

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE  
BAJA CALIFORNIA**

**Unidad de Ciencias Marinas**

Observaciones Preliminares de una Población  
de Erizos *Strongylocentrotus Franciscanus*  
(Echinodermata, Echinoidea)  
en Baja California

**Tesis Profesional**

**José Antonio Farías Sánchez**



ENS007090

Ensenada, B. C. de 1980.

# INDICE

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
MATERIALES Y METODOS	10
Relaciones Biométricas	14
Crecimiento	15
Desarrollo Gonadal	17
RESULTADOS	21
Relaciones Biométricas	24
Estructura de la Población	36
Crecimiento	39
Desarrollo Gonadal	47
Pesquería y Producción	55
DISCUSION	66
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	87
AGRADECIMIENTOS	88
REFERENCIAS	89

## INTRODUCCION

Desde algunos años a esta parte, la pesquería de erizos ha tenido un desarrollo muy acelerado en México que ha sido motivado por la creciente demanda en el mercado internacional del producto. Este recurso no tiene demanda nacional y es exportado en su totalidad, a pesar de su alto valor nutritivo, como lo indica un estudio publicado por Ministerio de Finanzas del Japón (1968), que después de analizar las gónadas de una especie de erizo japonés, encontró que contienen 71% agua, 15.8% proteína, 8.5% lípidos, 2.0% carbohidratos y 2.2% de cenizas, además de contener diferentes cantidades de vitaminas A, B1, B2, entre otras. El conocimiento científico local de la especie actualmente explotada en Baja California, Strongylocentrotus franciscanus, ha quedado rezagado a algunos estudios aislados y esporádicos que no cubren un aspecto integral de estos organismos.

No existe hasta la fecha un estudio en el cuál se den las bases para tratar de regular esta pesquería tan importante para el país. El objetivo de este trabajo es, a partir de un breve estudio hecho en una población de Strongylocentrotus franciscanus, obtener información necesaria para poder analizar la trayectoria de la pesquería de erizo y sus consecuencias, así como aportar observaciones preliminares sobre la ecología de este organismo en la Bahía de Todos Santos, Ensenada.

## ANTECEDENTES

Debido a la fuerte explotación a la que fueron sujetas las poblaciones de erizo en Japón, se ha visto en la necesidad de proteger el recurso mediante diversas medidas y aun así, alrededor de 20,000 Ton. (peso total), son cosechadas anualmente (Kato, 1972). Por otro lado, para surtir la demanda japonesa, este país se ha visto en la necesidad de importar producto de diferentes países, donde según Sato (1979), para 1976 se encontraban los siguientes: Corea, China, Taiwán, Filipinas, Noruega, Rusia, Canadá, Estados Unidos, México, Chile y Australia. El equivalente total de las importaciones de estos países en gónada de erizo a Japón en 1976, fue de 2,315 Ton., cuando en 1974, fue de 1,874 Ton., con la aclaración de que para este año, no se encontraban incluidos Noruega, Rusia, Canadá y Australia. Esto da una idea de como se ha ido ampliando el mercado japonés mundialmente para poder abastecer su demanda interna. Según estos datos, México ocupaba el quinto lugar en las importaciones de Japón con 83 Ton., en 1974, y el octavo con 45 Ton. en 1976.

La pesquería de erizo comercial en Baja California fue iniciada por la empresa privada Mar Pacífico en 1960, como consecuencia de la fuerte demanda del producto en el mercado oriental (Malagrino,

1972). La extracción del producto en México, se limita a una zona muy restringida que queda entre Tijuana y Guerrero Negro (Baja California), donde las condiciones ambientales, favorecen el desarrollo de la especie mencionada con anterioridad. Con relación a la localidad de Tres Hermanas en la Bahía de Todos Santos, de julio de 1978 a febrero de 1979, se ejerció una intensa extracción de erizos por los pescadores comerciales, hasta casi agotar la mayor parte de los adultos, posteriormente abandonaron el área en busca de una nueva zona de pesca. A partir de marzo de 1979, esta localidad no ha sido objeto de explotación comercial, por lo que pudo ser usada como área de estudio para la realización de esta investigación, desde marzo de 1979. La pesquería del erizo consiste en la extracción de las gónadas, que procesadas por diferentes métodos de conservación, se ofrecen al consumidor japonés (Malagrino, op. cit.). Esta situación es similar en California (Kato, 1972), Washington (Jones, 1979) y British Columbia (Breen, 1978), donde a pesar de que su pesquería no tiene una antigüedad mayor que la de México, tienen actualmente reglamentos para el mejor manejo del recurso; comparativamente en México esto no se ha implementado aún. La urgente necesidad de hacerlo, estriba en que se pueden repetir tan lamentables casos como los que citan Tegner y Dayton (1976), donde en Francia (norte de Bretaña), las poblaciones de erizos, Paracentrotus lividus, se vieron amenazadas de extinción por el empleo de una draga para su pesca. Algo similar ocurrió en el

caso de las poblaciones de Arbacia punctulata, en las inmediaciones de Woods Hole, donde estos disminuyeron a unos niveles muy bajos de abundancia debido a la colecta para fines científicos, y también como es el caso del erizo Loxechinus albus del Norte y Centro de Chile, que estuvo a punto de agotarse el recurso por sobrepesca, según Bückle (com. pers.).

En este trabajo no se profundiza en cuanto a la descripción anatómico-morfológica y solo se consideran las partes más importantes del erizo, con el objeto de tener una idea clara de la localización de las gónadas, que constituyen el producto comercial. Los erizos son de cuerpo esférico, convexo dorsalmente y aplanado ventralmente, recubierto por un caparazón formado por placas calcáreas yuxtapuestas, con púas articuladas en pequeños apéndices carnosos y de cierta movilidad. En la parte oral, la boca, se encuentra el aparato masticador conocido como Linterna de Aristoteles, resaltando los cinco dientes que la forman, rodeados de una membrana bucal llamada peristoma. En la región aboral se distingue el ano, la placa madreporica y los cinco gonoporos correspondientes a las gónadas. Presentan simetría radial pentámera, mostrando regiones denominadas ambulacros o radios y cinco intermedias, conocidas como interambulacros o interradios, siendo precisamente en ellos donde se encuentran dispuestas las gónadas, una en cada uno de ellos, haciendo un total de cinco gónadas (Fig. 1)

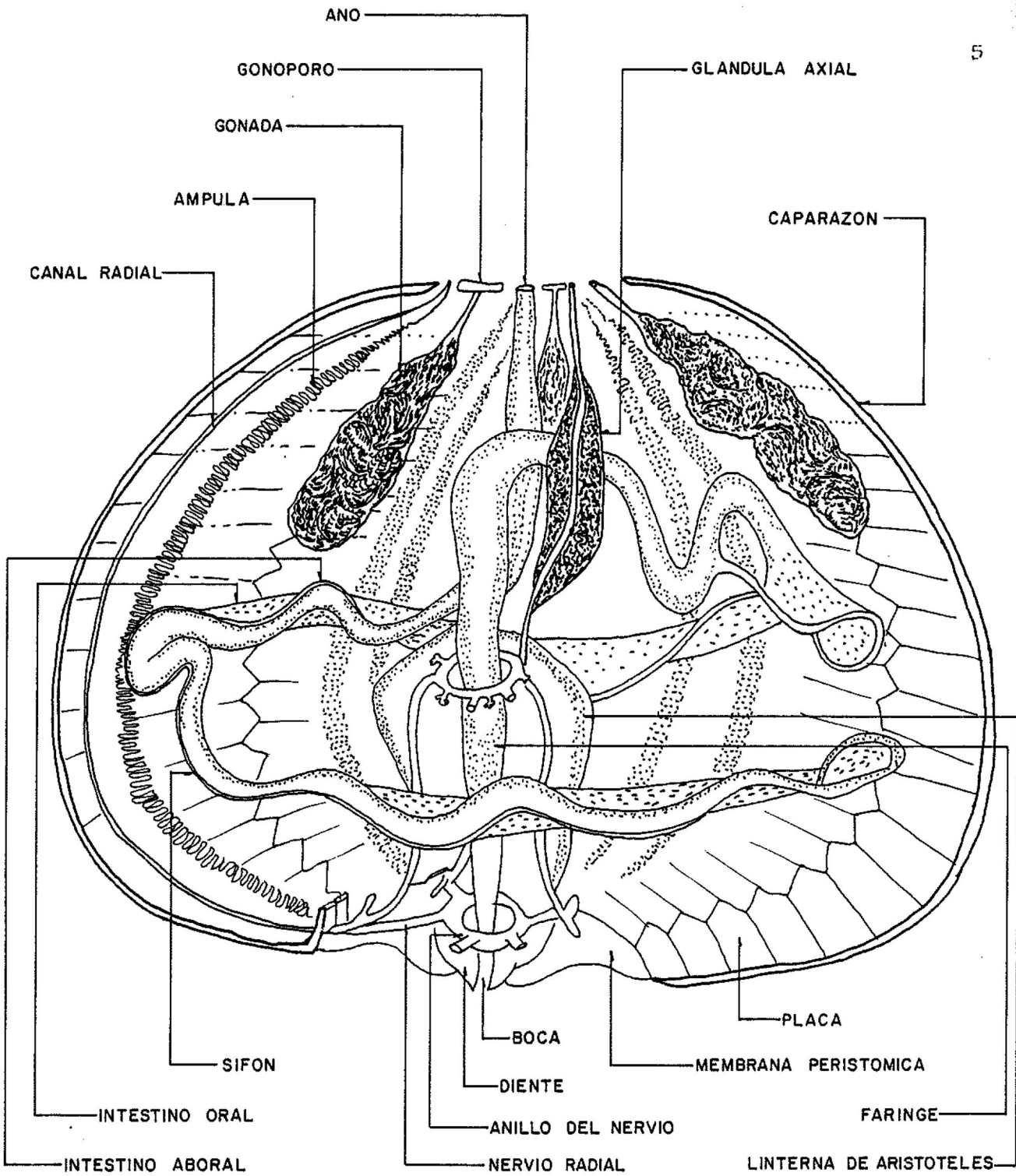


Figura 1. Estructura interna de un erizo regular (vista lateral) tomado de Barnes (1974).

El patrón geográfico de distribución de esta especie del género Strongylocentrotus sp., es desde Alaska hasta Guerrero Negro en México. Vive adherido a superficies rocosas o dentro de grietas. Se le encuentra desde la zona entre mareas hasta una profundidad de 125 metros. Tiene la habilidad de consumir cualquier tipo de comida, dependiendo de cual sea la abundancia de ésta. En lugares donde hay gran cantidad de algas, S. franciscanus es preferentemente herbívoro. "en un experimento en el que se les ofrecieron cantidades iguales de diferentes algas, mostraron preferencia por: Macrocystis pyrifera 34%; Gigartina armata 17%; Laminaria farlowii 16%; Eisenia arborea 11%; Pterygophora californica 10%; Egregia laevigata 10%; y Cystoceira osmundacea 2%" (Mottet, 1976), pero si se encuentran donde no crecen algas, pueden consumir animales muertos, algas a la deriva o capturar una presa. En el caso de que sean zonas en las que no existe nada<sup>?</sup>, ingieren arena, consumiendo la fauna asociada a los granos (Stott, 1955), también pueden llegar a vivir de la materia orgánica de las aguas de desecho de las ciudades (Leighton et.al., 1966) e incluso practicar el canibalismo (Quinn, 1965). Los principales depredadores naturales son langostas (Himmelman y Steele, 1971), estrellas de mar (Leighton et.al., 1966; Ricketts y Calvin, 1968; Rosenthal y Chess, 1970) y peces, principalmente Pimelotopon pulchrum, Oxyjulis californica (Tegner y Dayton, 1977), y la nutria Enhydra lutris nereis (Estes y Palmisano, 1974; Less, 1970) y algunos otros de menor importancia. Los

erizos son organismos dióicos cuya fertilización de los gametos es externa, formando una larva con vida planctónica de treinta días aproximadamente y que recibe el nombre de Echinopluteus, sucediendo a esta etapa la fijación y metamorfosis de la larva en el fondo del mar sobre un sustrato adecuado. El crecimiento a partir de la última etapa larval hasta alcanzar la talla comercial (8 o mas cm) es de por lo menos, ocho años en promedio (Mottet, 1976).

La única defensa que presentan son las espinas que cubren el caparazón, pero estas no tienen glándulas venenosas como otras especies por lo que facilitan mucho el manejo en la extracción y obtención de sus gónadas por los pescadores artesanales.

Se llegan a presentar casos de mortalidad masiva de erizos, ocasionada posiblemente por hongos, según Johnson (1971), y reportada también por Pearse et. al. (1977). Un caso similar de dicha enfermedad sucedió con unos ejemplares de S. franciscanus que se encontraban en cautiverio, para realizar ensayos de cultivo masivo de larvas en el laboratorio de la Unidad de Ciencias Marinas, Ensenada.

El papel ecológico del erizo de mar se podría dividir en dos tipos principalmente: como herbívoro potencialmente peligroso y como organismo que compete e interactúa con otros organismos

bentónicos. Debido a que los erizos son fundamentalmente herbívoros en presencia de un gran número de algas, estos organismos han llegado a constituir una plaga cuando se encuentran mas de diez por metro cuadrado de S. purpuratus o uno por metro cuadrado de S. franciscanus, segun North (1965); Leighton et. al. (1966). La razón de esto es que, por la alta densidad de estos organismos, la cantidad de algas no alcanza a suplir la demanda alimenticia de la población, motivando que los erizos trepen por el estipe, comiéndoselo y causando que la planta se desprenda del fondo y luego derive a la playa (Leighton, 1960; Leighton et. al., 1966), dejando sin alimento a los demás herbívoros y además inutilizando el resto de la planta (Zobell, 1959). Las altas densidades de erizo son motivadas por la ausencia de un depredador tope que controle el excedente de la población que en este caso es la nutria de mar Enhydra lutris nereis (Estes y Palmisano, 1974; Less, 1970). La causa de la disminución de la abundancia del depredador es que la nutria de mar fue intensamente cazada a finales del siglo pasado y a principios de este (Tegner y Dayton, 1976), quedando recluída a ciertas áreas restringidas como cita Ebert (1968). Ante esta situación se ha tratado de reducir las poblaciones de erizo con medios químicos (óxido de calcio) (Parsons y Duffy, 1976), y otros que han sido menos efectivos. En muchos casos no sería necesario llegar a tales extremos, pero como en E. E. U. U. es de mayor importancia la industria del alga Macrocystis sp., algunas

compañías como la Kelco Company de California, han llegado a donar presupuestos de investigación, tratando de aumentar la eficacia en el control de estos organismos (North, 1972). Este erizo no siempre es un competidor de espacio y alimento del abulón (Lowry y Pearse, 1973), como lo afirman los pescadores regionales de abulón, pese a que en algunos casos el erizo domina el medio (Shepard, 1973). Lo que en realidad notan los pescadores de abulón (com. pers.), es un incremento en la población de erizo que ellos mismos propician al extraer abulón tan intensamente, proveyendo de sustrato primario para la libre expansión de los erizos. Sin embargo, el exterminio de erizos en un área no ha incrementado la presencia de abulón (Breen et. al., 1978).

Otra relación ecológica muy importante fue descrita por Tegner y Dayton (1977), en la que resalta la necesidad de la presencia de erizos adultos para la protección de otros organismos como abulones, gasterópodos, camarones, cangrejos, asteroideos, ofiuroideos y peces pequeños. Además, concluye que para el sostén y desarrollo de la pesquería del erizo es necesaria la presencia de animales adultos para promover la fijación y crecimiento de reclutas hasta cierta talla en la que puedan desarrollarse libremente.

## MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este trabajo se escogieron dos localidades, Tres Hermanas y Cabo Punta Banda. La primera de ellas fue un manto de algas la especie Macrocystis pyrifera, paralelo a la costa, de 1000 mts de longitud y 250 de ancho, localizado en 116 43' N, 31 44' W, lugar conocido con el nombre de Tres Hermanas (Fig. 2). Observaciones ecológicas previas realizadas en 1978, sirvieron como base para algunas comparaciones hechas en el presente trabajo. El área es de fácil acceso en lancha y relativamente protegida del oleaje, permitiendo regularmente las actividades submarinas.

Se realizaron inmersiones con equipo de buceo autónomo durante mayo y junio de 1978 y marzo y abril de 1979 para hacer un registro de la flora y fauna mas conspicua de la zona, efectuando la identificación "in situ", debido a que son especies muy conocidas en la localidad.

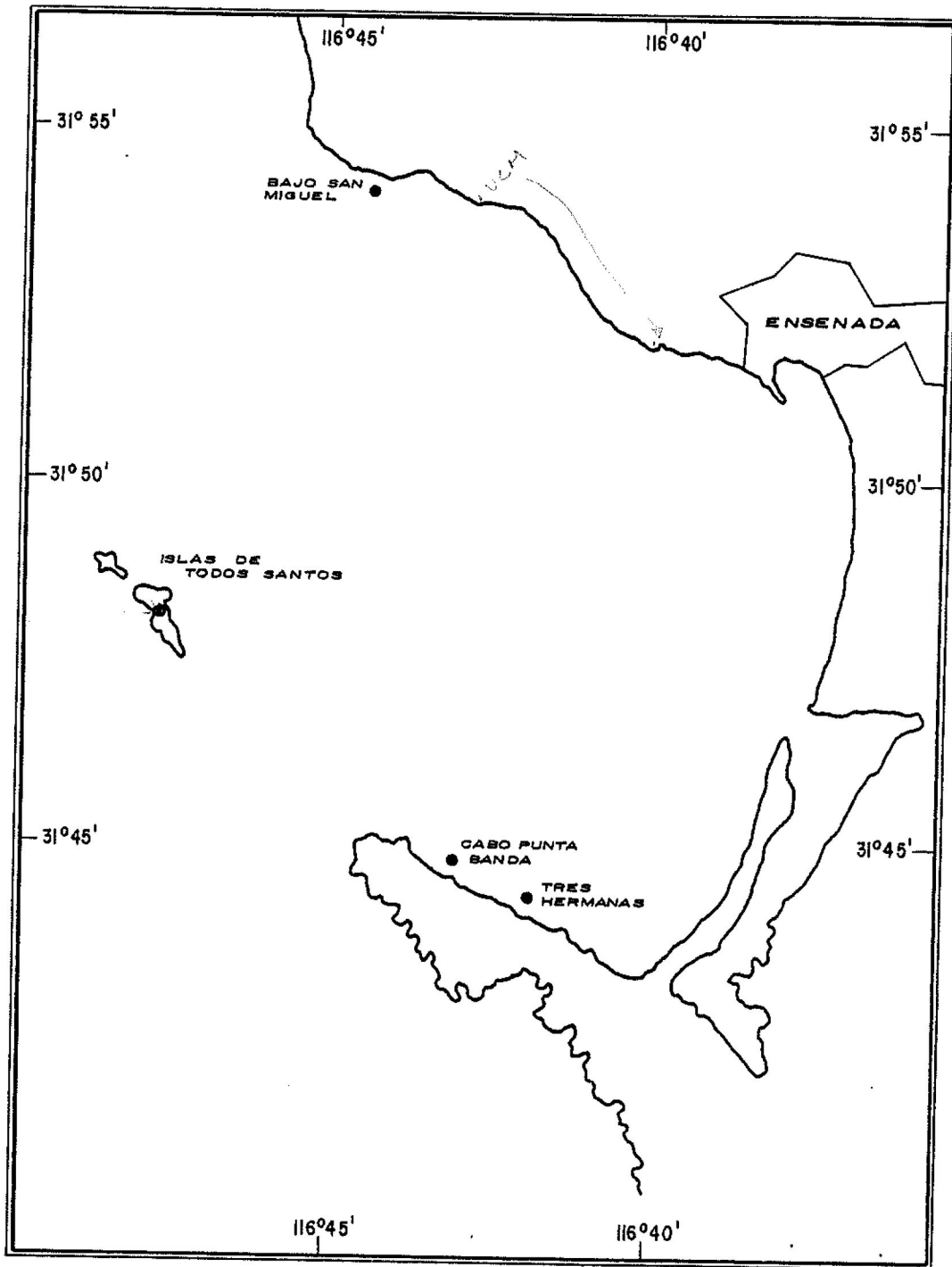


Figura 2. Mapa de la Bahía de Todos Santos, Ensenada Baja California, señalando las localidades de Tres Hermanas, Cabo Punta Banda, Bajo San Miguel e Isla de Todos Santos.

La otra localidad de muestreo se encuentra localizada en 116 42' N y 31 45' W (Fig. 2), y se le conoce con el nombre de Cabo Punta Banda. En esta área se realizó un solo muestreo con fines comparativos, en septiembre de 1979, recolectando el mayor número de ejemplares en un buceo de 30 minutos.

La zona de Tres Hermanas se dividió en cuatro áreas, por medio de cinco transectos perpendiculares a la costa, que cortaban transversalmente el manto de Macrocystis sp. Los transectos estuvieron marcados por cinco boyas, separadas entre sí, cada 50 mts, y la distancia entre transecto y transecto fue de 250 mts. A cada área se le asignó aleatoriamente un número y posteriormente se realizó un sorteo, eligiendo una de las cuatro áreas en la cual se efectuó la recolección de los ejemplares (Fig. 3). Se hizo un buceo mensual con equipo autónomo, tratando de recoger todos los organismos dentro del área en un tiempo de 30 a 45 minutos, empleando para el efecto ganchos de varilla corrugada y depositando los erizos en costales de plástico. Se tuvo especial cuidado en recolectar los ejemplares que se encontraron debajo de los adultos. Los ejemplares se transportaron de la zona de colecta al laboratorio en un bote de plástico con agua de mar, para evitar que por el manejo drenaran fluidos internos o desovaran en caso de estar maduros. En el laboratorio cada ejemplar era pesado en una balanza electrónica (Mettler P-10N) con una aproximación de 0.1 gr. Se midió el

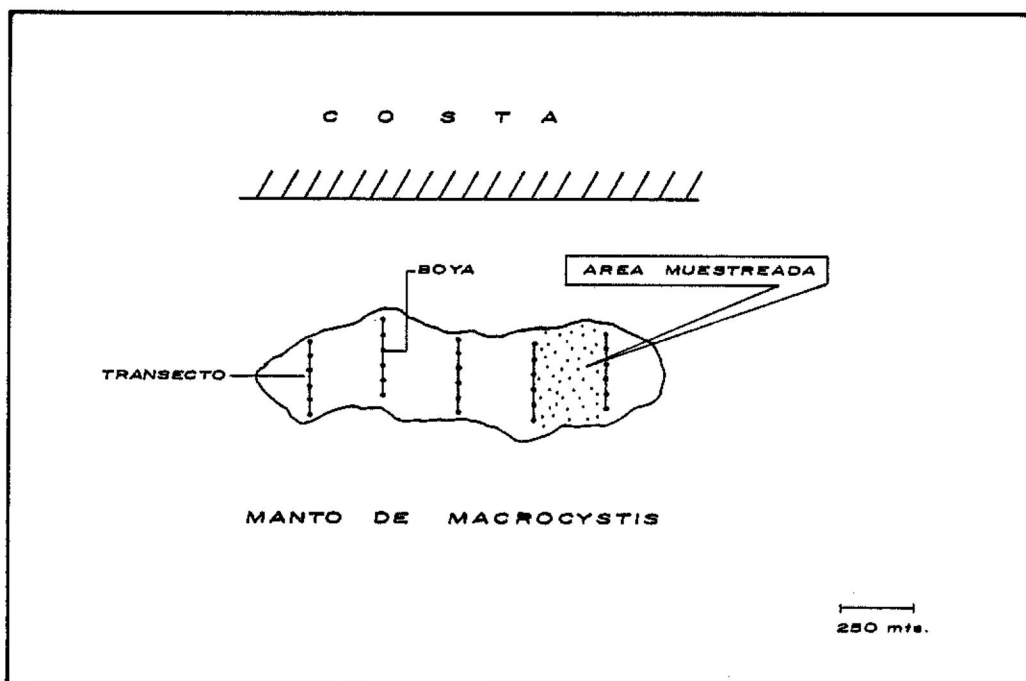


Figura 3. Diagrama explicativo de la disposición de los transectos ubicados en la localidad de Tres Hermanas, utilizados para delimitar el área muestreada.

diámetro de un ambulacro a un interambulacro, y el alto de la región oral a la aboral de los erizos, usando un Vernier metálico con precisión de de 0.01 cm, redondeando la cifra al milímetro mas cercano. De la muestra total, se dejaron los 30 ejemplares mas grandes correspondientes a la talla comercial, que eran abiertos con unas pinzas especiales empleadas por los pescadores de erizo con las que se evita romper las gónadas. Estas se removieron del caparazón, depositándolas en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Posteriormente se pesaron las cinco gónadas de cada erizo en la misma balanza electrónica y una de ellas se depositaba en un frasco etiquetado conteniendo formol <sup>netro</sup> al 4% para estudios ulteriores.

### Relaciones Biometricas

Con los datos de diámetro, altura y peso, de 1978 y mayo de 1979 a marzo de 1980 (uniendo los datos de todos los muestreos), se obtuvieron las ecuaciones correspondientes a las relaciones diámetro-altura, diámetro-peso y altura-peso, empleando el método de regresión lineal, por mínimos cuadrados (Scheffler, 1979), así como sus respectivos coeficientes de correlación ( $r$ ). Empleando la unión de todos los datos de 1979-1980 se dividieron en erizos chicos (menor o igual a 4 cm) y erizos grandes (mayor a 4 cm), para calcular las mismas relaciones citadas anteriormente.

Se consideró importante conocer la proporción entre erizos chicos (menor o igual a 2 cm) y erizos grandes (mayor a 2 cm) utilizando la fórmula:

$$P1 = \text{No. erizos chicos} / \text{No. erizos grandes} \dots\dots\dots (1)$$

### Crecimiento

La curva de crecimiento se obtuvo a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1960), con la siguiente ecuación:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \dots\dots\dots (2)$$

Donde  $L_t$  es la longitud a la edad  $t$ ,  $L_{\infty}$  el tamaño asintótico,  $k$  la tasa de crecimiento,  $t$  la edad a un tamaño determinado y  $t_0$  la edad teórica donde la longitud del organismo es cero.

Para la obtención de los parámetros  $L_t$ ,  $L_{\infty}$ ,  $t_0$  y  $k$ , se partió del muestreo de octubre de 1979, haciendo un histograma de 3 mm de intervalo de clase. Se separaron las modas mediante el método gráfico de Harding (1949), usando papel probabilístico. La primera aproximación del parámetro  $L_{\infty}$  se obtuvo mediante el método gráfico de Walford (1946) y  $L_{\infty}$  final,  $k$  y  $t_0$  mediante el

método gráfico descrito por Beverton y Holt (1957).

Con los parámetros calculados de esta ecuación, se obtuvo la mortalidad instantánea  $Z$ , y la mortalidad anual (Ebert, 1973, 1975), según la fórmula:

$$Z = k (L_{\infty} - \bar{L}) / L_{\infty} - L_r \dots \dots \dots (3)$$

Donde  $\bar{L}$  es el tamaño promedio de los individuos mayores que  $L_r$ , siendo esta última el tamaño de reclutamiento.

Y se calculó la tasa mortalidad natural anual por medio de la fórmula:

$$\text{Tasa de mortalidad natural anual} = 1 - e^{-Z} \dots \dots \dots (4)$$

Para obtener el crecimiento, se sacó el desplazamiento de la primera moda de junio de 1979 hasta marzo de 1980 (9 meses) y luego se calculó el incremento mensual.

### Desarrollo Gonadal

También se observaron las características externas de las gónadas: Color, consistencia al tacto, volumen que ocupaban dentro del caparazón y el sexo al hacer una ligera presión sobre la gónada. En caso de duda se confirmó utilizando un microscopio compuesto y buscando la presencia, ausencia o posición del núcleo según la escala de Fuji (1960), (Fig. 4).

Con las características obtenidas del examen de las gónadas, se le asignó a cada ejemplar un estadio gonadal de acuerdo a los definidos por Fuji (vide supra), obteniendo el porcentaje más alto de organismos que presentaron un determinado estadio de desarrollo gonadal. De la misma manera se hizo con la coloración que presentaron las gónadas.

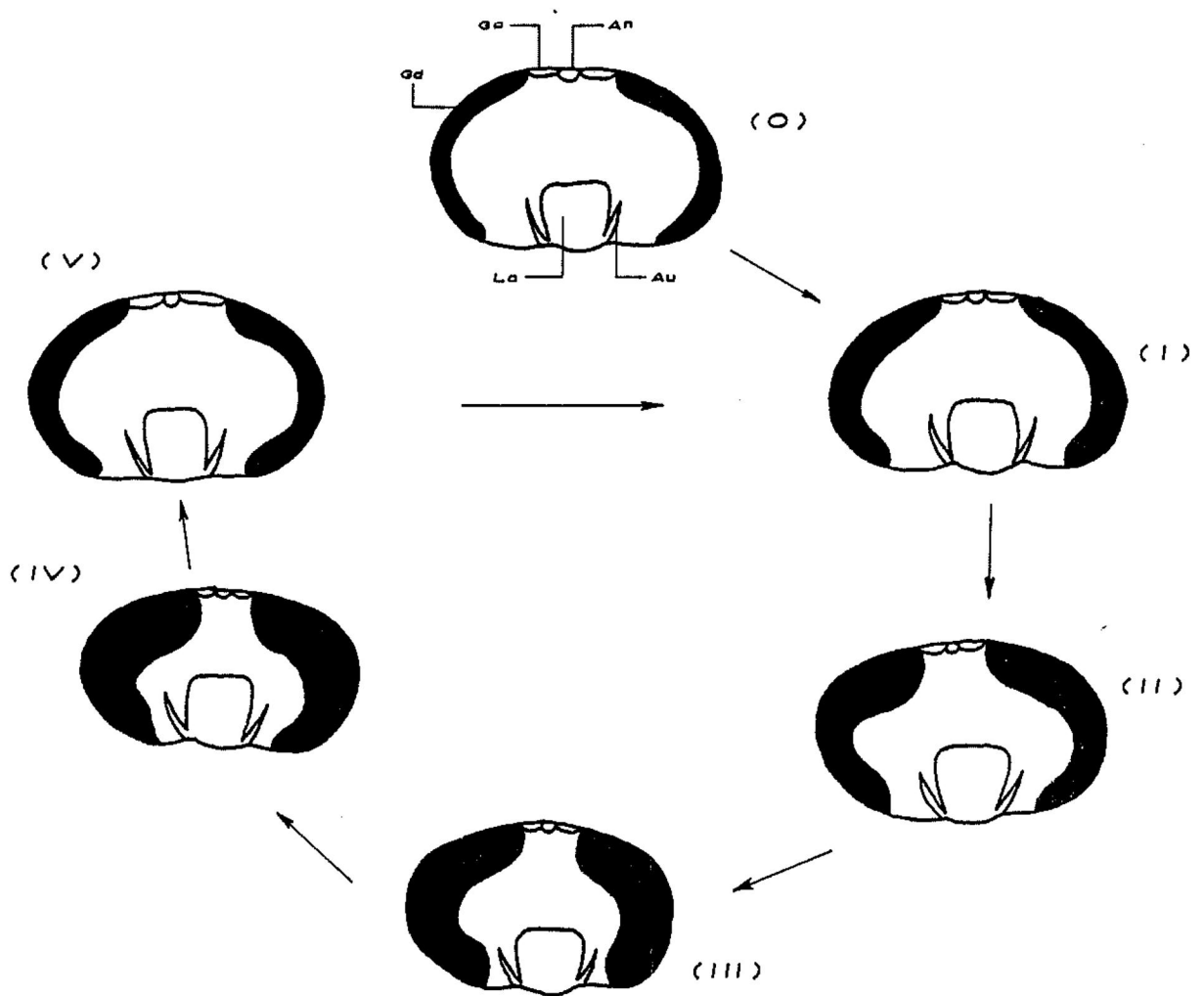


Figura 4. Diagrama ilustrativo de los cambios cíclicos en la apariencia superficial de la gónada (Fuji, 1960). La secuencia de números romanos corresponde a los estadios gonadales de inmadurez, recuperación, crecimiento, premadurez, madurez y postdesove, respectivamente. Las abreviaturas significan: An - ano, Go - gonoporo, Gd - gónada, La - Linterna de Aristoteles y Au - aurícula.

La proporción entre machos y hembras se calculó con la fórmula siguiente:

$$P = \text{No. machos/No. hembras} \dots\dots\dots (5)$$

Se unieron las proporciones de mayo a agosto en una temporada definida para este análisis como "reposo" y la unión de septiembre a diciembre en una denominada "reproductiva" (no se incluyeron enero, febrero y marzo por ser los meses de desove y postdesove). Se hizo una prueba de significancia Chi cuadrada entre ambas temporadas para verificar si eran significativamente diferentes entre ellas. Además se hizo una prueba binomial para comprobar si la proporción entre machos y hembras era 1:1 (Guenther, 1968).

El índice gonadal se obtuvo empleando la fórmula de Pearse (1967) como:

$$I.G. = \text{Peso húmedo gónada/Peso húmedo organismo} \times 100 \dots (6)$$

Se aplicaron estos cálculos a cada uno de los 30 erizos elegidos mensualmente calculando el promedio y el intervalo de confianza para la media.

Empleando los datos en bruto publicados por Flores (1965), se calculó el índice gonadal para los meses de febrero, marzo y mayo de 1964 en tres diferentes localidades dentro de la Bahía de Todos Santos: Punta Banda, San Miguel e Isla de Todos Santos, para ser comparados con los datos obtenidos en ese trabajo.

La curva de temperatura y salinidad mensual promedio fue tomada del calendario gráfico de mareas editado para la Bahía de Todos Santos, Ensenada, por la Dirección General de Oceanografía.

## RESULTADOS

En el transcurso de esta investigación, se realizó un registro (1978-79) de la flora y fauna mas sobresaliente de la localidad Tres Hermanas y los organismos observados se incluyen en en la Tabla 1.

De un año a otro ocurrieron cambios en la frecuencia con que se observaron algunos organismos. El número de peces disminuyó notablemente, principalmente, Pimelotoxon pulchrum, Oxyjulis californica y Paralabrax sp. También se hizo mas frecuente la presencia del erizo Centrostephanus coronatus.

La profundidad promedio fue de 15 mts. y el fondo estaba constituido en su mayoría de rocas sinuosas con grietas y cavidades rodeadas de arena fina.

El patrón de distribución estaba principalmente determinado por el tipo de sustrato. Los erizos se encontraron agrupados en forma contagiosa sobre la superficie de las rocas y en las grietas. En el año de 1978, antes de empezar la pesca comercial, la densidad en cada roca cuyo diámetro fluctuaba entre 2 y 4 metros, era aproximadamente de 30 a 100 adultos. Después de dicha extracción (1979), la densidad de estos organismos se

redujo aproximadamente a 3 por roca, que fueron los que permanecieron dentro de las grietas y cuevas. Durante los muestreos de 1978, los ejemplares fueron colectados de la superficie superior de las rocas, reflejando la abundancia de estos, no siendo así en 1979, en que la mayoría de los ejemplares se tuvieron que sacar de la base y grietas de estas. En 1979 se encontraron aproximadamente 10 juveniles por adulto y muy rara vez separados de estos. En este mismo año, se notó también la presencia más acentuada de un número mayor de erizos en la márgenes del manto de Macrocystis en comparación con los existentes en el interior de éste.

En el área de Cabo de Punta Banda se observó una gran cantidad de peces los cuales fueron identificados como: Pimelotopon pulchrum, Oxyjulis californica, Hipsiops rubicunda, Sebastes sp. y Gymnothorax mordax. También se observaron los siguientes equinodermos: Strongylocentrotus franciscanus, S. purpuratus, Lythechinus anamesus, Centrostephanus coronatus, Patira miniata y Pisaster ochraceus y los moluscos Cypraea spadicea, Megathura crenulata y Kelletia kelletii. El alga predominante fue Sargassum sp. y se encontraron presentes en menor cantidad Gelidium sp., Egrecia sp., Cystoceira sp., Corallina sp. y Colpomenia sp.

## T A B L A 1

Flora y fauna identificada en la localidad de Tres Hermanas durante 1978-79.

## MOLUSCOS

Haliotis cracherodi  
Cypraea spadicea  
Hinnites multirugosus  
Megathura crenulata  
Kelletia kelletii

## EQUINODERMOS

Patiria minyata  
Pisaster ochraceus  
Pisaster giganteus  
Parastichopus parvimensis  
Lytechinus anamesus  
Centrostephanus coronatus  
Strongylocentrotus purpuratus

## CRUSTACEOS

Pugettia richi  
Loxorhynchus sp.  
Cancer antennarius

## PECES

Paralabrax clathratus  
Paralabrax nebulifer  
Oxyjulis californica  
Pymelotopon pulchrum  
Hypslops rubicunda

## ALGAS

Macrocystis pyrifera  
Gelidium sp.  
Egregia sp.  
Cystoceira sp.  
Corallina sp.  
Colpomenia sp.  
Sargassum sp.

La profundidad promedio fue de 10 mts. El fondo estaba constituido por rocas pequeñas (30 cm de radio), superpuestas de una forma similar a los rompeolas.

### Relaciones Biométricas

De las ecuaciones obtenidas para la relación diámetro-altura en erizos grandes, erizos chicos y total (uniendo grandes con chicos, muestreo de 1979-80) (Figs. 5 y 6), se calculó la alometría de la siguiente forma:

$k =$  antilogaritmo natural de la intersección  $b$ .

pero también,

$$k = H/D \dots\dots\dots (7)$$

donde  $H$  es la altura del erizo y  $D$  el diámetro.

Se calcularon las alometrías de los grandes (a) (Fig. 5), los chicos (b) (Fig. 5) y la total (grandes mas chicos) (c), (Fig. 6).

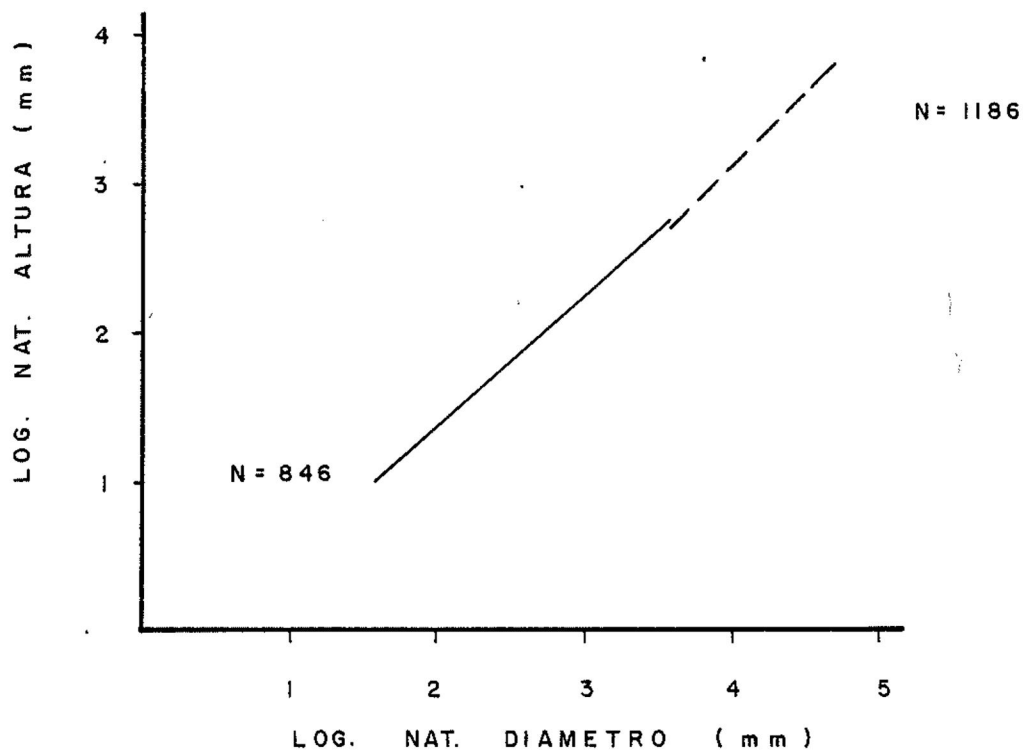


Figura 5. Rectas de regresión obtenidas de la población de erizos S. franciscanus de la localidad de Tres Hermanas, a partir de la relación diámetro-altura, de los erizos grandes ( $\geq 4$  cm) (línea punteada),  $N=1186$ , cuya ecuación es  $\text{LnA} = -0.61 + 0.84 \text{ LnD}$ , con un coeficiente de correlación  $r = 0.89$  y los erizos chicos ( $\leq 4$  cm) (línea continua),  $N=846$ , siendo la ecuación  $\text{LnA} = -0.43 + 0.89 \text{ LnD}$ ,  $r = 0.9$ .

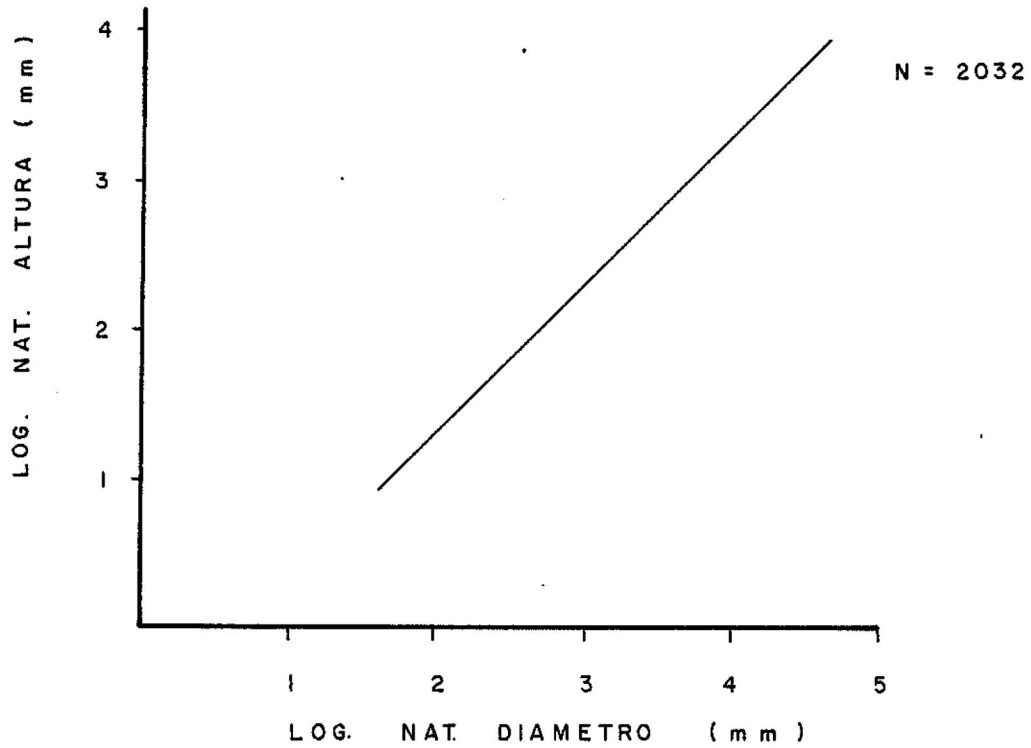


Figura 6. Recta de regresión de la población total de erizos S. franciscanus de la localidad de Tres Hermanas, obtenidas de la relación diámetro-altura, N=2032, cuya ecuación es  $\text{LnA} = -0.69 + \text{LnD}$  y  $r = 0.98$ .

$$k = \text{Antilog. Nat. } (-0.61) = 0.54 = 1.08/2 = H/D \dots\dots (a)$$

$$k = \text{Antilog. Nat. } (-0.43) = 0.67 = 1.3/2 = H/D \dots\dots (b)$$

$$k = \text{Antilog. Nat. } (-.69) = 0.5 = 1/2 = H/D \dots\dots\dots (c)$$

Las correlaciones obtenidas para las relaciones de peso de la gónada-altura y peso de la gónada-diámetro fueron de  $r=0.24$  y  $r=0.42$  respectivamente.

Se calcularon las ecuaciones para las relaciones de diámetro-peso y altura-peso resultando en (Figs. 7 y 8):

$$\text{Ln } P = -0.83 + 2.91 \text{ Ln } D \quad r = 0.96$$

$$\text{Ln } P = 1.21 + 2.88 \text{ Ln } A \quad r = 0.97$$

respectivamente.

Se obtuvieron las ecuaciones de las relaciones de diámetro-altura, diámetro-peso y altura-peso para los erizos grandes y chicos y son las siguientes (Figs. 5, 9 y 10) (la primera ecuación corresponde a grandes y la segunda a chicos):

$$\text{Ln } A = -0.43 + 0.89 \text{ Ln } D \quad r = 0.9$$

$$\text{Ln } A = 0.61 + 0.84 \text{ Ln } D \quad r = 0.89$$

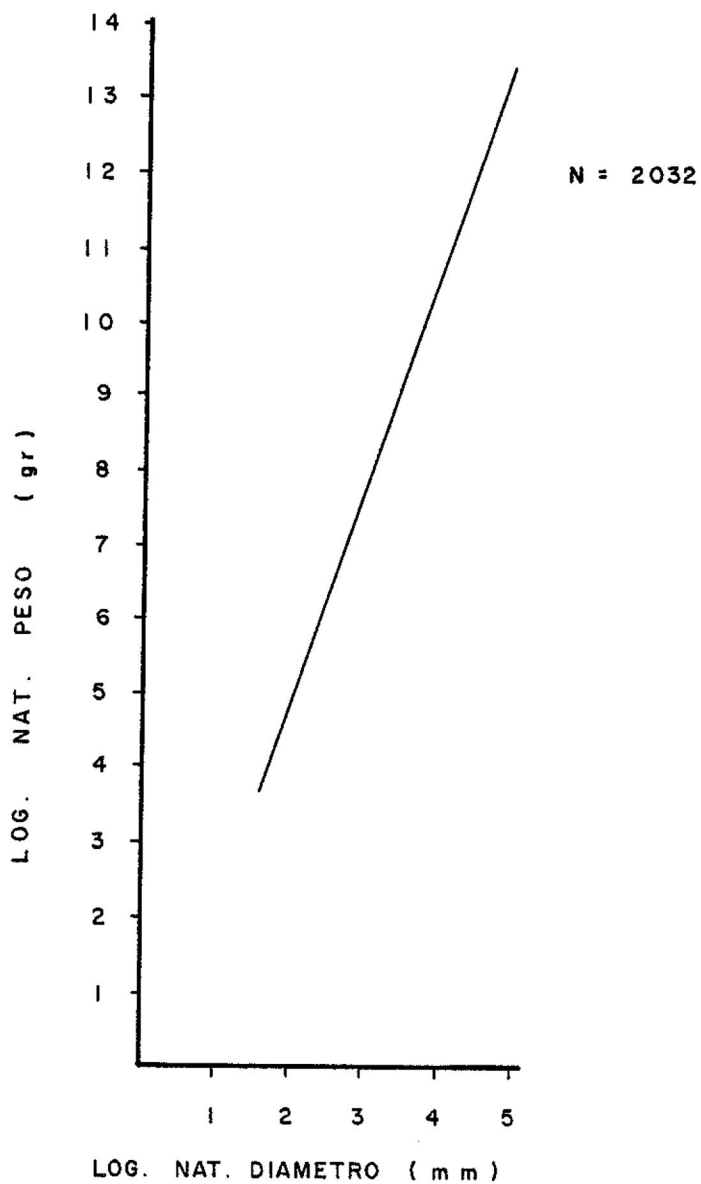


Figura 7. Recta de regresión de la población total de erizos S. franciscanus N=2032, de la localidad de Tres Hermanas, obtenida de la relación diámetro-peso, cuya ecuación es  $\text{LnP} = -0.83 + 2.91 \text{ LnD}$  y  $r = 0.96$ .

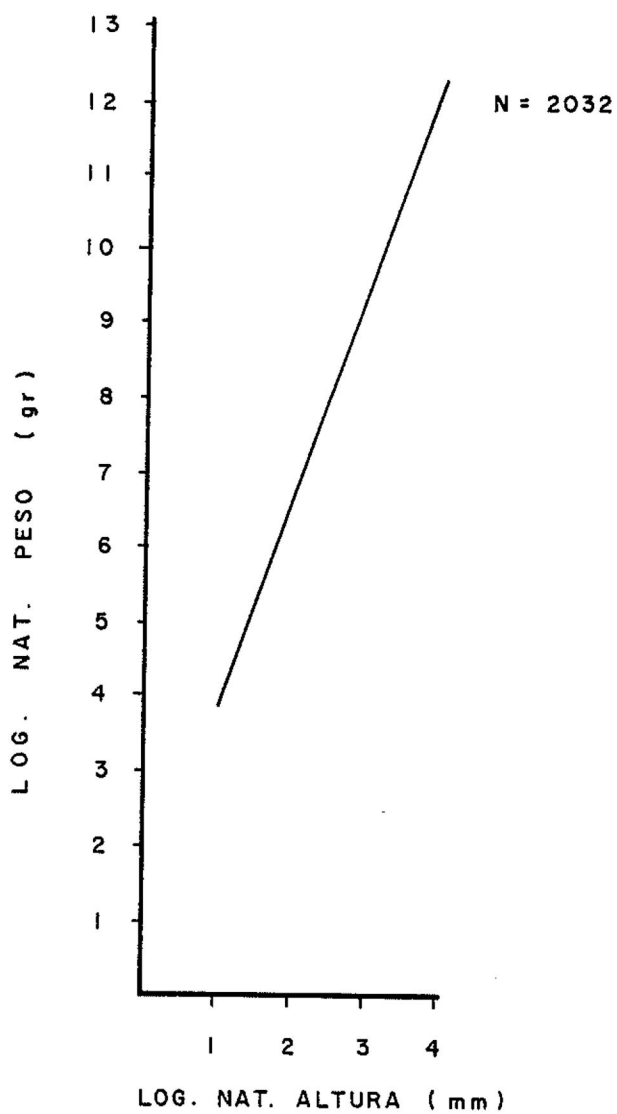


Figura 8. Recta de regresión de la población total de erizos *S. franciscanus*, N=2032, de la localidad de Tres Hermanas, obtenida de la relación altura-peso, cuya ecuación es  $\text{LnP} = 1.21 + 2.88 \text{ LnA}$  y  $r = 0.97$ .

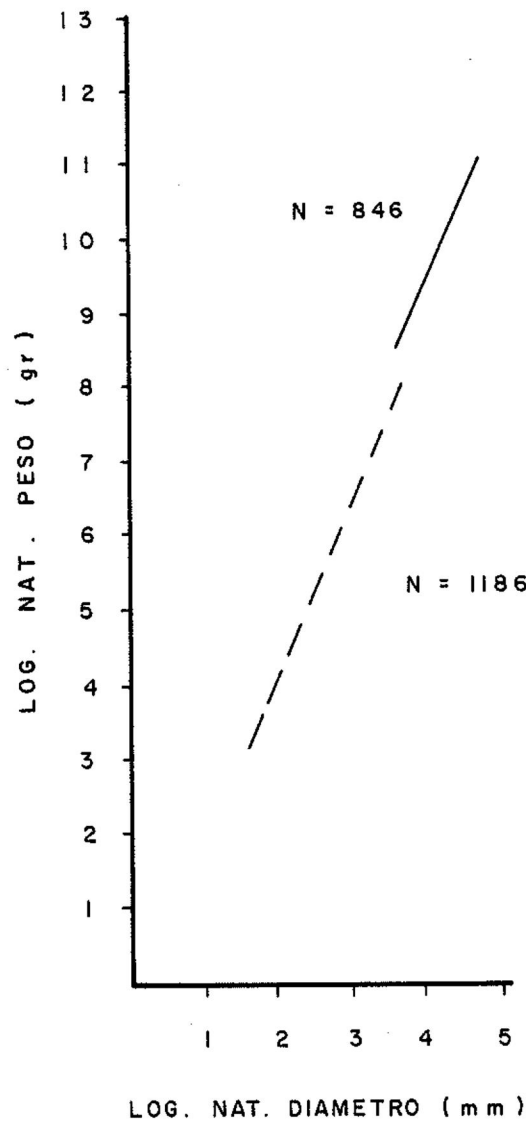


Figura 9. Rectas de regresión obtenidas de la población de erizos S. franciscanus de la localidad de Tres Hermanas a partir de la relación diámetro-peso de los erizos chicos (< 4 cm) (línea punteada), N=1186, cuya ecuación es  $\text{LnP} = -0.5 + 2.28 \text{ LnD}$ ,  $r = 0.8$  y para los erizos grandes (> 4 cm) (línea continua) N=846, la ecuación  $\text{LnP} = -0.77 + 2.23 \text{ LnD}$ ,  $r = 0.84$ .

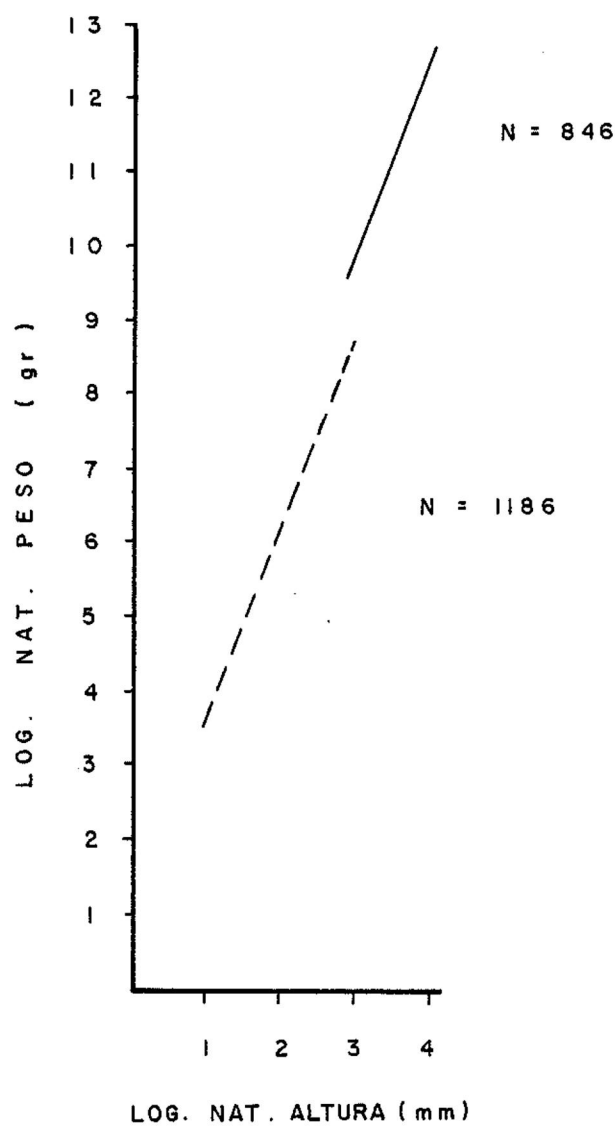


Figura 10. Rectas de regresión obtenidas de la población de erizos *S. franciscanus* de la localidad de Tres Hermanas a partir de la relación altura peso de los erizos chicos ( $\leq 4$  cm) (línea punteada),  $N=1186$ , cuya ecuación es  $\text{LnP} = 1.14 + 2.57 \text{ LnA}$ ,  $r = 0.82$  y los erizos grandes ( $> 4$  cm) (línea continua)  $N=846$ , la ecuación  $\text{LnP} = 1.86 + 2.81 \text{ LnA}$ ,  $r = 0.84$ .

## Diámetro-Peso.

$$\ln P = -0.77 + 2.23 \ln D \quad r = 0.84$$

$$\ln P = -0.85 + 2.28 \ln D \quad r = 0.80$$

## Altura-Peso.

$$\ln P = 1.86 + 2.81 \ln A \quad r = 0.84$$

$$\ln P = 1.14 + 2.57 \ln A \quad r = 0.82$$

Se hizo lo mismo para el muestreo de 1978, N=175 y 1979, N=2032 (Figs. 11, 12 y 13), cuyas ecuaciones son (la primera corresponde a 1978 y la segunda a 1979):

## Diámetro-Altura.

$$\ln A = -0.3 + \ln D \quad r = 0.9$$

$$\ln A = -0.69 + \ln D \quad r = 0.9$$

## Diámetro-Peso.

$$\ln P = 0.89 + 2.4 \ln D \quad r = 0.89$$

$$\ln P = -0.83 + 2.9 \ln D \quad r = 0.9$$

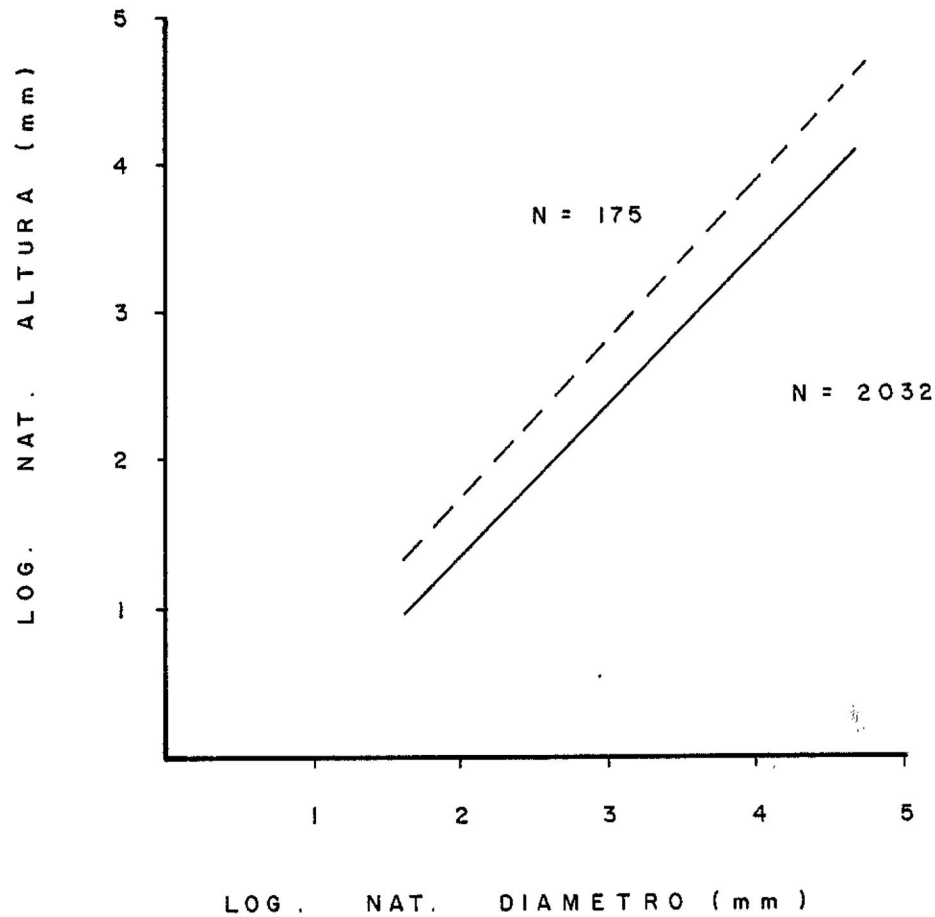


Figura 11. Rectas de regresión obtenidas de la población total de erizos S. franciscanus de la localidad de Tres Hermanas a partir de la relación diámetro-altura durante 1978 (línea punteada)  $N=175$ , cuya ecuación es  $\text{LnA} = -0.3 + \text{LnD}$ ,  $r = 0.9$  y en 1979 (línea continua)  $N=2032$ , la ecuación  $\text{LnA} = -0.69 + \text{LnD}$ ,  $r = 0.98$ .

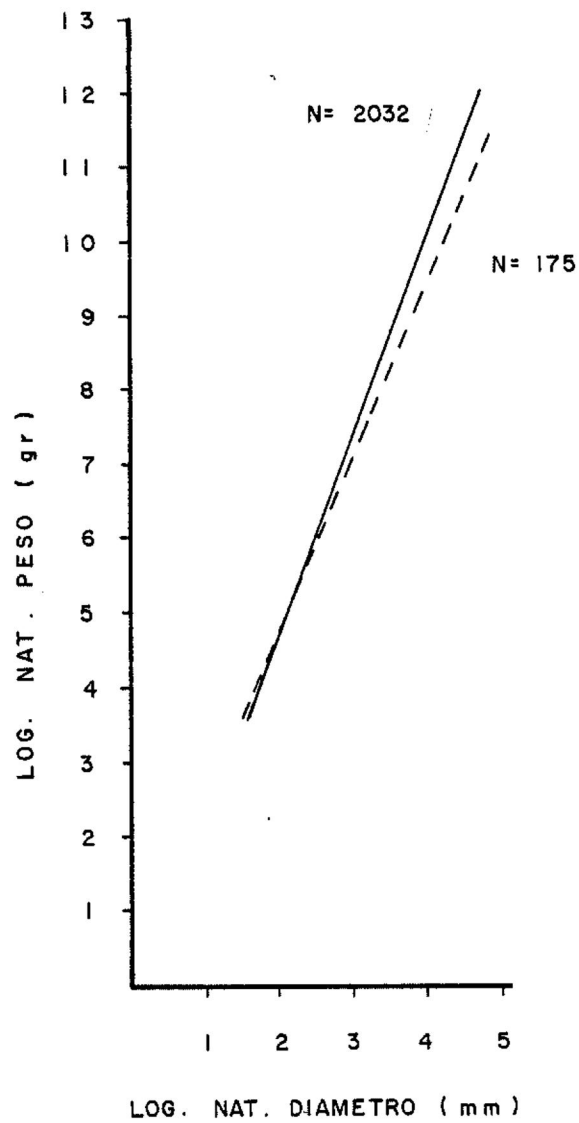


Figura 12. Rectas de regresión obtenidas de la población total de erizos *S. franciscanus* de la localidad de Tres Hermanas en 1978 (línea punteada)  $N=175$ , cuya ecuación es  $\text{Ln}P = 0.09 + 2.4 \text{Ln}D$ ,  $r = 0.89$  y en 1979 (línea continua)  $N=2032$ , la ecuación  $\text{Ln}P = -0.83 + 2.9 \text{Ln}D$ ,  $r = 0.96$ .

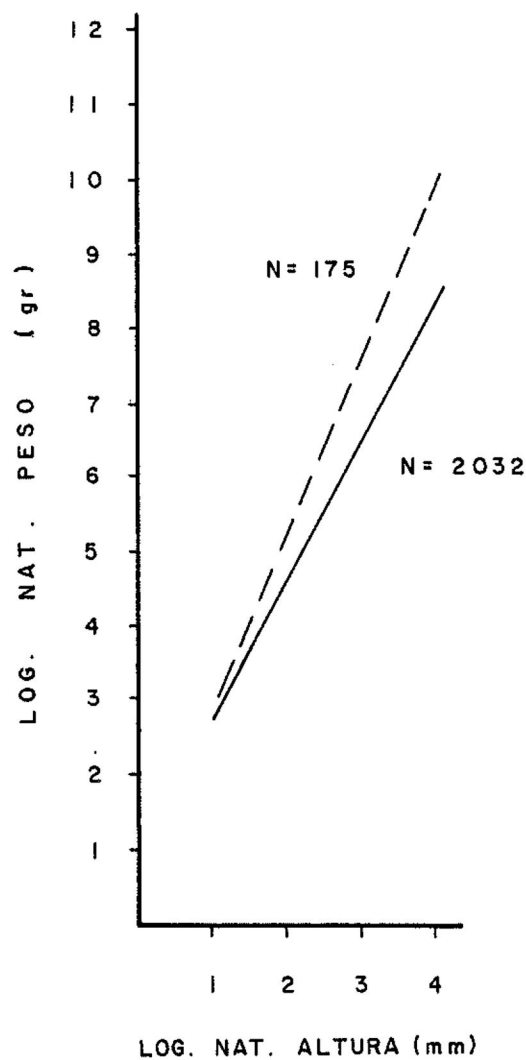


Figura 13. Rectas de regresión obtenidas de la población total de erizos S. franciscanus de la localidad de Tres Hermanas a partir de la relación peso-altura durante 1978 (línea punteada)  $N=175$ , cuya ecuación es  $\text{LnP} = 0.8 + 2.4 \text{ LnA}$ ,  $r = 0.9$  y en 1979 (línea continua)  $N=2032$ , la ecuación  $\text{LnP} = 1.21 + 2.88 \text{ LnA}$ ,  $r = 0.97$ .

Altura-Peso.

$$\text{Ln } P = 0.80 + 2.4 \text{ Ln } A \quad r = 0.90$$

$$\text{Ln } P = 1.21 + 2.8 \text{ Ln } A \quad r = 0.97$$

### Estructura de la Población

Al comparar las distribuciones obtenidas en 1978 y 1979 para la localidad de Tres Hermanas, se puede observar que en 1978 la frecuencia de adultos era mayor que la de juveniles (Fig. 14 A). Esta situación cambió después que en dicha población se ejerció una gran extracción de ejemplares adultos. Al comparar las distribuciones provenientes del Cabo de Punta Banda (Fig. 14 C) con las de la localidad de Tres Hermanas (Fig. 14 A-B) en un mismo mes, se nota la existencia de ejemplares de mayor tamaño y la distribución en general presenta una estructura mas homogenea en Cabo de Punta Banda.

Las distribuciones encontradas para la población de Tres Hermanas en 1979-80 son fundamentalmente un grupo de juveniles, un grupo de adultos y la ausencia de las clases intermedias representadas por una depresión en las distribuciones entre ambos grupos. El primer grupo representa el reclutamiento de juveniles, y el segundo una superposición de las diferentes clases de edad

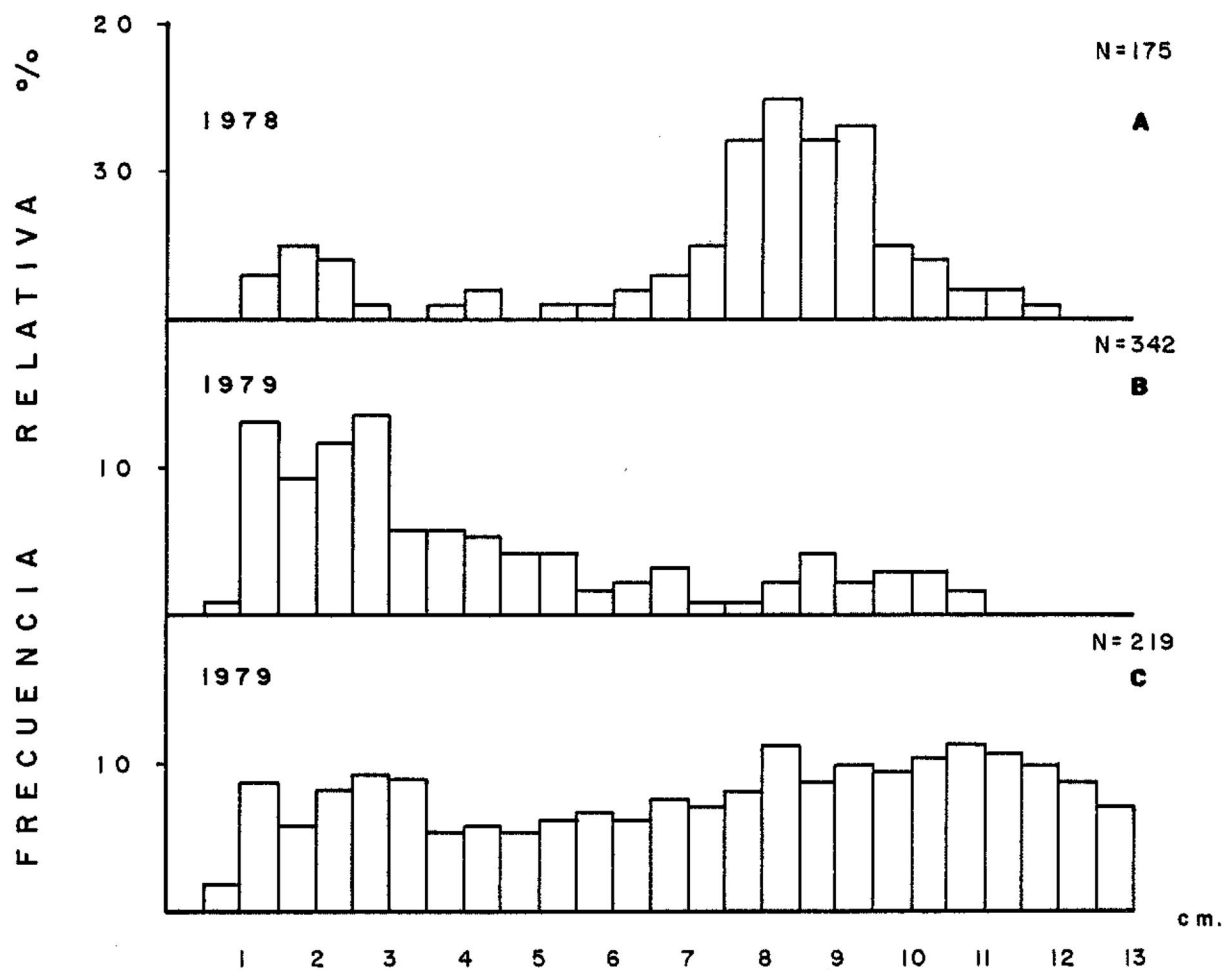


Figura 14. Distribuciones de frecuencia de S. franciscanus que muestran la estructura de la población. A) Localidad de Tres Hermanas en 1978; B) Localidad de Tres Hermanas en 1979; C) Localidad de Cabo de Punta Banda en 1979.

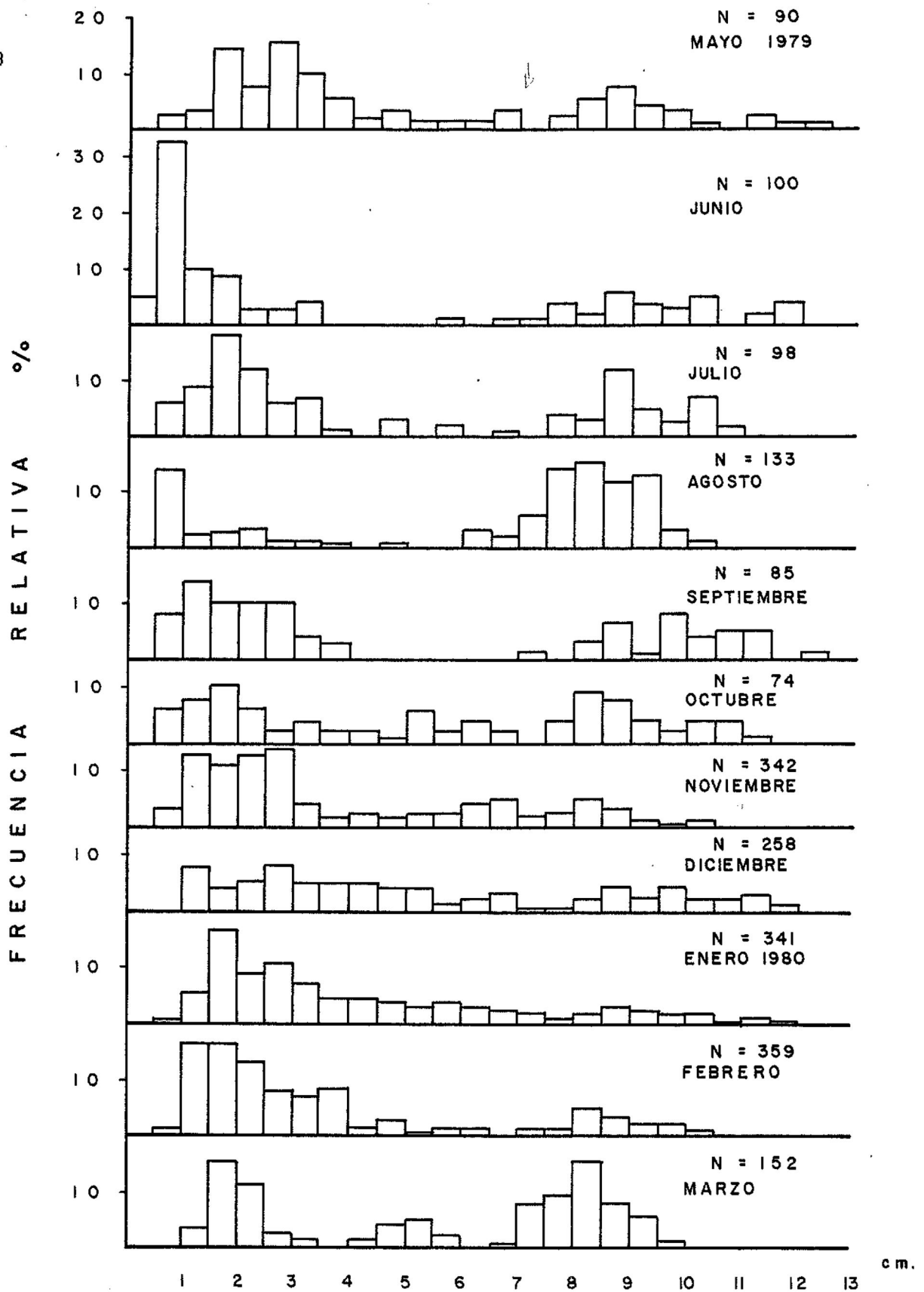


Figura 15. Distribuciones de frecuencia mensuales de la población de *S. franciscanus* en Tres Hermanas, de mayo 1979 a marzo 1980.

conforme se aproximan a su talla máxima (Fig. 15). La depresión entre las dos modas muestran la alta mortalidad de juveniles debido a la depredación de éstos, a falta de un buen reclutamiento en 1978.

Existe un periodo de gran reclutamiento que empezó en mayo y terminó en agosto de 1979 (Fig. 16).

### Crecimiento

Con el análisis de Harding (1949), a partir de la distribución de frecuencias de octubre con un intervalo de 3 mm (Fig. 17), se lograron separar ocho modas (Fig. 18), de las cuales se obtuvieron siete medias ( $L_t$ ) que fueron las siguientes: 9.4, 33, 52, 71, 81, 93 y 104 (en mm). Con dichas medias ( $L_t$ ) se aplicó el método de Walford (1946) (Fig. 19), obteniéndose como primera aproximación un  $L_{\infty} = 147$  mm. Los resultados obtenidos del método descrito por Beverton y Holt (1957) fueron de  $t_0 = 0.6$  y  $k = 0.1889$   
 $L_{\infty \text{ final}} = 148 \text{ mm}$   
 (Fig. 20).

La ecuación para describir la curva de crecimiento (Fig. 21) de la población de erizos de Tres Hermanas, según el modelo de von Bertalanffy (1960), es:

$$Lt = 148 (1 - e^{-0.1334(t-0.6)})$$

Para fines prácticos se tomó la escala de edad como si correspondiera a un crecimiento anual (Fig. 21) aunque existe una diferencia de aproximadamente un mes menos, por lo que un año corresponde a 11 meses y así sucesivamente.

Al calcular indirectamente el crecimiento a partir de las distribuciones mensuales de frecuencia, se nota que en junio, la media fue de 0.77 y en enero 2.0, el crecimiento en 7 meses fue de 1.23 cm, por lo tanto, el crecimiento promedio mensual es de  $1.23 \text{ cm} / 7 \text{ meses} = 1.7 \text{ mm}$ . El crecimiento promedio en 12 meses es de  $1.7 \text{ mm} \times 12 = 20.4 \text{ mm} = 2.04 \text{ cm}$ , por lo tanto, resumiendo lo anterior, el crecimiento anual promedio calculado a partir de las distribuciones de frecuencia de los erizos de un tamaño de 2 cm, fue en la localidad de Tres Hermanas de 2.04 cm.

La mortalidad natural encontrada fue de 12.7% anual.

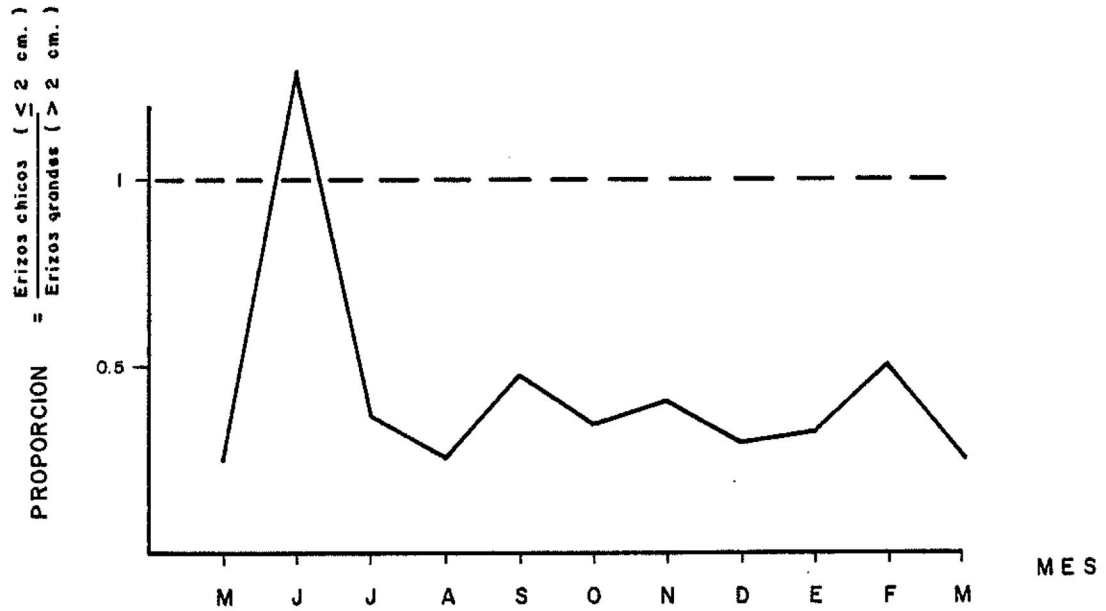


Figura 16. Proporción mensual entre erizos chicos y grandes de la población de S. franciscanus en la localidad de Tres Hermanas, de mayo de 1979 a marzo de 1980.

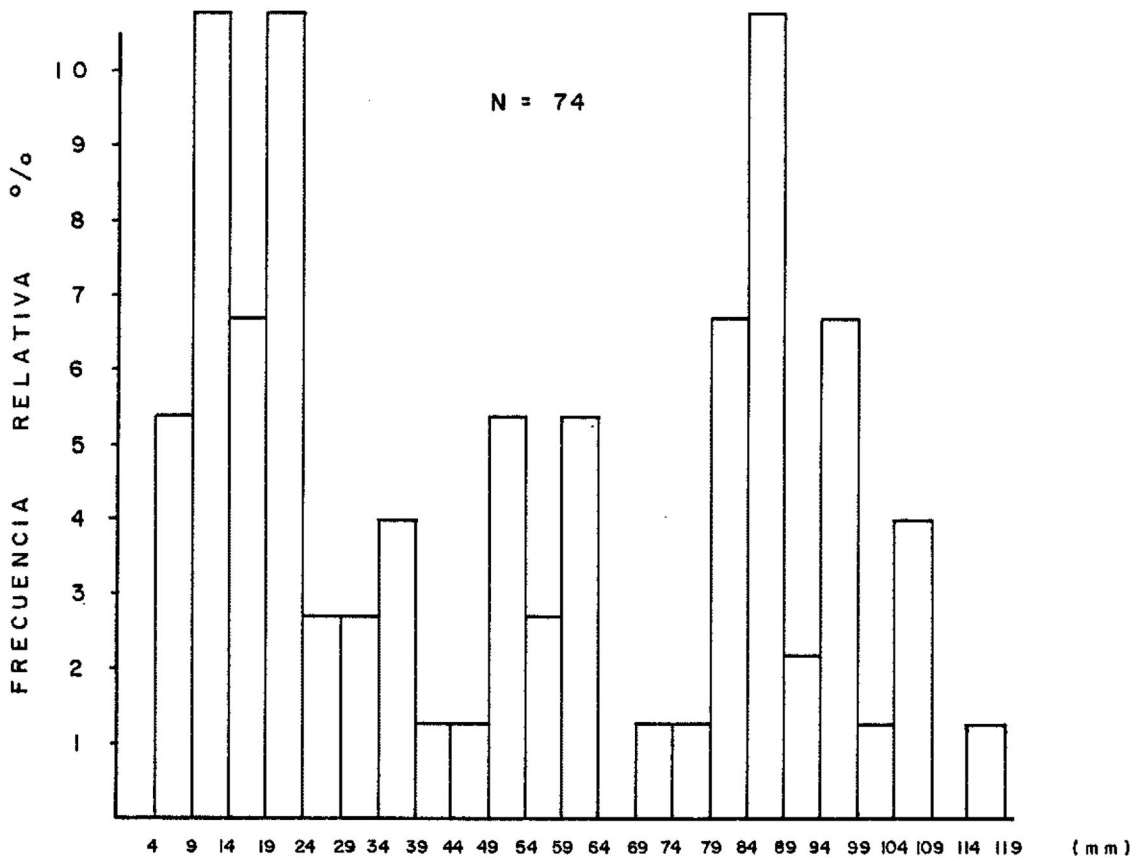


Figura 17. Distribucion de frecuencias con un intervalo de clase de 3 mm del mes de octubre de 1979 para la poblaci3n de *S. franciscanus* de la localidad de Tres Hermanas.

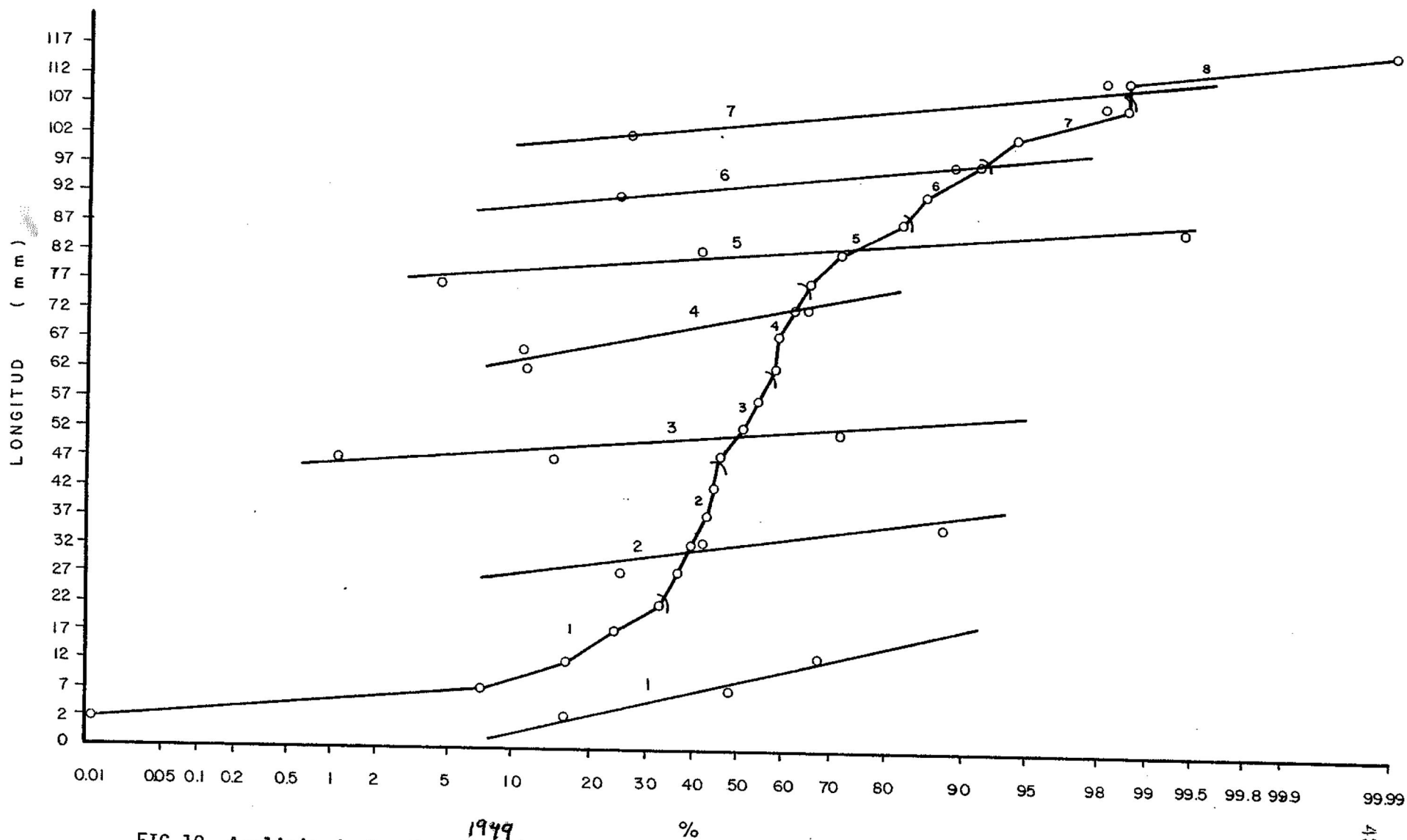


FIG.18 Analisis de Harding (1959) <sup>1949</sup> empleado para separar las modas de una distribución de frecuencia de 3mm de intervalo, para el mes de Octubre en una población de S. franciscanus en la localidad de Tres Hermanas.

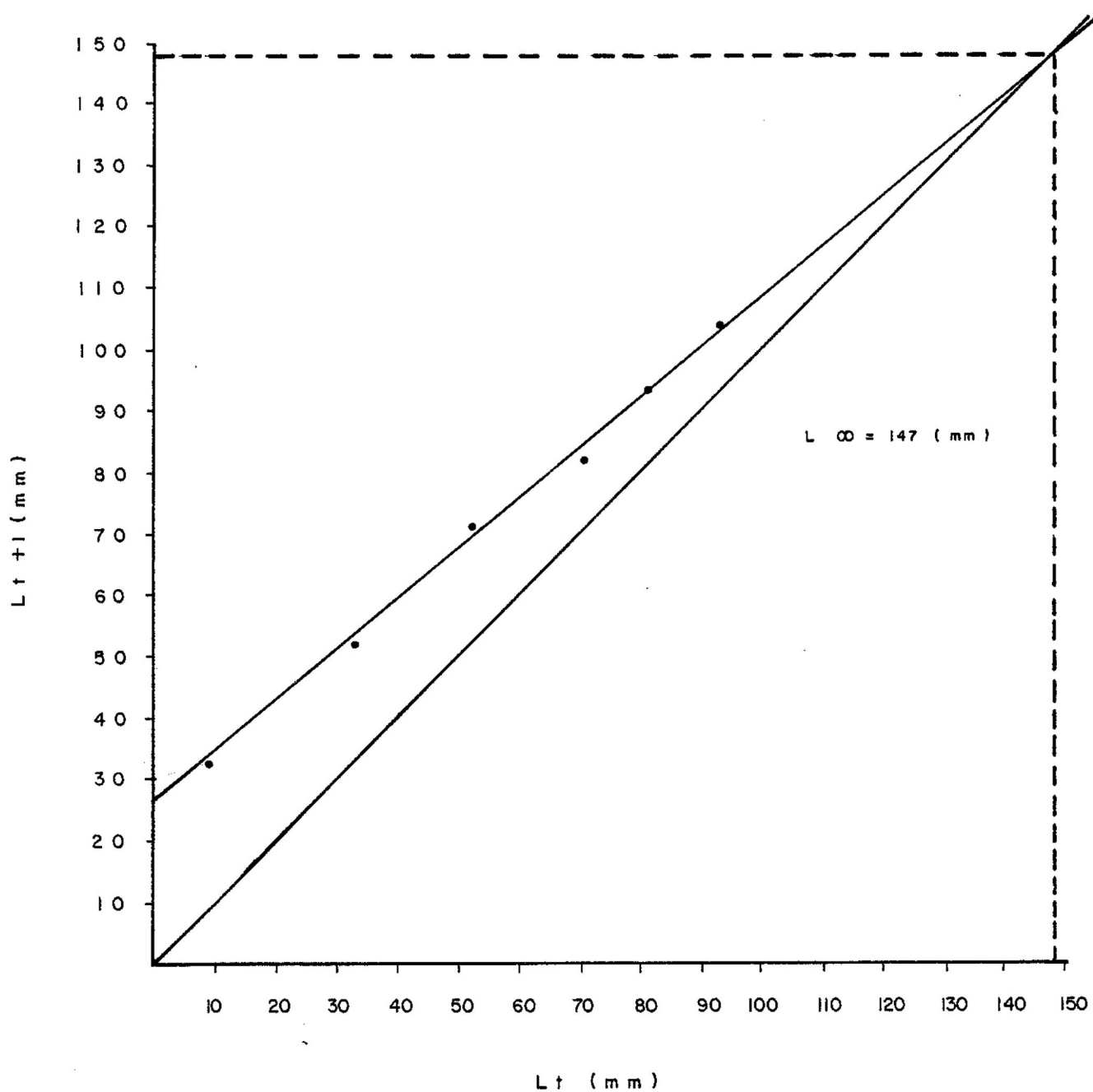


Figura 19. Método gráfico de Walford (1946), empleado para la obtención de  $L_{\infty} = 147$  mm, de la población de S. franciscanus en la localidad de Tres Hermanas.

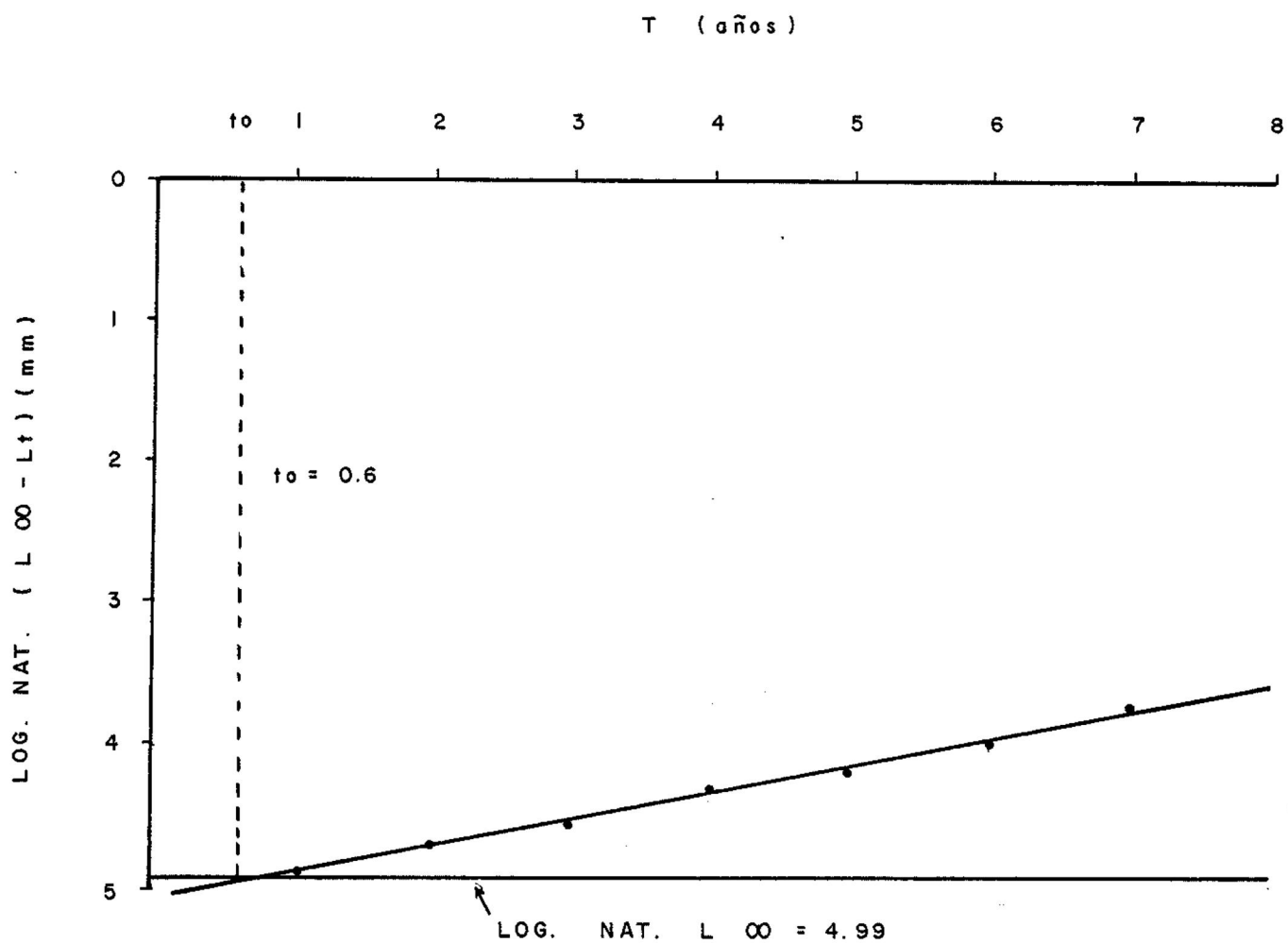


Figura 20. Método gráfico descrito por Beverton y Holt (1957), empleado para la obtención de  $t_0=0.6$  de la población de S. franciscanus en la localidad de Tres Hermanas.

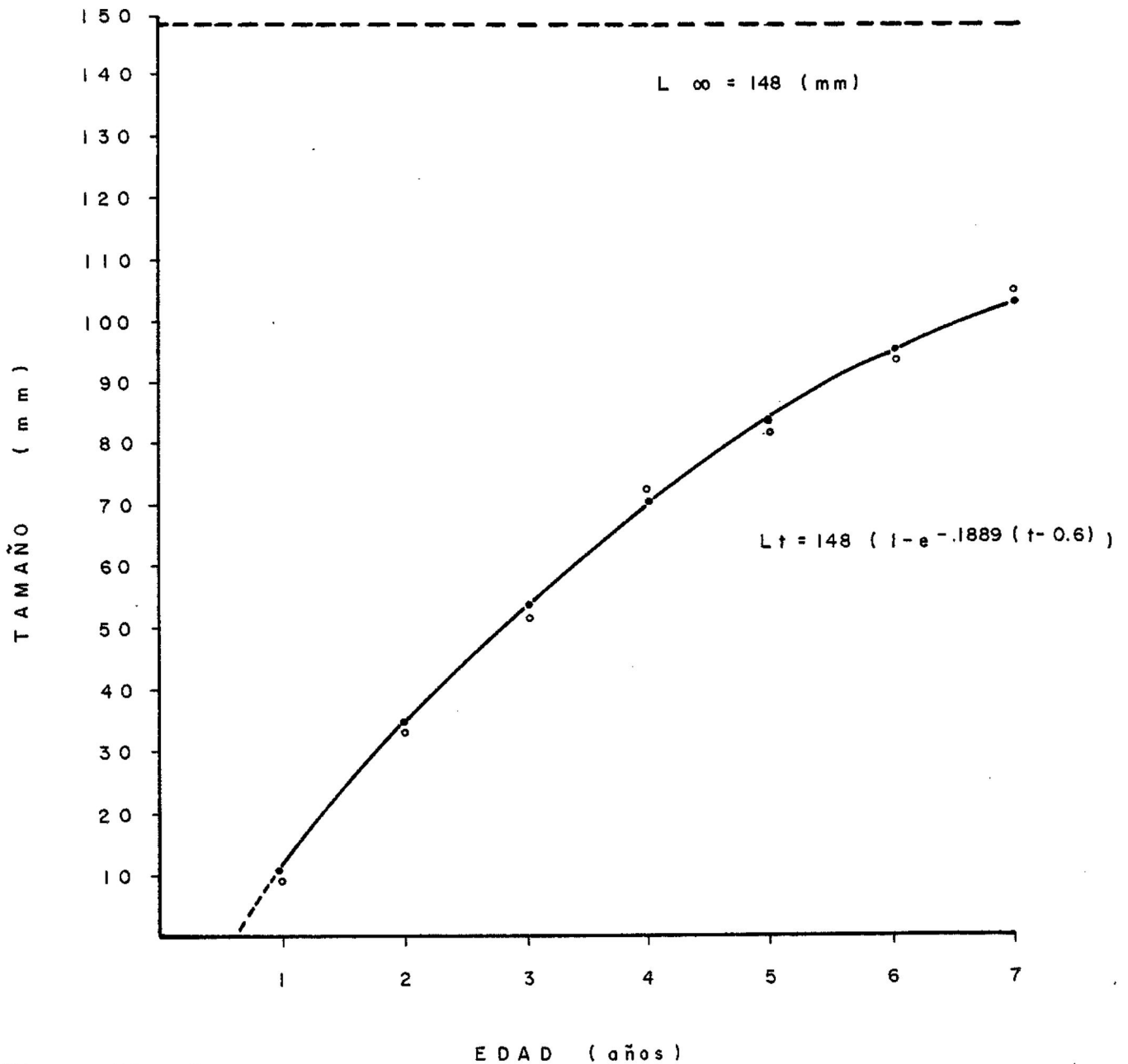


Figura 21. Curva de crecimiento obtenida con el modelo de von Bertalanffy (1960) para *S. franciscanus* en la localidad de Tres Hermanas, cuya ecuación es  $L_t = 148(1 - e^{-0.1889(t-0.6)})$ . La curva es la ecuación tabulada y los círculos en blanco corresponden a los valores observados de  $\bar{L}$  obtenidos del análisis de Harding.

### Desarrollo Gonadal

Durante los meses de mayo a agosto de 1979 y en marzo de 1980 se presentaron los estadios gonadales de recuperación (I) y crecimiento (II) (Fig. 22) (Fuji, 1960) y los periodos de premadurez (III) y madurez (IV), y postdesove (V) de septiembre de 1979 a febrero de 1980.

Los estadios de recuperación y crecimiento coincidieron con los meses en que aumentó la temperatura y los de premadurez y madurez conforme empezó a disminuir ésta (Fig. 23). En marzo el desove mas intenso (Fig. 24) coincidió con el principio de un incremento gradual de temperatura.

El color de la gonada varía de amarillo, naranja a café pasando por diferentes intensidades durante el ciclo gonadal estudiado (Fig. 22-B).

La proporción del número de machos con respecto a las hembras disminuye gradualmente a partir de marzo de 1979 llegando a un mínimo en abril, donde se empieza a elevar hasta que la proporción se invierte en octubre. A partir de este mes es mayor el número de machos con respecto a las hembras, permaneciendo así hasta marzo de 1980 (Fig. 25). Esto se probó despues de aplicar la prueba de Chi cuadrada, entre la temporada de "reposo" y la

temporada "reproductiva", resultando que son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) ( $X = 4.897$ , 1 g.l.). Además se probó que en la proporción total entre machos y hembras de 0.9:1 mediante una prueba binomial, no existe diferencia significativa entre estos números ( $P < 0.01$ ) ( $Z = 1.12$ ), por lo que la proporción se puede considerar que es de 1:1.

El índice gonadal se mantuvo constantemente alto a lo largo del año. Los valores relativamente bajos se encontraron en los meses de mayo a agosto (Fig. 24), que fue cuando la temperatura era mas elevada y conforme fue descendiendo la temperatura el índice gonadal aumentó de septiembre a diciembre.

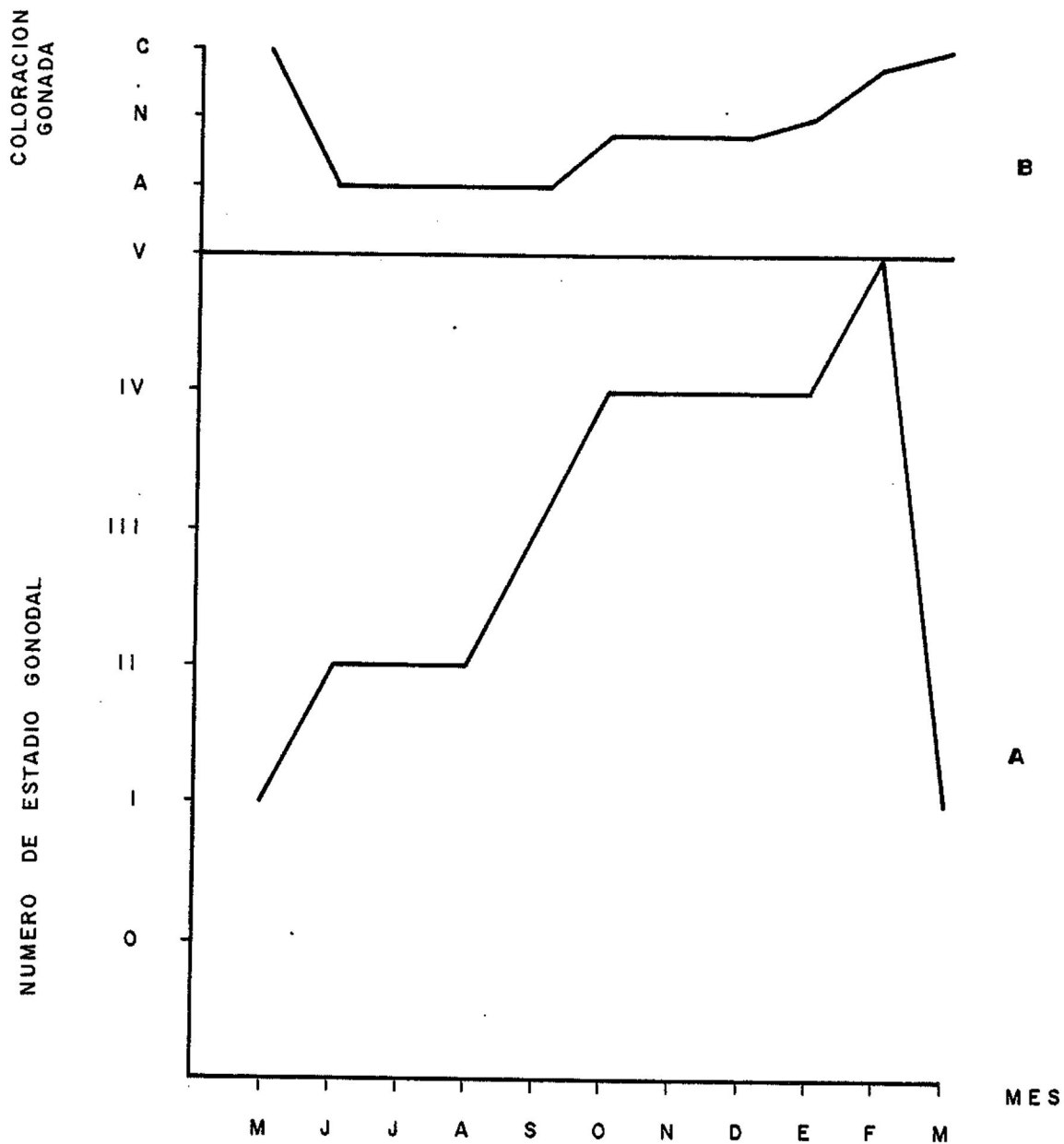


Figura 22. La grafica A representa el estadio mensual gonadal segun Fuji (1960) en que se encontraron los erizos S. franciscanus, desde mayo de 1979 a marzo de 1980. La grafica B, muestra la coloración observada en las gónadas durante las mismas fechas, ambas en la localidad de Tres Hermanas. Las letras C, N y A, significan color café, naranja y amarillo, respectivamente.

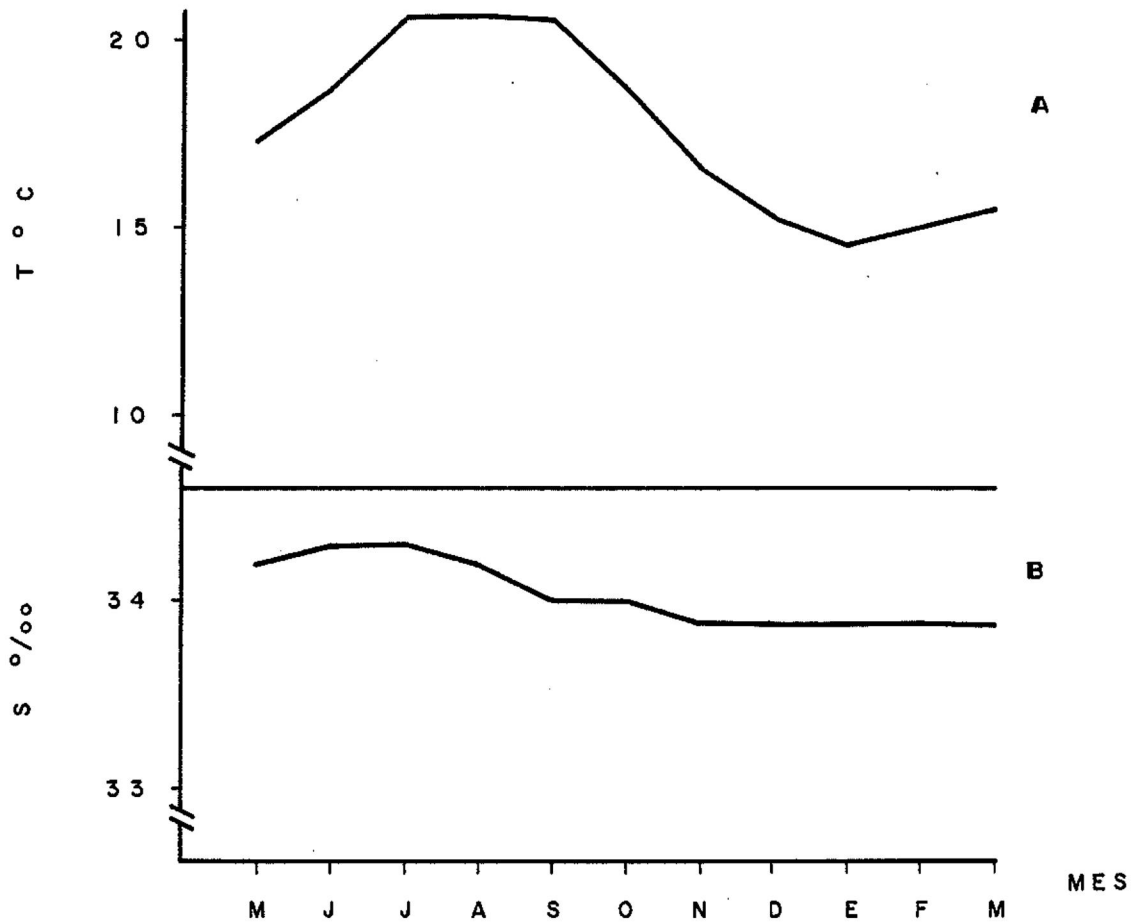


Figura 23. Curvas de temperatura (A) y salinidad (B), promedio, de mayo 1979 a marzo 1980 para la Bahía de Todos Santos, B.C. en base a los datos obtenidos del calendario gráfico de mareas de la Dirección General de Oceanografía.

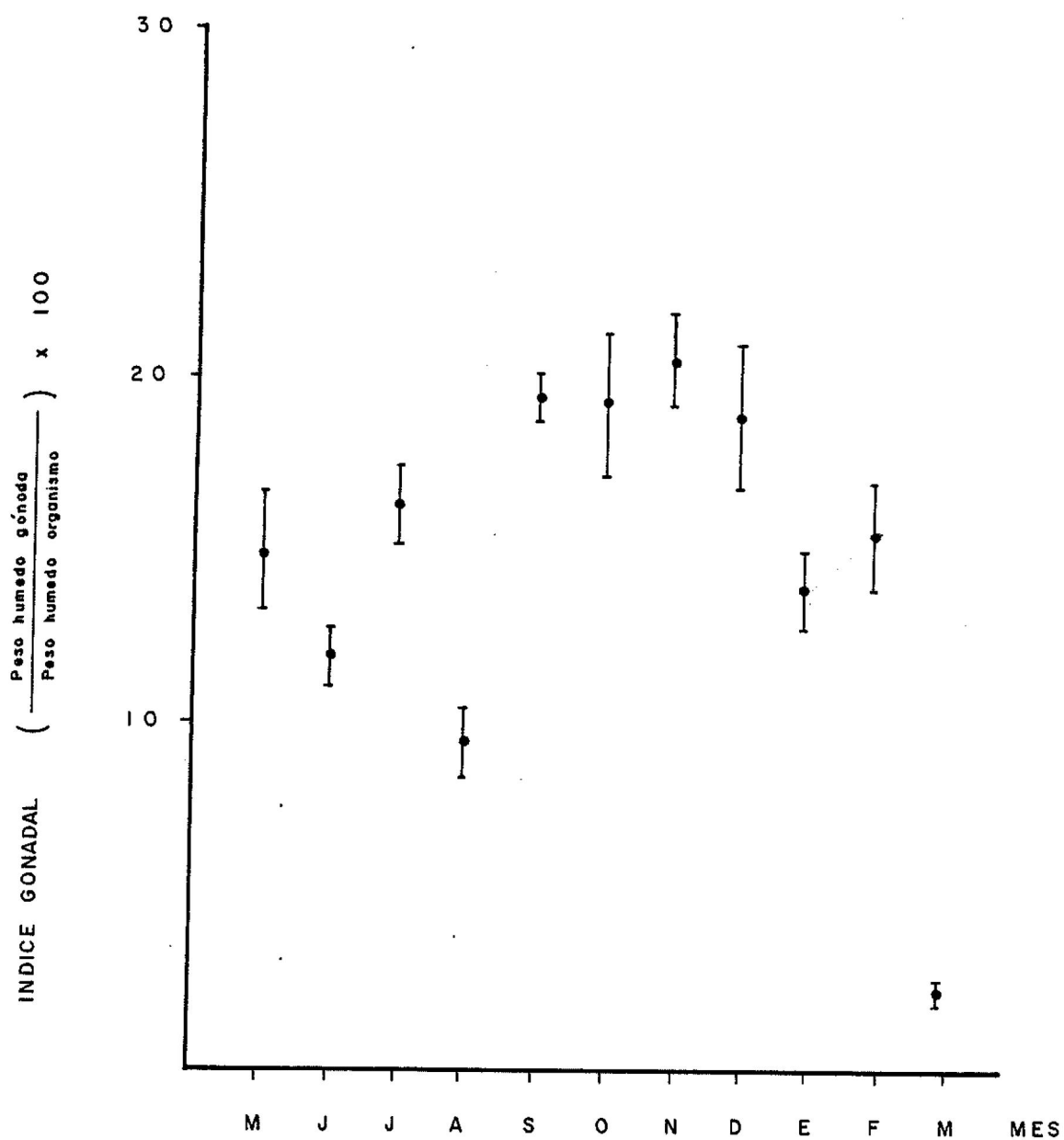


Figura 24. Índice gonadal de la población de *S. franciscanus* en la localidad de Tres Hermanas durante 1979-80. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza a un 95%.

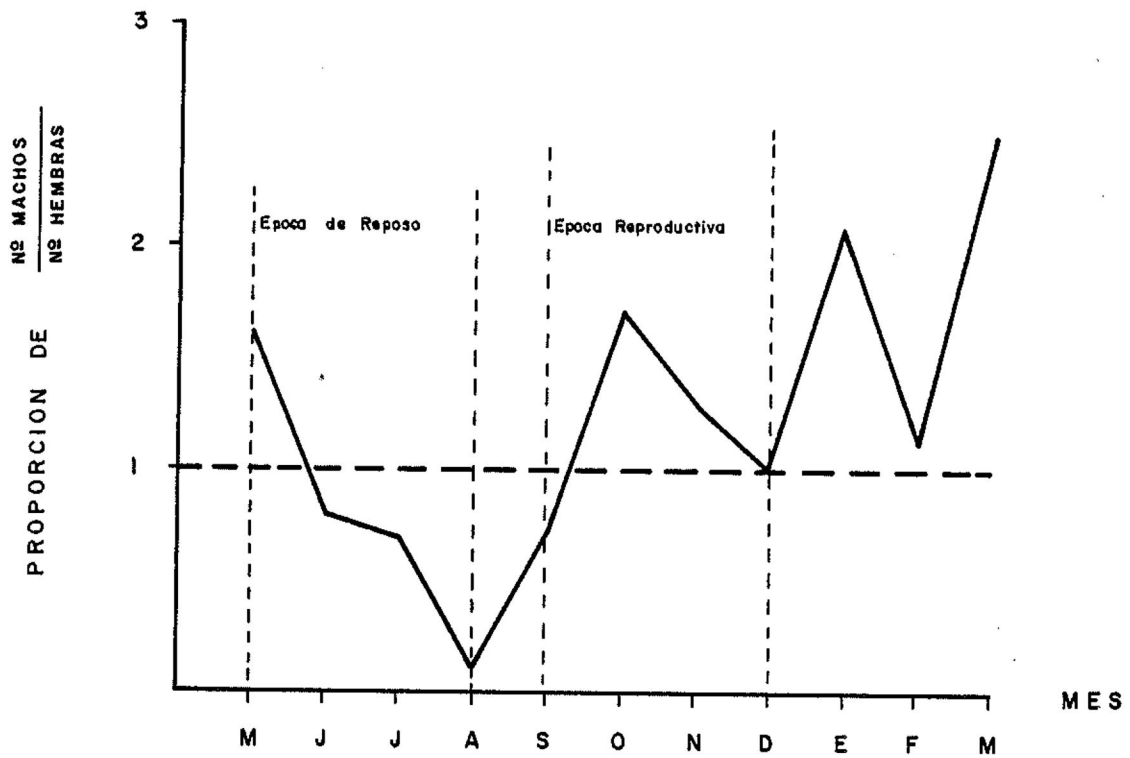


Figura 25. Variación de la proporción mensual entre machos y hembras de los erizos S. franciscanus en la localidad de Tres Hermanas desde mayo 1979 a marzo 1980.

El desove se inició en diciembre, llegando a su máxima amplitud en marzo de 1980. El índice gonadal disminuye de febrero a marzo (Fig. 24), coincidiendo con las fuertes precipitaciones pluviales y marejadas en la Bahía de Todos Santos.

Los máximos y mínimos en el índice gonadal, coinciden con los encontrados por Baker (1973) en Point Loma, California (32 40' N) donde en octubre, noviembre y diciembre son los mas altos y los mínimos en junio, julio, agosto y septiembre, y el periodo de desove de diciembre a febrero, siendo marzo el mas intenso.

Al comparar los índices obtenidos para diferentes localidades de los datos de Flores (1965), con los datos de Tres Hermanas en 1978-79, estos indican que el ciclo gonadal aparentemente no ha variado de una manera considerable, pues a pesar de que los valores no son iguales, coinciden en que los mas altos se encuentran en los meses invernales (enero), bajando en marzo que es la etapa de recuperación e incrementandose nuevamente en mayo en la etapa de crecimiento de la gónada (Tabla 2).

## T A B L A 2

Comparación de los índices gonadales calculados con los datos publicados por Flores (1965) en las localidades de la Bahía de Todos Santos (Punta Banda, San Miguel e Isla Todos Santos), con los índices gonadales calculados de los datos de la población de Tres Hermanas de S. franciscanus.

LOCALIDAD	Punta Banda	San Miguel
FECHA (dia-mes-año)	1-02-64	13-03-64
INDICE GONADAL	12.2	4.6
DESVIACION ESTANDAR	3.6	1.9

LOCALIDAD	Isla Todos Santos			
FECHA (dia-mes-año)	19-03-64	25-03-64	30-03-64	1-05-64
INDICE GONADAL	4.0	6.0	6.2	8.1
DESVIACION ESTANDAR	1.1	3.9	3.6	3.1

LOCALIDAD	Tres Hermanas		
FECHA (mes-año)	02-80	03-80	05-79
INDICE GONADAL	15.8	1.6	15.06
DESVIACION ESTANDAR	5.3	1.2	4.5

### Pesquería y Producción

La pesca del erizo que se realiza en B.C., se hace con equipo de buceo Hookah, instalado en una embarcación de seis metros de eslora y dos metros de manga, impulsado por un motor fuera de borda de 18 a 25 Hp. El equipo de buceo consiste en un compresor de 3-5 Hp. de gasolina, con un tanque de reserva cuya capacidad es de 60-85 lb/pulgada cuadrada de presión, tres tramos de manguera de nueve brazas cada uno. Un traje de neopreno empleado por el buzo para resistir la temperatura promedio de 15 grados centígrados, en que trabaja sumergido en el agua. El personal de la lancha esta constituido regularmente por el buzo, cabo de vidas, bombero y matador. El equipo utilizado para la colecta de ejemplares consta de una jaba, cabo y un gancho metálico para desprender a los organismos. Los pescadores se dirigen a los bancos de erizo localizados preferentemente en los mantos algales de Macrocystis sp., donde el buzo recolecta los ejemplares de mayor tamaño que son enviados a bordo de la embarcación. El "matador" los abre con unas pinzas metálicas especiales y posteriormente extrae la gónada del caparazón con cucharas, depositándolas en unas rejillas de plástico embonadas en una charola del mismo material, y se enjuagan con agua de mar. Esta agua contiene un buen número de huevos fertilizados que son arrojados por los pescadores al mar, una vez terminado el enjuague. Las gónadas se entregan en el muelle en unas cubetas

de plástico cuya capacidad es de 15-20 Kilos de producto y son llevadas a la planta procesadora donde se les da el tratamiento adecuado de acuerdo a la presentación que se le quiera dar, ya sea fresca o salada. Estos métodos están descritos por Malagrino (1972) y Mottet (1976).

El impactante desarrollo de la pesquería en Baja California se puede constatar en las estadísticas del Instituto Nacional de Pesca (INP) (Fig. 26), en la cual, en no menos de siete años se ha multiplicado casi trece veces la producción, alcanzando en 1978, la cifra de 260 Ton. de gónada de erizo y descendiendo a 139 Ton. en 1979. Esta enorme extracción no se encuentra respaldada por ningún estudio científico y mucho menos por algún reglamento oficial que permita la explotación racional del recurso. La variación en el precio final del producto dentro del mercado japonés puede observarse en la Tabla 3. El precio de la gónada no permanece constante de año en año, ni tampoco durante el transcurso del mismo como sucedió en 1979 en que la cotización del Kilo de gónada salada era de \$ 322.00 M.N. hasta el mes de septiembre y después se bajó hasta \$ 76.00 M.N. Este último precio fue calculado a partir del valor total de la exportación de la gónada de erizo en 1979, reportada por el Instituto Nacional de Pesca (INP), que fue de 130,473 Kilos con un equivalente de \$ 2'915,948.00 M.N. Durante el transcurso de 1980, la gónada ha sido cotizada en el mercado japonés, de 12 a

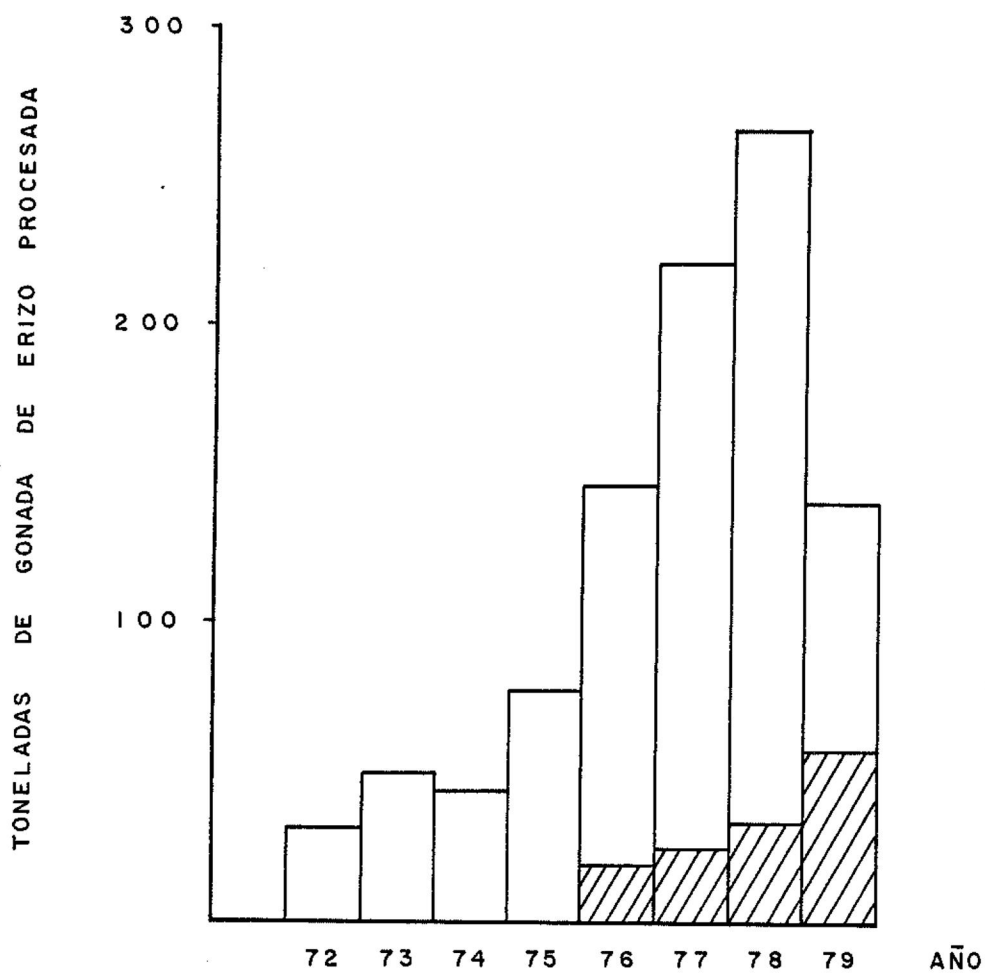


Figura 26. Producción anual de toneladas de gónada procesada de erizo en B.C., tomada de los registros obtenidos por el Instituto Nacional de Pesca (área total de los rectángulos) y Cooperativa Ensenada (área sombreada).

## T A B L A 3

Precios anuales de las gónadas de erizo procesadas, en el mercado internacional, obtenidos de diferentes fuentes de información.

FUENTE	AÑO	PRECIO M. N. /KILO GONADA
Flores	1965	62.50
Mottet	1976	304.64
Este Trabajo	1979	322.00
I. N. P.	1979	76.00

32 U.S. Dlls el Kilo, según la información obtenida de un permisionario local explotador de erizo.

Se calculó el rendimiento de gónadas por erizo a partir de la relación en que 50 erizos son igual a 3 Kilos de gónada (Flores, 1965), para comparar si el rendimiento calculado en este trabajo era el mismo y a la vez utilizarlo para discutir un factor empleado por el Instituto Nacional de Pesca en el mismo sentido.

Así, se dedujeron dos fórmulas para la obtención de un factor que permita transformar los Kilos de erizo a gónada fresca, o bien gónada procesada. Dichas fórmulas se obtuvieron de la siguiente manera:

$$H = 1000 \text{ (gr)}/A \dots\dots\dots (8)$$

donde A = peso promedio de la gónada fresca en gramos; y H = número de erizos necesarios para obtener un Kilo de gónada fresca.

$$F = H \times 0.5 \dots\dots\dots (9)$$

donde F = Kilos de erizo necesarios para obtener un Kilo de gónada fresca; y 0.5 = peso promedio total en Kilos de un erizo de talla comercial (mayor de 8 cm).

Sustituyendo (8) en (9) se tiene:

$$F = 1000/A \times 0.5$$

$$F = 500/A \dots\dots\dots (10)$$

Para obtener F1:

$$H1 = 1000 \text{ (gr)} / (A \times 0.5) \dots\dots (11)$$

donde H1 = numero de erizos necesarios para obtener un Kilo de gónada procesada asumiendo que esta pierde aproximadamente el 50% de su peso durante su industrialización.

$$F1 = H1 \times 0.5 \dots\dots\dots (12)$$

donde F1 = Kilos de erizo necesarios para obtener un Kilo de gónada procesada; y 0.5 = peso promedio total en Kilos de un erizo de talla comercial (mayor de 8 cm).

Sustituyendo (11) en (12) se tiene:

$$F1 = [1000 / (A \times 0.5)] \times 0.5 \dots\dots (13)$$

$$F1 = 1000/A \dots\dots\dots (14)$$

Para ilustrar el empleo de la fórmula 14, se calculó el factor F1 para 1979, empleando  $A = 56.16$ . Este dato se obtuvo promediando los pesos mensuales promedio de julio de 1979 a enero de 1980 (Tabla 4), basándose en que son los meses en que mas se explota el recurso (Fig. 27). No se calculó el factor mensual para 1979 porque solo se cuenta con los pesos promedios desde mayo de 1979 hasta marzo de 1980. Con estos se calcularon los factores correspondientes para hacer notar las diferencias tan marcadas que pueden existir entre los diferentes meses (Tabla 4).

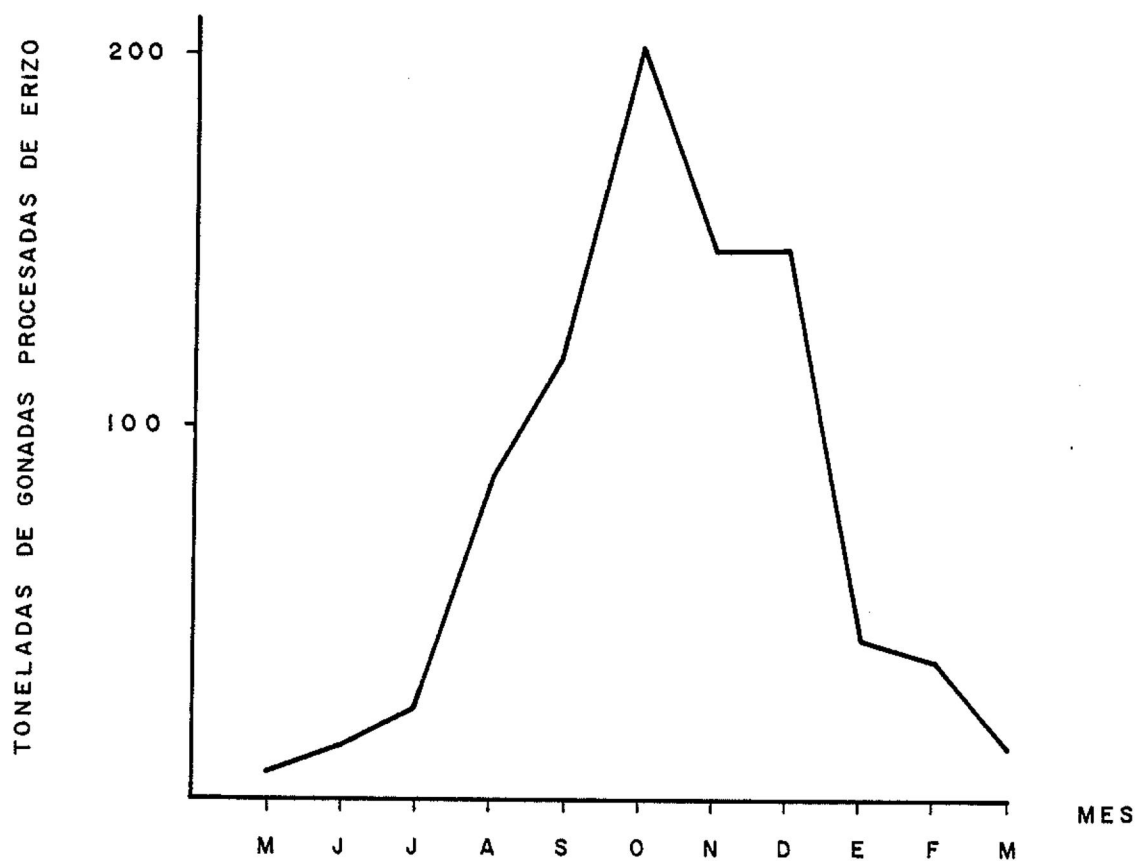


Figura 27. Producción total por mes en toneladas de gónada de erizo procesado desde 1972 hasta 1978, tomada de los registros de producción mensual del I.N.P.

T A B L A 4

Valores del peso promedio mensual ( $\bar{X}$ ) con su respectiva desviación estandar (S.D.) de cierto número de erizos (N) S. franciscanus, así como el factor (F1) mensual de transformación de Kilos de erizo a Kilos de gónada procesada, de la población de Tres Hermanas, desde mayo de 1979 a marzo de 1980.

AÑO	1979								
MES	M	J	J	A	S	O	N	D	
$\bar{X}$	50.0	41.9	49.8	28.2	76.6	66.6	60.9	54.8	
S. D.	30.0	25.5	29.7	12.7	30.5	25.7	15.7	13.7	
N	29	33	36	30	30	30	30	30	
F1	19.9	23.8	20.0	35.4	13.0	15.0	16.4	18.2	

AÑO	1980		
MES	E	F	M
$\bar{X}$	51.1	45.5	3.9
S. D.	21.6	19.0	3.0
N	30	30	30
F1	19.5	21.9	256.4

El valor de  $A = 56.16$  se confirma al comparar las observaciones indirectas hechas a bordo de una embarcación de pesca de erizo en la que para la obtención de 20 Kilos de gónada se emplearon aproximadamente 350 erizos, lo que representa 57.1 gramos de gónada fresca por ejemplar. Por otro lado, empleando datos de febrero, marzo y mayo de 1964 (Flores Villegas, 1965) en tres localidades diferentes, se pudo calcular 60 gramos de gónada fresca por ejemplar. El valor del factor  $F1$  para 1979, empleando  $A = 56.16$  es de 17.9. Dividiendo la producción de Kilos de erizo del I.N.P. entre este número da 139,504 Kilos de gónada procesada.

Basándose nuevamente en el dato de que un erizo de tamaño comercial rinde 56.16 gr de gónada se calcularon el número de erizos extraídos por año desde el inicio de la pesquería hasta 1979 (Tabla 5).

T A B L A 5

Equivalencia anual de los Kilos de gónada procesada de erizo en número de erizos (S. franciscanus) de talla comercial (> de 8 cm), calculado a partir de las estadísticas de producción anual de Kilos de gónada procesada, registrados por el Instituto Nacional de Pesca y asumiendo que el peso promedio de gónada procesada obtenida por erizo es de 28.07 grs.

Año	Kilos de Gónada	No. de Erizos	%
1972	13,356	475,810	0.12
1973	49,682	1'769,932	4.71
1974	43,282	1'541,930	4.10
1975	77,136	2'747,987	7.31
1976	145,913	5'198,183	20.99
1977	221,302	7'883,933	24.68
1978	260,235	9'270,929	23.68
1979	139,504	4'969,861	13.23
Total	950,410	33'858,567	100.00

## DISCUSION

Durante el transcurso del tiempo en que la población de Tres Hermanas fue sujeta a pesca que posteriormente se detuvo, ocurrieron cambios notables en la abundancia de los peces Pimelotopon pulchrum y Oxiulius californica. Los peces anteriormente citados están considerados como depredadores de erizo. Seguramente ante la escasez de erizos emigraron a lugares con mayor abundancia. El erizo C. coronatus, también presente en el área, al disminuir la competencia por el espacio y alimento ocupó el sustrato libre dejado por S. franciscanus, especialmente las grietas y cavidades de las rocas.

La zona de Cabo de Punta Banda se escogió por el hecho de que no había sido sometida a la explotación pesquera de erizos, permitiendo comparar su estructura poblacional con la de Tres Hermanas.

No se pudo realizar el estudio de la densidad metodológicamente, por lo que las estimaciones y comentarios al respecto se basan en la observación directa y conteos aproximados, en los lugares donde se hayaron agrupados los erizos. Se han hecho intentos con diferentes metodologías y Jones (1979), debido a las dificultades que presenta el medio, le asignó una importancia secundaria a la

exactitud estadística del trabajo. Algunos muestreos dieron un número menor de erizos que otros debido a la turbulencia del agua, que prácticamente impedía la visibilidad, siendo necesario hacer el trabajo a tientas y en otros casos la corriente en el fondo del mar era demasiado fuerte, lo cual dificultaba cualquier maniobra. Estos dos problemas fueron las principales razones de que no se haya podido estimar la densidad y el patrón de distribución de los erizos, por lo que únicamente se hace de una manera muy descriptiva.

En el área de Tres Hermanas los adultos se encontraban distribuidos en pequeños conjuntos de organismos en las rocas y un gran número de juveniles debajo de los adultos indicando cierta tendencia a agruparse bajo su protección (Tegner, 1977) y en las margenes del manto de Macrocystis sp. se encontraban un número mayor de erizos, coincidiendo con las observaciones reportadas por Mattison et. al. (1977), en la que sugiere como explicación, que esta área es un buen lugar para el reclutamiento, la mortalidad en este lugar es mas baja, o bien es un lugar donde hay una gran depositación de algas de deriva que constituyen una fuente constante de alimento.

En la zona de Cabo de Punta Banda, la distribución era de forma desordenada sin estar agrupados, esto posiblemente se debía a la alta densidad de organismos y al tipo de sustrato que provocaba

una distribución mas homogénea.

En cuanto a la biometría de los organismos, en la relación diámetro-altura los erizos tienden a guardar la proporción de 2:1, aunque se puede observar en el cálculo de las alometrías que esta relación no es constante en los diferentes tamaños. En los chicos ( $\leq$  de 4 cm) la forma es mas redondeada y conforme crecen se aplanan dorsoventralmente siendo al final mayor la relación del diámetro sobre la altura. En la relación de altura y diámetro contra el peso, es difícil decir si guardan cierta relación pues el peso depende principalmente del índice gonadal y este varía durante el año. Por otra parte, los erizos tienen la facultad de no digerir los alimentos inmediatamente después de haber sido ingeridos, pudiendo permanecer un tiempo en el intestino (Fuji, 1977), afectando así el peso del organismo. El hecho de que al comparar las rectas obtenidas de la relación diámetro-altura de 1978 con 1979-80, resultan paralelas (Fig. 11) posiblemente se debe a que en 1978 fue una muestra de solo 175 ejemplares, cuando en 1979-80 fue la suma total de todos los muestreos con un número de 2032 organismos.

Al analizar la estructura de la población de Tres Hermanas se nota que las distribuciones mensuales presentan un grupo de juveniles, uno de adultos y la ausencia de tallas intermedias. Esto parece ser un fenómeno que se presenta normalmente en las

poblaciones que ocurren en California, Oregon y British Columbia, Tegner (com. pers.) se lo atribuye a la depredación ejercida en ciertas tallas. Al no poder permanecer los erizos pequeños bajo la protección de la cubierta de espinas de los adultos, tienden a salir y quedan expuestos a ser depredados (Tegner, 1977), o bien debido a que durante 1978, año en que se explotó comercialmente la población, tuvo como efecto disminuir el reclutamiento en 1979 como se puede observar en las depresiones que muestran las distribuciones de frecuencia.

En los últimos meses el incremento de organismos en las tallas de 4 a 7 cm parece estar relacionado con el aumento de ejemplares adultos en el área de trabajo, que posiblemente migraron de lugares circunvecinos como ha ocurrido en otras partes en donde se redujo experimentalmente el número de adultos (Op.cit.). Aparentemente las tres modas que se observan claramente en marzo de 1980 para la distribución de Tres Hermanas, se ven presentes aunque en forma menos clara en los otros meses, faltando el segundo grupo posiblemente por un mal reclutamiento en 1978 que fue cuando empezó la pesca comercial en esta localidad.

En el área de Cabo de Punta Banda, la mayor frecuencia de organismos de gran tamaño observada, es debida a que aun no ha sido explotada por pescadores de erizo. La pesca que ellos realizan es selectiva en cuanto al tamaño, pues consideran que

los mas grandes contienen mas gónada. La homogeneidad poblacional se debe a que la densidad de erizos es mayor, y la distancia entre los adultos es menor, brindando mejor protección a los juveniles que comunmente son depredados al salir del radio protector de estos.

Para la proporción entre chicos y grandes se consideraron como chicos los menores de 2 cm ya que aparentemente son los menores de un año y por lo tanto pueden indicar la abundancia mensual de reclutas.

Después de ser sometida el área de Tres Hermanas a una pesca intensa durante 1978, el número de adultos disminuyó, y a pesar de esto se presentó un buen reclutamiento durante junio de 1979 (Fig. 16). Los erizos adultos en el área son escasos, sin embargo, se encuentran agrupados de 4 a 10 por metro cuadrado y debajo de ellos un número considerable (10 a 20) de juveniles.

La proporción de juveniles con relación a los adultos indica que hay un número constante a lo largo del año de estos, siendo mas marcado en los meses de verano (junio) que corresponde a la época posterior al desove que tiene lugar en los meses invernales, de diciembre a marzo (Fig. 23).

El modelo de von Bertalanffy se usó porque se deriva de parámetros fisiológicos. Se ha aplicado a un gran número de animales (von Bertalanffy, 1960) y además ha sido empleado por Ebert (1973) para el erizo Echinus esculentus, concordando los resultados del modelo con los valores obtenidos en el campo por Moore (1935).

En el caso de la población de Tres hermanas la tasa de crecimiento  $k=0.1889$  fue menor que en dos poblaciones de S. franciscanus en Mission Bay y Point Loma, California, donde Baker (1973), calculó que  $k$  era de 0.285 y 0.255 respectivamente. La explicación aparente a las diferencias encontradas es debido a que el crecimiento era determinado por las condiciones particulares del lugar como hace notar Baker (op. cit.), al tratar de explicar el por qué sus tasas de crecimiento fueron menores que las de Swan (1961), quien mantuvo sus ejemplares en cuativerio con condiciones óptimas de temperatura y alimentación. El crecimiento es menor aun cuando se comparan los resultados de Jones (1978), que calculó que un erizo de 2, 5, y 7 cm correspondía a 1, 2 y 3 años de edad respectivamente, mientras que en Tres Hermanas en estos mismos años correspondieron a 1.0%, 3.4 y 5.3.

No se utilizaron otros métodos como son el de marcado o bien lectura de anillos en partes duras del organismo. La razón de esto en el caso de marcado, es la dificultad que implica aplicar los métodos propuestos por Ebert (1965) y Less (1970), además de la alta mortalidad que ocurre en los erizos marcados. En cuanto a la lectura de anillos, para el caso de S. franciscanus, Breen y Adkins (1976), demostraron la ineficacia del método para determinar la edad en esta especie. Al calcular indirectamente el crecimiento, coincidió con el calculado mediante el modelo de von Bertalanffy, corroborando el crecimiento de aproximadamente 2 cm por año en el primer año.

En la población de Tres Hermanas existen esencialmente dos tipos de mortalidad, la provocada por la pesca selectiva de organismos adultos y la natural representada principalmente por la alta mortalidad de ciertas tallas intermedias. No es posible evaluar la mortalidad por pesca debido a que no existe un registro de el número de embarcaciones que operan en la extracción de erizo y tampoco ningún dato que pueda proporcionar una relación real, a no ser el cálculo indirecto obtenido de transformar los kilos de gónada de erizo procesada de tamaño comercial (Tabla 5). La mortalidad natural (12.7%) esta representada en su mayoría por juveniles y esta a su vez, esta directamente relacionada con la escasez de organismos adultos ya que los juveniles tienden a agruparse cerca de los adultos, pues de ellos reciben protección

y alimento (Tegner, 1977). En la medida que van creciendo, se ven en la necesidad de salir del radio de las espinas de los organismos adultos y es en este momento cuando son objeto de depredación, o bien los que alcanzaron a fijarse en el sustrato durante 1978, ante la ausencia de adultos por causa de la pesca comercial, fueron depredados fácilmente, reflejándose esto en un mal reclutamiento durante ese año.

La disminución de la mortalidad en los últimos meses de 1979-80 en la población de Tres Hermanas, representada por un incremento en la frecuencia de tallas intermedias (Fig. 14), se debe posiblemente a la inmigración de adultos de áreas circunvecinas, significando esto un aumento en la protección de juveniles.

Al analizar la proporción entre machos y hembras se observa que en general hay cierta tendencia a ser mayor la proporción de hembras en verano (temporada de "reposo") y de machos en la temporada invernal ("reproductiva") (Fig. 16). Una posible explicación a este fenómeno es que en la temporada de reproducción el desove de las hembras atraiga a los machos, además de provocarlos a desovar (Fox, 1923). Existe el caso del pez Leuresthes tenuis, en que varios machos se agrupan alrededor de una hembra para asegurar la fertilización. Puede ocurrir algo similar en los erizos ya que como la fertilización es externa hay que asegurar un porcentaje alto de huevos fertilizados y como la

movilidad y supervivencia del espermatozoide es muy corta una vez que entra en contacto con el agua por el "efecto respiratorio de la dilución" (Stearns, 1974), al aumentar el número de machos cerca de una hembra se podría reducir este efecto. La proporción total entre machos y hembras de la población es de 1:1, coincidiendo con las proporciones encontradas por Baker (1973), para las poblaciones de Mission Bay y Point Loma, California.

El desarrollo gonadal esta influenciado por diversos factores. En la localidad de Tres Hermanas hay una gran cantidad de alimento disponible constituido por una variedad de algas (Tabla 1), donde predomina Macrocystis sp., permitiendo que haya una fuente segura de energía para el crecimiento de la gónada. El índice gonadal esta correlacionado directamente con la disponibilidad de alimento que influye en la condición del fagocito nutritivo (Lasker y Giese, 1954; Ebert, 1968). El ciclo gametogénico y los fagocitos nutritivos estan en constante competencia por las reservas alimenticias. Durante el año los gametos maduros no expulsados son fagocitados, por lo que se necesita una buena acumulación de reservas (Bernard, 1977), para mantener el equilibrio, de lo contrario un periodo de inanición provoca la reabsorción de las gónadas (Leighton, 1971), debido a que los fagocitos exceden en número a la producción de gametos (Bernard, 1977).

Al comparar los máximos de temperatura con los meses en que se presentaron los índices gonadales mas elevados, se observó que existe una cierta relación. Esto ocurre también en las poblaciones de S. franciscanus estudiadas por Baker (1973) y en las de S. droebachiensis por Taylor et. al. (1957). Existen diferentes opiniones con respecto a la influencia de la temperatura en el desarrollo de las actividades gonadales. En el caso de la población de Tres Hermanas, el índice gonadal permanece constantemente alto. Cuando existe una baja temperatura, el tiempo de retención del alimento en los intestinos es mayor, lo que implica una digestión mas completa y una mejor asimilación (Lasker y Giese, 1954; Fuji, 1977), permitiendo a la vez, mas incorporación de reservas nutritivas que mantienen el equilibrio entre el ciclo gametogénico y los fagocitos nutritivos.

Un incremento de temperatura es capaz de inducir al desove y detener la actividad reproductiva (Cochran y Engelmann, 1975), aunque hay casos en que los machos permanecen constantemente fértiles durante el año (Benett y Giese, 1965), reteniendo en las gónadas el 20% de los gametos despues del desove (Bernard y Miller, 1973).

También las marejadas y precipitaciones pluviales fuertes como las que se suscitaron entre febrero y marzo de 1980 en Bahía de Todos Santos, pudieron haber contribuido como factores que indujeron el desove de una manera intensiva (Cochran y Engelmann, 1975), a pesar de que usualmente se realiza en forma gradual (Giese y Pearse, 1974) o gradual y esporádico e iniciándose dentro de una población continua en pequeños grupos (Bernard, 1977).

El periodo de recuperación de las gónadas (Fig. 22) fue relativamente largo y lo explica Boolotian (1960), diciendo que en zonas de agua fría, con variaciones estacionales amplias de temperatura, como sucede en la Bahía de Todos Santos (Fig. 22), el periodo de crecimiento gonadal es extenso. Como la duración del periodo inactivo que sigue a la reproducción, puede ser una función del tiempo necesario para adquirir suficiente energía (reservas) y generar gametos (Cochran y Engelmann, 1975), las altas temperaturas observadas (Fig. 22) en los meses posteriores al desove, sugieren una baja asimilación de la comida (Fuji, 1967), haciendo por lo tanto mas lenta dicha recuperación. El hecho de que la época de desove detectada en este trabajo coincida con la de Baker (1973), reafirma la teoría de que "la variación latitudinal con el desove, ocurre progresivamente mas tarde hacia el Norte. Los periodos potenciales de desove ocurren de febrero a julio en Pacific Grove, Calif. (35 N) (Newmann,

1923); en el sur de British Columbia (49 N), de marzo a septiembre; en las islas Queen Charlotte (52 N), de abril a octubre" (Bernard, 1977).

En lo que se refiere a la pesca actual del erizo, esta depende de la época de reproducción, por lo tanto es importante determinar medidas en las que se proteja la capacidad reproductiva de la población y el reclutamiento de juveniles. En relación a la reproducción no existiría un gran problema ya que los erizos maduran al tercer año de vida cuando tienen 5 cm de diámetro y son demasiado pequeños para ser comerciables. Los ejemplares demasiado grandes presentan gónadas que son consideradas de poca calidad por su coloración y falta de consistencia, y los pescadores evitan sacarlos (com. pers.). El mayor problema lo representa el reclutamiento que al ser esporádico (Mottet, 1978) y además de necesitar la presencia de adultos (Tegner, 1977) ponen en peligro la adición de organismos en las poblaciones que han sido pescadas, sobre todo en las que el sustrato no está compuesto por conglomerados de roca que pueden brindar mayor protección a pequeños juveniles aun cuando no haya adultos presentes (Bernard y Miller, 1973).

Desde el punto de vista de la pesca comercial, es muy importante determinar los lugares, la época adecuada y el tamaño de los organismos para la obtención de un buen producto. No siempre los

erizos de mayor tamaño son los que tienen mayor cantidad de gónada, como lo reflejan los coeficientes de correlación diámetro-peso de la gónada (0.42) y altura-peso de la gónada (0.24), que son muy bajos. Jones (1979), encontró que las poblaciones más densas presentan un índice gonadal menor que las menos densas y además que las poblaciones que se encuentran a mayor profundidad con poco alimento, tienen menor índice que otras en que había gran abundancia de alimento a menor profundidad.

Debido a que el precio del producto final depende de la calidad de la gónada esta debe tener buen tamaño y consistencia. Las condiciones ideales para que el producto posea dichas cualidades, se presentan durante el periodo de invierno, que es la época de reproducción de los erizos, en la que el índice gonadal es mayor que en verano (Fig. 23).

La gónada considerada de primera calidad es aquella que cuenta con un color amarillo a ligeramente anaranjado y con buena consistencia (bajo porcentaje de agua). Dicha coloración empezó a observarse en Tres Hermanas desde julio (Fig 21 B), pero a pesar de esto tiene poco valor por el bajo índice gonadal que corresponde a esos meses. La mejor época para obtener una gónada de aceptación comercial es en los meses previos al desove (Fig. 23), cuando la coloración de las gónadas es amarillo-naranja, y

la cantidad de agua absorbida aun no es muy alta. La absorción de agua provoca la falta de consistencia en las gónadas (Bernard, 1977), además de que el rendimiento de la gónada por el proceso de deshidratación (Malagrino, 1962) baja considerablemente.

A pesar del aparente desarrollo local de la pesca comercial del erizo existen algunas circunstancias que reflejan que el desarrollo de esta pesquería no se realiza en forma adecuada.

Cabe hacer notar que en el lapso de dos años disminuyó la importación en Japón a la mitad (Sato, 1979). Se puede atribuir a dos causas: o el mercado japonés restringió la importación de producto mexicano o bien, las fuentes de abastecimiento en México han sido severamente mermadas, como se puede observar en la disminución de producción anual de gónada de erizo de 260.2 Ton. en 1978 a 139.5 Ton. en 1979, según las estadísticas del Instituto Nacional de Pesca (Fig. 25).

Otro ejemplo es la forma en que se transforman las toneladas de erizo extraídas, a toneladas de gónada procesada, por parte del I.N.P. La manera en la que hasta la fecha se realiza es dividir los kilos de erizo extraídos durante un año, entre un factor 7. Aplicando esta metodología a la producción de 2,497,138 Kilos de erizo en 1979, se obtuvo 356,734 Kilos de gónada de erizo procesada, que equivalen a \$ 27'111,748.00 M.N. Si se considera

que el total de las exportaciones en 1979 fue de 130,473 Kilos de gónada procesada (I.N.P.) con un valor de \$ 9'915,948.00 M.N., se infiere que faltan 226,261 Kilos de gónada de erizo que en dinero representan \$ 17'195,836.00 M.N., ya que positivamente se conoce que no hay mercado de consumo nacional y toda la producción se destina a exportación.

En el presente trabajo se calculó la fórmula para obtener un nuevo factor basado en los datos de esta investigación, que al ser aplicado a la producción total de kilos de erizo en 1979, solo muestra una diferencia de 9,031 Kilos de gónada con un valor de \$ 686,356.00 M.N., haciendo evidente la importancia entre emplear el factor 7, y el calculado mediante los datos obtenidos en este estudio. Cabe hacer la aclaración de que en el caso del erizo, este factor debe ser calculado mensualmente, ya que la condición de las gónadas no es la misma durante todo el año como lo indica el índice gonadal (Fig. 23). Al observar las cifras de erizos extraídos anualmente (Tabla 5), y considerando las conclusiones a las que llego Tegner (1977), sobre la importancia de los adultos como nodriza para el reclutamiento y desarrollo de juveniles de diferentes especies, incluyendo a los mismos erizos y además considerando que dicho reclutamiento es esporádico (Mottet, 1976), se puede ver que la especie peligra (y junto con ella, muchos otros organismos) o por lo menos puede llegar a niveles muy bajos de abundancia.

Si se observa la producción de gónada de erizo (Fig. 25), se denota un incremento año con año hasta 1978 después del cual empezó a descender en 1979, aunque en realidad fue desde 1978, pues la producción provenía de diferentes campos pesqueros entre los que no estaban incluidos San Quintín y el Rosario. Estas dos áreas de pesca aportaron el 53% del total en 1978 y 49.9% en 1979. Si se retira dicho 53%, la producción proveniente del área tradicional en comparación con 1977, empieza a decrecer. Para 1979, la situación empeoró porque a pesar de la inclusión de estas áreas de pesca y el aumento del número de equipos, como lo hizo la Cooperativa Ensenada de 95 equipos en 1976 a 32 en 1978, la producción empezó a disminuir desde 1979. La forma en que operan los pescadores es trabajando una población de erizo hasta agotarla, después buscan una nueva área de pesca y nuevamente la agotan. Paralelamente, los permisionarios para tratar de mantener o aumentar la producción aumentan el número de equipos. Si esta actitud se repite, no existirán mas áreas de pesca accesibles o disponibles y la producción decaerá abruptamente hasta detenerse por completo. Una vez que se llegue a estos límites, es difícil predecir cuando pueda reanudarse la pesca comercial del erizo, pues la velocidad de recuperación de una población es muy lenta (Breen, 1978).

Para poder hacer una evaluación del esfuerzo pesquero es necesario que exista un registro del número exacto de embarcaciones que pescan erizo. Todo lo descrito anteriormente refleja la forma en que actualmente se desarrolla esta importante pesquería para la cual falta una buena planificación y un cuidadoso control.

La pesca comercial del erizo debe contar con reglamentos que permitan extraer organismos sin afectar a dichas poblaciones y a las especies asociadas con ellos. Si se considera que los erizos se ven motivados a desplazarse de su habitat natural en busca de alimento (Less, 1970), ya sea porque existe una escasez de algas de deriva que llegan a las cuevas y grietas, o bien porque existe una alta densidad de organismos dentro de estas. Se podría aprovechar esta situación como un medio natural de regulación de la explotación pesquera, sin afectar el potencial reproductivo de la población, si el buzo comercial solo extrajera los ejemplares que pudiera observar en el exterior de las cuevas y grietas o bien en la superficie de las rocas, sustituyendo el papel de la nutria como regulador natural de las poblaciones (Less, 1970; Estes y Palmisano, 1974). Existen otras alternativas, como podrían ser: una restricción de la pesca en ciertas áreas; reglamentación sobre la talla mínima y máxima de captura; restricción en las artes de pesca y creación de vedas temporales rotando las áreas de pesca. En el caso de que un estudio futuro

diera resultados extremos de la situación de las poblaciones de erizo en Baja California, similares o peores al estado de la población de Tres Hermanas, en donde el número de adultos es sumamente bajo, lo que ocasiona un proceso de recuperación muy lento, se pueden plantear estudios de cultivos de larvas de erizo que de acuerdo a una metodología por determinar, se sembrarían en su medio natural, o bien hacer trasplantes de adultos para el repoblamiento de algunas zonas.

## CONCLUSIONES

1. - En el área de Tres Hermanas se notó un cambio de 1978 a 1979, en la abundancia de algunos peces (Pimelotopon pulchrum, Oxyjulis californica y Paralabrax sp.), haciéndose también más frecuente la presencia del erizo Centrostephanus coronatus.
2. - Hubo una disminución en la abundancia de erizos adultos S. franciscanus, en Tres Hermanas, de 1978 a 1979 debido a su explotación comercial.
3. - La relación diámetro-altura es de 2:1 aunque se pudo observar que los erizos  $\leq$  de 4 cm de diámetro presentan una forma más redondeada, y conforme crecen se aplanan dorsoventralmente.
4. - Las distribuciones de frecuencia obtenidas mensualmente durante 1979-80 en la localidad de Tres Hermanas, presentan un grupo de juveniles, uno de adultos y una ausencia de tallas intermedias. La explicación aparente a esto, es que existe una gran depredación en las clases intermedias o bien, el reclutamiento durante 1978 fue muy pobre.

5.- La curva de crecimiento obtenida para la población de S. franciscanus en Tres Hermanas con el modelo de von Bertalanffy fue:

$$L_t = 148 \left( 1 - e^{-0.1333(t-0.6)} \right)$$

y el crecimiento anual promedio calculado a partir de las distribuciones mensuales de frecuencia de los erizos en un tamaño de 2 cm fue de 2.04 cm, siendo más lento que el reportado en otras localidades para la misma especie.

6.- La mortalidad natural anual calculada fue de 12.71%.

7.- La proporción entre machos y hembras de la población de Tres Hermanas, fue de 1:1.

8.- La proporción de el número de machos con respecto al número de hembras es menor en una temporada que se definió como "reposo" (mayo-agosto), invirtiéndose durante la temporada definida como "reproductiva" (septiembre-diciembre), teniendo como posible explicación, el agrupamiento local de un número mayor de machos para asegurar la fertilización de los huevos de la hembra al ser expulsados al medio.

9.- El índice gonadal presenta sus valores mas altos en los meses invernales (septiembre a diciembre de 1979), iniciándose el desove a finales de diciembre para llegar a su máximo en marzo de 1980, y en los meses restantes se llevo a cabo el reposo, crecimiento y maduración de las gónadas.

10.- La pesquería del erizo en Baja California se desarrollo en forma muy acelerada y en el transcurso de no menos de siete años se multiplicó casi trece veces la producción de gónada procesada. A pesar de lo anterior no se cuenta con ningún reglamento oficial que permita la explotación racional del recurso.

11.- Se calcularon dos formulas para la transformación de kilos de erizo a gónada fresca  $F = 500/A$ , y a kilos de gónada procesada  $F1 = 1000/A$ , donde A es el peso promedio de la gónada fresca en gramos.

## RECOMENDACIONES

La pesquería del erizo de mar en Baja California, constituye un factor económico regional muy importante. Sin embargo, la producción anual de gónada de erizo ha empezado a disminuir a partir de 1978, por los efectos directos e indirectos de la intensa extracción de los erizos de mar.

Debido a lo anterior, es necesario planificar su explotación racional, mediante la creación de reglamentos que permitan extraer organismos sin afectar a las poblaciones de erizo y a las especies asociadas con ellos, como ha ocurrido en la localidad de Tres Hermanas.

De seguir efectuándose la pesca de este organismo como se hace hasta la fecha, es posible que en un futuro esta especie disminuya notablemente, acabando con una importante fuente alimenticia y económica.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las autoridades del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Unidad de Ciencias Marinas el financiamiento para la realización de la presente investigación, así como el apoyo prestado en el empleo de las instalaciones y vehículos de dicha institución.

A todas las personas que directa o indirectamente colaboraron en el trabajo de campo y laboratorio, especialmente Luis Carriquiriborde, Alberto Gastelú, Luis Ferrer, Fernando Silva y Joaquín Martínez. A Ruth Casas por su apoyo moral y físico en la escritura de esta tesis; y de una manera muy significativa a el Dr. Fernando Bückle por la dirección y continuo apoyo durante el transcurso de este trabajo.

## REFERENCIAS

- ALLEN, K.R. 1977. Common Intertidal Invertebrates of Southern California. U.S.A., Peek Publications, 1977.
- BAKER, L.S. 1973. Growth of the sea urchin Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz) in two natural habitats. Thesis, Faculty of California State University, San Diego. 1973.
- BARNES, D.R. 1974. Invertebrate Zoology. Philadelphia, W.B. Sanders Co., 1974. pp. 761.
- BENETT, J. and A.C. GIESE. 1955. The annual reproductive and nutritional cycles in two western sea urchins. Biol. Bull. (Woods Holes), 109(2):226-237.
- BERNARD, F.R. and D.C. MILLER. 1973. Preliminary investigation on the Red Sea Urchin of British Columbia, Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz). Fisheries Research Board of Canada, Technical Report No. 400. 1973.
- BERNARD, F.R. 1977. Fishery and Reproductive Cycle of the Red Sea Urchin, Strongylocentrotus franciscanus, in British Columbia. J. Fish. Res. Board Can., 34(5):604-610. 1977.
- BERTALANFFY, L. von. 1960. Principles and Theory of Growth. In Fundamental Aspects of Normal and Malignant Growth. Wiktor W. Norinski (ed.), Amsterdam: Elsevier: 137-259.
- BEVERTON, R.J.H. and S.J. HOLT. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. United Kingdom Ministry of Agriculture and Fisheries, Fishery Investigation (Ser. 2)19:282-284.
- BOOLOTIAN, R.A. 1960. The effect of temperature on gonadal growth of Strongylocentrotus purpuratus. The Anatomical Record, 137:342-343. 1960.
- BREEN, P.A. and B.E. ADKINS. 1976. Growth Rings and Age in the Red Sea Urchin Strongylocentrotus franciscanus. Fisheries Research Board of Canada, Report No. 1413:1-17.
- BREEN, P.A., B.E. ADKINS and D.C. MILLER. 1978. Recovery rate in three exploited sea urchin populations from 1972 to 1977. Fisheries & Marine Service Manuscript Report No. 1446. British Columbia.

- COCHRAN, C. R. and ENGELMANN. 1975. Environmental Regulation of the Annual Reproductive Season of the Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson). Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.), 148:393-401.
- EBERT, T. A. 1965. A Technique for the individual marking of sea urchins. Ecol., 46:193-194.
- , 1967. Negative Growth and Longevity in the purple sea urchin Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson). Science, 157:557-558.
- , 1968. Growth rates of the sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus, related to food availability and spine abrasion. Ecology, 49:1075-1091.
- , 1973. Estimating Growth and Mortality Rates from Size Data. Oecologia (Berl.) 11:281-298.
- , 1975. Growth and Mortality of Post-larval Echinoids. Amer. Zool., 15:755-775. 1975.
- ESTES, J. A. and J. F. PALMISANO. 1974. Sea Otters: Their role in structuring nearshore communities. Science, 185:1058-1060.
- FABENS, J. A. 1965. Properties and Fitting of the Von Bertalanffy Growth Curve. Growth, 29:265-289.
- FLORES V. 1965. Observaciones Preliminares sobre la Biología del Erizo de Mar. Congreso Nacional de Oceanografía, 1965, Mexico.
- FOX, H. M. 1923. The Spawning of Echinoids.
- FUJI, A. 1960. Studies on the Biology of the Sea Urchin. I. Superficial and Histological Gonadal Changes in Gametogenic Process of Two Sea Urchins, Strongylocentrotus nudus and S. intermedius. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 11:1-19. 1960.
- , 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, Strongylocentrotus intermedius (A. Agassiz). Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 15:83-160.
- GIESE, A. C., L. GREENFIELD, H. HUANG, A. FARMANFARMAIAN, R. A. BOOLOQIAN and R. LASKER. 1959. Organic productivity in the reproductive cycle of the purple sea urchin. Biol. Bull., 116 (1):49-58.

- GIESE, A.C. and S.J. PEARSE. 1974. Introduction: General principles. In, Reproduction of marine invertebrates, Vol. 1, edited by A.C. Giese and J.S. Pearse, Academic Press, New York, pp. 1-49.
- GONOR, J.J. 1972. Gonad growth in the sea urchin, S. purpuratus (Stimpson) (Echinodermata: Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 10(2):89-103.
- 1973a. Reproductive cycles in Oregon populations of the Echinoid Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson) I. Annual gonad growth and the ovarian gametogenic cycles. J. exp. mar. Biol. Ecol., 12:45-64. 1973.
- 1973b. Sex Ratio and Hermaphroditism in Oregon Intertidal Populations of the Echinoid Strongylocentrotus purpuratus. Mar. Biol., 19:278-280. 1973. GUENTHER, W.C. 1968. Introduccion a la inferencia estadistica. Panama, Mc Graw Hill, 357 p.
- HARDING, J.P. 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Mar. Biol. Soc. U.K., 28:141-153.
- HIMMELMAN, J.H. and D.H. STEELE. 1971. Foods and predators of the green sea urchin S. droebachiensis in eastern Newfoundland. Mar. Biol. (Berl.), 9:315-322.
- JONES, C.R. 1978. Development of Management Techniques for the Sea Urchin Fishery. Project progress report, U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, State of Washington, Department of Fisheries. Project No. 1-117-R, Segment 1.
- 1979. Development of Techniques for a Sea Urchin Fishery. Project completion report, U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, State of Washington, Department of Fisheries. Project No. 1-117-R, Segment 2.
- JOHNSON, P.T. 1971. Studies on diseased urchins from Point Loma. Kelp Habitat Improvement Project, Annual Report, 1970-1971, p.82-90. Calif. Invt. Technol., Pasadena.
- Kagaku Gijutsu Cho Shigen Chosa Kai (Government Office of Science and Technology Resource Study. 1968. Nihon Sho Kuhin Hyojun Seibun Hyo (Tables Showing the Composition of Japanese Foods). Published by Okuransho (Finance Ministry).

- KATO, S. 1972. Sea Urchins: A new fishery develops in California. Mar. Fish. Rev., 34(9-10):23-30.
- LASKER, R. and A.C. GIESE. 1954. Nutrition of the sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.), 106:328-340.
- LEIGHTON, D.L. 1960. Studies on kelp-grazing organisms overgrazing. Quart. Prog. Rpts., Kelp Invest. Prog. Univ. Calif., Inst. Mar. Res., IMR. Ref. 60-8:28-37.
- , 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in Southern California kelp beds, p. 421-453. In W.J. North (ed.) The biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California. Nova Hedwigia 32 (Suppl.).
- LEIGHTON, D.L., G. JONES and W.J. NORTH. 1966. Ecological relationship between giant kelp and sea urchins in Southern California. Proceedings of the Fifth International Symposium, Pergamon Press. pp. 141-153.
- LESS, C.D. 1970. The relationship between movement and available food in the sea urchin Strongylocentrotus franciscanus and S. purpuratus. Faculty of San Diego State College, Master Thesis.
- LOWRY, L.F. and S.J. PEARSE. 1973. Abalones and sea urchins in the area inhabited by sea otters. Mar. Biol. (Berl.), 23:213-219.
- MACDONALD, P.D. and T.J. PITCHER. 1979. Age-groups from size-frequency data: A Versatile and Efficient Method of Analyzing Distribution Mixtures. Journal of the Fisheries and Research Board of Canada 36(8):987-1001.
- MALAGRINO, L.G. 1972. Extraccion y preservacion de las gonadas de erizo. Unidad de Ciencias Marinas, Universidad Autonoma de Baja California, Tesis de Licenciatura.
- MATTISON, J.E., J.D. TRENT, A.L. SHANSKS, B.T. AKIN and S.J. PEARSE. 1977. Movement and Feeding Activity of Red Sea Urchins (Strongylocentrotus franciscanus) Adjacent to a Kelp Forest. Marine Biology, 39:25-30. 1977.
- MILLER, J.D. and R.N. LEA. 1976. Guide to the Coastal Marine Fishes of California. Department of Fish and Game, Fish Bulletin 157.

- MOORE, H. B. 1935. A comparison of the biology of Echinus esculentus in different habitats. Part II. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 20:109-128.
- MOORE, R. C. (editor). 1966. Treatise on invertebrate paleontology. The Geological Society of America, Inc. and the Univ. of Kansas Press.
- MOTTET, M. G. 1976. The Fishery Biology of the Sea Urchins in the Family Strongylocentrotidae. Washington Department of Fisheries, Technical Report No. 20.
- NORTH, W. J. 1965. Urchin Predation. Kelp Hab. Imp. Prog. Ann., Rpt.: 57-62.
- 1972. Sequoias of the Sea. National Geographic, 142(2):250-269.
- PARSONS, M. C. and M. J. DUFFY. 1976. Report on Chemical Sea Urchin Control Activities. State of California. The Resources Agency Department of Fish and Game, Marine Resources Region.
- PEARSE, S. J. 1969. Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez. I. The echinoids Prionocidaris baculosa (Lamarck) and Lovenia elongata (Gray). Bull. Mar. Sci., 19(2):323-350.
- PEARSE, S. J., P. D. COSTA, B. M. YELLIN and C. R. AGEKIAN. 1977. Localized Mass Mortality of Red Sea Urchin, Strongylocentrotus franciscanus, near Santa Cruz, California.
- QUINN, C. B. 1965. Predation on Sea Urchins. Bull. of Mar. Science, 15(1):259-264.
- RICKETTS, E. F. and J. CALVIN. 1968. Between Pacific Tides. Fourth Edition, Stanford University Press. 614 pp.
- ROSENTHAL, R. J. and J. R. CHESS. 1970. Predation on the Purple Urchin by the Leather Star. Calif. Fish and Game, 56:203-204.
- ROSENTHAL, R. J., W. D. CLARKE and P. K. DAYTON. 1974. Ecology and natural history of a stand of giant kelp, Macrocystis pyrifera, off Del Mar, California. Fish. Bull., 72(3):670-684.

- SATO, S. 1979. A general concept of systems engineering in coastal waters. International Symposium on Coastal Marine Life, Bellingham, Wash.: 31-43
- SCHEFLER, W.C. 1979. Statistics for Biological Sciences USA, Addison-Wesley Publishing Company. 1979, pp: 161-175.
- SHEPARD, S.A. 1973. Competition between sea urchins and abalone. Aust. Fish., 32(6):4-7.
- STEARNS, L.W. 1974. Sea Urchin Development Cellular and Molecular Aspects. U.S.A., Hutchinson and Ross Inc. pp. 25-33.
- STEPHENS, R.E. 1972. Studies on the Development of the Sea Urchin Strongylocentrotus droebachiensis. I. Ecology and Normal Development. Biol. Bull., 142:132-144. 1972.
- STOTT, F.C. 1955. The food canal of the sea urchin E. esculentus. Proc. Zool. Soc. Lond., 125:63-86.
- TEGNER, J.M. and K.P. DAYTON. 1976. aspects of the California sea urchin problem. (Reporte no publicado).
- , 1977. Sea Urchin recruitment patterns and implications of commercial fishing. Science, 196:324-326.
- WALFORD, L.A. 1946. A New Graphic Method Describing the Growth of Animals. Biol. Bull., 90(2):141-147.
- ZOOBELL, C.E. 1959. Factors affecting drift seaweeds on some San Diego beaches. Univ. Calif. Inst. Mar. Res., IMR Ref. No. 59-3.