) y ciclo reproductivo (Belmar-Pérez, 1988).

En la Facultad de Ciencias Marinas, dependiente de la Universidad Autónoma de Baja California, desde el año de 1987 se ha venido desarrollando un programa de investigación con el propósito de realizar una evaluación integral de los recursos con potencial económico de la Costa Oeste de Baja California, en particular sobre el caracol A. undosa. En este proyecto se plantea la generación de información básica sobre los principales aspectos de esta especie, lo cual incluye: (1) biología, con énfasis en la reproducción, alimentación y crecimiento; (2) ecología, con énfasis en la distribución, abundancia, relaciones bióticas y abióticas, estructura genética y dinámica poblacional, y (3) realización de estudios de factibilidad del cultivo de repoblamiento del recurso,

principalmente en los aspectos técnicos, biológicos y económicos. Durante los últimos tres años, en los cuales se ha venido desarrollando el proyecto (De La Rosa Vélez et al., 1991), la información generada está referida a estudios de depredación (Ramírez-Robledo, 1988), hábitos alimenticios (Aguilar-Rosas et al., 1990), ciclo reproductivo (Almanza-Heredia y Almanza-Heredia, 1988a; Chulini-Olivares, 1990; Del Angel-Meza, 1990), relaciones biométricas (Almanza-Heredia y Almanza-Heredia, 1988b), estructura poblacional, distribución, abundancia y flora y fauna asociada (Becerril-Bobadilla, 1988; Chávez-Morales, 1988; Torres-Moye et al., 1988; 1990); así como trabajos sobre variabilidad genética (Mendoza-Aguirre, 1989; Romero-Romero, 1989; Suárez-Vásquez, 1989; Carrillo-Barco, 1990; Urbina-Sánchez, 1990) y fisiología (Ramade-Villanueva, 1989).

Una de las líneas de investigación del proyecto está representada por este trabajo, el cual es una contribución al estudio de la edad y crecimiento del caracol comestible A. undosa en la Bahía de Todos Santos, B.C., México.

II.- OBJETIVO.

El objetivo principal de este estudio fué la determinación de la estructura de edad y análisis del crecimiento somático de una población local del caracol comestible Astraea undosa (Wood, 1828), dentro de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México.

III.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

La Bahía de Todos Santos está situada sobre la costa Oeste de la península de Baja California (Fig. 1) entre los $31^{\circ} 40'$ y $31^{\circ} 56'$ latitud Norte y $116^{\circ} 36'$ y $116^{\circ} 50'$ longitud Oeste (Secretaría de Marina, 1974).

El sitio de estudio se encuentra localizado en el Cabo Punta Banda (Fig. 1). Las razones por las cuales se eligió, fueron: (1) presencia de la especie en densidades más altas que en otras localidades de la Bahía, (2) su bajo grado de exposición al oleaje, y (3) la poca probabilidad de extracción del organismo por pesca comercial o deportiva, debido a su inaccesibilidad por vía terrestre, y las marítimas requieren de un gasto considerable de combustible para las embarcaciones. En esta zona la costa es muy inclinada, compuesta por un macizo de roca ígnea y abundante crecimiento algal (Olson-Ocampo, 1982).

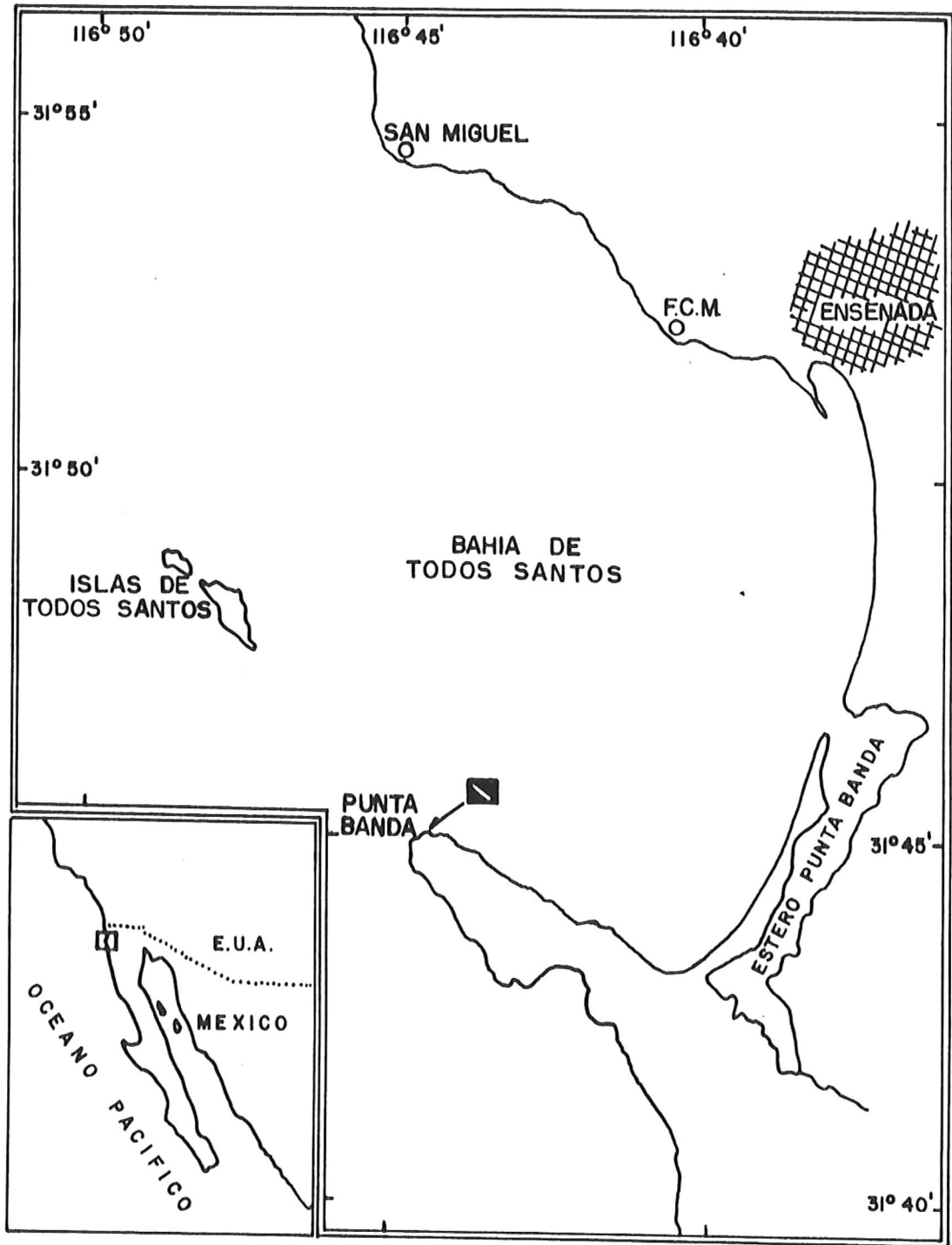


FIG. 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ZONA DE MUESTREO ()

IV.- MATERIALES Y METODOS.

De mayo de 1987 a junio de 1988, se colectaron caracoles mensualmente en la región infralitoral (aproximadamente de 3 a 6 metros de profundidad) del Cabo Punta Banda, con la ayuda de buceo autónomo.

La técnica de muestreo consistió en la selección arbitraria de una subárea (con dimensiones variables) donde abundara el caracol y de la cual se extrajeron de manera aleatoria 40 individuos. Los dos motivos por los que se seleccionó este tamaño de muestra, fueron: (1) la de obtener un número representativo de organismos, y (2) que a la vez no significara una disminución drástica de la población.

Durante todo el periodo de muestreo se colectaron un total de 560 organismos, valor que se vió disminuido en 391 ya que muchos de los opérculos fueron dañados físicamente durante el procesamiento de las muestras, lo cual imposibilitó su empleo en la observación de los anillos de crecimiento.

Las variables biométricas de los especímenes provinieron de un muestreo biológico realizado por personal del proyecto "ASTRAEA" de la Facultad de Ciencias Marinas.

Estas fueron: (1) altura de la concha (Fig. 2a), (2) peso total (con concha y opérculo), (3) lado mayor de la concha (Fig. 2b), (4) diámetro mayor y menor de la base de la concha (Fig. 2c) y (5) largo del opérculo (Fig. 2d). También se obtuvo información referente al sexo y estado de madurez gonadal (a nivel macroscópico).

Los datos totales (agrupación de todos los meses muestreados) se sometieron a una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (Steel y Torrie, 1986) para decidir el tratamiento estadístico a utilizar.

IV.1.-DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE TALLAS

Con el propósito de conocer la estructura de tallas mensual de la población, se construyeron histogramas de distribución de frecuencias de largo opercular (con 0.75 mm como ancho de clase) para hembras y machos, siguiendo el método propuesto por Petersen (Cerrato, 1980). Para la aplicación de este método, se requirió que el organismo a estudiar presentara un solo desove al año, para evitar la existencia de un traslape de las cohortes provocado por varios desoves durante un ciclo anual. A. undosa reunió este requisito, ya que Almanza-Heredia y Almanza-Heredia (1988a) encontraron que esta especie, en particular dentro

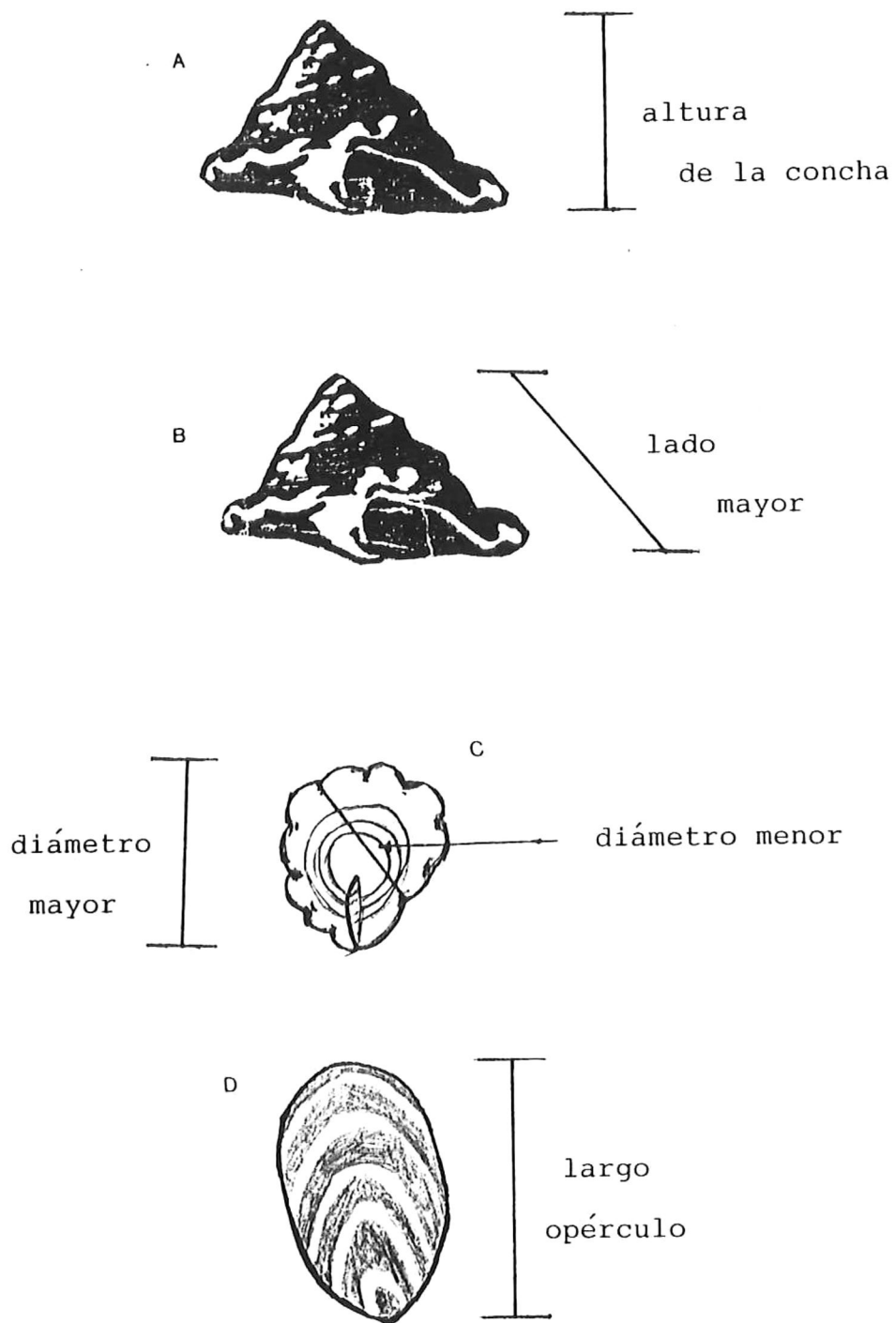


Fig. 2.- Variables biométricas en concha (a, b, c) y opérculo (d) de *A. undosa*.

de la Bahía de Todos Santos, presentó un solo desove anual entre los meses de septiembre-octubre.

IV.2.-ANALISIS DE REGRESION

Para poder pronosticar o predecir el valor de una variable a partir de los valores conocidos de otra que esté relacionada, se obtuvieron las ecuaciones de las relaciones lineales de longitud opercular contra altura, lado mayor, diámetro mayor y menor de la base de la concha, para machos, hembras y global (hembras y machos agrupados); tomando como base el análisis de regresión funcional (Ricker, 1973; 1975). Este método minimiza la suma de los productos de la distancia vertical y horizontal de cada punto desde la línea. Ricker (1973) recomienda el empleo de este tipo de regresiones cuando se comparan dos variables sujetas a errores de medida y/o variabilidad inherente. Además se obtuvieron los coeficientes de correlación paramétrica de Pearson (Sokal y Rohlf, 1979), para cada relación.

IV.3.-ANALISIS DE OPERCULOS

La observación de los anillos de crecimiento se efectuó en los opérculos, dadas sus características de ser una

estructura dura no expuesta al deterioro ambiental y, principalmente, porque presentaron una mejor diferenciación entre anillos hialinos y opacos; lo cual no fue posible apreciar en la concha, debido a las bioincrustaciones y a que no se pudo discriminar entre ambos anillos.

Con el propósito de observar los anillos de crecimiento se pulió la cara interna de cada opérculo (cara plana), utilizando lijas de carburo de silicio de los números 600 G, 450 G y 240 G, siguiendo la técnica propuesta por Kennish et al. (1980). Una vez pulido cada opérculo, se observaron los anillos hialinos y opacos en un microscopio estereoscópico de luz transmitida. Estos anillos correspondieron respectivamente a zonas de crecimiento lento (banda angosta con líneas contiguas) y zonas de crecimiento rápido (banda ancha con líneas espaciadas), respectivamente. Se utilizó un vernier (precisión 0.01 mm) para medir las distancias del extremo inferior (punto de origen) al inicio de la formación de cada anillo hialino (Fig. 3). Las mediciones obtenidas se agruparon en un polígono de frecuencias de tallas (0.75 mm de ancho de clase), para obtener las distintas modas y calcular para cada una de ellas los parámetros estadísticos (media y desviación estándar). Cada moda representa una edad, que fue obtenida a través del método de graficado en papel

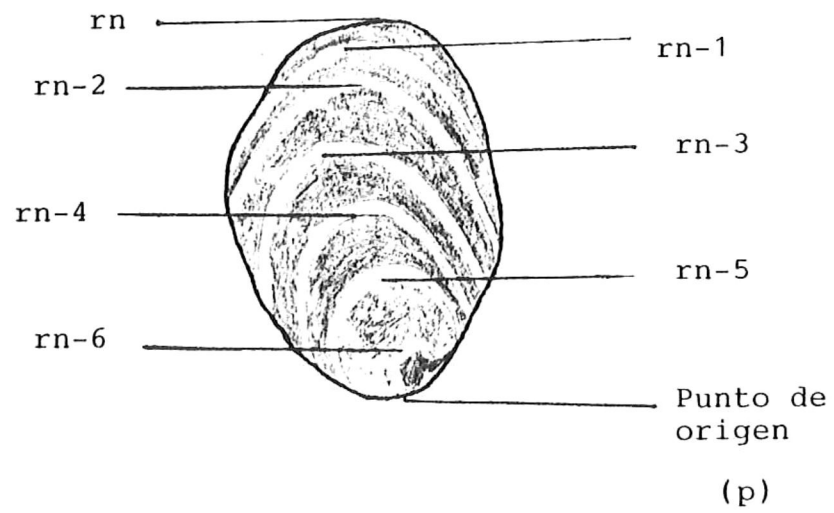


Fig. 3.- Mediciones desde el punto de origen (p) al inicio en formación de cada anillo hialino (rn).

probabilidad (Harding, 1949; Cassie, 1954) y se obtuvo el intervalo de confianza de 95% para cada grupo modal.

IV.4.-VALIDACION DEL METODO DE INTERPRETACION DE OPERCULOS PARA LA DETERMINACION DE LA EDAD

Con el objetivo de establecer el ciclo de formación de los anillos, se realizó un análisis mensual del incremento marginal de material hialino y opaco en el borde del opérculo. El cual consistió en la estimación de la diferencia entre la longitud total del opérculo y la longitud máxima, desde el extremo inferior (punto de origen) al anillo hialino más cercano al borde del opérculo (Figs. 2d y 3). Esta medida se representa por la siguiente ecuación, modificada respecto a la propuesta por Aguayo y Gili (1984):

$$I.M. = R_o - r_n.$$

donde:

- I.M. = Incremento marginal (mm).
- R_o = Longitud del opérculo (mm).
- r_n = Longitud hasta el anillo hialino más reciente (mm).

Los valores más pequeños del incremento marginal, correspondieron a opérculos en los que apenas se estaba

desarrollando el anillo hialino más reciente. Los intervalos de confianza para el incremento marginal mensual, se construyeron con un nivel de confianza del 95%. Se realizaron comparaciones múltiples entre todos los incrementos marginales obtenidos para cada mes, con la finalidad de conocer si existieron diferencias significativas en el crecimiento. Para tal propósito, se realizó un análisis de homocedasticidad con el empleo del estadístico "F" para probar la homogeneidad de las varianzas y una prueba "t" (Sokal y Rohlf, 1978) para conocer diferencias en crecimiento a un nivel de confianza del 95%.

IV.5.-CRECIMIENTO EN LONGITUD

Se construyeron las curvas de crecimiento promedio observadas para machos y hembras, utilizando los datos de edad-talla obtenidos del análisis opercular.

Considerando los valores de longitud opercular media para cada edad, y empleando las ecuaciones de regresión funcional entre longitud opercular y diámetro mayor de la base, se calcularon los valores del diámetro mayor de la base para cada una de las edades. Finalmente, empleando la metodología citada por Walford (1946), Beverton y Holt

(1957) y von Bertalanffy (Kimura, 1980) se obtuvieron los parámetros L_{oo} y k , t_0 y L_t , respectivamente; así como los valores esperados en base al modelo siguiente:

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

donde:

- L_t = Longitud mayor de la base a la edad t .
- L_{oo} = Longitud asintótica o máxima promedio.
- k = coeficiente de crecimiento ($K = -\ln k$).
- t_0 = edad teórica para longitud de la base mayor igual a cero.
- t = edad.

Con el objeto de determinar la existencia de un crecimiento diferencial entre sexos de los valores observados, primeramente se probó la homogeneidad de las varianzas con una prueba "F" (Sokal y Rohlf, 1978), para posteriormente comparar la longitud de hembras contra machos a una edad específica, con la aplicación de una prueba "t" (Sokal y Rohlf, 1978) a una nivel de confianza del 95%.

Para determinar la desviación porcentual de los valores de diámetro mayor de la base, calculados por el modelo con respecto a los observados, se procedió a designar a los segundos como el 100% y a partir de éstos se calculó el porcentaje que correspondió a los primeros. Posteriormente,

se llevó a cabo la sustracción entre el 100% de los observados con respecto a los porcentajes de los calculados para cada edad y sexo.

IV.6.-CARACTERIZACION DEL CRECIMIENTO

Para conocer el tipo de crecimiento (alométrico o isométrico) experimentado por el caracol, en primera instancia se relacionaron las variables de peso total y longitud de opérculo mediante la expresión :

$$W = aL^b$$

donde:

W = peso total calculado (gramos).

L = longitud opercular (cm).

a y b= constantes de la regresión.

El cálculo de (a) y (b) se simplifica transformando la ecuación en una expresión logarítmica:

$$\ln (W) = \ln (a) + b \ln (L)$$

Si el valor de la pendiente de la recta de regresión (b) es cercano a 3, se tendrá un crecimiento de tipo isométrico, es decir, el crecimiento en peso variará en

relación cúbica al de la longitud y cuando este valor sea distinto de 3 se hablará de alometría, es decir el crecimiento del cuerpo se deforma sin guardar proporción (Pereiro, 1982).

IV.7.- ESTRUCTURA POBLACIONAL POR EDADES

Para conocer la estructura poblacional por sexos y global de A. undosa, se graficaron las edades contra la frecuencia de organismos obtenida para cada mes y en forma global (agrupación de todos los meses muestreados).

V.- RESULTADOS.

Los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov mostraron que los datos tienen una distribución normal, por lo cual se optó por trabajar con estadística paramétrica.

En las figuras 4 y 5 se presentan los histogramas de distribución de frecuencias de tallas de longitud opercular para machos y hembras. Las gráficas no presentaron un patrón muy bien definido, registrándose gran variabilidad en la frecuencia, ubicación y número de grupos modales, aunque la mayor concentración de éstas para ambos sexos se localizó entre los 19.48 mm a 30.87 mm.

La distribución de frecuencias de tallas para hembras (Fig. 4), mostró que durante los meses de mayo, junio y julio de 1987, ocurre la presencia de organismos de tallas pequeñas (menores de 17 mm) en la población. En machos (Fig. 5), se observó el mismo patrón en los meses de mayo, julio, noviembre y diciembre de 1987.

De las 391 muestras, un total de 388 fueron analizadas (184 machos y 204 hembras), excluyendo tres individuos de sexo indeterminado.

La tabla I muestra las ecuaciones de las regresiones lineales funcionales con sus respectivos coeficientes de

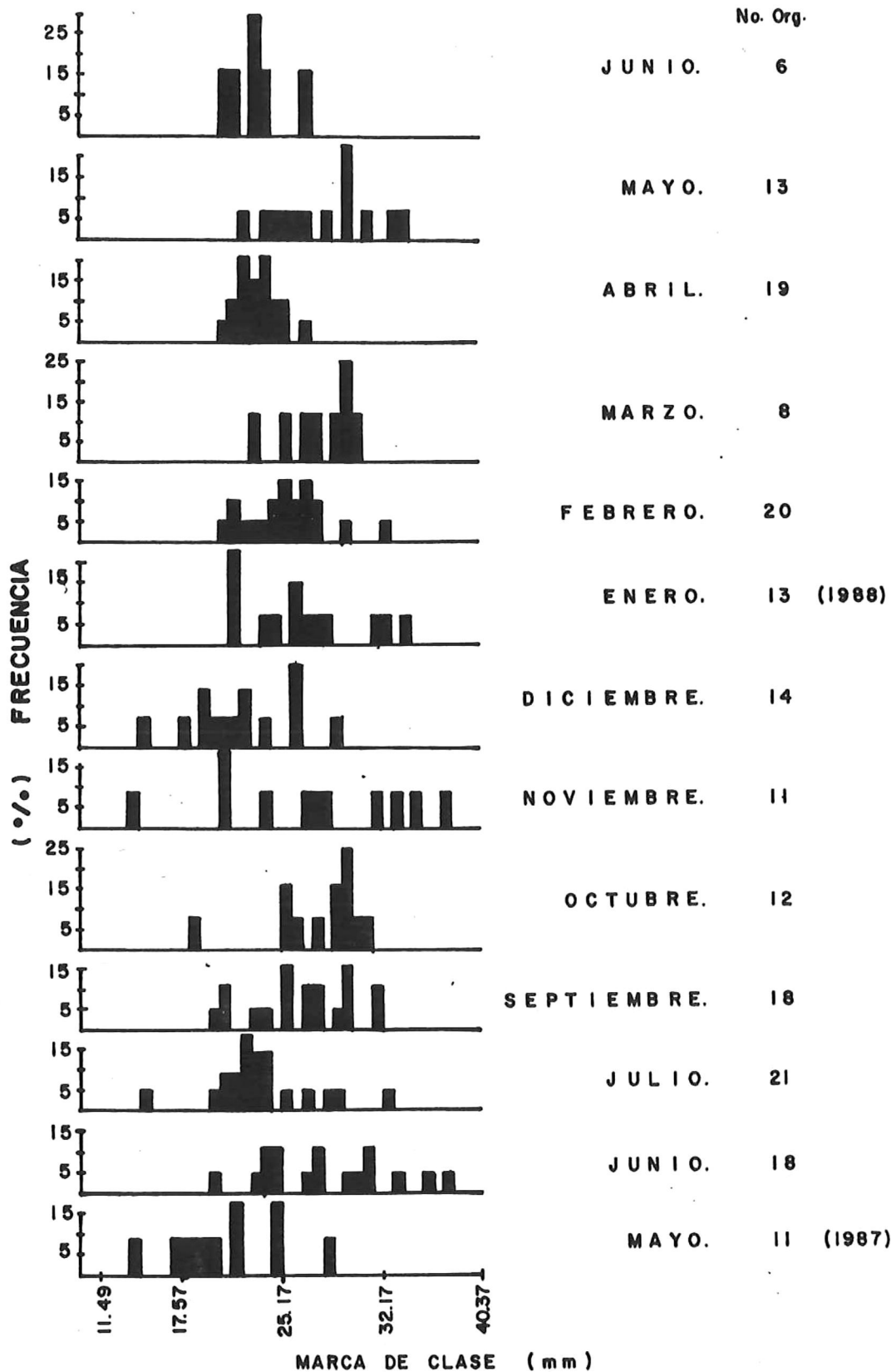


FIG. 4 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE TALLAS DE LARGO OPERCULAR PARA MACHOS *A. undosa*.

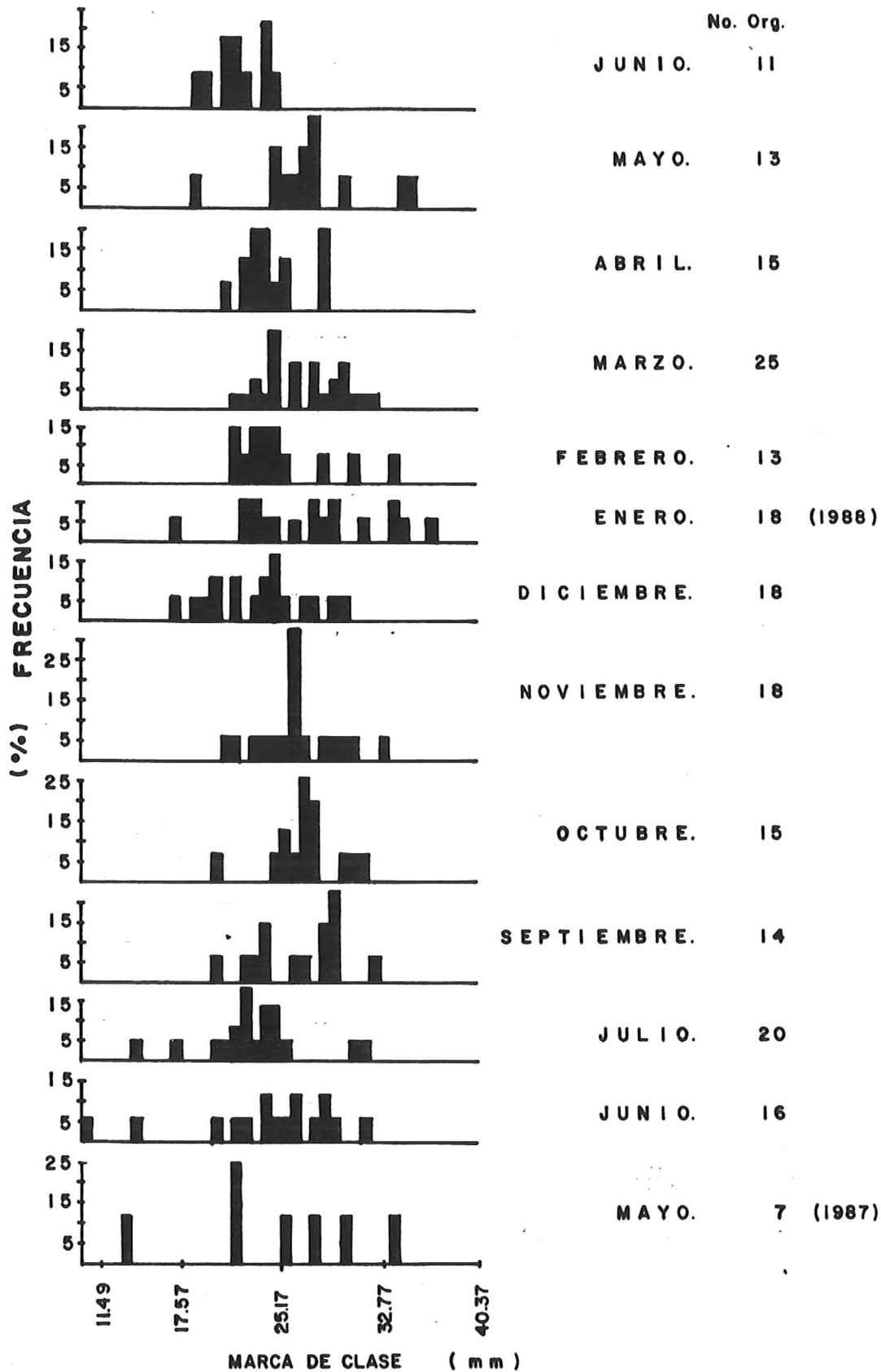


FIG. 5 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE TALLAS DE LARGO OPERCULAR PARA HEMBRAS DE *A. undosa*.

long. opérculo (X) versus	ECUACION	Coefficiente de regresión (r)	Coefficiente de determinación (r ²)
GLOBAL N=391			
altura	$y = \text{antilog} (0.18161 + 1.08810 \log X)$	0.9673	0.9357
lado mayor	$y = \text{antilog} (0.17818 + 1.13967 \log X)$	0.8218	0.6754
diámetro mayor	$y = \text{antilog} (0.55477 + 0.88386 \log X)$	0.9664	0.934
diámetro menor	$y = \text{antilog} (0.43288 + 0.93240 \log X)$	0.9705	0.9419
MACHOS N=184			
altura	$y = \text{antilog} (0.31743 + 0.98913 \log X)$	0.8474	0.7181
lado mayor	$y = \text{antilog} (0.37206 + 1.00605 \log X)$	0.9756	0.9518
diámetro mayor	$y = \text{antilog} (0.52608 + 0.90458 \log X)$	0.9674	0.936
diámetro menor	$y = \text{antilog} (0.38664 + 0.96544 \log X)$	0.9677	0.9364
HEMBRAS N=204			
altura	$y = \text{antilog} (0.21899 + 1.06243 \log X)$	0.9639	0.9292
lado mayor	$y = \text{antilog} (0.27409 + 1.07416 \log X)$	0.8452	0.7145
diámetro mayor	$y = \text{antilog} (0.52608 + 0.90458 \log X)$	0.963	0.9274
diámetro menor	$y = \text{antilog} (0.48602 + 0.89445 \log X)$	0.978	0.9565

Tabla I.-.Ecuaciones de las regresiones lineales funcionales entre longitud opercular y altura, lado mayor, diámetro mayor y menor de la concha para global y ambos sexos.

correlación y determinación. Las relaciones que mayores coeficientes de determinación presentaron y que en un momento dado pueden predecir con la menor incertidumbre el cambio entre las variables analizadas, son: lado mayor de la concha-longitud opérculo en machos ($r^2 = 0.9518$) y diámetro menor de la base de la concha-longitud opérculo en hembras ($r^2 = 0.9565$). Los coeficientes de determinación menores se obtuvieron para altura de la concha-longitud opérculo en machos ($r^2 = 0.7181$) y lado mayor de la concha-longitud opérculo en hembras ($r^2 = 0.7145$). También se realizaron regresiones lineales funcionales globales, donde se obtuvo el mayor coeficiente de determinación para diámetro menor de la base de la concha-longitud opérculo ($r^2 = 0.9419$), y el menor para lado mayor de la concha-longitud opérculo ($r^2 = 0.6754$).

Los valores menores del incremento marginal (Fig. 6) fueron registrados en los meses de mayo a septiembre de 1987 y abril a junio de 1988, y los mayores de octubre a marzo de 1988. Ocurrió un aumento significativo entre los meses de septiembre a octubre de 1987 y una disminución significativa entre marzo y abril de 1988 (Tabla II).

Se localizaron dos bandas de crecimiento en el opérculo de A. undosa, una hialina y angosta y otra opaca más amplia (utilizando luz transmitida), las cuales corresponden a zonas de crecimiento lento y rápido, respectivamente. En

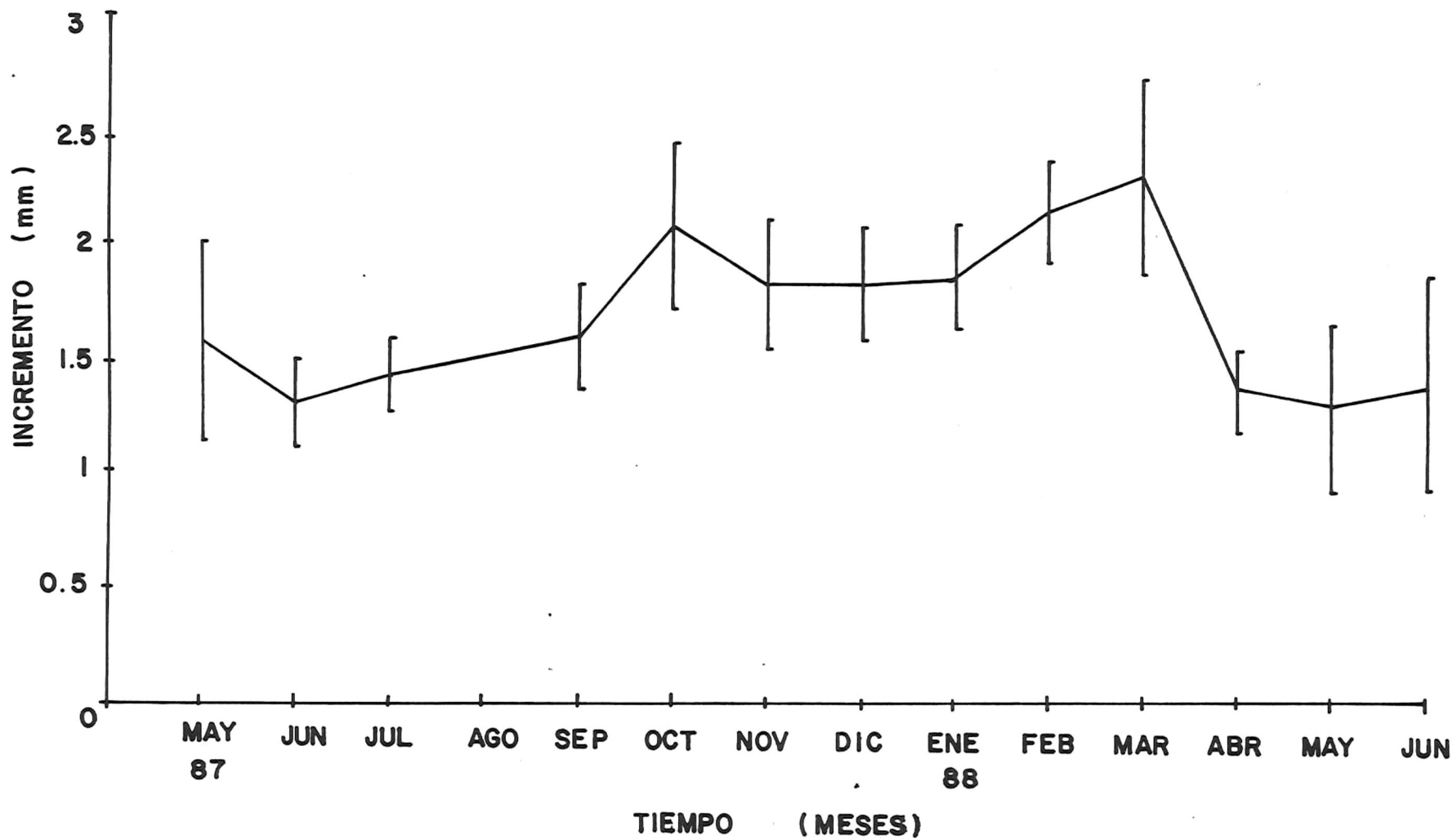


FIG. 6 FLUCTUACION MENSUAL DEL INCREMENTO MARGINAL EN LOS OPERCULOS DE *A. undosa*
(INTERVALO DE CONFIANZA DEL 95 %)

	m-87	j-87	jl-87	a-87	s-87	o-87	n-87	d-87	e-88	f-88	mr-88	a-88	m-88	j-88
may-87	-	n	n	-	n	n	n	n	n	n	s	n	n	n
jun-87	-	-	n	-	n	s	s	s	s	s	s	n	n	n
jul-87	-	-	-	-	n	s	s	s	s	s	s	n	n	n
ago-87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sep-87	-	-	-	-	-	s	n	n	n	s	s	n	n	n
oct-87	-	-	-	-	-	-	n	n	n	n	n	s	s	s
nov-87	-	-	-	-	-	-	-	n	n	n	n	s	s	n
dic-87	-	-	-	-	-	-	-	-	n	n	n	s	s	n
ene-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n	n	s	s	s
feb-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n	s	s	s
mar-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	s	s
abr-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n	n
may-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s
jun-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla II.- Comparaciones estadísticas del incremento marginal mes a mes, utilizando el estadígrafo "t" a un nivel de confianza del 95% (n = no significativo; s = significativo).

general el patrón de formación de los anillos hialinos y opacos fue bien definido, tomando como marca de crecimiento a los anillos hialinos anteceditos por uno opaco. El análisis de frecuencias de las mediciones de los anillos de crecimiento a través del método de Cassie (1954), proporcionó los datos de media y desviación estándar para cada marca formada (Tabla III). Estos resultados se emplearon para obtener los intervalos de confianza y construir las curvas de crecimiento observadas para ambos sexos.

En la figura 7, están representados los crecimientos observados para machos y hembras. La tendencia general de las curvas es incrementar en tamaño conforme aumenta la edad, sin llegar en ningún momento a la estabilidad. Además se observó un mayor crecimiento en machos, cuyas diferencias en crecimiento con respecto a hembras fueron más evidentes a partir de la edad 3+ en adelante, aparentando ser iguales durante las últimas tres edades (10+, 11+, 12+).

El crecimiento observado de machos con respecto al de hembras entre todas las edades, exceptuando las de 11+ y 12+, resultó ser significativamente diferente a un nivel de confianza de 95%.

En la figura 8 se observa la curva de crecimiento para machos y hembras obtenidas a través del modelo

Edad (años)	Machos			Hembras		
	prom. (mm)	ds	intervalo (mm)	prom. (mm)	ds	intervalo (mm)
0+	3.51	0.407	3.44-3.63	3.13	0.102	3.08-3.17
1+	6.17	0.306	6.10-6.23	5.22	0.204	5.16-5.27
2+	9.21	0.306	9.15-9.26	8.45	0.561	8.37-8.52
3+	13.01	0.408	12.94-13.07	11.49	0.153	11.45-11.52
4+	17.95	0.408	17.88-18.01	14.15	0.306	14.10-14.19
5+	21.36	0.102	21.35-21.38	17.38	0.153	17.34-17.41
6+	23.65	0.204	23.60-23.69	19.09	0.153	19.05-19.12
7+	25.93	0.153	25.87-25.98	20.99	0.204	20.95-21.02
8+	27.45	0.153	27.37-27.52	23.46	0.153	23.42-23.49
9+	28.97	0.102	28.92-29.01	26.69	0.408	26.61-26.76
10+	30.68	0.153	30.60-30.75	30.87	0.357	30.71-31.02
11+	33.15	0.102	33.06-33.26	33.53	0.102	33.36-33.69
12+	35.43	0.102	34.51-36.34	35.81	0.255	33.51-38.10

Tabla III.- Promedio de longitud de opérculos en distintas edades con intervalos de confianza (95%) para machos y hembras. (ds = desviación estándar)

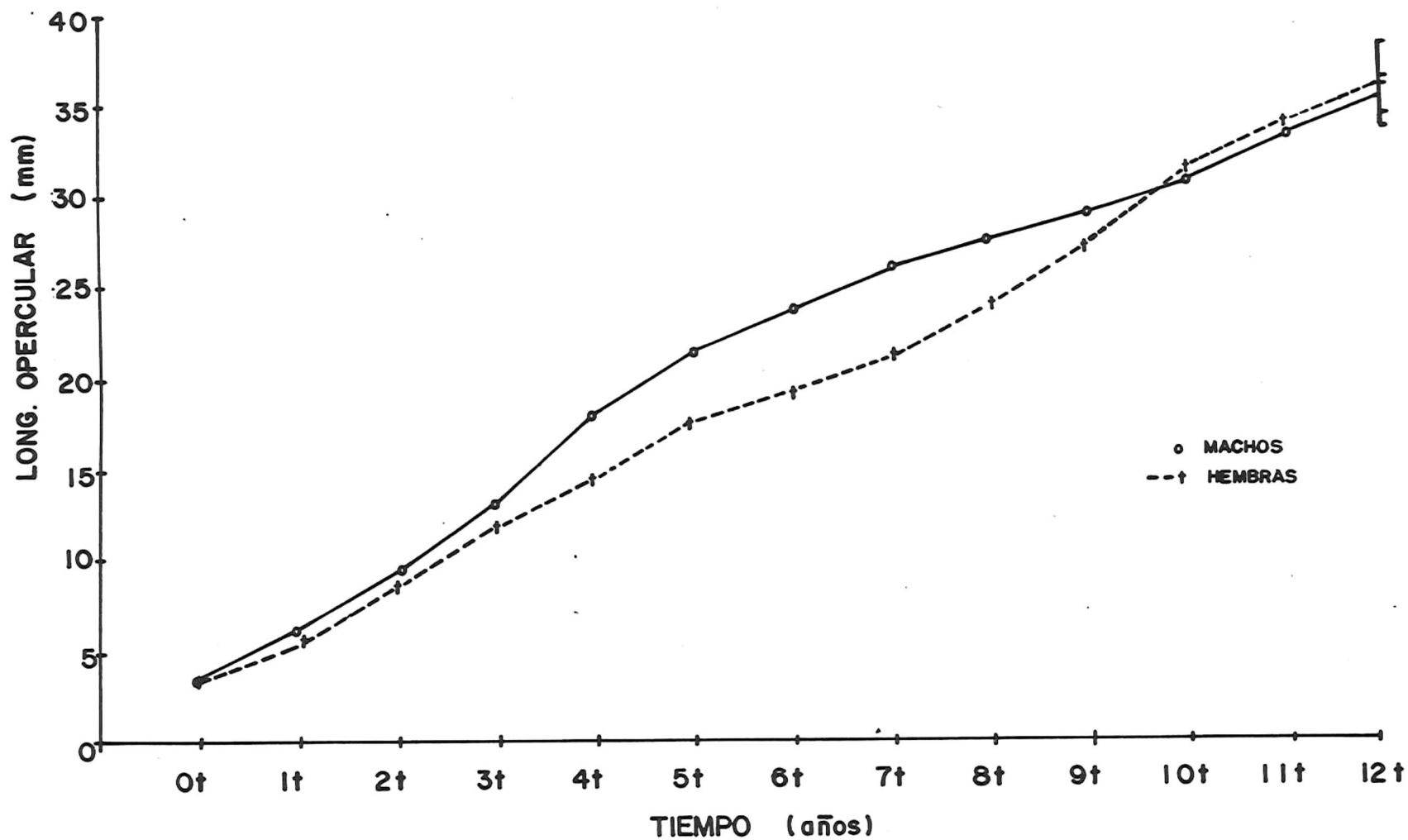


FIG. 7 CRECIMIENTO PROMEDIO OBSERVADO EN LONGITUD OPERCULAR PARA MACHOS Y HEMBRAS DE *A. undulata*

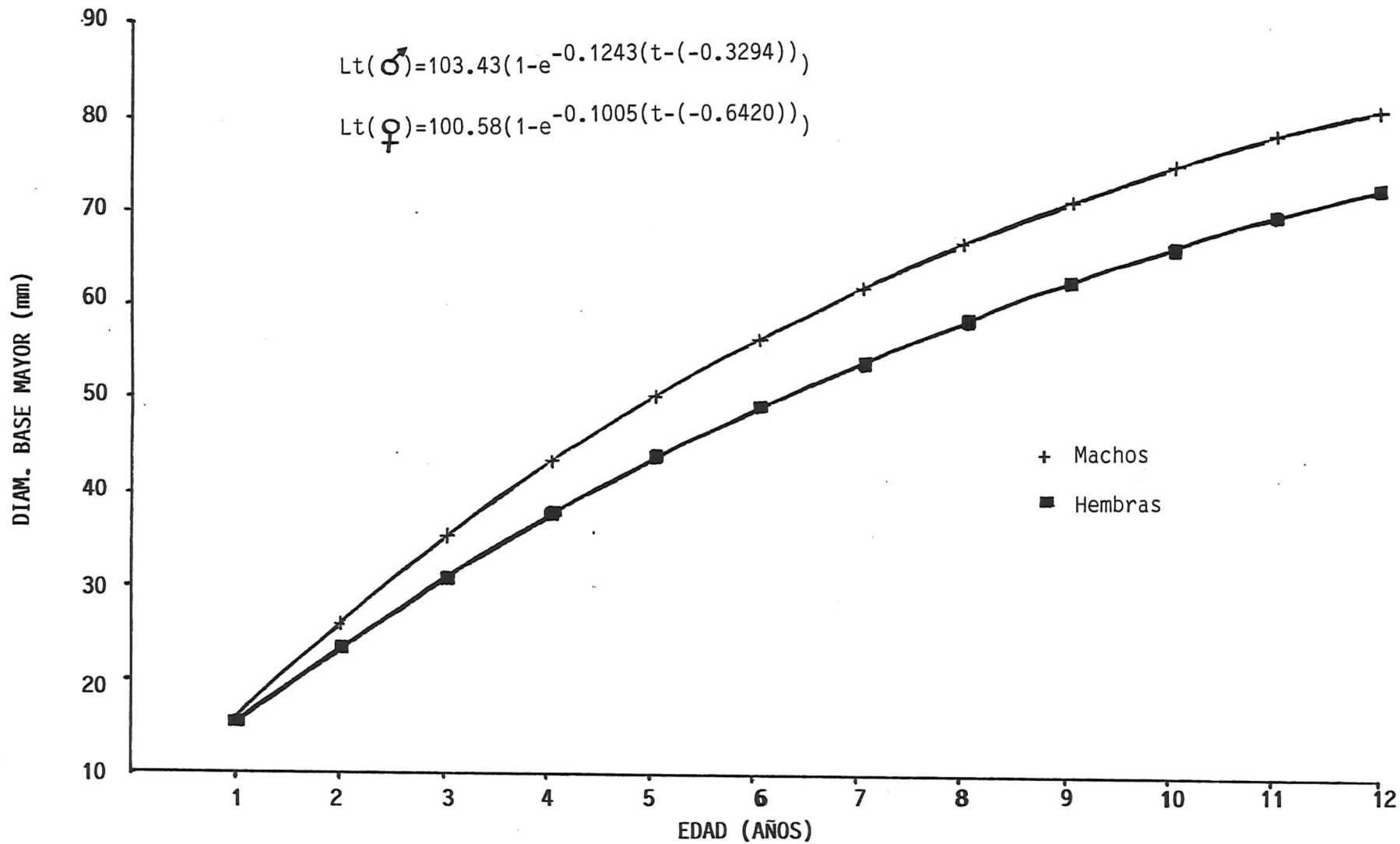


Fig. 8. Curvas de crecimiento para machos y hembras de A. undosa calculadas a través del modelo de von Bertalanffy.

matemático de von Bertalanffy, se puede apreciar su forma logarítmica con una ligera tendencia a la estabilización conforme aumenta la edad.

La tabla IV muestra las tasas de crecimiento obtenidas a partir de las diferencias en longitud opercular de edades sucesivas para machos y hembras, respectivamente. Las mayores tasas de crecimiento se presentaron a los 4+ años en machos y 10+ años en hembras. La tasa de crecimiento en ambos sexos, mostró una gran variabilidad.

Los resultados obtenidos para ambos sexos de Loo, K y to con la aplicación del modelo de von Bertalanffy se encuentran representados en las ecuaciones de crecimiento en la figura 8. Ambos valores de Loo son similares a los 110 mm reportados en la literatura como las longitudes máximas de A. undosa (Morris et al., 1983).

En la tabla V se muestran los valores de diámetro mayor de la base, observados y calculados a través del modelo de von Bertalanffy para cada edad. La desviación porcentual de los valores calculados con respecto a los observados para machos y hembras, respectivamente, oscilaron entre los +3.91% y -9.53% para los primeros y +2.20% y -15.35% en los segundos. Los porcentajes negativos y positivos, significan que el modelo osciló por

Tasa de crecimiento mm/año

Edad	machos	hembras
0+	1.75	1.56
1+	2.66	2.09
2+	3.04	3.23
3+	3.8	3.04
4+	4.94	2.66
5+	3.42	3.23
6+	2.28	1.171
7+	2.31	1.9
8+	1.49	2.47
9+	1.51	3.23
10+	1.71	4.18
11+	2.47	2.66
12+	2.28	2.28
promedio	2.72	2.75

Tabla IV.- Tasas de crecimiento de longitud opercular por sexos obtenidas a través del análisis de los - anillos de crecimiento.

HEMBRAS

EDAD	OPERCULO LONG. MAYOR	DIAMETRO MAYOR OBSERVADOS	BASE MODELO	DESVIACION PORCENTUAL
1	5.22	14.97	15.30	+ 2.20
2	8.46	25.15	23.45	- 6.75
3	11.49	30.56	30.82	+ 0.85
4	14.15	36.90	37.49	+ 1.59
5	17.38	44.44	43.52	- 2.07
6	19.09	48.38	48.98	+ 1.24
7	20.99	52.72	53.91	+ 2.25
8	23.46	58.30	58.37	+ 0.12
9	26.69	65.51	62.41	- 4.73
10	30.87	74.72	66.06	-11.58
11	33.53	80.52	69.36	-13.85
12	35.81	85.46	72.74	-15.35

MACHOS

EDAD	OPERCULO LONG. MAYOR	DIAMETRO MAYOR OBSERVADOS	BASE MODELO	DESVIACION PORCENTUAL
1	6.17	17.41	15.75	- 9.53
2	9.21	25.02	26.00	+ 3.91
3	13.01	34.20	35.05	+ 2.48
4	17.95	45.76	43.04	- 5.94
5	21.36	53.56	50.10	- 6.46
6	23.65	58.72	56.33	- 4.07
7	25.93	63.82	61.84	- 3.10
8	27.45	67.20	66.70	- 0.74
9	28.97	70.55	70.99	+ 0.62
10	30.68	74.31	74.78	+ 0.63
11	33.15	79.70	78.13	- 1.96
12	35.43	84.64	81.09	- 4.19

Tabla V.- Resultados de diámetro mayor de la base de la concha observados y obtenidos a través del modelo de von Bertalanffy para hembras y machos de A. undosa, así como la desviación porcentual de los valores del modelo con respecto a los observados.

arriba (+) y por abajo (-) de los valores observados.

El valor de (b) obtenido para A. undosa con la ecuación que caracteriza el crecimiento, fue de 2.79, correspondiendo éste a un tipo de crecimiento alométrico.

La estructura mensual por edades de la población por sexos, muestra que para las hembras (Fig. 9) durante los meses de mayo, junio y julio de 1987, se presentaron organismos pequeños (menores o iguales a 4+ años) y para los machos, éstos fueron más evidentes durante los meses de mayo, noviembre y diciembre de 1987. En general, se puede decir que las edades detectadas con mayor frecuencia fueron entre los 4+ a 7+ años en machos y 7+ a 9+ años en hembras.

El histograma global por edades de la población (Fig. 10), muestra una muy baja cantidad de individuos de las primeras edades 2+ a 3+, con una tendencia al aumento de la 4+ hasta la 6+; se presenta posteriormente una leve disminución para las edades 7+ y 8+. La edad 9+ presentó el máximo en número de individuos. Posteriormente, se tuvo una drástica disminución en el número de individuos para la edad 10+, y la tendencia subsecuente fue disminuir hasta la edad máxima registrada de 12+ años. Se puede observar la clara existencia de dos modas predominantes

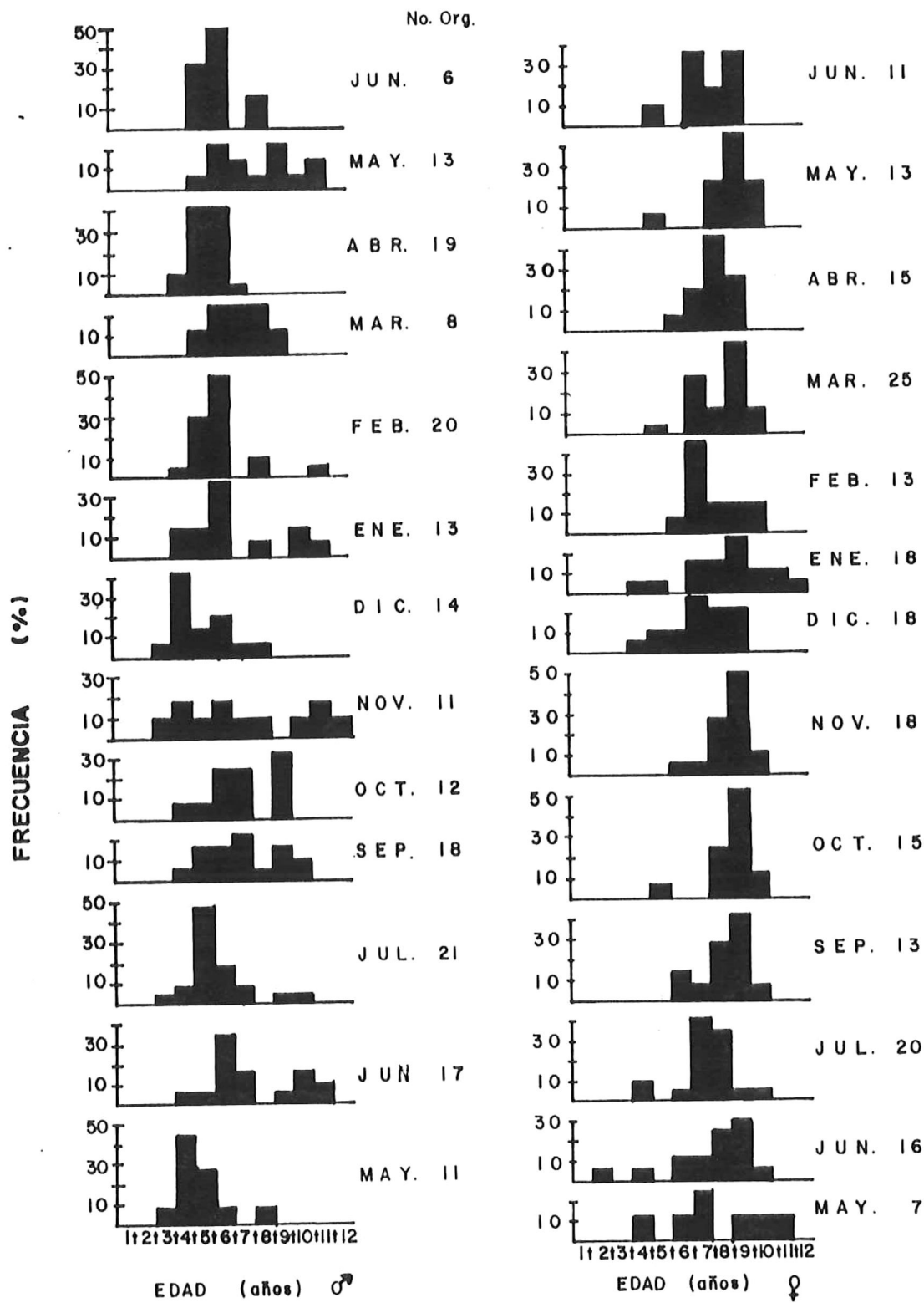


FIG. 9 FRECUENCIA DE APARICION MENSUAL DE LAS EDADES DE A. undosa PARA AMBOS SEXOS

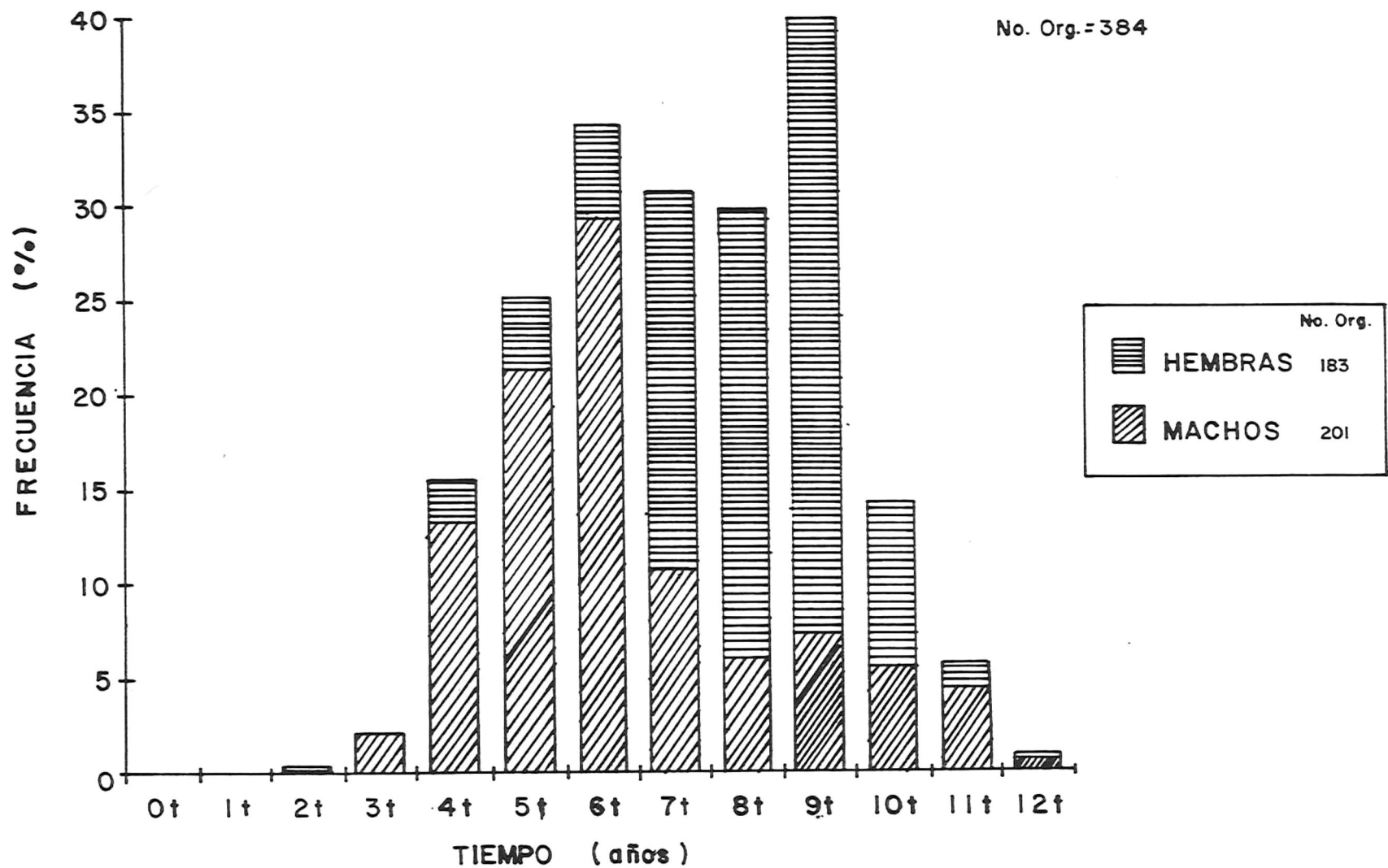


FIG. 10. HISTOGRAMA GLOBAL DE FRECUENCIAS DE EDADES PARA A. undosa EN LA REGION DEL CABO PUNTA BANDA.

correspondientes a los 6+ y 9+ años.

Un resultado interesante es la relación existente entre la cantidad de individuos, machos y hembras, presentes para cada edad. En las edades 2+ a 6+, la cantidad de individuos machos fue mayor a la de hembras, invirtiéndose esta relación entre las edades 7+ a 10+. En la edad 11+ se tuvo mayor cantidad de machos y en la 12+ ambos sexos presentaron un número similar de individuos.

VI.- DISCUSION.

La validación de los métodos de determinación de la edad, es llevada a cabo tradicionalmente por estudios tales como: marca-recaptura, identificación y seguimiento de clases anuales predominantes, análisis de curvas polimodales de frecuencias de longitud y el examen del borde de estructuras duras (como otolitos y/o escamas en peces) a través de un ciclo anual. La finalidad de estos estudios es demostrar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento y su discriminación con respecto a la presencia de anillos secundarios relacionados con migraciones, enfermedades, entre otros; los cuales pueden presentar a veces una apariencia similar al anillo anual, diferenciándose por ser generalmente muy angostos e interrumpidos en alguna parte (Aguayo y Gili, 1984) y, errores en la identificación de estos anillos podrían conducir a una sub ó sobreestimación de la edad en los moluscos (Gallardo-Cabello y Santarelli, 1987).

El período de formación de los anillos en el opérculo de A. undosa fue determinado a través del análisis del incremento marginal mensual (I.M.), permitiendo establecer dos etapas en su crecimiento: la primera, que abarcó el período de formación del anillo hialino en los meses de mayo a septiembre de 1987 (primavera-verano), cuando los

valores de I.M. fueron bajos, y coincidieron con un aumento en el porcentaje en peso gonadal con respecto al peso corporal total (Almanza-Heredia y Almanza-Heredia, 1988a), lo que indica que la energía metabólica se canalizó principalmente a la elaboración de gametas y muy poca al crecimiento en longitud; y la segunda etapa de crecimiento, donde se llevó a cabo la formación del anillo opaco y que inició a partir de un aumento significativo del I.M. entre los meses de septiembre a octubre de 1987 (coincidente con el desove), extendiéndose hasta marzo de 1988 (otoño-invierno). Esto indica que durante el período otoño-invierno, la mayor parte de la energía metabólica fue destinada principalmente al crecimiento en longitud y muy poca a la elaboración de gametas, dado que el porcentaje en peso gonadal con respecto al peso corporal total se vió disminuído drásticamente después del desove, pues el organismo entró en una fase de madurez gonadal en reposo (Almanza-Heredia y Almanza-Heredia, 1988a). A partir de abril de 1988 el I.M. disminuyó y el peso gonadal se incrementó, lo cual es indicio de que un nuevo anillo hialino iniciaba su formación.

Procesos similares han sido observados por Brousseau y Baglivo (1987) en el bivalvo Mya arenaria, encontrando que las líneas de lento crecimiento fueron formadas en

respuesta a un bajo crecimiento de la concha, provocado por la desviación de la energía, principalmente, a la elaboración de gónada posterior al desove.

Tomando como base lo anterior, se deduce que los anillos hialinos presentes en el opérculo de A. undosa corresponden a un lento crecimiento (primavera-verano) y los opacos a un rápido crecimiento (otoño-invierno) en un ciclo anual, como respuesta a los procesos reproductivos que están influenciados por la temperatura del agua.

Comprobada la anualidad en el ritmo de formación de la marca de crecimiento (anillo hialino) de A. undosa, se obtuvieron hasta 12+ años de edad, como resultado de la observación de trece anillos hialinos, habiéndose decidido por designar 0+ a la primera edad.

La alta correlación obtenida entre las regresiones lineales funcionales del diámetro menor de la base de la concha-longitud opérculo en global y hembras, así como para el lado mayor de la concha-longitud del opérculo en machos (Tabla I), muestra que estas ecuaciones de regresión (dados sus altos coeficientes de determinación), permiten realizar predicciones del valor que puede tener una variable con solo conocer la otra y viceversa. Es decir, con las ecuaciones de regresión se puede estudiar el

crecimiento indirectamente (Aguayo y Gili, 1984), ya que se están obteniendo las relaciones de proporcionalidad entre las variables que entran en juego.

Los datos del presente estudio relacionados con los de madurez sexual por talla, aportados por el personal del proyecto "ASTRAEA", muestran que la edad de primera madurez fluctúa entre los 4+ a 6+ años para machos, y de 5+ a 8+ años para hembras. Rabinovich (1982), menciona que existe una gran variabilidad en la edad de primera madurez para individuos de una misma especie, como parte de, la variabilidad individual y provocada por restricciones de tipo ambiental como densidad poblacional y disponibilidad de alimento, entre otros.

En distintas localidades de la Península de Baja California, se ha observado que A. undosa presenta una separación por tamaños, teniendo en la franja intermareal dominancia de las pequeñas (juveniles), mientras que en el submareal el espectro de tallas es más restringido, predominando los organismos adultos. Belmar-Pérez (1988), reporta un patrón similar para Bahía de Tortugas, B.C.S. y, Schwalm (1973), lo detectó en las costas de California, E.U.A. Al comparar estas observaciones con los resultados de distribución y madurez gonadal en Bahía de Todos Santos, se aprecia que los organismos inmaduros sexualmente

(menores de 17 mm) se localizan en la zona intermareal y los maduros (mayores de 17 mm) en el submareal. Esto supone la existencia de dos posibles zonas de distribución del caracol dentro de la bahía. Una primera, en el intermareal en la cual se llevan a cabo los asentamientos larvales y los organismos pasan sus primeros años de vida. Las ventajas de habitar en esta zona pueden ser: una mayor disponibilidad de habitat adecuado o con hoquedades entre las rocas para protegerse de los depredadores como la langosta, el pulpo y la estrella de mar, quienes tendrían además un reducido tiempo de acción sobre sus presas, dado que sólo podrían actuar en periodos de marea alta. La desventaja sería la existencia de un mayor rigor ambiental provocado por la desecación y el efecto del oleaje. La segunda zona, la más profunda, es a la cual el organismo "migrará" cuando haya alcanzado su edad de primera madurez, ya que la evidencia mostró que la población muestreada en la zona del infralitoral está compuesta principalmente por organismos sexualmente maduros (95%), por lo tanto, se puede advertir que la razón de la "migración" es con motivos reproductivos. Esto es avalado por las observaciones realizadas por Schwalm (1973), en poblaciones Californianas de A. undosa, reporta una migración del intermareal al sublitoral de organismos adultos cuando se presenta el periodo reproductivo de la

especie. La ventaja que presenta para los reproductores es evitar la desecación y favorecer el contacto de gametas (fecundación externa). Las tallas mayores encontradas en Punta Banda (ca. 100 mm de altura) podrían haber sido reguladas por extracción por pesca de organismos grandes o como consecuencia de la profundidad máxima muestreada (ca. 9 m), pudiendo haberse encontrado individuos mucho mayores a medida que se aumentara la profundidad.

El crecimiento opercular observado para hembras y machos presentó tasas de crecimiento muy variables de una edad a otra. Underwood (1976) y Williamson y Kendall (1981), han comprobado en otros gasterópodos que las variaciones en las tasas de crecimiento son causa de la competencia intraespecífica e interespecífica por espacio y/o alimento, así como producto de la variabilidad genética interpoblacional.

En un par de estudios anteriores a éste, Becerril-Bobadilla (1988) y Chávez-Morales (1988), sugirieron una tasa de crecimiento en altura de 5 mm cada cinco meses para A. undosa en la zona de Punta Banda. Los dos autores emplearon el método de progresión modal para calcular sus tasas, y utilizaron los valores promedio de altura de la concha para una talla dominante de 62.5 mm el primero y 68.35 mm el segundo. Con la intención de hacer comparativos estos resultados con los del presente trabajo, se procedió

a transformar las alturas para las tallas dominantes en edades, correspondiendo una edad de 10+ años para ambos sexos en el primer estudio y, de 11+ años para machos y 10+ años para hembras en el segundo. De acuerdo con mis resultados, la tasa de crecimiento en altura fue de 7.56 mm/año para machos de 10+ años y de 3.53 mm/año para hembras de la misma edad; estas tasas resultan ser mucho menores a la reportada por el primer estudio de 5 mm cada cinco meses. En el segundo estudio se propone una tasa de crecimiento 5 mm cada cinco meses, la cual resultó mayor a las obtenidas de 5.07 mm/año y 7.56 mm/año para machos y hembras, respectivamente.

Las tasas de crecimiento fueron mayores para la progresión modal y menores para el análisis de los anillos de crecimiento. Esto porque los métodos directos son más confiables que los indirectos, ya que los primeros se basan en la observación directa de las estructuras duras en las que se refleja el crecimiento y es más probable que exista una sobrestimación dada por los indirectos en las tasas de crecimiento. Pauly y David (1981), mencionaron que el seguimiento de las modas o análisis de progresión modal tiene algunas fallas, como las causadas por las temporadas de desoves que ocurren en espacios de tiempo muy cortos o muy largos, lo que ocasiona cambios en las modas de los histogramas de frecuencias de la población; por lo tanto se debe tener cuidado con los resultados que se obtengan de

este tipo de análisis.

Algunos autores han encontrado que no existe un dimorfismo sexual en los patrones de crecimiento de diversos moluscos (Brousseau, 1979; Williamson y Kendall, 1981). En A. undosa se detectó un crecimiento significativamente diferenciado entre sexos, siendo mayor en machos. Esta diferencia en crecimiento puede ser atribuida a la proporción de energía que cada uno de los sexos dirige hacia el crecimiento o la reproducción. Moreno (1989), realizó un análisis proximal de la misma población de A. undosa dentro de la Bahía de Todos Santos, encontrando que las hembras incorporan una porción significativamente mayor de lípidos a la formación de la gónada que los machos. Es por ello que las hembras requieren de un encausamiento mayor de energía a la reproducción. Schwalm (1973), elaboró un modelo energético para A. undosa, en el cual sugiere un crecimiento menor en hembras, como resultado de un encausamiento mayor de energía hacia la elaboración de la gónada con respecto a los machos, esta misma situación ocurre en la población estudiada. Las diferencias en crecimiento se registraron desde la edad 0+, pero se hicieron más evidentes gráficamente desde la edad 4+ a 5+ cuando los individuos ya se encontraron sexualmente maduros. Dado que se tuvo

un crecimiento diferenciado entre sexos, se optó por no proponer una curva general de crecimiento observado, con la finalidad de no realizar sobre o subestimaciones de la edad del individuo en función del sexo.

Los últimos dos años (11+ y 12+) no mostraron diferencias significativas en crecimiento por sexo, probablemente debido al reducido número de datos con que se contó.

El crecimiento teórico de la especie fue representado a través de la ecuación de von Bertalanffy, de la cual se obtuvieron valores de L_{∞} (Fig. 8), similares a los reportados por la bibliografía como máximos para la región (Morris, et al, 1983), aunque esto no significa que necesariamente deban mantenerse dentro de los límites establecidos. Los valores de L_{∞} , se encuentran muy cercanos al reportado como máximo, para el diámetro menor de la base (112.3 mm), por Schwalm (1973), para A. undosa de las costas de California, E.U.A.

El análisis de la desviación porcentual de los valores calculados respecto a los observados para machos y hembras, respectivamente (entre los +2.20% y -15.35% para hembras y +3.91% y -9.53% para machos), indicó que las fluctuaciones son relativamente pequeñas, significando que

la curva de crecimiento teórica tuvo una desviación porcentual mínima respecto a la observada. A partir de lo cual, se puede emplear, con un grado de certidumbre aceptable a la ecuación que describe el crecimiento teórico, como un estimador de la talla de un organismo a una edad específica para cada sexo. Cabe añadir, que los valores mayores del (+ y -) 10% (últimas tres edades en hembras), pudieron haber sido influidas por el reducido número de muestras disponibles.

A. undosa presentó un crecimiento de tipo alométrico, lo cual significa que en teoría el caracol crecerá desproporcionadamente, lo que puede ser una respuesta adaptativa para evitar la desecación al exponer menos área corporal a la radiación solar, situación que ha sido reportada para otros gasterópodos por Vermeij (1980). Dada la gran variabilidad en peso de la concha causada por bioincrustaciones y a que los líquidos pueden ser atrapados en el interior, la ecuación utilizada para caracterizar el crecimiento debe ser empleada con mucha cautela.

Los valores de crecimiento promedio en altura para A. undosa dentro de la Bahía de Todos Santos, fueron de 5.58 mm/año y 4.85 mm/año para machos y hembras, respectivamente; los cuales son mucho menores, comparados con los obtenidos por Salas-Garza y Searcy-

Bernal (1987) para el abulón rojo Haliotis rufescens de 1.60 mm a 2.25 mm/mes en la zona del Rosario, B.C., sugiriéndose su cosecha comercial en aproximadamente tres años, cuando alcanza una talla entre 120 a 165 mm. Si consideramos que A. undosa debe ser extraída para su comercialización después de que haya tenido su primera reproducción, es decir, posterior a los 4 años para machos y 5 años para hembras, la rentabilidad del cultivo y comercialización por su tiempo de crecimiento, es mayor para el abulón.

En relación a la cantidad de individuos machos y hembras presentes para cada edad, se observó que durante las edades 2+ a 6+ la cantidad de machos fue mayor al de hembras, invirtiéndose la relación entre las edades 7+ a 10+. La posible explicación al fenómeno la podemos encontrar si consideramos que los machos tienen un crecimiento significativamente mayor al de hembras de la misma edad, es decir, si suponemos que ambos sexos tienen tallas distintas a una edad similar, entonces, en el ambiente marino, las tallas mayores estarán dominadas por los machos hasta que sean retirados cuando se realice la extracción por pesca comercial o deportiva, permaneciendo únicamente las hembras pequeñas de edades avanzadas. De aquí se deduce la reducción tan drástica de los machos de edades avanzadas.

Además, es posible observar una bimodalidad en la curva (Fig. 10), localizándose las modas en las edades de 6+ y 9+ años, lo cual puede ser producto de asentamientos larvarios satisfactorios durante esos años.

Al comparar el crecimiento individual de A. undosa en la Bahía de Todos Santos, con los obtenidos por Torres-Moye et al., (1990), para la misma especie en las localidades de Bahía Tortugas, El Rosario y San Ignacio, se encontró que los valores de edad-talla ajustados a la ecuación de von Bertalanffy, mostraron diferencias significativas en el crecimiento. Los crecimientos mayores correspondieron a las localidades de Bahía Tortugas y El Rosario y, las menores a San Ignacio y Bahía de Todos Santos. Para la Bahía de Todos Santos, la competencia por alimento con el erizo Strongylocentrotus purpuratus y la pobreza en la vegetación bentónica (Aguilar-Rosas et al., 1990) afectaron posiblemente el crecimiento de los caracoles.

VII.- CONCLUSIONES.

- 1) El ritmo de formación de los anillos de crecimiento para A. undosa en la Bahía de Todos Santos es anual, presentándose el hialino (lento crecimiento) en primavera-verano y el opaco (rápido crecimiento) en otoño-invierno.
- 2) La formación de los anillos de crecimiento está relacionada con el ciclo reproductivo.
- 3) Se detectaron hasta 12+ edades en los opérculos.
- 4) El crecimiento observado entre machos y hembras fue significativamente diferente.
- 5) Las edades de primera madurez sexual para machos fluctuaron entre los 4+ a 6+ años y entre los 5+ a 8+ años para hembras.
- 6) El crecimiento somático fue alométrico.
- 7) La estructura de edades de la población se encontró entre los 2+ a 12+ años de edad.

VII.- LITERATURA CITADA

- Acuña, E. 1977. Estudio preliminar de edad y crecimiento de Fissurella latemarginata (Sowerby 1834) en Tocopilla, Chile (Mollusca, Gastropoda, Fissurellidae). Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile., 16(2):117-124.
- Acuña, E. y J. Stuardo. 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de dos poblaciones de Concholepas concholepas (Bruguière, 1789). Biol. Pesq., Chile, 12:131-142.
- Adegoke, O.S. 1973. Mineralogy and biogeochemistry of calcareous operculi and shells of some gastropods. Malacologia, 14: 39-46.
- Aguayo y R. Gili. 1984. Edad y crecimiento de merluza de cola (Macruronus magellanicus, Lonnberg) Invest. Pesq. (Chile), 31:45-47.
- Aguilar-Rosas, R., A. Almanza-Heredia y G. Torres-Moye. 1990. Análisis cualitativo del contenido estomacal en el caracol Astraea undosa (Mollusca; Gasteropoda) en la Bahía de Todos Santos B.C. Ciencias Marinas (México), 16(4).
- Almanza-Heredia, E. y A. Almanza-Heredia. 1988a. Período reproductivo del caracol Astraea undosa en la Bahía de Todos Santos, B.C. Presentado en el VII Simposium Internacional de Biología Marina. 1-5 de Junio de 1988. La Paz, B.C.S., México.
- Almanza-Heredia, E. y A. Almanza-Heredia. 1988b. Relaciones biométricas del caracol Astraea undosa de la Bahía de Todos Santos, B.C. Presentado en el VII Simposium Internacional de Biología Marina. 1-5 de Junio de 1988. La Paz, B.C.S., México.
- Bagenal, T. B. 1978. Methods for assessments of fish production in fresh water. 3ra. edición. IBP Handbook No. 3, Blackwell Scientific Publication, Oxford. 365 pp.
- Becerril-Bobadilla, F. J. U. 1988. Distribución y abundancia del caracol Astraea undosa Wood, 1828 (Mollusca: Gasteropoda) en la Bahía de Todos Santos de Mayo a Octubre de 1987. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 48 pp.

- Belmar-Pérez, J. 1988. Estudio preliminar sobre la biología reproductiva y aspectos ecológicos de Astraea undosa Wood, 1828 (Mollusca, Gastropoda: Turbinidae). Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 64 pp.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Ser. II, vol. XIX, 533 pp.
- Bishop, M. J. y S. J. Bishop. 1973. A census of marine prosobranch gastropod at San Diego California. Veliger, 16(2):143-152.
- Brousseau, D.J. 1979. Analysis of growth rate in Mya Arenaria using the von Bertalanffy equation. Mar. Biol. 51: 221-227.
- Brousseau, D. J. y J.A. Baglivo. 1987. A comparative study of age and growth in Mya arenaria (soft -shell clam) from three populations in long island sound. J. of Shellfish Research. 6(1): 17-24.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 5:513-522.
- Caballero-Alegría, F. 1987. Notas preliminares sobre flora y fauna asociada a bancos abuloneros de Baja California. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía, 27-31 de Julio de 1987. Ensenada, B.C., México.
- Carrillo-Barco, L.C. 1990 . Caracterización del acervo genético mediante electroforesis en gel de almidón de la población del caracol Astraea undosa de la laguna San Ignacio, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C.
- Cerrato, R. M. 1980. Demographic analysis of bivalve populations. 417-465. En: D.C. Rhoads y R.A. Lutz (ed). Skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental change. Plenum Press. New York. 750 pp.
- Chávez-Morales, D. S. 1988. Estudio de distribución y abundancia del caracol A. undosa (Wood, 1828), (Mollusca: Gasteropoda) en la Bahía de Todos Santos

- (Noviembre de 1987 a abril de 1988). Tesis de Licenciatura Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 45 pp.
- Chenaut, V. 1985. Los pescadores de Baja California; costa del Pacífico y Mar de Cortés. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Museo Nacional de Culturas Populares. Cuadernos de la Casa Chata 111, México. 180 pp.
- Chulini-Olivares, J.E. 1990. Capacidad de fertilización de los gametos de Astraea undosa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Clark II, G. R. 1974. Growth lines in invertebrate skeletons. Am. Rev. Earth Planet Sci. 2:77-99.
- De La Rosa-Velez, J., G. Torres-Moye, A. Silva-Loera, J.A.E. Almanza-Heredia y E. Almanza-Heredia. 1991. Proyecto: Evaluación integral de los recursos con potencial económico de la costa oeste de Baja California: El caracol Astraea undosa (Mollusca: Gasteropoda). Informe Académico Final Presentado a la Secretaría de Educación Pública. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Del Angel-Meza, R.E. 1990. Madurez gonadal y fecundidad del caracol Astraea undosa (Mollusca: Gasteropoda) en Bahía de Tortugas, B.C.S. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Frank, P. W. 1965. Shell growth in a natural population of the turban snail, Tegula funebris. Growth, 28:395-403.
- Frank, P. W. 1975. Latitudinal variation in life history features of the black turban snail Tegula funebris (Prosobranchia: Trochidae). Mar. Biol., 31:181-192.
- Fritz, L. W. y R. A. Lutz. 1986. Environmental perturbations reflected in internal shell growth patterns of Corbicula fluminea (Mollusca: Bivalvia). Veliger, 28(4):401-417.

- Gallardo-Cabello, M. y L. Santarelli. 1987. Desarrollo de las investigaciones sobre la dinámica de poblaciones de organismos marinos. Memórias de la III Reunión Nacional de Malacología y Conquiología, Octubre de 1987. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Sociedad Mexicana de Malacología, A.C. Monterrey, Nuevo León, México. 520-533.
- García-Pámanes, L. y G. Chee-Barragán. 1976. Ecología de la zona entremarés de la Bahía de Todos Santos. Ciencias Marinas, (México), 3(1):10-29.
- Harding, J. P. 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 28:141-153.
- Haskin, H. 1954. Age determination in molluscs. Trans. New York Acad. Sci., 16(6):300-304.
- Hickman, C. S. 1981. Evolution and function of asymmetry in the archaeogastropod radula. Veliger, 23(3):189-194.
- Horikawa, H. y H. Yamakawa. 1982. Ecological study of Omphalius pfeifferi Philippi (Gastropoda: Prosobranchia). Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No.14, 71-81.
- Kennish, M. J., R. A. Lutz y D. C. Rhoads. 1980. Preparation of acetate peels and fractured sections for observation of growth patterns within the bivalve shell. 597-601. En: D. C. Rhoads y R. A. Lutz (ed). Skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental change. Plenum Press. New York, 750 pp.
- Kimura, D. K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. U.S. Fish. Bull., 77(4):765-776.
- Kraeuter, J.N., M. Castagna y R. Bisker. 1989. Growth rate estimates for Busycon carica (Gmelin, 1791) in Virginia. Journal of Shellfish Research, Vol. 8(1): 219-225.
- Kubo, I. y K. Kondo. 1953. Age determination of the Babylonia japonica (Reeve) an edible gastropod, basing on the operculum. J. Tokyo Univ. Fish., 39(2):199-207.

- Leighton, D. L. 1966. Food preference in algivorous invertebrates of southern California kelp beds. Pacific Science, 20:104-113.
- Lutz, R. A. y D. C. Rhoads. 1977. Anaerobiosis and theory of growth line formation; micro- and ultrastructural growth patterns within the molluscan shell reflect periodic respiratory changes. Science, 198:1222-1227.
- McLean, J. H. 1962. Sublittoral ecology of kelp beds of the open coast area near Carmel, California. Biol. Bull., 122:95-114.
- McQuaid, C. D. 1983. Population dynamics and growth of the gastropod Oxysteles variegata (Anton) on an exposed rocky shore. S. Afr. J. Zool., 18:56-61.
- Mendoza-Aguirre, L.O. 1989. Genética del demo de Rincón de Ballenas del caracol Astraea undosa (Wood, 1828) en la Bahía de Todos Santos, B.C. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México. 51 pp.
- Miranda, O. 1975. Crecimiento y estructura poblacional de Thais (Stromanita) chocolata (Duclos, 1832), en la Bahía de Mejillones del Sur, Chile (Mollusca, Gastrópoda, Thaididae). Rev. Biol. Mar., Valparaiso, 15(3):263-286.
- Moreno, O. 1989. Caracterización química del caracol A. undosa y evaluación de la calidad y estabilidad de los productos procesados. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California, México. (En proceso).
- Morris, R. H., D. P. Abbott y E. C. Haderlie. 1983. Intertidal invertebrates of California. Stanford University Press. 690 pp.
- Olson-Ocampo, R.A. 1982. Los camarones litorales de Bahía Todos Santos, Baja California, México: Sistemática, distribución y ecología (Crustacea: Decapoda: Natantia). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, B.C., México. 146 pp.

- Pauly, D. y N. David. 1981. ELEFAN I, a basic program for the objective extraction of growth parameters from length frequency data. Biometrics 32: 205-211.
- Pereiro, J. A. 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog. No.1, 255 pp.
- Ramade-Villanueva, M.R. 1989. Efecto del tamaño corporal, temperatura y sexo sobre la tasa metabólica del caracol Astraea undosa (Mollusca:Gasteropoda) en condiciones de invierno. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California, México. 47 pp.
- Ramírez-Robledo, D. 1988. Aspectos sobre la depredación del caracol Astraea undosa Wood, 1828. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California, México. 38 pp.
- Ravinovich, J.E. 1982. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Ed. C.E.C.S.A. México. 313pp.
- Ricker, W. E. 1973. Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Board Can., 30(3):409-434.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board Can., 191, 382 pp.
- Romero-Romero, E. 1989. Variabilidad genética del caracol Astraea undosa (Wood, 1828), en una población de Bahía de Tortugas, B.C.S. sujeta a extracción comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México. 55pp.
- Salas-Garza, A. y R. Searcy-Bernal. 1987. Repoblamiento de bancos naturales de abulón o cultivo en cautiverio. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía, 27-31 de julio de 1987. Ensenada, Baja California, México.
- Santarelli, L. y P. Gros. 1985. Détermination de l'age et de la croissance de Buccinum undatum L. (Gasteropoda: Prosobranchia) á l'aide des isotopes stables de la coquille et de l'ornementation operculaire. Oceanol. Acta. 8(2):221-229.

- Saunders, W. B. 1984. Nautilus growth and longevity: evidence from marked and recaptured animals. Science, 224(4652):990-992.
- Schmitt, R. J. 1981. Contrasting anti-predator defenses of sympatric marine gastropod (Family Trochidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 54:251-263.
- Schwalm, C.C. 1973. Populations dynamics and energetics of Astraea undosa. Tesis de Maestría. California State University, San Diego. 113 pp.
- Searcy-Bernal, R. 1986. Abundancia de juveniles de abulón amarillo (Haliotis corrugata) en relación a factores abióticos en la Bahía del Rosario, B.C., México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E). Ensenada, B.C., México. 106 pp.
- Secretaria de Marina, 1974. Estudio geográfico de la región de Ensenada, B.C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. 463 pp.
- Sire, J. Y. y P. Bonnet, 1984. Croissance et structure de l'opercule calcifié du gastéropode polynésien Turbo setosus (Prosobranchia: Turbinidae): détermination de l'age individuel. Mar. Biol., 79(1):75-87.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones. España. 832 pp.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da. edición. McGraw-Hill. 622 pp.
- Suárez-Vásquez, A. 1989. Genética bioquímica en caracoles de la especie Astraea undosa de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. México., 66 pp.
- Thompson, I., D. S. Jones y D. Dreibelbis. 1980. Annual internal growth banding and life history of the ocean quahog Artica islandica (Mollusca: Bivalvia). Mar. Biol., 57:25-34.

- Torres-Moye, G., F. Becerril-Bobadilla y D. Cháves-Morales. 1988. Estudio ecológico de una población del caracol Astraea undosa, en la Bahía de Todos Santos, B.C. Presentado en el VII Simposium Internacional de Biología Marina. 1-5 de Junio de 1988. La Paz, B.C.S., México.
- Torres-Moye, G., F.G. Cupul-Magana y F. Torrero-Macias. 1990. Crecimiento del Caracol Astraea undosa en la Península de Baja California. Presentado en el VII Simposium Internacional de Biología Marina. 4-8 de junio de 1990. Ensenada, B.C. México.
- Underwood, A. J. 1976. Food competition between age-classes in the intertidal neritacean Nerita atramentosa Reeve (Gastropoda: Prosobranchia). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 23:145-154.
- Urbina-Sanchez, G.A. 1990. Estudio electroforético de la población comercial del caracol Astraea undosa del Rosario, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Vermeij, G.J. 1980. Gastropod shell growth rate, allometry, and adult size, Environmental implications. 379-394. En: D.C. Rhoads y R.A. Lutz (ed). Skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental change. Plenum Press. New York. 750 pp.
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. 90:141-147.
- Wilbur, K. M. y G. Owen. 1964. Growth. 211-242. En: K.M. Wilbur y C.M. Yonge (ed). Physiology of Mollusca. Academic Press. New York, 544 pp.
- Williamson, P. y M. A. Kendall. 1981. Population age structure and growth of trochid Monodonta lineata determined from shell rings. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 61:1011-1026.