

UNIVERSIDAD AUTONOMA  
DE  
BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

Estimación de la densidad y crecimiento del  
erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz)  
para la zona de Santo Tomas, Baja California,  
Mexico.

tesis

Que para obtener el titulo  
de

OCEANOLOGO

Presenta

JULIO SAID PALLEIRO NAYAR

Ensenada, Baja Calif. Septiembre, 1982.

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación Pesquera de Ensenada, del Instituto Nacional de la Pesca, dependiente de la Secretaría de Pesca. Como una parte de los estudios que realiza el programa de Investigaciones Biológico-Pesqueros del Erizo de Mar en Baja California. Agradezco a la Institución todas las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

Agradezco también a mis compañeros de trabajo P.O. Eduardo Vazquez, P.O. Manuel F. Moctezuma y P.O. E. Jose Romero por su amplia colaboración y apoyo en todo momento, al P.O. Alfredo González por su ayuda en los muestreos, al Biol. Walterio García por sus atinados consejos, a P.O. Enrique Aranda y P.O. Daniel Loya por su ayuda en los programas empleados, a Juan Figueroa por sus magníficos dibujos y de una manera muy especial a mi director de tesis Dr. Hans Bertsch, por sus atinadas críticas durante el estudio.

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
1. - BIOLOGIA GENERAL DE LA ESPECIE.....	5
2. - DESCRIPCION DE LA PESQUERIA.....	14
3. - PROPOSITOS Y OBJETIVOS.....	17
LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	19
MATERIALES Y METODOS.....	21
RESULTADOS.....	26
1. - DENSIDAD.....	26
2. - DISTRIBUCION DE TALLAS.....	26
3. - RELACIONES MORFOMETRICAS.....	27
4. - RELACION TALLA-PESO.....	28
5. - INDICE GONADAL.....	29
6. - CRECIMIENTO.....	30
DISCUSION.....	46
CONCLUSIONES.....	57
SUGERENCIAS.....	59
LITERATURA CITADA.....	60

## RESUMEN

Se estimó la densidad de población del erizo rojo, S. franciscanus, en la zona de Santo Tomás, realizando el muestreo cuadriculando toda el área por medio de transectos perpendiculares a la línea de costa con una separación de 150 mts. teniendo una longitud máxima a la isobata de 20 mts. y transectos paralelos a la línea de costa, con una separación de 150 mts. Eligiendo los cuadriláteros a muestrear por medio de números aleatorios, y dentro de estos la muestra consistió en coleccionar todos los organismos encontrados en un metro cuadrado. Los muestreos fueron realizados en Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre de 1980.

La estimación de la densidad de población de S. franciscanus, en la zona de Santo Tomás fue de  $6.44 \pm 1.83$  organismos/m<sup>2</sup> y una biomasa de  $1.40 \pm 0.367$  Kg/m<sup>2</sup>.

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se utilizó la técnica de analizar la distribución de frecuencias de talla, separando las modas por medio del programa NORSEP (Hasselblad, 1966) y el método de Harding (1949) modificado por Cassie (1954).

Se utilizó la distribución de frecuencias de talla de S. franciscanus del mes de septiembre de 1980, para estimar los parámetros de crecimiento y se construyó el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (1938), obteniéndose la ecuación:

$$L_t = 124.43 \left( 1 - e^{-0.189496 (t-0.1869)} \right)$$

## INTRODUCCION

En la costa occidental del Estado de Baja California, se encuentran una gran cantidad de mantos de algas, los cuales están constituidos en estructura, biomasa y productividad primaria por una alga dominante, Macrocystis purifera (Agardh), una de las grandes algas cafés (North, 1971).

Los mantos de algas son de gran importancia tanto ecológica como económica dentro de la importancia que tienen en el aspecto ecológico es la alta productividad primaria que aporta a la cadena trófica de esta comunidad, así como las relaciones interespecíficas de un gran número de organismos asociados al manto: langosta, abulón, erizo de mar, estrella de mar, ofiuroides, cangrejos, peces, etc. y como refugio para gran cantidad de larvas de peces e invertebrados (Tegner y Dayton, 1977). En el aspecto económico representa un gran recurso la explotación de las algas, para la utilización en diferentes tipos de industria. [En 1981 la explotación de algas en el Estado de Baja California registrada en la Secretaría de Pesca fue: Gelidium sp 4,916.35 ton, Gigartina sp 1,207.80 ton. y Macrocystis purifera 18,935.00 ton. dando un total de 25,059.15 ton. lo que represento en divisas alrededor de los 140 millones de pesos.

La estabilidad de los mantos de algas recae principalmente en

los equinoideos. Es conocido que los erizos de mar controlan la distribución y abundancia de las plantas marinas (Leighton, 1971; Lawrence, 1975; Mann, 1977 y Leighton Jones y North, 1966), debido a que las algas constituyen su principal dieta alimenticia. Existen otros organismos que se alimentan de estas pero los erizos de mar son los herbívoros más importantes en términos de frecuencia por su efecto tan severo y destructivo en los mantos (Tegner y Dayton, 1981). En el sur de California, Leighton (1971) reporta grandes daños y en algunos casos la destrucción completa de mantos de algas, por el sobrepastoreo de los erizos de mar. La densidad de población de los erizos es muy variable, donde estos son abundantes se pueden considerar que existen como un recurso pesquero o bien como una plaga (Mottet, 1976). En algunos lugares se ha intentado la eliminación total de los erizos de mar, con el fin de evitar la desaparición de los mantos de algas, sin tomar en cuenta los trastornos ecológicos que esto produce (Leighton, 1966).

En las costas de Baja California existen dos especies de erizos que son muy abundantes: el erizo rojo, Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz, 1863) y el erizo púrpura, Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson, 1857) (Moctezuma, et al, 1981). Las dos especies tienen la misma distribución geográfica, encontrándose de Alaska hasta la Isla de Cedros, Baja Calif., variando su distribución , batimétrica ya que S. purpuratus, habita principalmente de la zona entremareas a profundidades de 10 m. y S. franciscanus se encuentra a profundidades de 10 a 30 m.

encontrándose también a profundidades mayores. En algunos lugares se pueden encontrar a las dos especies viviendo a la misma profundidad. Dentro de las características más similares en las dos especies es su preferencia al consumo de Macrocystis purifera, siendo esta el alga principal utilizada en su dieta alimenticia, aunque estos organismos en condiciones de escases de algas pueden alimentarse de diatomeas bentónicas, radiolarios y otros microorganismos adheridos a la roca, que le sirve de sustrato (Mottet, 1976).

De estas dos especies solo S. franciscanus tiene importancia comercial por ser el erizo de mayor tamaño y por poseer gónadas consideradas de alta calidad. La pesca del erizo de mar actúa como un control de la abundancia de estos organismos, pero se tiene que dar en la medida que no lesione a la población y tampoco perturbe el equilibrio de la comunidad de los mantos de algas. Otro tipo de control de índole natural es la depredación a que está sometido este organismo, dentro de sus principales depredadores se consideran: langosta, Panulirus interruptus (Randall), Estrella de mar Pycnopodia heliantoides (Brand) y Astrometis sertulifera (Xantus) y la vieja Pimelometopon pulchrum (Ayres) (Tegner y Dayton, 1981). Antiguamente se consideraba como su principal depredador a la nutria, pero debido a la codiciosa captura en gran escala, hoy en día casi no se encuentra en la costa del Pacífico, siendo este otro organismo a punto de extinguirse debido a la intervención del hombre (Leighton, Jones y North, 1966).

## 1. - BIOLOGIA GENERAL DE LA ESPECIE

El erizo investigado en este estudio, Strongylocentrotus franciscanus, es un equinoideo regular, que pertenece a la familia Strongylocentrotidae, al cual guarda una estrecha relación con otra especie de su mismo género, Strongylocentrotus purpuratus. Estas dos especies son fácilmente distinguibles morfológicamente dado que S. franciscanus es el erizo de mayor tamaño en la costa noroccidental del continente americano, pudiendo alcanzar un diámetro del caparazón hasta de 15cm presentando espinas primarias bastante largas que pueden alcanzar una longitud hasta 7cm., su color es usualmente rojo oscuro o en ocasiones color marrón, en cambio S. purpuratus es de menor tamaño, generalmente el diámetro de caparazón no excede de 9 cm., presenta espinas pequeñas que no son mayores de 2.5 cm de longitud y su coloración es púrpura.

La forma de los organismos es semi-esférica y están constituidos por varias placas calcáreas que forman el caparazón, estas placas a su vez están constituidas por un sólo cristal de calcita (Moore, 1966) a dicho caparazón se encuentran adheridas gran cantidad de espinas (Fig. 1), poseen simetría pentaradial fácilmente apreciable cuando encontramos un organismo libre de espinas (Fig. 2). Se puede ver fácilmente en el caparazón, una doble hilera de numerosos poros en arco, estos poros están conectados con los pies ambulacrales los cuales poseen movimiento, sirviéndole al organismo para mantenerlo bien adherido al

sustrato, además de tener otras funciones como: ser quimorreceptores, órganos de respiración y limpieza del caparazón (Mottet, 1976). Posee cinco áreas o segmentos que tienen pies ambulacrales las cuales son llamadas áreas ambulacrales y las que se encuentran entre estas se denominan áreas interambulacrales.

En la zona central de la parte oral ( que es la que se encuentra en contacto con el sustrato) se localiza la boca, la cual posee un aparato masticador altamente desarrollado conocido con el nombre de Linterna de Aristoteles (Fig. 3).

En los equinoideos regulares, como es el caso del erizo rojo, S. franciscanus, poseen cinco pares de branquias peristómicas, las cuales constituyen probablemente los centros más importantes de intercambio de gases (Fig. 4).

El sistema digestivo se compone de una cavidad bucal, faringe, esófago, estómago pequeño y un intestino muy largo dividido en delgado y grueso (Fig.5). Como parte accesoria al sistema digestivo presenta un tubo estrecho, llamado sifón, los extremos de este se habren a la luz del intestino probablemente con el fin de eliminar el exceso de agua del alimento (Mottet, 1976).

El tipo de alimentación de este organismo es herbívoro, por lo cual habita dentro de los mantos de algas. En un estudio de Leighton, (1966) analizó la preferencia que tiene S. franciscanus

\*

al consumo de varios tipos de algas encontrando que el mayor porcentaje fue para Macrocystis purifera con un 34 % siguiendo Gigartina armata (Gardner) 17 %, Laminaria farlowii (Setchell) 16 % , Eisenia arborea (Areschoug) 11 %, Pterogophora californica (Ruprecht) 10 %, Egrecia laevigata (Setchell) 10 %, Cistoseira osmundacea (Agardh) 2 %.

Se tiene conocimiento que el tipo de alimentación afecta el color y el tamaño de la gónada. Existen algas que proveen al organismo de una gran energía para cubrir sus necesidades metabólicas como son: Laminaria sp. y Ulva sp. (Fuji y Nakamura, 1965), de las cuales S. franciscanus solo consume Laminaria farlowii en un 16 % de su dieta, pero en lugares donde existen gran cantidad de algas, este erizo puede satisfacer sus necesidades al consumir varios tipos de estas.

Con la ayuda de los pies ambulacrales y las espinas, las algas son llevadas a la boca para deglutirlas. Los productos de digestión atraviesan la pared intestinal para llegar al celóma donde se distribuyen. El glucógeno es uno de los principales materiales de reserva energética y aunque puede ser almacenada en cualquier tejido corporal, sin duda alguna, ésto es más frecuente, en la pared intestinal. Los productos de desechos son desalojados al medio, en forma de píldoras fecales por medio del ano (Fig. 5) que se encuentra en la parte superior del caparazón (Barnes, 1972).

El erizo rojo, es un organismo dioico, que no presenta dimorfismo sexual. Su aparato reproductor está constituido por cinco gónadas unidas por mesenterios a la superficie aboral interna del caprazón. Cada gónada está revestida en su interior por epitelio germinal, con la presencia de células musculares y tejido conectivo. En la parte media a lo largo de toda la gónada se encuentra un gonoducto que se extiende aboralmente para abrirse por un gonoporo localizado sobre cada una de las cinco placas genitales que se encuentran en la parte superior del caparazón.

Los gametos masculinos y femeninos son expulsados al medio por la contracción de las capas musculares de las gónadas, saliendo a través de los gonoporos (Conor, 1973).

La época de desove reportada para S. franciscanus en la costa de California es de febrero a junio con mayor intensidad en abril y mayo (MacGinitie y MacGinitie, 1968).

Aproximadamente doce horas después de la fecundación se presenta el estado de blástula la cual se dirige hacia la superficie en donde ocurre el paso a gastrula, empezando la etapa larvarea representada por una larva planctónica denominada equinopluteus la que posteriormente pasa a ser pluteus (Mottet, 1976).

El estadio larval puede prolongarse dos o tres meses (Johnson, 1930) dependiendo de que la larva encuentre un sustrato

adecuado para fijarse, una vez ocurrido esto, en una hora aproximadamente se presenta la metamorfosis apareciendo crías de erizo con un tamaño no mayor de 1mm de longitud.

Conforme el erizo crece, existe un incremento en anchura de las placas preexistentes, por la adición de cristales de carbonato de calcio. También se forman nuevos platos en la región apical, los cuales van desplazando a los más viejos hacia el ámbito (zona media) en donde se incrementan grandemente en anchura pero no en altura y es en las regiones laterales de estos platos donde las zonas de crecimiento se pueden observar con el incremento continuo del diámetro del caparazón, los platos más viejos migran, pasando el ámbito hacia la región más angosta del peristoma: el crecimiento lateral cesa al pasar por el ámbito porque el área del caparazón en la cual se encuentran ahora localizados no tiene un gran incremento en tamaño (Sumich y McCayley, 1973).

Existen varios factores que pueden retardar el crecimiento del organismo, los más importantes son: el suplemento inadecuado de alimento, el estar expuesto a zonas de alta energía ocasionando el rompimiento de espinas utilizando la energía destinada al crecimiento para la formación de éstas, estar expuesto a condiciones físicas desfavorables del medio como temperatura, salinidad, etc.. En ciertos casos cuando se presentan algunas de estas condiciones el crecimiento se detiene por completo (Ebert, 1967a).

El rango de crecimiento varía estacionalmente, este es lento en la temporada donde las gónadas aumentan de tamaño (pre-maduración) ya que toda la energía disponible del organismo es usado para el desarrollo de la gónada y este es rápido cuando la gónada ya maduró (Swan, 1961).

El erizo rojo, S. franciscanus es uno de los erizos de mayor tamaño que se encuentran en las costas de América. Se piensa que su tamaño es el resultado de un período bastante prolongado de crecimiento continuo, más que de un acelerado período de crecimiento (Bernard y Miller, 1973).

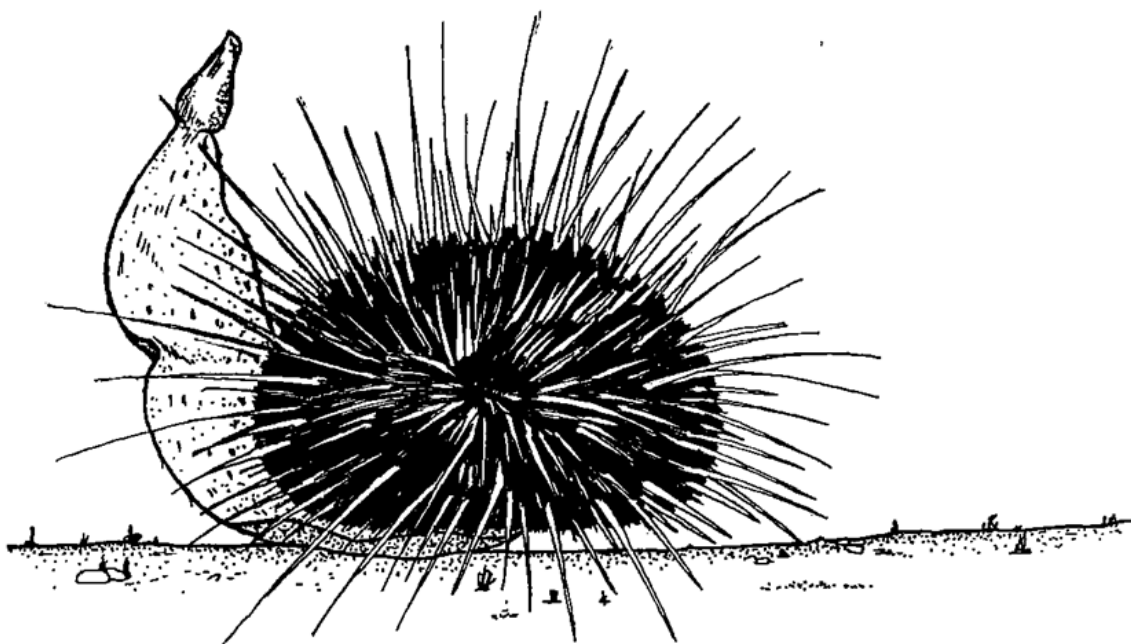


FIG. 1.- ERIZO DE MAR *S. franciscanus*

TOMADO DE TEGNER Y DAYTON, 1977.



FIG. 2.- CARPAZON DE *S. franciscanus* SIN ESPINAS.

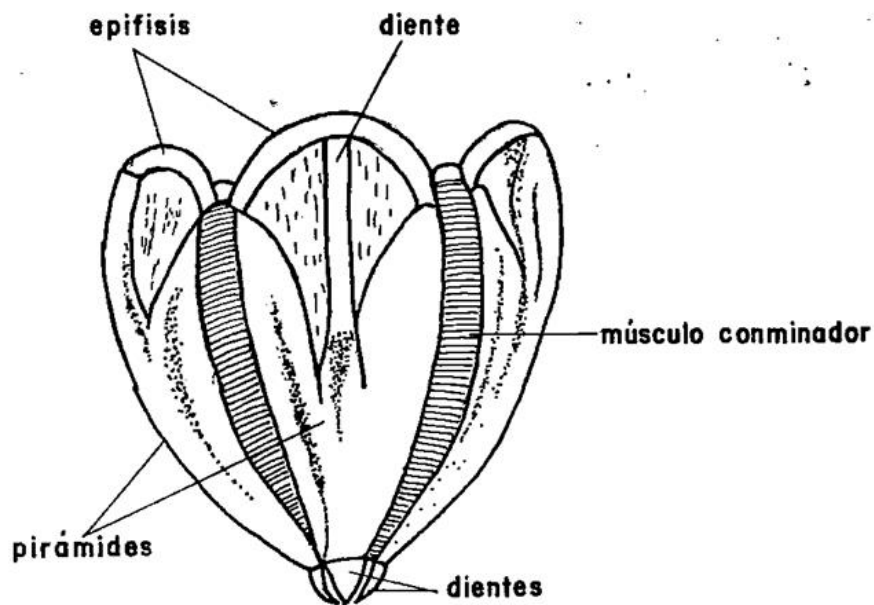


FIG. 3.- LINTERNA DE ARISTÓTELES DE *S. franciscanus*

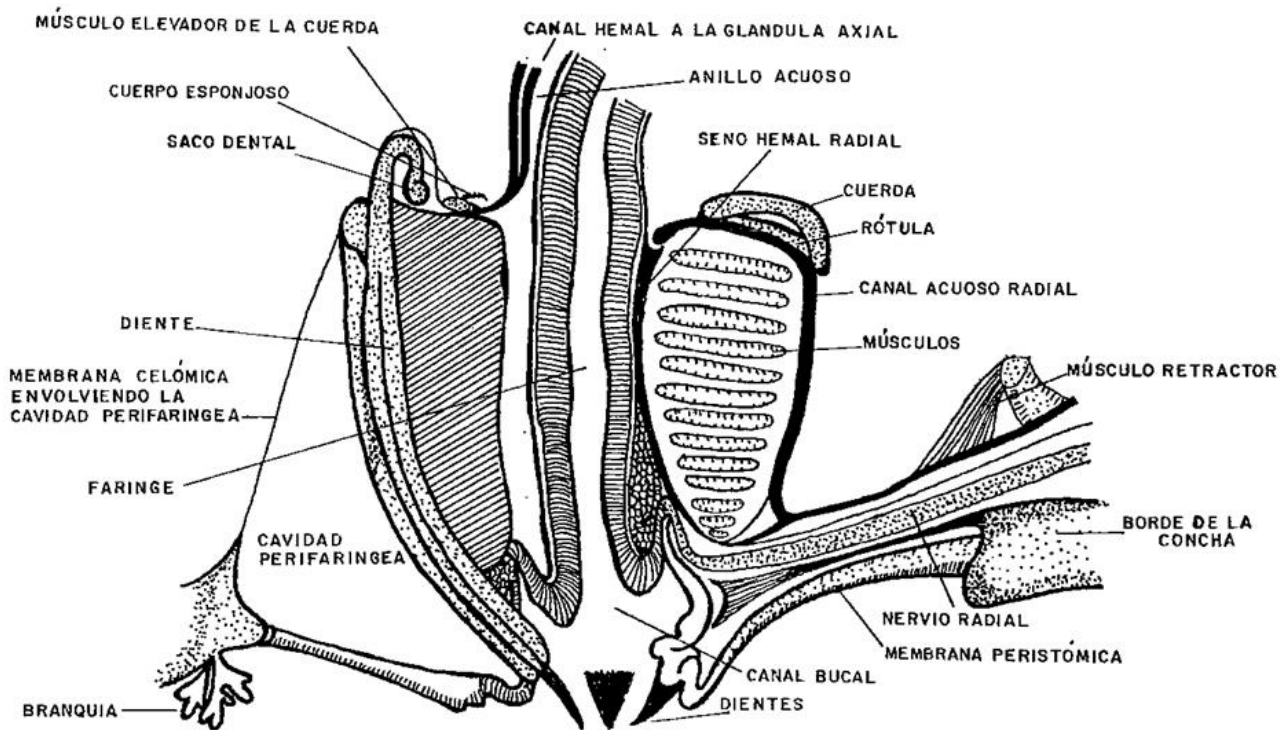


FIG. 4.- SECCION VERTICAL DE LA LINTERNA Y REGIÓN PERISTÓMICA. TOMADO DE BARNES, 1972.

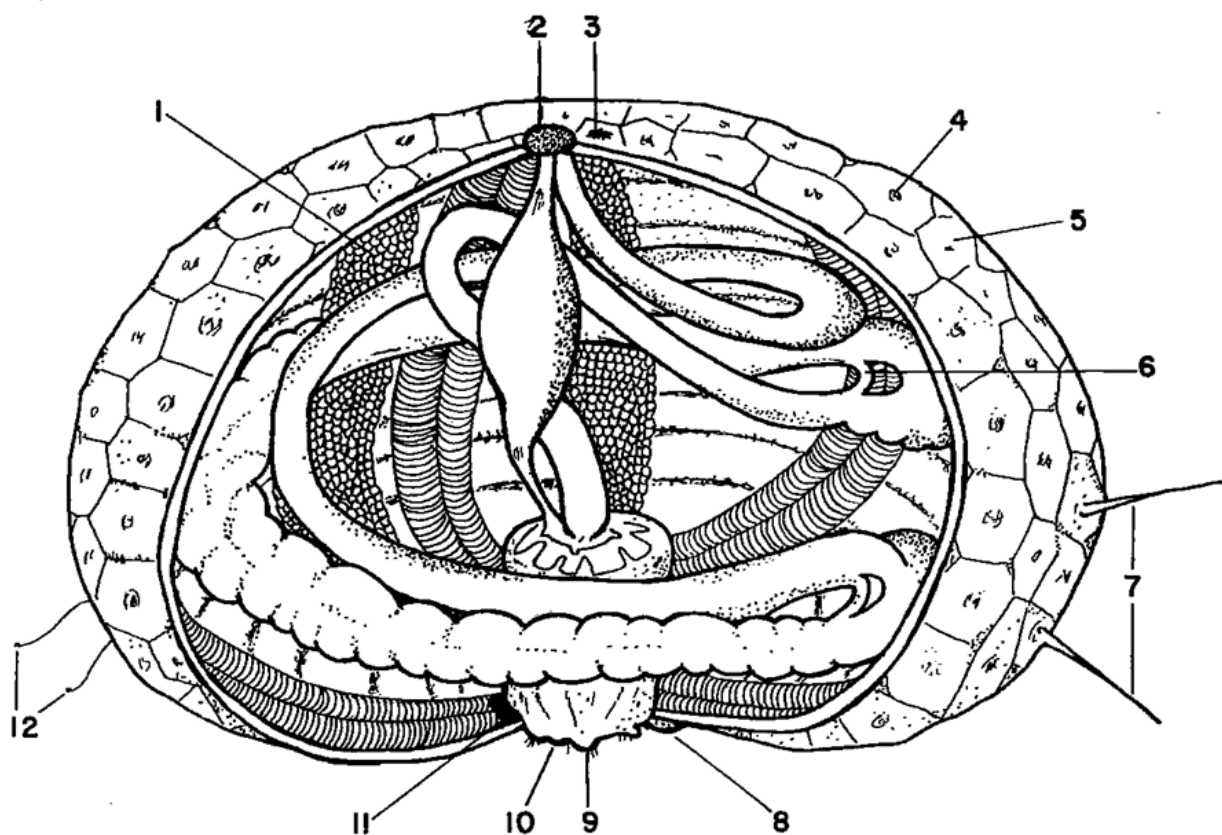


FIG.5.- ERIZO DE MAR. ANATOMIA INTERNA S. franciscanus.

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1 GONADA            | 7 ESPINAS            |
| 2 PLACA MADREPÓRICA | 8 BRANQUIA           |
| 3 ANO               | 9 BOCA               |
| 4 TUBÉRCULOS        | 10 DIENTES           |
| 5 CONCHA            | 11 PERISTOMA         |
| 6 SIFÓN             | 12 PIES AMBULACRALES |

## 2. - DESCRIPCION DE LA PESQUERIA DEL ERIZO DE MAR

### ANTECEDENTES:

En 1972 se inició la pesquería del erizo de mar a nivel comercial en el Estado de Baja California, con un pequeño grupo de pescadores asesorados por personal japonés interesado en poder explotar este recurso potencial del estado, para satisfacer las necesidades de mercado de este organismo en su país. Por lo que desde ese año a la fecha toda la producción de gónada de erizo de mar es exportada a Japón, no existiendo consumo local y menos nacional.

La especie que se explota comercialmente es el erizo rojo, S. franciscanus, del cual solo se utiliza las gónadas, para consumo humano directo, siendo muy cotizadas en el mercado internacional.

La producción se fué incrementando, alcanzando para 1979, la cantidad de 360 ton. de gónada, aunque para 1981 bajo considerablemente la producción. Es una pesquería que tiene mucho futuro siempre que sea racional su explotación. Por lo que la Secretaria de Pesca por conducto de la Delegación Federal de Pesca en B.C. y el Centro de Investigaciones Pesqueras de Ensenada, inició en 1979 las investigaciones biológico-pesqueras de las dos especies de erizo de mar, S. franciscanus y S. purpuratus con el objeto de proponer las medidas necesarias para la regulación de la pesquería, ya que a la fecha no se cuenta con

ninguna.

#### EQUIPO UTILIZADO Y METODO DE CAPTURA

La captura de este organismo, se realiza por medio del buceo, utilizando un compresor de medio caballo de fuerza y un depósito auxiliar de capacidad variable el cual va montado en una embarcación de 18 ó 20 pies de eslora, comunmente de madera, de fondo plando con un motor fuera de borda de 35 a 40 HP.

En la captura participan generalmente tres personas: buzo, cabo de vida y motorista.

#### TEMPORADA DE PESCA

La temporada de pesca no está regulada, por lo que se puede extraer al organismo todo el año y en cualquier zona. Solo que existe el inconveniente de la calidad de la gónada, después de que ocurre la época de desove, el peso de ésta disminuye al mínimo y la textura es frágil por lo que casi no se captura entre los meses de febrero a junio. La temporada intensa de captura es de julio a diciembre y algunas veces hasta enero.

ZONAS DE EXPLOTACION.

Las principales zonas de captura comercial en el Estado de Baja California son: Islas Coronado, Poptla, Puerto Nuevo, San Miguel, Isla Todos Santos, Punta Banda, Arbolitos, Bahía Soledad, Puerto Santo Tomás, Isla San Martín, Bahía El Rosario, Isla San Jerónimo y Punta San Carlos.

### 3. - PROPOSITOS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La pesquería del erizo de mar, es la más recientemente implementada en el estado de Baja California, existiendo pocos estudios biológico-pesqueros de estos organismos en nuestras costas. Por lo tanto se ve la necesidad de contar con este tipo de estudios que sirvan como base, para proponer las medidas necesarias para una reglamentación en la pesquería.

En el presente estudio se trabajo con el erizo rojo, S. franciscanus, en la zona de Santo Tomás, siendo esta una zona explotada comercialmente, teniendo como objetivos principales:

1.- Estimar la densidad de población y el efecto que pudiera tener esta en el manto.

2.- Estimar los parámetros de crecimiento y construir su modelo.

En segundo plano aspectos importantes en la biología de esta especie como son:

1.- Analizar la distribución de frecuencias de talla.

2.- Calcular algunas relaciones morfométricas

3.- Analizar el índice gonadal con respecto al diametro del

organismo.

Considerando estos objetivos como basicos, que pueden ser usados de referencia para futuras investigaciones sobre este importante especie de erizo de mar.

## LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La elección del área de estudio fué principalmente en función de: encontrar mantos de algas considerables, la existencia de una población densa de S. franciscanus, la accesibilidad para las inmerciones, condiciones hidrográficas, etc. otro aspecto importante fué el de escoger un lugar donde se explota comercialmente éste organismo.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados, el lugar más indicado para la realización de éste estudio fué la zona de Santo Tomás. La cual comprende de Bahía Soledad a la Bocana de Santo Tomás, encontrándose localizada aproximadamente a 45 Km al sur del Puerto de Ensenada y ubocada dentro de las coordenadas 31 32 32" a 31 36 latitud Norte y 116 40 a 116 41 longitud oeste (Fig. 6). El área que ocupa esta zona es de 6.728 Km<sup>2</sup>.

La zona está caracterizada por costas rocosas con lugares de alta energía (Punta Santo Tomás). El sustrato también es rocoso, con canales de arena y existiendo algunos lugares arenosos completamente.

La profundidad en la que se realizó el estudio fué de 10 a 20 m. El alga dominante en la zona es Macrocystis pyrifera, la cual es el principal constituyente de los grandes mantas de algas, encontrándose estos distribuidos en parches en toda la zona. Encontrándose también las algas: Egregia laevigata,

Cystoceira osmundacea, Gelidium pulchrum (Gardner), Corallina sp y Sargassum sp.

Los invertebrados comunes encontrados son: equinodermos: erizo S. purpuratus, estrellas de mar, Astrometis sertulifera, Pisaster giganteus (Stimpson), P. ochraceus (Brand), Pycnopodia helianthoides: gastropodos, Astrea undosa (Wood), Norrisia norrisii (Sowerby), crustáceos: cangrejos, Cancer antennarius (Stimpson), C. productus (Randall) y muy ocasionalmente, langosta, Panulirus interruptus: abulón, Haliotis sp., el cual es raro encontrarlo en la zona.

Dentro de las especies más comunes de peces tenemos: cabrillas, Paralabrax clathratus (Girard), P. maculofasticatus (Steindachner), P. nebulifer (Girard), Garibaldi, Hypsypops rubicunda (Girard), vieja, Pimelometopon pulchrum y señorita Halichoeresemicintus (Ayres).

## MATERIALES Y METODOS.

Para la realización del muestreo se cuadruculó toda el área de estudio, por medio de transectos perpendiculares a la línea de costa con una separación de 150 m. y una longitud máxima a la isobata de 20 m. y transectos paralelos a la línea de costa, con una separación de 150 m. aproximadamente. Para elegir los cuadrilateros o estaciones a muestrear se procedió por medio del método de numeros aleatorios y dentro de estos la muestra consistió en coleccionar todos los organismos encontrados en un metro cuadrado.

En el trabajo de muestreo, se utilizó una embarcación de 20 pies de eslora de fondo plano e impulsada por un motor fuera de borda marca Johnson de 40 caballos de fuerza. Para la toma de la muestra se usó equipo de buceo autónomo (Scuba) y un marco de aluminio de un metro cuadrado. Los organismos fueron desprendidos del sustrato con un gancho especial para tal efecto y depositados en bolsas de recolección las cuales fueron llevadas a bordo. Los datos adicionales tomados in situ fueron: profundidad, tipo de sustrato, flora y fauna.

Los erizos coleccionados fueron llevados a tierra donde se obtuvo el diámetro del caparazón, colocado al organismo con la parte oral hacia arriba y tomando la medición por medio de un vernier.

El peso humedo del organismo se determinó por medio de una báscula con capacidad de 5 Kg. Posteriormente el organismo es abierto con unas pinzas especiales, introduciéndolas en la membrana peristomal y procurando que se abra por la zona ambulacral para evitar dañar las gónadas, mismas que son extraídas usando una cuchara y colocadas en una charola para ser limpiadas de restos de vísceras y pesadas en una báscula con capacidad de 250 g.

Se registraron los organismos encontrados por cada metro cuadrado muestreado y la estimación de la densidad se realizó por medio de la media estadística de los datos obtenidos, por numero y peso organismos, y con un intervalo de confianza del 95 .

Los muestreos fueron realizados en los meses de junio, agosto, septiembre y noviembre de 1980, cubriéndose las estaciones durante los cuatro meses. Para el cálculo del área mínima a muestrear, la cual fuese representativa de la población de S. franciscanus se construyo con los datos que se iban obteniendo una gráfica de la densidad de organismos contra el área muestreada, determinandose que de 50 a 60 metros cuadrados de área muestreada, la densidad tiene una variación muy pequeña, por lo tanto se podria considerar representativa la estimación entre este rango (Fig. 7).

Para analizar la distribución de frecuencias de talla se agruparon los datos obtenidos en los cuatro meses muestreados por

intervalos de clase de 3 mm (usado por Tegner y Dayton, 1981).

En lo que respecta a las relaciones del peso del organismo contra el peso de la gónada, se construyeron regresiones lineales para cada uno de los meses (usado por Bernard y Miller, 1973).

Se calculó una ecuación general de la relación entre el diámetro y el peso del organismo siendo esta del tipo exponencial de forma:

$$W = q \cdot D^b \quad (\text{Tomado de Ehrhardt, 1981}).$$

donde  $q$  es una constante de proporcionalidad y  $b$  es el exponente que generalmente tiende a ser tres. Para calcular los parámetros  $q$  y  $b$  se realiza un ajuste de regresión lineal a los datos previamente transformados logarítmicamente, donde  $q$  es el antilogaritmo del valor encontrado con la intersección del eje  $Y$ , siendo  $b$  la pendiente de la recta.

Para analizar la relación que tiene el índice gonadal con el diámetro del organismo, se agruparon en intervalos de talla de 5 mm. (usado por Gonor, 1972) excepto en los dos primeros intervalos, siendo estos más amplios por existir muy pocos organismos.

En lo que respecta a la estimación de los parámetros de crecimiento existen varias técnicas, usadas por diversos autores:

Distribución de frecuencia de talla (Swan, 1958, 1961; Kawamura, 1964; Ebert, 1968, 1973, 1975; North, 1971; Miller y Mann, 1973).

Líneas de crecimiento en las placas del caparazón (Moore, 1935; Fuji, 1963; Ninssen, 1969; Sumich y McCauley, 1973; Pearse y Pearse, 1975).

Método de marcado (Fuji, 1963; Ebert, 1968; Baker, 1973).

Observaciones encuarios o encierros (Swan, 1961; Leighton, 1968; Vadas, 1969).

La técnica usada para estimar los parámetros de crecimiento en este estudio, fue la de analizar la distribución de frecuencias de tallas, la cual es muy práctica para llevarla a cabo debido al uso de computadora.

Se utilizó la distribución de frecuencias de tallas de los organismos muestreados en el mes de septiembre, para separar las diferentes modas, que corresponden a grupos de edad o clases anuales se utilizaron dos tipos de análisis: método de Harding

(1949), modificado por Cassie (1954), el cual separa las modas que se encuentran en una distribución de frecuencias, usando para ello papel probabilístico, en donde se puede observar los puntos de inflección que son los puntos de corte entre las modas y con esto se calcula la media de cada moda, con la expansión de los puntos de frecuencias acumulativas.

El otro método empleado es un programa de computación llamado separador de distribuciones normales (NORMSEP), programado por Hasselblad (1966), el cual separa la distribución de frecuencias de talla en varios componentes de distribuciones normales, usando para la estimación de los grupos de edad la abundancia relativa de los organismos.

Con la comparación de estos dos tipos de análisis se obtuvieron los grupos de edad, con los cuales se calculó el crecimiento, tomando el modelo de Von Bertalanffy (1938). Para el cálculo de los parámetros de crecimiento de este modelo se usó un programa de computadora llamado BGC2 programado por Tomilson (1972), el cual calcula la constante de crecimiento, un tanto diferente a los modelos convencionalmente usados como son Ford-Walford ó Beverton y Holt, ya que toma en cuenta no solamente el valor de las clases anuales o grupos, sino también la frecuencia de las longitudes de la totalidad de los organismos analizados. Se utilizó la computadora PRIME 400 del CICESE para correr los programas y analizar todos los datos.

## RESULTADOS

### 1. - DENSIDAD

Para la estimación de la densidad de población del erizo rojo, S. franciscanus se muestreó una área de 52 m<sup>2</sup>. (Fig. 6). En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las estaciones, el número de organismos con su respectivo peso registrados por metro cuadrado.

La densidad que se encontró en la zona de Santo Tomás para S. franciscanus a una profundidad de 10 a 20 metros fue de 6.44 + 1.83 organismos por metro cuadrado y una biomasa de 1.40 + 0.367 Kg. por metro cuadrado.

### 2. - DISTRIBUCION DE TALLAS

Con el objeto de observar la distribución de tallas de la población de S. franciscanus en los cuatro meses muestreados, y agrupando el diámetro del organismo por intervalos de clase de 3 mm. se observó que la mayor concentración de frecuencias ocurre en tallas de 60 a 90 mm. mejor representadas en los meses de septiembre y noviembre (Fig. 8). También se observa la baja frecuencia de organismos menores a 30 mm. y organismos de tallas

mayores a 100 mm. son escasos. El diámetro del organismo más pequeño fué de 19 mm. y el mayor encontrado fué de 145 mm.

### 3. - RELACIONES MORFOMETRICAS

Con el objeto de observar la relación que guarda el peso total del organismo y el peso de la gónada, se construyeron para cada uno de los cuatro meses muestreados, regresiones lineales (Fig. 9) obteniéndose el mejor índice de correlación para el mes de septiembre ( $r=0.65, P<.001$ ), por que para los otros meses los datos se encontraron un poco más dispersos.

Las ecuaciones lineales para cada mes fueron:

$$\text{JUNIO Peso gónada} = - 10.86 + 0.14 (\text{peso org.})$$

$$\text{AGOSTO Peso gónada} = 3.82 + 0.08 (\text{peso org.})$$

$$\text{SEPTIEMBRE Peso gónada} = - 5.37 + 0.11 (\text{peso org.})$$

$$\text{NOVIEMBRE Peso gónada} = - 3.67 + 0.07 (\text{peso org.})$$

#### 4. - RELACION TALLA-PESO

Para calcular los parámetros de la ecuación se practico una regresión lineal del peso contra el diámetro, transformados previamente en logaritmos naturales para todos los organismos muestreados en la zona de Santo Tomás (Fig. 10) obteniendo la intersección con el eje de la ordenada de -7.39 y aplicando antilogaritmos se encuentra "q", con un valor de 0.0006174 y "b" que es la pendiente de la recta igual a 2.91, con los cuales se construyó la ecuación para S. franciscanus

$$2.91$$

$$W = 0.0006174 D$$

Esta relación es muy general y no se mantiene constante durante todo el año, pues existen condiciones fisiológicas que alteran dicha relación.

## 5. - INDICE GONADAL

La tabla 2, muestra los resultados obtenidos de la relación índice gonadal con respecto al diámetro del organismo, que fue agrupado en intervalos de 5 mm. para cada uno de los meses muestreados. El índice gonadal se calculó en base a la relación usada por Mottet (1976):

$$\frac{\text{Peso gónada}}{\text{Peso total}} \times 100$$

El cual se tabuló encontrando la medio de éste índice para los organismos de cada intervalo así como el rango de amplitud o límites para un 95 de organismos para cada intervalo (Tabla 2).

El objeto de relacionar el índice gonadal contra el diámetro del organismo, fue en el sentido de observar el incremento que el índice tiene al aumentar la talla, esto se puede ver fácilmente en los meses de junio, septiembre y noviembre, no siendo así para agosto (Fig. 11).

Se observaron organismos de tallas menores a 55 mm. que no se encontraron gonadas desarrolladas, para los meses de septiembre y noviembre.

## 6. - CRECIMIENTO

En base a la distribución de frecuencias de talla del mes de septiembre de 1980, se realizó la separación de las diferentes modas, primero por el método de Cassie (1954), usando papel probabilístico (Fig. 12). Se obtuvieron 7 modas las cuales fueron 25, 42, 53, 62, 75, 91 y 113 mm. (Tabla 3).

Con el programa Norsep, se separaron 8 modas, siendo éstas: 21.51, 28.75, 44.61, 53.27, 75.29, 92.14, 106.21 y 116.50 mm. (Tabla 4). Se observó que la primera moda de 25 mm. y la última de 113 mm., encontrada en el papel probabilístico, fueron separadas en dos por este método siendo 21.51, 28.75 y 106.21, 116.50 respectivamente.

Las modas restantes tienen una gran similitud en los dos métodos excepto para la moda de 62 mm. encontrado en el papel probabilístico.

El objeto de usar el método de papel probabilístico, fue el de observar la similitud que existe al usar la separación por un programa de computadora, siendo éste último de una mejor aproximación en los cálculos, presentando el análisis de las frecuencias actuales contra las esperadas en el programa por medio del cálculo de CHI cuadrada, que brinda una determinada probabilidad, obteniendo la separación de las modas de una manera mas confiable. Por lo tanto, se tomaron las 8 modas separadas por

dicho programa.

Para calcular los parámetros del modelo de Von Bertalanffy (1938), se usó el programa de computadora BGC2. En base a las modas separadas y metiendo todos los datos de los organismos muestreados, se obtuvieron las longitudes esperadas para las diferentes edades (Tabla 5), así como la construcción de la curva de crecimiento (Fig. 13) para la población S. franciscanus en la zona de Santo Tomás.

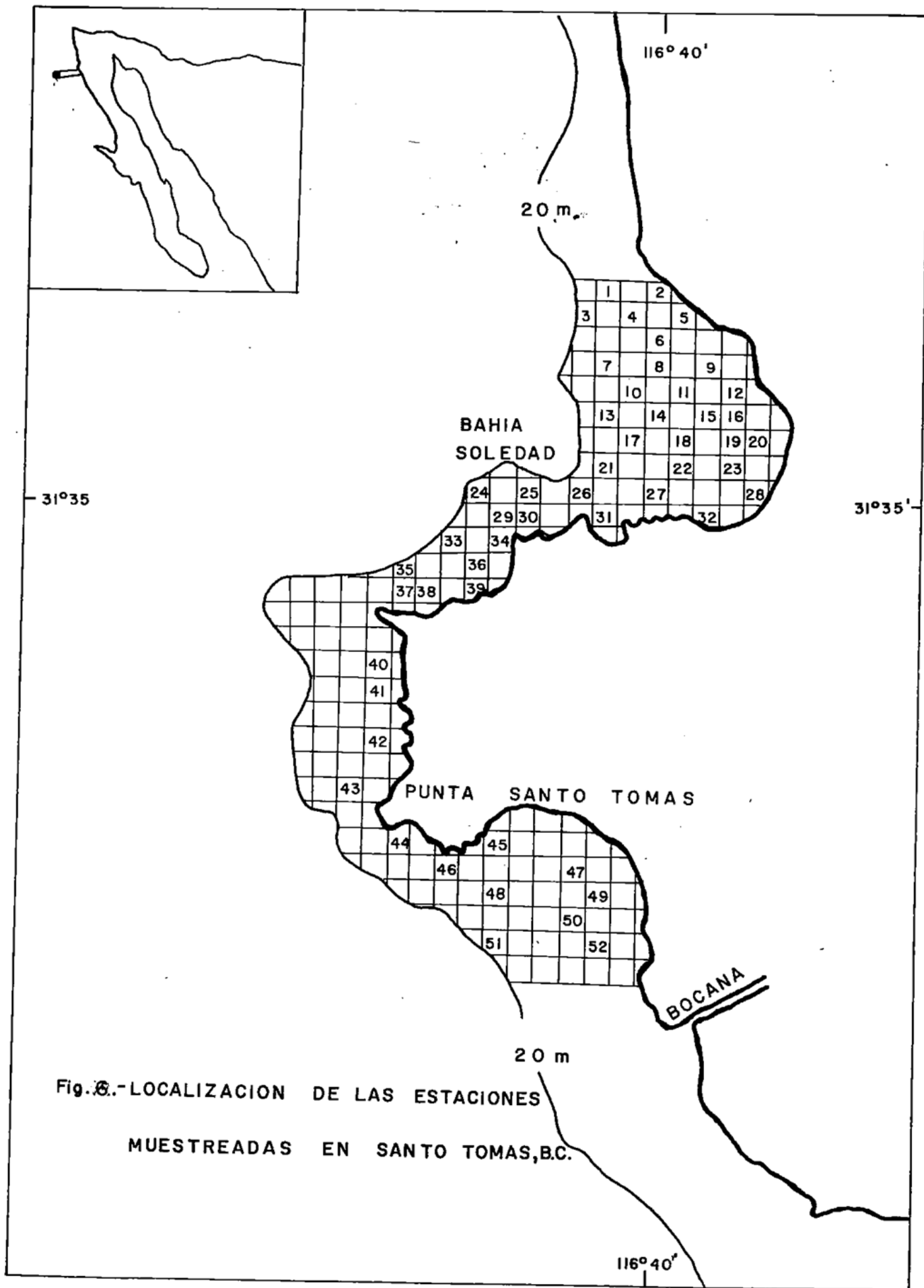


Fig. 8.- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES MUESTREADAS EN SANTO TOMAS, B.C.

# CALCULO DEL AREA

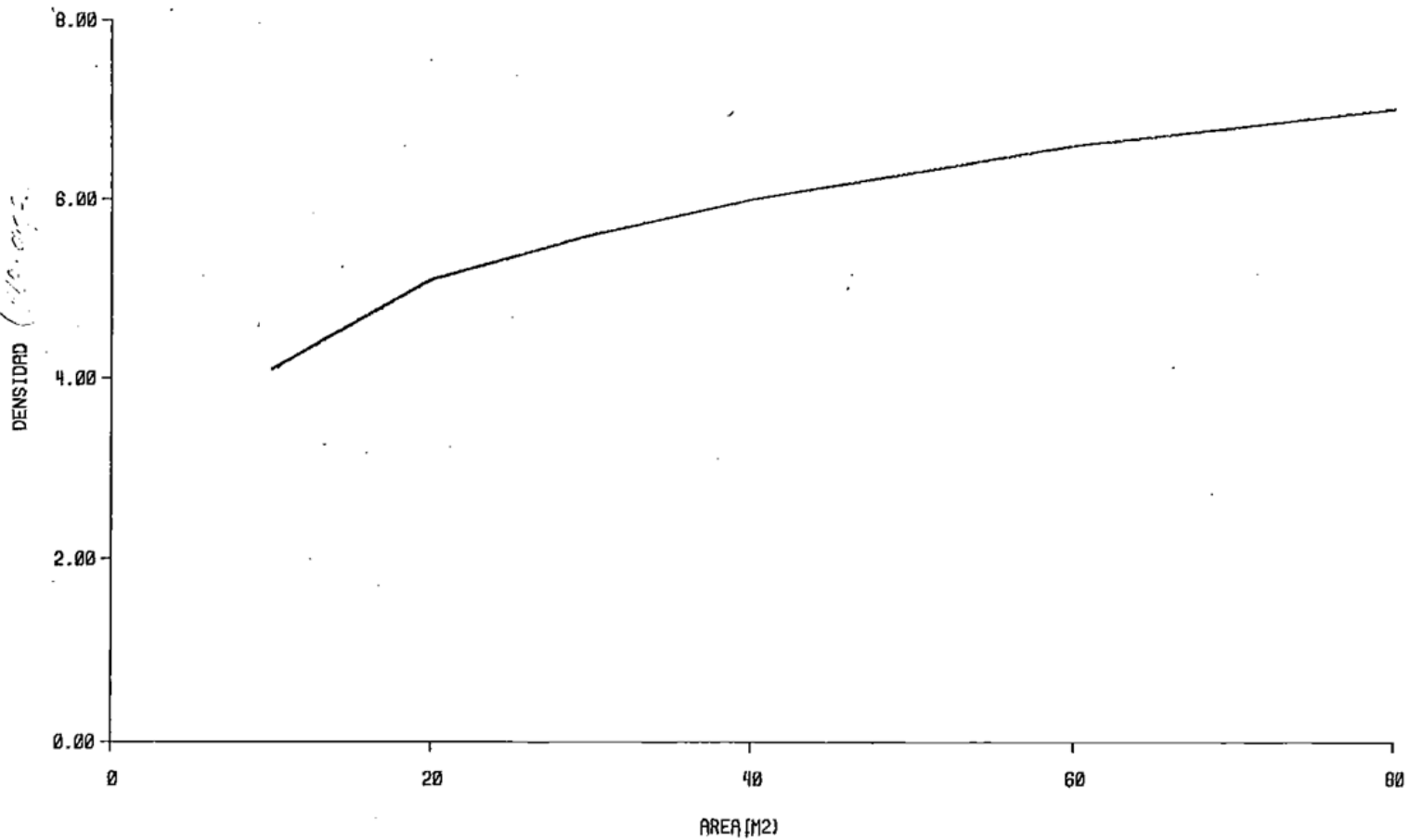


Fig. 7.- CALCULO DEL AREA MINIMA DE MUESTREO, EN RELACION A LA DENSIDAD -  
AREA MUESTREADA, PARA S. franciscanus, EN SANTO TOMAS, B. C.

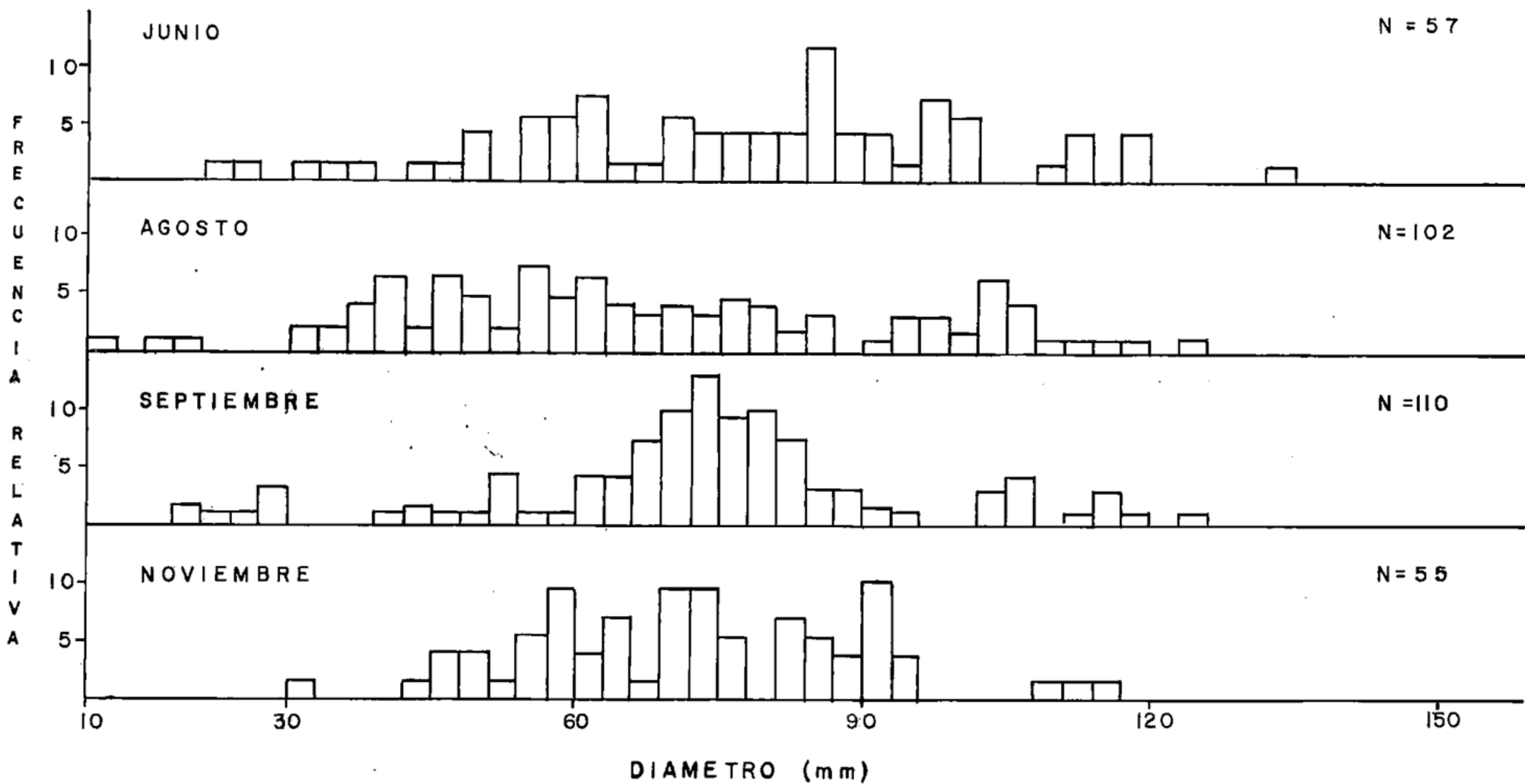


Fig. 8.- DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE TALLAS, DE *S. franciscanus*, EN SANTO TOMAS, 1980.

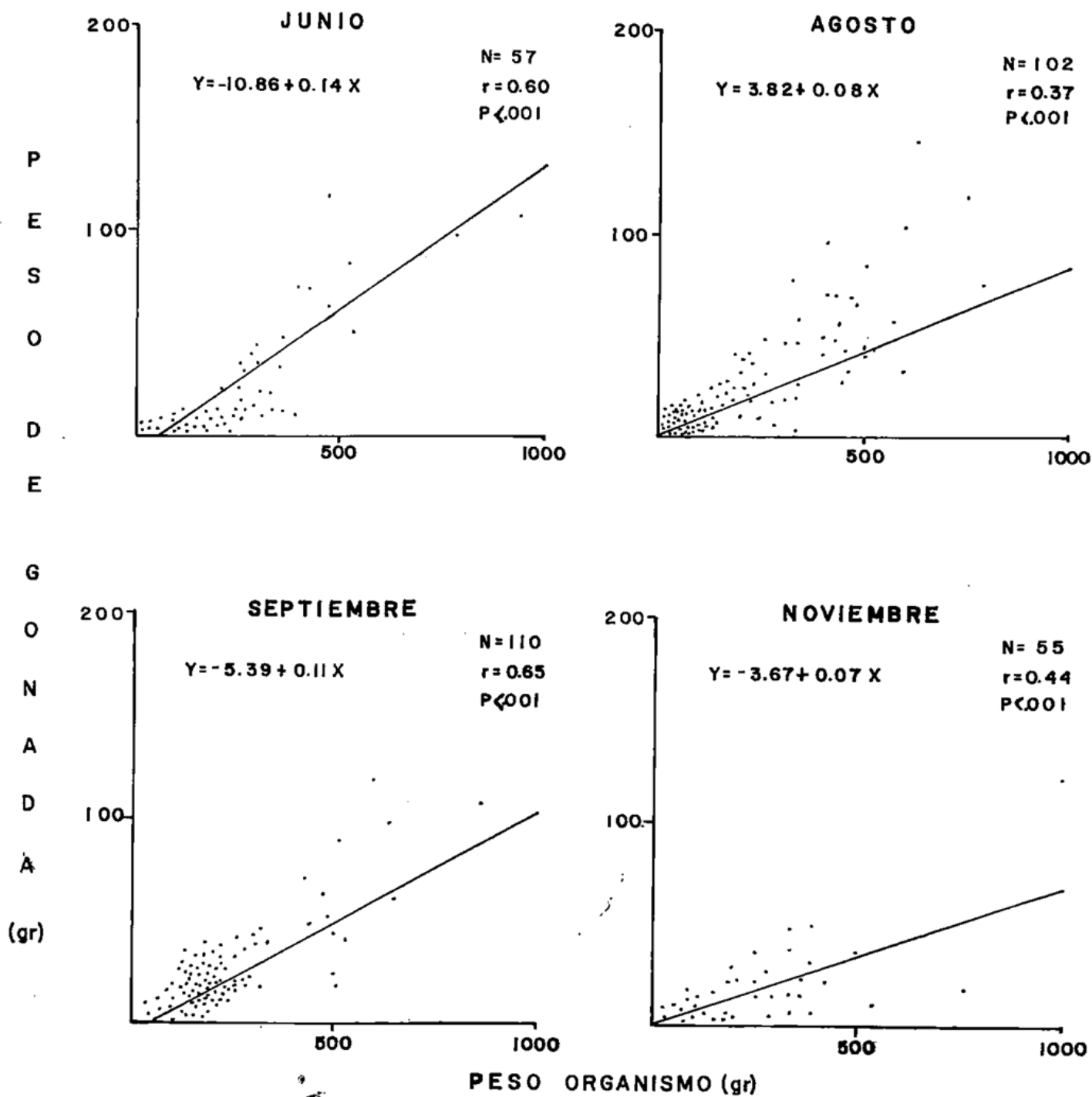


Fig. 9.- RELACION DEL PESO DE LA GONADA - PESO TOTAL DEL ORGANISMO, DE S. franciscanus, EN SANTO TOMAS, 1980.

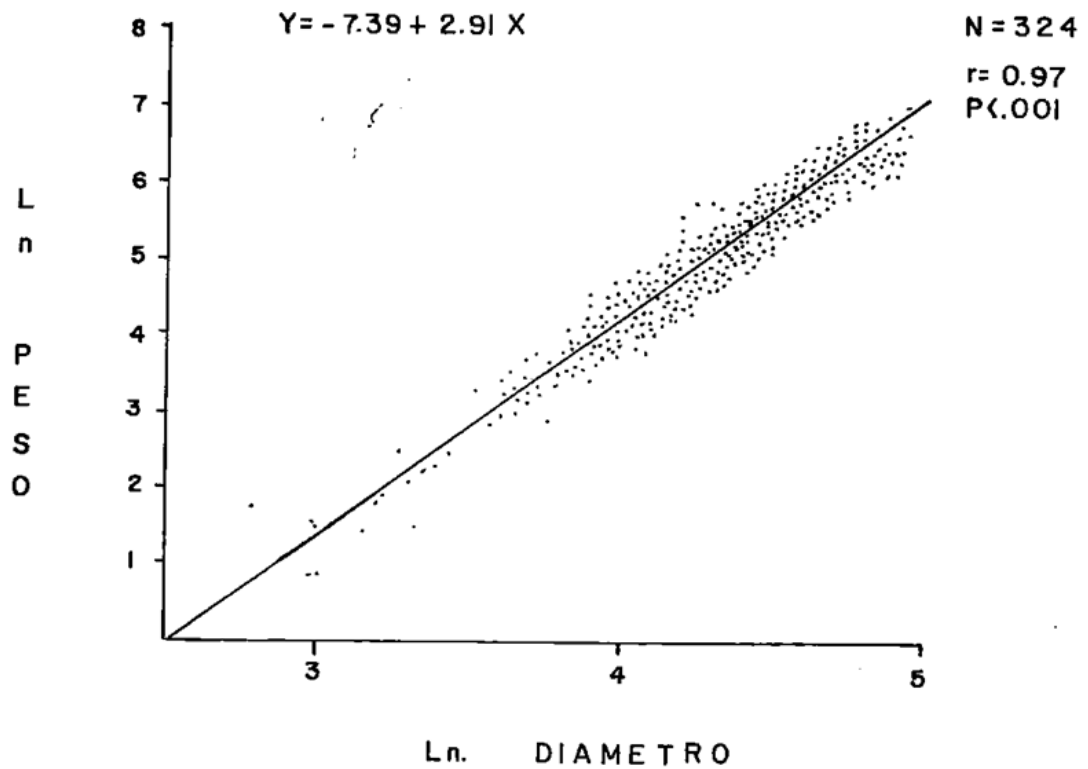


Fig. 10.- REGRESION LINEAL DEL PESO-DIAMETRO, DE S. franciscanus, PARA CALCULAR LAS CONSTANTES DE LA ECUACION QUE RELACIONA ESTOS PARAMETROS.

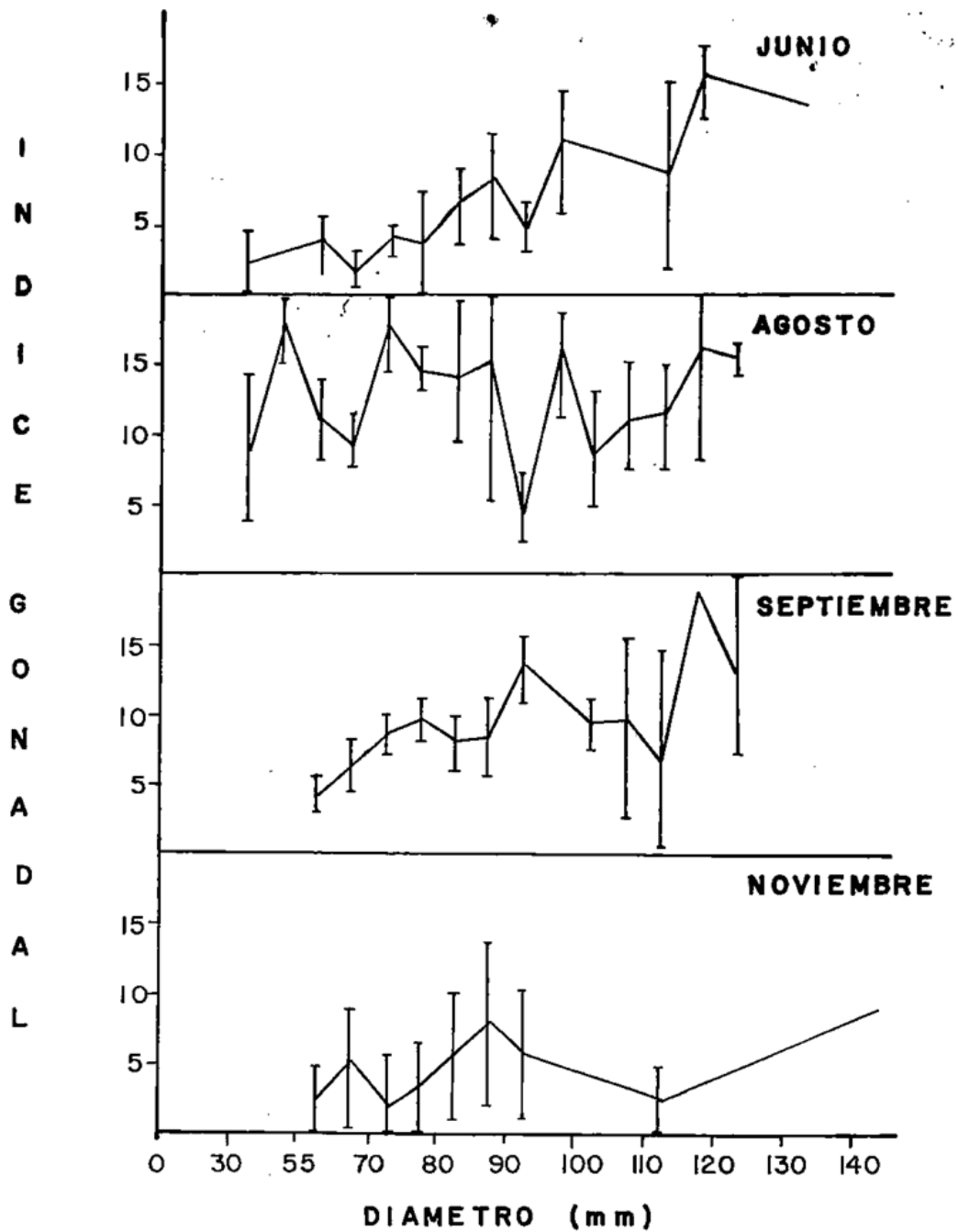
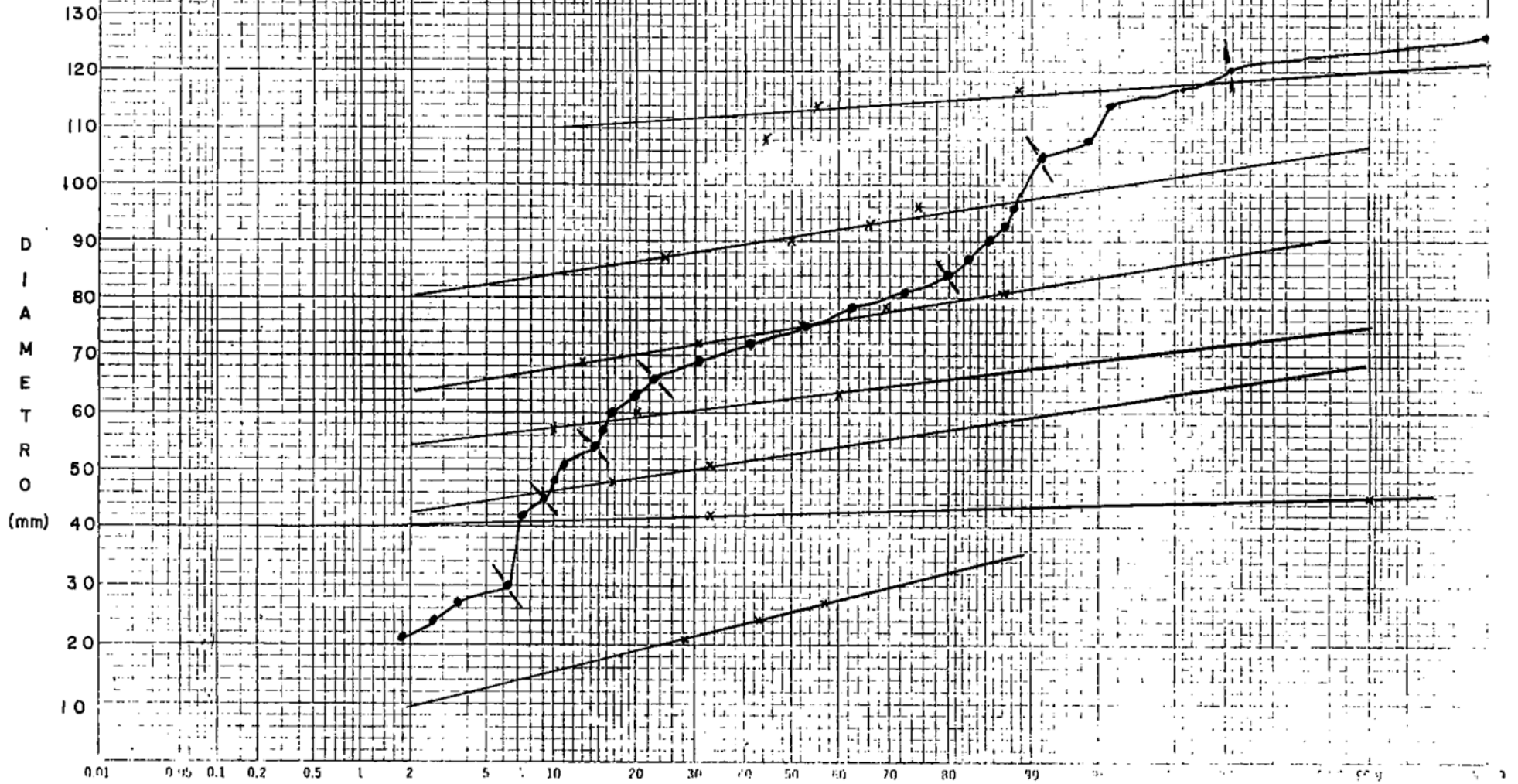


Fig.II.- VARIACION DEL INDICE GONADAL CON RESPECTO AL DIAMETRO, DE S. franciscanus, EN SANTO TOMAS, 1980. LAS LINEAS VERTICALES, SON LOS LIMITES DE CONFIANZA (95%) DE LAS MEDIAS.

99.99 99.9 99.8 99 98 95 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.01

Fig. 12 - ANALISIS DE CASSIE (1954), EMPLEADO PARA SEPARAR LAS MODAS DE UNA DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE 3 mm DE INTERVALO, DE *S. franciscanus*, EN SANTO TOMAS, B.C.



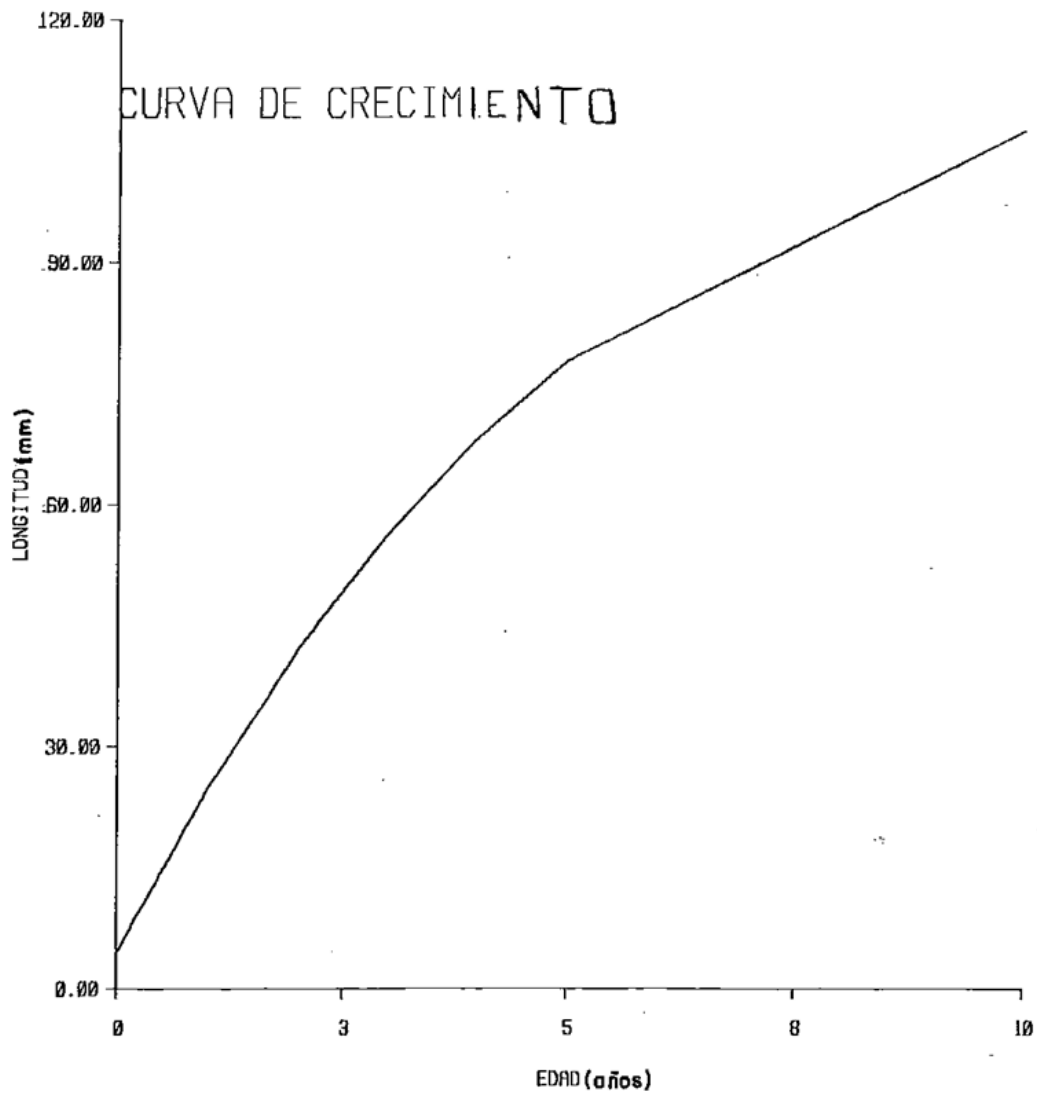


Fig.13.- CURVA DE CRECIMIENTO DE S. franciscanus,  
EN BASE AL MODELO DE VON BERTALANFFY,  
PARA LA ZONA DE SANTO TOMAS, 1980.

Tabla 1.- Estaciones muestreadas en la estimación de la densidad de población de S. franciscanus, en Santo Tomas, Baja Calif., 1980.

ESTACION	No. ORGANISMOS	PESO ORGANISMOS(Kg)
01	--	----
02	4	2.153
03	12	5.200
04	--	----
05	5	2.205
06	14	3.005
07	--	----
08	--	----
09	3	1.695
10	--	----
11	--	----
12	2	0.530
13	12	0.560
14	5	1.630
15	33	3.500
16	--	----
17	8	0.917
18	--	----
19	--	----
20	--	----
21	--	----
22	--	----
23	--	----
24	4	1.250
25	12	2.460
26	2	0.878
27	16	3.405
28	12	2.145
29	10	2.322
30	14	3.214
31	3	1.631
32	10	1.372
33	8	1.499
34	20	2.600
35	15	2.307
36	5	1.185
37	7	2.370
38	9	2.058
39	12	1.922
40	12	4.744
41	6	1.401
42	5	1.830
43	--	----
44	--	----
45	--	----
46	7	1.675
47	4	1.035
48	9	1.775
49	11	1.730
50	16	4.320
51	--	----
52	8	0.335

X= 6.44  
 S= 6.73  
 S = 45.23  
 95% DE CONFIANZA  
 6.44±1.83 m<sup>2</sup>

X= 1.40  
 S= 1.35  
 S = 1.83  
 95% DE CONFIANZA  
 1.40±0.367 m<sup>2</sup>

TABLA 2. INDICE GONADAL EN INTERVALOS DE CLASE DE DIAMETRO (mm), DE S. franciscanus, EN LA ZONA DE SANTO TOMAS, 1980.

INTERVALOS DE CLASE DIAMETRO (mm)	JUNIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			NOVIEMBRE		
	IND.GON. (X)	95% CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N
00.0-13.0	---	---	0	---	---	1	---	---	0	---	---	0
13.1-30.0	---	---	2	---	---	2	---	---	7	---	---	0
30.0-45.0	2.325	4.557	4	11.362	5.526	16	---	---	3	---	---	2
45.1-55.0	---	---	4	18.163	4.761	15	---	---	6	---	---	6
55.1-65.0	3.794	2.017	9	11.609	2.908	19	3.996	1.206	7	2.204	2.793	9
65.1-70.0	1.672	0.537	5	9.180	1.793	5	6.185	1.902	13	4.884	4.258	8
70.1-75.0	3.875	1.107	2	17.782	3.366	6	8.413	1.158	23	1.781	2.984	7
75.1-80.0	3.510	4.726	3	14.371	1.612	8	9.676	1.585	19	3.233	4.225	3
80.1-85.0	6.502	3.775	6	8.923	5.755	3	7.721	1.636	11	5.505	4.446	4
85.1-90.0	8.218	4.174	6	15.286	10.656	3	8.006	2.897	5	7.806	5.519	5
90.1-95.0	4.460	1.979	2	3.996	1.555	3	13.613	2.392	3	5.460	3.796	7
95.1-100.0	10.856	5.046	8	16.002	4.396	5	---	---	0	---	---	0
100.1-105.0	---	---	0	9.908	3.806	7	9.233	2.059	3	---	---	0
105.1-110.0	---	---	0	10.912	3.974	4	9.377	6.333	4	---	---	0

INTERVALOS DE CLASE DIAMETRO (mm)	JUNIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			NOVIEMBRE		
	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N	IND.GON. (X)	95%CONF. LIMITES	N
110.1-115.0	8.823	9.476	3	11.290	12.127	2	6.517	6.665	4	2.033	1.308	3
115.1-120.0	15.400	3.233	2	15.850	0.607	2	19.000	---	1	---	---	0
120.1-125.0	---	---	0	15.210	---	1	---	---	0	---	---	0
125.1-130.0	---	---	0	---	---	0	13.120	---	1	---	---	0
130.1-135.0	13.660	---	1	---	---	0	---	---	0	---	---	0
135.1-140.0	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
140.1-145.0	---	---	0	---	---	0	---	---	0	8.590	---	1

Tabla 3. - Modas separadas por medio del analisis de Cassie (1954), a partir de la distribución de frecuencias de talla, del mes de septiembre, 1980. Para S. franciscanus, en la zona de Santo Tomas.

MODAS (media)	DESVIACION ESTANDAR	N
25	0.27	3
42	0.14	5
53	0.13	4
62	0.28	6
75	0.26	41
91	0.14	35
113	0.27	10

Tabla 4. - Modas separadas por el programa NORSEP (Hasselblad, 1966) a partir de la distribución de frecuencias de talla, del mes de septiembre, 1980, para S. franciscanus en la zona de Santo Tomás, Baja Calif.

RESULTADOS OBTENIDOS DESPUES DE  
62 ITERACIONES

GRUPO	MEDIA	DES. EST.	PORCENI.	TAMAÑO
1	21.51110	1.433018	2.76	3.0
2	28.75257	1.299431	3.66	4.0
3	44.61385	2.264130	3.73	4.1
4	53.27367	1.522423	4.79	5.2
5	75.28981	7.297057	71.39	77.8
6	92.14374	2.332828	2.66	2.9
7	106.21523	1.484572	6.42	7.0
8	116.49992	1.897524	4.59	5.0

TAMAÑO DE MUESTRA = 110

ACTUAL VS. FRECUENCIAS ESPERADAS

2.0	1.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	1.0
6.1	1.1	1.1	2.7	.2	0.0	0.1	0.9	2.0	1.0
1.0	4.0	1.0	1.0	4.0	4.0	8.0	11.0	14.0	10.0
1.2	3.7	1.1	1.3	2.8	5.2	8.3	11.1	12.6	12.1
11.0	8.0	3.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	4.0
9.9	6.8	4.1	2.7	2.2	.9	0.1	0.1	3.0	3.7
0.0	1.0	3.0	1.0						
.3	1.0	2.9	2.0						

PUNTOS DE CORTE	25.	42.	50.	68.	88.	100.	113.	121.
LIMITE INFERIOR DE LA MEDIA	1.	25.	42.	50.	68.	88.	100.	113.
LIMITE SUPERIOR DE LA MEDIA	25.	42.	50.	68.	88.	100.	113.	126.
LIMITE INFERIOR DE LA DES. EST.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
LIMITE SUPERIOR DE LA DES. EST.	3.	20.	30.	30.	30.	30.	20.	30.
PUNTO INFERIOR DE COLAPSO = 1	PUNTO SUPERIOR DE COLAPSO = 33							
GRADOS DE LIBERTAD = 9								
VALOR DE CHI CUADRADA = 5.979	PROB. = .842							

Tabla 5.- Valores de los parametro de crecimiento y longitudes ajustadas, por el modelo de Von Bertalanffy (1938), obtenidas por medio del programa BGC2, para S. franciscanus, en la zona de Santo Tom'as, Baja Calif., 1980.

DATOS ERIZO

		PARAMETROS ESTIMADOS Y ERRORES ESTANDAR			
		L INFINITO	K	T SUB-CERO	
ESTIMACIONES		124.43	0.189496	-0.1869	
ERRORES ESTANDAR		17.49	0.053870	0.306897	
EDAD	LONGITUD AJUSTADA	LONGITUD MEDIA DEL MUESTRE O	E. STD . DE LA MEDIA DEL MUESTREO	TAMANO DE LA MUESTRA	
0.0	4.33	17.60	1.600	5	
1.0	25.06	26.27	0.865	7	
2.0	42.22	37.12	0.932	25	
3.0	56.41	49.33	0.499	24	
4.0	68.15	65.91	0.605	118	
5.0	77.87	82.91	0.525	86	
6.0	85.91	100.05	0.700	39	
7.0	92.56	111.40	0.763	20	

\*\*\*\*\*1\*\*\*\*\*

MATRIZ DE VARIANZA-COVARIANZA

	L INFINITO	K	T SUB-CERO
L INFINITO	0.30604706E 03	-0.92332900E 00	-0.35649710E 01
K	-0.92332876E 00	0.29019359E-02	0.13008805E-01
T SUB-CERO	-0.35649686E 01	0.13008801E-01	0.94185516E-01
ERROR ESTANDAR DE LA ESTIMACION--		18.5902	

## DISCUSION

En base a varios estudios realizados se ha demostrado que el erizo de mar, es el principal organismo regulador de la distribución y la abundancia de las plantas marinas (Leighton, 1971; Lawrence, 1975; Mann, 1977) y por ende de la estabilidad en la estructura de la comunidad de los mantos de algas.

El hablar de una determinada densidad de población de erizo, que pueda afectar a un manto de algas específico, es bastante complicado, debido a las consideraciones que se deben de tomar en cuenta como son: Biomasa del manto, estudio completo de los parámetros biológicos del erizo de mar como serían: tasa de crecimiento, tasa de alimentación, tasa de reproducción, etc. y también las relaciones interespecíficas de los organismos que habitan en el manto. Algunos autores han determinado densidades que afectan a la comunidad de los mantos de algas; Leighton (1966) reporta que para exista un estado de esterilidad de algas, en los mantos del sur de California, se necesita un espécimen adulto de S. franciscanus por m<sup>2</sup> ó 10 especímenes de S. purpuratus por m<sup>2</sup>, tomando en cuenta estas cantidades la densidad de S. franciscanus obtenida en el presente trabajo (Tabla 1) se puede considerar alta, pero Ebert (1977) considera los resultados obtenidos por Leighton (1966) podrían no tener ningun efecto en los mantos de Mission Bay, California, y sus resultados indican que se necesitarían de 41 organismos de S. franciscanus por m<sup>2</sup> ó 42 S. purpuratus por m<sup>2</sup>. Por lo tanto se considera difícil estimar

cuando la densidad es alta o baja sin contar con los otros factores mencionados anteriormente.

Es importante hacer notar que la estimación de la densidad de S. franciscanus va acompañado de la estimación en peso de los organismos dado que se puede encontrar el mismo número de individuos por estación, pero el peso de estos cambia considerablemente (Tabla 1). La mayoría de las estimaciones que se hablan en trabajos referentes al efecto de las altas densidades de erizos los mantos de algas (Leighton, 1966, 1961; Lawrence, 1975 y Mann, 1977) lo hacen en base a organismos adultos (80 mm. en adelante) para esta especie.

En la zona estudiada se encuentra una gran extensión de mantos de Macrocystis purifera, tanto en Bahía Soledad como cercanos a Punta Santo Tomás, encontrándose también grana cantidad de algas a la deriva pudiendo atribuir esto a razones principales como son: condiciones hidrológicas: en 1980 las precipitaciones pluviales fueron considerables, los arroyos que desembocan en esta zona trajeron gran cantidad de sedimento, aunado a los fuertes oleajes que pudieron haber desprendido las algas del sustrato, ocasionando con ésto según explica Dayton (1975) que las algas desprendidas se enreden a las que están fijas oponiendo una mayor resistencia a las corrientes y causando el desprendimiento de otras algas. Por otro lado no se descarta el efecto del consumo de algas por las dos especies de erizo más abundantes, S. franciscanus y S. purpuratus. En función de sus hábitos

alimenticios S. franciscanus muestra preferencia por el adulto de Macrocostis sp. en cambio S. purpuratus muestra preferencia por las algas a la deriva y en ausencia de éstas utiliza la parte superior del órgano de fijación, ocasionando con esto el desprendimiento total de la planta (Tegner, 1980) por lo que algunos autores consideran de mayor efecto la presencia de S. purpuratus en relación a las grandes densidades que se pueden encontrar, claro que siempre es importante el consumo de algas por S. franciscanus calculándose una tasa de alimentación de 1 gr/h/animal (Vadas, 1968). También estos mantos se encuentran sujetos a explotación comercial, por medio de una embarcación que los recoge pero deja muchas a la deriva.

Varios autores han propuesto que la explosión de las poblaciones de S. purpuratus y S. franciscanus asociados con la disminución de los mantos de algas en las costas del sur de California (North y Pearse, 1970) fué causa de la disminución en la depredación por la nutria, Enhydra lutris (McLean, 1962; North, 1965; Lowry y Pearse, 1973. Leighton, Jones y North, (1966) consideran a la nutria como el unico depredador capaz de controlar las poblaciones de erizo en California, por ser su alimento preferido (Ebert, 1961). El problema con esta hipótesis es que probablemente la nutria no se encontrara en el sur de California desde 130 a 150 años atrás (Ogden, 1941). Por lo que sería difícil atribuirle la gran explosión de erizos, la desaparición de la nutria como unico motivo ó posiblemente sean varias las causas.

Los otros depredadores más importantes del erizo son la langosta, Panulirus interruptus y la vieja Pimelometopon pulchrum (Tegner y Dayton, 1981) siendo estas dos especies codiciadas comercialmente, principalmente la langosta por su precio tan elevado. En la zona estudiada ocasionalmente se encuentra langosta y con mayor frecuencia la vieja (Pimelometopon pulchrum) también un competidor con el erizo en espacio y en alimento, como es el abulón que por ser una especie con alta intensidad de pesca casi no se encuentra en la zona. Existe la posibilidad de que factores en conjunto como lo son la disminución de los principales depredadores del erizo de mar sean los responsables de la gran explosión de estas poblaciones (Tegner, 1980).

Un control efectivo en la abundancia de estos organismos es la pesca pero estas se tienen que realizar con medidas reglamentarias para no lesionar a las poblaciones de erizo y tampoco perturbe el equilibrio del ecosistema de los mantos de algas. En la distribución de frecuencias para los cuatro meses muestreados (Fig. 8) se observa principalmente poca frecuencia de organismos de tallas pequeñas (50 mm. para abajo) así como escasos organismos arriba de 100 mm. y en general se encuentra predominando tallas de 60 a 90 mm. Esta distribución no concuerda con la distribución de tallas encontradas por Tegner y Dayton, (1981) en el manto de Point Loma, California la cual se comporta bimodalmente con las mayores frecuencias para las tallas de 25 y 110 mm.

Se puede explicar la baja frecuencia de organismos de tallas pequeñas por las implicaciones en el muestreo (fuertes corrientes, turbidez, etc.) pero no las tallas menores, por lo que se considera la poca frecuencia de ocurrencia de tallas mayores (100 mm. en adelante) al esfuerzo de pesca sobre la zona de Santo Tomás, la cual hasta 1981 fué explotada con gran intensidad. Las consecuencias que implica la poca frecuencia de tallas mayores, en base a los estudios de reclutamiento por Tegner y Dayton (1977, 1981) los cuales afirman que sitio más importante para el reclutamiento de S. franciscanus está en el área formada bajo las espinas de organismo adultos de esta especie: este comportamiento es básicamente con el objeto de proteger a los organismos juveniles de sus depredadores. Entonces, al estar extrayendo organismos adultos, se deja desprotegido a un gran número de erizos juveniles que son fácilmente depredados, esto podría explicar que se encuentran pocos organismos de tallas pequeñas.

Organismos mayores a 60 mm. de diámetro son más difíciles de ser depredados en comparación con los más pequeños y además no tienen gran esfuerzo de pesca, ya que se buscan organismos de mayor tamaño, por lo tanto esta sería la razón de encontrar la mayor frecuencia de organismos entre las tallas de 60 a 90 mm.

Este comportamiento de los juveniles de S. franciscanus a protegerse bajo las espinas de los organismos adultos de esta especie, también se presenta en otros organismos juveniles como son: abulón, gastropodos, cangrejos, asteroideos, ofirideos y

algunos peces (Tegner y Dayton, 1977) aumentando así la importancia ecológica que tiene este organismo en la comunidad.

La utilización comercial del erizo de mar, recae únicamente en la gónada, cambiando ésta sus características fisiológicas según su ciclo reproductivo. La principal época de extracción de erizo es de julio a diciembre, en la cual el organismo es capturado antes de que ocurra el desove, esta es una de las implicaciones más importantes de la captura de este organismo, ya que reduce la capacidad reproductiva de la población.

Las relaciones que se obtuvieron sobre el peso del organismo y el peso de la gónada, dan un panorama mucho muy reducido del comportamiento global de éstas, encontrando los índices de correlación para cada mes muy bajos, debido a lo disperso de los datos (Fig. 9). En lo que se refiere a la relación del diámetro contra el peso del organismo se obtuvo una relación muy buena (Fig. 10) con un coeficiente de correlación de 0.97  $P < .001$  y utilizando la ecuación obtenida para calcular el peso del organismo a partir del diámetro da buenos resultados. Comparando esta ecuación con la calculada por Baker (1973)  $W=0.49 D^3$ , existe una similitud en el exponente al que está elevado el diámetro pero existe una buena diferencia en la constante encontrada por Baker y este trabajo. Es importante el cálculo de la función que relaciona estos dos parámetros de una especie, como mecanismo de transformación de los modelos de crecimiento en longitud a los modelos de crecimiento en peso y como indicadores para determinar

los estados fisiológicos en diferentes épocas del año, por lo que se tendría en este caso, construir relaciones mínimo para cada una de las cuatro estaciones del año con objeto de interpretar los datos obtenidos en base a procesos fisiológicos (Ehrhardt, 1981), pero la relación obtenida en el presente trabajo da un panorama parcial de la relación del peso con respecto al diámetro de los organismos colectados en los mantos de Santo Tomás en 1980.

El análisis del índice gonadal con respecto al diámetro del organismo se observó para los meses de junio, septiembre y noviembre (Fig. 11) como se esperaba, o sea que el índice fuera incrementando con respecto a aumentar la talla de los organismos, no siendo así para el mes de agosto en donde existen muchas fluctuaciones. Gonor (1972) reporta los resultados de sus análisis del índice gonadal en relación al diámetro para S. purpuratus en las costas de Oregon, encontrando un gran incremento al aumentar la talla principalmente a los 45 mm. de diámetro y supone que a esta talla los organismos de esta población se encuentran maduros sexualmente, listos para el desove, siendo esto para el mes de diciembre.

En este caso es difícil determinar en las gráficas obtenidas en el presente trabajo (Fig. 11) donde empieza a incrementarse el índice gonadal con la seguridad que pudieramos encontrar desde esa talla organismos maduros, por ejemplo para el mes de noviembre que prácticamente las gonadas se encuentran en la etapa de maduración: corroborando esto al colectar varios organismos que al extirparles

la gonada, se encontraron los productos sexuales sobre la superficie de ésta, podríamos decir que el incremento se manifiesta desde los 75 mm aunque después de los 87 mm existe un decaimiento. Podríamos decir con seguridad que a 75 mm de diámetro S. franciscanus ya es un organismo maduro sexualmente, pero la maduración puede ocurrir antes: Bernard y Miller (1973) reportan que para las costas de la Columbia Británica, en Canadá, que S. franciscanus alcanza la madurez sexual a los 50 mm de diámetro. En los muestreos se encontraron varios organismos por debajo de 55 mm que no fue posible medirle sus gónadas, por encontrar solo una película pegada al caparazón, hasta en el mes noviembre (Tabla 2). Para poder hacer el cálculo preciso de cual es la longitud en que el erizo se encuentra con capacidad reproductora, se necesita a parte del índice gonadal estudios histológicos para poder ir observando el desarrollo de los gametos.

La determinación de la edad es un parámetro primordial para el estudio de la dinámica de población de cualquier especie. Esta determinación para algunos organismos es complicado, como es el caso de los erizos de mar en general y en especial para el erizo rojo, S. franciscanus, debido a las implicaciones biológicas de esta especie. Son pocos los trabajos que existen sobre la determinación de los parámetros de crecimiento de S. franciscanus, existiendo una mayor cantidad para S. purpuratus (Ebert, 1967a, 1967b, 1968, 1975; Swan, 1961). Los datos que se han usado para estimar los parámetros de crecimiento en los erizos son: distribución de frecuencias, líneas de crecimiento de las placas

del caparazón, captura y recaptura, observaciones en acuarios y encierros. El uso de cada uno de éstas implican una serie de limitaciones en su aplicación. Para el caso del análisis de la distribución de frecuencias de talla Ebert (1973) explica que el manejo de este análisis se debe hacer con mucho cuidado ya que una de las mayores implicaciones es el separar las modas de los organismos de mayor tamaño, que tienden a presentar una sola moda de gran amplitud. Por tal razón la separación de las modas en este trabajo se realizó por medio de un programa de computación llamado NORSEP (Hasselblad, 1966), el cual brinda una determinada seguridad en la separación correcta de las modas, al calcular la distribución de Chi-cuadrada para los datos de las frecuencias observadas y las esperadas, y también como medida de seguridad se utilizó la separación por papel probabilístico (Harding, 1949 y Cassie, 1954) observando una similitud para modas intermedias.

Los resultados obtenidos sobre el crecimiento del erizo rojo, S. franciscanus a sido por: Baker (1973) trabajó con dos poblaciones de S. franciscanus en Mission Bay y Point Loma, Cal. utilizó para el cálculo de los parámetros de crecimiento los resultados obtenidos por medio del método de marcado y captura del organismo en un determinado tiempo, calculando para Mission Bay una constante de crecimiento  $K=0.255$ , longitud infinita de crecimiento  $L_{\infty}=80.70$  mm y para Point Loma  $K=0.285$ ,  $L_{\infty}=106.00$  mm, utilizando el modelo de crecimiento de Brody-Von Bertalanffy obtuvo cálculos para edades de 1, 2, 3 y 4 años correspondientes a longitudes de 10, 20, 37 y 43 mm para Mission Bay y 12, 38, 57 y

70 mm para Point Loma. Bernard y Miller (1973) en Canada, calcularon por medio de la distribución de frecuencias de talla de S. franciscanus, su modelo de crecimiento obteniendo para las edades de 1, 2, 3 y 4 años, longitudes correspondientes a 25, 48, 72 y 90 mm. En un trabajo más reciente Farías (1980) usando la distribución de frecuencias de talla, separó ocho modas por medio del papel probabilístico, calculando la constante de crecimiento de  $K=0.1889$  y la longitud infinita  $L_{\infty}=148$  mm. Utilizando el modelo de Von Bertalanffy obtuvo para edades de 1, 2, 3 y 4 años, longitudes de 11, 34, 53 y 71 mm respectivamente.

Es claro que estos resultados no pueden ser idénticos, pero existe cierta similitud en el comportamiento del incremento en el crecimiento de S. franciscanus, tomando en cuenta que las estimaciones fueron realizadas en diferentes regiones geográficas y en función de las condiciones del medio ambiente, los parámetros del crecimiento presentan variaciones.

Los resultados obtenidos en este trabajo del modelo de crecimiento de S. franciscanus para la zona de Santo Tomás (Tabla 5), presentan una mayor similitud con los encontrados por Baker (1973) en Point Loma, Cal. tomando en cuenta que se utilizaron diferentes métodos para determinar los parámetros de crecimiento ( $K$  y  $L_{\infty}$ ). En comparación con el trabajo de Farías (1980) en Punta Banda, se encuentra que la constante de crecimiento son muy parecidas, pero la longitud infinita de crecimiento obtenida por éste, parece estar sobrestimada, en relación a la encontrada en

éste trabajo y en el de Baker (1973). Por lo tanto, se considera que los resultados obtenidos en el modelo de crecimiento para S. franciscanus en la zona de Santo Tomás, son aceptables.

### CONCLUSIONES

1.- La estimación de la densidad de población del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus, en los mantos de Macrocystis purifera, que se encuentran en la zona de Santo Tomás, para una profundidad de 10 a 20 m. fué de  $6.44 \pm 1.83$  organismos/m<sup>2</sup> con una estimación de biomasa de  $1.40 \pm 0.367$  Kg/m<sup>2</sup>.

2.- En base a la distribución de frecuencia de talla de S. franciscanus, se encontraron frecuencias muy bajas de organismos de tallas inferiores a 30 mm. como consecuencia posiblemente de la poca ocurrencia de tallas mayores a 100 mm, que aseguran una mayor protección a los organismos juveniles de sus depredadores, así como adjudicando la baja frecuencia de los organismos de tallas superiores a 100 mm, a la explotación comercial.

3.- La relación morfométrica más importante que se encontró, fué la que describe el peso en función del diámetro del organismo por medio de una ecuación del tipo exponencial siendo ésta:

$$2.91$$

$$W = 0.0006174 D$$

4.- Se observó el incremento que presenta el índice gonadal al aumentar la talla del organismo, pero no se determinó donde se

manifiesta con mayor intensidad. Se encontraron organismos con solo una película de gónada (no medible) hasta tallas de 55 mm.

5.- La ecuación del modelo de crecimiento de Von-Bertalanffy calculado para la población de S. franciscanus, en la zona de Santo Tomás fue:

$$L_t = 124.43 \left( 1 - e^{-0.189496 (t-0.1869)} \right)$$

### SUGERENCIAS

Existe la necesidad, dada la importancia ecológica de los erizos de mar, en la estructura de la comunidad de los mantos de algas, de continuar con estudios biológico-pesqueros de las dos especies más abundantes en nuestras costas: S. franciscanus y S. purpuratus. Así como estudios de evaluación de la biomasa y aspectos biológicos de las algas, con el objeto de poder regular la captura de los erizos de mar y mantener un estado de equilibrio en esta comunidad.

LITERATURA CITADA

- Baker, S. 1973. Growth of the red sea urchin Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz) in two natural habitats. Thesis, San Diego States Univ. San Diego, Cal. vii+83.
- Barnes, R. D. 1972. "Equinodermos". Zoologia de Invertebrados. 2da. Ed. Editorial Interamericana, México, D. F.
- Bernard, F. R. y D. C. Miller. 1973. Preliminary investigation at the red sea urchin, resources of British Columbia, Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz). Fish. Res. Bd. Can. Tech. Rep. No. 400.
- Brand, T. 1981. Apuntes de la materia de ecología, para el décimo semestre. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Ensenada. UABC ( No publicado).
- Bree, P. A. y K. H. Mann. 1976. Destructive grazing of kelp by sea urchin in eastern Canada. J. Fish. Res. Bd. Can. 33:1278-1283.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the

analysis of size frequency distributions. Aust.  
J. Mar. Freshwat. Rev. 5:513-522.

Dayton, 1975. Experimental evaluation of ecological dominance  
in rocky intertidal alga community. Ecolo.  
Monogr. 45(2): 137-159.

Ebert, T.A. 1967a. Negative growth and longevity in the  
purple sea urchin S. purpuratus (Stimpson).  
Science (Wash. D.C.), 157:557-558.

-----1967b. Growth and repair of spines in the sea  
urchin S. purpuratus (Stimpson). Biol. Bull.  
(Woods Hole) 133(1):141-149.

-----1968. Growth rates of the sea urchin,  
Strongylocentrotus purpuratus, related to food  
availability and spine abrasion. Ecology  
49(6):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.

-----1977. An experimental analysis of sea urchins

- dynamics and community interactions on rock Jetty.  
*J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 27:1-22.
- Ehrhardt, N. M. 1981. Apuntes del curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámicas de poblaciones. FAO-CICIMAR, La Paz, B. C. S. (No publicada).
- Fariñas, J. A. 1980. Observaciones preliminares de una población de erizos Strongylocentrotus franciscanus (Echinodermata, Echinoidea) en B. C. Tesis de Licenciatura, U. C. M. , U. A. B. C.
- Fuji, A. 1963. On the growth of the sea urchin Hemicentrotus pulcherrimus. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 29:118-127.
- Fuji, A. y T. Nakamura. 1965. *Uni rui* (sea urchin). *Senkai Yoshoku 60 shu* (The culture of 60 shallow marine species). Publisher, Taisei Suppansha, 281-296. Translated by Madelon Mottet.
- Gonor, J. J. 1972. Gonad growth in the sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson) (Echinodermata: Echinoidea) and assumptions of gonad index methods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 10:89-103.

-----1973. Reproductive cycle in Oregon populations of the echinoid, Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson). I. Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycle. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 12:45-64.

Harding, J. P. 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. J. Mar. Biol. Soc. U.K. 28:141-153.

Hasselblad, V. 1966. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. Technometrics, 8(3):431-444.

Johnson, M. W. 1930. Notes on the larval development of Strongylocentrotus franciscanus. Publications Puget Sound Biological Station 7:401-411.

Kawamura, K. 1964. The ecology of the sea urchin S. intermedius, at Sampaku, Rebun Island. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta. 2:39-59.

Lawrence, J. M. 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. George Allen and Unwin Ltd., London 13:213-286.

Leighton, D. L. 1966. Studies of food preference in algivorous invertebrates of southern California kelp beds. Pacific Sci. 20(1):104-113.

-----1968. A comparative study of food selection and nutrition in the abalone Haliotis rufescens (Swainson), and the sea urchin S. purpuratus (Stimpson). Thesis Ph. D. University of California, S.D. 197 pp.

-----1971. Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. In biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California. W. J. North, Nova Hedwigia Beiheft 32:421-453.

Leighton, D. L., L. G. Jones y W. J. North. 1966. Ecological relationships between giant kelp and sea urchin in southern California. Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium. Halifax, August 25-8, 1965. Pergamon Press, N. Y. 141-153.

Lowry, L. F. y J. S. Pearse. 1973. Abalone and sea urchin in area inhabited by sea otters. Mar. Biol. 23:213-219.

MacGinitie, G. E. y N. MacGinitie. 1968. Natural history of marine animal. MacGraw-Hill Inc. N. Y. 2d. Edition. 523 pp.

- Mann, K. H. 1977. Destruction of kelp-bed by sea urchins: a cyclical phenomenon of irreversible degradation. *Helgoländer Wiss.* 30:455-467.
- McLean, J. H. 1962. Sublitoral ecology of kelp beds of the open near Carmel, California. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole* 122-95-114.
- Miller, R. S. y K. H. Mann 1973. Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. III. Energy transformations by sea urchins. *Mar. Biol.* 18:99-114.
- Moctezuma, M. F., J. S. Palleiro y E. Vázquez, 1981. Avance de las investigaciones sobre la pesquería del erizo de mar en Baja California. Centro de Inv. Pesq. Ensenada, Secretaria de Pesca. (No publicado).
- Moore, H. B. 1935. A comparasion of the biology of Echinus esculentus in different habitats, Part II. *Journ. Mar. Biol. Assoc., U.K.* 20: 109-128.
- Moore, R. C. 1966. *Treatise on invertebrate paleontology.* The Geological Society of America, Inc. and University of Kansas Press.
- Mottet, M. C. 1976. The fishery biology of the sea urchin in

the family Strongylocentrotidae. Wash. Dep.  
Fish. Tech. Rep. 20:1-66.

Nissen, J. 1969. Crystal orientation and plate structure in  
echinoid skeletal units. Science 166: 1150-1152.

North, W. J. 1965. Urchin predation in kelp habitat  
improvement project, Annual Report 1964-1965. pp.  
57-59. Pasadena California. Calif. Inst. of  
Technology.

-----1971. Introduction and background the biology of  
gigant kelp beds, Macrocystis in California. Nova  
Hedwigia Beihefte 32: 1-98.

North, W. J. y J. S. Pearse. 1970. Sea Urchin population  
explotion in Southern California Coastal Waters.  
Science, N. Y. 167: 209.

Ogden, A. 1941. The California sea otter trade: 1748-1848.  
University of California Press, Los Angeles and  
Berkeley. 251 p.

Pearse, J. S y V. B. Pearse. 1975. Growth zones in the  
echinoid skeleton. Amer. Zool., 15: 731-753.

Sumich, J. L. y J. E. McCauley. 1973. Growth of the sea

urchin A. fragilis off the Oregon coast. Pac. Sci. 27(2): 156-167.

Swan, E. F. 1959. Growth and variation in the sea urchins of York, Maine. J. Mar. Res. 17:505-522.

-----1961. Some observations on the growth rate of the sea urchins in the genus Strongylocentrotus. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole, Vol. 120:420-427.

Tegner, M. J. 1980. Multispecies considerations of resource management in southern California kelp beds. Canadian Tech. Rep. Fish. Aqua. Sci. Rep. 954:125-143.

Tegner, M. J. y P. K. Dayton 1967. Sea urchin recruitment patterns and implications of commercial fishing. Science 196:324-326.

-----1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins Strongylocentrotus franciscanus and S. purpuratus, in a kelp forest near San Diego, Calif. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:255-268. California Sea Grant Collage Program. Univ. of California, Davis.

- Tomilson, A. 1972. Program Manual of BGC2. Technometrics, 16(2): 391-425.
- Vadas, R. 1968. The ecology of Agarum and the kelp bed community. Ph.D. Diss. Univ. Wash. Seattle. 280 p.
- Von Bertalanffy, L. 1939. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth law II). Human Biology a record of Research 10(2):181-213.