

**EFFECTOS DE LA PESQUERIA DEL ERIZO ROJO,
Strongylocentrotus franciscanus (ECHINODERMATA), SOBRE LA
ESTRUCTURA DE SU POBLACION EN SANTO TOMAS, BAJA CALIFORNIA,
MEXICO, CON UNA COMPARACION DE METODOS DE MUESTREO**

Por

Eduardo José Romero Orozco
Centro de Investigación Pesquera de El Sauzal
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Pesca
Apartado Postal 1306
Ensenada, Baja California, Mexico

y

Hans Bertsch*
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, Mexico

*U.S. mailing address: 4444 W. Pt. Loma Blvd. No. 83, San Diego, California, 92107 USA.

ROMERO OROZCO, E. J. y H. Bertsch. 1984. Efectos de la pesquería del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata) sobre la estructura de su población en Santo Tomás, Baja California, México, con una comparación de métodos de muestreo. *Ciencias Marinas*, 10 (2): 85-95

RESUMEN

Se utilizaron dos métodos diferentes para calcular la densidad de población 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 organismos/m² (K, 0.95, aleatoriamente) y de 3.78 ± 1.99 organismos/m² (k, 0.95, transectos). Se comprobó que el resultado entre ambos métodos no tiene diferencia significativa utilizando una prueba t-Student (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 dos años de no desarrollarse esta 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:

$$P=0.0005D^{2.9718}$$

ABSTRACT

Two different methods were used to calculate the density of the red urchin *Strongylocentrotus franciscanus* in the vicinity of Santo Tomas, Baja California, Mexico. Random quadrats gave a value of 3.22 ± 1.656 (k, 0.95) urchins per square meter, whereas quadrats placed at depth intervals along transects yielded a value of 3.78 ± 1.99 (k, 0.95) urchins per square meter. There was no statistically significant difference between the two methods (t-Student test 0.95).

In this same area, we compared the size structure of the population in 1980 when the urchin were fished commercially, with that found in 1982, after two years that the resource had not been fished. We found that the population is undergoing a slow recovery, with a large number of recruits during 1981 and 1982. The relation between the total weight of the animal (P) and the diameter of the test (D) was calculated to be:

$$P=0.0005D^{2.9718}$$

INTRODUCCION: LA PESQUERIA DEL ERIZO ROJO

Una de las pesquerías más recientes en Baja California es sin duda la del erizo de mar. Iniciada en forma tentativa por la empresa Mar Pacífico alrededor de 1960, ésta no tuvo éxito debido a los altos costos de producción (Malagrino, 1972).

Al inicio de la década de los años 70 un grupo de empresarios japoneses procesaron experimentalmente la gónada del erizo de mar en nuestras costas. 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. 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).

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) (Gotshal & Laurent, 1979; Ricketts y Calvin, 1968). De éstos, los que se encuentran más ampliamente distribuidos a lo largo de toda la costa son los pertenecientes a 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 (*Strongylocentrotus franciscanus*) por ser el de mayor tamaño y presentar gónadas de mayor calidad (Kato, 1972).

El acelerado desarrollo de la pesquería del erizo de mar en la década de los 70

(Fig. 1) provocó que la densidad de este organismo se viera afectada por un factor en el cual tiene que ver la mano del hombre, el esfuerzo de pesca (Ebert, com. pers.). Tegner y Dayton (1977) concluyeron que la extracción comercial del erizo de mar afecta significativamente al reclutamiento de ejemplares jóvenes de ésta especie, al dejarlos sin la protección que les brindan las largas espinas primarias de los adultos al tiempo que reduce el potencial reproductivo de la población explotada.

En el caso de Baja California la intensidad de pesca sobre el erizo de mar ha disminuido de 1979 a la fecha (Fig. 1) por cambios en la oferta y la demanda de producto mexicano en el mercado internacional. Esto ha provocado que en algunos campos pesqueros, como es el caso de Santo Tomás, Baja California, México, la extracción del erizo se haya parado casi totalmente desde principios del año 1981. 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 alguna recuperación al disminuir la intensidad de pesca sobre ella.

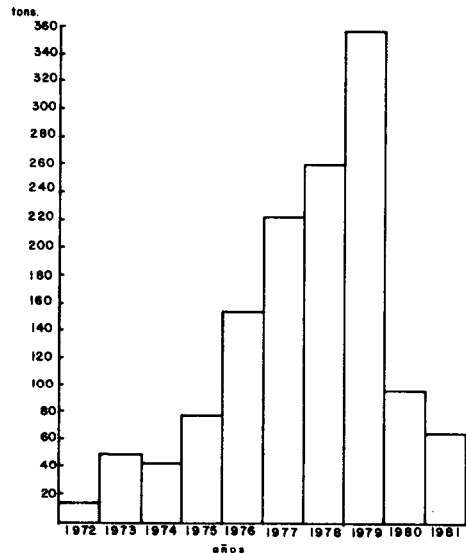


FIGURA 1. Producción pesquera anual de gónada de erizo en Baja California.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Se localiza a unos 40 km al sur del puerto de Ensenada, estando ubicada entre las coordenadas 31°31' a 31°36' latitud Norte y 116°40' a 116°41' longitud Oeste (Fig. 2).

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.

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, 1968) 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. 2).

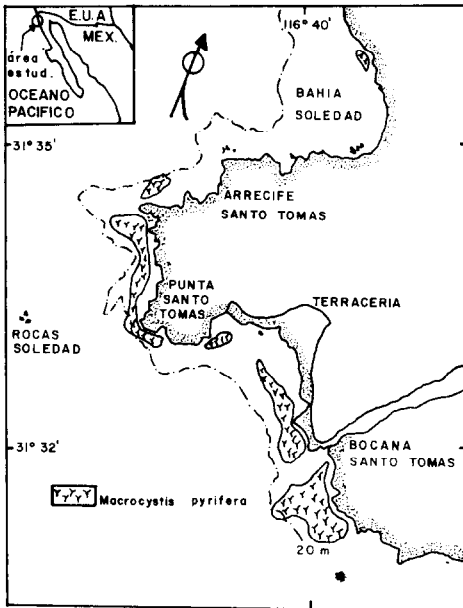


FIGURA 2. Localización del área de estudios

La pequeña ensenada en donde se encuentra ubicado el puerto de Santo Tomás es una zona protegida de la acción de las corrientes y del oleaje, con grandes porciones de fondo arenoso pero con una franja rocosa con características de bajo relieve (Fig. 2) a través de la cual se extiende el manto de algas que se inicia en la bocana de Santo Tomás.

En la punta de 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 de Santo Tomás es una zona 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 sólo se presenta un pequeño manto de algas en el extremo oeste.

Por su parte, en Bahía Soledad 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 (Tabla I). A lo largo del estudio la mayoría de los organismos que se observaron son comunes para la provincia floral y faúnica marina de California.

MATERIALES Y METODOS

1) Método de muestreo

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

EFFECTOS DE LA PESQUERIA DEL ERIZO ROJO

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.

TABLE I. Organismos comunes observados a lo largo del estudio

Algas Marinas	
	<i>Macrocystis pyrifera</i> (Linnaeus, 1771).
	<i>Eisenia arborea</i> Areschoug, 1876.
	<i>Gigartina</i> sp.
	<i>Gelidium purpurascens</i> Gardiner, 1927.
	<i>Cystoseira osmundacea</i> (Turner, 1809).
	<i>Corallina</i> sp.
	<i>Phyllospadix</i> sp.
	<i>Lithothanium</i> sp.
Invertebrados	
Porifera	
	<i>Hymenamphistra cyanocrypta</i> De Laubenfels, 1930.
Cnidaria	
	<i>Balanophyllia elegans</i> Verrill, 1864.
Molusca	
	<i>Haliotis rufescens</i> Swainson, 1822.
	<i>Haliotis cracherodii</i> Leach, 1814.
	<i>Megathura crenulata</i> (Sowerby, 1825).
	<i>Astrea undosa</i> (Wood, 1828)
	<i>Kellettia kelletii</i> (Forbes, 1852).
	<i>Cypraea spadicea</i> Swainson, 1823.
	<i>Aplysia californica</i> Cooper, 1863.
	<i>Phidiana pugnax</i> Lance, 1962.
Artrópoda	
	<i>Panulirus interruptus</i> (Randall, 1839).
Echinodermata	
	<i>Strongylocentrotus franciscanus</i> (A. Agassiz, 1863).
	<i>Strongylocentrotus purpuratus</i> (Stimpson, 1857).
	<i>Patiria miniata</i> (Brandt, 1835).
	<i>Dermasterias imbricata</i> (Grube, 1857).
	<i>Pisaster ochraceus</i> (Brandt, 1835).
	<i>Pisaster giganteus</i> (Stimpson, 1857).
	<i>Pycnopodia helianthoides</i> (Brandt, 1835).
	<i>Parastichopus parvimensis</i> (Clark, 1913).
Vertebrados	
Peces	
	<i>Semicossyphus pulcher</i> (Ayres, 1854).
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868).
	<i>Paralabrax clathratus</i> (Girard, 1854).
	<i>Paralabrax nebulifer</i> (Girard, 1854).
	<i>Hypsypops rubicundus</i> (Girard, 1854).
	<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859).
	<i>Sebastes</i> sp.
	<i>Girella nigricana</i> (Ayres, 1860).
Mamíferos	
	<i>Zalophus californianus</i> (Lesson, 1828)

a) **Método aleatorio** Se cuadrículó toda el área de estudios por medio de transectos perpendiculares y paralelos a la línea de costa con una separación de 150 metros entre cada uno de ellos y una longitud máxima hasta la isobata de los 20 metros (Fig. 3). Después, haciendo uso de una tabla de números aleatorios, se determinó cuáles 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. 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 1m², el cual 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 había 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 cada uno de los organismos recolectados fue pesado, medido y registrado en formas especiales. Para pesarlos se usó una balanza granataria de 5 kg. de capacidad y una aproximación de 1g. Para determinar el diámetro se usó un vernier con una aproximación de 0.1 cm, el cual 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 II), encontrándose que este valor casi no tuvo variación después de los 40 m², por lo cual se decidió muestrear un total de 46 m².

b) **Método por transectos** Se dividió el área total en 4 secciones: la primera abarcó de la bocana de Santo Tomás al puerto 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 estas secciones se trazaron dos

transectos perpendiculares a la línea de costa (Fig. 3). Se procuró que, de ser posible, los transectos pasaran a través de los mantos de algas. Cada transecto tuvo una longitud máxima a la isobata de los 20 m y a lo largo de éste 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.

TABLA II. 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

2) Estimación de la 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 los resultados 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 (Kreyszig, 1976). Una vez obtenido este resultado se procedió a ver si las medias eran significativamente diferentes (prueba t-Student) (Kreyszig, 1976).

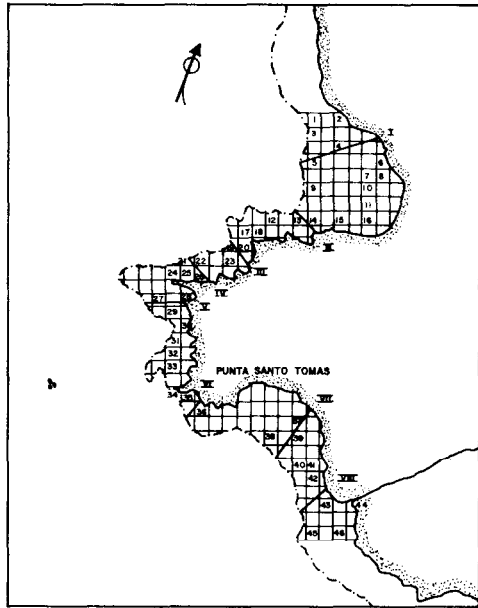


FIGURA 3. Ubicación de los transectos y estaciones aleatorias.

3) 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).

4) Estructura de la población

A partir de cada uno de los muestreos realizados se construyó una gráfica de intervalos de tallas de 3mm 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 dos 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.

5) Relación talla-peso

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

$$P=aDb$$

donde:

P= Peso total del organismo

D= Diámetro del esqueleto del organismo
a y b son constantes de proporcionalidad

(Teissier, 1948)

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.

RESULTADOS

1) Densidad

a) **Método aleatorio.** Para determinar la densidad de población por medio del muestreo aleatorio se cubrieron un total de 46 estaciones (Tabla III) encontrando un valor de 3.22 ± 1.656 erizos rojos/m² (S= 5.77, int. conf. 0.95).

b) **Métodos por transectos.** El valor encontrado al muestrear la población usando transectos se obtuvo 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 éstas eran iguales. Después de hacer el análisis se encontró que las variancias de una y otra muestra se podían considerar iguales (P= 0.95) (Kreyszig, 1976). Con los datos 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 existe una diferencia significativa (P= 0.95) (Kreyszig, 1976).

2) Biomasa

El valor de la biomasa fue de 0.5048 ± 0.2158 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 III).

3) Estructura de la población

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. 4), 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 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.

4) Relación talla-peso

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

$$P=aDb$$

a una expresión del 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. Encontrándose que a=0.0005 y b=2.9718 (r=0.92), quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$P=0.0005D^{2.9718}$$

TABLA III. Relación de organismos encontrados por estación

METODO ALEATORIO			METODO TRANSECTOS		
EST	DENSIDAD	BIOMASA	EST	DENSIDAD	BIOMASA
1	8	2.363	1	5	2.060
2	2	0.265	2	3	0.573
3	0	0.0	3	0	0.0
4	0	0.0	4	0	0.0
5	3	0.784	5	2	0.467
6	0	0.0	6	6	1.226
7	0	0.0	7	0	0.0
8	0	0.0	8	0	0.0
9	0	0.0	9	7	0.689
10	0	0.0	10	13	2.615
11	3	1.305	11	10	0.893
12	0	0.0	12	0	0.0
13	0	0.0	13	5	1.514
14	5	1.124	14	29	2.471
15	0	0.0	15	6	1.022
16	0	0.0	16	9	0.769
17	5	0.564	17	0	0.0
18	5	0.303	18	6	0.568
19	9	1.502	19	0	0.0
20	4	0.021	20	0	0.0
21	1	0.001	21	4	0.683
22	4	0.536	22	1	0.009
23	7	0.719	23	3	0.333
24	3	1.330	24	0	0.0
25	33	3.179	25	0	0.0
26	5	1.155	26	0	0.0
27	18	2.466	27	3	1.082
28	4	0.714	28	0	0.0
29	0	0.0	29	6	1.511
30	6	0.547	30	3	0.590
31	0	0.0	31	0	0.0
32	6	1.230	32	0	0.0
33	8	0.238			
34	0	0.0			
35	2	0.523	$\bar{X}=3.78\pm 1.99$		$\bar{X}=0.5961\pm 0.2623$
36	0	0.0	S= 5.77		S= 0.7571
37	0	0.0			
38	0	0.0			
39	0	0.0			
40	0	0.0			
41	4	1.447			
42	3	0.809			
43	0	0.0			
44	0	0.0			
45	0	0.0			
46	0	0.0			
$\bar{X}=3.22\pm 1.656$		$\bar{X}=0.5048\pm 0.2185$			
S=5.73		S= 0.7561			

DISCUSION

1) Métodos de muestreo

El interés de los investigadores locales por conocer el método más adecuado para determinar la densidad de población del erizo rojo, motivó a realizar parte de este estudio. 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.

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 posición que ocupan dentro del manto.

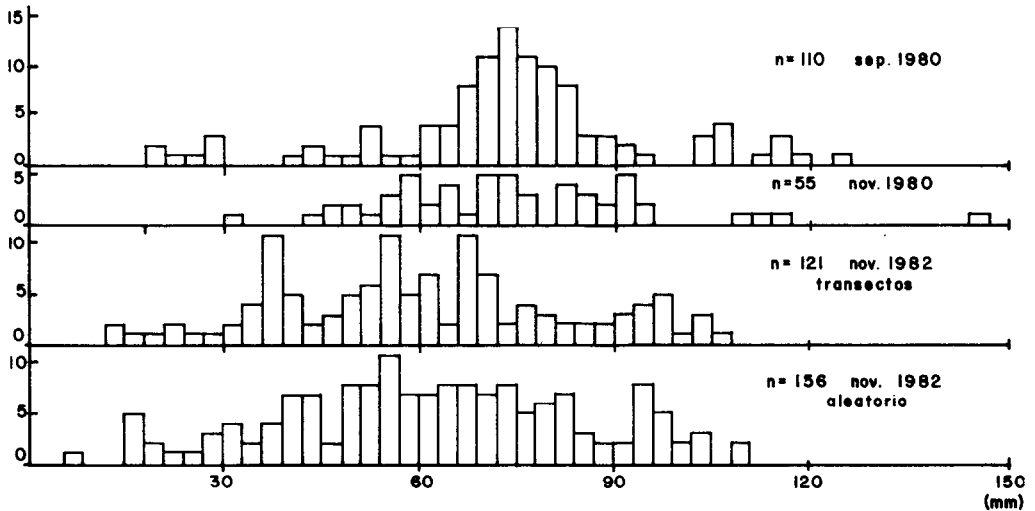


FIGURA 4. Distribución de frecuencias de talla para la población de *Strongylocentrotus franciscanus* en Santo Tomás, Mex.

Por otro lado, con un muestreo aleatorio se conocen más a fondo las características generales del área muestreada, por el hecho de cubrir una mayor superficie por lo que es 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 cual se espera encontrar asociado a los mantos de algas por ser *Macrocystis pyrifera* 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 qué sucede fuera de éstos. 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, teniendo todos éstos igual posibilidad de ser muestreados.

2) Densidad comparativa, recuperación y estructura de la población.

Las densidades encontradas por ambos métodos fue de 3.22 ± 1.656 erizos rojos por m^2 (aleatoriamente; $k, 0.95$) y 3.78 ± 1.999 erizos rojos/ m^2 (transectos; $k, 0.95$). 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/ m^2 ($k, 0.95$). No podemos comparar estos datos porque este último autor no hizo sus cuadrantes al azar, escogiendo lugares donde hubieran erizos.

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 110mm. Esta condición nos lleva a observar que, mientras la distri-

bución de la población en 1980 (Palleiro, 1982) 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 por tamaño 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 tanto, los organismos viven más tiempo que aquellos que tienen una tasa de crecimiento rápida (Ebert, 1975), por lo cual es de esperarse que de seguir las condiciones tal como están se presente en la zona de estudio una lenta recuperación del recurso.

Farías (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 un año de estar sometida a la pesca mostró una distribución monomodal con el máximo de los organismos de tallas entre los 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, afectando así en forma indirecta a la estructura de la población, ya que el reclutamiento es el principal mecanismo que (1980) señala que a excepción de la nutria,

los únicos depredadores que devoran erizos rojos de gran tamaño son el pez "vieja" *Semicossyphus pulcher* y la langosta roja *Panulirus interruptus*, que prefiere atacar organismos más pequeños en caso de estar presentes.

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 población del erizo rojo aumente paulatinamente en la zona.

3) Relación talla-peso

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

$$P=0.0005D^{2.9718}$$

la cual, expresada en forma lineal al aplicar logaritmos, queda de la forma:

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

Entre los autores que han calculado esta relación podemos citar a Baker (1973) $\log P = -0.308 + 2.962 \log D$ (diám. en cm); Farías (1980) $\log P = -0.83 + 2.91 \log D$ (diam. en cm) Palleiro (1982) $\ln P = -7.39 + 2.91 \ln D$ (diam. en mm); Romero y Vazquez (1982) $\ln P = 5.21 + 2.42 \ln D$ (diam. en mm).

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

EFECTOS DE LA PESQUERIA DEL ERIZO ROJO

	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Fecha
Baker (1973)	100	450	
Farías (1980)	100	120	Mayo 1979
Palleiro (1982)	100	396	Sept. 1980
Romero y Vázquez (1982)	100	382	Jul. 1982
Este trabajo	100	439	Nov. 1982

De acuerdo con estos resultados se puede observar que existe una muy pequeña variación del valor que se obtiene en este trabajo respecto a los obtenidos a partir de las relaciones calculadas por otros autores (con la excepción de Farías).

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 estado 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).

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a todas las personas que de algún modo intervinieron en la elaboración de este estudio. Particularmente al buzo Francisco Uribe y al oceanólogo Eduardo Vázquez por su desinteresada y sincera colaboración en todo momento así como sus atinados consejos. Al Ph. D. Thomas Ebert por habernos despertado tanto interés en el estudio del erizo de mar, a los P.O. Salvador Sánchez y Javier Sandoval por su ayuda en la computadora, al oceanólogo Alejandro Velarde por las facilidades para llevar a cabo este estudio, al Dr. Emilio Cruz por su apoyo al programa Erizo de Mar del Instituto Nacional de la Pesca y muy especialmente a la esposa de Eduardo José Romero Orozco, la señora Margarita Estrada y a sus hijos José Manuel y Román Diego.

Este trabajo se desarrolló dentro de las actividades del programa Erizo de Mar, del Centro de Investigación Pesquera de El Sauzal, B.C. perteneciente a la Secretaría de Pesca y financiado por este mismo organismo, recibiendo asesoría técnica por parte del

proyecto Ecosistemas Bentónicos, de la Universidad Autónoma de Baja California.

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.
- CAMERON, R.A. y S.C. Schroeter. 1980. Sea urchin recruitment: Effect of substrate selection on juvenile distribution. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2:243-247.
- EBERT, T.A. 1975. Growth and mortality of post-larval echinoids. Amer. Zool. 15:755-775.
- FARIAS, J.A. 1980. Observaciones preliminares de una población de erizos *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata, Echinoidea) en B.C. Tesis Profesional, U.C.M., UABC.
- GOTSHALL, D.W. y L.L. Laurent. 1979. Pacific coast subtidal marine invertebrates. A fishwatcher's guide. Sea Challengers, Los Osos, Cal.
- HUDNALL, J. 1970. Sea urchins. New industry for Toño. 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, 505 pp.
- LEIGHTON, D.L. 1966. Studies of food preference in algivorous invertebrates of southern California kelp beds. Pac. Sci. 20(1): 104-113.
- MALAGRINO, L.G. 1972. Extracción y preservación de las gónadas de erizo. Tesis Profesional, U.C.M., UABC.
- MATTISON, J.E., J.D. Trent, A.L. Shanks, B.T. Akin y S.J. Pearce. 1977. Movement and feeding activity of the red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. Mar. Biol. 39:25-30.
- MOTTET, M.G. 1976. The fishery biology of sea urchins in the family Strongylocentrotidae. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. 20:1-66.
- 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., UABC.
- QUAST, J.C. Some physical aspects of the inshore environments, particularly as it affects 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. 516 pp.
- ROMERO Orozco, E.J. y E. Vázquez Solórzano. 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.
- TEGNER, M.J. 1980. Multispecies considerations of resource management in southern California kelp beds. Can. Tech. Rep. Fish. Aqua. 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 Prog.
- TEISSIER, G. 1948. La relation d'allometrie: Sa signification statistique et biologique. *Biometrics* 4:14-48.
- WARD, J. 1975. Sea urchins. . . A new victorian industry? *Aust. Fish.* 34(1):16.

**EFFECTS OF THE COMMERCIAL FISHING OF THE RED URCHIN,
Strongylocentrotus franciscanus (ECHINODERMATA), ON ITS POPULATION
STRUCTURE IN SANTO TOMAS, BAJA CALIFORNIA, MEXICO, WITH A
COMPARISON OF SAMPLING METHODS**

By

Eduardo José Romero Orozco
Centro de Investigación Pesquera de El Sauzal
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Pesca
Apartado Postal 1306
Ensenada, Baja California, México

and

Hans Bertsch*
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

*U.S. mailing address: 4444 W. Pt. Loma Blvd. No. 83, San Diego, California, 92107 USA.

ROMERO-OROZCO, E. J. and H. Bertsch. 1984. Effects of the commercial fishing of the red urchin, *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata) on its population structure in Santo Tomás, Baja California, México, with comparison of sampling methods. *Ciencias Marinas*, 10 (2): 97-105

**INTRODUCTION: THE RED URCHIN
FISHERY**

One of the most recent fisheries begun in Baja California is that of the red urchin. Although started tentatively by the Mar Pacifico company around 1960, it was not successful because of the high costs of production (Malagrino, 1972).

At the beginning of the 1970's, a group of Japanese companies began experimental processing of sea urchin gonads along our shorelines. Since 1972, the commercial harvest of the sea urchin has been carried out systematically on the west coast of Baja California by native cooperatives, individuals and private companies. There is no internal market for sea urchin gonads within Mexico, so this product is solely for export. Right now Japan is the only buyer of the Mexican product. The Japanese are the principal processors and consumers of sea urchin gonads worldwide, consuming between 3 and 5 tons daily (Ward, 1975). Japan buys processed gonads from the United States (Jones, 1978) and Canada (Hudnall, 1970), as well as from Mexico.

coast of Baja California four species of regular urchins can be found: *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz, 1863), *S. purpuratus* (Stimpson, 1857), *Centrostephanus coronatus* (Verrill, 1867), and *Lytechinus anamesus* (Verrill, 1867) (Gotshall & Laurent, 1979; and Ricketts & Calvin, 1968, among others). Of these urchins, the first two species (known as the red and purple urchins respectively) are the most widely distributed along the entire coastline. The urchin industry is based on these two common species, but focuses on the red urchin because of its larger size and better quality gonads (Kato, 1972).

The accelerated development of the sea urchin fishery during the 1970's (Figure 1) resulted in changes in the density of the urchin populations that were directly attributable to human activity (Ebert, pers. comm.). Tegner and Dayton (1977) concluded that the commercial extraction of red sea urchins significantly affects the recruitment of juveniles of this species by leaving them without the protection afforded by large primary spines of the adults, and at the same time by reducing the reproductive potential of the exploited population.

In the shallow waters of the west

In the case of Baja California, the in-

EFFECTS OF THE COMMERCIAL FISHING OF THE RED URCHIN

tensity of commercial urchin fishing has been diminished since 1979 (Figure 1) because of the changes in the supply-and-demand for the Mexican product in the international market. For this reason, some of the fishing camps (such as the one at Santo Tomas, Baja California) have almost completely halted their fishing activities for sea urchin since the beginning of 1981.

The situation of the fishery in this region raised the question whether the urchin population structure has changed in some manner or if, in general, it has undergone some type of recovery since fishing intensity declined.

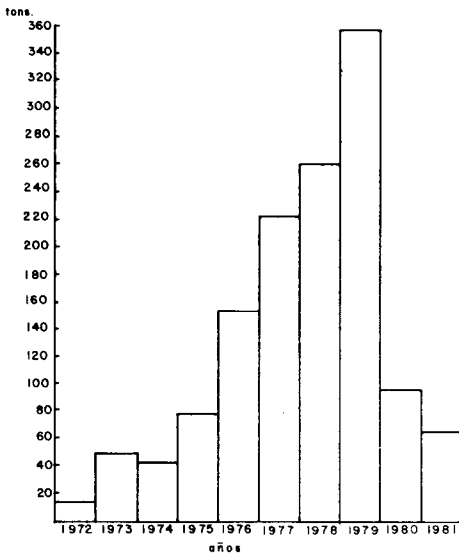


FIGURE 1. Annual fishery production of urchin gonads in Baja California, Mexico.

DESCRIPTION OF THE STUDY AREA

The study site is located along the northern and southern coastline of Point Santo Tomás, from Bahía Soledad to the estuary of Santo Tomás, approximately 40 km south of Ensenada, Baja California. The 7.12 square kilometer study area is situated between 31°31' and 31°36'N latitude, and 116°40' and 116°41'W longitude (Figure 2). Within this area there are

certain well-defined regions with their own characteristics.

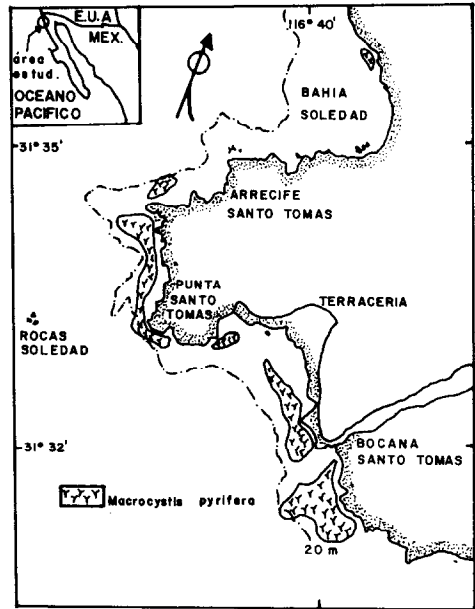


FIGURE 2. Location of study area

The estuary of Santo Tomás is greatly affected by fresh water and sediment transport because of the Santo Tomás river. It has a sandy bottom which extends from the mouth of the river to over 20 m depth. The surrounding area of the estuary has a rocky bottom of high relief (classification by Quast, 1968), with regions where there is a great quantity of rounded boulders between 15-20 m deep. There are also large kelp beds in the area near the estuary.

The small bay where the port of Santo Tomás is located is protected from currents and wave action. Large portions of the bottom are sandy, but there is a rocky fringe of low relief, behind which extends the kelp bed that begins in the estuary of Santo Tomás.

At Point Santo Tomás there is a zone of high energy where wave action is very great and there are strong currents. The bottom drop-off is quite pronounced.

and is characterized by having rocks of high relief. Along the entire point extends a large kelp bed, broken at 20 m depth where the bottom becomes sandy.

The region of the Santo Tomás reef is an unprotected zone, which has strong wave action. The bottom is characterized by having rocks that vary from medium relief to platforms of low relief with sand channels. In this section, only a very small kelp bed grows at the far western corner.

At Bahía Soledad a sandy bottom without vegetation predominates. However, in the northwest part of the bay there is a small portion of rocky bottom of high relief, on which a small kelp forest is growing.

The region of Santo Tomás is characterized by having a great diversity of marine species (Table I). The majority of the organisms observed during the course of the study, are common throughout the California marine faunal province.

MATERIALS AND METHODS

1) Sampling techniques

Methods used to determine the density of the red sea urchin vary from author to author. The main techniques are random samples (Tegner & Dayton, 1981) and transects through the kelp beds (Mattison *et al.*, 1977). The question arises as to which method would be better. Therefore it was decided to determine the density of the red urchin by both methods, random sampling and transect, in order to establish whether there is a significant difference between them.

a) **Random sampling** The study zone was divided up into square units by transects perpendicular and parallel to the coast every 150 m, out to the 20 m isobath (Figure 3). The quadrats to be sampled were chosen with a chart of random numbers. Compass bearing and depth for each site were marked on a bathymetric map of the area. The research dive boat was equipped with a compass and fathometer to locate the study sites. Within each study quadrangle all the organisms present inside a randomly-chosen 1 m²

TABLE I. Common organisms observed throughout this study.

Marine Algae	
	<i>Macrocystis pyrifera</i> (Linnaeus 1771).
	<i>Eisenia arborea</i> Areschoug, 1876.
	<i>Gigartina</i> sp.
	<i>Gelidium purpurascens</i> Gardiner, 1927.
	<i>Cystoseira osmundacea</i> (Turner, 1809).
	<i>Corallina</i> sp.
	<i>Phyllospadix</i> sp.
	<i>Lithothanion</i> sp.
Invertebrates	
Porifera	
	<i>Hymenamphistra cyanocrypta</i> De Laubenfels, 1930.
Cnidaria	
	<i>Balanophyllia elegans</i> Verrill, 1864.
Mollusca	
	<i>Haliotis rufescens</i> Swainson, 1822.
	<i>Haliotis cracherodii</i> Leach, 1814.
	<i>Megathura crenulata</i> (Sowerby, 1825).
	<i>Astrea undosa</i> (Wood, 1828)
	<i>Kelletia kelletii</i> (Forbes, 1852).
	<i>Cypraea spadicea</i> Swainson, 1823.
	<i>Aplysia californica</i> Cooper, 1863.
	<i>Phidiana pugnax</i> Lance, 1962.
Arthropoda	
	<i>Panulirus interruptus</i> (Randall, 1839).
Echinodermata	
	<i>Strongylocentrotus franciscanus</i> (A. Agassiz, 1863).
	<i>Strongylocentrotus purpuratus</i> (Stimpson, 1857).
	<i>Patiria miniata</i> (Brandt, 1835).
	<i>Dermasterias imbricata</i> (Grube, 1857).
	<i>Pisaster ochraceus</i> (Brandt, 1835).
	<i>Pisaster giganteus</i> (Stimpson, 1857).
	<i>Pycnopodia helianthoides</i> (Brandt, 1835).
	<i>Parastichopus parvimensis</i> (Clark, 1913).
Vertebrates	
Pisces	
	<i>Semicossyphus pulcher</i> (Ayres, 1854).
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868).
	<i>Paralabrax clathratus</i> (Girard, 1854).
	<i>Paralabrax nebulifer</i> (Girard, 1854).
	<i>Hypsypops rubicundus</i> (Girard, 1854).
	<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859).
	<i>Sebastes</i> sp.
	<i>Girella nigricana</i> (Ayres, 1860).
Mammals	
	<i>Zalophus californianus</i> (Lesson, 1828).

area were collected. The urchins were collected manually by scuba divers, taking care to also collect the juvenile recruits sequestered under the larger adults. They were placed inside a metal box to be carried to the surface. On board the launch, each animal was weighed, measured and recorded on pre-printed data sheets. A scale balance

of 5 kg capacity, with 1 gr accuracy, was used to weigh the urchins. Diameter was determined by a vernier caliper accurate to 0.1 cm (measurements taken from the oral side, from one ambulacral region to the opposite interambulacral region). Once weighed and measured, the animals were returned to their habitats. The total number of stations to sample was calculated by means of the variation in the interval of confidence of the means (Table 2); this value had almost no variation after 40 m², so it was decided to sample a total of 46 m².

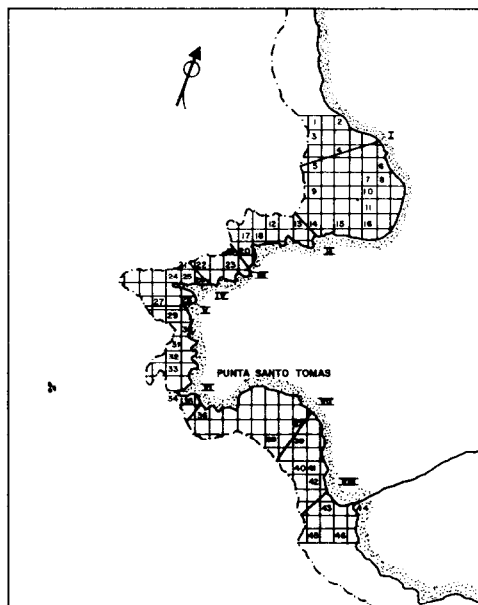


FIGURE 3. Location of transects and random stations.

TABLE II. Variation of the confidence interval $K(95\%)$ for the population density median when the number of squares sampled (n) vary.

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

b) Transect sampling The total area was divided into four sections (Figure 2): from the estuary of Santo Tomás to the port of Santo Tomás; from the port of Santo Tomás to the Point of Santo Tomás; from the Point Santo Tomás to the reef of Santo Tomás and from the reef of Santo Tomás to Bahía Soledad. Within each section, two transects were set out perpendicular to the coast (Figure 3), arranged in such a way that they passed through the kelp beds. Each transect extended out to the 20 m isobath, and buoys were placed along its length at the 5, 10, 15 and 20 m depths. Scuba divers descended at each station, using the buoy lines to mark the centers of one meter square quadrats. Similar to the random quadrat method, organisms were collected from inside each quadrat, carried up to the support vessel, and were then measured and recorded. The urchins were again returned to their habitats after the measurements were taken.

2) Estimating the density of the urchin population

To determine the density of the urchins by each method the arithmetic mean of the number of organisms per square meter was calculated. The variation and standard deviation (at the 0.95 confidence interval) were also calculated for each mean.

To determine if the results of the two methods had a significant difference, a test of differences of means was made, comparing variances (F-test) to determine if they were the same (Kreyzsig, 1976), and then using the Student's t-test to calculate if the means were significantly different.

3) Biomass

Using the data of the total weight of the urchins, the biomass per square meter was determined for each method, calculating the arithmetic mean, variance, and standard deviation, at the 0.95 confidence level.

4) Population structure

After the sampling was completed, a graph of size frequencies of urchins at intervals of 3 mm was constructed (Tegner

& Dayton, 1981) to illustrate the present population structure. To determine if the structure of the population had undergone any change during the two years that the urchin fishery had been discontinued, we compared these data with the data obtained by the Sea Urchin Program of the National Institute of Fisheries for the Santo Tomás area during 1980 (data previously analyzed by Palheiro, 1982).

5) Size-weight ratio

We used the data obtained from the random sampling to calculate the ratio between the total weight and diameter of the urchin, basing our calculations on the formula:

$$P = aD^b$$

where:

P= Total weight of the animal,
D= Diameter of the animal's skeleton, and
a, b= Proportional constants (Teissier, 1948).

Using this relation, we then calculated the weight of the animals sampled along the transects.

RESULTS

1) Density

a) **Random sampling.** Determination of the population density by random sampling was based on 46 stations (Table II). We found a density of 3.22 ± 1.656 urchins per square meter ($S=5.73$; conf. lim. 0.95).

b) **Transect sampling** After completing a total of eight transects with 4 stations along each one, the population density was found to be 3.78 ± 1.999 urchins per square meter ($S=5.77$; conf. lim. 0.95).

A comparison of variation of normal distributions (F-test) was calculated to see if the results were the same. It was found that the samples can be considered identical ($P=0.95$). With these data, we compared the means (for two normal distributions from two independent samples, not necessarily

of the same size) with the Student's t-test, and found that between the 2 sample methods there was no significant difference ($P=0.95$) (Kreyszig, 1976).

2) Biomass

The random sampling method yielded a biomass of 0.548 ± 0.2185 kg/m² ($S=0.7571$, conf. lim. 0.95) (Table III).

3) Population structure

Using the data from each sampling method and with comparative data from September and November 1980, we graphed frequencies of various size intervals (Figure 4). During September and November 1980 the majority of urchins were in the size range of 60-90 mm in diameter. Very few were found between 30 to 60 mm, and between 90 to 120 mm; there were practically no organisms found smaller than 30 mm or larger than 120 mm.

The data of November 1982 show a different pattern. There has been a large increase in the number of organisms between 30 to 60 mm, a slight decrease of organisms around the 90 mm size, with an increase again starting at 100 mm. Animals less than 30 mm in diameter also increased in frequency. No urchins larger than 120 mm were found.

4) Size-weight ratio

The relation between the diameter of the skeleton and the total weight of the organism was calculated according to the formula:

$$P = aD^b$$

Applying natural logarithms to both sides of this linear equation yields the following:

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

This was used to calculate the value of the constants a and b, by means of a linear regression of the data. Substituting the values $a = 0.0005$ and $b = 2.9718$ ($r = 0.92$), yields the following completed equation:

$$P = 0.0005D^{2.9718}$$

EFFECTS OF THE COMMERCIAL FISHING OF THE RED URCHIN

TABLE III. Relation of organisms found per station

RANDOM METHOD			TRANSECT METHOD		
STATION	DENSITY	BIOMASS	STATION	DENSITY	BIOMASS
1	8	2.363	1	5	2.060
2	2	0.265	2	3	0.573
3	0	0.0	3	0	0.0
4	0	0.0	4	0	0.0
5	3	0.784	5	2	0.467
6	0	0.0	6	6	1.226
7	0	0.0	7	0	0.0
8	0	0.0	8	0	0.0
9	0	0.0	9	7	0.689
10	0	0.0	10	13	2.615
11	3	1.305	11	10	0.893
12	0	0.0	12	0	0.0
13	0	0.0	13	5	1.514
14	5	1.124	14	29	2.471
15	0	0.0	15	6	1.022
16	0	0.0	16	9	0.769
17	5	0.564	17	0	0.0
18	5	0.303	18	6	0.568
19	9	1.502	19	0	0.0
20	4	0.021	20	0	0.0
21	1	0.001	21	4	0.683
22	4	0.536	22	1	0.009
23	7	0.719	23	3	0.333
24	3	1.330	24	0	0.0
25	33	3.179	25	0	0.0
26	5	1.155	26	0	0.0
27	18	2.466	27	3	1.082
28	4	0.714	28	0	0.0
29	0	0.0	29	6	1.511
30	6	0.547	30	3	0.590
31	0	0.0	31	0	0.0
32	6	1.230	32	0	0.0
33	8	0.238			
34	0	0.0			
35	2	0.523	$\bar{X}=3.78\pm 1.99$	$\bar{X}=0.5961\pm 0.2623$	
36	0	0.0	S= 5.77	S= 0.7571	
37	0	0.0			
38	0	0.0			
39	0	0.0			
40	0	0.0			
41	4	1.447			
42	3	0.809			
43	0	0.0			
44	0	0.0			
45	0	0.0			
46	0	0.0			

$\bar{X}=3.22\pm 1.656$ $\bar{X}=0.5048\pm 0.2185$
S= 5.73 S= 0.7561 (Intervalos de confianza 95 %)

DISCUSSION

1) Sampling methods

The interest of local investigators in knowing what would be the best sampling method in order to determine the density of urchin populations, motivated part of this study. It was found that the difference between the results of the two methods

(random sampling and transects) was not significant in terms of mean values of the density.

It can be noted that the transect method seems more useful when one wishes to study the distribution of organisms in terms of depth and their position within the kelp bed.

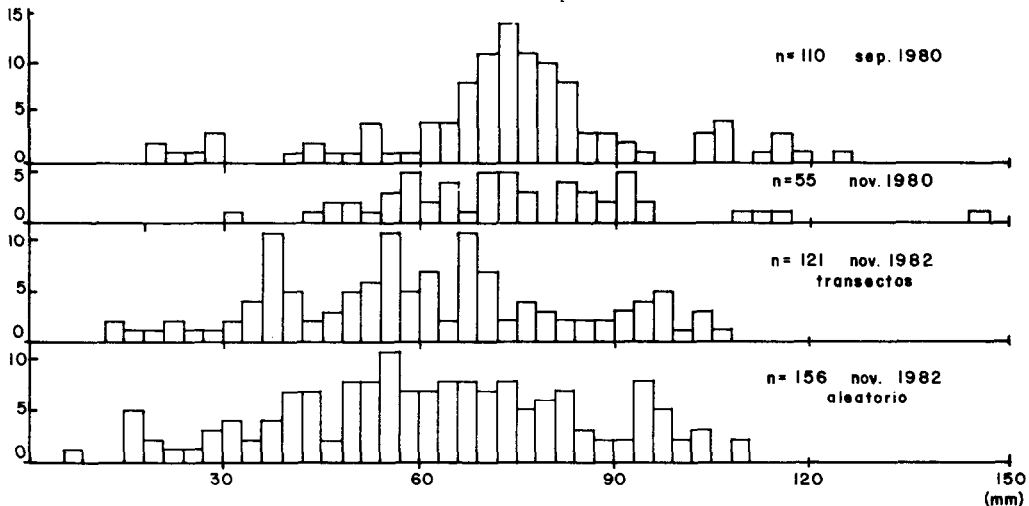


FIGURE 4. Size frequency distribution for the *Strongylocentrotus franciscanus* population at Santo Tomas, Mex.

On the other hand, the random sampling method allows one to know better the general characteristics of the study area, and it covers a greater surface area. The random sampling method seems most useful when one needs to make a preliminary survey of the region. The results will also include broader observations on the spatial distribution of the resource, zones of productivity, areas of recruitment, characteristics of the marine substrate, bottom topography, etc.

In general, when the transect sampling is carried out, the lines are placed where one expects to find the specimens. This can create a bias in the information. One expects to find sea urchin associated with the *Macrocystis pyrifera* kelp beds because this is its preferred food and has the best nutritive value for the urchin (Leighton, 1966). Therefore, transects will be made through the kelp beds. This will give us information on the composition of the population inside the kelp bed but will tell us nothing about what is going on outside the kelp bed. This information lack will not occur with the random sampling method, because the sampled area (with equal probability) includes the regions inside and outside the kelp bed.

2) Comparative density, recovery and population structure

The densities found by the two sampling methods were 3.22 ± 1.656 red urchins per square meter (random, $k=0.95$) and 3.78 ± 1.999 red urchins per square meter (transects, $k=0.95$). These densities are approximately half of that found by Palleiro (1982). For the same zone, during 1980, he found densities of 6.44 ± 1.83 organisms per m^2 ($k=0.95$). We cannot compare these data because of methodological differences: he did not randomly sample his quadrats, but specifically chose areas on the bottom where there were urchins.

Analyzing the population structure we see that there appears to be a slow recovery. In 1980 the majority of the population was clumped between 60 to 90 mm in diameter, with a peak around 75 mm. There were not very many organisms less than 60 mm in diameter. In 1982 the conditions had changed notably. Animals in the 30-60 mm size range were more numerous, whereas there were fewer in the 60-90 mm size range, because they had grown into the 110 mm size range. This condition leads us to observe that although the distribution of the population in 1980 presented a single curve around animals of the 80 mm in diameter, in 1982 it shows as distribution tending towards the bimodal, with peaks around 50 and 110 mm.

Tegner & Dayton (1981) found that for populations not commercially exploited the size distributions of the population is bimodal with peaks around 20 and 110 mm. If we compare these observations with those found in this study, we can see that population at Santo Tomas is tending to stabilize since it is not subject to fishing pressure. It should be pointed out that the growth rate of the red urchin is slow ($K=0.26$) but continuous (Baker, 1973), and therefore the animals live longer than those that have a rapid growth rate (Ebert, 1975). Hence one can continue to expect a slow recovery of this resource in the region of Santo Tomas.

Farias (1980) analyzed the opposite situation for a population of red urchin at Tres Hermanas, Baja California, and found that before commercial fishing, the urchin population showed a bimodal distribution, but after one year of being subjected to the pressure of commercial fishing, the population had a unimodal distribution, with most of the urchins in the 60-90 mm diameter size range. This strengthens our belief that as with other resources, fishing pressure exceeding the reproductive capacity of the animal causes the gradual disappearance of the species.

It is prudent to emphasize here the observations by Tegner & Dayton (1977) regarding the importance of urchins larger than 90 mm in diameter that function as protective nurseries for the juveniles. They pointed out that commercial extraction of adult organisms leaves the small urchins at the mercy of predators, and thus affects indirectly the structure of the population because recruitment is the major mechanism for shaping a population's structure (Cameron & Schroeter, 1980). Tegner (1980) pointed out that with the exception of the sea otter, the only predators on the large red urchins are the sheephead fish, *Semicossyphus pulcher*, and the spiny lobster, *Panulirus interruptus*, although it prefers to attack smaller organisms if they are present.

All of these considerations lead us to suppose that the organisms now found that are in the 10-30 mm diameter range are those urchins recruited during the years

1981 and 1982. Moreover, the growth curves calculated by Baker (1973) indicate that the red urchin reaches a diameter of 40 mm at two years of age. Those animals we are finding at Santo Tomás in the 110 mm size range were those that survived natural predation and are now affording protection to the population recruits. In this fashion, it is hoped that red urchin populations are undergoing a slow recovery and increase in this area.

3) Size-weight ratio

The relation between total weight and diameter of the urchins calculated for our samples of November 1982 is expressed by:

$$P=0.0005D^{2.9718}$$

By applying logarithms to this linear equation we obtain:

$$\ln P = -7.6297 + 2.9718 \ln D \text{ (diameter in mm)}$$

Among authors who have calculated this relation, we can cite the following: Baker (1973): $\log P = -0.308 + 2.962 \log D$ (diameter in cm); Farias (1980): $\log P = -0.83 + 2.91 \log D$ (diameter in cm); Palleiro (1982): $\ln P = -7.39 + 2.91 \ln D$ (diameter in mm); Romero & Vazquez (1982): $\ln P = -5.21 + 2.42 \ln D$ (diameter in mm)

Using these formulae to calculate the weight of an organism of 100 mm in diameter we obtain the following:

	Diameter (mm)	Weight (grs)	Date
Baker (1973)	100	450	
Farias (1980)	100	120	May 1979
Palleiro (1982)	100	396	Sept. 1980
Romero & Vazquez (1982)	100	382	July 1982
This study	100	439	Nov. 1982

According to these results it can be seen that there exists a very small variation between the different calculated values (with the exception of Farias). These small differences are probably due to various factors, such as the season of the year when the data were obtained, the fluctuation of the gonad

weight because of seasonal reproductive condition, or the availability of food, which affects gonad development (Mottet, 1976).

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank all those who in any manner helped in the completion of this study. For help diving and practical advice, we thank Francisco Uribe and Ocean. Eduardo Vazquez; to Ocean. Julio Palleiro for his cooperation; to Dr. Thomas Ebert for his encouragement; to P.O. Salvador

Sanchez and P.O. Javier Sandoval for their help with the computer; to Ocean. Alejandro Velarde for the facilities to carry out this study; to Dr. Emilio Cruz for his help to the Sea Urchin Program of I.N.P.; and very especially to the wife of E.J.R.O., Mrs. Margarita Estrada, and their sons José Manuel and Roman Diego.

This study was carried out within the activities of the Centro de Investigación Pesquera of El Sauzal, B.C., and the Benthic Ecosystem Project of UABC.