

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
Escuela Superior de Ciencias Marinas

COMPARACIONES EN LA ESTRUCTURA DE
UNA POBLACION DE ERIZO ROJO
Strongylocentrotus franciscanus EN
SANTO TOMAS, B. C., MEXICO.

TESIS
que para obtener
el titulo de
OCEANOLOGO
presenta el P. O.
Eduardo José Romero Drozco

Ensenada B. C. diciembre de 1982.

A MIS PADRES QUE SIEMPRE ME HAN
DADO BUEN EJEMPLO Y ALEGRIA.

A MIS HERMANOS QUE SIEMPRE HAN
SABIDO MANTENER UNIDA A LA FAMILIA.

A MI ESPOSA POR SU
COMPRENSION Y CARIÑO.

A MIS HIJOS JOSE MANUEL Y ROMAN DIEGO
POR SER LA LUZ QUE ALUMBRA MI VIDA.

INDICE

I. - RESUMEN	4
II. - INTRODUCCION	5
a) Pesquería	5
b) biología	7
c) Distribución	12
d) Anatomía externa	12
e) Anatomía interna	13
III. - DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIOS	15
IV. - MATERIALES Y METODOS	22
a) Método aleatorio	23
b) Método por transectos	24
c) Densidad	28
d) Biomasa	29
e) Estructura de la población	30
f) Relación talla-peso	30
V. - RESULTADOS	31
a) Densidad	31
b) Biomasa	34
c) Estructura de la población	34
d) Relación talla-peso	36
VI. - DISCUSION	37
VII. - CONCLUSIONES	45
VIII. - AGRADECIMIENTOS	47
IX. - LITERATURA CITADA	48

I. RESUMEN

Se utilizaron dos métodos diferentes para calcular la densidad del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus en la zona de Santo Tomás B.C. México. Uno aleatorio y otro por transectos, encontrándose los valores de 3.22 ± 1.656 org/m²(aleatoriamente) y 3.78 ± 1.99 org/m² (transectos), se comprobó que el resultado entre ambos métodos no tiene diferencia significativa(0.95).

Se analizó para la misma zona la estructura que guardaba la población en 1980 cuando se pescaba comercialmente el erizo y la que tiene actualmente (1982) después de 2 años de no desarrollarse ésta actividad en la zona, encontrándose que la población ha tenido una lenta recuperación con un gran número de reclutas de los años 1981 y 1982.

Se calculó la relación entre el peso total del organismo(P) y el diámetro del caparazón de la siguiente forma

$$2.9718$$

$$P=0.0005D$$

II. INTRODUCCION.

a) PESQUERIA.

Una de las pesquerías más recientes en Baja California es sin duda alguna la del erizo de mar, iniciada en forma tentativa por la empresa MAR PACIFICO alrededor de 1960, pero ésta no tuvo éxito debido a los altos costos de producción y a la exigencia de productos de gran calidad por parte del mercado internacional (Malagrino, 1972).

Al inicio de la década de los 70's un grupo de empresarios japoneses procesaron experimentalmente la gónada del erizo de mar en nuestras costas, el producto se catalogó como de gran calidad en el mercado japonés y es a partir de 1972 que la pesquería del erizo de mar se ha llevado a cabo sistemáticamente en la costa occidental de Baja California por parte de cooperativas, permisionarios libres y empresas privadas.

En las aguas someras de la costa occidental de Baja California existen cuatro especies de erizos regulares, estos son: Strongylocentrotus franciscanus (Agassiz, 1863), Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson, 1857), Centrostephanus

coronatus (Verrill, 1867) y Lytechinus anamesus (Verrill, 1867) (Gotshall y Laurent, 1979; Ricketts y Calvin, 1968), de estos los que se encuentran más ampliamente distribuidos a lo largo de toda la costa son las dos primeras especies, conocidas con el nombre común de erizo rojo y púrpura respectivamente. Es justamente sobre estas dos especies que incide la pesquería del erizo de mar, pero principalmente sobre el erizo rojo (Stonqulocentrotus franciscanus) por ser el de mayor tamaño y presentar gónadas de mayor calidad (Kato, 1972).

El valor comercial del erizo de mar se debe a lo apreciado de sus gónadas en el mercado japonés y de algunos países sudamericanos y europeos. La producción de gónada de erizo en nuestro país no tiene demanda interna, convirtiéndose así en un producto neto de exportación, siendo el Japón el único comprador del producto mexicano. Los japoneses son los principales productores y consumidores de gónada de erizo en el mundo, consumiendo diariamente entre tres y cinco toneladas (Ward, 1975). El Japón obtiene la gónada ya procesada, además del mercado mexicano de los Estados Unidos (Jones, 1978) y Canadá (Hudnall, 1970).

b) BIOLOGIA.

Se tiene conocimiento de que los erizos pueden devastar grandes extensiones cubiertas por algas y pastos marinos (Shepherd, 1973; Ogden et al., 1973; Camp et al., 1973), pero en especial las especies del género Strongylocentrotus presentes en nuestras costas son reconocidos como organismos herbívoros muy voraces (Vadas, 1968), capaces de regular la distribución y abundancia de los grandes mantos de algas café (Tegner y Dayton, 1981; Tegner, 1980; Paine y Vadas, 1969; Leighton, 1971; Leighton et al., 1966; North y Pearse, 1970; Lawrence, 1975; Mann, 1977; Mann y Breen, 1972; Breen y Mann, 1976; Miller y Mann, 1973; Bernard y Miller, 1973; Lang y Mann, 1976). Es debido a esto que algunas personas consideran a los erizos de mar como una plaga y desarrollan técnicas para eliminarlos usando sustancias químicas como la cal viva o matándolos con objetos punzocortantes por buzos profesionales (Leighton et al., 1966).

La dieta preferida del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus es el alga café Macrocystis pyrifera C. Agardh, 1820 (Mattison et al., 1977), la cuál es el principal componente de los grandes mantos de algas localizados a lo largo de la costa occidental de Baja California Norte (Mateus, 1972) y del sur de California (Neushul y Haxo, 1968). Leighton (1966) observó que la preferencia de algas por S.

franciscanus fué la siguiente: Macrocyctis purifera, 34%;
Gigartina armata Var., 17%; Eisenia arborea
Areschoug, 1884, 11%; Egregia laevigata Setchell, 1925, 10%.
Como ya mencionamos anteriormente los erizos de mar son
organismos herbívoros muy voraces, pero si estos habitan en
zonas donde no crecen macroalgas se pueden alimentar y
sobrevivir de organismos muertos o algas a la deriva, pudiendo
si se presenta el caso convertirse en depredadores de otros
animales tales como los huevecillos del caracol Kelletia
kelletii (Forbes, 1852) (Bertsch, com. pers.) o ingerir
arena para separar los microorganismos asociados a ésta, tales
como radiolarios, diatomeas y otros protozoarios (Stott,
1955).

La importancia ecológica que reviste esta condición de
herbívoro voraz del erizo de mar es que los grandes mantos de
algas sirven como protección y fuente de alimento de un gran
número de organismos que viven en este sistema (North, 1971;
North y Hubbs, 1968), y su acción barrenadora puede causar
graves trastornos ecológicos.

El control de la densidad del erizo de mar se debe a una
combinación de factores, tales como, la acción del oleaje,
disponibilidad de alimento, descargas de agua dulce,
depredación (Lees, 1970) y en algunos casos por enfermedades
(Pearse et al., 1977; Pearse y Hines, 1979). Entre los

principales depredadores del erizo de mar se encuentra la nutria de mar Enhydra lutris Nereis (Lowry y Pearse, 1973), la cuál estuvo próxima a extinguirse a finales del siglo pasado debido a la intensa caza a que fue sometida por tener una piel muy apreciada (Estes y Palmisano, 1974) y quedó limitada a habitar una pequeña porción del estado de California (Ebert, 1968). Se considera que a raíz de la casi total desaparición de la nutria, la langosta roja Panulirus interruptus (Randall, 1839) pasó a ser el principal depredador del erizo de mar en el pacífico nororiental (Tegner y Dayton, 1981; Tegner, 1980; Mann y Breen, 1972). Además de estos dos importantes depredadores del erizo de mar la lista de depredadores sobre éste organismo incluye a los asteroideos (Pycnopodia helianthoides (Brandt), Astrometis sertulifera Xantus, 1860 y Dermasterias imbricata (Crube)) a los cangrejos (Cancer antenarius Stimpson, 1856 y Cancer productus Randall, 1839, el tiburón (Heterodontus francisci) y tres peces lábridos de los cuales la vieja (Pimelometopon pulchrum) es el más importante (Leighton et al., 1966; Rosenthal y Chees, 1970, 1972; Tegner y Dayton, 1981; Moitza y Phillips, 1979; Dayton, 1975; Feder y Turner, 1974), existiendo depredadores menos importantes como las anémonas de mar (observ. pers.).

El acelerado desarrollo de la pesquería del erizo de mar en la década de los 70's (Fig. 1) provocó que la densidad de

este organismo se viera afectada por un factor en el cuál tiene que ver la mano del hombre, el esfuerzo de pesca (Ebert, T.A., com. pers.), ya que como concluyen Tegner y Dayton (1977) la extracción comercial del erizo de mar afecta notablemente al reclutamiento de juveniles de ésta especie al dejarlos sin la protección que les brindan las largas espinas primarias de los adultos (Fig.2) y al mismo tiempo le reduce el potencial reproductivo de la población explotada.

En el caso de Baja California la intensidad de pesca ha disminuido de 1979 a la fecha (Fig.1) por razones de la oferta y la demanda del producto mexicano en el mercado internacional, lo cuál ha provocado que en algunos campos pesqueros, como es el caso de Santo Tomás, Baja California, México, se haya parado casi en su totalidad la extracción de erizo desde el año de 1981 al retirarse de la zona la cooperativa Ensenada, la cuál contaba con un promedio de 15 equipos por temporada de pesca. Actualmente en dicha zona solo dos equipos de un permisionario libre se dedican a la extracción del erizo y no en forma permanente sino más bien temporal. La condición que presenta la pesquería en dicho campo lleva a preguntarse si en alguna forma la estructura de la población ha tenido alguna modificación o si en general ha tenido recuperación alguna al no soportar el impacto pesquero sobre ella.

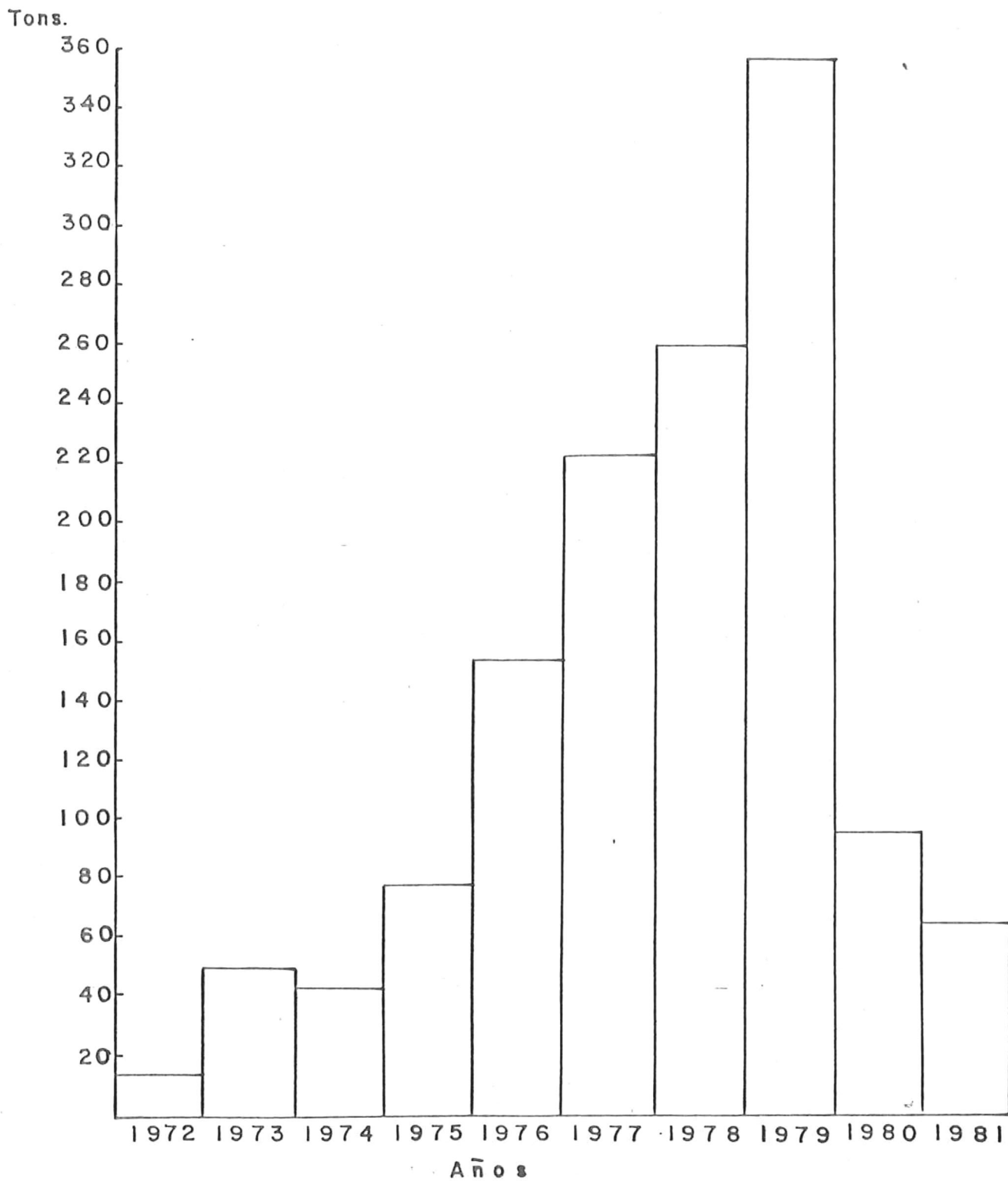


Fig.1.- Producción pesquera anual de gónada de erizo en Baja California, México.

c) DISTRIBUCION.

El erizo rojo se encuentra distribuido geográficamente desde Alaska hasta Isla de Cedros en Baja California, México, es uno de los organismos más comunes y numerosos del sublitoral de estas costas presentando una distribución batimétrica que va desde la isobata de los 5 m hasta profundidades de 50 m, pero presentando su mayor densidad entre los 10 y 20m de profundidad (Mottet, 1976). Este organismo prefiere el sustrato rocoso pero puede presentarse también en otro tipo de sustrato.

d) ANATOMIA EXTERNA.

Son organismos de cuerpo esférico achatado por los polos, presentan simetría pentaradial la cuál se puede apreciar claramente al observar el esqueleto libre de espinas (Fig. 3), éste está dividido en diez secciones, 5 de ellas poseen poros a través de las cuales se proyectan al exterior los pies ambulacrales y se denominan secciones ambulacrales y otras 5 presentan exclusivamente las protuberancias a las cuales van adheridas las espinas y son llamadas secciones interambulacrales. El esqueleto está compuesto por placas de carbonato de calcio, cada placa presenta una protuberancia de

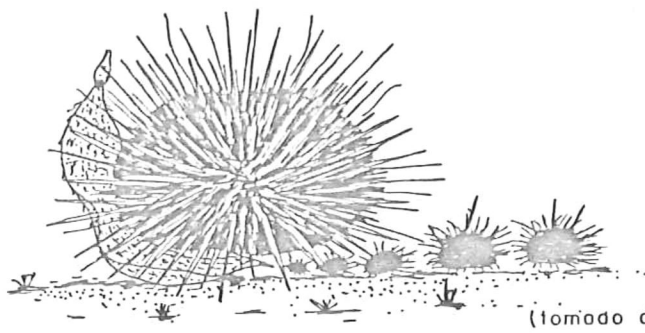
gran tamaño llamada tubérculo, la cuál sirve de base para las espinas primarias que por lo general son más largas que el diámetro del organismo. Además presenta otras protuberancias de menor tamaño que son la base de las espinas secundarias. Las espinas tienen una gran movilidad lo cuál les permite desplazarse rápidamente, protegerse de los depredadores y mantener libre de cuerpos extraños su esqueleto.

En la zona oral presentan un aparato masticador muy eficaz denominado linterna de Aristóteles, el cuál se encuentra localizado en el centro de una membrana suave llamada membrana peristomal. Alrededor de esta membrana poseen unos pies cortos y modificados llamados pies bucales y cinco pares de branquias.

En la zona dorsal se localiza el periprocto que contiene al ano, 5 placas genitales cada una de ellas con un gonoporo, 5 placas oculares y la madreporita (Barnes, 1972).

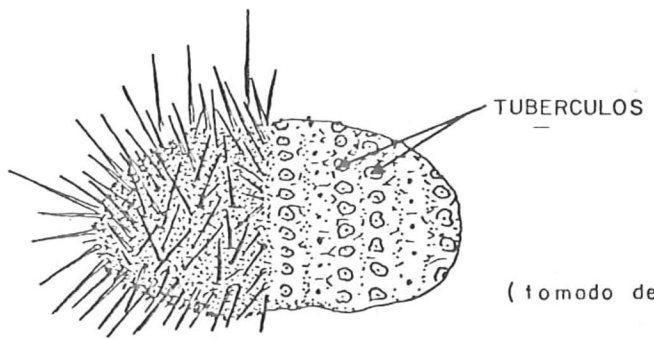
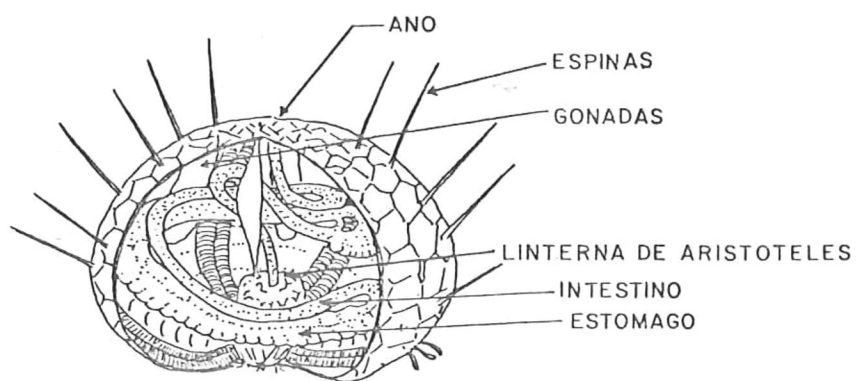
e) ANATOMÍA INTERNA.

Estos organismos poseen cinco gónadas localizadas en la parte interna de cada una de las secciones interambulacrales (Fig. 3). En la boca se forma una cavidad bucal a partir de la



(tomado de Tegner y Doyton, 1977)

fig. 2.- Protección de juveniles por las espinas de un adulto.



(tomado de Molagrino, 1972)

fig. 3.- Morfología externa e interna del erizo de mar.

cuál se extiende una corta faringe, el esófago, estómago e intestinos grueso y delgado, este último se extiende alrededor del esqueleto rodeando a cada una de las gónadas para después ir a desembocar al anc. El aparato digestivo posee un sifón del cuál aún no esta clara la función que desempeña.

Estos organismos presentan un sistema acuífero muy desarrollado que se inicia en la madreporita y termina en cada uno de los pies ambulacrales, que además de servir de locomoción hacen, funciones respiratorias. Poseen también un aparato vascular que conduce las substancias alimenticias a todos los órganos y un sistema nervioso central (Barnes, 1972).

III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIOS

Se localiza a unos 40 Km. al sur del puerto de Ensenada, estando ubicada entre las coordenadas $31^{\circ}31'$ a $31^{\circ}36'$ latitud norte y $116^{\circ}40'$ a $116^{\circ}41'$ longitud oeste (Fig. 4).

La zona estudiada abarca desde la Bocana de Santo Tomás hasta Bahía Soledad, teniendo un área total de 7.12 Km² y pudiéndose encontrar secciones bien definidas con características propias.

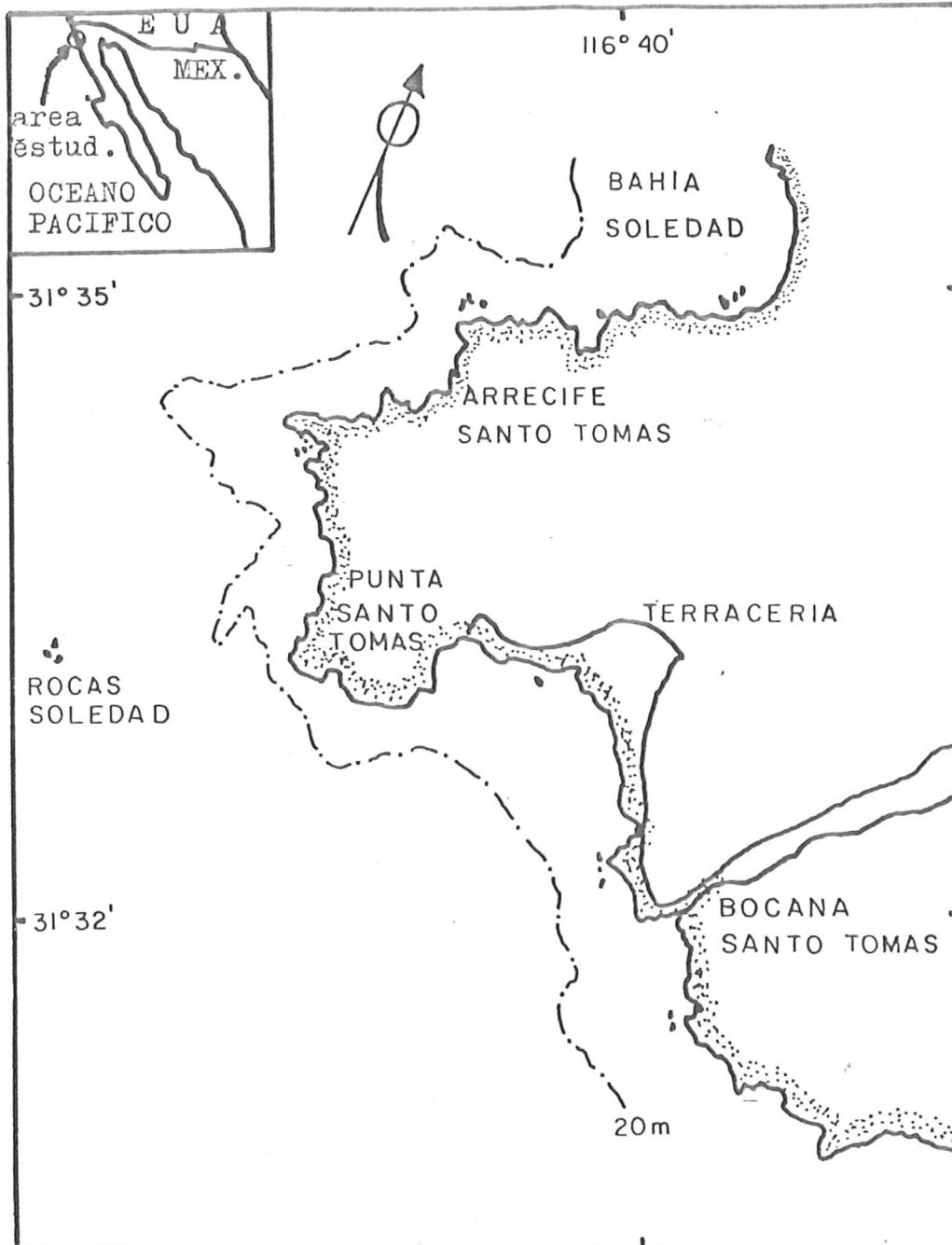


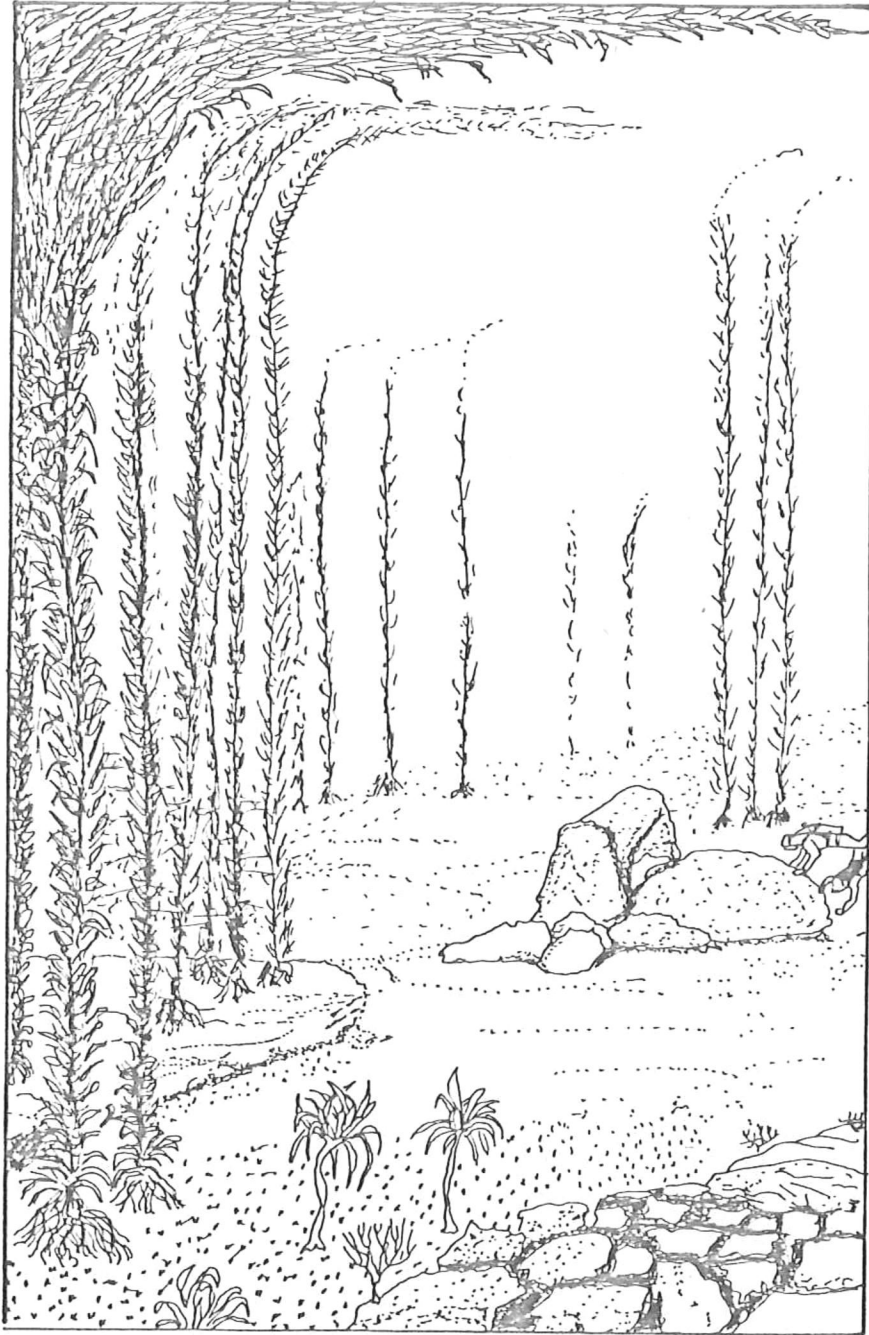
Fig.4.- Localización del área de estudios.

La Bocana de Santo Tomás, que tiene gran influencia de agua dulce y aporte de sedimentos por ser la desembocadura del Río Santo Tomás, tiene un fondo arenoso que se extiende más allá de los 20 metros de profundidad. Las inmediaciones de la Bocana tienen un fondo rocoso de alto relieve (clasificación hecha por Quast, 1969) (Fig. 5) con lugares donde se encuentran una gran cantidad de cantos rodados entre los 15 y 20 metros de profundidad, en estas zonas cercanas a la Bocana hay grandes mantos de algas (Fig. 6).

La pequeña ensenada en donde se encuentra ubicado el puerto de Santo Tomás es una zona protegida de la acción de las corrientes y el oleaje, con grandes porciones de fondo arenoso, pero con una franja rocosa con características de bajo relieve (Fig. 7) a través del cuál se extiende el manto de algas que inicia en la Bocana de Santo Tomás.

En la Punta Santo Tomás se tiene una zona de alta energía en donde la acción de las olas es muy grande y presenta fuertes corrientes. El declive del fondo es muy pronunciado y se caracteriza por tener rocas de alto relieve. A lo largo de toda la punta se extiende un gran manto de algas que se interrumpe a los 20 metros de profundidad en donde el fondo es arenoso.

La sección del Arrecife Santo Tomás es una zona



(tomado de Quosí, 1968)

fig.5.- Esquema del fondo.

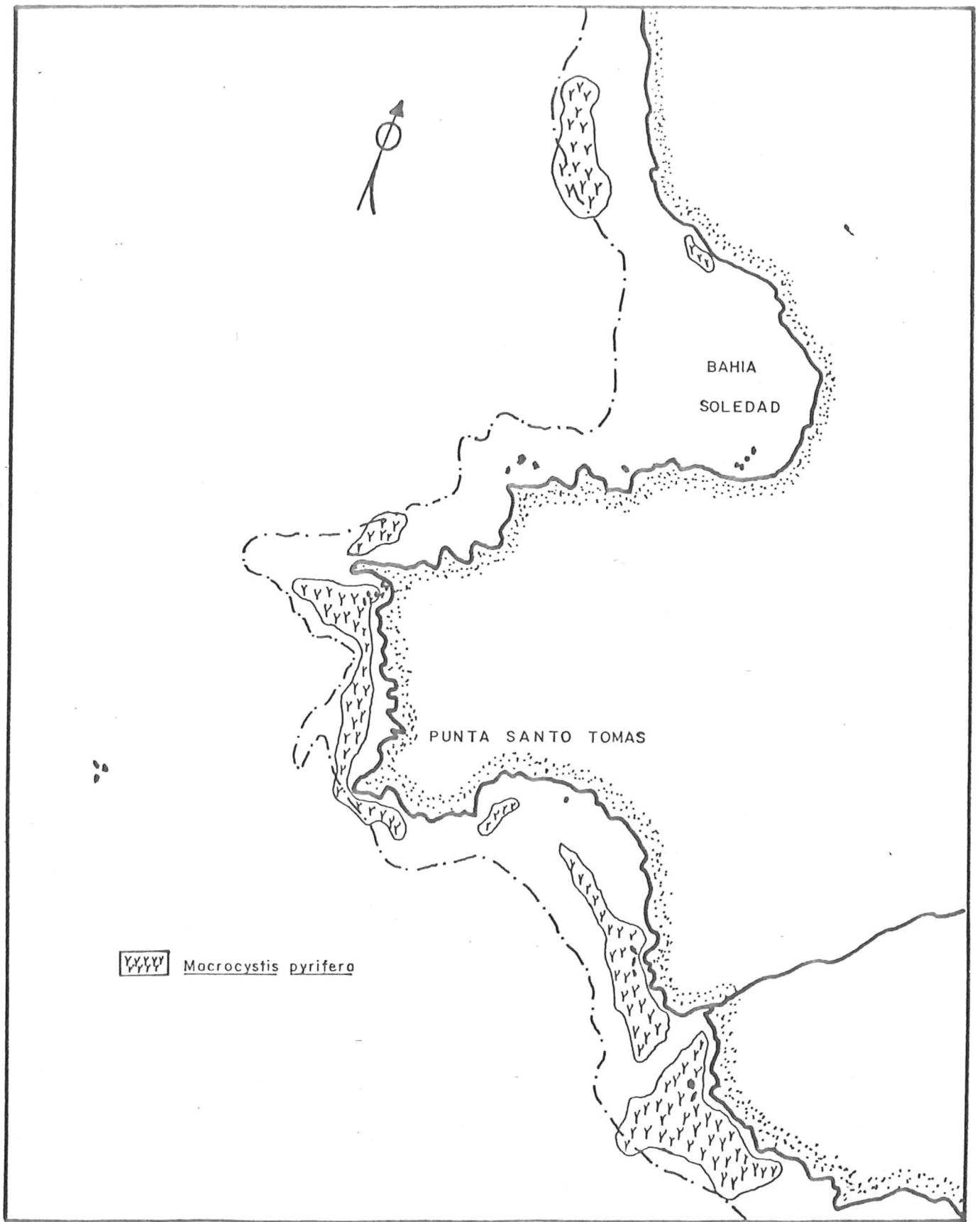


Fig.6.- Distribución de los mantos de Macrocytis pyrifera.

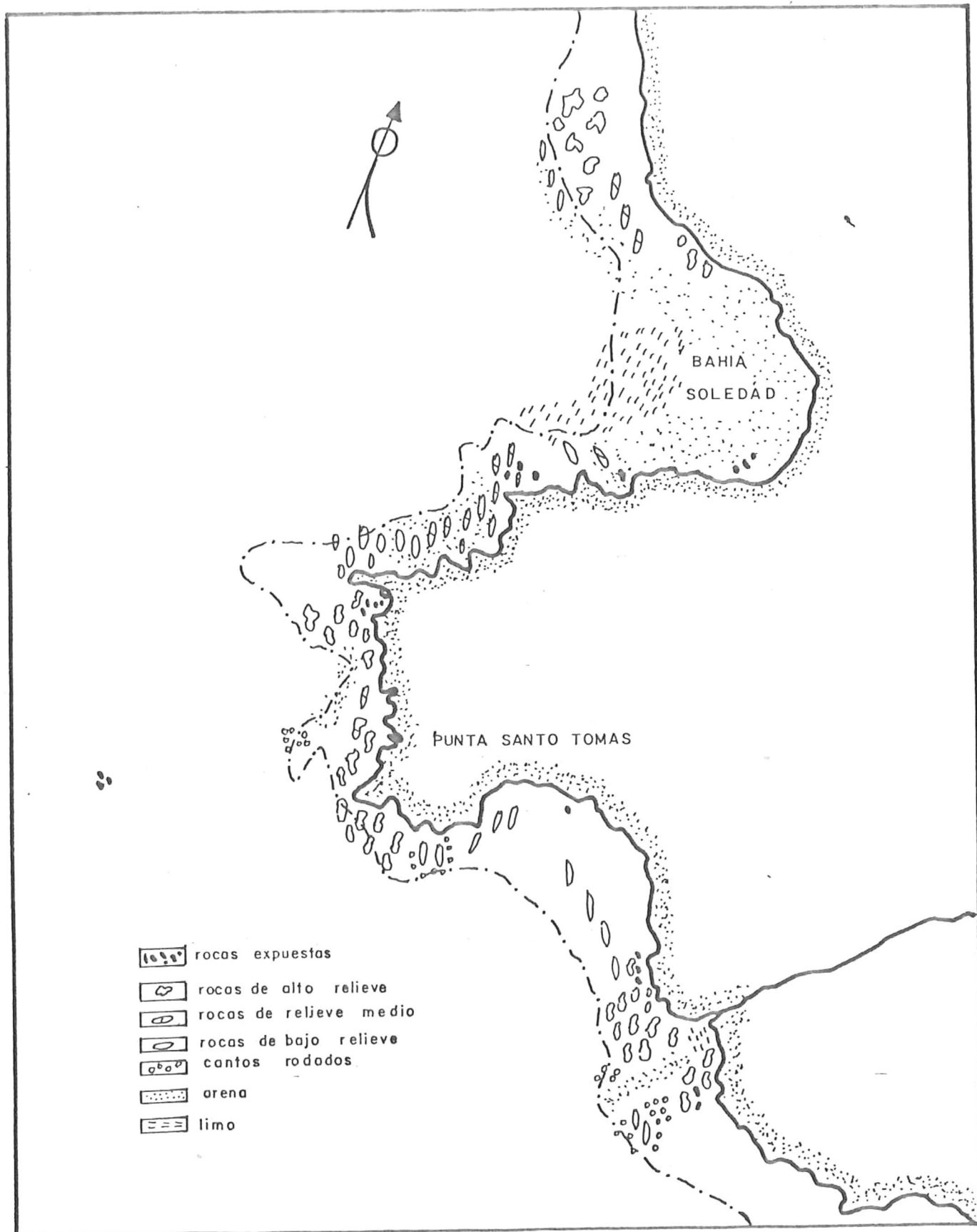


Fig. 7.- Características del fondo.

desprotegida que presenta oleaje de gran acción, el fondo se caracteriza por tener rocas que van de un relieve medio hasta plataformas de bajo relieve con canales de arena. En esta sección tan solo se presenta un pequeño manto de algas en el extremo oeste.

Por último lo correspondiente a bahía Soledad en donde predomina un fondo de tipo arenoso sin vegetación, a excepción de la parte noroeste de la bahía en donde hay una pequeña porción de fondo con rocas de alto relieve y se presenta un pequeño manto de algas.

La región de Santo Tomás se caracteriza por tener una gran diversidad de especies marinas. A lo largo del estudio se observaron los siguientes organismos:

Algas marinas: Macrocostis pyrifera, Eisenia arborea, Gigartina sp., Gelidium pulchrum Gardner, 1927, Cystoseira osmundacea (Turner), Corallina sp., Phyllospadix sp., y Lithotanium sp.

Invertebrados: Strongylocentrotus franciscanus, Strongylocentrotus purpuratus, las estrellas de mar Patiria miniata (Brandt, 1835), Dermasterias imbricata, Pisaster ochraceus (Brandt, 1835), Pisaster giganteus (Stimpson, 1857), Pycnopodia helianthoides, el pepino de mar Parastichopus

parvimensis Clark, 1913, los moluscos Haliotis rufescens Swainson, 1822, Haliotis cracherodii Leach, 1814, Astrea undosa (Wood, 1828), Kelletia kelletii, Cypraea spadicea Swainson, 1823, Megathura crenulata (Sowerby, 1825), Octopus sp., Aplysia californica (Cooper, 1863), Phidiana pugnax Lance, 1962, la langosta roja Panulirus interruptus, el coral solitario Balanophylla elegans Verrill, y la esponja cobalto Hymenamphiasira cyanocrypta.

Vertebrados: los peces Pimelometopon pulchrum, Paralabrax maculofasciatus, Paralabrax clathratus, Paralabrax nebulifer, Hypsipops rubicunda, Halichoeres semicinctus, Sebastes sp., Girella nigricans, mamíferos, el león marino Zalophus californianus.

IV. MATERIALES Y METODOS

Los métodos utilizados para determinar la densidad del erizo rojo varían de un autor a otro, usando primordialmente muestreos al azar (Tegner y Dayton, 1981) y por medio de transectos a través de los mantos de algas (Mattison et al., 1977). Es por esto que surge la pregunta acerca de cuál será el método más eficaz para este fin, por lo tanto, se

plantea determinar la densidad de población del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus por los métodos aleatorio y por transectos para determinar si existe alguna diferencia significativa.

a) METODO ALEATORIO.

Se cuadrículó toda el área de estudios por medio de transectos perpendiculares y paralelos a la línea de costa con una separación entre cada uno de ellos de 150 metros y una longitud máxima hasta la isobata de los 20m (Fig. 8). Después haciendo uso de una tabla de números aleatorios se determinó cuales de estos cuadros serían muestreados. Para la ubicación de cada uno de los cuadros se marcó el rumbo y la profundidad en una carta batimétrica de la zona y ya en el campo se usó una embarcación equipada con compás y ecosonda para quedar dentro de cada cuadro a muestrear. En cada área elegida se extrajeron todos los organismos presentes en el interior de un marco de PVC de 1 m² el cuál fue arrojado aleatoriamente desde la embarcación. Para la extracción de los organismos se usó un equipo de buceo autónomo (SCUBA) y con ayuda de un gancho desprendedor se arrancaron los animales, observando cuidadosamente si habían reclutas debajo de los organismos de mayor tamaño, después fueron depositados dentro de una jaba

metálica para ser llevados a la superficie. Una vez a bordo de la embarcación fueron pesados, medidos y registrados en formas especiales cada uno de los organismos recolectados. Para pesarlos se usó una balanza granataria de 5 Kg. de capacidad y una aproximación de 1 gr. Para determinar el diámetro se usó un vernier con una aproximación de 0.1cm el cuál se colocó por la parte oral del organismo y se midió de una zona ambulacral a la interambulacral opuesta. Una vez registrados, los organismos fueron devueltos a su medio ambiente. El número total de estaciones a muestrear se calculó por medio de la variación en el intervalo de confianza de la media (Tabla 1), encontrándose que este valor casi no tuvo variación después de los 40 m² por lo cuál se decidió muestrear un total de 46 m² (Fig. 9).

b) METODO POR TRANSECTOS.

Se dividió el área total en 4 secciones, la primera abarcó de la Bocana de Santo Tomás al Puerto de Santo Tomás, la segunda del Puerto Santo Tomás a la Punta Santo Tomás, la tercera de la Punta Santo Tomás al Arrecife Santo Tomás y la cuarta del Arrecife Santo Tomás a Bahía Soledad. Dentro de cada una de las secciones se trazaron dos transectos perpendiculares a la línea de costa (Fig. 10). Se procuró que,

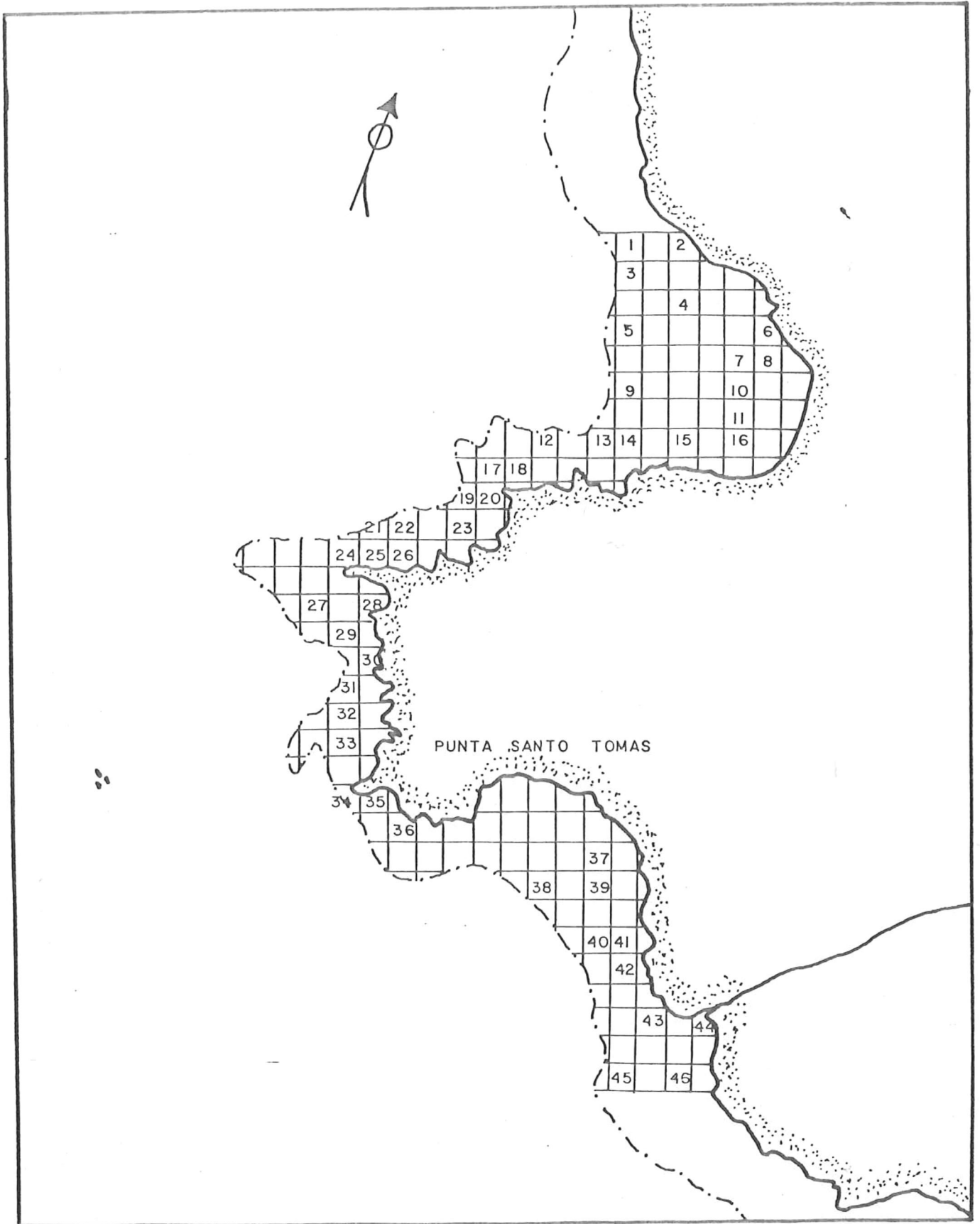


Fig. 8.— Ubicación de las áreas muestreada aleatoriamente.

TABLA 1. - Variación del intervalo de confianza K(95%)
para la media de la densidad de población
al variar el número de cuadrantes muestreados (n).

n	\bar{x}	K
10	1.1	1.1107
20	2.55	1.8620
30	2.7	2.2082
40	2.725	1.7233
46	3.22	1.656
50	3.26	1.6324
60	3.5	1.6409
70	3.2429	1.6308

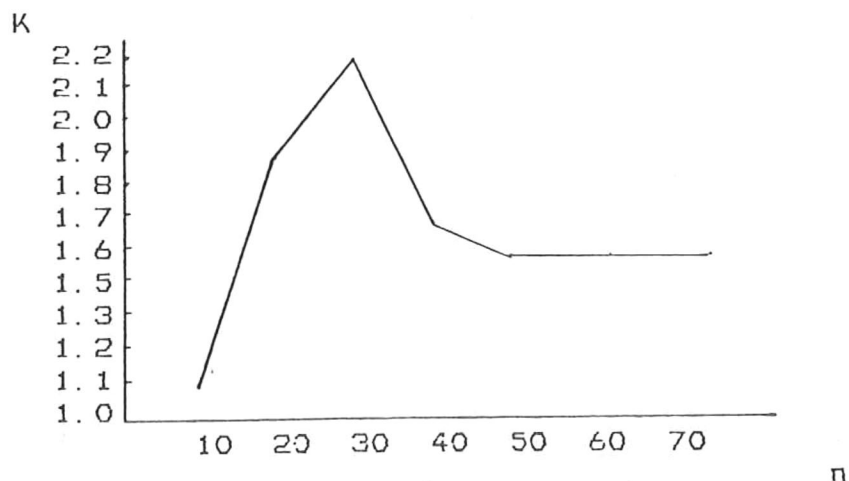


Fig. 9. - Variación del intervalo de confianza K al variar la
intensidad del muestreo (n).

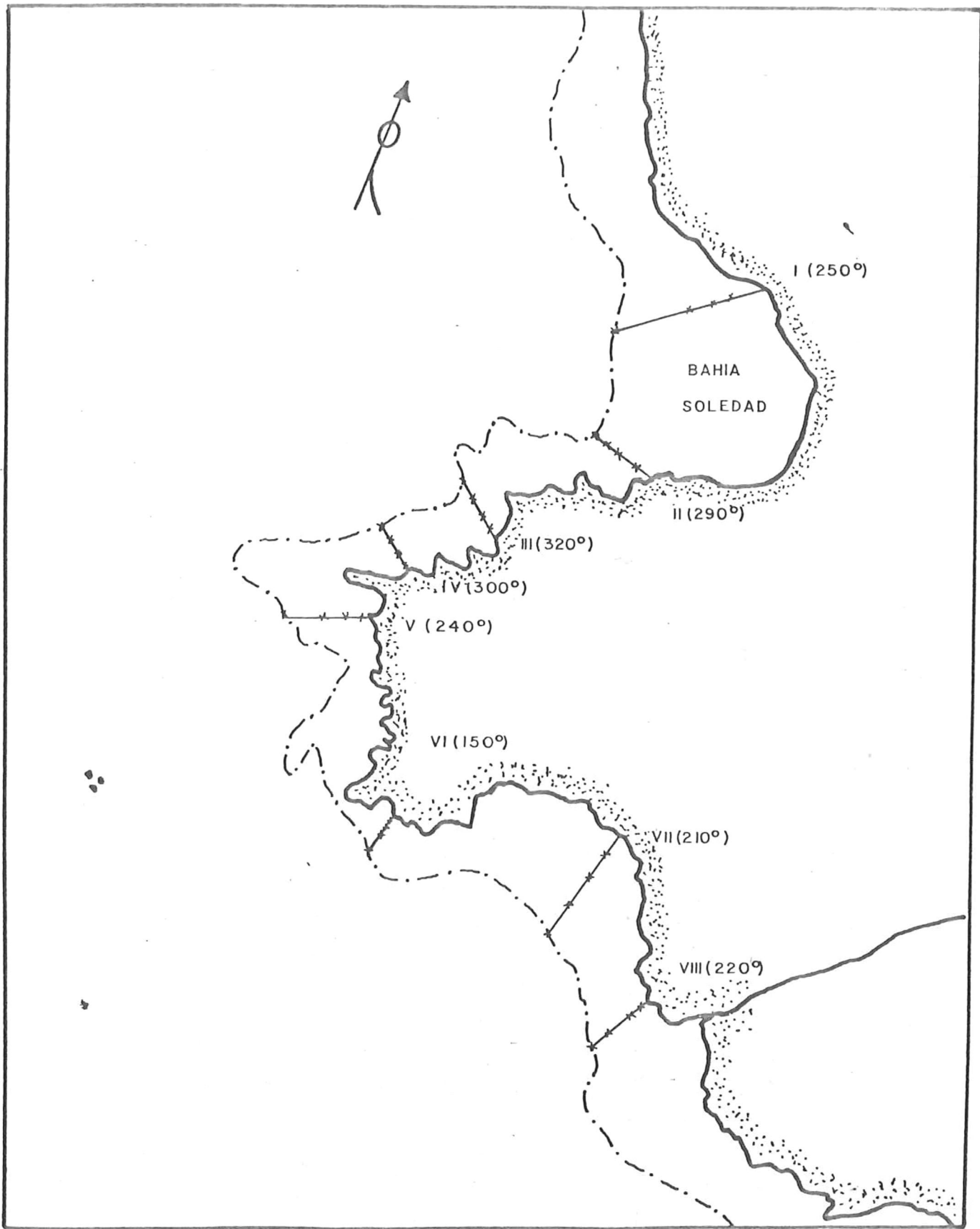


Fig-40.- Ubicación de los transectos.

de ser posible, los transectos pasaran a través de los mantos de algas. Cada transecto tuvo una longitud máxima a la isobata de los 20m y a lo largo de este se marcaron con boyas, estaciones a los 5, 10, 15 y 20 metros de profundidad. En cada una de las estaciones se descendió con equipo de buceo autónomo (SCUBA) y el lugar en donde cayó el lastre de las boyas se usó como el centro de un cuadrante de PVC de 1 m². Del interior de este cuadrante, y en la misma forma del método anterior se extrajeron y fueron llevados a bordo de la embarcación todos los organismos en donde fueron medidos y registrados de igual forma que para el primer método. También en esta ocasión los organismos fueron devueltos a su medio ambiente.

c) DENSIDAD.

Para determinar la densidad en ambos métodos se obtuvo la media aritmética del número de organismos por metro cuadrado, determinando en cada caso, la variancia, desviación estándar e intervalo de confianza (0.95) para la media.

Para determinar si el resultado de uno y otro método tenían una diferencia significativa se procedió a hacer una prueba de diferencias de medias cuyo primer paso es una comparación de variancias (prueba F) para determinar si estas eran o no las mismas

(Krejzsig, 1976) . Una vez obtenido este resultado se procedió a ver si las medias eran significativamente diferentes (prueba t-student) (Krejzsig, 1976).

d) BIOMASA.

Con los datos del peso total de los organismos se determinó la biomasa por metro cuadrado para ambos muestreos, obteniendo la media aritmética de los datos así como, la variancia, desviación estándar e intervalo de confianza (0.95).

e) ESTRUCTURA DE LA POBLACION.

A partir de cada uno de los muestreos realizados se construyó una gráfica de intervalos de tallas de 3 mm contra la frecuencia de organismos por intervalo (usado por Tegner y Dayton, 1981), con el fin de observar cuál es la estructura actual de la población. Para determinar si la estructura de la población ha tenido algún cambio después de 2 años de no estar sometida a la pesca comercial se tomaron los datos obtenidos por el programa erizo de mar del Instituto Nacional

de la Pesca para la zona de Santo Tomás en septiembre y noviembre de 1980 y analizados por Palleiro (1982), para ser comparados con los datos actuales.

f) RELACION TALLA-PESO.

Con los datos de talla y peso obtenidos a partir del muestreo aleatorio y usando la ecuación

$$P=aD^b \quad (\text{Teissier, 1948})$$

donde:

P=Peso total del organismo

D=Diámetro del esqueleto del organismo

a y b son constantes de proporcionalidad

se obtuvo la relación existente entre el peso total y el diámetro del organismo. Usando esta relación se calculó el peso de los organismos muestreados mediante el método por transectos.

V. RESULTADOS

a) DENSIDAD.

i) Método aleatorio. Para determinar la densidad de población por medio del muestreo aleatorio se cubrieron un total de 46 estaciones (Tabla 2) encontrando un valor de 3.22 ± 1.656 erizos rojos/m² (S=5.73, Int. Conf. 0.95).

ii) Método por transectos. El valor encontrado al muestrear la población usando transectos fue después de cubrir un total de 8 transectos con 4 estaciones cada uno de 3.78 ± 1.999 erizos rojos/m² (S=5.77, Int. Conf. 0.95).

Para determinar si un resultado era significativamente diferente del otro se realizó una comparación de variancias de distribuciones normales (prueba F) para ~~ver~~ si estas eran o no iguales. Después de hacer el análisis se encontró que las variancias de una y otra muestra se podían considerar iguales (P=0.95) (Tabla 3), por lo cuál se procedió a hacer una comparación de las medias para dos distribuciones normales que proceden de dos muestras independientes y no necesariamente del mismo tamaño (prueba t-Student), encontrándose que entre el resultado de uno y otro método no

TABLA 3. - PRUEBA F PARA LA COMPARACION DE LAS VARIANCIAS DE DISTRIBUCIONES NORMALES.

Para la hipótesis $\sigma_x^2 = \sigma_y^2$ contra la alternativa $\sigma_x^2 > \sigma_y^2$

- 1o. Calcular las variancias de las muestras

$$\begin{array}{cc} \begin{array}{c} 2 \\ S = 33.34 \\ x \end{array} & \begin{array}{c} 2 \\ S = 32.80 \\ y \end{array} \end{array}$$

- 2o. Escoger un nivel de significancia

$$\alpha = 5\%$$

- 3o. Determinar un número c a partir de la ecuación

$$P(F \leq c) = 95\%$$

y de la tabla de distribución F con (31, 45) grados de libertad

$$F_c = 1.7095$$

- 4o. Calcular

$$\begin{array}{c} 2 \quad 2 \\ F = S / S \\ x \quad y \\ F = 1.0165 \end{array}$$

como $1.0165 < 1.7095$ se concluye que no hay evidencia que indique desigualdad de variancias.

TABLA 4. - PRUEBA t-STUDENT PARA LA COMPARACION DE LAS MEDIAS DE DOS DISTRIBUCIONES NORMALES.

Para la hipótesis $\mu_x = \mu_y$ contra la alternativa $\mu_x > \mu_y$

- 1o. Escoger un nivel de significancia

$$\alpha = 5\%$$

- 2o. Calcular las medias de las muestras

$$\bar{X} = 3.78 \quad \bar{Y} = 3.22$$

calcular

$$\begin{array}{cc} (n-1)S^2 = 1033.54 & (n-1)S^2 = 1476.00 \\ x & y \end{array}$$

- 3o. Determinar un número c a partir de la ecuación

$$P(T \leq c) = 95\%$$

y de la tabla de la distribución t-Student con 76 grados de libertad

$$t_c = 1.6596$$

- 4o. Calcular t_0

$$t_0 = 0.4242$$

como $0.4242 < 1.6596$ se considera que no hay una diferencia significativa entre ambos métodos.

existe una diferencia significativa ($P=0.95$) (Tabla 4).

b) BIOMASA.

El valor de la biomasa fue de 0.5048 ± 0.2185 Kg/m² ($S=0.7561$, Int.Conf.0.95) en el muestreo aleatorio y de 0.5961 ± 0.2623 Kg/m² ($S=0.7571$, Int.Conf.0.95) en el muestreo por transectos (Tabla 2).

c) ESTRUCTURA DE LA POBLACION.

A partir del muestreo de cada uno de los métodos usados y con los datos de septiembre y noviembre de 1980 se construyeron gráficas de intervalos de tallas contra frecuencia de organismos por intervalo (Fig.11), encontrando que en el caso de septiembre y noviembre de 1980 la mayor cantidad de organismos se encontraron entre los 60 y 90 mm de diámetro, habiendo muy pocos en las tallas de 30 a 60 y 90 a 120 mm y prácticamente ningún organismo de tallas menores a 30 mm y mayores a 120 mm.

En el caso de las gráficas de noviembre de 1982 se

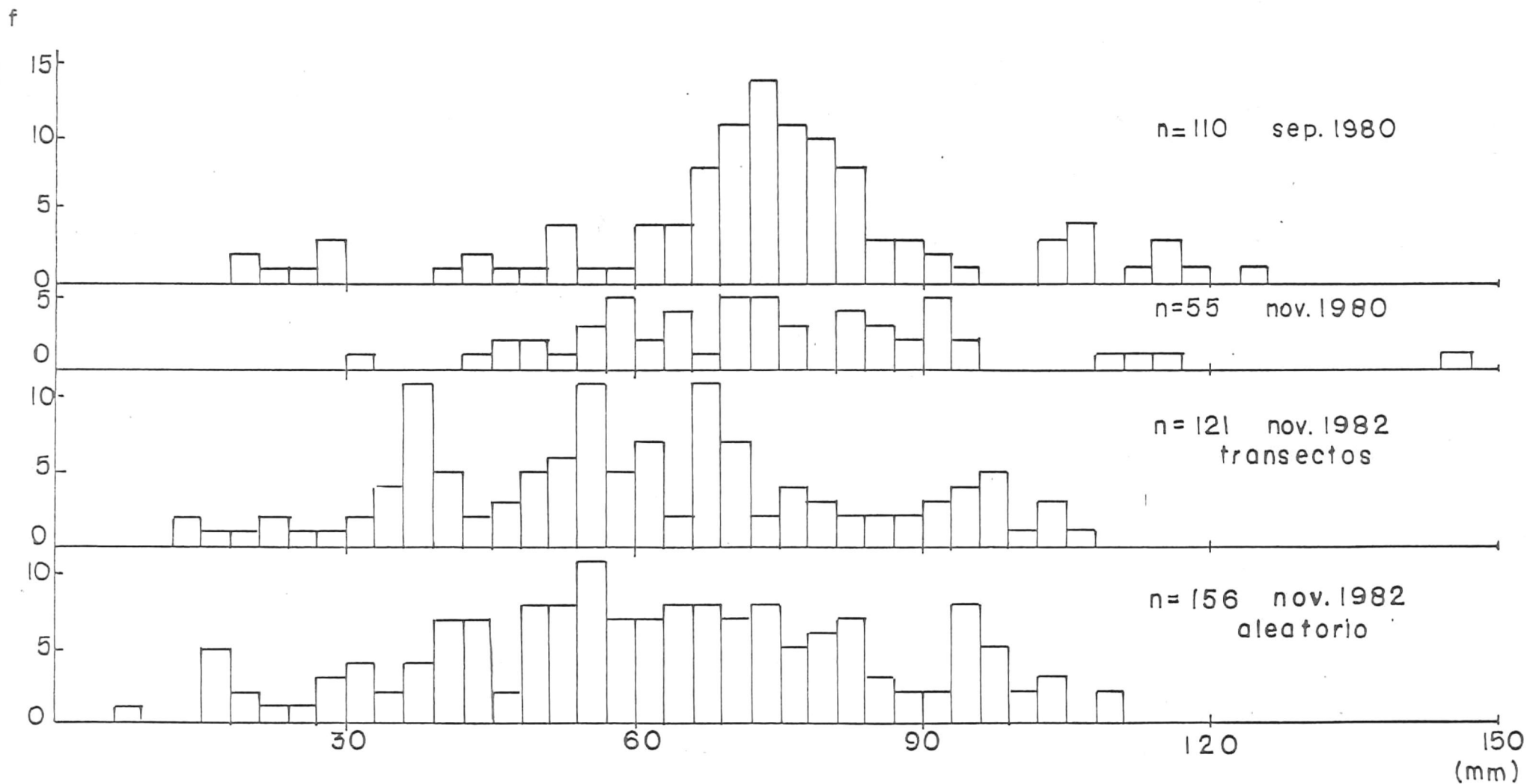


Fig.II. - Distribucion de frecuencias de talla para la poblacion de *Strongylocentrotus franciscanus* en Santo Tomás, Mex.

encontró que hubo un aumento considerable en el número de organismos de tallas entre 30 y 60 mm, teniendo una paulatina disminución conforme se acerca a los 90 mm y volviendo a crecer hacia los 100 mm. Por lo que respecta a organismos menores de 30 mm se observa que también van en aumento. No se encontró ningún organismo mayor a 120 mm.

d) RELACION TALLA-PESO.

Para determinar cuál es la relación que guardan el diámetro del esqueleto con el peso total del organismo se transformó la ecuación

$$b$$

$$P=aD$$

a una expresión de tipo lineal aplicando logaritmo natural a ambos lados de la ecuación quedando la siguiente expresión

$$\ln P = \ln a + b \ln D$$

a partir de aquí se calculó el valor de las constantes a y b por medio de una regresión lineal de los datos usando una calculadora HP97. Encontrándose que $a=0.0005$ y $b=2.9718$ ($r=0.92$), quedando la ecuación de la siguiente forma

$$2.9718$$

$$P=0.0005D$$

VI. DISCUSION

El interés de los investigadores locales por conocer cuál sería el método más adecuado para determinar la densidad de población del erizo rojo, motivó a realizar parte de este estudio, en el cuál se observó que la diferencia entre el resultado de uno y otro método (aleatorio y por transectos) no fue significativa en términos del valor promedio de la densidad, aún cuando cualitativamente se observó que mediante el muestreo aleatorio se analizan zonas que no sería posible hacerlo con el método por transectos ya que la dimensión de este es lineal, mientras que al muestrear aleatoriamente se hace en forma espacial. Por otro lado se pudo observar que el método de transectos es más útil cuando se desea hacer un estudio de la distribución de los organismos en términos de profundidad y la posición que ocupan dentro del manto.

El hecho de que con un muestreo aleatorio se conozcan más a fondo las características generales del área muestreada por el hecho de cubrir una mayor superficie y de no haber diferencia con el método por transectos lo hace de mayor utilidad cuando se va a hacer una prospección de cualquier zona por primera vez ya que nos va a permitir hacer observaciones de la distribución espacial del recurso, zonas

de producción, zonas de reclutamiento, características del fondo marino, etc. Por lo general cuando se emplea un transecto para realizar muestreos, estos se trazan por donde uno espera encontrar lo buscado, provocando que en determinado momento pueda existir un sesgo en la información. Ahora bien en el caso particular del erizo de mar, el cuál se espera encontrar asociado a los mantos de algas por ser Macrocostis purifera su alimento preferido y además de mayor valor alimenticio (Leighton, 1966) es de esperarse que los transectos se hagan a través de un manto, esta situación nos podría reflejar la composición de la población en dicho manto pero nunca nos va a decir que sucede fuera de estos. Esta situación no se presenta al usar un método aleatorio para muestrear una zona ya que los puntos por muestrear cubren áreas dentro y fuera de los mantos de algas, siendo todos estos igualmente probables.

La densidad encontrada por ambos métodos fue de 3.22 ± 1.656 erizos rojos/m² (aleatoriamente) y 3.78 ± 1.999 erizos rojos/m² (por transectos), estas densidades son aproximadamente la mitad de los valores encontrados por Palleiro (1982), en donde para la misma zona obtuvo en el año de 1980 densidades de 6.44 ± 1.83 org/m², esto nos refleja una disminución del número de organismos por metro cuadrado en la población, lo cuál pudo ser como consecuencia de la intensa pesca comercial a que estuvo sometida ésta población durante más de seis años. Ahora bien es de esperarse que al no haber

una presión sobre la población por parte de la pesca comercial ésta tenga una recuperación. Analizando la estructura de la población observamos que efectivamente se está llevando a cabo lentamente una recuperación, ya que en 1980 la mayoría de la población estaba agrupada entre los 60 y 90 mm de diámetro presentando un máximo alrededor de los 75 mm y no encontrándose gran cantidad de organismos menores a los 60 mm. En 1982 las condiciones cambian notablemente ya que ahora los organismos que van de 30 a 60 mm se presentan más numerosos mientras que los organismos de 60 a 90 mm van disminuyendo conforme aumentan de tamaño para después aumentar en número alrededor de los 110 mm. Esta condición nos lleva a observar que mientras la distribución de la población en 1980 presentaba una sola moda alrededor de organismos de 80 mm de diámetro, en 1982 muestra una distribución que tiende a ser bimodal con los máximos alrededor de los 50 y 110 mm.

Tegner y Dayton (1981) encontraron que para poblaciones no explotadas comercialmente la distribución de la población es bimodal con máximos alrededor de los 20 y 110 mm. Si comparamos estas observaciones con las encontradas en este trabajo vemos que la población de Santo Tomás tiende a estabilizarse al no haber actividad pesquera. También hay que señalar que la velocidad de crecimiento del erizo rojo es lenta ($K=0.26$) pero continua (Baker, 1973) y por lo mismo los organismos viven más tiempo que aquellos que tienen una tasa

de crecimiento rápida (Ebert, 1975), por lo cuál es de esperarse que de seguir las condiciones tal como están se espera tener una lenta recuperación del recurso en la zona de estudios.

Fariás (1980) analizó el caso contrario para una población de erizo rojo en la localidad de Tres Hermanas Baja California y encontró que antes de pescarse comercialmente el erizo la población mostraba una distribución bimodal pero después de 1 año de estar sometida a la pesca mostró una distribución monomodal con el máximo en los organismos de tallas entre 60 y 90 mm de diámetro. Esto nos hace pensar que al igual que sucede en otras tantas pesquerías la extracción excede a la capacidad de reproducción del recurso, provocando así la paulatina desaparición de la especie.

Es prudente señalar aquí las observaciones hechas por Tegner y Dayton (1977) acerca de la importancia de los organismos mayores a los 90 mm de diámetro que sirven como nodrizas de organismos juveniles. Ellos mismos señalan que la extracción de los organismos adultos por la pesca comercial provoca que los erizos de tallas pequeñas queden a merced de los depredadores y afectando así en forma indirecta a la estructura de la población, ya que el reclutamiento es el principal mecanismo que conforma la estructura de una población (Cameron y Schroeter, 1980). Tegner (1980) señala

que a excepción de la nutria el único depredador que devora erizos rojos de gran tamaño es la langosta roja Panulirus interruptus pero ésta misma prefiere atacar organismos más pequeños en caso de estar presentes.

Observaciones realizadas a lo largo del trabajo nos permitieron corroborar los datos de Tegner y Dayton (1977) ya que debajo de los organismos de mayor tamaño se encontraron organismos juveniles y los que no alcanzaban el tamaño necesario para cubrirse con los erizos grandes permanecían a una corta distancia de éstos. También se observó que en lugares donde no habían erizos grandes, los erizos pequeños se protegían metiéndose debajo de las rocas, aun cuando en estos lugares (zona del Arrecife de Santo Tomás) se encontraron un gran número de esqueletos vacíos que fluctuaban alrededor de los 40 mm de diámetro. Esta zona estaba densamente poblada por la estrella de mar Patiria miniata.

Dayton (observaciones no publicadas) encontró que éste asteroideo es también depredador de erizos y que aún cuando no puede devorar a los erizos de gran tamaño si puede hacerlo con los pequeños y tomando en cuenta que el esqueleto estaba intacto, lo cuál corresponde a la forma típica de devorar erizos por los asteroideos (Himmelman y Steele, 1971) hacen que concuerden nuestras observaciones con las de dichos autores.

Todo esto hace suponer que los organismos que ahora se encuentran agrupados entre los 10 y 30 mm de diámetro son los erizos reclutados durante los años de 1981 y 1982, ya que de acuerdo a la curva de crecimiento calculada por Baker (1973) el erizo rojo S. franciscanus alcanza un diámetro de 40 mm a los dos años de edad. Por lo que toca a los organismos que se encuentran alrededor de los 110 mm se cree que fueron aquellos que sobrevivieron a la depredación natural y que ahora brindan una protección para los reclutas de la población. En esta forma se espera que la densidad del erizo rojo aumente paulatinamente en la zona. Al mismo tiempo nos lleva a seguir de cerca el desarrollo de la comunidad mediante futuras investigaciones ya que también es reconocido que cuando una población de erizos presenta altas densidades en relación del Stock de algas puede causar serios problemas. Ebert (1977) encontró que para Mission Bay era necesario tener 41 erizos rojos/m² para la total desaparición del manto mientras que para Leighton y colaboradores (1966) esta condición se alcanzó al tener 1 erizo rojo/m².

Todas estas consideraciones nos hacen ver que una forma de controlar la distribución y abundancia del erizo rojo en nuestras costas es mediante una equilibrada y reglamentada pesquería de esta especie, evitando así desestabilizar la población tanto del erizo como de las diversas algas que se localizan en el área. Para esto es necesario realizar

estudios más completos acerca de la biología, ciclo reproductor, alimentación, crecimiento y relaciones interespecíficas del erizo de mar.

La relación que guardan el peso total y el diámetro del organismo calculada a partir del muestreo del mes de noviembre de 1982, fue de la siguiente forma

$$2.9718$$

$$P=0.0005D$$

la cuál expresada en forma lineal al aplicar logaritmos queda de la forma

$$\ln P = -7.6297 + 2.9718 \ln D \quad (\text{Diam. en mm})$$

Entre los autores que han calculado esta relación podemos citar a

$$\text{Baker(1973)} \quad \log P = -0.308 + 2.962 \log D \quad (\text{Diam. en cm})$$

$$\text{Farias(1980)} \quad \log P = -0.83 + 2.91 \log D \quad (\text{Diam. en cm})$$

$$\text{Palleiro(1982)} \quad \ln P = -7.39 + 2.91 \ln D \quad (\text{Diam. en mm})$$

$$\text{Romero y Vázquez(1982)} \quad \ln P = -5.21 + 2.42 \ln D \quad (\text{Diam. en mm})$$

Calculando de acuerdo a estas relaciones el peso de un organismo de 100 mm. de diámetro tenemos los siguientes resultados

	Diametro(mm)	Peso(grs)	fecha
Baker(1973)	100	450	-----
Farias(1980)	100	120	may 1979

Palleiro(1982)	100	376	sep 1980
Romero y Vázquez(1982)	100	382	jul 1982
Este trabajo	100	439	nov 1982

De acuerdo con estos resultados se puede ver que existe una muy pequeña variación del valor que se obtiene en este trabajo con los obtenidos a partir de las relaciones calculadas por otros autores

La posible causa de estas pequeñas diferencias puede deberse a diversos factores, tales como, la época del año en que se tomó la muestra, dado que el peso de la gónada varía a lo largo del año dependiendo del estadio reproductivo en que se encuentre, o a la disponibilidad de alimento, ya que cuando estos organismos no tienen suficiente alimento las gónadas no se desarrollan plenamente (Mottet, 1976).

VII. CONCLUSIONES

1.- Se encontraron densidades de 3.22 ± 1.656 erizos rojos/m² (método aleatorio) y 3.78 ± 1.97 erizos rojos/m² (método por transectos).

2.- No se encontró diferencia significativa entre la densidad de población del erizo rojo encontrada mediante un muestreo aleatorio y otro por medio de transectos.

3.- La población ha tenido una lenta recuperación durante los años de 1981 y 1982 al no desarrollarse actividades de pesca comercial sobre esta especie.

4.- Se nota la presencia de una gran número de reclutas de los años 1981 y 1982.

5.- Se calculó la ecuación que relaciona el peso total del organismo (P) con el diámetro del esqueleto (D) quedando de la siguiente forma

$$2.9718$$

$$P=0.0005D$$

VIII. AGRADECIMIENTOS.

Quisiera agradecer a todas las personas que de algun modo intervinieron en la elaboración de este estudio. Particularmente a mis amigos el buzo Francisco Uribe y el P.D. Eduardo Vazquez por su desinteresada y sincera colaboración en todo momento así como sus atinados consejos, al Ocean. Julio Palleiro por su cooperación para realizar los muestreos, a mi director de tesis el Dr. Hans Bertsch por sus atinadas críticas y anotaciones, al Dr. Thomas Ebert por haberme despertado tanto interés en el estudio del erizo de mar, a los P.D. Salvador Sánchez y Javier Sandoval por su ayuda en la computadora, al Ocean. Alejandro Velarde por las facilidades para llevar a cabo este estudio, al Dr. Emilio Cruz por su apoyo al programa erizo de mar del I.N.P. y muy especialmente a mi querida esposa Margarita Estrada y a mis hijos José Manuel y Román Diego por ser una luz de esperanza en mi vida.

IX. LITERATURA CITADA

BAKER, S. 1973. Growth of the red sea urchin Strongylocentrotus franciscanus (AGASSIZ) in two natural habitats. MS Thesis, San Diego State Univ., San Diego, California. vii+83.

BARNES, R. D. 1972. Zoología de los invertebrados. 2a. ed., interamericana. México D. F.

BERNARD, F. R. y D. C. MILLER. 1973. Preliminary investigation of the red sea urchin resources of British Columbia, Strongylocentrotus franciscanus (AGASSIZ). Fish. Res. Bd. Can. Tech. Rep. No. 400.

BREEN, 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.

CAMERON, R. A. y S. C. SCHRÖETER. 1980. Sea urchin recruitment: Effect of substrate selection on juvenil distribution. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2: 243-247.

CAMP, D. K., S. P. COBB y J. VAN BREEFVELD. 1973. Overgrazing of seagrass by a regular urchin Lyttechinus variegatus. Bioscience 23(1): 37-38.

DAYTON, P. K. 1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algal community. Ecol. Monogr. 45(2): 137-159.

EBERT, E. E. 1968. A food habit study of the southern sea otter, Enhydra lutris(N). Calif. Fish and Game 54(1): 33-42.

EBERT, T. A. 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 a rock jetty. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 27: 1-22.

ESTES, J. A. y J. F. PALMISANO. 1974. Sea otters: Their role in structuring nearshore communities. *Science* 185: 1058-1060.

FARIAS, J. A. 1980. Observaciones preliminares de una población de erizos Strongylocentrotus franciscanus (Echinodermata, Echinoidea) en B. C. Tesis Profesional U. C. M., U. A. B. C.

FEDER, H. M. y C. H. TURNER 1974. Observations on fishes associated with kelp beds in southern California. Dept. Calif. Fish and Game Fish. Bull. 160.

GOTSHALL, D. W. y L. L. LAURENT. 1979. Pacific coast subtidal marine invertebrates. A fishwatcher's guide. Sea Challengers. Los Osos Cal.

HIMMELMAN, J. H. Y D. H. STEFLE. 1971. Foods and predators of the green sea urchin Strongylocentrotus droebachiensis in eastern Newfoundland. *Mar. Biol. (Berl.)* 9: 315-322.

HUDNALL, J. 1970. Sea urchins. New industry for Tofino. West. Fish. 16: 17.

JONES, C. 1978. Sea urchins Washington's newest fishery present some prickly problems. Proc. Natl. Shellfish. Assoc. 67: 128.

KATO, S. 1972. Sea urchin: A new fishery develops in California. Mar. Fish. Rev. 34(9/10): 23-30.

KREYSZIG, E. 1976. Introducción a la estadística matemática. Principios y métodos. Editorial Limusa, México, 505pp.

LANG, K y K. H. MANN. 1976. Changes in sea urchin populations after the destruction of kelp beds. Mar. Biol. 36: 321-326.

LAWRENCE, J. M. 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. p. 213-286. in H. Barnes (ed). Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. George Allen and Unwin Ltd., London.

LEES, D. C. 1970. The relationships between movement and available food in the sea urchin Strongylocentrotus franciscanus and Strongylocentrotus purpuratus. M. S. Thesis, San Diego State Univ., San Diego 119 pp.

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

_____. 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in Southern California kelp beds. in. *The biology of the giant kelp beds (Macrocystis) in California.* (ed) 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 urchins in Southern California. *Proceeding of the fifth int. seaweed symp., Halifax, august 25-28, 1965.* Pergamon Press, N. Y. 141-153.

LOWRY, L. F. y J. S. PEARSE. 1973. Abalones and sea urchins in an area inhabited by sea otters. *Mar. Biol.* 23: 213-219.

MALAGRINDO, L. G. 1972. Extracción y preservación de las gónadas de erizo. Tesis Profesional. U. C. M., U. A. B. C.

- MANN, K. H. 1977. Destruction of kelp bed by sea urchins: A cyclical phenomenon or irreversible degradation? Helgolander Wiss. Meeresunters. 30: 455-467.
- MANN, K. H. y P. A. BREEN. 1972. The relation between lobster abundance, sea urchins and kelp beds. J. Fish. Res. Bd. Can. 29: 603-606.
- MATEUS, V. H. 1972. Estudio integral tecnológico sobre el aprovechamiento de Macrocystis purifera(L) c. Agardh 1820, como complemento alimenticio Tesis Profesional U. C. M., U. A. B. C.
- MATTISON, J. E., J. D. TRENT, A. L. SHANKS, B. T. AKIN y S. J. PEARSE. 1977. Movement and feeding activity of red sea urchin (Strongylocentrotus franciscanus) adjacent to a kelp forest. Mar. Biol. 39: 25-30.
- 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.

MOITOZA, D. J. y D. W. PHILLIPS. 1979. Prey defense, predator preference and nonrandom diet: The interactions between Pycnopodia helianthoides and two species of sea urchins. Mar. Biol. 53: 299-304.

MOTTET, M. G. 1976. The fishery biology of sea urchins in the family Strongylocentrotidae. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. 20: 1-66.

NEUSHUL, M. y F. T. HAXD. 1968. The life history of Macrocystis in the sea. Calif. Dep. Fish and Game Fish. Bull. 139: 13-17.

NORTH, W. J. 1971. The biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California. Nova Hedwigia Z. Kryptogamen. Suppl. 32, 600pp.

NORTH, W. J. y C. L. HUBBS. 1968. Utilization of kelp beds resources in southern California. Calif. Fish and Game Fish. Bull. 139, 264pp.

NORTH, W. J. y J. S. PEARSE. 1970. Sea urchin population exploitation in Southern California coastal waters. Science N. Y. 167: 209.

OGDEN, J. C. , R. A. BROWN y N. SALESKY. 1973. Grazing by the echinoid, Diadema antillarum(P): Formation of halos around West Indian patch reefs. Science 182(4113): 715-717.

PAINE, R. T. y R. L. VADAS. 1969. The effects of grazing by sea urchins, Strongylocentrotus sp., on benthic algal populations. Limnol. Oceanogr. 14: 710-719.

PALLEIRO, J. S. 1982. Estimación de la densidad y crecimiento del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus(AGASSIZ) para la zona de Santo Tomás, Baja California, México. Tesis Profesional U. C. M., U. A. B. C.

PEARSE, J. S. , D. P. COSTA, M. B. YELLIN y C. R. AGEGIAN. 1977. Localized mass mortality of red sea urchin Strongylocentrotus franciscanus near Santa Cruz Calif. Fish. Bull. U. S. 75: 645-648.

PEARSE, J. S. y A. H. HINES. 1979. Expansion of a central California kelp forest following the mass mortality of sea urchins. Mar. Biol. 51: 83-91.

QUAST, J. C. 1968. Some physical aspects of the inshore environment, particularly as it effects kelp-bed fishes. Calif. Dept. Fish and Game Fish. Bull. 139:25-33.

RICKETTS, E. F. y J. CALVIN. 1968. Between pacific tides. 4a ed. Stanford Univ. Press. 516pp.

ROMERO, E. J. y E. VAZQUEZ. 1982. Estudios biológicos del erizo de mar en Santo Tomás, Baja California. Informe técnico del I. N. P. de la Secretaría de Pesca. Reporte no publicado.

ROSENTHAL, R. J. y J. R. CHESS. 1970. Predation on the purple sea urchin by the leather star. Calif. Fish and Game 55:203-204.

_____. 1972. A predator-prey relationships between the leather star, Dermasterias imbricata, and the purple sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus. Fish. Bull. U. S. 70: 205-216.

SHEPHERD, S. A. 1973. Competition between sea urchins, and abalone. Aust. Fish. 32(6):4-7.

STOTT, F. C. 1955. The food canal of the sea urchin Echinus
esculentus (L) and its
functions. Proc. Zool. Soc. Lond. 125: 63-86.

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

TEGNER, M. J. y P. K. DAYTON. 1977. 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
purpuratus) in a kelp forest near San Diego,
California. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5: 255-268.
Cal. Sea Grant College Program.

TEISSIER, G. 1948. La relation d'allometrie: Sa signification
statistique et biologique. Biometrics 4: 14-48.

VADAS, R. L. 1968. The ecology of agarum and the kelp bed
community. Ph. D.
Diss., Univ. Wash., Seattle. 280pp.

WARD, J. 1975. Sea urchins... A new Victorian
industry?. Aust. Fish. 34(1): 16.