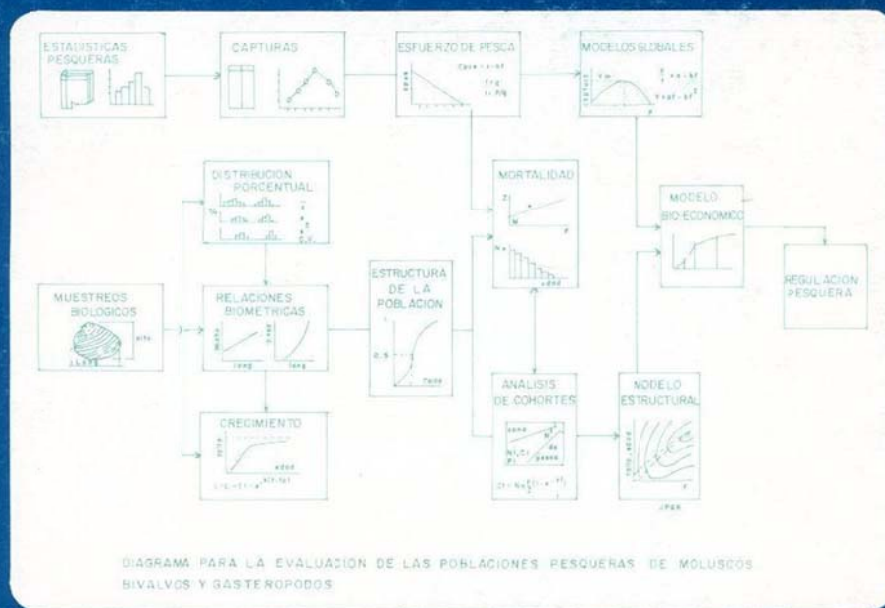


MANUAL DE METODOS DE MUESTREO Y EVALUACION DE POBLACIONES DE MOLUSCOS Y OTROS RECURSOS BENTONICOS



Secretaría de Pesca

[illegible]

Secretaría de Pesca

SECRETARIA DE PESCA

LIC. GUILLERMO JIMENEZ MORALES
Secretario de Pesca

LIC. CARLOS CAMACHO GAOS
Subsecretario de Fomento y Desarrollo Pesqueros

LIC. HUMBERTO ROQUE VILLANUEVA
Subsecretario de Organización y Administración Pesqueras

LIC. JESUS ANLEN LOPEZ
Oficial Mayor

DRA. MARGARITA LIZARRAGA SAUCEDO
Directora General del Instituto Nacional de la Pesca

LIC. XAVIER GUTIERREZ TELLEZ
Jefe de la Unidad de Comunicación Social

C. JORGE A. SOSA ORDOÑO
Director de Publicaciones

MANUAL DE MÉTODOS
DE MUESTREO
Y EVALUACIÓN DE POBLACIONES
DE MOLUSCOS
Y OTROS RECURSOS BENTÓNICOS



**MANUAL DE METODOS DE MUESTREO Y EVALUACION DE
POBLACIONES DE MOLUSCOS Y OTROS RECURSOS
BENTONICOS**

ERIK BAQUEIRO CARDENAS*

ARACELI AVILES QUEVEDO**

JOSE A. MASSO ROJAS**

MARGARITA MUCIÑO DIAZ**

PATRICIA ROGERS NIETO***

ALFONSO VELEZ BARAJAS**

* Centro Regional de Investigación Pesquera. Campeche, Camp.

** Centro Regional de Investigación Pesquera. La Paz, B.C.S.

*** Dirección de Análisis de Pesquerías. México, D.F.

PRESENTACION

El presente manual es parte del material empleado en el curso de estandarización de métodos de evaluación de recursos bentónicos que se impartió en el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de La Paz, B.C.S., con el fin de estandarizar la metodología que permita la comparación de trabajos en diferentes partes de la República Mexicana.

El material aquí presentado es una recopilación de las técnicas probadas con eficiencia en la evaluación y prospección de poblaciones de Moluscos Bivalvos y Gasterópodos, así como de Equinodermos (estrellas, pepinos y erizos), mas no significa que sea la única ni definitiva, sobre todo ante la creciente disponibilidad de paquetes estadísticos y programas de modelos ecológicos. Por lo anterior, se pretende sirva de base para la evolución metodológica y se espera que sea enriquecido con la experiencia de técnicos y profesionales.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	11
II. METODOLOGIA DE PROSPECCION Y MUESTREO	13
1. Localización de áreas para evaluación y zonas de muestreo	13
2. Selección del arte de muestreo	13
3. Muestreo en bajamar	13
4. Estimación del área de los bancos	14
5. Muestreo sublitoral	16
6. Dragas de arrastre	16
7. Dragas de gravedad	19
8. Buceo	19
III. ASPECTOS ESTADISTICOS	21
1. Formatos de registros	21
2. Número óptimo de muestra	21
3. Tamaño óptimo de muestra	22
4. Determinación de la distribución	22
5. Discriminación de parámetros biométricos	23
6. Composición por especie y estructura poblacional	24
IV. EVALUACION	25
1. Distribución de las especies en el banco	25
2. Evaluación cuantitativa y eficiencia de las artes de muestreo	25
3. Determinación de correlaciones	26
4. Estimación de la población comercial	26
5. Conversión de abundancia y biomasa a producto comercial	26
V. ESTUDIOS BIOLOGICO-POBLACIONALES	27
1. Objetivos	27
2. Reproducción y fecundidad	27
3. Estimación de la fecundidad	27
4. Patrones estacionales de reproducción	29
5. Estimación de la reproducción	30

6. Interpretación histológica de las gónadas	30
a) Fase I : indiferenciada	31
b) Fase II : gametogénesis	31
c) Fase III : madurez	32
d) Fase IV : desove	33
e) Fase V : postdesove	34
7. Reclutamiento	35
8. Crecimiento	35
9. Mortalidad	37
10. Parámetros poblacionales	37
VI. ASPECTOS ECOLOGICOS	39
1. Composición y estructura poblacional	39
2. Relación sustrato - organismo	39
VII. MEDIDAS DE MANEJO PESQUERO	41
1. Talla mínima	41
2. Vedas	41
3. Cuotas y volúmenes de captura	41
4. Zonas de reserva	41
5. Periodos de captura	42
6. Restricciones al arte de pesca	42
7. Mecanismos de regulación pesquera en México	42
VIII. ESTUDIOS ECOLOGICOS EXPERIMENTALES	43
1. Objetivos	43
2. Métodos experimentales	43
APENDICE I	45
ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO PESQUERO DE MOLUSCOS BIVALVOS Y GASTEROPODOS	
APENDICE II	53
TECNICAS DE ANALISIS DE SEDIMENTOS	

APENDICE III	59
EJEMPLOS	59
AGRADECIMIENTOS	67
LITERATURA CITADA	69

I. INTRODUCCION

La legislación pesquera en nuestro país establece que para el otorgamiento de permisos es necesario que todo recurso de fondo (bentónico) sea evaluado previamente.

Esta disposición nos obliga a contar con una metodología estandarizada para la cuantificación de los recursos, lo que permitirá tener un mejor conocimiento y seguimiento de la pesquería, así como el efecto que ocasiona en las poblaciones explotadas.

Si bien, las solicitudes más comunes que se presentan son para la explotación de moluscos como almejas, hacha, pata de mula, etc., en algunos estados como Baja California Sur y Quintana Roo, se demandan también permisos para la explotación de corales (abanicos, coral negro, arbolitos de mar, corales pétreos) y equinodermos (pepino de mar, galleta de mar, estrellas de mar, etc.).

Las evaluaciones previas al inicio de un aprovechamiento comercial nos indican la disponibilidad del recurso en un momento dado, pero no permiten definir el régimen de explotación y la vulnerabilidad de la especie, por lo que deben conocerse los parámetros poblacionales para poder determinar el potencial de regeneración. Asimismo, se requiere efectuar el seguimiento de las consecuencias de la explotación a través de un monitoreo de la población, a fin de evitar el colapso de la misma. En las costas de México se encuentran representadas cuatro provincias ecológicas: la **Californiana**, por el lado del Pacífico de Baja California; la **Panámica**, que va del Golfo de California a Chiapas; la del **Caribe**, que incluye los estados de Quintana Roo y Yucatán; y la **Carolineana o del Golfo de México**, que abarca los estados del Golfo de México.

La fauna está distribuida por regiones, su ubicación comercial abarca más de un estado, lo que hace necesario comparar e interrelacionar los estudios que realizan diferentes centros de investigación para el entendimiento de las especies.

Dentro de la biología pesquera, el manejo de parámetros poblacionales es, sin duda, la parte medular de la dinámica poblacional, ya que son indispensables para definir los aspectos básicos que sustentan la adecuada administración de un recurso.

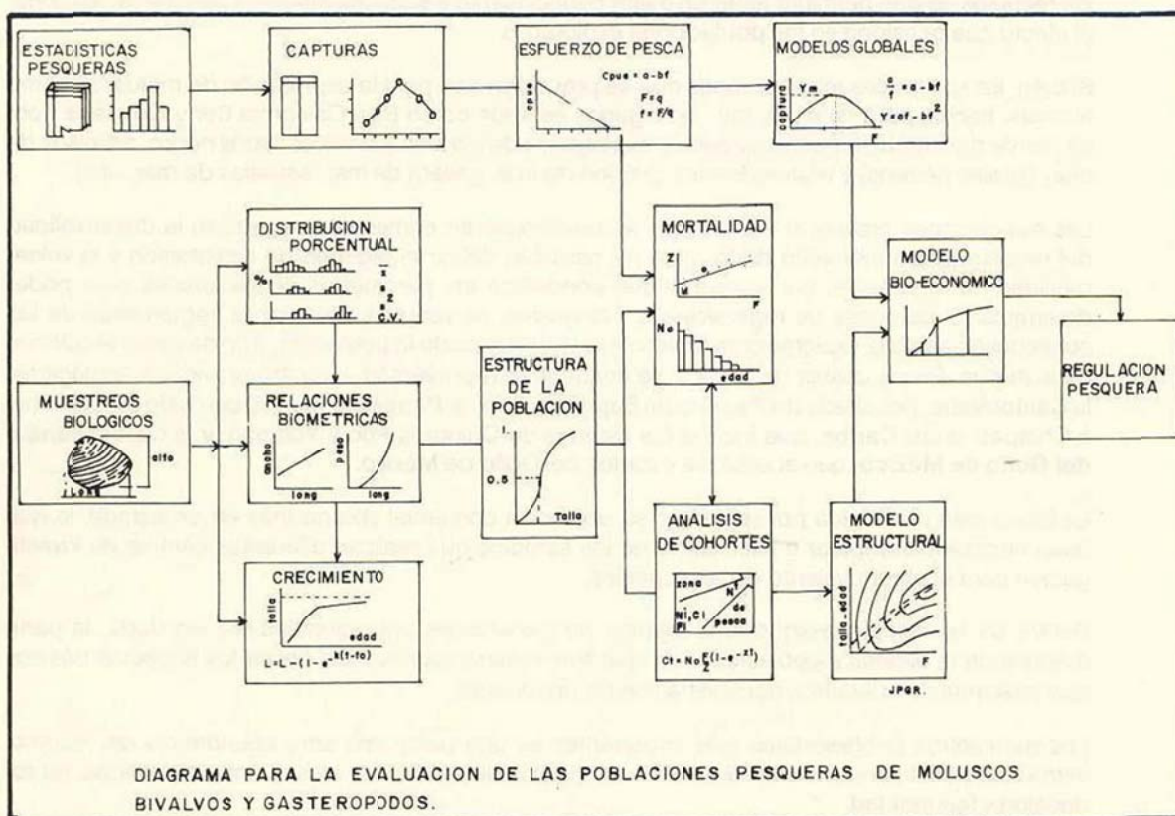
Los parámetros poblacionales más importantes en una pesquería son: abundancia del recurso, estructura poblacional, edad estimada de los grupos de población, crecimiento, mortalidad, reproducción y fecundidad.

Cuando se estudia una pesquería, es común referirse a los modelos implantados para pesquerías tecnificadas, las cuales se basan en estadísticas pesqueras constantes y a largo plazo. En cambio, en las pesquerías artesanales, las estadísticas son escasas e incompletas (o nulas, en la mayoría de los casos) por lo que, para el manejo del recurso, es necesario conocer, a través del estudio directo de las poblaciones, tanto su abundancia y distribución como los parámetros poblacionales.

Por lo anterior, en los estudios biológico-pesqueros de este grupo de recursos, se ha considerado el uso de modelos globales y estructurales o analíticos con el objetivo de establecer su ordenamiento y obtener los rendimientos tal y como se propone en el diagrama anexo.

En el caso de la aplicación de modelos globales, se utilizan las estadísticas pesqueras que proporcionan las instituciones oficiales y las bitácoras y registros de producción de los pescadores, de donde se extraen, principalmente, datos de captura y de esfuerzo pesquero.

En lo que se refiere a los modelos estructurales, se llevan a cabo muestreos biológicos mensuales o estacionales y se consulta la información ya generada sobre el tema. Por lo que concierne al estudio de la dinámica de poblaciones pesqueras explotadas, a partir de esta información se obtienen datos de estructura de la población por tallas, pesos, relaciones biométricas, tallas de primer desove y mínimas de captura, crecimiento, mortalidad natural y por pesca, etc.



Finalmente, como apoyo al trabajo de gabinete, se hace uso del sistema y equipo de cómputo para crear y respaldar los archivos de los datos que se obtienen en el campo, así como aplicar programas ya elaborados de acuerdo a las necesidades.

II. METODOLOGIA DE PROSPECCION Y MUESTREO

1. Localización de áreas para evaluación y zonas de muestreo

La información que proporcionen los pescadores será de suma importancia para definir las especies que explota una pesquería, el esfuerzo y las técnicas para su captura, localización de áreas y acceso a los bancos. De igual forma, pueden aportar datos sobre las características del área en cuanto a topografía y tipo de fondo, además de la fauna y bitácoras o registros de producción.

La prospección y muestreo comprende técnicas que se basan en el reconocimiento, caracterización fisiográfica, distribución y disponibilidad del recurso. La metodología se lleva a cabo en tres etapas: a) entrevista con los pescadores, b) ubicación y delimitación de áreas con presencia del recurso y c) evaluación poblacional, la cual define la cantidad de organismos explotables, estructura y tamaño de la población.

La planificación de una prospección debe contemplar el conocimiento de las características geomorfológicas de la zona de estudio a fin de precisar la metodología a emplear. Para ello, hay que documentarse con mapas y portulanos, detectando los diversos tipos de sustrato y batimetría del área.

Una vez que se definen las particularidades de la zona, se traza una red de estaciones en el plano o carta marina que cubran de manera confiable el área de estudio.

Para efectuar las prospecciones, lo más recomendable es hacer un muestreo estratificado al azar. Al seleccionar áreas por sus características geomorfológicas, ya sean de profundidad, sustrato, desembocadura de ríos, etc., se define el número de estaciones factibles a realizar en la prospección planeada, distribuyéndolas por medio de números aleatorios en cada área a cubrir.

Cuando se trata de arrastres con barco, deben hacerse tres o más por estación, dependiendo de la profundidad y pendiente del área. Si la exploración se hace por buceo, el plan de estaciones se elaborará en función del tipo de fondo y profundidad a la que se va a trabajar. Se recomienda fijar estaciones a 500 m. de distancia en facie rocosa y de 700 a 1,000 m. en facie arenosa.

2. Selección del arte de muestreo

Una vez que se conoce el recurso a evaluar o las características del área a muestrear, se selecciona el arte de muestreo de acuerdo al organismo en estudio.

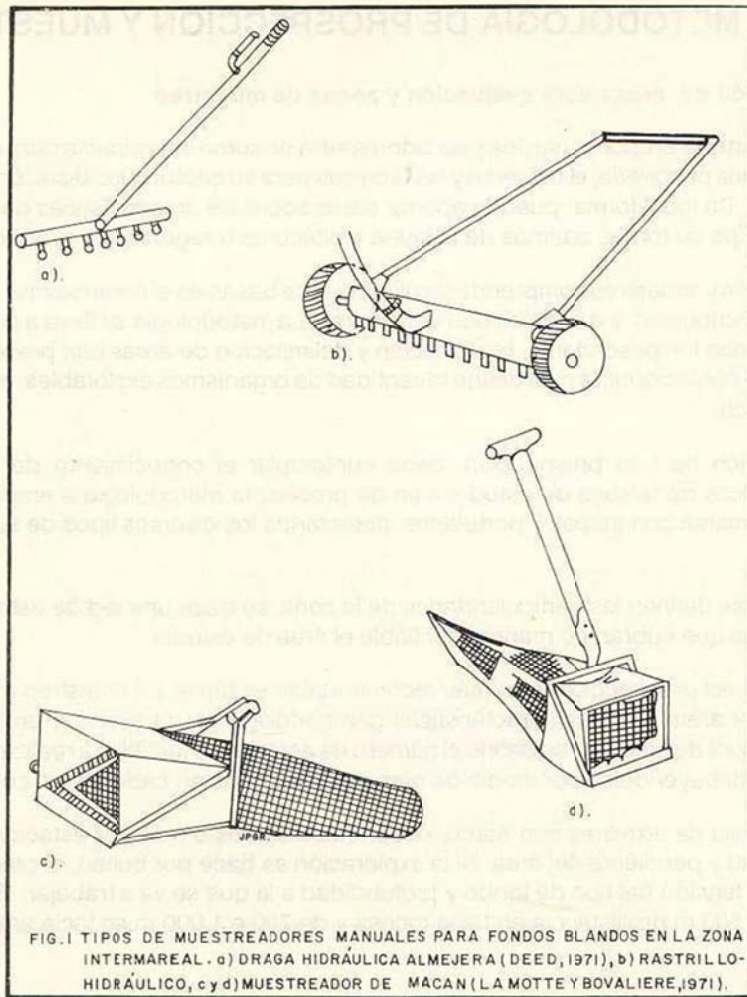
Generalmente, los moluscos y la mayoría de los recursos bentónicos son pasivos. Requieren artes de muestreo dinámicos como dragas y succionadores o buceo directo, excepto algunos gasterópodos y crustáceos que pueden ser atrapados con artes pasivas como nasas y trampas.

3. Muestreo en bajamar

Las zonas expuestas en bajamar son las más accesibles al muestreo directo -el más confiable-, aunque hay diferencias entre el muestreo de una playa arenosa y una rocosa.

Lo primero que debe hacerse es definir los niveles de marea (Thorson, 1957), los cuales pueden ser caracterizados por la biota, en el caso de la facie rocosa y por los niveles del agua, en la arenosa.

En ésta última, pueden emplearse dragas o muestreadores manuales (Fig. 1) que permiten extraer a los organismos del sustrato (Holme y McIntire, 1971).

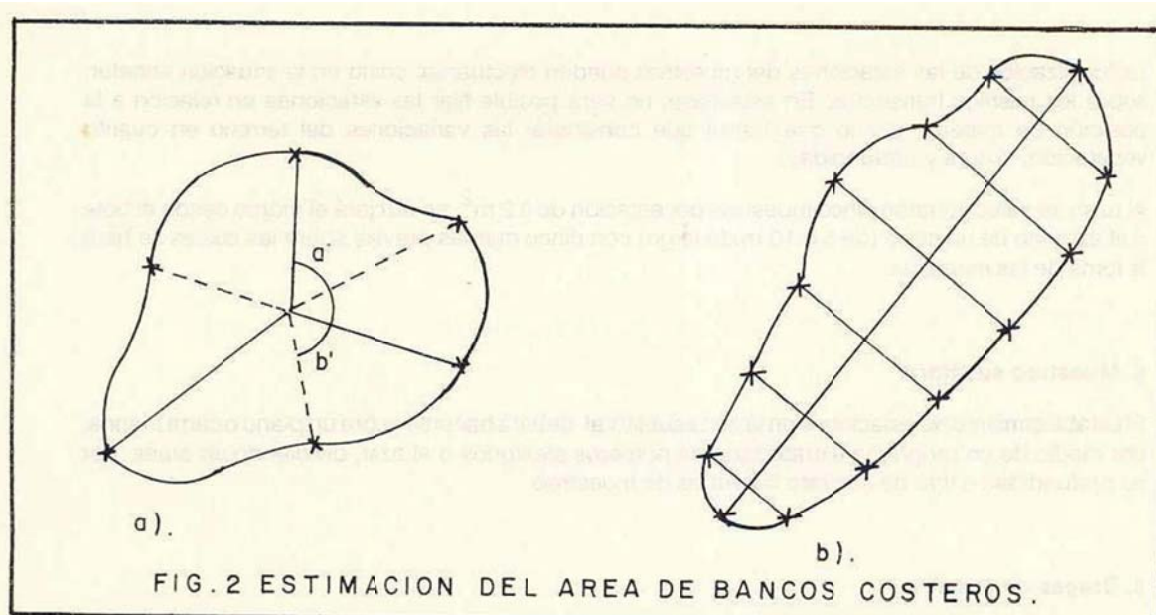


4. Estimación del área de los bancos

La gran mayoría de los organismos bentónicos tienen una cierta predilección por un tipo de fondo, el cual hay que definirlo antes de hacer la evaluación para la localización del área.

Se puede estimar el tamaño del banco con un cable graduado o cinta métrica si se trata de áreas pequeñas (menos de un kilómetro cuadrado), con tránsito o distanciómetro en caso de distancias medias (hasta 5 km) y con el odómetro (velocímetro) de un vehículo desde la playa, o previa calibración de distancia recorrida con lancha o barco a velocidad fija.

En la figura 2 puede verse de qué manera se estima el área de un banco costero. En la primera figura (a), se observa cómo, desde un punto fijo, se prolongan radios perpendiculares estimando su longitud (A). Desde el mismo punto se trazan otros radios a 45° del eje central (B). Con esto se definirá el contorno general y la necesidad de delinear radios complementarios (C). El dibujo (b) muestra la forma en que, a partir de un punto fijo, se estima la longitud del banco sobre la costa. A lo largo de ésta se fija un número de transectos a fin de estimar el ancho del banco y su configuración. El número de transectos dependerá de la variabilidad del banco y disponibilidad del tiempo.



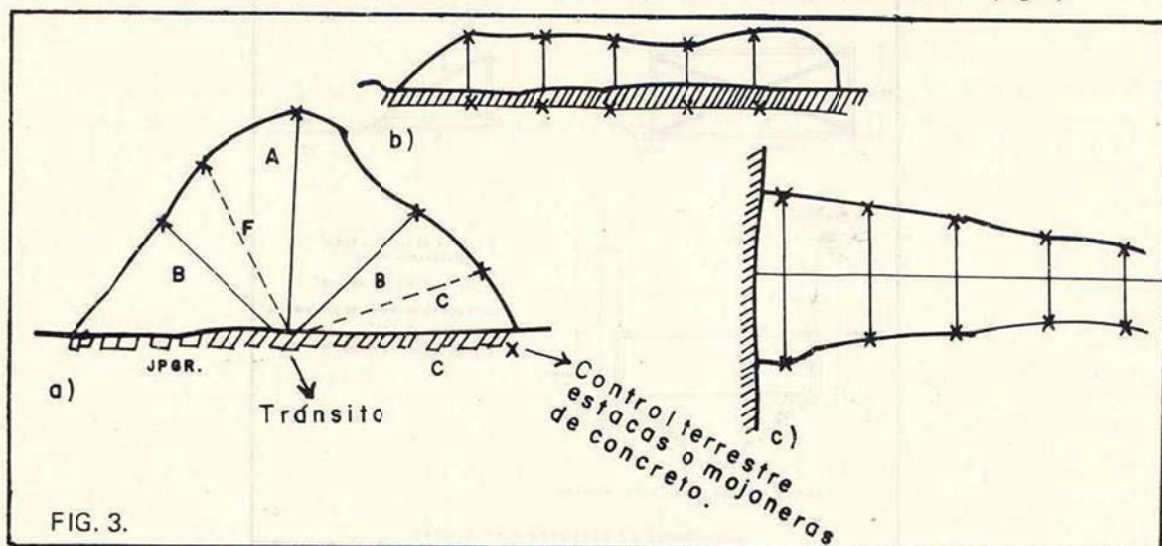
En el caso de espolones o puntas (c), el transecto principal es perpendicular a la costa y, a partir de él, se fijan los transectos secundarios.

De la estimación completa, se obtiene un panorama de la variabilidad del banco, las posibles diferencias en abundancia y la diversidad de especies, lo que en conjunto ayuda a decidir el método de muestreo y a determinar las estaciones.

En las playas rocosas y arenosas así como en los manglares costeros, lo más conveniente es definir los niveles de marea como indicadores de puntos de muestreo.

Al establecer los transectos en la forma descrita en la figura 2, se fijarán sobre ellos estaciones de un metro cuadrado, dividido a su vez, en cinco unidades de 0.20 m^2 (Holme y McIntire, *op. cit.*).

Los bancos de lagunas y bahías someras quedan semi-expuestos muchas veces durante los bajamares. Para estimar su área, lo más conveniente es: 1) definir el contorno en un recorrido rápido, en bote o a pie, si las condiciones lo permiten, 2) marcar un punto, en un extremo o al centro, con una baliza o boya, hacer transectos sobre el eje mayor y trazar los perpendiculares (Fig. 3).



La localización de las estaciones del muestreo pueden efectuarse, como en la situación anterior, sobre los mismos transectos. En este caso, no será posible fijar las estaciones en relación a la posición de mareas, por lo que habrá que considerar las variaciones del terreno en cuanto vegetación, textura y profundidad.

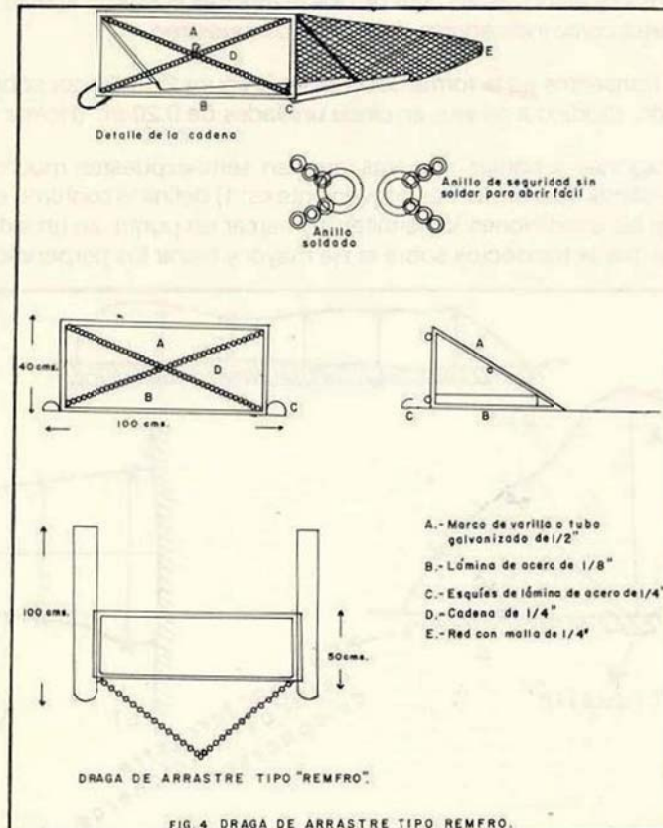
Al azar, se seleccionarán cinco muestras por estación de 0.2 m^2 , se arrojará el marco desde el bote o el extremo de un cabo (de 5 ó 10 m. de largo) con cinco marcas previas sobre las cuales se hará la toma de las muestras.

5. Muestreo sublitoral

El establecimiento de estaciones en la zona sublitoral deberá hacerse sobre un plano o carta marina, por medio de un programa estratificado de números aleatorios o al azar, dividiendo en áreas, por su profundidad o tipo de sustrato las zonas de muestreo.

6. Dragas de arrastre

Como su nombre lo indica, para su operación se arrastran desde un barco o lancha a fin de coleccionar organismos bentónicos en fondos blandos o del epibentos en fondos rocosos. Su diseño y uso dependen de los recursos que vayan a estudiarse y del tipo de sustrato sobre el que se va a operar. La **draga de arrastre tipo "remfro"** (Fig. 4) se emplea para el muestreo de epibentos en fondos blandos o rocosos planos. Tiene la ventaja de deslizarse rápidamente, por lo que es posible cubrir amplias zonas. Su desventaja es que con ella no se obtienen los organismos enterrados total o parcialmente.



La **draga biológica modificada** (Fig. 5) es una adaptación de la draga ostionera comercial que se emplea en el este de los Estados Unidos de Norteamérica. Cuenta con una cuchilla que facilita obtener organismos parcialmente enterrados en fondos arenosos, ya que desprende algunos animales sésiles de fondos rocosos.

Tiene la limitante de que la dureza del fondo o la presencia de lama (algas filamentosas) impiden o limitan su funcionamiento. No penetra más de 10 cm. en fondos arenosos y, en fondos limosos, se puede enterrar tanto que dificultan su arrastre, sobre todo con botes chicos.

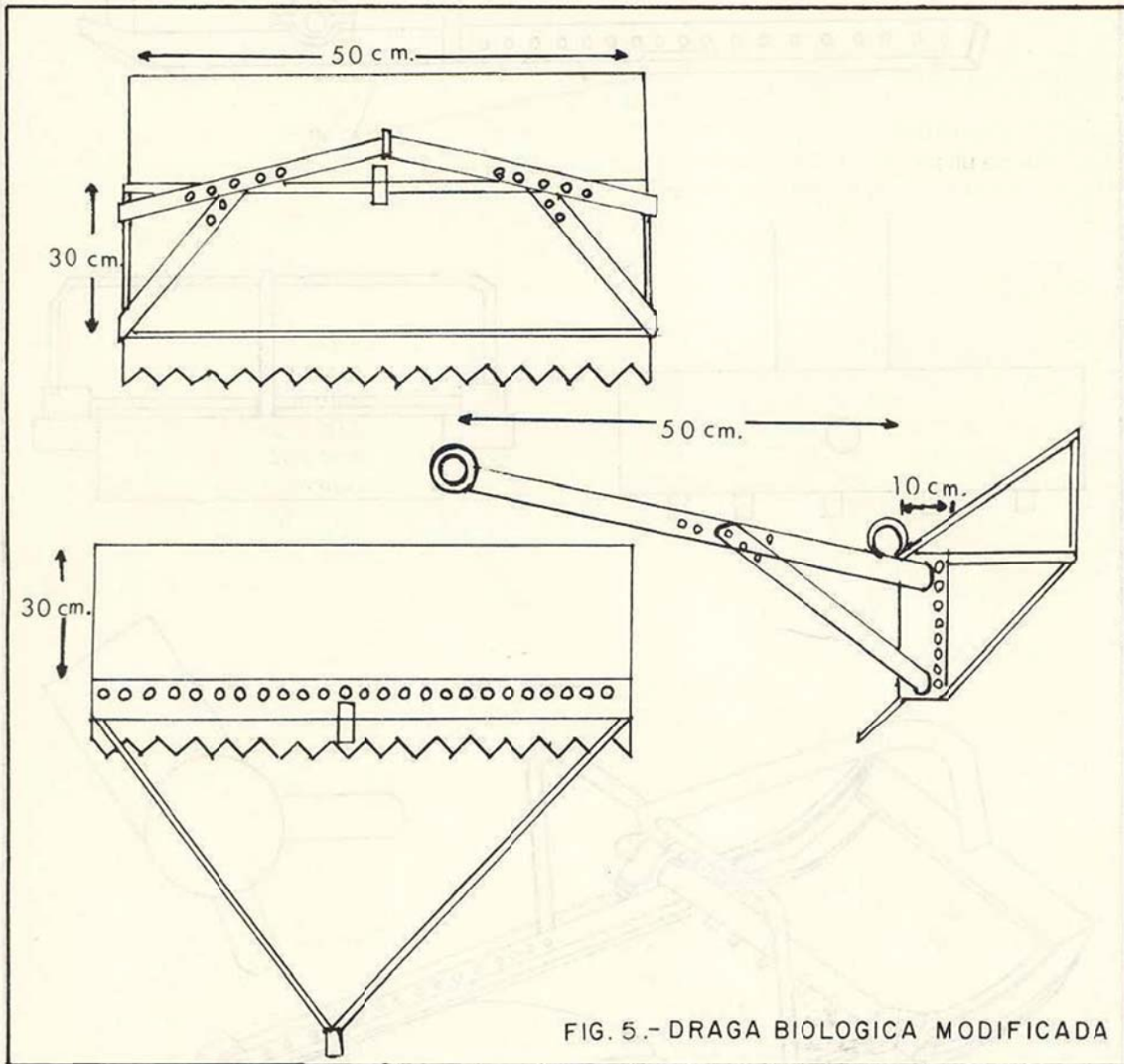


FIG. 5.- DRAGA BIOLÓGICA MODIFICADA

La **draga hidráulica** (Fig. 6) es el modelo más adecuado para conseguir muestras de comunidades bentónicas en fase arenosa, debido a que el flujo de agua a presión con el que trabaja, ocasiona que el fondo se reblandezca y facilite la penetración de la cuchilla.

Al mismo tiempo, impide que se obstruya la draga en fondos demasiado blandos. Sin embargo, el uso de bombas de superficie limita la profundidad del trabajo y complica la maniobra, pues la manguera ofrece gran resistencia al agua. Lo anterior, se puede evitar y permitir trabajar a cualquier profundidad, si se usa una bomba sumergible montada sobre la draga. La penetración de la cuchilla se gradúa a voluntad (Standley y Parker, 1967).

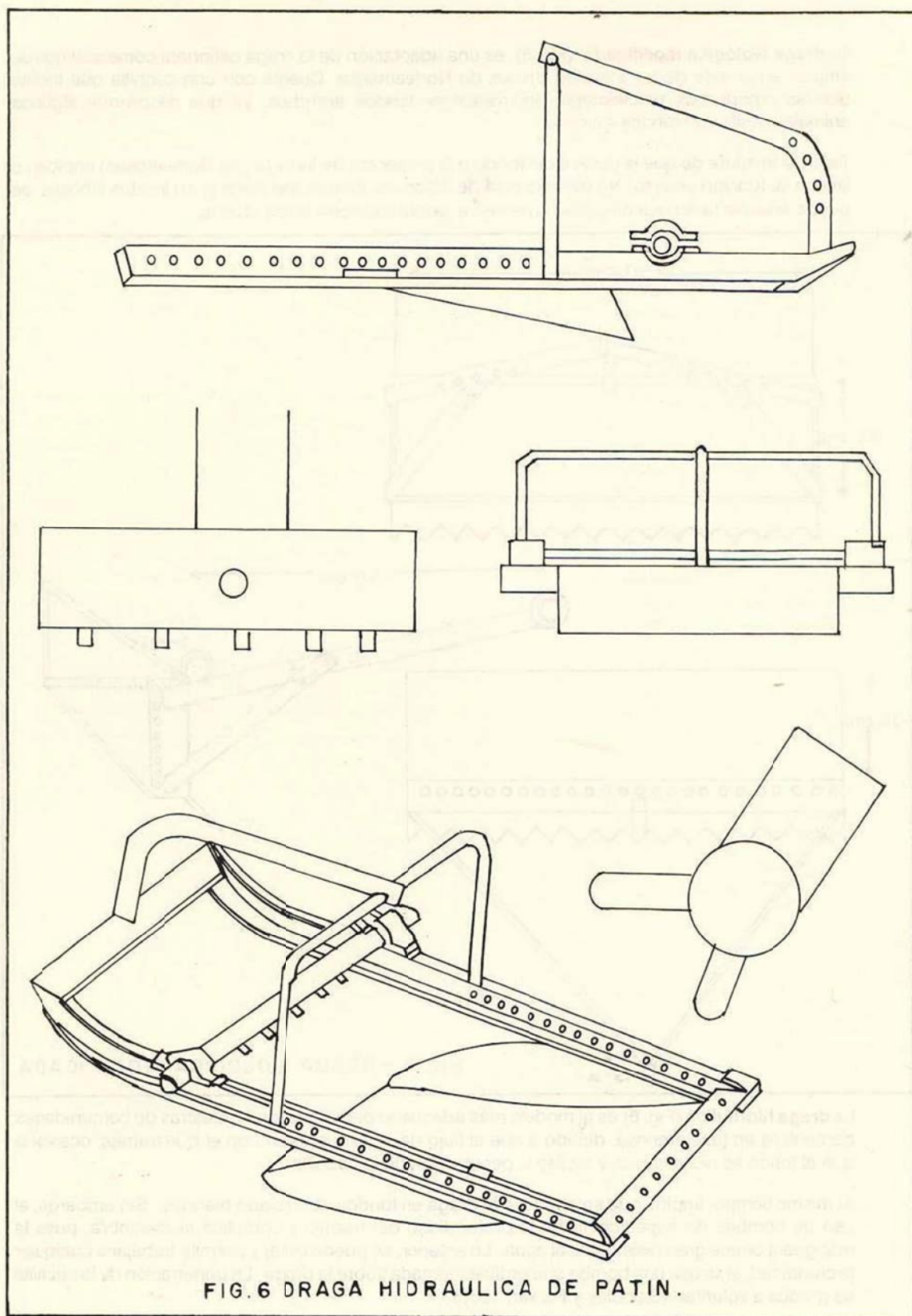


FIG.6 DRAGA HIDRAULICA DE PATIN.

7. Dragas de gravedad

Este tipo de dragas, recomendada por algunos autores para la toma de muestras cuantitativas, presentan deficiencias. Holme y McIntire (*op. cit.*) y Lamotte y Bourliere (1971) hicieron la reseña de esas dragas y sus resultados, así como la de otro tipo de muestreadores indirectos que tienen mayor eficiencia cuantitativa.

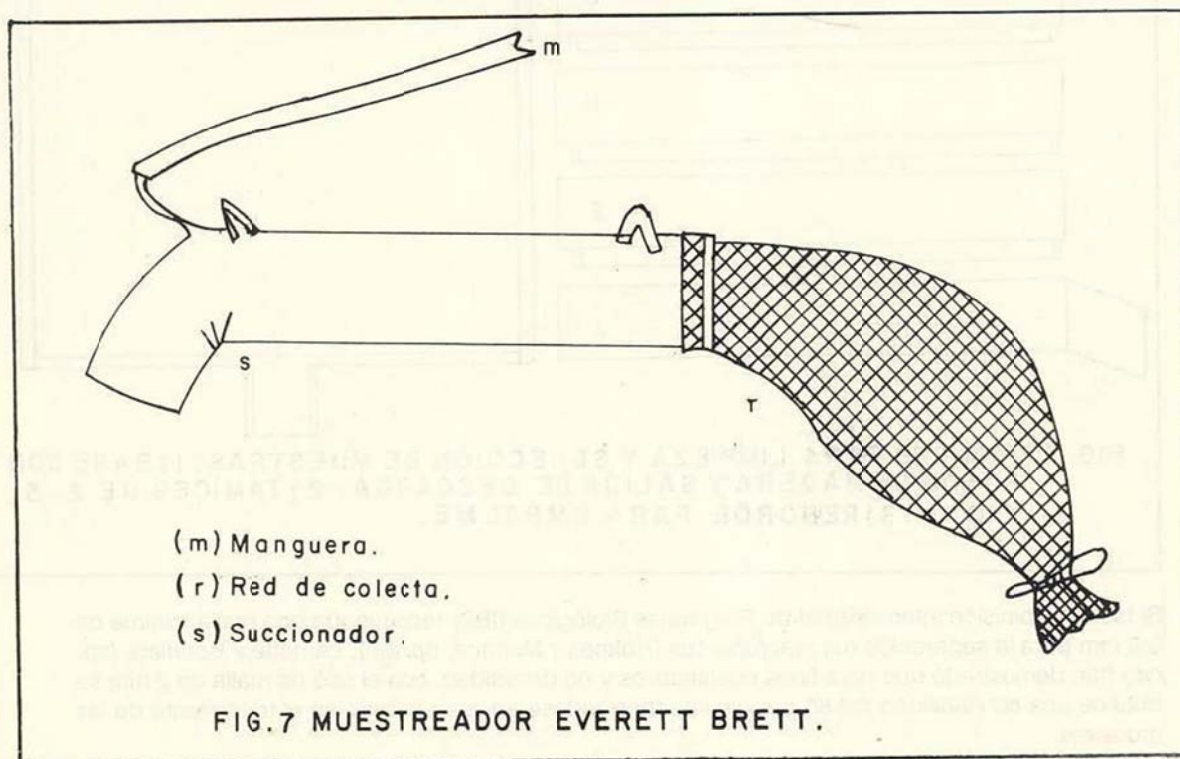
8. Buceo

El muestreo directo en zonas someras se puede hacer por buceo libre. En profundidades mayores a 2 m. es necesario el equipo de Scuba o compresor Hooka. La profundidad del muestreo se limita a la experiencia del buzo. No se recomienda el buceo, en prospecciones, a más de 40 m. y, en los estudios poblacionales, a más de 20 m.

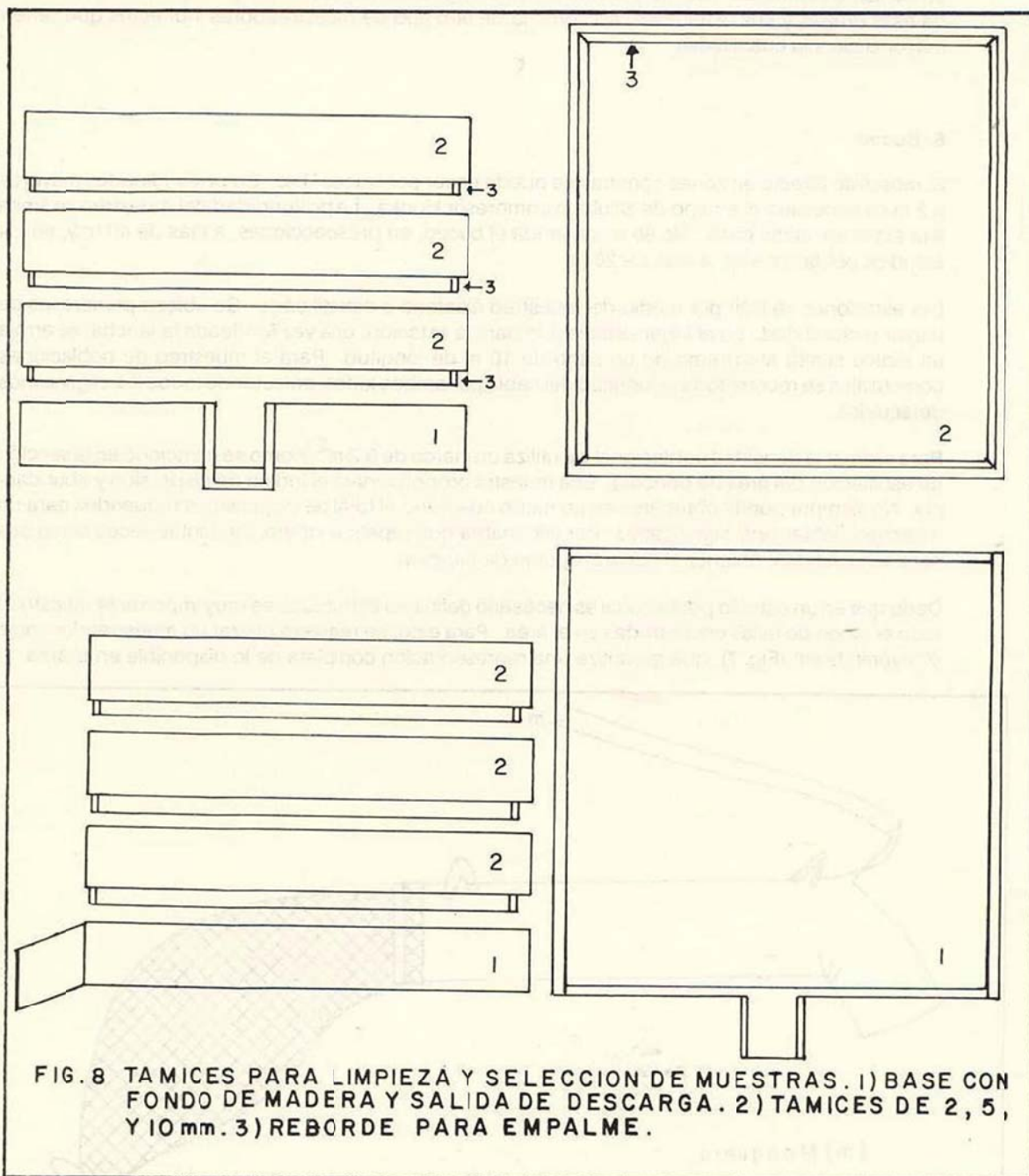
Las estaciones se fijan por medio del muestreo aleatorio o estratificado. Se ubican primero las de mayor profundidad. En el lugar establecido para la estación, una vez fondeada la lancha, se arroja un marco sujeto al extremo de un cabo de 10 m. de longitud. Para el muestreo de poblaciones comerciales se recorre toda la longitud del cable por ambos lados, colectando todos los organismos detectados.

Para estimar la densidad poblacional, se utiliza un marco de 0.2 m^2 (como se mencionó en la sección de estimación del área de bancos). Esa muestra proporcionará el índice de dispersión y abundancia. No siempre puede obtenerse en un metro cuadrado el total de organismos requeridos para un muestreo poblacional significativo. Por ello, habrá que repetir la operación tantas veces como sea necesaria, a fin de obtener el tamaño óptimo de muestra.

Dado que en un estudio poblacional es necesario definir su estructura, es muy importante muestrear todo el rango de tallas encontradas en el área. Para esto, se requiere utilizar un muestreador como el "everett brett" (Fig. 7), que garantiza una representación completa de lo disponible en el área.



La muestra deberá ser tamizada, separando los organismos vivos de los muertos y de la arena. Para esta operación se emplea un juego de cernidores (Fig. 8) con malla de 1 cm.a 2 mm.



Si bien la Comisión Internacional de Programas Biológicos (IBP) recomienda una malla mínima de 0.5 mm. para la separación del macrobentos (Holmes y McIntire, *op. cit.*), Lamotte y Bourliere (*op. cit.*) han demostrado que para fines cuantitativos y de diversidad, con el uso de malla de 2 mm. se obtiene una confiabilidad del 85 por ciento, ahorrándose un gran trabajo en el tratamiento de las muestras.

III. ASPECTOS ESTADISTICOS

1. Formatos de registros

La generación de datos requiere de formatos específicos, los cuales deben cumplir con los objetivos terminales de la investigación planeada.

El contenido de los mismos estará en función de los parámetros físico-químicos y biológicos contemplados.

2. Número óptimo de muestra

En todo trabajo de campo hay siempre una controversia: muestrear intensivamente un área chica o someramente un área grande. Cualquiera de esas dos opciones se define por el objetivo del muestreo.

En una prospección, lo importante es conocer qué hay en un área determinada, por lo tanto, lo más conveniente es muestrear la mayor extensión, aunque el número de muestras sea reducido. Ello permitirá conocer la distribución y abundancia del recurso en cierta zona.

No obstante, cuando se trata de evaluar un recurso, hay que obtener datos sobre su abundancia en las diferentes condiciones que pueda presentar un banco; en consecuencia, es necesario definir un mínimo de muestras que ayude a tener conocimiento real de la situación de dicho recurso.

Por lo anterior, se toma como base la variación estándar de las muestras y las diferencias entre éstas con un mínimo estadístico aceptable (generalmente .05). De esta manera, si la diferencia entre muestras consecutivas es mucho mayor se requerirá de muestras intermedias. En cambio, si la diferencia entre ellas es mucho menor, podrán desecharse estaciones, considerándose homogénea el área hasta encontrar la diferencia estadística predeterminada.

La fórmula para determinar el número óptimo de muestras (Green, 1979) es la siguiente:

$$\alpha = 0.95$$

D = dif. entre pob.

x = muestra 1

y = muestra 2

Σ = suma

s = desviación estándar

$$\bar{X} \pm t_1 - (1/2) \alpha \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \bar{X} = \text{media del parámetro a estimar}$$

$$t = \frac{x - y - D}{\left(\frac{1}{N_x} \frac{1}{N_y} \right)^{1/2} \left(\frac{\Sigma X^2 - N_x \bar{X}^2}{N_y} + \frac{\Sigma Y^2 - N_y \bar{Y}^2}{N_x} \right)^{1/2}} \quad t = "t" \text{ de Students}$$

3. Tamaño óptimo de muestra

El tamaño óptimo de muestra, en cuanto a unidad de área, ha sido fijado por la IBP (Holme y McIntire, *op. cit.*) como 0.2 m² con un mínimo de cinco muestras. Sin embargo, cuando se trata de muestreos periódicos hay que tener un análisis estadístico similar al descrito en la sección anterior, pero entre muestras por estación. El propósito es evitar un excesivo número de muestras.

En el caso de los estudios poblacionales, no sólo es importante el número y el tamaño de la unidad de área, sino el número de organismos a muestrear. Lo anterior, queda definido por la variabilidad del organismo, el grado de estratificación de las poblaciones y la composición por edades de la población. Buesa (1977) describe un método confiable que hemos venido aplicando para precisar el tamaño de muestra, a partir de la distribución de tallas de la población.

La técnica de Buesa (1977), para la estimación del tamaño óptimo de muestra, se describe a continuación:

$$B = \frac{1}{N} \log_2 \frac{N!}{\pi N_i!}$$

B = diversidad individual en bits

N = total de elementos de la muestra

N_i = número de intervalos por clase

π = Pi (3.1416)

4. Determinación de la distribución

Al detectar la presencia de un recurso, para cuantificarlo, es importante determinar el nivel de agregación, con el propósito de que los muestreos sean significativos de la abundancia de toda la zona de distribución.

Partiendo de la premisa de una ubicación homogénea al azar para un muestreo de evaluación se han determinado diversos índices de agregación (Elliot, 1977). Estos indican si un organismo tiende o no a congregarse en parches, excluirse mutuamente o distribuirse por casualidad.

La posición macro está dada, principalmente, por las características geomorfológicas del sustrato; sin embargo, dentro de una zona dada el índice de agregación es de suma importancia, tanto para evaluar a la población como para conocer su vulnerabilidad a la explotación.

Según Elliot (*op. cit.*), un índice de distribución debe de cubrir los siguientes requisitos:

1. Proveer valores reales y continuos de todo el rango de dispersión, desde distribución homogénea (igual número de muestra) al azar hasta distribución contagiosa (todos los individuos de una muestra).
2. Estar influenciado por variaciones en el tamaño de la muestra (tamaño del cuadrante), número de muestras (n), media de la muestra (x) o número total de organismos en la muestra (Nx).
3. Ser de fácil cálculo a partir de un gran número de datos.

4. Poder someterse a pruebas de significancia de diferencia entre muestras.

De los diferentes índices de diversidad o afinidad descritos, el índice de Morisita (en Elliot, *op. cit.*) cubre todos los requisitos anteriores, a excepción de ser altamente dependiente del número de muestras, por lo que deberá trabajarse siempre con un número igual de muestras:

I (índice de Morisita) = 1 (distribución al azar)

I (índice de Morisita) > 1 (distribución contagiosa)

I (índice de Morisita) < 1 (distribución regular)

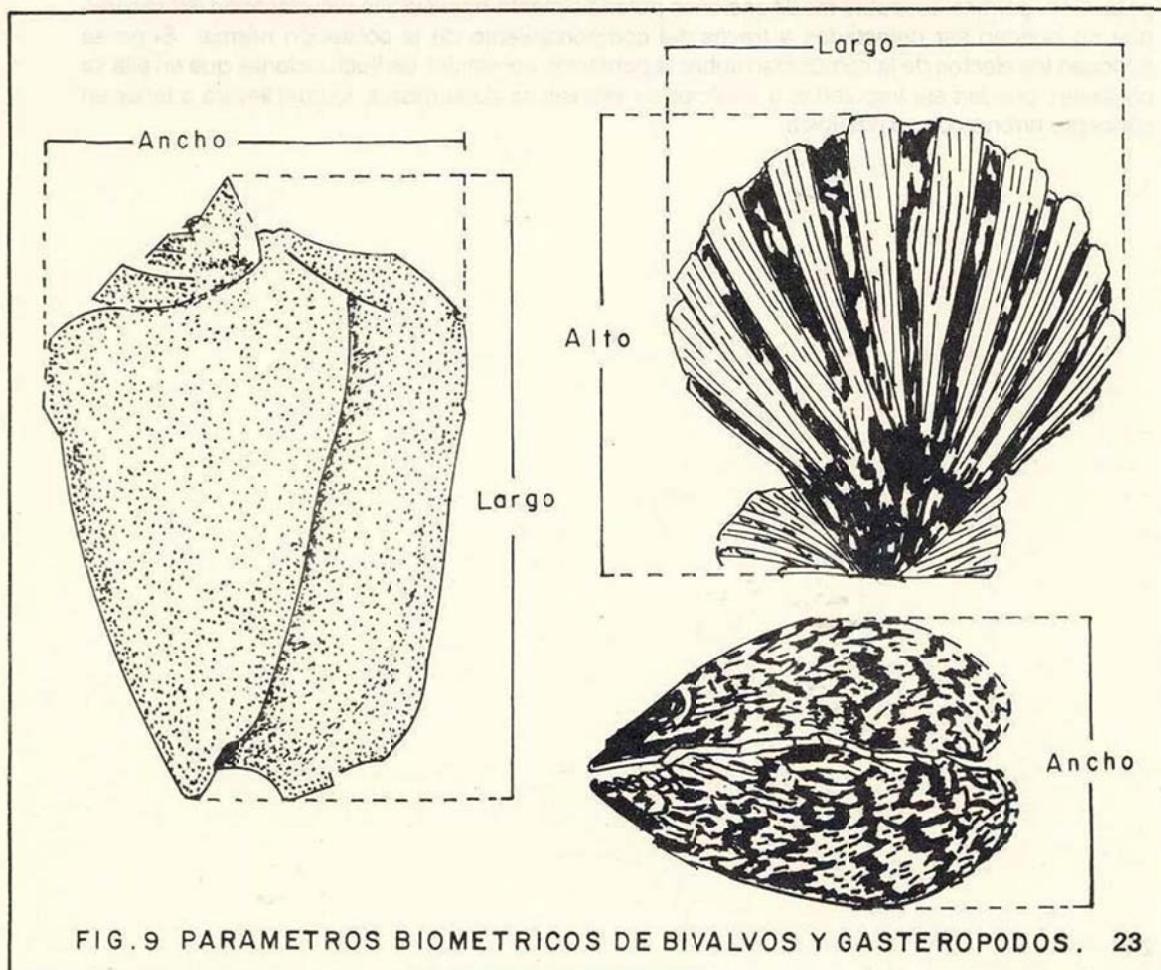
$$I = N \frac{\sum [X(X-1)]}{\sum X (\sum x - 1)} = N \frac{\sum (X^2) - \sum X}{(\sum X)^2 - \sum X}$$

Σ = suma

(Ver ejemplo 3 del apéndice III)

5. Discriminación de parámetros biométricos

El concepto de parámetro biométrico está en relación con estructuras morfológicas que son posibles de ser cuantificadas, como largo, ancho, alto, peso total y de las partes blandas, etc. (Fig. 9).



Cuando se realiza un estudio poblacional, es necesario considerar todos los parámetros biométricos al determinar las regresiones y correlaciones existentes entre un parámetro y otro, con lo cual se puede caracterizar la especie, población y estado fisiológico de los organismos.

En el caso de prospecciones, debe seleccionarse el parámetro más representativo del crecimiento del organismo para tener una información confiable y significativa de la estructura de la especie en estudio. Además, es necesario que sea fácilmente determinable y correlacionable con otros parámetros de probable interés como peso, madurez sexual, etc.

La selección de un parámetro queda a criterio del investigador, dependiendo de los objetivos del estudio.

6. Composición por especie y estructura poblacional

Durante una prospección, es necesario conocer, además de la abundancia del recurso, su abundancia relativa con otras especies. Lo anterior, porque la explotación comercial sobre una especie altera la estructura de la comunidad y puede llevar a cambios que impidan la regeneración del recurso.

Por ello, hay que determinar el número de cada especie y su estructura poblacional, con la finalidad de detectar recursos con potencial de explotación simultánea o alternativa.

El seguimiento de los cambios en la estructura de una comunidad de la que se explota una población, permite descubrir modificaciones potencialmente nocivas a la recuperación del recurso que no pueden ser detectadas a través del comportamiento de la población misma. Si no se conocen los efectos de la comunidad sobre la población comercial, las fluctuaciones que en ella se observen, pueden ser imputadas a parámetros intrínsecos de la misma, lo cual llevará a tener un concepto erróneo de su dinámica.

IV. EVALUACION

1. Distribución de las especies en el banco

En general, los bancos presentan varias especies, predominando una o dos, según las características del sedimento; de esta manera, puede existir una franja donde domine una de las especies y otra donde se entremezclen ambas.

Así, la distribución y abundancia de las especies suele ser heterogénea. Empero, algunos recursos como la almeja catarina y diversas especies de caracoles, por su capacidad de desplazamiento, suelen agruparse o dispersarse de tal forma, que las dimensiones de los bancos y densidades de éstos suelen ser variables y, por consiguiente, para conocer su verdadero potencial se requiere efectuar un muestreo más minucioso.

2. Evaluación cuantitativa y eficiente de las artes de muestreo

Existen dos medidas de estimación de la abundancia: la relativa, en la cual se define el número o porcentaje de ejemplares de una especie en relación a otras, y la absoluta, en la que se da el número de ejemplares por unidad de área.

Los métodos de muestreo indirectos mencionados en la sección de muestreo sublitoral, se emplean para determinar la primera. Sin embargo, es posible efectuar estimaciones de la abundancia absoluta si son debidamente calibradas en lo que se refiere a su eficiencia para cada especie a evaluar.

Lo primero que se debe determinar es la distancia recorrida por el arte, es decir, el área muestreada (amplitud de la boca por distancia recorrida). Esto puede hacerse con un tacómetro acoplado a la draga o en arrastres paralelos a la costa entre puntos de distancia conocida. Se determina el tiempo de arrastre usando una misma velocidad y, de esta forma, se estima el área recorrida en arrastres sucesivos.

El problema con este método indirecto lo presentan el efecto de las corrientes, viento y oleaje sobre la velocidad real del barco, ya que lo único que puede controlarse son las revoluciones por minuto del motor y, en algunos casos, cuando se cuenta con velocímetro de algún tipo, la velocidad en relación al agua y no al fondo.

Una corriente fuerte y un oleaje de moderado a fuerte, influyen mucho sobre la velocidad absoluta del barco. Por ello, se requerirá contar de preferencia con un sistema de navegación "Loran", el cual da lecturas de velocidad real del barco y su desplazamiento con respecto al fondo.

La profundidad y tipo de sustrato también son factores importantes en la eficiencia de operación de la draga, llegando a planear y no hacer contacto con el fondo a profundidades de 50 a 60 m. La presencia de palos y piedras atoran la draga, requiriendo mayor aceleración del barco para apartarla del obstáculo.

Para calibrar la eficiencia de la draga, se hacen arrastres en fondos accesibles al buceo, tratando de seleccionar la mayor variedad de fondos y especies posibles. Una vez determinada el área recorrida por la draga y estimada la densidad con ésta, se hacen muestreos directos por buceo.

Entonces, se determina la diferencia entre lo dragado y lo colectado directamente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Abundancia por metro cuadrado dragado}}{\text{Abundancia por metro cuadrado buceado}} \times 100$$

3. Determinación de correlaciones

Los parámetros biométricos, largo y peso total, han sido los más usados cuando se trata de realizar análisis de correlación, porque en cuestiones de crecimiento corporal son los más constantes y de fácil registro.

Esta correlación es un índice que permite determinar los potenciales de biomasa en relación a la estructura poblacional y la conversión de peso total a peso aprovechable (músculo o callo), si se aplica el análisis de regresión correspondiente.

4. Estimación de la población comercial

En un muestreo biológico debe cubrirse todo el rango de tallas de la especie. Cuando ésta se encuentra en una misma área, el trabajo se simplifica con sólo afinar el arte de muestreo. No obstante, al encontrarse estratificadas las poblaciones por áreas, sustratos o profundidades, es necesario muestrear en cada una de esas zonas e incluso, a veces, requieren artes de muestreo diferentes o, por lo menos, con distinta selectividad de tallas.

Para las poblaciones comerciales, únicamente es necesario definir las zonas de distribución y usar el arte de muestreo comercial. En caso de emplear dragas se fija la abertura entre los dientes y la abertura de malla.

Si se bucea, es preferible que los transectos sean de 5 a 10 m. de largo (sección muestreo sublitoral), colectando sólo ejemplares de talla comercial.

Cuando la abundancia es muy alta, es posible auxiliarse con un marco de un metro cuadrado, que se toma como referencia para establecer de tres a cinco unidades sobre el transecto previamente fijado.

5. Conversión de abundancia y biomasa a producto comercial

Algunas especies, como las almejas (*Megapitaria spp.*, *Rangia sp.*) y pata de mula (*Anadara spp.*) se comercializan completas. De otras, se venden sus partes blandas, eliminando las conchas. Tal es el caso de los ostiones (*Ostrea* y *Crassostrea*) y mejillones (*Modiolus* y *Mytilus*). Finalmente, hay moluscos de los cuales sólo interesan al mercado algunas de sus partes blandas: de las hachas y pectinidos (*Pinna*, *Atrina* y *Pectinidae*), el músculo aductor; de los abulones y caracoles (*Haliotis*, *Strombus*, *Melongena*), el pie.

Por esa razón, hay que determinar índices de conversión de cada especie, que permitan extrapolar los cálculos de abundancia estimados en las evaluaciones a los volúmenes de producción permisibles y, a partir de las capturas comerciales, determinar la cantidad de organismos extraídos.

V. ESTUDIOS BIOLOGICO-POBLACIONALES

1. Objetivos

Las evaluaciones permiten determinar la cantidad de organismos existentes, el tamaño de la población y su estructura en un momento dado, pero no definen la cantidad de organismos aprovechables y el ritmo de la explotación que pueda soportar el recurso.

Esto último, sólo lo precisa el conocimiento de los parámetros poblacionales de la especie y su comportamiento en el medio. Por ello, se requiere saber: sus épocas y capacidad reproductoras, tallas mínimas de primera reproducción, velocidad de crecimiento, reclutamiento a la población y a la pesquería, mortalidad natural y posibles causas de ésta. Todo ello, aunado al conocimiento de su abundancia, proporciona una guía clara de cuándo y cuánto capturar.

2. Reproducción y fecundidad

Entre los estudios biológico-pesqueros que aportan información sobre la dinámica de las poblaciones, está el de la fecundidad de los organismos. Esta puede definirse como el número total de elementos sexuales presentes en las gónadas, previamente a su expulsión (Molina, 1983), o bien, que ésta se haya efectuado, pero en una mínima cantidad. La fecundidad puede expresarse como:

a) absoluta: número de óvulos presentes en el ovario, o el número total de óvulos que pueden ser expulsados en un año.

b) relativa: número de óvulos por unidad de longitud o peso de los organismos. Expresada en número de óvulos/cm, o número de óvulos/g.

La importancia de estimar la fecundidad radica en que es un indicador de la potenciabilidad reproductora de los organismos, de ahí que sea fundamental en el estudio de la productividad. Hay que considerar, por lo tanto, en los estudios de dinámica de poblaciones, el crecimiento en longitud y peso, así como la proporción sexual de la especie.

3. Estimación de la fecundidad

Se considera que la cantidad de óvulos (expresada en gramos) es la misma en las diferentes porciones de la gónada. Por ello, para estimar la fecundidad de un organismo deberá tomarse una parte de la gónada, en la cual se contará el número de óvulos presentes y, mediante una regla de tres simple, extrapolar el peso total de la misma.

Con el dato de fecundidad absoluta se puede estimar la fecundidad en relación a la longitud, mediante un modelo potencial del siguiente tipo (Fig. 10):

$$F = aL^b \quad (1)$$

donde:

F = fecundidad calculada

L = longitud total

a y b son constantes obtenidas a partir del ajuste por el método de mínimos cuadrados, después de que la ecuación (1) se haya linealizado de la siguiente manera:

$$\text{Log } F = \text{Log } a + b \text{ Log } L \quad (2)$$

La estimación de la fecundidad con respecto al peso es de tipo lineal:

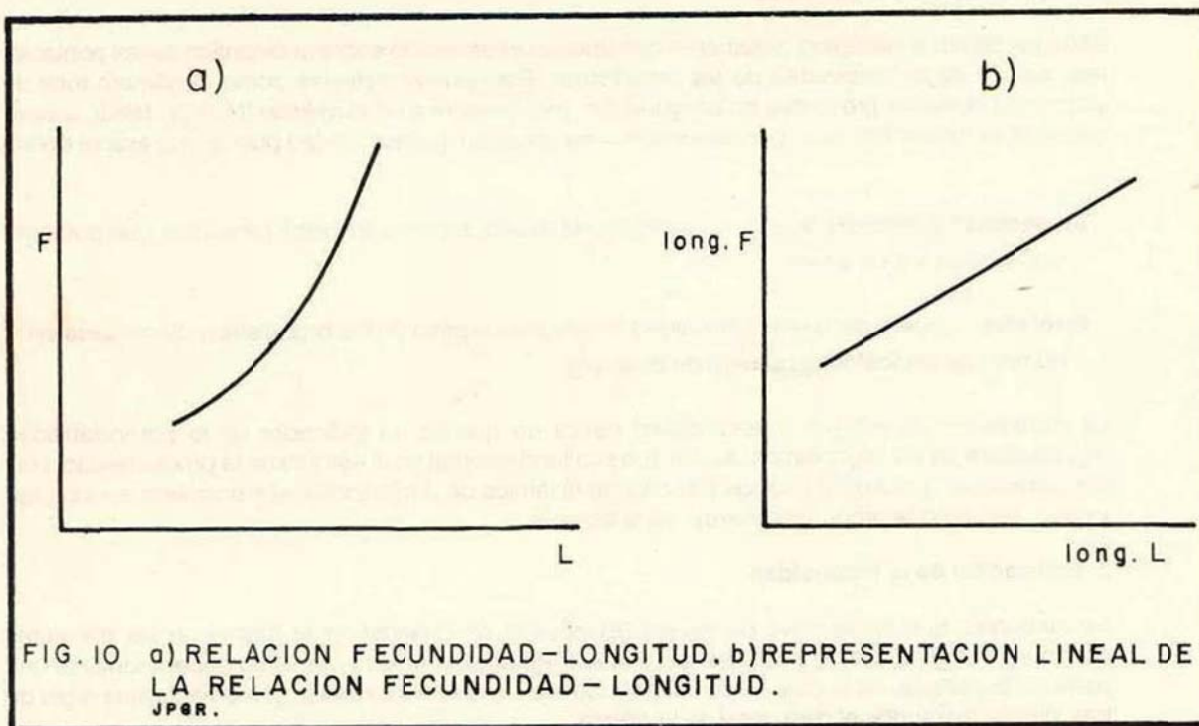
$$F = a + bw \quad (3)$$

donde:

F = fecundidad calculada

W = peso

a y b son constantes, también encontradas por el método de mínimos cuadrados.



Estos datos de fecundidad tienen que manejarse junto con los de talla mínima de desove o de primera madurez. De este modo, la reglamentación de la pesquería de esas especies asegurará que, por lo menos, desoven una vez antes de ser capturadas.

Esta técnica, generalizada para organismos cuya gónada es fácilmente desprendible del resto de la masa visceral, no puede aplicarse a la mayoría de los bivalvos, debido a que la posición de la gónada está entre el tracto digestivo y el hepatopáncreas. Por esa razón, se ha diseñado una técnica de estimación microscópica y un método directo.

Para la estimación microscópica, se hace un corte dorsoventral a un animal maduro, se mide el tamaño, número de huevos, área ocupada por la gónada y se extrapolan esos datos al total del campo y al volumen total de la masa visceral.

El método directo parte de la inducción al desove de un organismo de peso y volumen conocido. Una vez que se consigue esto, se cuantifica el número de huevos por expulsión. Dado que el espécimen puede desovar varias veces en un año, han de tratarse desoves controlados del mismo durante ese lapso.

Lo anterior, requiere contar con medios adecuados para mantener a los organismos en cautiverio y en condiciones controladas con el propósito de manejar el desove.

La reproducción y la fecundidad son parámetros importantes para la interpretación de la dinámica poblacional. Su evaluación determina el potencial de regeneración de una especie, sobre todo si esa evaluación se realiza de una manera continua para obtener el registro histórico de una pesquería.

En relación a la fecundidad, el número de huevos por estación depende del número de ovocitos expulsados y, directamente, del tamaño y talla media parental.

Las fluctuaciones de las sucesivas generaciones de una especie dependen de las condiciones en que se produce el desarrollo de las larvas. El reclutamiento puede variar en número, independientemente de la cantidad de individuos de la población parental y de su capacidad para producir huevos fértiles. Se trata de un carácter de primera importancia en la población, ya que una tasa de multiplicación más elevada representa una mayor capacidad de la especie para soportar fluctuaciones del ambiente y aprovechar más rápidamente la ocasión, en cuanto cede la resistencia de éste.

Otro tipo de conocimiento, que se obtiene a través de estudios gametogénicos del desarrollo, es el de la edad de primera madurez, época, frecuencia y duración del periodo de la reproducción, así como la correlación con la presencia de parásitos, enfermedades y factores físicos y químicos del ambiente.

4. Patrones estacionales de reproducción

Muchos animales marinos se reproducen en un periodo restringido del año, de la misma manera en que lo hacen otros organismos dulceacuícolas y terrestres. Si bien el proceso del desove parece relacionarse con fases lunares, la expulsión de huevos es resultado de la interrelación de uno o más factores como: alimento, temperatura, fotoperiodo, mareas y salinidad, entre otros.

El reconocimiento de los ciclos reproductores en muchos invertebrados es factible, si se tienen en cuenta los siguientes objetivos:

- a) determinar para cada especie si ocurre un ciclo anual,
- b) obtener una medida cuantitativa del ciclo,
- c) investigar con qué factor o factores se correlaciona el ciclo, y
- d) tratar de regular el ciclo a través de la variación experimental del factor o factores involucrados.

A la fecha, los dos primeros objetivos han sido determinados en algunas especies, en el tercero se han intentado y, en el cuarto, se han conducido experimentos de variación de factores ambientales en distintas especies. En este caso, la principal dificultad radica en que algunos especímenes no soportan condiciones prolongadas en cautiverio.

En la costa oeste de los Estados Unidos de Norteamérica se han efectuado observaciones sobre el desove de animales marinos. Especialmente, las han hecho McGinitie y McGinitie (1949). Si

bien su información es interesante, sólo proporcionan el pico de actividad en el ciclo reproductor. Se reportan ejemplos de erizos cuyas gónadas estaban próximas a desovar, pero esto ocurría hasta que algún elemento lo desencadenaba, como por ejemplo: químicos del agua (incluyendo secreción química de uno de los dos sexos durante el desove), fotoperiodos, fases lunares, cambios de temperatura y ritmo de marea, entre otros (Clark, 1941; Chrisp, 1957; Korringa, 1947).

5. Estimación de la reproducción

Un método para determinar el ciclo reproductor anual consiste en observar el tamaño de la gónada durante diferentes épocas del año, lo cual es aplicable cuando las gónadas pueden separarse del resto del organismo como en el erizo, chitón, pulpo y calamar. En estos casos, el volumen de la gónada se determina introduciéndola en una probeta graduada con agua de mar. El volumen desplazado se divide entre el peso del organismo:

$$\text{Índice de la gónada} = V/W \times 100$$

donde:

V = volumen desplazado

W = peso del animal

En los lamelibranquios, la presencia de esperma y óvulos maduros fue utilizada para definir la época de reproducción; ovocitos pequeños e inmaduros anteceden la presencia de células sexuales maduras. Por ello, es posible reconocer fases gonádicas, que pueden ser cuantificadas a través de los especímenes que presentan determinado estado de evolución gametogénica.

De esta manera, se podrá proporcionar una escala de fases de desarrollo de acuerdo con el criterio que se maneje en la interpretación del material de estudio histológico, al considerar: la abundancia y distribución del tejido conectivo vesicular, la cantidad de elementos sexuales existentes en los folículos, el aspecto de la cromatina y la membrana nuclear.

Algunos autores reconocen cinco fases: fase I, indiferenciada; fase II, gametogénesis; fase III, madurez; fase IV, desove, y fase V, postdesove. Otros autores reconocen cuatro: fase I, indiferenciada; fase II, gametogénesis; fase III, reproducción o desove, y fase IV, postdesove. Estos últimos reconocen dentro de una misma fase diferentes grados o etapas, permitiendo realizar análisis precisos acerca de cada una de ellas.

De acuerdo con la literatura especializada, en la evaluación histológica de la reproducción de moluscos, no hay un criterio establecido acerca del número de ejemplares más representativos para este tipo de estudios, debido, en gran parte, a que los autores sólo mencionan el total de ejemplares estudiados. Para algunas especies de ostión, Kennedy y Battle (1964) utilizaron seis y diez ejemplares, quincenal y mensualmente; Sevilla y Mondragón (1965), siete; Rogers (1970) y Rogers y García-Cubas (1981a), siete y doce; Dinamani (1974), ocho; Stuardo y Martínez (1977), ocho. Para algunas especies de almejas, Shaw (1962, 1965) empleó diez; Ropes (1965), entre 10 y 20; Penchaszadeh y Oliver (1975), veinte; Baqueiro (1981), veinte; Rogers y García-Cubas (1981b), dieciséis.

6. Interpretación histológica de las gónadas

Para interpretar con precisión las diversas fases por las que atraviesan las gónadas de los moluscos, generalmente, se recurre al método histológico, el cual consiste en el estudio microscópico del tejido

gametogénico. Tales criterios, por su sencillez, claridad y facilidad de adquisición, desde el punto de vista técnico, tienen especial validez.

La técnica histológica comprende la preparación de los tejidos para su estudio microscópico, lo que se logra sometiendo una parte seleccionada del tejido a una serie de procesos como fijación, deshidratación, aclaramiento, inclusión, corte y tinción (Rogers, 1970; Tapia, 1984).

A continuación se describen las características sobresalientes de cada una de las fases:

a) Fase I: indiferenciada

Se caracteriza por la ausencia de células sexuales, por lo que resulta imposible determinar el sexo (Fig. 11a y b).

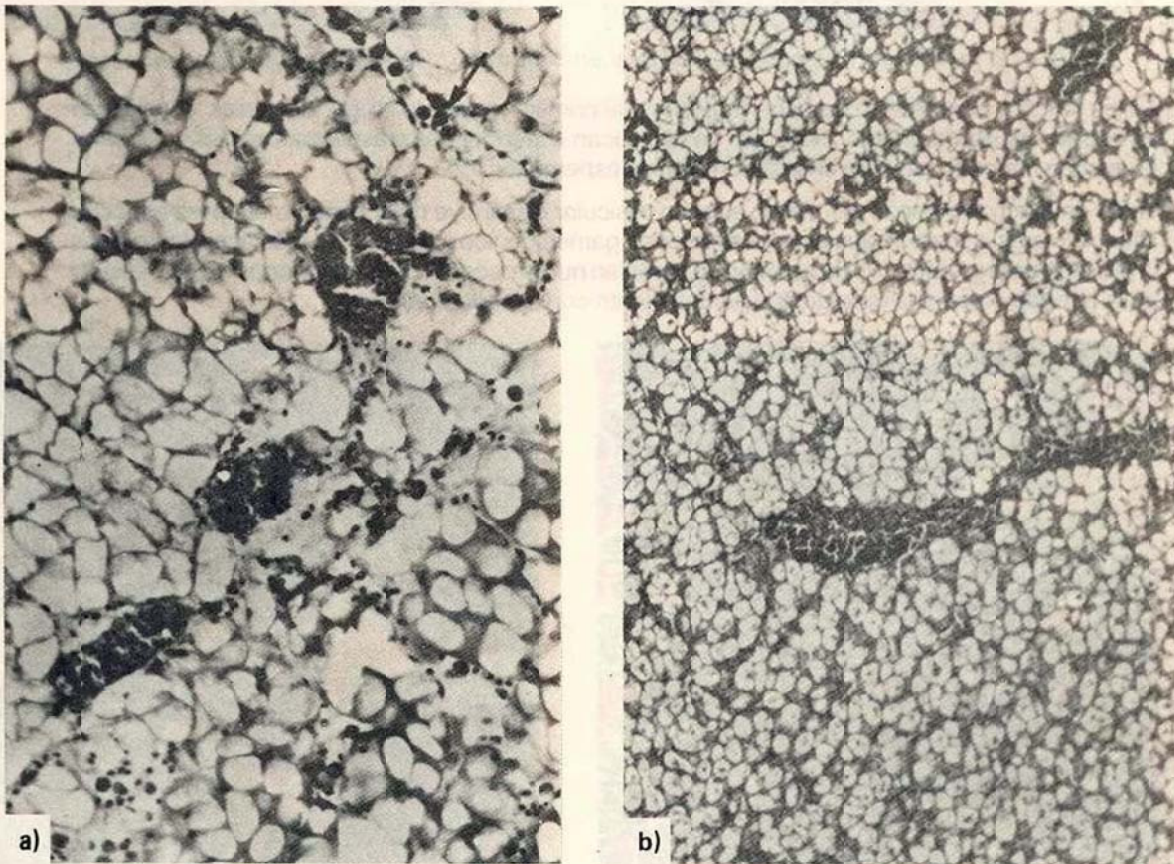


FIG. 11. Fase I: a) y b) Indiferenciada en *Crassostrea* sp.

b) Fase II: gametogénesis

Gran actividad gametogénica. En las hembras se observan ovogonias, predominando la fase de ovocitos que presentan citoplasma reticular con uno o dos nucleolos. Se exhiben también óvulos maduros desplazados hacia el centro del conducto. Los folículos o conductos sexuales, por efecto de la ovogénesis, aumentan de tamaño y se ven anastomosados o en íntima relación entre sus membranas conjuntivas basales (Figs. 12 y 13, a y b).

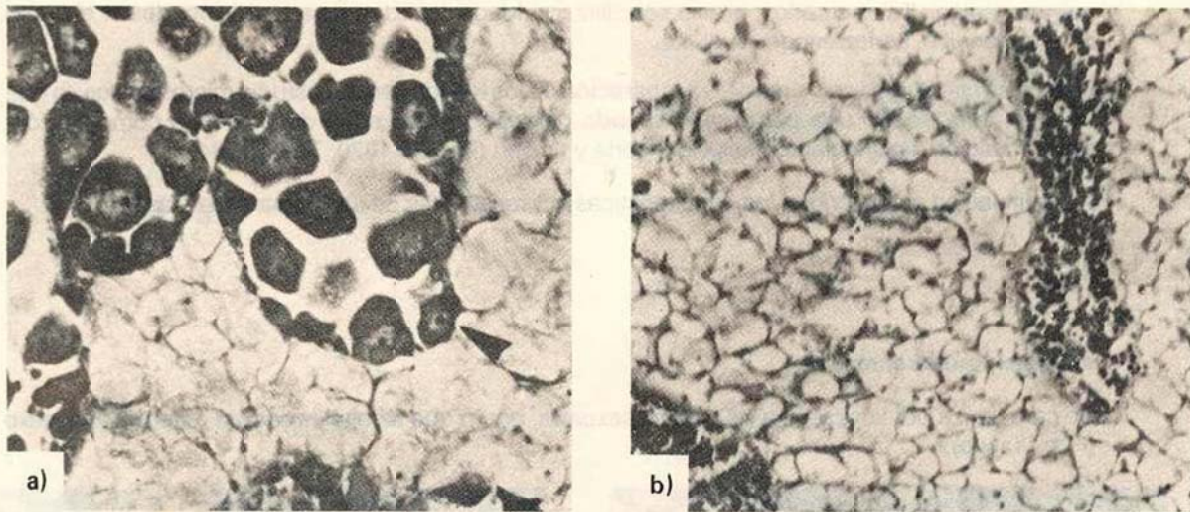


FIG. 12. Fase II: a) Gametogénesis inicial en hembra; b) Gametogénesis inicial en macho.

En los machos predominan los espermatocitos de primer y segundo orden, los cuales constituyen un estrato bastante grueso. También se identifican espermatidas y espermatozoides, los cuales presentan marcada basofilia en relación con los espermatocitos.

Tanto en machos como en hembras, el tejido vesicular disminuye notablemente entre los espacios interfolículos, a medida que avanza el proceso gametogénico y se observa más abundante hacia la periferia de la gónada. Por lo anterior, se aprecian numerosos folículos fusionados. El crecimiento de la gónada determina un reducido acercamiento con el hepatopáncreas.

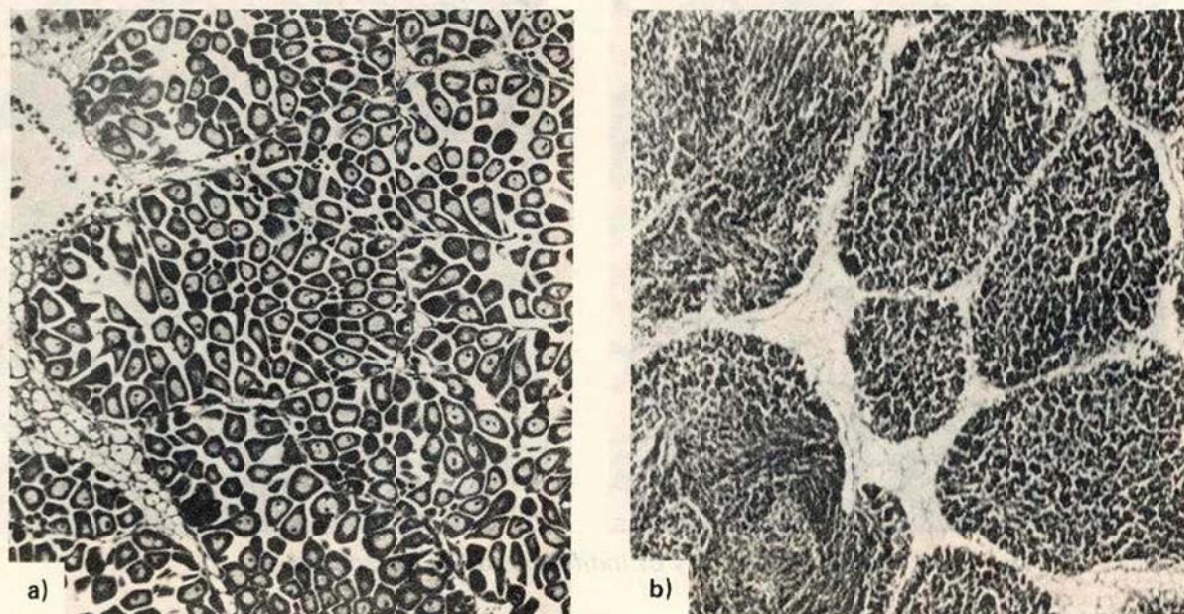


FIG. 13. a) Gametogénesis avanzada en hembra; b) Gametogénesis avanzada en macho.

c) Fase III : madurez

En la hembras se observan folículos en estrecho contacto con células sexuales uniformemente distribuidas. Se ven folículos fusionados, en cuyo interior se aprecian óvulos de aspecto típicamente maduro, adoptando formas poliédricas y redondas en corte transversal (Fig. 14a).

El desprendimiento del óvulo de la pared folicular indica el estado total de madurez, siendo aparente el núcleo grande con cromatina reticular con uno o dos nucleolos que con la técnica de hematoxilina de Heidenhain se tiñen ligeramente de rojo. La membrana nuclear está bien delimitada, el citoplasma es abundante y de aspecto granuloso.

El diámetro promedio de los óvulos maduros es de 48 micras. Los ovocitos se encuentran adheridos a la pared del folículo y el citoplasma, típicamente hialino, es menos abundante que en las células totalmente maduras. El núcleo es grande en relación al citoplasma, con la cromatina nuclear de aspecto granular; generalmente presenta dos nucleolos. Las ovogonias se identifican en el epitelio germinal como células redondas o cúbicas con núcleo grande y denso y citoplasma granuloso.

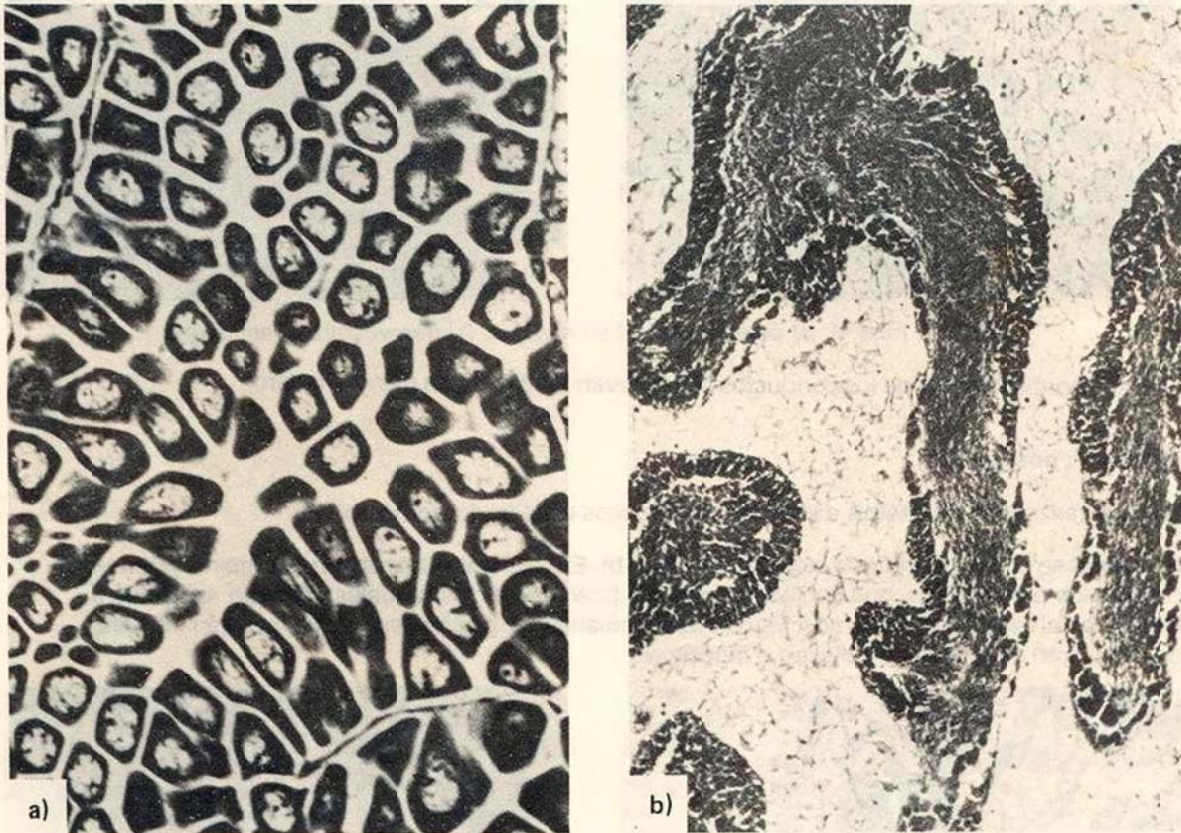


FIG. 14. Fase IV: a) Madurez en hembra; b) madurez en macho.

En los machos, el tejido conectivo vesicular es relativamente abundante en la periferia y entre los folículos que en esta fase son numerosos y en su mayoría anastomosados (Fig. 14b).

El aumento en volumen de la gónada determina la anastomosis de los conductos sexuales y, en consecuencia, el tejido conectivo interfolicular desaparece. La mayor parte de los folículos están fusionados, alcanzando la región de la glándula digestiva, estómago e intestino. Loosanoff (1942) menciona como una de las funciones del tejido conectivo, la nutrición de células sexuales. En esta fase la gónada invade casi todo el cuerpo y se encuentra en estrecho contacto con el hepatopáncreas (Fig. 14a).

d) Fase IV: desove

Se caracteriza por los signos de expulsión, en mayor o menor grado, de elementos sexuales (Fig. 15 a y b).

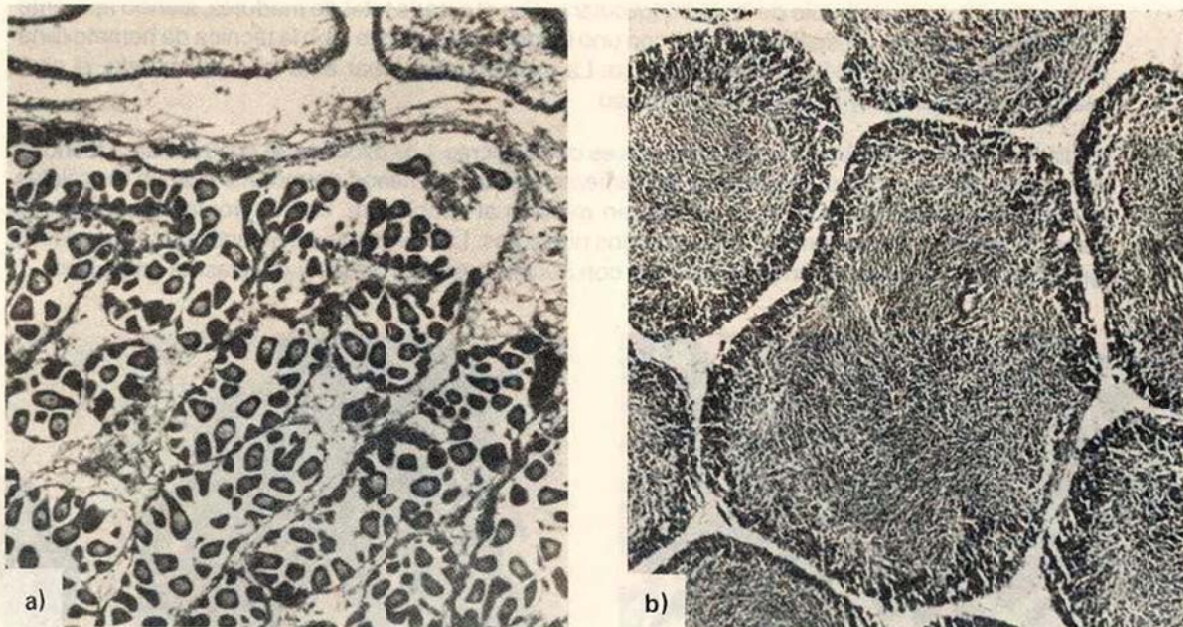


FIG. 15. Fase V: a) Desove parcial en hembra; b) desove parcial en macho.

Hacia la porción central de los conductos se observan los óvulos en menor número.

e) Fase V: postdesove

Se caracteriza por una citólisis e invasión de fagocitos en el tejido gonádico.

Este proceso presenta grados o etapas (Fig. 16 a y b). En las hembras se observa un menor número de folículos o conductos que contienen poca cantidad de células sexuales, dejando espacios o huecos en el lumen de los mismos. Estos óvulos remanentes, probablemente ya no serán expulsados y sufrirán un proceso de citólisis o fagocitosis.

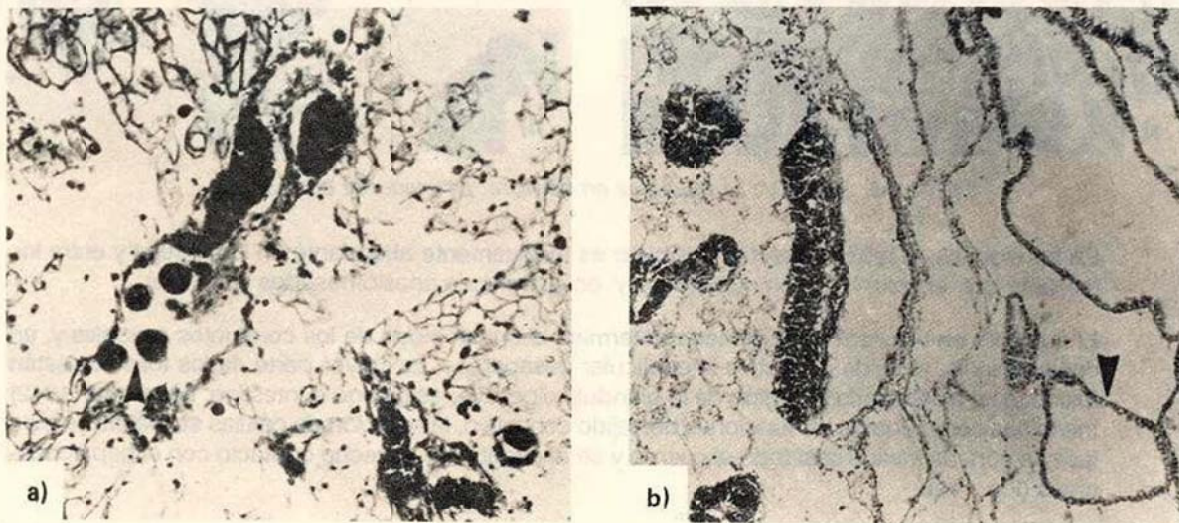


FIG. 16. Fase VI: a) Postdesove en hembra; b) postdesove en macho.

Los folículos pueden observarse rotos, contraídos y presentar células sexuales con signos de degeneración.

Loosanoff (*op. cit.*) señala que durante la fase de maduración hay pocas células del tejido conectivo vesicular en los espacios interfoliculares. Tales células, se encontraban en gran número entre los pliegues del hepatopáncreas y, posteriormente, al iniciarse el proceso de involución de la gónada, podía verse penetrando a los espacios interfoliculares, rodeando gradualmente a los folículos contraídos. Concluye que el número de estas células aumenta en relación directa con la reabsorción de las gónadas y alcanza su más alto grado de desarrollo cuando las ostras entran en la fase de reposo.

En los machos también se encuentran signos de postdesove semejantes a los de las hembras.

Es frecuente observar en especies de latitudes tropicales la fase de postdesove combinada con una nueva actividad del epitelio germinal, sin pasar por una clara fase indiferenciada.

7. Reclutamiento

El término reclutamiento se entiende como la ganancia, en número, de individuos a la población; está en función de la abundancia de desovantes, fecundidad y mortalidad natural (González, 1984). El reclutamiento se detecta por medio del análisis de la población, en cuanto a la distribución de sus componentes o cohortes dentro de la estructura poblacional. Es necesario diferenciar entre reclutamiento a la población y reclutamiento a la pesquería. El primero, es el momento en que los juveniles ingresan a la población de adultos por metamorfosis (casos de moluscos y crustáceos) o por un cambio de hábitat o de hábitos, como ocurre en algunos peces, crustáceos y algunos gasterópodos. Tratándose de este último se habla de poblaciones estratificadas, ya que se encuentran distribuidas por tallas a diferentes profundidades o en diversos tipos de sustratos.

Para detectarlas, es necesario usar artes de muestreo con malla o con dientes más finos y hacer prospecciones en zonas diferentes a las de la población comercial. Es importante conocer los mecanismos de reclutamiento de cada especie.

En cuanto al reclutamiento a la pesquería, éste se da cuando los organismos alcanzan las tallas comerciales y son accesibles al arte de pesca.

8. Crecimiento

El crecimiento es la relación del cambio en la biomasa de un individuo con respecto al tiempo en función del anabolismo y del catabolismo (desechos).

Para determinar el crecimiento, existen métodos directos e indirectos. Los primeros, se sustentan en observaciones a determinados intervalos de tiempo, ya sea en estructura ósea o en exoesqueleto y en las técnicas de marcaje-recaptura. Los segundos, se basan en el análisis de agrupamientos de individuos de tamaños similares, los que estarían reuniendo a grupos de edad semejante o cohortes.

El análisis empleado aquí es el de seguimiento de modas (método de Peterson), complementado con el análisis gráfico de frecuencias acumuladas en papel probabilístico. Este método ha sido implementado por Cassie (1954) y Bhattacharya (1967).

Una vez detectados los grupos que componen a la población en los diferentes intervalos, se emplean técnicas de adaptación de modelos a fin de obtener los diferentes parámetros de la población. Para el crecimiento, se ha venido usando el método de Ford-Walford, que consiste en graficar las longitudes medias ($\bar{l}$) correspondientes a las edades L a t en el eje de las X y las mismas longitudes, pero de las edades 2 a $t + 1$ en el eje de las Y . De esta forma, se genera una línea recta con pendiente

e^{-k} , la cual al cortar una recta que se traza a partir del origen con pendiente de 1 (ángulo de 45°), se obtiene la longitud máxima (L_∞), definida por la ecuación:

$$1 = L_\infty (1 - e^{-k}) + e^{-k} l_t \quad (1)$$

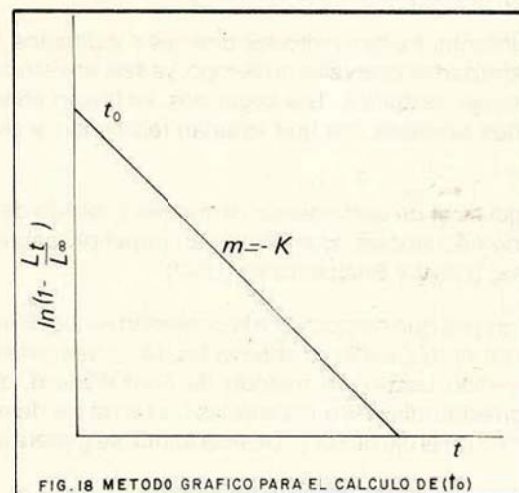
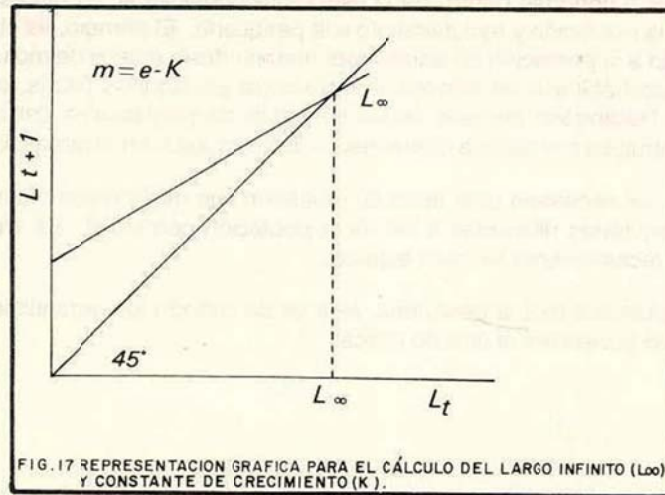
Una vez que se calcularon los parámetros básicos de la población (L y K) es necesario definir el valor de t_0 , o sea la edad 0 del grupo de cohortes en estudio, lo cual se hace por sustitución en el modelo de Beverton y Holt, donde:

$$l_t = L_\infty \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right) \quad (2)$$

de donde se define a Y como :

$$Y = \ln \left(1 - \frac{l_t}{L_\infty} \right) \quad (3)$$

que, aplicado al método gráfico nos proporciona las figuras 17 y 18:



Cada uno de los valores así obtenidos pueden sustituirse en el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938), expresado en razón de la longitud en la fórmula (1), ajustando la misma ecuación en términos de peso de la siguiente fórmula:

$$W = W_t \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right)^3 \quad (4)$$

Cuando se cuenta con una unidad de cómputo es posible aplicar el método de Pauly y Davis (1981) con el programa "Elefan", que permite el cálculo automático de los parámetros poblacionales, a partir de la estructura de tallas o edades de una población.

Partiendo de la ecuación de von Bertalanffy existen varios procedimientos para la determinación de los parámetros t_0 , L_∞ y k . Entre los autores que han contribuido están: Ford (1933), Walford (1946), Manzer y Taylor (1947), Beverton y Holt (1956), Gulland (1974), Tomlinson y Abramson (1961), Hancock (1965), Fabers (1965), Allen (1966) y Ehrhardt (1981).

9. Mortalidad

La declinación en la abundancia de las clases anuales o cohortes se deben a la mortalidad. La total (Z) es la suma de la natural (M) y de la mortalidad por pesca (F).

La mortalidad natural presenta elementos reguladores denominados depensatorios, compensatorios y extrapensatorios. Los dos primeros son autorreguladores de la población (densidad en determinada área) y los últimos están en relación con el medio ambiente.

La mortalidad por pesca, causada por la explotación de los recursos por el hombre, es resultado de la disponibilidad, accesibilidad y vulnerabilidad de los mismos, así como del esfuerzo pesquero aplicado, lo cual se representa en la siguiente fórmula:

$$N_t = N_0 e^{-Zt}$$

donde :

N = número total de organismos en tiempo " t "

N_0 = número de organismos al inicio del periodo " t "

Z = mortalidad total ($Z = F + M$)

Al igual que en el caso del crecimiento, existen métodos encaminados a la estimación de la mortalidad, tales como los planteados por Gulland (1965), en los cuales se manejan conceptos de mortalidad y supervivencia ($S = 1/Z$). (Ver ejemplo 6 del apéndice III).

10. Parámetros poblacionales

Los pasos para determinar los parámetros poblacionales y abundancia de una población son los siguientes:

1. Evaluar la magnitud del banco
2. Determinar la abundancia (organismos por m^2)
3. Definir la estructura de la población

- 3.1 Delimitar el rango de tallas para formar las clases del histograma de frecuencia (rango = $L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}$ /No de clases)
- 3.2 Agrupar a los organismos en clases correspondientes.
- 3.3 Trazar el histograma correspondiente
4. Detectar el dominio de tallas o estado de madurez de la población
 - 4.1 Se traza sobre el histograma anterior una curva porcentual acumulada
 - 4.2 Se diferencia la media y la mediana
 - 4.3 Se define el sesgo de la curva. Este (Skewness), es el indicador del dominio de juveniles y organismos inferiores a la media o animales viejos, superiores a la media, siempre y cuando la población no se encuentre estratificada
- 5 Para determinar los parámetros poblacionales, es necesario muestrear la población periódicamente (mínimo una vez al mes), cuando menos por un año, determinando lo requerido en los incisos 2, 3 y 4.
- 6 Cada muestra mensual se somete al análisis de Cassie (Cassie, *op. cit.*) para:
 - 6.1 Determinar los componentes de cada curva mensual
 - 6.2 Definir la media de cada componente
 - 6.3 Llevar un seguimiento mensual de los grupos representativos para definir incrementos de la media.
- 7 Se calcula el incremento por cada talla o grupo a través del año:
 - 7.1 Cálculo de incrementos por talla
 - 7.2 Cálculo de incrementos por época del año
 - 7.3 Cálculo del incremento medio de la población
- 8 Se calculan los parámetros de la población para el crecimiento:
 - 8.1 Método de Ford-Walford (Ford, *op. cit.*; Walford, *op. cit.*)
 - 8.2 Modelo de von Bertalanffy (von Bertalanffy, *op. cit.*)
- 9 Se efectúa el análisis de mortalidad, según el modelo de Jones (1981), tomando el decremento medio del resumen anual de la estructura poblacional.

VI. ASPECTOS ECOLOGICOS

Además de la importancia que tienen las fluctuaciones de las condiciones ambientales en la sobrevivencia, capacidad reproductora y crecimiento de los organismos, existen las interrelaciones con otros especímenes. Desde los predadores, que inciden directamente en la mortalidad natural, hasta la competencia por alimento o por espacio, que pueden afectar el crecimiento o llegar a desplazar una especie por otra.

1. Composición y estructura poblacional

Paralelos al estudio de las modificaciones de la población, deben seguirse los cambios en la composición y estructura de la comunidad, a través de la determinación de los índices de diversidad específica y de la estructura de las poblaciones de especies ecológicamente dominantes.

Los métodos de estimación de diversidad citados por Poole (1974) son los siguientes:

$$\text{Shanon-Weaver: } H = - \sum_{i=1}^s P_i \log P_i \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

$$\text{Simpson: } C = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

donde: H y C son índices diferentes, el primero, "H", está dado en relación a la proporción de especies "s", y su relación de organismos por especies "ni". El segundo, "C" (similitud) = D+1 (a mayor diversidad, mayor probabilidad), está en relación al número total de organismos N, y al número de individuos por especie "ni".

2. Relación sustrato-organismo

Así como los organismos pelágicos tienen una dependencia directa con las masas de agua, los organismos bentónicos presentan una estrecha relación con el sustrato, desde los epibentónicos de facie rocosa, en donde influye no sólo el tipo de alimento, sino también la clase y tamaño de roca (Thorson H., *op. cit.*), hasta los endopsámicos, que dependen de la acidez, contenido de materia orgánica, grosor del grano, compactación, etc.

Por ello, es necesario que todo estudio de organismos bentónicos y sus fluctuaciones estén estrechamente ligados a análisis de las variaciones de los sedimentos. Estos pueden variar por efectos climáticos como el acarreo, depositación, remoción, etc.; o ser ocasionados por los mismos organismos: horadores, que destruyen sustratos sólidos; ingestores, que alteran la compactación y textura, incremento en la depositación por filtradores, hasta la alteración completa por la formación de bancos y arrecifes.

Las principales técnicas de análisis de sedimentos se presentan en el apéndice II.

VII. MEDIDAS DE MANEJO PESQUERO

El objetivo de las evaluaciones y estudios poblacionales es establecer bases técnicas y científicas para aprovechar en forma óptima un recurso. Esto sólo se puede llevar a cabo a través de un control de las capturas, ya sea en volúmenes, tallas, épocas y zonas de captura y/o la combinación de éstas.

Dependiendo del recurso y del conocimiento que se tenga de éste, así como de las artes y métodos empleados en su pesca, se han venido aplicando las siguientes medidas de restricción a las capturas, con lo cual se pretende proteger a los recursos garantizando una estabilidad en la población:

1. Talla mínima

Esta medida se fija con base en la talla de primera reproducción y de la velocidad de crecimiento de la especie. Se aplica al recurso cuya explotación comercial recae en la población de adultos e indica cuáles son las tallas de captura, pero no señala la cantidad disponible.

2. Vedas

Existen dos tipos de veda: la prohibitiva, como la que se aplica actualmente a las "conchas perleras" (concha nácar y madreperla), que no permiten la extracción en ningún momento, y la veda reproductora, que impide la explotación durante el periodo que se supone es de máxima actividad en cuanto a reproducción.

Ambos tipos se aplican, generalmente, a nivel nacional y son dictadas por el titular del ramo.

3. Cuotas y volúmenes de captura

Fijan un número o peso límite a las capturas. Cuando esta medida se aplica junto con una talla mínima, resulta ser el método más eficiente de control, ya que es posible conocer la cantidad aprovechable de un recurso y la forma cómo ha de extraerse en determinado lugar.

Es la medida más usada cuando se desconocen los parámetros poblacionales. Suele basarse, entonces, en una estimación de la abundancia de la población. El propósito es proteger a una parte de ésta, pero puede llevar a desaprovechar un mayor potencial del recurso o, más frecuentemente, a su sobre explotación.

Esta medida, unida con zonas de reserva, es la más adecuada para la explotación de juveniles o etapas larvales.

4. Zonas de reserva

Se aplica a recursos con hábitos de agregación reproductora, a poblaciones bien estratificadas y a organismos sésiles o sedentarios, cuyas poblaciones son muy vulnerables.

5. Periodos de captura

Suelen confundirse con la veda, pero su carácter es local y pueden ser fijados o cambiados (con recomendación del Instituto Nacional de la Pesca), tanto por la Dirección General de Administración de Pesquerías como por las Delegaciones Federales de Pesca.

Se aplica para proteger la época reproductora, garantizar una mayor talla en las capturas o para mantener un mejor valor en el mercado.

6. Restricciones al arte de pesca

Estas pueden aplicarse a la embarcación o al arte de pesca. Su finalidad es controlar la eficiencia de operación. Con ellas, se limita el volumen de captura, restándole potencia, autonomía y magnitud a las embarcaciones o al número y características del arte de pesca (tamaño de mallas, amplitud de la boca, distancia entre dientes, penetración de cuchilla, etc.).

En este caso, el arte de pesca puede ser selectivo en cuanto a la talla mínima de captura.

7. Mecanismos de regulación pesquera en México

Existen tres formas de autorización para realizar actividades pesqueras: permisos, concesiones y autorizaciones. La pesca, de acuerdo con la Ley Federal de Pesca, se clasifica en cinco categorías:

- a) de consumo doméstico
- b) de fomento
- c) comercial
- d) deportivo-recreativa, y
- e) didáctica

De éstas, la única que no requiere autorización es la primera, pues se considera que se realiza sin propósitos de lucro, sino sólo con el objetivo de conseguir alimentos para la subsistencia de quien la realiza y sus familiares. Se puede practicar incluso en aguas concesionadas.

Las otras cuatro formas de pesca requieren autorización previa (permiso). Están condicionadas a situaciones especiales, dependiendo de la especie. Para todas ellas, se deberá tener información científica y técnica, con base en la cual el Instituto Nacional de la Pesca emitirá su opinión a fin de que sea otorgado o no el permiso.

VIII. ESTUDIOS ECOLOGICOS EXPERIMENTALES

1. Objetivos

- a) Establecer los límites de tolerancia de los recursos a los diferentes factores climáticos, tanto por separado como en combinación con cada una de las especies de importancia económica.
- b) Determinar los efectos de los cambios en los factores climáticos en el crecimiento y reproducción de las especies.
- c) Conocer los requerimientos óptimos de cada especie para el manejo adecuado de los cuerpos de agua y prevenir la contaminación.

2. Métodos experimentales

Se llevan a cabo para probar la significancia estadística de un trabajo experimental.

Básicamente, todo experimento debe efectuarse con un mínimo de tres duplicados con sus correspondientes testigos.

A continuación se presenta una tabla de contingencia sobre un experimento de temperatura y salinidad en larvas o juveniles de *Crassostrea sp.* :

Salinidad %.	Temperatura °C				
	10	20	30	40	No.
0	3	3	3	3	12
10	3	3	3	3	12
20	3	3	3	3	12
30	3	3	3	3	12
40	3	3	3	3	12
No. réplicas	15	15	15	15	60

Número mínimo de organismos por réplica : 50, o según lo determinado por el análisis de Buesa (*op.cit.*) para la variabilidad del factor a determinar.

Los posibles factores a determinar en el caso pueden ser: sobrevivencia, crecimiento, consumo de alimento, producción de metabolitos, consumo de oxígeno, etc.

La confiabilidad de este tipo de experimentos se determina por medio de un análisis de varianza Anova (Sokal y Rohlf, 1969) para muestras de igual tamaño.

APENDICE I

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO PESQUERO DE MOLUSCOS BIVALVOS Y GASTEROPODOS

Los organismos de la zona de mareas y del sublitoral, han sido una fuente de alimentos para el hombre desde tiempos prehispánicos (Lorenzo, 1955; Kelly y Winters, 1960; Stuart, 1972), por lo que su consumo es una tradición entre las poblaciones litorales de México.

Los moluscos bivalvos y gasterópodos comprenden un gran número de especies de importancia comercial y potencial. Forman parte de la pesca artesanal y únicamente en el Pacífico norte existe la técnica de pesca tecnificada e industrializada para especies de gran valor económico como el abulón (*Haliotis spp.*) y la almeja catarina (*Argopecten circularis*).

La accesibilidad y el nulo o poco desplazamiento que presentan las especies que conforman este recurso, lo hacen muy vulnerable, lo que se refleja en una sobre explotación y destrucción de los bancos que, en ocasiones, llegan a poner en peligro a la especie. Al mismo tiempo, estas características lo hacen sujeto de fácil estudio, permitiendo el manejo y control de las poblaciones en explotación.

La extracción se realiza directa o manualmente, ya sea mediante buceo libre o equipo autónomo (Scuba) o semiautónomo con compresor (Hooka). Se utilizan embarcaciones con motor fuera de borda o bien la operación se realiza durante las bajamares.

La legislación pesquera en nuestro país establece que todos los recursos bentónicos deben de ser evaluados antes de emitir un permiso de pesca. Esta situación, no siempre se da, ya que muchas veces, cuando se tramita una solicitud ante las autoridades, ya se está realizando la explotación.

La falta de personal y presupuesto para atender todas las solicitudes de evaluación y determinación de parámetros poblacionales, necesarios para emitir dictámenes de manejo de los recursos, ha llevado a definir una técnica que se fundamenta en una evaluación previa a la explotación, que permite proporcionar medidas de manejo provisionales para prevenir la sobre pesca de los bancos.

Como información adicional, se anexa una tabla en la que se proporcionan tallas mínimas recomendadas para algunas especies de moluscos bivalvos y gasterópodos (Tabla 1.1).

TABLA 1.1 TALLA MINIMA RECOMENDADA PARA ALGUNAS ESPECIES DE MOLUSCOS BIVALVOS Y GASTEROPODOS DEL LITORAL MEXICANO.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	TALLA MINIMA (mm)	REFERENCIA
Pata de mula	<i>Anadara tuberculosa</i>	60	Baqueiro <i>et al.</i> , 1984
Almeja catarina	<i>Argopecten circularis</i>	56 y 60	Baqueiro <i>et al.</i> , 1981
Almeja roñosa	<i>Chione undatella</i>	45	Massó, 1984
A. chocolata roja	<i>Megapitaria aurantiaca</i>	97	Baqueiro y Stuardo, 1977
A. chocolata negra	<i>M. squalida</i>	60	Baqueiro y Stuardo, 1977
A. blanca	<i>Dosinia ponderosa</i>	80	Baqueiro y Stuardo, 1977
A. indio	<i>Glycymeris gigantea</i>	67	Muciño, 1984
Caracol chino rosa	<i>Hexaplex erithrostomus</i>	90	Baqueiro <i>et al.</i> , 1984
Caracol de uña	<i>Strombus gracilior</i>	94	Vélez, 1984
Caracol panocha	<i>Astrea turbanica</i>	90	Baqueiro <i>et al.</i> , en prep.
Ostión del Golfo	<i>Crassostrea virginica</i>	80	Rogers <i>et al.</i> , 1991 en prep.
Ostión de roca	<i>Crassostrea iridiscens</i>	80	Rogers <i>et al.</i> , 1991 en prep.
Ostión de placer	<i>Crassostrea corteziensis</i>	80	Rogers <i>et al.</i> , 1991 en prep.

Metodología

En cuanto a los procedimientos para efectuar la evaluación poblacional de la especie o especies de interés, se recurre a un método de trabajo de campo denominado prospección, que consiste en efectuar un reconocimiento de las poblaciones, el cual se lleva a cabo durante las bajamareas o mediante buceo en la zona sublitoral, efectuando los siguientes pasos:

- Se delimita el contorno de los bancos y su magnitud; dependiendo de su extensión, se establece un mínimo de tres estaciones sobre las que se fija un cable de 5 m de longitud.
- Se cuentan todos los organismos presentes a lo largo del transecto, a un metro de distancia, en ambos lados, de tal manera que se conforma un área de 10 m^2 .
- Simultáneamente, mediante el arte de extracción comercial, se obtienen los organismos comprendidos en un área de uno a tres metros cuadrados, los cuales se delimitan con un marco de aluminio de 0.20 m^2 (un quinto de metro cuadrado), con lo que finalmente se tienen de tres a nueve réplicas.

Ciertos tipos de muestras pueden ser extraídas rascando el sedimento con un tenedor de jardinería y succionando con un muestreador (Brett, 1964).

- Los organismos colectados son cuantificados, medidos y pesados y, al mismo tiempo, se evalúa el grado de madurez sexual. Con los valores obtenidos se elaboran histogramas de frecuencia de las variables de interés para establecer la estructura de la población, calculándose el porcentaje acumulado para la determinación gráfica del sesgo de la curva, con lo que se estima el dominio de algún grupo poblacional o madurez sexual de la población.

Existen algunas consideraciones teóricas para especies de ciclo de vida largo (crecimiento lento) y corto (crecimiento rápido). En el caso de una especie de ciclo de vida largo, cuyas existencias no han sido explotadas -de tal manera, que la estructura poblacional no ha sido alterada-, se dice que se encuentra en equilibrio con el medio o nivel "K" del modelo logístico de Schaefer (1951). El mismo equilibrio está presente en una especie de ciclo de vida corto, aún cuando se ha sometido a cierta explotación, siempre y cuando esté presente un stock reproductor suficiente que garantice la continuidad de la misma.

La mayoría de las especies, hasta el momento estudiadas, han mostrado un desove continuo con uno de dos picos de mayor intensidad anual (Baquero *et al.*, 1977; 1980; 1981; 1984; 1988). Estas especies se identifican como de reclutamiento constante y se adaptan al modelo de Beverton y Holt para existencias (stocks) divididas en grupos de edad, según Jones (1981).

Enfoque del manejo

La mayoría de los administradores de pesquerías identifican las existencias como una unidad suficientemente mezclada que se puede tomar como un todo, o suficientemente diferenciada y con tan poca interacción, que se pueden considerar existencias independientes (Gulland, *op.cit.*). Este segundo enfoque es el que se aplica a las poblaciones de bivalvos y gasterópodos, debido al aislamiento de los bancos y diversidad de especies.

Dado que se han encontrado especies con ciclo de vida largo y corto, se deben de adoptar dos enfoques en su explotación (Nikolskii, 1969). Las de ciclo de vida corto, permiten la captura de una gran parte de la población de adultos, mientras que para las de ciclo de vida largo, sólo una fracción pequeña de los adultos puede ser retirada sin efectos adversos para la población.

En los casos de especies de ciclo de vida largo se propone la extracción del 40 % de la población adulta, por lo que, el número será reducido a la parte exponencial del crecimiento poblacional en la curva logística (Caso 1; figs. 1.1 y 1.2). De la estimación de abundancia y estructura poblacional se determinará el número de organismos mayores a una talla mínima, definida por el 40 % de la porción derecha de la curva.

Cuando se trate de especies de ciclo de vida corto, se propone la extracción del 60 % de los adultos (Caso 2; figs. 1.3 y 1.4), estableciéndose también una talla mínima y número de organismos a explotar.

Con el propósito de determinar el peso comercial a partir del largo, se efectúa un análisis de regresión del largo contra el peso de la fracción comercial (organismos completos, partes blandas, músculo aductor, pie, etc.) para cada especie. Para el cálculo de los volúmenes de explotación se toma el peso medio de la fracción explotable (organismos mayores a lo determinado por el 40 ó 60 por ciento, según el caso).

Caso 1. *Astrea turbanica*. Especie de ciclo de vida largo.

Evaluación de *Astrea (Megastrea) turbanica* "caracol panocha" en Bahía Asunción, Baja California Sur, México.

Las islas Asunción y San Roque se localizan en la costa oeste de Baja California Sur, entre los 27° 08' - 27°15' N y 114° 17' - 114° 27'0 (Fig. 1.1). Esta región ha sido un centro de explotación de abulón, cuyos cinco bancos soportan una comunidad de 1,600 personas. La caída en abundancia del abulón ha obligado a los pescadores a poner su atención en el caracol "panocha", *Astrea turbanica*, previamente ignorado y actualmente enlatado y tan aceptado como el mismo abulón.

Con el propósito de determinar la disponibilidad de este recurso, se hizo una evaluación del caracol, determinando la abundancia y estructura en los cinco bancos.

El área total estimada de los bancos es de 479.5 Ha. ($4'795,000 \text{ m}^2$) con una densidad media de 3.41 organismos por m^2 , un máximo de 8.6 y mínimo de 1.2.

En el análisis original se comparó la estructura de cada banco con el fin de detectar sus diferencias; al no haber encontrado desigualdades significativas y en virtud de que la explotación se llevaría a cabo en los cinco bancos simultáneamente, se hizo el concentrado para determinar la estructura poblacional del conjunto (Fig. 1.2).

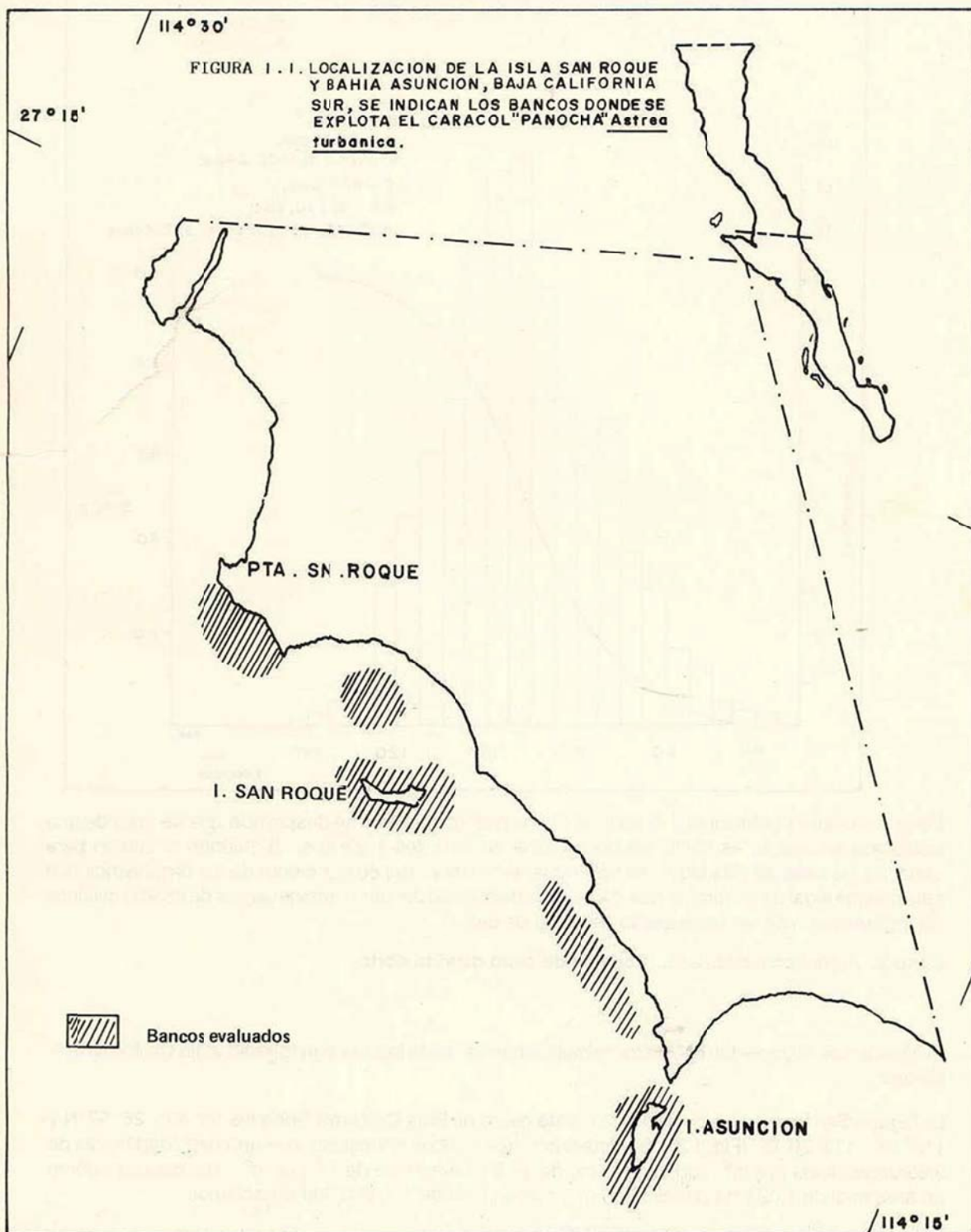
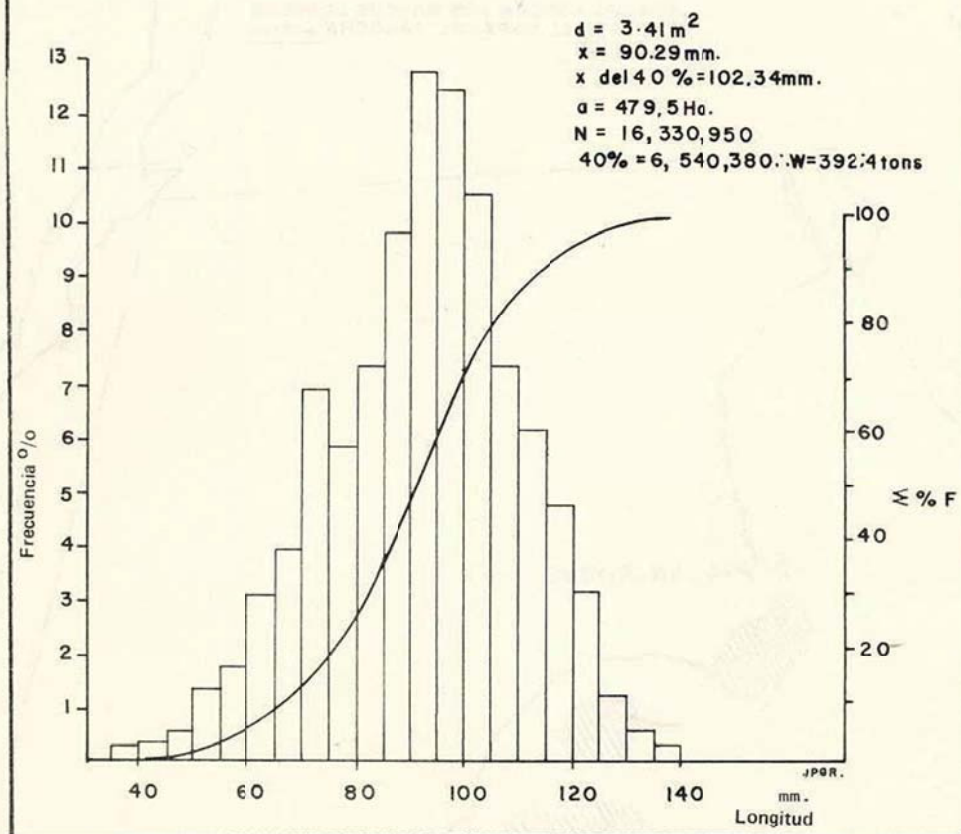


FIGURA 1.2. ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Astrea turbanica* CORRESPONDIENTE A LOS CINCO BANCOS DE BAHIA-ASUNCION, BAJA CALIFORNIA SUR.



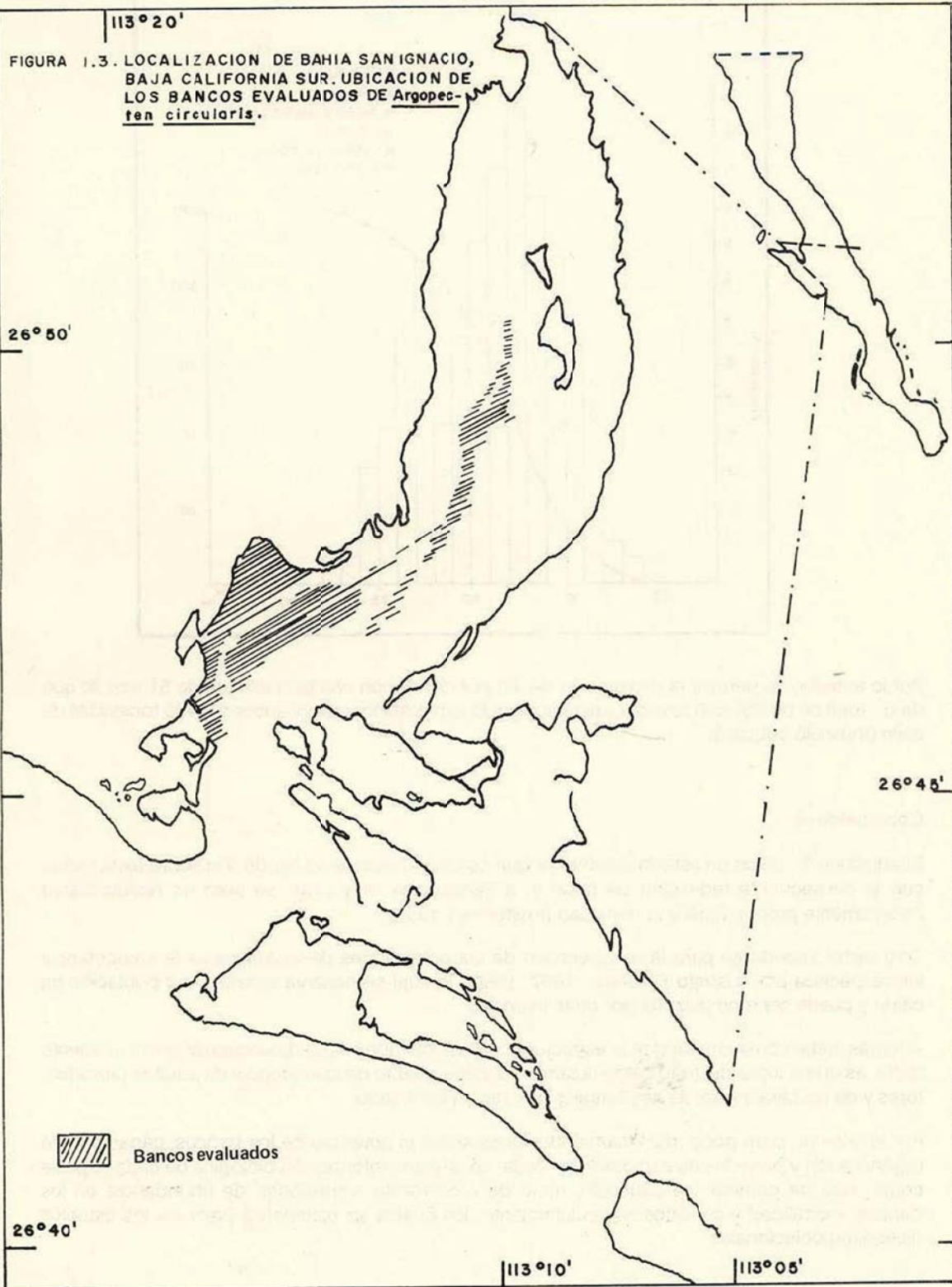
De la estructura poblacional y el análisis porcentual acumulado se desprende que se trata de una población sin sesgo, es decir, sin dominancia de juveniles y adultos. Siguiendo el criterio para especies de ciclo de vida largo, se permite la extracción del 60 por ciento de los organismos con tala mínima legal de 95 mm, lo que da un total de 392 ton de carne, provenientes de 65,400 millones de organismos con un peso medio de 166 g de pie.

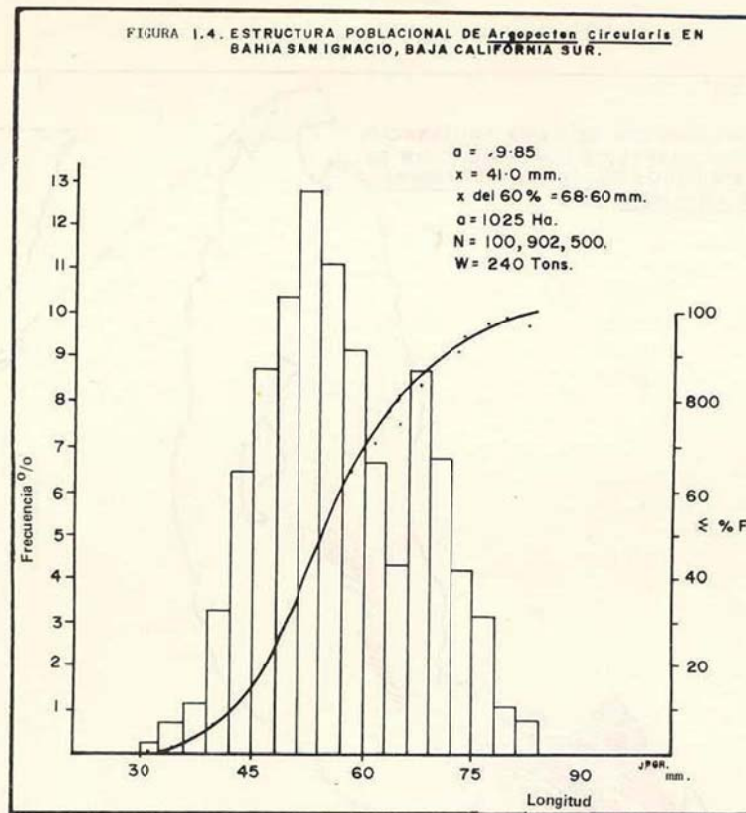
Caso 2. *Argopecten circularis*. Especie de ciclo de vida corto.

Evaluación de *Argopecten circularis* "almeja catarina" de la laguna San Ignacio, Baja California Sur, México.

La laguna San Ignacio se localiza en la costa oeste de Baja California Sur a los $26^{\circ} 43' - 26^{\circ} 57' N$ y $113^{\circ} 03' - 113^{\circ} 20' O$ (Fig. 1.3). Se detectaron tres bancos principales con una densidad media de 9.85 organismos por m^2 , con un máximo de 14.5 y un mínimo de 1.5 por m^2 . Los bancos cubren un área total de 1,025 Ha ($10'250,000 m^2$) con un total de 100'962,500 organismos.

Del análisis de la estructura poblacional (Fig. 1.4) se detectaron dos grupos en el análisis porcentual acumulado y por la curtosis negativa de la curva se reconocen: adultos de 57 a 84 mm de largo, y juveniles y adultos jóvenes de 30 a 57 mm.





Por lo anterior, se permite la explotación del 60 por ciento con una talla mínima de 51 mm. lo que da un total de 60'557,500 almejas disponibles a la explotación equivalentes a 2,400 toneladas de callo (músculo aductor).

Conclusiones

El equilibrio "K" no es un estado estable, ya que con los moluscos se tiende a la sobre explotación con la consecuente reducción de tallas y, a densidades muy altas, se nota un reclutamiento inversamente proporcional a la densidad (Kristensen, 1957).

Otro factor importante para la recuperación de las poblaciones de moluscos es la competencia interespecífica por sustrato (Thorson, 1957, 1966), lo cual se observa cuando una población ha caído y puede ser reemplazada por otras especies.

Además, debe considerarse que la estructura poblacional que se puede encontrar en un momento dado, es el resultado del éxito del reclutamiento, dependiente de la existencia de adultos reproductores y de las características ambientales que hayan dominado.

Por lo anterior, para poder dar recomendaciones sobre el potencial de los bancos, capacidad de regeneración y periodos de explotación o veda, se requiere información biológica de cada especie como: talla de primera reproducción, ritmo de crecimiento, variaciones de abundancia en los bancos, mortalidad y periodos de reclutamiento, los cuales se obtienen a partir de los estudios biológico-poblacionales.

APENDICE II

TECNICAS DE ANALISIS DE SEDIMENTOS

Toma de muestra

Se deberán tomar de 300 a 400 g. de sedimento con una draga de gravedad, nucleador o pala. La muestra se coloca en bolsa de plástico y se congela o seca al sol para evitar la descomposición de la materia orgánica (cuando se seca al aire deberá tenerse cuidado de no perder el sedimento fino por el viento y de evitar contaminación por materia extraña).

Granulometría

El propósito de este análisis es determinar la textura del grano de los sedimentos para definir las características del hábitat en cuanto al origen y energía que actúan sobre el sustrato.

Materiales y cantidades que se recomienda tener en existencia para el análisis granulométrico:

Descripción	Cantidad
Cápsula de porcelana de 20 cm.	2
Cápsula de porcelana de 10 cm.	10
Probeta de cristal de 1,000 ml.	2
Pipeta volumétrica de 10 ml.	2
Pipeta volumétrica de 20 ml.	5
Varilla de cristal de 6 mm.	1 m.
Embudo Buchner de 10 cm.	1
Cronómetro	1

Tamices de bronce o acero:

con malla de 2 mm = - 1 diám.	1
1 mm = 0 diám.	1
0.5 mm = +1 diám.	1
250 μ m = 2 diám.	1
125 μ m = 3 diám.	1
62 μ m = 4 diám.	2
Tapa y fondo para tamices	2 de c/una
Estufa para secado (100 ° C)	1
Agitador "Rot-tap"	1

Reactivos:

Hexametáfosfato de sodio ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$)	500 g.
Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)	5 l.
Papel filtro Whatman No. 50	1 caja
Agua destilada	60 l.

Pasos

1. Pesar una fracción de 25 g. del sedimento.
2. Colocar el sedimento en una cápsula de porcelana grande con 250 ml. de agua de la llave, agregar 10 ml. de solución acuosa de hexametáfosfato de sodio (6.2 g/l). Disolver el sedimento con una barra de cristal y agite mecánicamente por 15 min. Dejar reposar por una noche y agitar otros 15 min.
3. Lavar la suspensión de sedimento en un tamiz de 62 μm sumergiéndolo en agua y agitando hasta que deje de salir material.
4. Transferir sedimento y tamiz a un secador a 100 °C y seque.
5. Sacuda el tamiz sobre un papel blanco y descarte todo el grano fino que se libere. Si el sedimento en el tamiz tiende a formar una torta, disgregue con una brocha de pelo de camello.
6. Todo el material que permanezca en el tamiz será la porción de arena y se someterá a clasificación por tamizado.
7. Ponga el contenido del tamiz en la parte superior del juego de tamices, acomodados de arriba hacia abajo de mayor a menor apertura (2, 1, 0.5, 0.250, 0.125, 0.062 mm), coloque tapa y fondo.
8. Ubicar los tamices en el agitador "Rot-tap" por 20 min. o agítense manualmente con movimientos giratorios horizontales y verticales por 30 min.
9. En cápsulas de porcelana chicas, previamente secadas al horno a 100 °C, se pesa el sedimento de cada tamiz, restándole el peso de la cápsula.
10. Los datos se tabulan y grafican en porcentaje acumulativo contra PHI diám. (para la interpretación de los resultados consultar a Shepard, 1973).

Sedimento fino

1. Pesar 25 g de sedimento de la muestra original.
2. Colocarlos en 100 ml. de peróxido de hidrógeno. Dejar reposar por una noche y calentar a baño maría. Agregar más peróxido hasta que no haya reacción.
3. Filtrar el contenido por papel Whatman 50 en el embudo Buchner, aplicando un suave vacío; se agrega agua destilada para lavar la muestra.
4. Lavar el contenido del papel filtro en una cápsula de porcelana grande, con la ayuda de una piceta de agua destilada y brocha de pelo de camello. No usar más de 300 ml. de agua. Agregar 10 ml. de solución de hexametáfosfato de sodio (6.2 g/l) y agite por 15 min. Dejar reposar durante la noche.
5. Agitar el sedimento por 15 min. y transferirlo a un tamiz de 62 μm . Colocar el tamiz en un recipiente blanco de fondo plano y agregar 400 ml. de agua destilada. Agitar hasta obtener toda la fracción de finos en el recipiente. Deje escurrir el tamiz sobre el recipiente. Seque el tamiz con su contenido en el horno a 100 °C.
6. El contenido del tamiz de 62 μm , ya seco, se coloca en la serie de tamices y se agita por 15 min, colectando todos los finos en la base. El contenido colectado se agrega a la fracción húmeda con una brocha de pelo de camello.
7. Los siguientes pasos deberán realizarse con el agua de las probetas a 20 °C, ya sea en un cuarto a temperatura controlada o en baño de temperatura constante:
 - Lávese todo el contenido del recipiente de húmedos en una probeta de cristal de 1000 ml, usando una piceta de agua destilada y aforar a un litro.
 - Agitar con una barra de cristal sin crear vórtice o tapando la boca de la probeta, invirtiéndola repetidas veces hasta que todo el sedimento se haya suspendido uniformemente en la columna de agua. Inmediatamente, tome una muestra de 20 ml. a 20 cm. de profundidad. Transfiera la muestra a una cápsula de porcelana chica y seque a 100 °C. Esta porción representará el total de sedimentos menores de 62 μm en la suspensión.
8. Resuspenda el sedimento en la probeta. Al terminar de agitar, arranque el cronómetro y, exactamente a los 7 min. con 44 seg., tome una segunda muestra de 20 ml. a 10 cm. de profundidad. Seque a 100 °C.
9. Resuspenda el sedimento de la probeta. Tome otra muestra a las 2 hr. con 3 min. Seque.
10. Cálculos:

peso de la muestra + cápsula - peso de la cápsula =
peso de material menor a $62\ \mu\text{m}$ en 20 ml. ($\phi 1$)
 $\phi \times 50$ = peso total de sedimentos finos en la muestra

peso de 2 muestras + cápsula - peso de la cápsula =
peso de partículas menores a $15.6\ \mu\text{m}$ en 20 ml. = ϕ
 $\phi - \phi 1$ = peso de partículas menores de $62\ \mu\text{m}$ y mayores
a $15.6\ \mu\text{m}$ en 20 ml.

Tercer muestra para partículas mayores a $3.9\ \mu\text{m}$.

Materia orgánica

- A. Para una determinación burda, se calcinan los sedimentos a $600\ ^\circ\text{C}$, previa destrucción de los carbonatos con ácido clorhídrico.
- B. Para la determinación del carbono orgánico se emplea la técnica de Schollenberger, según Holme y McIntire (*op. cit.*).

Reactivos

- Dicromato de potasio IN . Disolver 49.04 g. de K_2CrO_4 en un litro de agua destilada; aforar.
- Ácido sulfúrico con pureza no menor del 96% con 1.25 g. de sulfato de plata por cada 100 ml. de ácido.
- Ácido fosfórico con pureza del 85% como mínimo.
- Difenilamina IN . Disolver 278 g. de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, agregando 15 ml. de ácido sulfúrico, aforar a un litro. Estandarizar por titulación con 10.5 ml. de dicromato de potasio.

Método

1. Tamizar la muestra por un tamiz de 15 mm., tomar una fracción con un estimado de 10 a 25 mg. de carbono, colocarlos en un matraz cónico de 500 ml.
2. Agregar 10 ml. de dicromato de potasio y 20 ml. de ácido sulfúrico. Agitar por un minuto y calentar a baño maría por 15 min .
3. Enfriar y agregar 200 ml. de agua destilada, 10 ml. de ácido fosfórico y un ml. de difenilamina.
4. Titular con sulfato ferroso hasta virar a verde.
5. Agregar 0.5 ml. de dicromato de potasio y continuar con la titulación, gota a gota, hasta que desaparezca la coloración azul.

6. Cálculos:

1 ml.de dicromato I.N. = 3 mg.de carbono

$v = v \times 0.003 \times 100 = \% \text{ de carbón en el sedimento}$

v = vol. dicromato de potasio (10.5 ml)

v = vol. de sulfato ferroso en ml.

w = peso de la muestra

Carbonatos

1. Pesar una fracción de muestra seca y colocarla en una cápsula de porcelana; secar al horno a 100 °C.
2. Agregar ácido clorhídrico concentrado hasta que no haya reacción.
3. Decantar y tamizar por papel Whatman No.50, lavando con agua destilada y un vacío ligero.
4. Secar al horno y pesar.
5. Los carbonatos se determinan por diferencia de peso.

APENDICE III

EJEMPLOS

EJEMPLO 1 Número óptimo de unidades de muestreo (Green,1979).Muestreo preliminar de *Dosinia ponderosa* en Ixtapa, Gro.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	S
No. de organismos	15	6	7	1	14	4	15	10	12	21	10.5	6.05

$$\bar{X} \pm t_1 - \frac{1}{2} \alpha \frac{S}{\sqrt{n}} \quad t = "t" \text{ de Student}$$

$$10.6 \pm t_1 - \frac{1}{2} \alpha \frac{6.05}{\sqrt{n}}$$

Para probabilidad de 0.95 $\alpha = 0.05$ y con variación de la media del 10%:

$$t = 0.975 \text{ para } n-1 = 9 \quad t = 2.26$$

Por lo tanto:

$$10.6 = (2.26) (6.05/N^{.5})$$

$$N = [(2.26 \times 6.05) / 10.6]^2 \times Z = 1.6$$

es decir, se requiere de un mínimo de dos muestras, recomendándose tres por la facilidad del manejo estadístico.

EJEMPLO 2. Determinación del tamaño óptimo de muestra (número de ejemplares) aplicando el método de Buesa (1977).

De un muestreo preliminar se obtuvieron 100 ejemplares a los que les aplicamos el método propuesto:

Ni	Clase(mm)	N=10	N=20	N=40	N=60	N=80	N=100
1	5 - 9.5			3	7	9	10
2	10 - 14.5	3	5	7	8	11	14
3	15 - 19.5	4	5	8	14	19	23
4	20 - 24.5		2	5	6	8	12
5	25 - 29.5			4	4	5	8
6	30 - 34.5	3	9	10	16	21	24
7	35 - 39.5			3	5	7	9
B		0.98	1.57	2.33	2.38	2.43	2.51

$$B = \frac{1}{N} \log_2 \frac{N!}{\pi (n!)}$$

$$B = \frac{1}{n} \log \frac{N!}{\pi (n!)}$$

$$\log_2$$

Como no hay tablas de factorial mayores a 99 y el cálculo del factorial de números mayores a 69 presenta dificultades, se sugiere recurrir a la fórmula de Spiegel (1967):

$$N! = (\sqrt{2 \pi n}) (n^n e^{-n})$$

EJEMPLO: Cálculo del factorial de 80

$$80! = (\pi 160) 0.5 (8080 \times e)^{-80}$$

$$80! = 1/2 (\log \pi + \log 160) + 80 \log 80 - 80 \log e$$

$$80! = 1/2 (0.4971 + 2.2041) + 80(1.9031) - 80(0.4343)$$

$$80! = 1.3506 + 152.2480 - 34.7436$$

$$80! = 118.8551$$

de donde: 118 es el exponente de base 10 y a la fracción decimal de 0.8551 extraer el antilogaritmo, lo que será la parte entera del número buscado:

$$80! = 7.163 \times 10^{118}$$

EJEMPLO 3. Índice de dispersión de Morisita (Elliot,1977). Muestreo de *Anadara tuberculosa* en Bahía Magdalena, B.C.S.

$$I = N \frac{\sum X (X-1)}{\sum X (\sum X-1)} = N \frac{\sum X^2 - \sum X}{(\sum X)^2 - \sum X}$$

X = total de ejemplares en la muestra N = unidades de muestreo

La formulación anterior se utiliza para comparar estaciones con el mismo número de muestras:

I = 1 distribución al azar

I > 1 distribución contagiosa

I < 1 distribución homogénea

Estación	No. de muestras	Ejemplares /muestra	$\sum X$	X	I
San Buto	3	14,6,6	26	8.6	1.19
Curri	2	15,31	46	23.0	1.12
Herradura	4	13,20,18,17	68	17.0	1.02
Salinas	5	15,47,10,5,2	79	15.8	2.05
Alacrán	4	74,81,16,12	183	45.7	1.75
Cayuco	3	20,14,3	37	12.3	1.33
Pto. Chale	10	10,2,3,5,3 14,4,14,1,13	69	6.9	1.52
I. Mangle	4	1,10,12,11	34	8.5	0.13
X	4		532	17.2	1.26

Lo anterior, indica una distribución al azar, ligeramente contagiosa, definida por Baqueiro (1980), por la textura del sedimento y el nivel de las mareas. En el estero Salinas se encontró una mayor agregación, y una fuerte tendencia a la distribución homogénea en isla Mangle.

Ejemplo 4. Calibración de la draga hidráulica. Colecta de *Glycymeris gigantea* en Bahía Concepción, B.C.S.

V = velocidad del barco en revoluciones por minuto = 15,000

t = tiempo de recorrido = 15 min.

c = calibración del barco a 15000 rpm = 245 m.en 5 min.

R = recorrido estimado de la draga

b = boca de la draga = 50 cm.

A = área estimada de dragado

N = número de almejas colectadas = 93

Dd = densidad calculada por dragado = $\frac{\text{organismos colectados}}{\text{área estimada}}$

Dr = densidad real por buceo

E = eficiencia de la draga = $\frac{Dd}{Dr}$

R = c x t = 245 x 3 = 735 m,

A = R x b = 735 x 0.5 = 367.5 m²

Dd = N/A = 93/367.5 = 0.25 almejas/m²

Dr = (6,7,1,4,4,4 almejas/m²) = 4,4, almejas/m²

E = (Dd/Dr) x 100 = (0.25/4.4) x 100 = 5.6%

Para calcular el valor real de la densidad por metro cuadrado, se multiplica la densidad estimada por dragado (Dd) por 100 y se divide entre la eficiencia (E):

$$\text{Densidad real estimada/m}^2 = \frac{(Dd \times 100)}{E}$$

Estaciones	No. de almejas	Densidad real estimada
1	100	4.8
2	90	4.3
3	75	3.6
4	300	14.6
5	25	1.7
$\bar{X}$	118	5.7

EJEMPLO 5. Método de Peterson para el seguimiento de modas.

Para este caso en particular, se remite al lector al trabajo de Baqueiro *et al.* (1981) publicado en la revista Ciencia Pesquera del Instituto Nacional de la Pesca.

En dicho trabajo, se presenta el seguimiento de los grupos modales para una población de *Argopecten circularis*. De su análisis se observa un incremento de 2 a 4 mm. al mes; asimismo, se detectaron dos periodos de reclutamiento: uno en febrero y otro en julio y agosto.

Es importante destacar que los valores de la media pueden ser menores de un mes a otro por la presencia de juveniles en la población y se manifiesta, generalmente, poco después de la aparición de reclutas (marzo, julio y agosto).

Por lo anterior, nunca debe tomarse el valor de la media y sus fluctuaciones como un indicador del crecimiento, sin antes haber separado los diferentes componentes de la población, lo cual se puede efectuar a través del método de Cassie (Ejemplo 6).

EJEMPLO 6. Determinación del crecimiento, mortalidad y parámetros de von Bertalanffy (K , L_{∞} y t_0). Cálculo de los parámetros poblacionales de *Hexaplex erithrostomus*.

El trabajo sobre crecimiento y reproducción de *Hexaplex erithrostomus* de Baqueiro *et al.* (1983) sirve como ejemplo en la aplicación de los métodos de marcaje y recaptura para la estimación del crecimiento y tamaño de la población. También, se utiliza para ejemplificar los métodos de Cassie, Walford y Ford-Walford en la determinación de los parámetros de la ecuación de Bertalanffy.

Tomando la información de este trabajo para ejemplificar la determinación de la mortalidad, se supondrá que la población tiene un reclutamiento constante, por lo que, según Jones (*op. cit.*), la estructura que en un momento dado presenta, es igual a la historia de la población.

Al hacer un concentrado anual de la población, se tiene la historia de un año de la misma, de la cual se considera el decremento a partir de la clase más abundante, siendo los grupos que se suponen con 100% de capturabilidad. Este decremento se considera como la tendencia de mortalidad de la población a lo largo de su vida.

En la figura 6.1 del trabajo citado (Baquero *et al.*, 1983) se presenta la estructura del grupo poblacional con 100% de capturabilidad y la curva de valores calculados de sobrevivencia, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Longitud (mm)	Frecuencia %	Valor estimado para 1000 ejemplares
85	140	232
87	110	182
89	150	143
91	130	113
93	140	88
95	100	69
97	60	55
99	70	43
101	50	34
103	20	26
105	20	21
107	10	16
109	14	13
111	0	10
113	6	8
115	0	6
117	5	5

Longitud máxima equivalente a 122 mm. cuando $N = 1$

Longitud $1 = 5'832,252$

La relación de abundancia contra longitud queda definida por la siguiente ecuación:

$$N = 4.5 e^{-0.008 L} \quad (6.1)$$

que representa una curva de sobrevivencia con respecto a la longitud, equivalente a la fórmula de mortalidad con respecto al tiempo:

$$N_t = N_0 e^{-Zt} \quad (6.2)$$

La porción analizada de la población equivale al 54.4%, por lo que, del cálculo del tamaño de la población estimada en 9,977 organismos corresponde a 5,472 individuos, de donde el tamaño original de la población (o N_0), cuando $L = 1$, es de 5'832,353 organismos, con un coeficiente de mortalidad con respecto al largo de 0.008 .

Para el cálculo del coeficiente de mortalidad en relación al tiempo, se deben sustituir los valores calculados y estimados de N_t y N_0 en la ecuación 6.2:

$$\text{donde: } \ln N_t = \ln N_0 - Zt$$

$$8.59 = 17.27 - Zt$$

$$Zt = 8.671$$

La edad estimada para organismos de 85 a 122 mm.se calcula, en el trabajo citado, a partir de la curva de crecimiento de 5.6 a 8 meses, con un valor medio para ese grupo poblacional de 6.8 meses:

$$M = 8.671/6.8 = 1.27$$

sustituyendo en 6.2 :

$$N_t = N_0 e^{-1.27t} \quad \text{donde: } Z = 1.27$$

EJEMPLO 7. Estimación de diversidad, según modelo de Simpson. Análisis de un banco de almeja catarina en la laguna San Ignacio, B.C.S.

$$C = S_i = 1 \sum [N_i (N_i - 1) / -N (N - 1)]$$

$$D = 1 - C$$

N = total de organismos

N_i = individuos de la especie (i)

S = número de especies

C = índice de similaridad

D = índice de diversidad

Estación	Especies* (número/m ²)								
	I	II	III	IV	V	VI	N	C	D
A	15	18	1	1	2	4	41	0.32	0.68
B	18	2	3	4	2	5	34	0.31	0.69
C	25	9	2	1	3	7	47	0.33	0.67
X	19.3	9.6	2	2	2.3	5.3	40.7	0.21	0.81

* Especies:

Argopecten circularis I

Chione undatella II

Megapitaria squalida III

Pinna rugosa IV

Turbo sp. V

Anadara grandis VI

A una diversidad media de 0.81, se concluye que se trata de una población con alta diversidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este Manual expresamos nuestro agradecimiento a la Dirección de Análisis de Pesquerías del Instituto Nacional de la Pesca por el apoyo proporcionado, ya que en tiempos difíciles hizo posible la realización del curso de estandarización de métodos para la investigación biológico-pesquera de moluscos y otros recursos bentónicos.

Asimismo, se hace un reconocimiento a los investigadores y técnicos participantes, por su desempeño y enriquecimiento del material aquí presentado.

Finalmente, damos las gracias al biólogo Ignacio Peña Ramírez del Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz, B.C.S., por su ayuda proporcionada.

LITERATURA CITADA

- Allen, K.R., 1966. **A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data.** Fish. Res. Board Canada . 23: 163-179
- Baqueiro, C.E. y Stuardo J., 1977. **Observaciones sobre la biología y pesquerías de *Megapitaria aurantiaca* (Sow,1831), *M. squalida* (Sow., 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) de la Bahía de Zihuatanejo e Isla Ixtapa, Gro., Méx.** Ann. Cent. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México, 6(21): 25-32.
- Baqueiro, C.E., 1980. **Population structure of the Mangrove cockel *Anadara tuberculosa* (Sow,1833) from eight mangrove swamps at Magdalena and Almejas Bays, Baja California, Méx.** Proc. Nat. Shellf. Ass. 70 (2): 201-206.
- _____, 1981. **Reproductive cycle of six species of bivalve mollusks with aquaculture potentiality from the Panamic province.** World Mariculture Soc. Ann. Meeting, 1981.
- Baqueiro, C.E., I.R. Peña y J.A. Massó, 1981. **Análisis de una población sobre explotada de *Argopecten circularis* (Sow., 1835) en la ensenada de La Paz, B.C.S., México.** Ciencia Pesquera. Inst. Nal. de Pesca. Depto. Pesca. México. 1 (2) : 57 - 65.
- Baqueiro, C.E., J.A. Massó y M. Guajardo, 1982. **Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur.** Inst. Nal. Pesca. Sría. de Pesca, México. Ser. Div. 11: 32 p.
- Baqueiro, C.E., J.A. Massó y A.B. Vélez, 1983. **Crecimiento y reproducción de una población de caracol chino, *Hexaplex erythostomus* (Swainso, 1981) de Bahía Concepción, B.C.S.** Ciencia Pesquera, Inst. Nal. Pesca. Sría. de Pesca, México 4: 19 - 31.
- Baqueiro, C.E., M. Muciño y R. Merino, 1983. **Variaciones poblacionales de una población sobre explotada de *Anadara tuberculosa* de Bahía de La Paz, B.C.S. México.** Ciencia Pesquera, México. 3 (1): 75-82.
- Baqueiro, C.E., A. García-Cubas, R.A. De la Torre y J. Zamacona, 1983. **Diagnóstico del conocimiento biológico-pesquero de caracoles y almejas.** Reunión Nacional sobre Investigación Científica-Pesquera, 1982. Sría. Pesca. Inst. Nal. Pesca.
- Baqueiro, C.E., M. Muciño y R. Merino, 1984. **Pata de mula, *Anadara tuberculosa*, análisis de una población sujeta a explotación intensiva en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.** Ciencia Pesquera, Inst. Nal. de Pesca, Sría. de Pesca, México. 4 (1).
- Baqueiro, C.E. y J.A. Massó, 1988. **Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de almeja roñosa, *Chione undatella* (Sow, 1835) bajo diferentes regímenes de pesca en la bahía de La Paz, B.C.S., México.** Ciencia Pesquera, INP, México 6: 51 - 68.
- Beverton, R.J.H. y Holt, S.J., 1956. **The theory of fishing,** in: Sea fisheries their investigation in the United Kingdom. M. Graham (Ed.) Arnold, London: 372 - 441.

- Bhattacharya, E.G., 1967. **A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components.** Biometrics. 23 (1) : 115 - 135.
- Brett, C.E., 1964. **A portable hydraulic diver operated dredgesieve for sampling subtidal macrofauna.** J. Mar. Res. 22 : 205 - 209.
- Buesa, R.J., 1977. **Método basado en la teoría de la información para calcular el tamaño de muestra de animales marinos.** An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México 4 (1) : 99 - 106.
- Cassie, R.M., 1954. **Some use of probability paper in the analysis of size frequency distribution.** Austr. J. Mar. and Freshw. Australia. 15 : 513 - 522.
- Clark, L.B., 1941. **Factors in the lunar cycle which may control reproduction in the "Atlantic palolo".** Bio. Bull., 81, 278 (Abstract).
- Crisp, D.J., 1957. **Effect of low temperatures on the breeding of marine animals.** Nature, 179, 38 - 139.
- Dinamani, P., 1974. **Reproductive cycle and gonadal changes in the New Zealand rock oyster, *Crassostrea glomerata*.** N.Z. J. Mar. Freshw. Res., 8: 39 - 65.
- Ehrhardt, N.M., 1981. **Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones.** Parámetros poblacionales. FAC-CICIMAR (Mimeógrafo).
- Elliot, J.M., 1977. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates.** Freshwater Biol. Ass. So., pub. 25, 160 p.
- Fabens, A.J., 1965. **Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve.** Growth 29: 265 - 289.
- Ford, E., 1933. **And account of the herring investigations conducted at Plymouth during 1924-1933.** J. Mar. Biol. Asc. U.K. 19: 305-381.
- González, D.G., 1984. **Manual de procedimientos básicos para evaluaciones de recursos pesqueros.** Inst. Nal. Pesca. Sec. Pesca. México. (en prensa).
- Green, R.H., 1979. **Sampling design and statistical methods for environmental biologists.** John Wiley and Sons, 257 p.
- Gulland, J.A., 1965. **Estimation of mortality rates.** In: Key papers on fish populations. D.H. Cushing (Ed.) Irl. Press. Oxford, 1983: 231 - 241.
- _____, 1974. **The management of marine fisheries.** Univ. Washington Press. 197 p.
- Hancock, D.A., 1965. **Graphical estimation of growth parameters.** J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 29: 340 - 351.
- Holme, N.A. y A.D. McIntire., 1971. **Methods for the study of marine benthos.** I.B.P. Handbook No.16. Int. Biol. Prcg. Blackwell Sc. Pub.

- Jones, R., 1981. **The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on UPA and cohort analysis).** FAO. Fish. Soc. 734: 55.
- Kelly, C. y D.H. Winters, 1960. **A revision of the archeological sequence in Sinaloa, Mexico.** American Antiquity 25.
- Kennedy, A.V., H.I. Batte, 1964. **Cycle changes in the gonad of the american oyster, *Crassostrea virginica*, (Gmelin).** Carr. J. Sool., 42: 305-321.
- Korringa, P., 1947. **Relations between the moon and periodicity in the breeding of marine animals.** Ecol. Monographs. 17, 347 - 810.
- Kristensen, I., 1957. **Differences in density and growth in cockle population in the Dutch Wadden sea.** Archs., Neerk. Zool. 12: 351-453.
- Lamotte, M. y F. Bourliere, 1971. **Problems d'ecologie: L' echantillonnage des peuplements Animaux des mileux aquatiques.** Masson et Cie. Paris, Francia.
- Lewis, L.R. y P.E. Ebeling, 1971. **Sea Guide-Baja. Vol. II.** Sea Publications Inc. 230-232.
- Loosanoff, V.L., 1942. **Seasonal gonadal changes in the adult oysters. *Ostrea virginica* of Long Island Sound.** Biol. Bull. 82: 195-206.
- Lorenzo, J.L., 1955. **Los concheros de la costa de Chiapas.** An. Inst. Nal. Antropol. e Hist. México (36): 25-47.
- Lozano, C.F., 1978. **Oceanografía, biología marina y pesca.** Edit. Paraninfo, Madrid, Esp. III: 1 - 303 p.
- McGinitie, G.E. y McGinitie N., 1949. **Natural History of Marine Animals.** Mc Graw-Hill, New York.
- Manzer, J.I. y F.H. Taylor, 1947. **The rate of growth of lemon sole in the straight of ocorgia.** Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Pac. Coast. Str. 72: 24-27.
- Massó, J.A. 1984. **Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de almeja roñosa, *Chione undatella* (Sow., 1935), bajo diferentes regímenes de pesca en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.** Tesis profesional de licenciatura. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- Molina, M.J., 1983. **Estimaciones de fecundidad en *Haliotis rufescens* de El Bajo, Bahía Rosario, Baja California.** Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sría. Pesca, México, 4: 77 - 95.
- Muciño, D.M., 1984. **Contribución al conocimiento de la reproducción y fluctuaciones de la estructura poblacional de la almeja indio, *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843), en la costa oriental de Bahía Concepción, Baja California Sur, México.** Tesis profesional de licenciatura. Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México.
- Nikolskii, G.U., 1969. **The theory of fish population dynamics.** Oliver and Boyd, G.B. 235 p.

- Penchaszadeh, P.E. y Oliver, S.R., 1975. **Ecología de una población de "Berberecho" (*Donax hanleyanus*) en Villa Gesell, Argentina.** Malacología, 15 (1): 133-146.
- Poole, R.W., 1974. **An introduction to quantitative ecology.** McGraw-Hill Co. Tokio : 258 p.
- Rogers, N.P., 1970. **Ciclo gonádico del ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) de Salina Cruz, Oaxaca, México.** Tesis profesional. Univ. Nal. Autón. México, 40 p.
- Rogers, N.P. y García-Cubas A., 1981a. **Evaluación gonádica a nivel histológico del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1971) del sistema fluviolagunar. Atasta, Pom; Laguna de de Términos, Campeche, México.** An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 8 (1): 21-42.
- _____, 1981b. **Evaluación gonádica a nivel histológico de *Rangia cuneata* (Gray, 1931) de la Laguna Pom, Campeche, México (Mollusca: Bivalvia).** An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 8 (1): 1-20.
- Ropes, J., 1965. **Reproductive cycle of *Mya arenaria* in New England.** Biol. Bull., 128 (2): 315-327.
- Ruiz, D.F., 1974. **Estudio histológico comparativo de los ciclos gonádicos de *Ostrea corteziensis* (Hanley).** Simposio FAO / Cartas sobre Acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay, 26 Nov. - 2 Dic.
- Sevilla, M.L. y E. Mondragón, 1965. **Desarrollo gonádico de *Crassostrea virginica* (Gmelin), en la laguna de Tamiahua.** An. Inst. Nal. Invest. Biológico-Pesqueras. 1: 52-59.
- Schaefer, M.B., 1951. **Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries.** Bull. Inter. An. Trop. Tuna Com. 1(2): 27-56.
- Shaw, W.N., 1962. **Seasonal gonadal changes in female soft shell clams *Mya arenaria*, in Tred Avon River, Maryland.** Proc. Nat. Shellfish, Assc. 52: 121-132.
- _____, 1965. **Seasonal gonadal cycle of the male surf clam, *Mya arenaria* in Maryland.** U.S. Fish. Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish. 508: 5 p.
- Shepard, F.P., 1973. **Submarine Geology.** Harper and Row publishers. New York. 517 p.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1969. **Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica.** Blume, Madrid, Esp. 832 p.
- Spiegel, R.M., 1969. **Teoría y problemas de estadística.** McGraw-Hill. 357 p.
- Standley, M.L. y Parker, P.S., 1967. **Development of a submersible pumping systems for a hydraulic surf clam dredge.** Comm. Fish. Rev. 29(6): 50 - 55.
- Stuardo, J. y Martínez A., 1977. **Relaciones entre algunos factores ecológicos y la biología de poblaciones de *Crassostrea corteziensis* (Hertlein) de San Blas, Nayarit, México.** An. Cent. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 2 (1): 89-130.

- Stuart, S.D., 1972. **Archeological reconnaissances and excavation of "Las Marinas Nacionales", Sinaloa y Nayarit, Mex.** Dept. Anthropol. State Univ. New York at Buffalo
- Tapia, V.P., 1984. **Manual de técnicas histológicas.** Inst. Nal. Pesca. México. 32 p.
- Thorson, G., 1957. **Bottom communities.** In: Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. Hedgpeth, J.W. (Ed.) Geol. Soc. America. Mem. 67 (1): 461-534.
- _____, 1966. **Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities.** J. Netherlands. Sea Res. 3: 267-293.
- Tomlinson, P.K. y N.J. Abramson, 1961. **Fitting a von Bertalanffy curve by least squares.** Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull. 116: 69 p.
- Vélez, V.A., 1984. **Contribución al estudio de la estructura poblacional y ciclo reproductor del caracol de uña, *Strombus gracilior* (Sow.,1825), en la costa oriental de Bahía Concepción, Baja California Sur, México.** Tesis profesional de licenciatura. Esc. Nal. Est. Prof. Iztacala, Univ. Nal. Autón. México.
- Von Bertalanffy, L., 1938. **A quantitative theory of organic growth.** Hum. Biol., 10: 181-213.
- Wheaton, F.W., 1977. **Aquaculture engineering.** John Wiley and Sons, Inc. 404 p.
- Walford, L.A., 1946. **A new graphic method of describing animals.** Biol. Bull. 90 (2): 141-147.

Manual de Métodos de Muestreo y Evaluación de Poblaciones de Moluscos y otros Recursos Bentónicos, terminado de imprimir en el mes de noviembre de 1992 en los Talleres Gráficos de la Nación, Canal del Norte No 80, México, D.F., su tiraje fue de 1000 ejemplares, impresos los interiores en papel cultural y forros en couché cubiertas. El cuidado de la edición estuvo a cargo de la Dirección de Publicaciones, Unidad de Comunicación Social de la Secretaría de Pesca.



INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA
UNIDAD DE
COMUNICACION SOCIAL