

RESTOS ICTIOLOGICOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA
Y SU IMPORTANCIA PALEOECOLOGICA

Tesis Profesional presentada a la
Unidad de Ciencias Marinas
Universidad Autonoma de Baja California

para obtener el titulo de
OCEANOLOGO

por:
LUIS FOK PUN

Ensenada B. C. Junio, 1979

INDICE

1 INTRODUCCION.....	2
1.1 DECLARACION DEL PROBLEMA.....	4
1.2 ANTECEDENTES Y RESULTADOS PREVIOS.....	6
1.3 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	9
1.3.1 Meteorologia y oceanografia.....	10
1.3.2 Batimetria y sedimentologia.....	13
1.3.3 Peces del Golfo de California.....	16
2 MATERIALES Y METODOS.....	18
2.1 METODOS DE CAMPO.....	18
2.2 METODOS DE LABORATORIO.....	19
3 RESULTADOS.....	21
3.1 DESCRIPCION GENERAL.....	21
3.1.1 Nucleo 7410-G-89.....	21
3.1.2 Nucleo 7410-G-88.....	22
3.1.3 Nucleo 7410-G-85.....	23
3.1.4 Nucleo 7410-G-84.....	23
3.1.5 Nucleo 7410-G-83.....	24
3.2 VARIACIONES DENTRO DE LOS NUCLEOS.....	26
3.2.1 PRUEBAS DE EVENTOS (Runs Tests).....	28
3.2.1.1 Descripcion y aplicacion.....	29
3.2.1.2 Resultados de las pruebas de eventos.....	30
4 DISCUSION.....	31
4.1 BIOTURBACION.....	33
4.2 VARIACION GEOGRAFICA.....	34
4.3 VARIACION ESTRATIGRAFICA.....	35
4.4 COMPARACION CON OTROS ESTUDIOS.....	36
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
6 BIBLIOGRAFIA.....	39

1 INTRODUCCION

La acumulacion de sedimentos en el fondo de los oceanos permite la preservacion de algunos aspectos de los procesos fisicos, quimicos y biologicos que tuvieron lugar en la columna de agua.

A traves del tiempo, los restos de muchos organismos marinos, junto con componentes derivados del continente, se asientan en el fondo del mar. Los componentes biogenicos del sedimento abarcan un amplio rango de organismos ecologicamente importantes como: diatomeas, radiolarios, foraminiferos, silicoflagelados, moluscos, asi como remanentes de diferentes peces.

Las comunidades pelagicas experimentan considerable alteracion y transporte antes de depositarse. Por ello las conclusiones paleoecologicas concernientes a los aspectos fundamentales de la comunidad como estructura, composicion, funcion y distribucion se basaron en comunidades dominadas principalmente por organismos sesiles como arrecifes (Fagerstrom, 1964).

De manera que debido a que se consideraba que las extrapolaciones ecologicas al pasado no eran confiables, muchos paleoecologos dedicaron su atencion a la informacion que es independiente de un taxa en particular, tal como la morfologia funcional de los fosiles y la diversidad de conjuntos fosiles en su totalidad (Berger y Parker, 1970).

Sin embargo, el mejoramiento en las tecnicas de muestreo y observacion han revelado un conjunto de evidencias biologico-temporales notables y el gran potencial de algunos sedimentos para estudios paleoecologicos detallados, particularmente en zonas cercanas a la costa donde hay acumulacion alta (Soutar, 1969). Esto, aunado a un mejor conocimiento de los ecosistemas pelagicos y a un considerable adelanto en las tecnicas de analisis de datos, ha resultado en un mayor estudio de los componentes biogenicos en sedimentos marinos como indicadores de condiciones paleo-oceanograficas y paleo-climaticas.

El estudio de los sedimentos como indicadores de cambios en el

medio marino se ha efectuado principalmente con microfósiles (Hutson, 1977; Imbrie y Kipps, 1972; Pisias, 1978; Poelchau, 1974; Molina-Cruz, 1978).

Aunque se conocia la existencia de remanentes ictiológicos en rocas sedimentarias (Natland, 1957) y sedimentos marinos recientes (David, 1947), no se habia intentado estudiar la distribución de tales restos dentro de un marco temporal.

La publicación de Soutar (1967) es el primer resultado de una serie de trabajos relacionados con la variación temporal de escamas de algunos peces pelágicos recientes encontrados en sedimentos marinos anaeróbicos. Su análisis de varios núcleos obtenidos en la cuenca de Santa Barbara sugiere que los cambios en abundancia de ^{es}escamas es un reflejo directo de variaciones en la abundancia de las especies que vivieron.

Las consideraciones de Soutar e Isaacs (1974) indican que la disminución en las pesquerías de sardina en California, vistos con perspectiva, es la etapa final de un cambio que empezó en 1890, 30 años antes de que se iniciara las pesquerías, y que este cambio a su vez pertenece a una tendencia que se extiende a los milenios pasados.

Los peces pelágicos del Golfo de California han recibido gran atención ultimamente debido a su importancia en las pesquerías del país. Sin embargo es poco lo que se sabe sobre la abundancia, distribución y dinámica poblacional de la mayoría de ellos. La información ecológica que se tiene sobre estos peces es escasa y sus relaciones con los demás componentes del ecosistema es desconocida.

Esta tesis presenta los resultados de un primer intento para estudiar la distribución vertical de remanentes ictiológicos en sedimentos recientes del Golfo de California, como una manera de observar las variaciones a largo plazo que sufren algunas poblaciones de peces. El principal propósito es indicar la existencia de material que puede ser empleado para introducir una perspectiva temporal dentro de las pesquerías en el Golfo, como ha sido posible hacerlo en otras partes del mundo (Soutar e Isaacs, 1969; 1974).

1.1 DECLARACION DEL PROBLEMA

La obtencion de datos biologicos sobre las poblaciones explotadas de peces es una practica comun, e incluye estimaciones de abundancia, composicion por sexo y edad y cualquier informacion que permita reconocer las fluctuaciones que puedan sufrir estas poblaciones. Esta informacion es mas util mientras mas prolongados sean los registros, porque nos permite observar las variaciones a largo plazo debidos al esfuerzo pesquero, a fluctuaciones en las condiciones oceanograficas y a relaciones ecologicas entre las distintas especies.

El Golfo de California es una zona de explotacion incipiente de peces pelagicos. La captura se concentra principalmente en dos especies de sardinas que se pescan principalmente en la region adyacente a Guaymas. Este recurso sardinero sin embargo esta en serio peligro. A lo largo de 8 anos se ha estado pescando durante los meses de invierno y primavera, cuando la sardina se acerca a la costa a desovar. La epoca de mayor pesca coincide con la de mayor madurez de las hembras de sardina Monterrey, es decir que la sardina capturada en los meses de temporada esta en plena epoca de desove (Lopez, 1978). Esto se refleja en la reduccion de las 'arribazones' que cada vez se presentan mas al norte, y en la talla predominante de las capturas, que es inusualmente pequena. La pesca de sardina Monterrey en las epocas de invierno esta vulnerando directamente la capacidad de la poblacion para reproducirse, y es posible que ya se haya cruzado el umbral mas alla del cual se destruye el potencial reproductivo de la especie (Lozano, 1978). Es obvio que se esta en peligro de acabar con un recurso sobre el cual no se sabe casi nada, debido a la explotacion irracional. La informacion ecologica que se tiene en el presente es insuficiente, y lo sera por un buen numero de anos, para el debido manejo de esta y otras pesquerias pelagicas.

El potencial de trabajos como esta tesis es grande ya que se proporcionan registros a largo plazo que permite observar las variaciones en calidad y cantidad de las poblaciones de peces pelagicos.

La formulacion de los problemas puede hacerse como sigue:

- 1) Existen preservados en los sedimentos del Golfo de

California evidencias de los peces pelagicos, principalmente en forma de restos que pueden ser utilizados para obtener informacion paleoecologica.

2) Es esta informacion significativa y relevante en el sentido de que se esta reflejando cambios que sufren las comunidades de peces a traves del tiempo.

El objetivo inmediato de la tesis es la obtencion de los antecedentes necesarios para un estudio paleoecologico mas detallado basado en las variaciones estratigraficas de restos ictiologicos contenidos en el sedimento.

El fin ultimo de este tipo de trabajos es poder descifrar las variaciones a corto y largo plazo que sufren las poblaciones de peces pelagicos, principalmente las de importancia comercial y contribuir de alguna manera en el manejo debido de las pesquerias.

1.2 ANTECEDENTES Y RESULTADOS PREVIOS

Los resultados iniciales del Proyecto de Perforacion en Mar Profundo (Deep Sea Drilling Project) indican que muchos sedimentos no contienen mas microfosiles que algunos remanentes ictiologicos. Estos remanentes se encuentran principalmente en forma de dientes o estructuras denticulares (Helms y Riedel, 1971) sin aun haberse determinado la naturaleza de los peces que los produjeron. Algunos factores dificultan el estudio, como la probabilidad de que un mismo pez produjera varios tipos de estructuras esqueleticas o que la abrasion y corrosion afecte diferencialmente a las distintas remanentes (Doyle y otros 1974). Sin embargo, se han empleado estos 'ictiolitos' (Edgerton y otros 1977) como indicadores bio-estratigraficos donde otros microfosiles han sufrido disolucion en los sedimentos pelagicos. Estas escamas placoideas y pequenos dientes estan presentes en casi todos los sedimentos pelagicos. Por lo tanto estos fragmentos ofrecen la unica base posible (excepto el uso de esporas y polen) para la interpretacion bio-estratigrafica de sedimentos pelagicos que no presentan otros microfosiles (Helms y Riedel, 1971).

La alta productividad primaria en las zonas de surgencia conduce a una alta produccion de peces. Sus restos -otolitos, escamas y huesos- se encuentran en sedimentos bajo estas regiones en mayor cantidad que en regiones no influenciadas por surgencias (Diester-Haass, 1978). Frankenberg y Menzies (1968) describen sedimentos procedentes de la zona de surgencias del Peru, conteniendo principalmente huesos de peces y escamas, y se han reportado restos ictiologicos en las zonas de surgencia de la costa oeste de Africa (Diester-Haass, 1978; Koopman y otros, 1978).

El estudio detallado de la variacion temporal de algunos peces pelagicos de la corriente de California ha sido efectuado por Soutar (1967) y Soutar e Isaacs (1969, 1974). Sus resultados mas importantes indican que la comparacion directa entre la abundancia de escamas depositadas en los sedimentos de la Cuenca de Santa Barbara con estimaciones de abundancia de la sardina del Pacifico y la anchoveta del norte indica que existe una relacion directa, y que se puede

emplear esta relacion para interpretar el registro sedimentario en periodos pre-historicos. La abundancia excepcional de sardina en la decada de 1930, visto bajo esta perspectiva parece moderado. Biomazas aun mayores se presentaron entre 1855 y 1865 como lo sugiere el registro sedimentario. La ausencia actual de esta especie se puede considerar como una circunstancia natural. En contraste con la sardina, la anchoveta ha presentado una densidad similar en los ultimos dos siglos, sugiriendo que esta especie esta regionalmente adaptada, y el reciente incremento en la poblacion de anchovetas puede ser simplemente un regreso a condiciones mas productivas.

A pesar de que el principio de Uniformitarismo dice que 'El presente es una llave al pasado', se han efectuado relativamente pocos trabajos sobre procesos paleontologicos actuales. Se tienen pocos datos sobre la Actuopaleontologia de los peces. Se conoce imperfectamente los cambios que sufren los organismos entre su muerte y depositacion, y entre esta y su posterior hallazgo.

Schaefer(1972) resume el conocimiento que se tiene sobre los cambios taxonomicos que sufren muchos organismos. Segun este autor, despues de la muerte y desintegracion de un pez, las partes individuales del esqueleto son transportadas y depositadas individualmente. Solo ciertas partes del esqueleto resisten la destruccion y se encuentran mas frecuentemente en los sedimentos marinos. Otolitos, dientes, escamas, vertebras y espinas son los restos mas comunes.

Los otolitos forman parte del sistema de equilibrio en los peces, y yacen en cada uno de los dos laberintos del organismo. Existen tres en cada laberinto. Estas estructuras son las ultimas partes del pez muerto que se liberan, debido a que el laberinto esta envuelto por un neocraneo oseos. Esta parte del craneo permanece intacto mucho tiempo(Schaefer, 1972) En los peces oseos los otolitos son estructuras calcareas que muestran zonas de crecimiento (anillos anuales) y en los peces cartilaginosos son pequenos, numerosos y difusos (Lagler, y otros 1977). Los otolitos consisten de una matriz de colageno con intercalaciones de carbonato de calcio, y con una serie de zonas de crecimiento, cuyas diferencias son ocasionadas por variaciones en la intensidad metabolica debidos a cambios estacionales de temperatura (Kandler, 1972). Estas estructuras son importantes en biologia pesquera porque indican el crecimiento de un pez en zonas y sirven para propósitos taxonomicos.

La estructura esquelética de los peces está organizada en rasgos externos e internos, ambos con partes duras y blandas. La piel de los peces está compuesta de dos capas. La externa es la epidermis y la interna es la dermis que juega el papel principal en la formación de escamas y estructuras integumentarias. Aunque existen solo varios tipos estructurales básicos, las escamas exhiben muchas modificaciones que son características de grupos o especies. Las escamas también son útiles en interpretaciones autecológicas ya que se puede determinar la edad por los anillos de crecimiento. Además, al conocer la relación entre el crecimiento de la escama y el crecimiento corporal podemos inferir la longitud del pez para años previos (Lagler y otros, 1977). Las escamas de los peces son esencialmente una mezcla de apatita microcristalina dentro de una matriz proteínica (Wallin, 1957, en Soutar e Isaacs, 1974), lo que presenta un potencial para su degradación.

El esqueleto axial interno de los peces está compuesto del cráneo, la columna vertebral, las costillas y los huesos intermusculares. La columna vertebral está compuesta por segmentos o vértebras que se presentan de manera general en igual número que los segmentos corporales. Aunque en cualquier especie estas vértebras son similares, presentan modificaciones de acuerdo a la región corporal en que se presentan. En la región anterior, una o dos vértebras se modifican para unir el cráneo con la columna. A lo largo del tronco, las vértebras presentan extensiones laterales (costillas). En la cola, bajo cada centrum (región central o cuerpo de la vértebra) existe un arco que encaja parcialmente los principales vasos sanguíneos axiales (Lagler y otros, 1977). Las vértebras completamente calcificadas de los peces teleosteos son lo suficientemente fuertes para soportar transportes repetidos y conservarse como fósiles en algunos sedimentos (Schaefer, 1972).

1.3 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es una depresion alargada que se ubica en el noroeste de Mexico, y desde la region central comunica con el Oceano Pacifico.

El Golfo se extiende aproximadamente 1400 km entre la latitudes 23 y 32 norte y tiene una anchura aproximada de 150 km. Hacia el sureste lo rodean dos provincias de tierras bajas, el desierto de Sonora y un llano aluvial conocido como la planicie costera del Pacifico. Ambas consisten principalmente de aluvion con algunas intrusiones de roca volcanica (Allison, 1964). La estructura geologica de estas dos provincias es mucho menos compleja en comparacion con la costa oeste, que presenta muchas fallas relacionadas con la formacion del Golfo (Rusnak y Fischer, 1964).

A continuacion, se describen brevemente los aspectos fisicos, quimicos, geologicos y biologicos principales del Golfo.

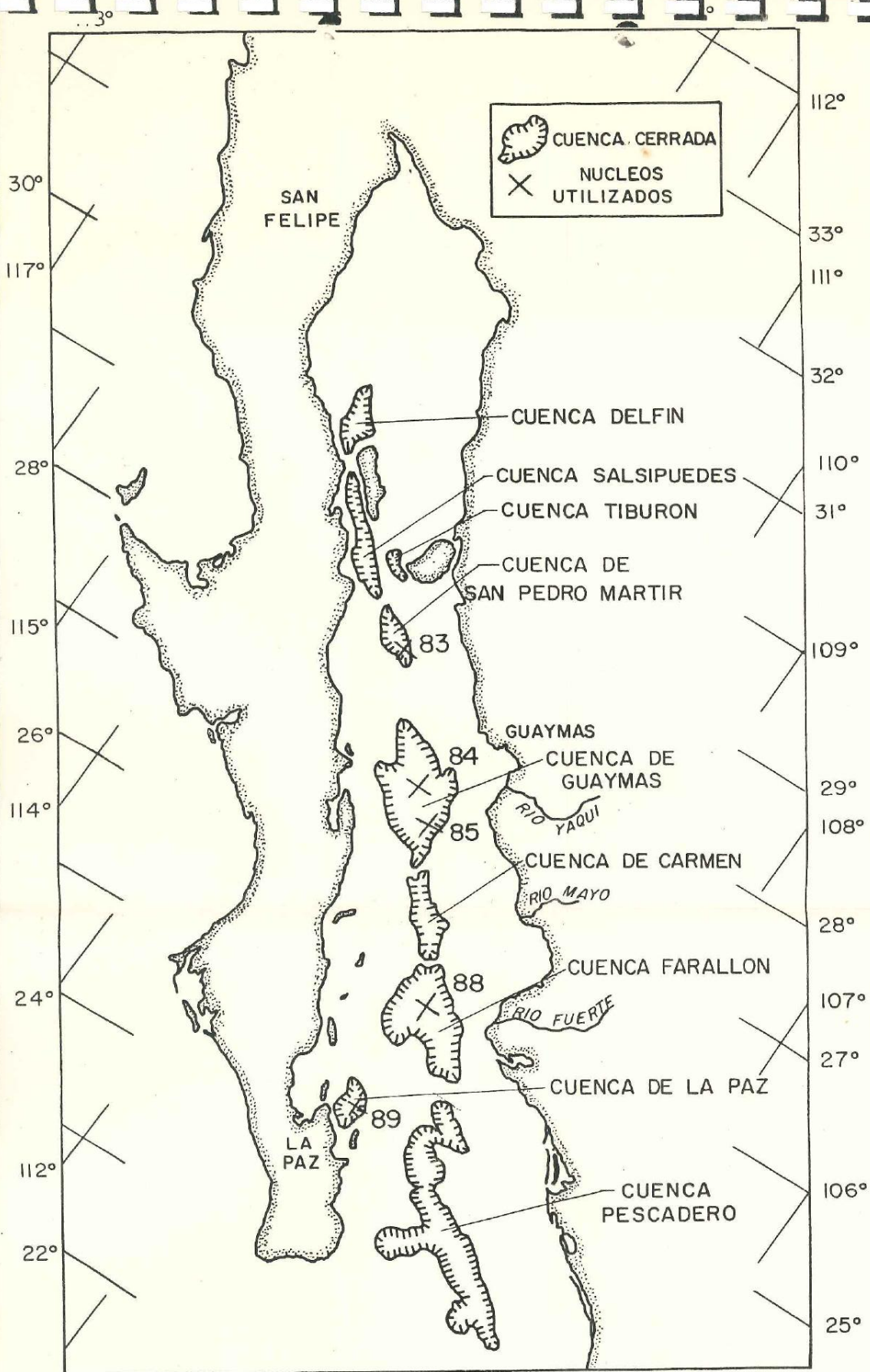


FIG. 1.-LOCALIZACION DE LOS NUCLEOS Y LAS CUENCAS PRINCIPALES DEL GOLFO (Modificado de VAN ANDEL 1964)

1.3.1 Meteorología y oceanografía

La cadena casi continua de montañas en la Península de Baja California reduce grandemente el efecto moderador del Océano Pacífico sobre el Golfo y es causa de que su clima sea más continental que oceánico (Roden, 1964).

La mitad norte del Golfo es seca, de clima desértico, con precipitaciones anuales de menos de 10 cm. En la porción sureste, la lluvia a lo largo de la costa es de aproximadamente 100 cm/año, hasta 500 cm/año en Mazatlán. Las variaciones anuales en precipitación son grandes, y en el lado oriental llueve más que en el occidental.

Los vientos en el Golfo son muy variables. Cerca de la costa el sistema de brisas domina; pero hacia el interior del Golfo, los vientos del Noroeste predominan de Noviembre a Mayo y los del sureste durante el resto del año. Este sistema de vientos está asociado a la migración del centro de baja presión localizado sobre el oeste de México (Roden, 1958). El comienzo de la estación de lluvias está asociado con la aparición de los vientos del sureste, que acarrean aire húmedo hacia adentro del Golfo. Los huracanes que se originan sobre el mar, al sureste de México o Centroamérica avanzan hacia el noroeste y son comunes en el Golfo durante los meses de Septiembre y Octubre (Roden, 1964).

En las costas de Sonora y Sinaloa, la estación seca tiene lugar en primavera y las lluvias torrenciales en verano. Más del 70% de la precipitación anual se registra en Julio, Agosto y Septiembre. Durante este tiempo, un porcentaje comparable de escurrimiento llega a la parte central del Golfo por medio de los ríos Yaqui, Fuerte y Mayo.

La oceanografía del Golfo ha sido poco estudiado en comparación con otras zonas del mundo, y los resultados principales han sido resumidos por Roden (1958, 1964); Roden y Grove (1959), y recientemente por Álvarez -Borrego (en prensa). La mayoría de los estudios sobre circulación han sido hechos en la boca del Golfo (Álvarez-Sánchez, 1978). En esta zona, por encima de los 200 m existe una mezcla de la Corriente de California y aguas del Pacífico

Tropical Este, y se pueden identificar tres masas de agua en esta zona. Se ha observado que la Corriente de California penetra hacia el Golfo, y su influencia depende de la estacion y el ano de observacion. Esta masa de agua es fria y de bajas salinidades ($< 22^{\circ}\text{C}$, < 34.6 ppm). Una segunda masa de agua, denominada Ecuatorial ($> 25^{\circ}\text{C}$ y $34.6-34.9$ ppm) sufre evaporacion durante su recorrido desde los tropicos y penetra por la boca del Golfo cambiando su influencia anualmente. La tercera masa de agua observada es denominada del Golfo. Tiene su fuente probablemente al Norte de los 25°N de latitud, y esta formada por la evaporacion del agua Ecuatorial. Esta agua sale del Golfo a lo largo de la costa ese en los meses de Primavera como un nucleo de agua salina (> 34.9 ppm). En el Golfo Central, al norte de latitud 25° , el agua observada bajo la termoclina es del Golfo (Roden y Grove, 1959).

Al sur de las grandes islas, Angel del la guarda y Tiburon, las masas de agua bajo la temoclina son las mismas que las que se encuentran bajo el Pacifico tropical (Alvarez-Borrego, en prensa). El agua subsuperficial subtropical definido por Wyrтки (1967) se extiende desde la base de la termoclina hasta los 400 m aproximadamente, provocando un maximo subsuperficial de salinidad (34.8 ppm). El agua intermedia del Antartico, identificado por un minimo profundo de salinidad (34.5 ppm) se encuentra entre 400 y 1200m. Debajo de esta profundidad, se incrementa la salinidad a 34.7 ppm indicando la presencia de agua profunda del Pacifico (Alvarez-Borrego, ibid).

De manera muy general, el agua del Golfo puede dividirse verticalmente en una capa superficial (20 a 40 m de profundidad) donde la distribucion de propiedades hidrologicas es bastante uniforme debido a la mezcla por vientos. Entre los 50 y los 150 m, variando estacionalmente, se presenta una capa donde la temperatura, salinidad y contenido de oxigeno disuelto decrece rapidamente. Existe una capa profunda, entre la termoclina y el fondo, donde las condiciones permanecen mas o menos constantes de una estacion a otra (Roden, 1958).

La circulacion superficial esta relacionada con los vientos regionales que soplan del noroeste en invierno y primavera y cambian de direccion durante los meses de verano (Roden, 1964). El transporte de agua resultante produce surgencias en ambas costas del Golfo. De aproximadamente noviembre hasta abril, los vientos del noroeste causan afloramiento de aguas en la costa este, los vientos del sureste (Agosto hasta Octubre) ocasionan

surgencias en la costa oeste.

El afloramiento de aguas subsuperficiales al renovar estacionalmente los nutrientes causa una alta productividad. La concentracion de diatomeas en estos meses alcanza los valores de las zonas mas fertiles del Pacifico tropical este (Owen y Zeitchel, 1970). El reemplazo continuo de nutrientes y de silice en especial, causa la elevadas producciones de fitoplancton en los meses de surgencias. Esta biomasa es el inicio de una piramide trofica que sostiene las pesquerias pelagicas del Golfo, que alcanzan las 30 mil ton anuales.

En la mayoria de los lugares, el oxigeno disuelto en las aguas superficiales varia entre 4 y 6 ml/L, pero en algunos lugares alcanza concentraciones de 9 ml/L, causado por una intensa actividad fotosintetica del fitoplancton. Debajo de los 30 m la concentracion de oxigeno disminuye, alcanzando un minimo de menos de 0.1 ml/L entre los 150 y 900 m. A mayor profundidad el oxigeno aumenta otra vez sus valores hasta 2 ml/L. Al norte de Isla Tiburon, este minimo no se presenta, debido principalmente al hundimiento de agua superficial con alto contenido de oxigeno. Los valores bajos de oxigeno disuelto se deben a perdidas por la respiracion de materia organica, que cae en grandes cantidades a traves de la columna de agua (Byrne y Emery, 1960).

1.3.2 Batimetria y sedimentologia

De acuerdo a la morfologia del fondo, el Golfo puede dividirse en tres regiones. La parte norte, comprendida entre la desembocadura del Rio Colorado y las islas de Tiburon y Angel de la guarda, no exhibe fallas tan marcadas porque el basamento ha sido enmascarada por sedimentos con mas de 6 500 m de grosor (Phillips, 1964). El fondo desciende suavemente hacia el sureste.

La plataforma continental es angosta alrededor de las islas y en la mayor parte del lado peninsular del Golfo tiene un promedio de 5 km. Esta plataforma esta bien desarrollada a lo largo de la costa este, con una anchura promedio de 30 km (Byrne y Emery, 1960).

En las porciones central y sur, se reconocen cuatro cuencas mayores sub- paralelas al eje del Golfo. De norte a sur, estas son: Guaymas, Carmen, Farallon y Pescadero (fig. 1). Estas cuencas parcialmente encerradas van aumentando de profundidad desde 900 metros al sur de Isla Tiburon hasta 3600 metros en la entrada del Golfo. La forma de estas cuencas varia desde depresiones amplias con pendientes suaves (Guaymas y Carmen) hasta cuencas estrechas y de pendiente abrupta (Pescadero y Farallon).

La distribucion y características de los sedimentos recientes del Golfo de California fueron estudiados ampliamente por Byrne y Emery (1960) y por Van Andel (1964). Sus resultados mas importantes indican que en la parte norte del Golfo, el fondo esta cubierto principalmente por sedimentos del Rio Colorado. Esta parte presenta principalmente sedimentos arenosos. Las arenas y gravas, compuestas de restos terrigenos se presentan tambien en los canales entre las islas, donde las corrientes de marea son fuertes. En la parte central y sur del Golfo, hay arena solamente a lo largo de la costa, y la fuente de sedimentos terrigenos es lateral con la dispersion de estos esencialmente perpendicular al eje de las cuencas.

Los componentes biogenicos consisten principalmente de carbonato de calcio, silice y materia organica y su distribucion en los fondos depende de la productividad en las aguas adyacentes. Existen arcillas altamente calcareas a

lo largo de la costa oeste desde la cuenca de Salsipuedes hasta Cabo San Lucas. En la costa este están más localizadas y restringidas a áreas donde la depositación terrígena es más lenta. Estos fondos están compuestos por foraminíferos principalmente. Muchos sedimentos del Golfo, particularmente en las porciones centrales y sur, contienen grandes cantidades de radiolarios y diatomeas. La cantidad de opalo biogénico contenido en la porción mayor de 0.03 mm es 10 a 30 veces menor que la contenida en la porción menor, debido aparentemente a que la mayoría del opalo está en forma de diminutas diatomeas (Van Andel, 1964). En la pendiente este la distribución es más irregular, debido a la dilución con material terrígeno. Al sur de los 26 grados norte, el sílice está presente principalmente en forma de radiolarios, y al norte de este paralelo los fondos son predominantemente diatomáceos. El porcentaje de radiolarios es menor dentro del Golfo que en el Océano Pacífico. Los sedimentos del Golfo de California derivan de varias fuentes. En la parte central, el opalo biogénico que viene del plancton forma probablemente más del 50% de los sedimentos. El carbonato biogénico contribuye del 10 al 40 % de los depósitos a lo largo de la costa oeste. En las otras regiones el sedimento es predominantemente terrígeno. Las mayores velocidades de sedimentación tienen lugar en la Cuenca de Guaymas, y en la región norte-central, donde una alta producción de diatomeas se combina con un gran aporte sedimentario del Río Yaqui.

La zona con una concentración mínima de oxígeno y que se presenta a profundidades intermedias en las aguas del Pacífico tropical este penetran dentro del Golfo de California y es en parte responsable de la formación y preservación de sedimentos laminados en las pendientes del fondo. El sedimento entra en contacto con las aguas escasas de oxígeno aproximadamente entre los 300 y los 1300 m. La fauna bentónica empobrece marcadamente en esta zona (Calvert, 1964), y los efectos de mezcla por bioturbación se minimizan. Por tal razón los materiales que llegan al fondo se depositan de manera integral y secuencial.

La existencia de esta capa de agua y de diferencias estacionales en la meteorología regional y local controlan principalmente la depositación y preservación de estructuras sedimentarias primarias no perturbadas, que se presentan en forma de laminaciones. Aunque las diferencias composicionales entre las diferentes láminas dependen de las alteraciones estacionales en condiciones oceanográficas y climáticas (Byrne y Emery, 1960, Calvert

1966b), el proceso de la formacion de laminas no es uniforme ni en el tiempo ni en el espacio.

El caracter estacional de los eventos climaticos producen respuestas en la masa de agua, que controlan la sedimentacion de las particulas biogenicas y terrigenas, registrando asi eventos climaticos y oceanograficos.

1.3.3 Peces del Golfo de California

El Golfo de California se caracteriza por condiciones ambientales extremas, aunado a una gran productividad primaria, lo que influye grandemente en la presencia y distribucion de los organismos que viven en el. Existen varios trabajos descriptivos sobre los peces del Golfo (Thomson y McKibbin, 1976; y Sec. de I. y Comercio, 1976). Tambien se ha efectuado investigacion principalmente sobre la pesca acompanante del camaron (Ruiz y otros 1970). Aunque la fauna ictiologica del Golfo es claramente parte de la region faunistica del Pacifico Tropical este o 'Fauna Panamica', posee peculiaridades y elementos distintivos que la caracterizan. Walker (1960) registra 586 especies de peces en el Golfo. De estas, 60 son formas de agua profunda, y las restantes estan limitadas a la plataforma continental. Casi las 3/4 partes de estos peces costeros son especies tropicales o subtropicales con sus distribuciones principales al sur. Aproximadamente 50 especies (10% del total) tienen su distribucion al norte del Golfo y pertenecen a la fauna del sur de California. Las 92 especies restantes (17% del total) son endemicos. En contraste con el resto de la Fauna Panamica, Walker (1960) ha notado que existe un numero alto de especies costeras rocosas, una representacion pobre de especies de fondo lodoso y un alto porcentaje de especies endemicas. Aunque estas ultimas son numerosas en el Golfo, solo existen 4 generos endemicos lo que indica que la fauna se ha desarrollado en tiempos relativamente recientes. Los estudios sobre peces pelagicos incluyen los resultados publicados por Lavenberg y Fitch (1966), y posteriormente los de Brewer (1973). Esencialmente encontraron que como en otras zonas del mundo, la familia Myctophidae fue la dominante (94% y 80% de la captura total, respectivamente para cada autor). La mayoria de las especies pelagicas estan restringidas a la porcion sur del Golfo.

Los datos sobre larvas indican que dos especies pelagicas, *Scomber japonicus* y *Sardinops sagax caeruleus*, son abundantes en el Golfo. Estas especies tienen distribuciones latitudinales considerablemente amplias fuera del Golfo y estan bien adaptadas para tolerar los

cambios extremos anuales de temperatura. El genero *Ophistonema* se concentra principalmente en la parte norte

del Golfo y parece que es de entre los peces pelagicos el genero mas abundantes (Moser y otros, 1974).

A partir de 1967, debido a la disminucion en las pesquerias de sardina en la costa oeste de California y Baja California, la flota pesquera de Ensenada se traslado al Golfo de California para pescar sardina en invierno. La captura esta compuesta en su mayoria por dos especies: la sardina Monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) y la sardina crinuda (*Ophistonema libertate*). Parece ser que la primera forma parte de una subpoblacion que pasa su vida en el Golfo y se encuentra en concentraciones maximas durante invierno en el area adyacente a Guaymas (Sokolov y Wong, 1972). Basado en la concentracion de larvas, la parte madura de esta subpoblacion se ha estimado en 200-250 x10 ton (Sokolov y Wong, 1973; De la Campa y otros, 1976). Actualmente, en la temporada de pesca (Octubre a Mayo) la captura de sardina Monterrey sobrepasa las 60 000 ton metricas, que representa una cantidad no alcanzada por la pesqueria del noroeste en su conjunto. La captura de sardina crinuda en la temporada 1972/73 alcanzo 31 ton metricas (Pedrin y Ancheita, 1976). La pesca de macarela, sardina bocona y japonesa (*Scomber japonicus*, *Etrumeus teres* y *Cetengraulis mysticetus* respectivamente) forman solo una reducida porcion de la captura total de las flotas pesqueras. Su captura nacional anual en promedio solo alcanza 3000 ton. La disponibilidad de estas especies es desconocida en el Golfo de California. Se han reportado poblaciones de merluza principalmente a lo largo de la costa este hasta Guaymas, y al norte de Isla Tiburon. Su abundancia se estima en 28x10 ton (Mathews y otros, 1974). Otras especies de potencial importancia economica que han sido reportados por otros autores (Moser y otros, 1974) en aguas del Golfo de California incluyen a la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*) y la macarela bala (*Auxis rochei*). Thomson y McKibbin (1976) reportan tambien la presencia de anchoveta del Golfo (*Anchoa helleri*), macarela espanola (*Scomberomorus concolor*) y pez sierra (*S. sierra*).

Las estadisticas indican que las pesquerias en el Golfo han tenido un fuerte crecimiento en un periodo muy corto, ya que en menos de seis anos se ha rebasado las 60 mil ton, mientras que en la costa oeste del Pacifico en un periodo de 30 anos, apenas se llego a 30 mil toneladas metricas (Pedrin y Ancheita, 1976). La actividad pesquera nacional centra su atencion en un numero relativamente pequeno de especies que se explotan de manera desigual. Algunas especies sufren sobreexplotacion, y en unas regiones se aprovechan menos que en otras.

2 MATERIALES Y METODOS

Los instrumentos oceanograficos usados para obtener muestras del fondo son generalmente de tres tipos: dragas, tenazas o nucleadores. Estos ultimos son esencialmente tubos largos que son clavados en el fondo por su propio momento (Sverdrup y otros, 1942)

Las muestras usadas en este trabajo fueron tomadas durante Octubre de 1974 a bordo del barco oceanografico R/V ALEXANDER AGASSIZ (crucero 7410-G), de la Universidad de California. En cada estacion se anotaron las condiciones meteorologicas, la profundidad y las características generales del nucleo, como color, estratigrafia, y localizacion geografica, asi como cualquier aspecto especial.

2.1 METODOS DE CAMPO

Los sedimentos empleados en este trabajo fueron recolectados con un nucleador de caja especial (fig. 2), diseñado por A. Soutar, del Instituto oceanografico Scripps, para un adecuado escape del agua desplazado por el sedimento durante la penetracion del muestreador, que distorsiona o elimina el material relativamente blando de las capas superficiales donde se utilizan nucleadores de gravedad. Este tipo de nucleadores tienen varias ventajas (Hagerty, 1974), entre ellas:

1) Se produce poca perturbacion de los sedimentos. Las paredes delgadas y la gran area superficial del nucleador limita el efecto friccional. No se perturba la interfase sedimento-agua y no tiene lugar una compresion notable en la longitud del nucleo.

2) El gran volumen y area superficial tiene varios beneficios. Se pueden obtener varias submuestras de una profundidad especifica y se tiene una gran cantidad de material para trabajar.

3) Se puede inspeccionar visualmente el sedimento sin perturbarlo, sacando la tapa antes de seleccionar las submuestras.

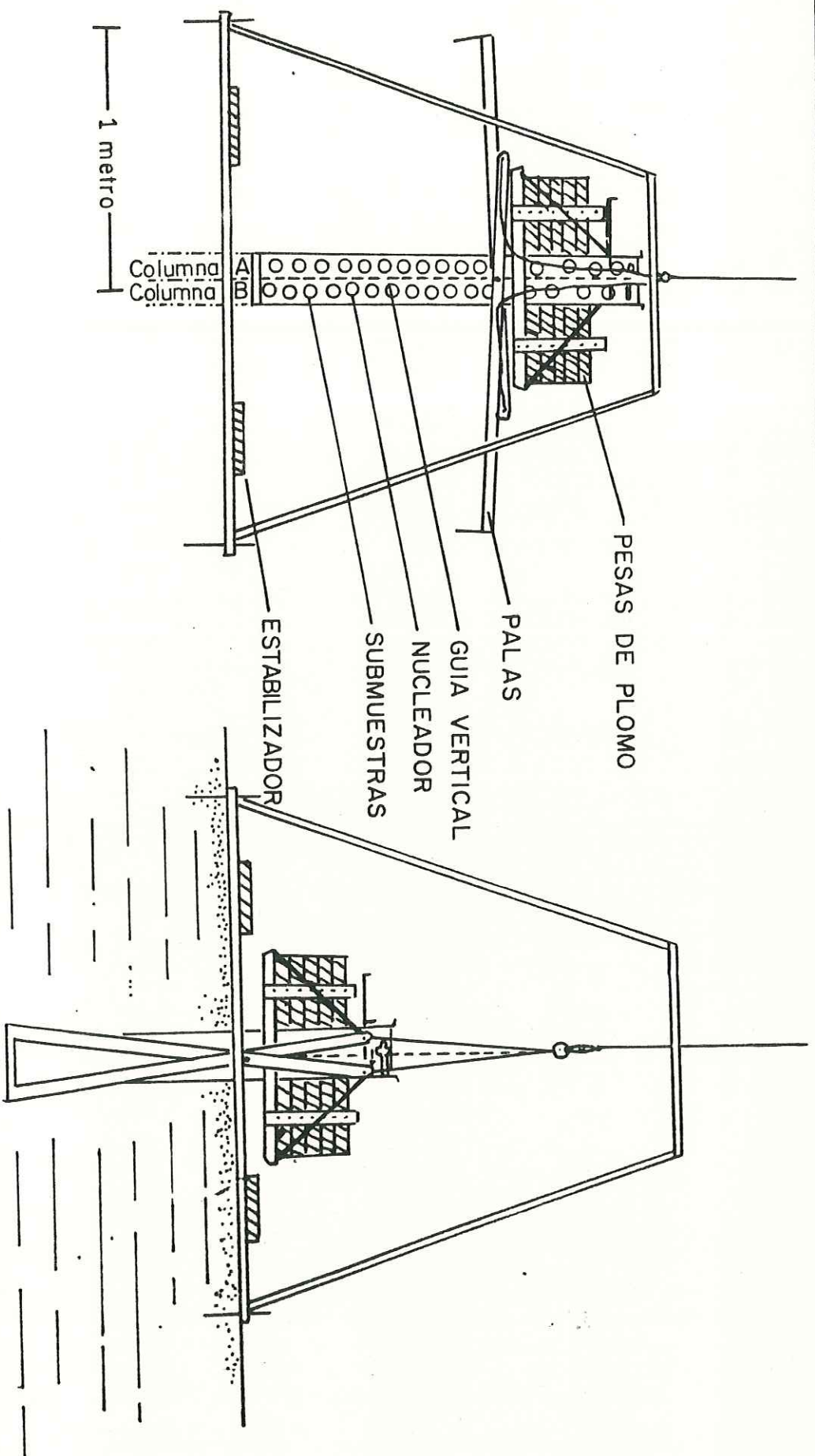


FIG. 2. - NUCLEADOR DE CAJA UTILIZADO (Modificado de BRULAND, 1974)

4)El nucleo provee una excelente muestra para estudios biologicos de la infauna y la epifauna.

5)Las estructuras sedimentarias se preservan muy bien.

Sin embargo, ningun nucleador es perfecto, y este no es la excepcion. Sus mayores desventajas son:

1)La longitud del nucleo es limitada (usualmente 1 m).

2)El nucleador es voluminoso de manejar en cubierta.

3)Ocurre a veces que se dispara prematuramente el cierre del nucleador, principalmente con mal tiempo.

Por falta de capacidad en el congelador de a bordo durante el crucero los nucleos utilizados en este trabajo fueron submuestreados a intervalos regulares de 3 cm por medio de jeringas modificadas (3 cm de diametro x 12 cm de longitud), y congelados inmediatamente para evitar la descomposicion del material organico contenido en ellas. De esta manera se obtuvieron dos columnas de submuestras para cada nucleo cuyos rangos de profundidad se traslapaban (vease fig.2). La ubicacion geografica de los nucleos utilizados en esta tesis se encuentran en la tabla 1, asi como otra informacion respecto a ellos. La localizacion grafica es encuentra en la fig. 1, junto con las principales cuencas del Golfo.

2.2 METODOS DE LABORATORIO

El procedimiento empleado para recobrar los distintos remanentes ictiologicos es basicamente el descrito por Soutar(1967):

1)Las submuestras obtenidas con las jeringas son descongeladas, y las piezas individuales se colocan en una solucion al 10% de peroxido de hidrogeno por aproximadamente media hora para desagregar el sedimento.

2)En seguida se tamiza en humedo a traves de mallas con aberturas desde 0.5 mm hasta 0.06 mm. Materiales tales como escamas, vertebras y otolitos son retenidos casi exclusivamente en la porcion gruesa (> de 0.5 mm).

3) Los distintos remanentes fueron recogidos manualmente montandose permanentemente en placas de vidrio con una resina artificial denominada PLEURAX (Hanna, 1949).

4) El conteo de los remanentes se hicieron sobre las placas de vidrio con un microscopio estereoscopico simple.

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIPCION GENERAL

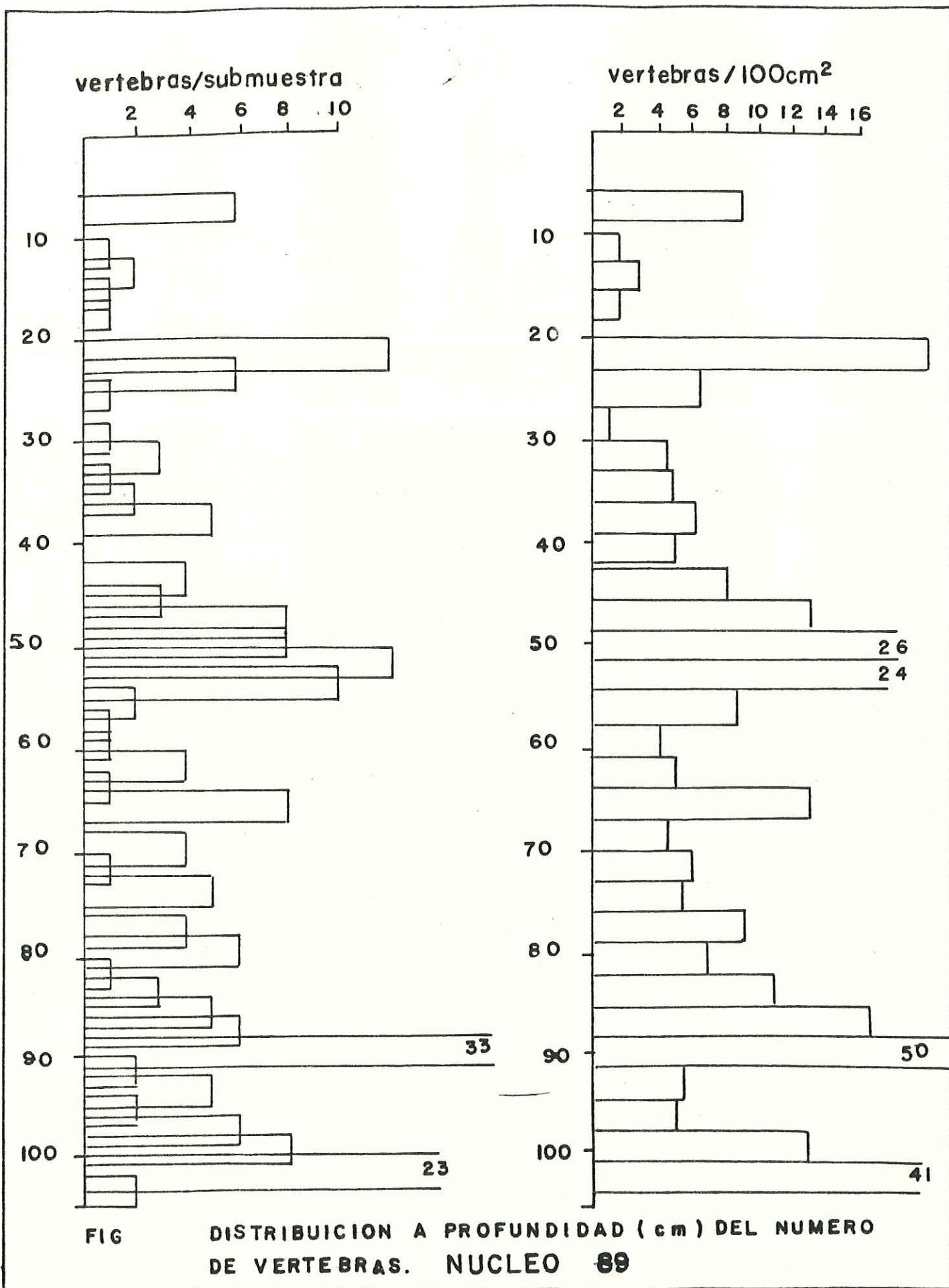
La informacion obtenida por el conteo de los restos fue graficada como el numero encontrado por submuestra contra la profundidad en cada nucleo. Se grafico juntas las dos columnas de submuestras en forma de histogramas contra la profundidad y se puede observar como sus distribuciones se traslapan. La longitud de cada barra es proporcional a la cantidad de los distintos remanentes encontrados (figs. a). Para facilitar la interpretacion de los resultados y su comparacion con otros estudios, se sumaron las barras traslapadas para intervalos estratigraficos de 3 cm. El numero de restos para cada intervalo fue transformado a un valor de acumulacion para un area de 100 cm . Por esto existen dos series de graficas para cada nucleo, una representando los datos brutos contra la profundidad y la otra los datos extrapolados. El analisis de estas graficas muestra lo siguiente:

- 1) La presencia de remanentes ictiologicos en todas las cuencas bajo estudio, principalmente vertebras.
- 2) Presencia escasa y discontinua de escamas en todos los nucleos, excepto en el nucleo 83.
- 3) Perturbacion biologica del sedimento por organismos bentonicos en todos los nucleos, excepto en el 83 indicada por particulas fecales.

Puesto que cada nucleo presenta características particulares, por haber sido recolectados en zonas diferentes, se describen a continuacion los resultados individuales con cada uno de ellos, procediendo luego a su analisis en conjunto.

3.1.1 Nucleo 7410-G-89

Este nucleo fue tomado a 742 m sobre la Cuenca de La Paz, que es una depresion y se ubica al sureste de la bahia de igual nombre. Con una longitud de 105 cm y de color cafe oscuro, el nucleo presentaba gran cantidad de tubos fecales



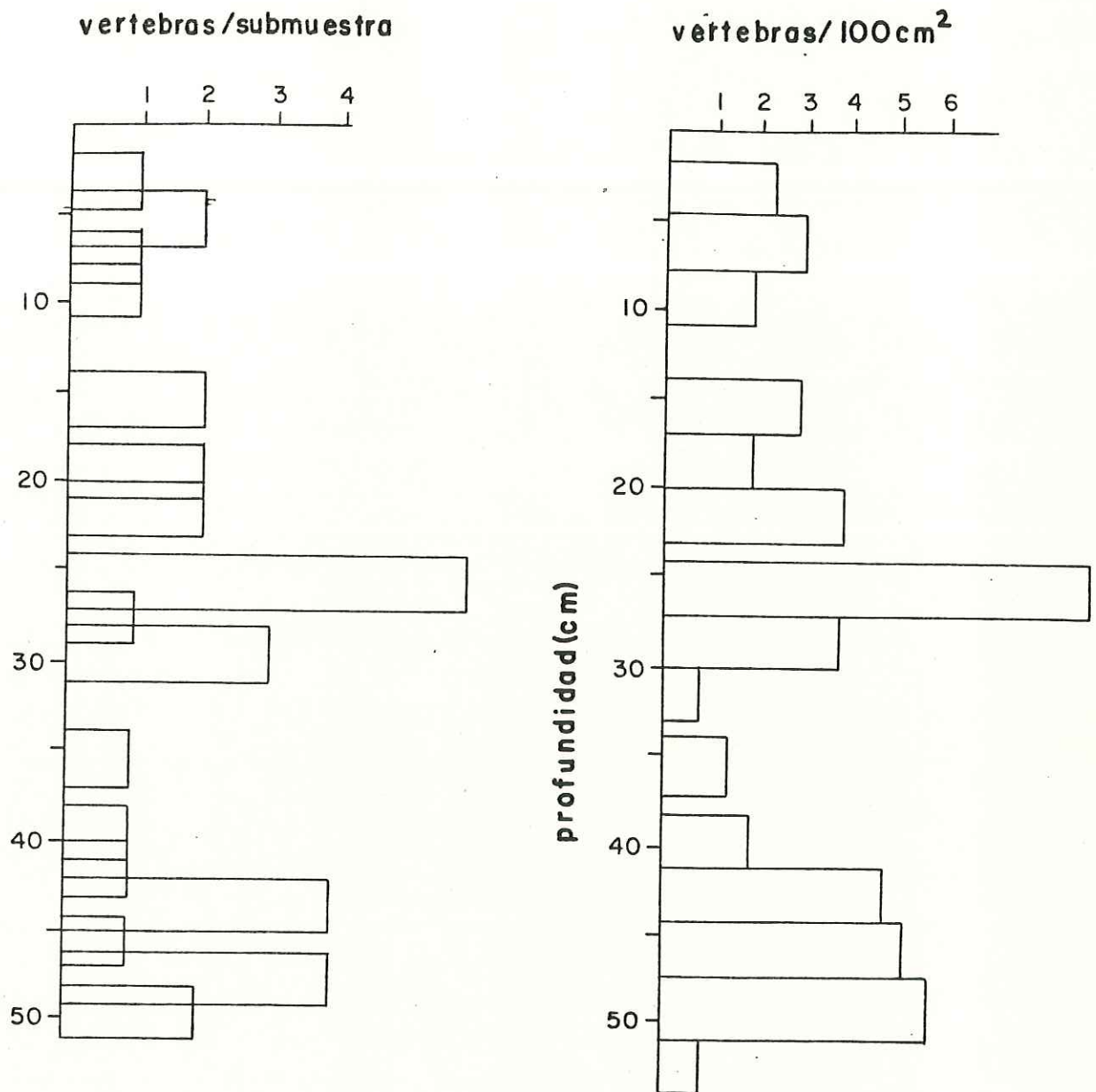


FIG. - Distribución a profundidad del número de vertebrae
NUCLEO 88

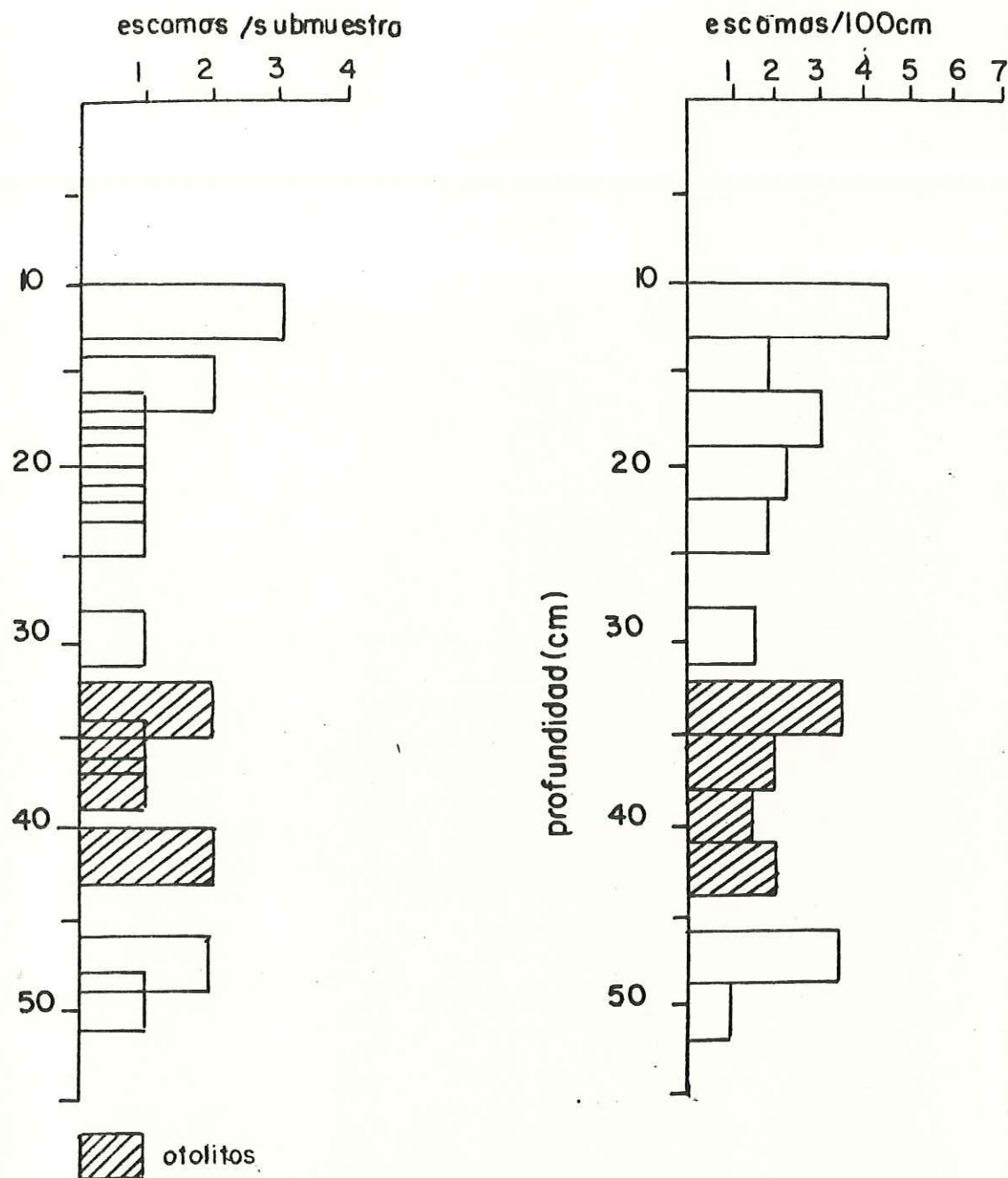


FIG Distribucion a profundidad del numero de escamas.
 NUCLEO 8 8

semivacios, con su cubierta organica. Se encontraron tambien algunos foraminiferos y radiolarios. La distribucion a profundidad de los restos encontrados se puede observar en las figuras 3 y 4. La secuencia para escamas (24 en total) y otolitos (14 en total) es discontinua y escasa, sugiriendo que son los restos mas faciles de ser afectados por los procesos oxidativos. La distribucion de las vertebras (235 en total) es continua y la cantidad hallada es grande, aunque no puede observarse un patron de depositacion ni ciclicidad aparente alguna. Se observan dos maximos marcados al final del nucleo (entre los 90 y los 105 cm).

3.1.2 Nucleo 7410-G-88

Este nucleo fue tomada en la planicie central de la cuenca Farallon, a 2124 m de profundidad. Esta cuenca se localiza en la parte sur del Golfo, cerca de la desembocadura del Rio Fuerte. Con 54 cm de longitud y color verdusco en la superficie, y color olivo a profundidad. La preservacion de la interfase fue buena, encontrandose un gusano en su madriguera sobre la superficie del sedimento.

La porcion gruesa (retenida por la malla de 0.5 mm) presenta particulas fecales ovoides y excrementos en forma de tubos alargados y con cubierta organica (similar a los encontrados en el nucleo 89). Las particulas ovoides al macerarse y observarse bajo un microscopio compuesto exhiben restos de diatomeas y material homogeneo no identificable. Se encontro un total de 13 escamas, 6 otolitos y 34 vertebras. La distribucion a profundidad de las escamas (Fig. 5) presenta un maximo en el intervalo 10-13 cm. Los otolitos encontrados se agrupan en el intervalo 32-39 cm, en este mismo intervalo no se encontraron escamas. Ambas secuencias se presentan discontinuas. La distribucion de las vertebras (fig. 6) presenta dos maximos: uno entre los 24 y 30 cm y otro entre los 41 y 51 cm.

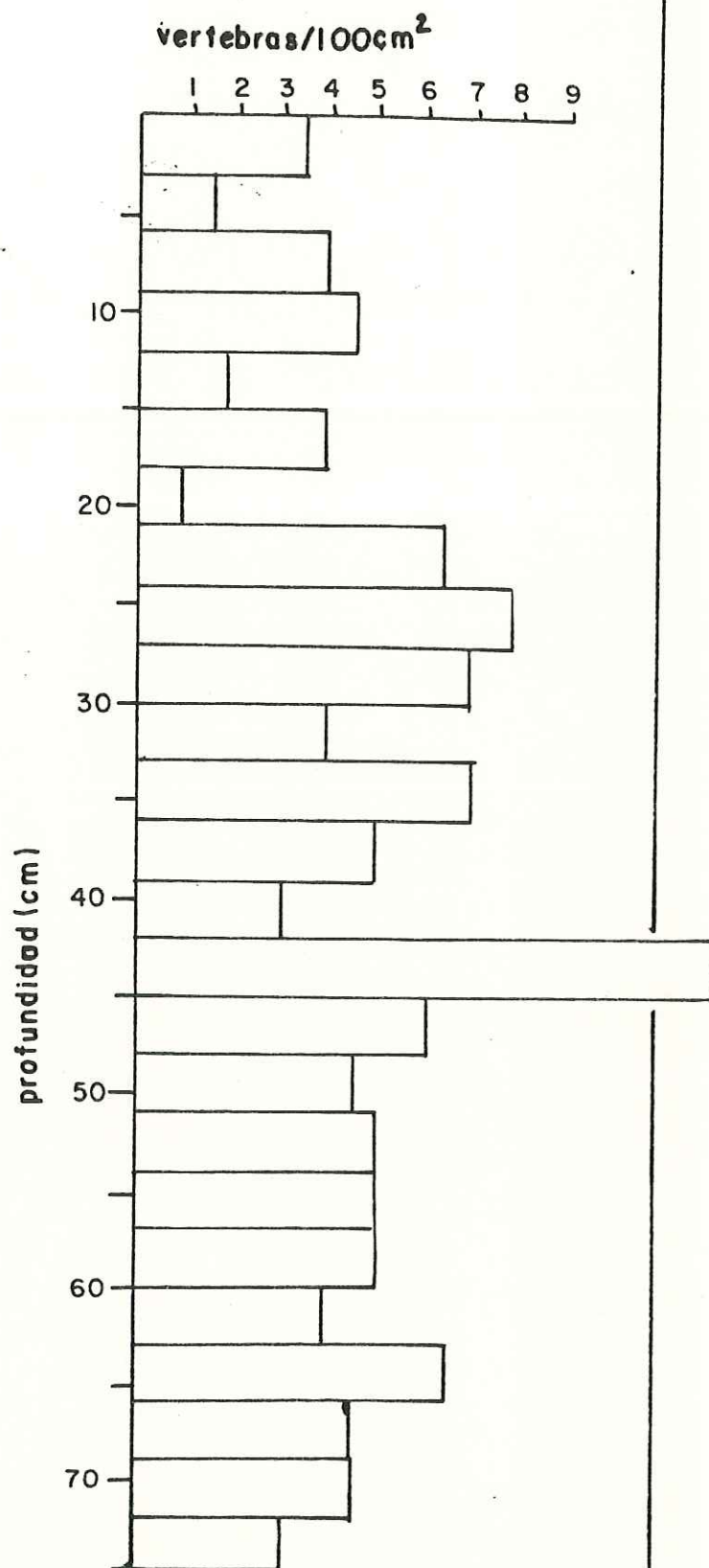
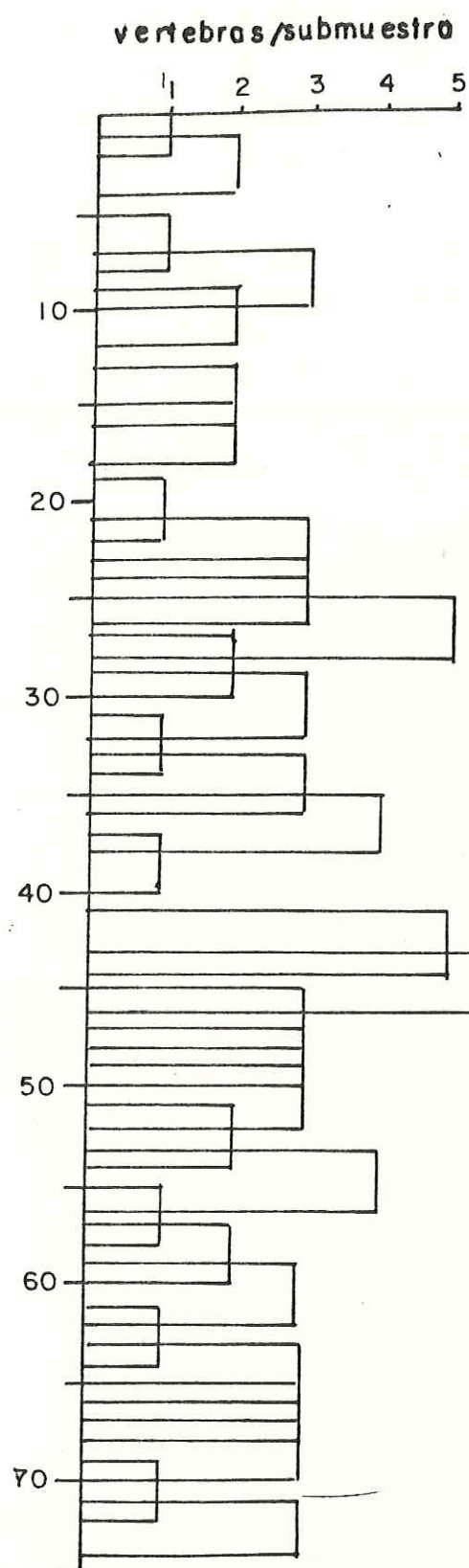
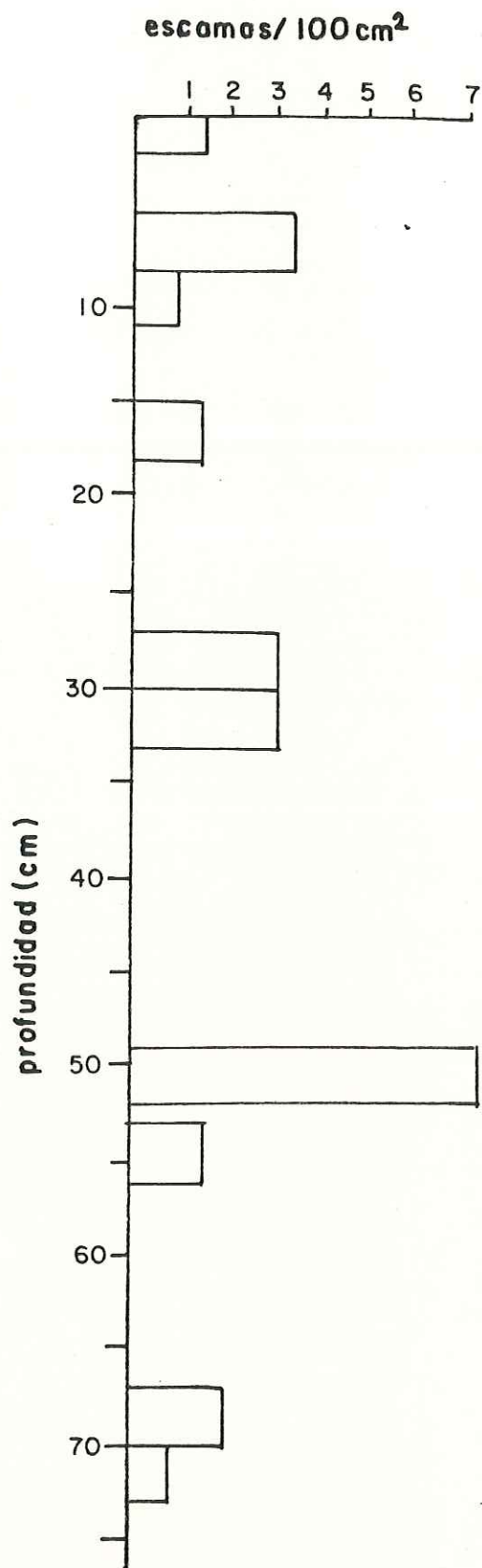
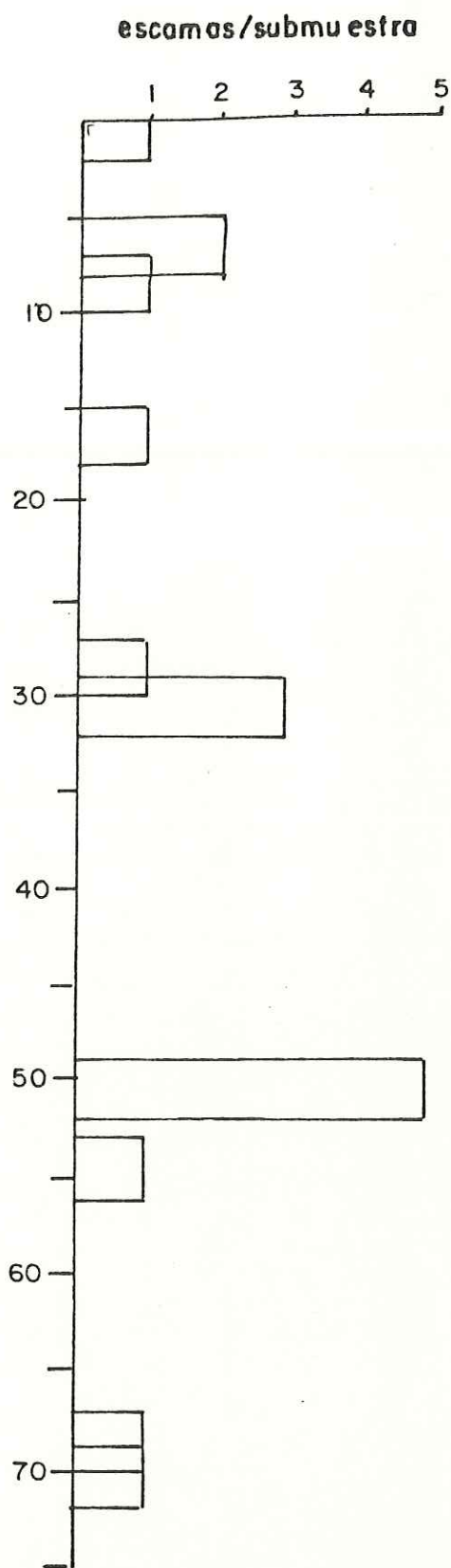


FIG. - Distribución a profundidad del número de vertebras.
 NUCLEO 85



NUCLEO 85

FIG. - Distribución a profundidad del número de escamas.

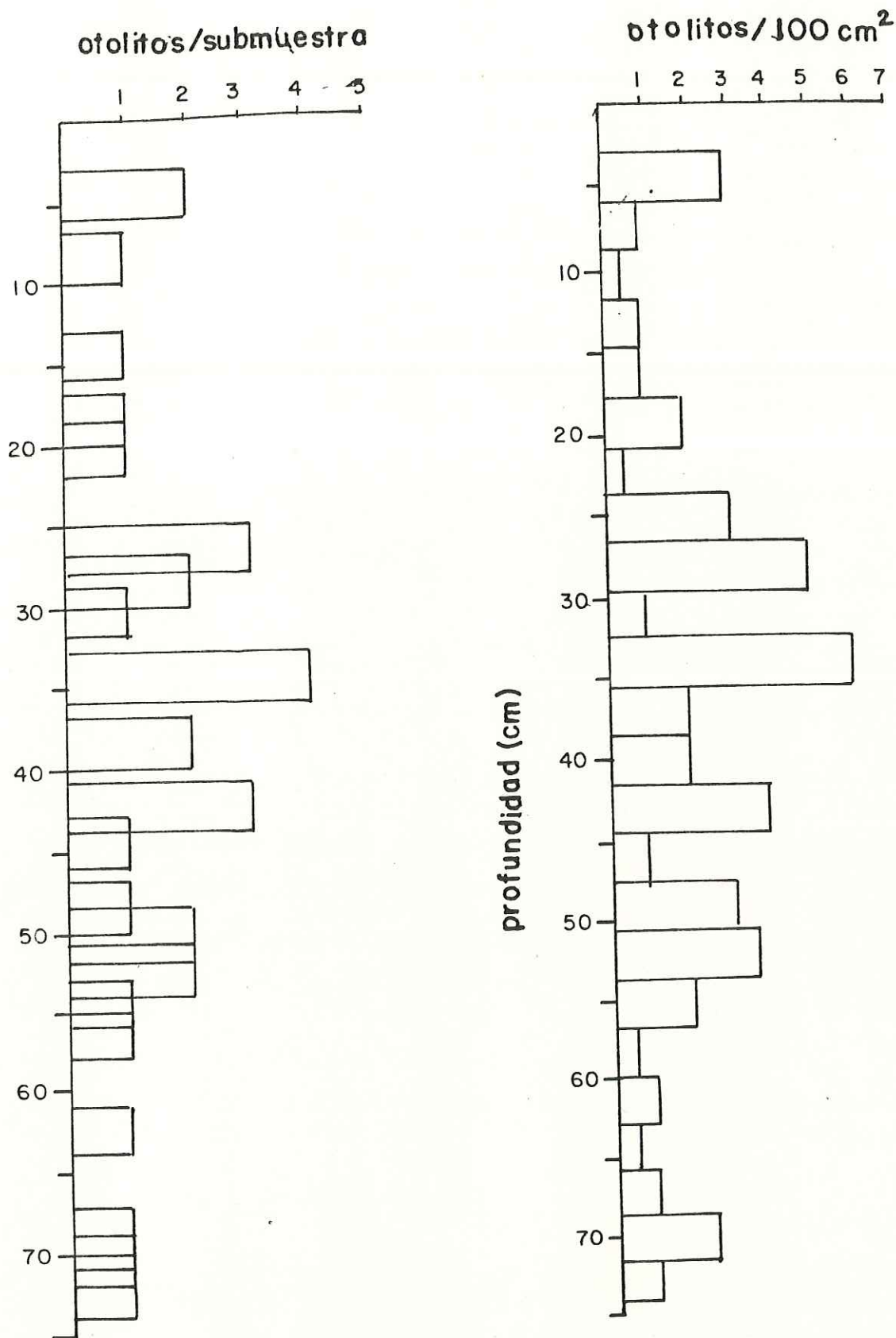
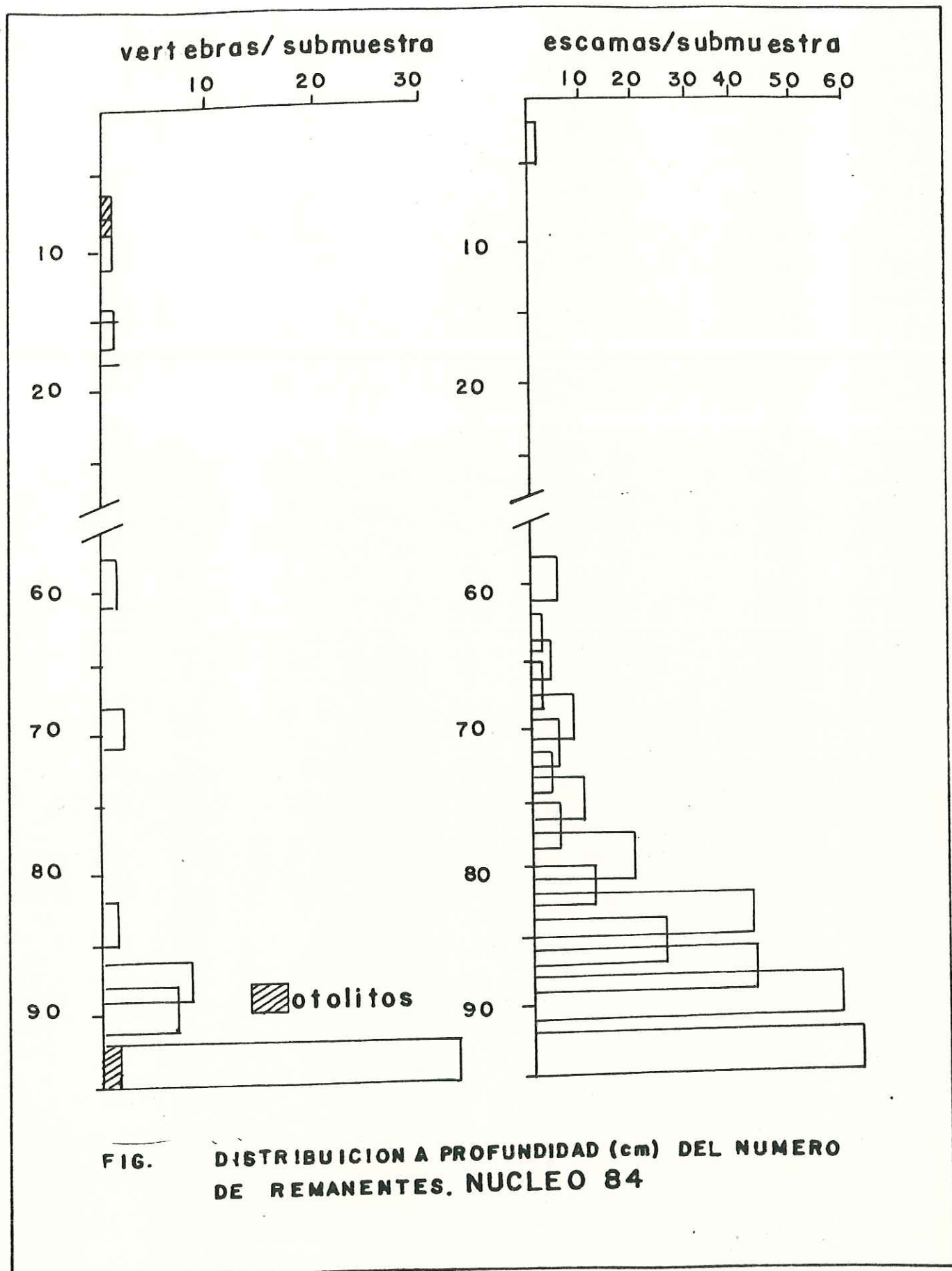


FIG. - Distribución a profundidad del número de otolitos.
 NUCLEO 85



3.1.3 Nucleo 7410-G-85

Este nucleo, de 76.5 cm de largo y color cafe oscuro se tomo en una planicie uniforme dentro de la Cuenca de Guaymas, a 1720 m de profundidad. Esta cuenca se localiza en la parte central del Golfo. Se encontro en este nucleo gran cantidad de particulas fecales ovoide, que median entre 0.5 y 0.75 mm. Se encontro muy pocas escamas (16 en total), pero un numero relativamente grande de otolitos (33 en total) asi como vertebras (85 en total). La distribucion a profundidad de las escamas se presenta discontinua (fig.), como sucede con los nucleos anteriores. Respecto a otolitos y vertebras (figs. y), las secuencias pre sentan un agrupamiento maximo en la porcion central del nucleo.

3.1.4 Nucleo 7410-G-84

Este nucleo se recolecto en el area central de la cuenca de Guaymas, a 1894 m de profundidad, a kms al norte del nucleo anterior. Tenia una longitud de 97 cm y color cafe que cambiaba a verde olivo hacia su base. Presento un contenido mayor de agua que el nucleo 85 y una relativa ausencia de particulas fecales. Las distribuciones contra la profundidad para los restos muestran un vacio entre los 18 y 58 cm y en esta parte tampoco se encontraron particulas fecales (figs.). El numero de escamas (mas de 300 en total) va aumentando progresivamente con la profundidad a partir de los 58 cm, y las vertebras (60 en total) presentan una distribucion mas continua, aunque con tendencia similar. Solo se encontraron 2 otolitos (en el intervalo 6-9 cm y 92-95 cm de profundidad). Estas distribuciones anomalas pueden haber sido originadas por varias causas: a) perdida del material de las submuestras por no haber sido completamente congeladas durante su almacenamiento. Esto posiblemente causo la disolucion de escamas, otolitos y vertebras debido al agua en la muestras no congeladas. b) Otra posible explicacion seria la depositacion de corrientes de turbidez, con un mayor acarreo de material terrigeno, en cuyo caso las capas comprendidas entre los 15 y 58 cm de profundidad son isocronas. Esta explicacion es pausable puesto que no se encontraron particulas fecales en esta parte, y la ubicacion del nucleo esta en un area cercana a la desembocadura del Rio Yaqui. Sin embargo el intervalo de los 15 hasta los 58 cm, con un grosor de 45 cm es dificil de explicar por corrientes de turbidez haciendo mas

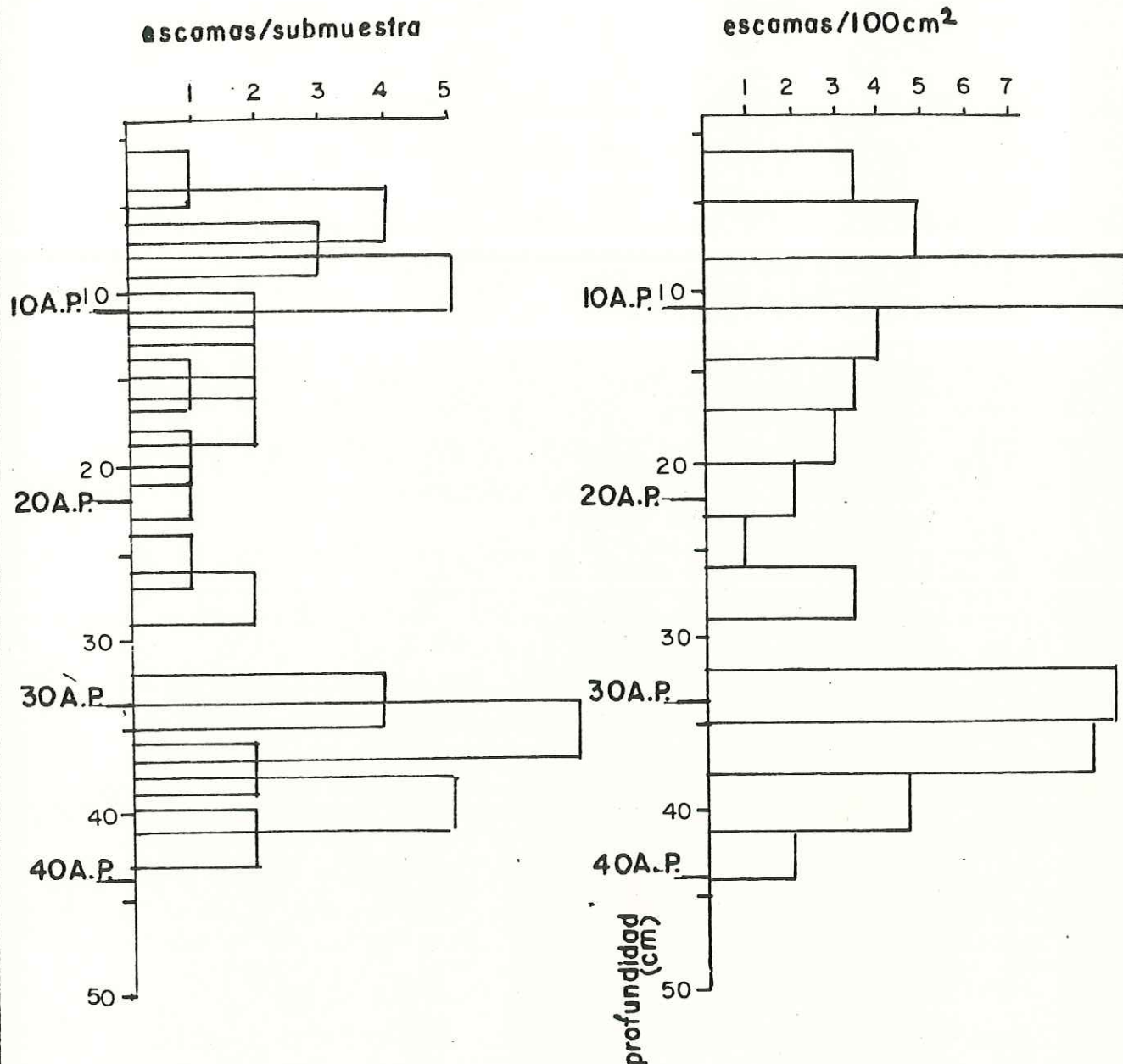


FIG. - Distribución a profundidad del número de escamas.
NUCLEO 83

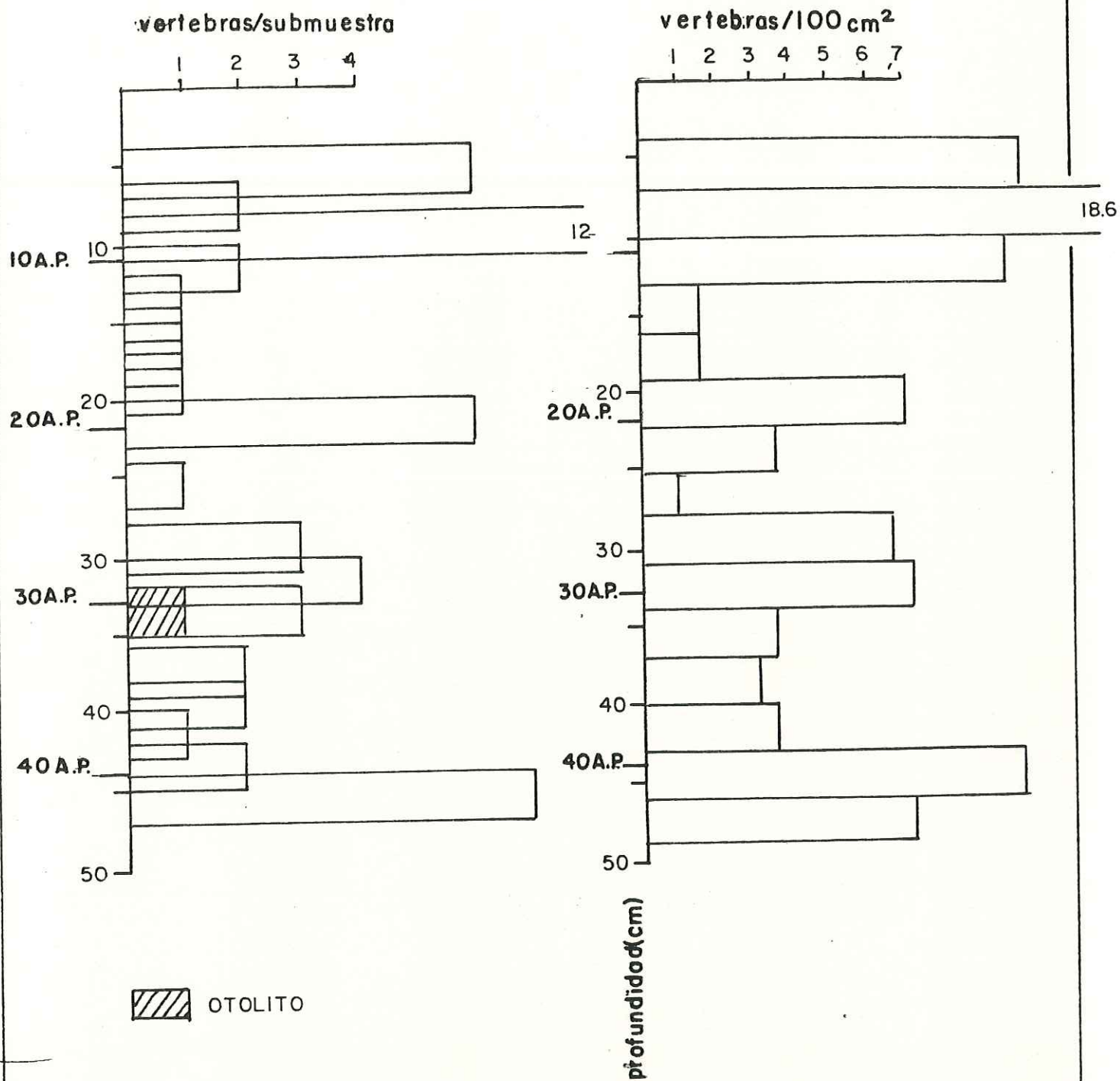


FIG. - Distribución a profundidad del número de vertebras
NUCLEO 83

pausable atribuir la causa a un deslizamiento del fondo.

3.1.5 Nucleo 7410-G-83

Este nucleo fue tomado en la pendiente de la cuenca de San Pedro Martir a 964 m de profundidad. Esta cuenca se localiza al suroeste de isla Tiburon. La longitud del nucleo fue de 49 cm, su color es verde olivo con marcado olor a acido sulfhidrico. Se observaron gran cantidad de espiculas, radiolarios, diatomeas, pero ninguna particula fecal. La interfase, sin embargo estaba perturbada por el drenado de agua debido a un mal cierre del nucleador. No quedo agua para mantener estable la superficie del sedimento. En la distribucion a profundidad del numero de escamas (44 en total) se observan principalmente dos maximos, uno localizado entre los 5 y 24 cm y el otro entre 32 y 41 cm (fig.). La distribucion para vertebras (62 en total) posee similares características, aunque menos marcadas, observandose un maximo muy prominente entre los 4 y 13 cm (fig.), y otros maximos menores en los intervalos 16 y 25 cm, 28 y 34 cm y 43 y 49 cm. Solamente se encontro un otolito (32 y 35 cm de profundidad).

La bioturbacion del sedimento es aparentemente nula, debido a que el nucleo se recolecto del fondo donde la pendiente intersecta el minimo de oxigeno en la columna de agua. Esto asegura que las distribuciones observadas son de naturaleza integral y secuencial. La ausencia de oxigeno permite la preservacion de los rasgos primarios de depositacion, y por consiguiente las variaciones ecologicas en los componentes de las comunidades pelagicas. Varios nucleos tomados en el mismo crucero fueron guardados para un estudio radiometrico. De estos, solo dos han sido fechados. Uno proviene de la cuenca de San Pedro Martir (con similar ubicacion que el nucleo 83), presento laminaciones. Su velocidad de sedimentacion, estimada con Pb-210 es aproximadamente igual a 1.2 cm/ano. La estimacion por medio de las laminas indica una velocidad de 1.1 cm/ano (DeMaster, com. per. *). Este fechado permite colocar un marco temporal promedio para el nucleo 83. La conversion a escala temporal se indica a un lado de las figuras, y esta expresado en anos antes del presente (A.P.).

* Domicilio actual:

Dave DeMaster

Departamento de Geologia

Universidad de Yale

New Haven, Connecticut

Estados Unidos de America

3.2 VARIACIONES DENTRO DE LOS NUCLEOS

Los datos fueron primero resumidos en forma de distribuciones de frecuencia para cada nucleo. Aunque se ignora la dependencia temporal de los datos con este tipo de resumen, se observan rasgos importantes. Se puede ver que todos los histogramas (fig.) estan sesgados hacia los valores bajos y la no ocurrencia. Parte de este efecto se debe al reducido tamaño de submuestreo (340 cm). El analisis de estas graficas indica que:

- 1) El numero de restos varia mucho entre distintas submuestras.
- 2) El numero promedio de vertebras es mayor que el de escamas y otolitos aunque la desviacion tipo es mayor para el primero.
- 3) El numero promedio de restos es mayor para el nucleo 83 que para los otros nucleos, con excepcion del nucleo 89. Esto se debe a que el valor promedio tambien depende del numero de muestras, o sea de la longitud del nucleo.

En el analisis de muchos datos geologicos, se acostumbra tomar replicas. En el caso particular de este trabajo, el metodo de submuestreo empleado provee una serie de dos columnas de cuasi-replicas para cada nucleo. Se dibujo las graficas acumulativas contra la profundidad para cada columna de submuestras (A y B), como una manera visual y sencilla de comparar las tendencias generales de cada columna como unidad, y ver como varian dentro de cada nucleo. Si se encuentran pocos restos en una parte dada del nucleo, la pendiente de la curva tiende a ser vertical, y si se encuentran muchos, la pendiente tiende a ser horizontal. Los niveles de abundancia causan una pendiente abrupta en las curvas, aunque las pendientes pronunciadas para diferentes restos no tienen lugar necesariamente a las mismas profundidades. Por medio de estas graficas se puede observar el efecto de la destruccion diferencial que sufren los distintos restos. Por ejemplo, lo que sucede en el nucleo 85 esta en contraste con lo que sucede en el nucleo 83 en el sentido de que las graficas acumulativas aparecen con tendencias similares en el ultimo (fondo anaerobico), mientras que en el primero (fondo aerobico) la acumulacion de escamas no es igual que la de las vertebras, indicando el efecto de la destruccion diferencial. Un rasgo que se presenta en todas ellas (figs. y) es que la tendencia de

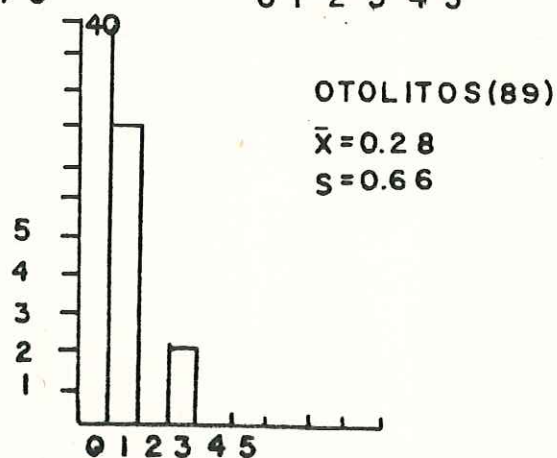
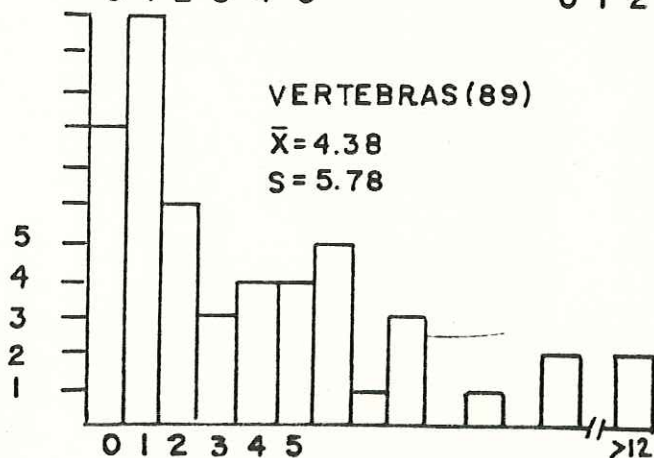
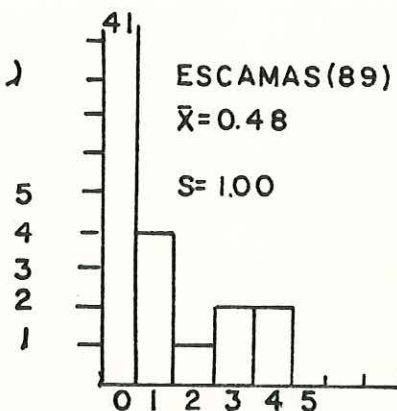
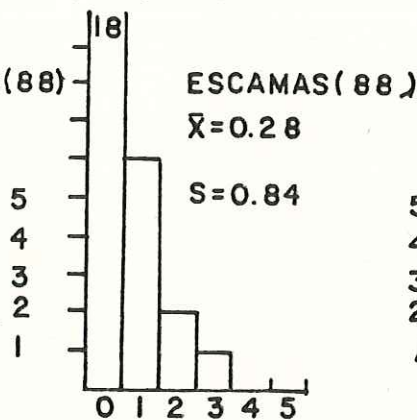
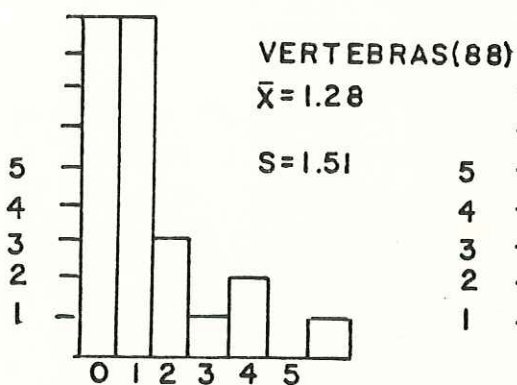
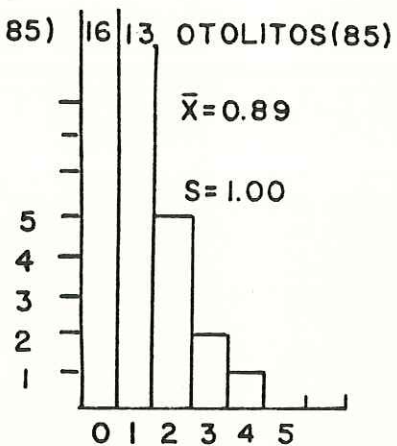
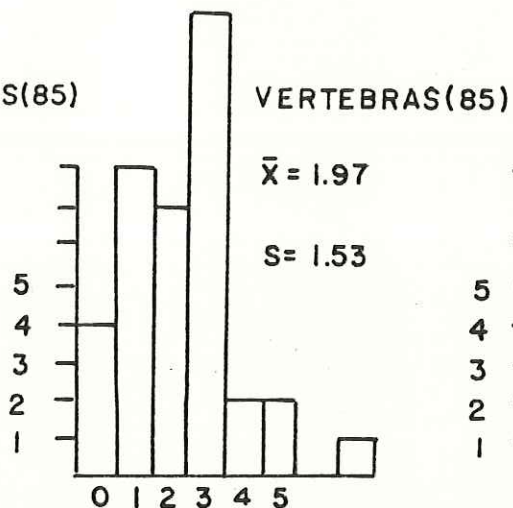
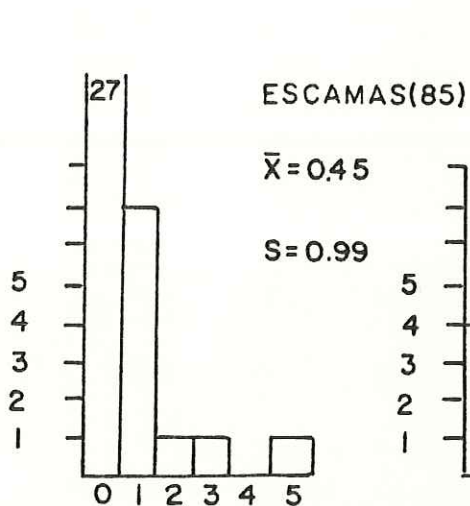
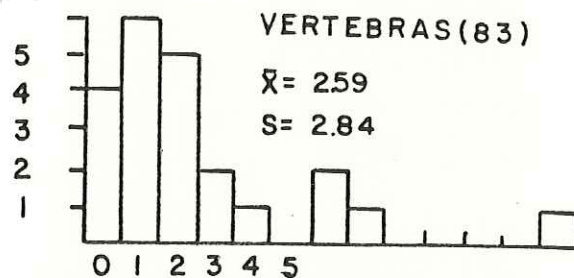
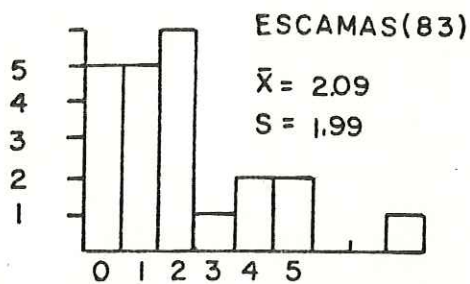


FIG HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA PARA LOS DISTINTOS REMANENTES

ambas columnas para cada nucleo son muy similares, aunque hay variaciones en ciertos niveles debido al agrupamiento de los restos. Estas graficas nos dan una base intuitiva para decir que la variabilidad entre cada columna de submuestras es en general poca y se puede concluir que el metodo de submuestreo utilizado refleja las caracteristicas del nucleo.

3.2.1 PRUEBAS DE EVENTOS (Runs Tests)

La siguiente descripción y discusión esta basada principalmente en los textos de Miller y Kahn (1962) y Davis (1973). Una serie de tiempo es una secuencia ordenada respecto al tiempo. Este ordenamiento es significativo en un sentido temporal, es decir que la observación i precede de la observación j en la secuencia ordenada $1, 2, 3, \dots, i, j, \dots$ aunque no pueda medirse el tiempo que paso entre i y j . La inspección visual no es una base segura para obtener conclusiones especialmente cuando las series son cortas. A veces lo que parece importante no es la proporción de los elementos encontrados, sino el orden en que aparecen. Se puede saber si los sucesivos ascensos y descensos observados son debidos al azar. Se hace esto examinando el numero de eventos (runs), que se definen como 'una secuencia ininterrumpida de un mismo estado, precedido y seguido por otro estado'. Basicamente las secuencias ordenadas se examinan de varias maneras para saber si el ordenamiento de los elementos es aproximadamente lo que uno cabria esperar de una permutación aleatoria. Si la hipótesis nula de que los sucesivos ascensos y descensos es rechazada (en una base probabilística) se concluye que la serie presenta una tendencia, que puede definirse como 'cualquier tipo de regularidad en una secuencia ordenada de numeros o elementos'. Las pruebas de eventos se pueden aplicar a datos dicotomizados bajo cualquier esquema arbitrario ; pero no se debe perder de vista que la hipótesis probada refleja el metodo dicotomizante. Las pruebas caen dentro de tres categorías:

1) Los datos se dicotomizan comparandolos con medidas de tendencia central como medias o medianas (cuando no existe una dicotomía natural), dandoles un valor positivo a los datos encima de tal medida y un valor negativo a los que estan debajo.

2) Se pueden considerar tambien el numero de puntos de cambio (turning points). Estos son los puntos en donde el signo de observaciones sucesivas cambian.

3) Tambien se pueden contar el numero de ascensos y descensos (runs up and down) y en este caso no se esta diferenciando dos estados, sino que se examina si una observación es mayor (+) o menor (-) que la precedente.

Este tipo de pruebas pertenece a una clase de procedimientos estadísticos denominados pruebas

no-parametricas, porque no se esta haciendo suposiciones acerca de la naturaleza de la poblacion de la cual se tomaron las muestras.

3.2.1.1 Descripcion y aplicacion

Se aplico la tercera categoria de las pruebas a las secuencias mas completas de los nucleos 83, 85, 88 y 89. Cuando el numero de elementos N de una permutacion al azar se aproxima a infinito, la distribucion de ascensos y descensos se aproxima a la distribucion normal, pero para propositos practicos, la distribucion $P(r)$ se considera normal para N finito, con:

$$E(r) = \frac{2n-1}{3} \quad y \quad V(r) = \frac{16n-29}{90}$$

Donde $E(r)$ es el numero esperado de ascensos y descensos, $V(r)$ es la varianza y N es el numero de datos. Calculandose estas cantidades, se efectua una prueba Z , donde r es el numero observado de ascensos y descensos:

$$Z = \frac{r - E(r)}{\sqrt{V(r)}}$$

Lo que se hace con esta prueba es comparar la secuencia observada contra una distribucion normal estandar, con un nivel de confianza. La tabla II resume los parametros asociados a esta prueba, y la figura asociada resume graficamente los procedimientos mencionados. Usando un nivel de significancia de 5% ($=0.05$), las regiones criticas estan limitadas por -1.96 y $+1.96$.

3.2.1.2 Resultados de las pruebas de eventos

Los resultados de estas pruebas estan dados en forma de valores probabilisticos que indican la factibilidad de que el arreglo observado de eventos positivos y negativos hayan podido ser debidos a una permutacion al azar. Es importante no perder de vista que son pruebas de orden aleatorio, y cuando se aplican las pruebas, ha que estar seguro de que el orden en que aparecen los elementos en la secuencia es geologicamente significativo. Los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela, en particular con secuencias pequenas ya que la aparente regularidad de la serie es comparada contra la longitud de esta, y al aumentar el tamaño de la secuencia aumenta el poder de la prueba. Con estas aclaraciones, se puede proceder a interpretar los resultados. Se puede observar que el numero de ascensos y descensos es menor que los valores esperados para una permutacion aleatoria. Para el nucleo 85, el numero observado de eventos para vertebras y otolitos es casi similar (tabla III) Aunque se esperaba que la distribucion para vertebras del nucleo 83 reflejara de alguna manera la de las escamas, se ve que el numero de ascensos y descensos de la primera nos indica una alta probabilidad de que la secuencia observada no se aparte de lo esperado para una permutacion aleatoria, mientras que los eventos de la ultima nos indica que la secuencia se aparta mucho de la permutacion esperada. El numero de ascensos y descensos para el resto de los nucleos indican que las secuencias obeservada para ellos no se apartan significativamente de una permutacion al azar. Esto nos esta indicando es es altamente probable que la secuencia observada para escamas del nucleo 83 no sea debido al azar, pero las distribuciones para los demas nucleos si.

4 DISCUSION

Antes de poder inferir sobre las relaciones en vida de los organismos cuyos restos se han encontrado en el sedimento, se necesita analizar los eventos post-mortem que han afectado al conjunto. Dos tipos de eventos pueden interferir seriamente en el reconocimiento y analisis de las comunidades fosiles: 1) perdidas de restos fosiles debido a la no preservacion, y 2) perdidas o recirculaciones debidos al transporte (Lawrence, 1962). Todos los conjuntos fosiles derivan de comunidades vivas, las diferencias entre los varios tipos de conjuntos son simplemente el resultado de las diferencias en cantidad y tipo de alteracion (Fagerstrom, 1964).

De acuerdo a la clasificacion de conjuntos fosiles propuesta por Fagerstrom (1964) los conjuntos analizados en este trabajo pertenecen a los denominados 'transportados' que se definen como: 'Aquellos en las cuales casi todos los especimenes han sido sujetos a transporte antes de su depositacion final y por consiguiente pueden derivarse de mas de una comunidad. Estos conjuntos son indicativos de una maxima alteracion antes de la depositacion de una o mas comunidades ecologicas.'

El paso de los organismos pelagicos al sedimento y la conservacion de sus restos en este puede verse como un proceso de filtrado multiple (Berger y Heath, 1968; Margalef, 1974; Bukry y otros, 1973):

1) Debido a diferencias de multiplicacion y mortalidad entre las distintas especies, existen diferencias en la cantidad de restos aportados al sedimento. La predacion por otros organismos causa que las estructuras esqueléticas estén sujetas a degradacion organica a traves de procesos digestivos mecanicos y quimicos. El hecho de que la mayoria de los restos llegan al fondo formando parte de particulas fecales es un beneficio desde el punto de vista de una buena preservacion, ya que esta agregacion puede proteger a los remanentes de la solucion externa no organica durante su viaje al fondo. Tambien la masa de las particulas fecales es mayor que la de las estructuras esqueléticas individuales, y su mayor velocidad de hundimiento favorece a una mayor proteccion.

2) Las distribuciones heterogeneas horizontales de los restos en la masa de agua son atenuadas por efectos de la turbulencia horizontal y las corrientes, que no llegan a borrar las diferencias originales en las características de la poblacion. Estas corrientes cambian temporal y espacialmente.

3) La acumulacion de las estructuras esqueleticas en las capas superiores del sedimento involucran una compleja serie de procesos que tienen un gran efecto en la preservacion de estos restos. Procesos organicos e inorganicos operan simultaneamente. Los primeros involucran las actividades de invertebrados bentonicos como equinodermos y gusanos que ingieren sedimento de la superficie o un poco debajo de ella. Esto puede causar que las estructuras esqueleticas se degradan otra vez por digestion. Esta accion tambien los puede mover de la relativa proteccion del enterramiento a la superficie de la interfase. Alli, pueden quedar sujetos nuevamente al desequilibrio quimico y a una mayor degradacion organica. La actividad bacteriana en los sedimentos puede tambien crear desequilibrio quimico y afectar el potencial de disolucion. Los factores inorganicos que afectan la interfase sedimento-agua dependen del tiempo. Las corrientes del fondo pueden retardar el enterramiento de los restos y mantener las condiciones de desequilibrio quimico. Una velocidad baja de sedimentacion puede producir el mismo efecto que la presencia de corrientes de fondo. El tiempo de residencia de las estructuras en la interfase es critica para su estado de conservacion, y el grado de desequilibrio esta relacionado con la profundidad. Una vez que estan permanentemente enterrados en el sedimento, se establece un equilibrio quimico.

Las consideraciones anteriores son muy importantes en Paleontologia, ya que ayudan a la correcta interpretacion y representacion de los cambios que sufren la biocenosis. Las distribuciones fosiles observadas por los paleontologos son mas bien los filtros o condiciones de conservacion, que las entradas, o comunidades vivientes (Margalef, 1974, p. 843). La fig. muestra diagramaticamente y de manera general algunos de los cambios que puede sufrir la comunidad pelagica antes de ser analizados sus restos en el laboratorio. A continuacion se discuten brevemente los diferentes tipos de variaciones que se pueden observar en los nucleos.

4.1 BIOTURBACION

La presencia de partículas fecales en los núcleos indican la actividad metabólica de organismos bentónicos. El excremento de los organismos puede ser un importante constituyente de los sedimentos (Reineck y Singh, 1978). Las diferencias en forma y consistencia de los excrementos son ecológicamente significativas, y el número posible de modificaciones en la forma externa de las heces es pequeña, ya que para la mayoría de los animales multicelulares, las condiciones anatómicas y funcionales que determinan las propiedades de las heces son las mismas (Schaefer, 1972). Las partículas fecales alargadas de forma ovalada (como los encontrados en los núcleos 85 y 88) son siempre pequeños y lo forman animales con poco o ningún movimiento, como los poliquetos sesiles (Schaefer, 1972). Las heces de forma cilíndrica y recubiertas con una mucosidad (como las encontradas en los núcleos 88 y 89) son generalmente producidas por animales con locomoción que las expelen mientras se mueven. Animales de muchas especies con gran número de individuos las producen, son preservables y pueden formar depósitos. Aunque las heces consisten principalmente de material tamaño arcilla, se comportan de manera distinta a la arcilla desagregada. Este tipo de heces también lo producen animales que poseen mecanismos para generar corrientes de agua que se lleven los desechos, como crustáceos decápodos, cefalópodos y gasterópodos (Schaefer, 1972).

Calvert (1964) examinó fotografías tomadas en 12 estaciones distribuidas en las cuencas de San Pedro Martir y Guaymas para estudiar las comunidades faunales y rasgos sedimentológicos menores. Las fotografías obtenidas en estaciones dentro del mínimo de oxígeno muestran poblaciones de organismos vermiformes y fondos relativamente uniformes. En el resto de las estaciones, donde el sedimento no es laminado en la superficie, las fotografías muestran hidroideos, asteroideos, ophiuridos, crustáceos y fondos irregulares. La zona del mínimo de oxígeno por consiguiente no es azoica, mas bien está poblada por una comunidad de organismos vermiformes, diferentes a la de las cuencas profundas. Los gusanos, debido a sus hábitos sedentarios, aparentemente no perturban el sedimento. De hecho, grandes concentraciones de gusanos pueden actuar como un estabilizador del fondo, y ayudar así a la preservación del laminado (Calvert, 1964).

4.2 VARIACION GEOGRAFICA

La variacion geografica de los restos ictiologicos solo sera discutida de manera general, ya que los nucleos se encuentran a gran distancia unos de otros. Se puede decir que el patron de distribucion geografica esta relacionado con las diferencias fisico-quimicas en las zonas de depositacion, principalmente la distribucion de oxigeno disuelto en la columna de agua. Debido a condiciones aerobicas y otros factores, la mayor parte de los fondos del Golfo se caracterizan por gran actividad bentonica (Parker, 1964), con la consecuente homogeneizacion y bioturbacion del sedimento. Esto produce una pobre representacion bio-estratigrafica. Condiciones anaerobicas en ciertas partes del fondo evitan que proliferen los bentos y por lo tanto que tenga lugar bioturbacion, permitiendo la depositacion secuencial e integral de los restos que llegan a el. Existen diferencias en la abundancia de restos conservados entre una region y otra (tabla II). Se puede usar el valor combinado del promedio y la desviacion tipo como un indicador de la preservacion. Se observa por ejemplo que el valor mas alto de los promedios corresponden al nucleo 83 y al 89, sin embargo, el ultimo posee mayor variacion.

Investigaciones en otras regiones (Soutar, 1969) indican que al menos en el caso de las escamas, se conserva cuatro veces mas cantidad en sedimentos anaerobicos que en los aerobicos.

Indudablemente es necesario que se aumente el numero de nucleos de tal manera que se este cubriendo un mayor area, o inversamente se puede limitar nuestro estudio a zonas escogidas de donde se obtengan menos muestras pero mejor distribuidas. Las mejores areas de estudio son obviamente aquellas que reunan las mejores caracteristicas para poder preservar el material organico que llega de las aguas supra-adyacentes. El Golfo de California ofrece una gran oportunidad para estudios paleoceanograficos detallados. El agua perteneciente a la zona del minimo de oxigeno intersecta la pendiente del fondo en una amplia zona, dando lugar de esta manera a fondos anaerobicos en lugares como la pendiente de la cuenca de Guaymas y la cuenca de Carmen. Estos sedimentos ofrecen un vasto registro sobre las variaciones oceanograficas y climaticas como lo indican estudios previos.

4.3 VARIACION ESTRATIGRAFICA

Mediante el analisis de la variacion estratigrafica de los restos ictiologicos recientes se puede hacer inferencias sobre la dinamica de poblaciones de los peces, como ha sido demostrado por Soutar e Isaacs (1974). Se debe tener en cuenta que la actividad macrobentonica, alimentaria y excavadora promueve la accion bacteriana y una mayor oxidacion de la materia organica. Las vertebras son las que mejor resisten las condiciones adversas, siendo las escamas mas facilmente afectadas. El no saber con precision cuanto efecto causa la bioturbacion en la distribucion estratigrafica de los restos excluye del analisis temporal detallado a 4 de los nucleos, por lo que se concentrara la atencion sobre el nucleo 83. La distribucion para escamas y vertebras siguen un patron muy similar, con la presencia de dos maximos, aunque estos no coinciden exactamente para ambos casos. La prueba de eventos elimina a la secuencia para vertebras porque no se aparta significativamente de una permutacion al azar. La secuencia de escamas, vista bajo el marco temporal asociado (en anos A.P.) muestra una ciclicidad aparente de 20 anos, y la prueba de eventos indica que esta tendencia se aparta significativamente de lo que cabria esperar de una permutacion aleatoria. Aunque para este trabajo no se identificaron las escamas obtenidas, se puede decir que ha ocurrido variaciones temporales en las poblaciones de peces pelagicos del Golfo de California, al menos para la zona de San Pedro Martir y para las especies cuyas escamas se preservaron.

El estudio detallado de las variaciones estratigraficas en la cantidad y tipo de escamas en otras zonas similares por autores ya mencionados anteriormente indica el gran potencial de estos estudios en el Golfo de California, principalmente porque las pesquerias pelagicas son aun incipientes y porque no se tiene informacion ecologica suficiente para su debido manejo.

La presencia de ictiolitos en sedimentos profundos del Pacifico indica que los fragmentos esqueleticos de peces son capaces de soportar el transcurso del tiempo y conservarse aun sin condiciones fisico-quimicas optimas.

4.4 COMPARACION CON OTROS ESTUDIOS

Trabajos similares a este se han efectuado en la costa de California y Baja California (Soutar, 1967; Soutar e Isaacs, 1974). Los resultados obtenidos con sedimentos anaerobicos sugieren que los cambios en abundancia de las escamas a lo largo de los nucleos reflejan cambios en la abundancia de las fuentes (poblaciones de peces) a traves del tiempo (Soutar, 1967). La abundancia relativa de las tres especies mas importantes cuyas escamas se encontraron en la cuenca de Santa Barbara se compara favorablemente con estimaciones larvales de abundancia. Esto indica que la comunidad de peces pelagicos asociada a la corriente de California se refleja claramente en los sedimentos. El unico nucleo de este trabajo comparable al de estudios anteriores es el numero 83, ya que proviene de un fondo anaerobico. Aunque el tamano de submuestreo influye en la cantidad de restos recolectados, se puede ver una ciclicidad aparente y la prueba de eventos sugiere que es altamente improbable que sea debido al azar.

Se ha reportado restos ictiologicos en sedimentos adyacentes a zonas de surgencias, donde la alta productividad primaria causa una alta produccion de peces, lo que conduce a una mayor probabilidad de que sus restos lleguen al fondo. Zonas de surgencias como la costa oeste de Africa y las costas del Peru, poseen sedimentos ricos en escamas y huesos de peces (Diester-Haass, 1978; Frankenberg y Menzies, 1968; Koopman y otros, 1978).

Se encuentran como se ha mencionado antes, ictiolitos en sedimentos del Mioceno en el Pacifico. Estos fragmentos se estan empleando para interpretaciones bio-estratigraficas en sedimentos sin microfosiles. Existen problemas en este tipo de estudios, principalmente debidos a lagunas en la informacion paleoecologica.

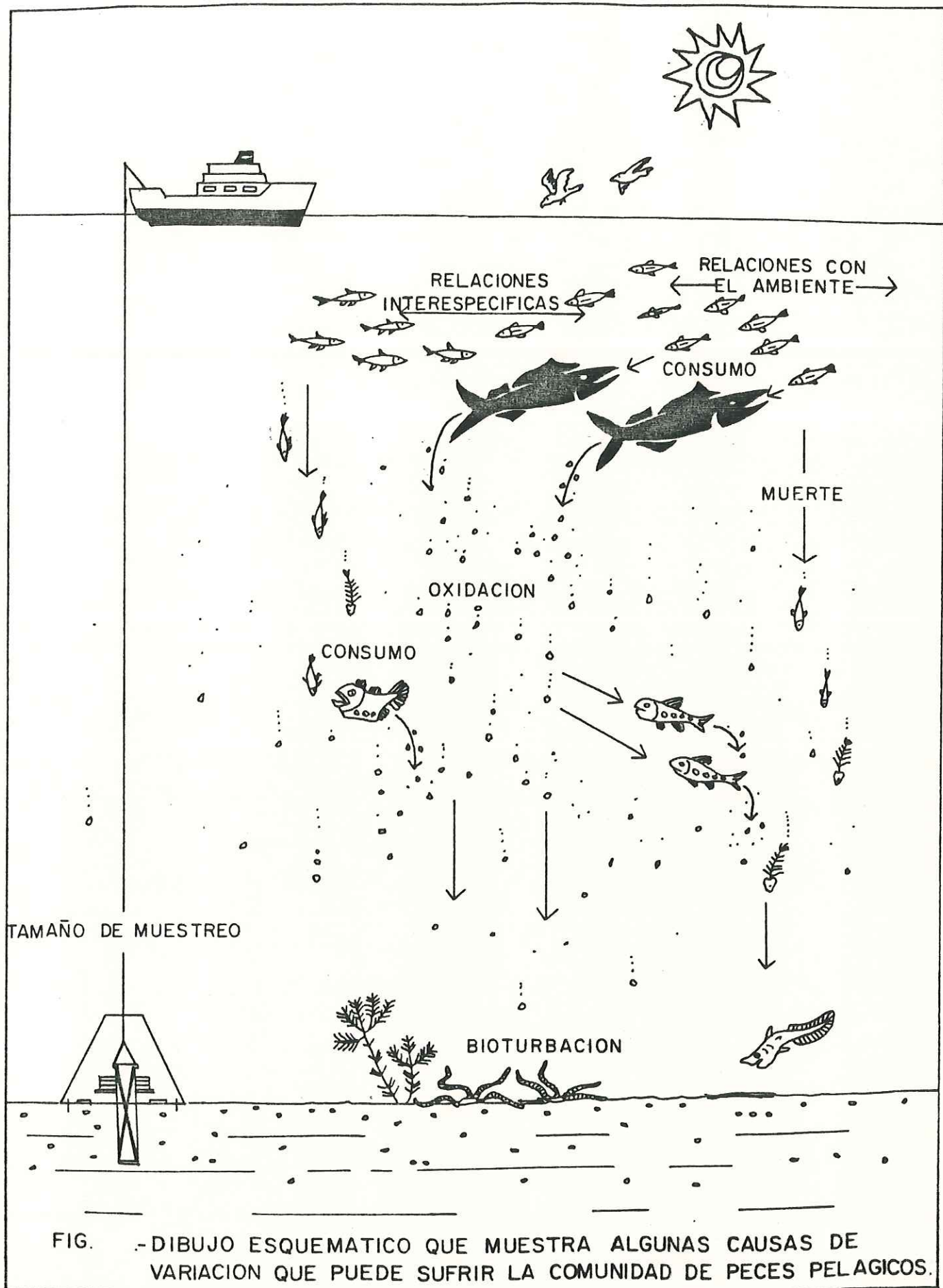


FIG. -DIBUJO ESQUEMATICO QUE MUESTRA ALGUNAS CAUSAS DE VARIACION QUE PUEDE SUFRIR LA COMUNIDAD DE PECES PELAGICOS.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las poblaciones de peces pelagicos del Golfo de California estan preservadas en el sedimento en forma de piezas esqueleticas. Los procesos de destruccion que afectaron a estos restos, causados por diferentes fenomenos no logran alterar su naturaleza ni la informacion ecologica contenida en ellos. La cantidad de vertebras, escamas y otolitos debe de ser grande en el fondo, ya que aun a la escala de submuestreo empleado, se encontraron estos restos en todos los nucleos analizados. La distribucion lateral y estratigrafica de restos es muy heterogenea, como lo sugieren las secuencias estudiadas. Es importante notar en este punto que si se desea detalles en la resolucion temporal (5 a 10 años) y una preservación secuencial e integral de los restos que llegan al fondo, se debe utilizar sedimentos anaerobicos y asi poder efectuar un estudio paleoecologico y paleoceanografico mas completo.

Se puede decir que la presencia de restos ictiologicos en los sedimentos recientes del Golfo de California principalmente los anaerobicos, sirve para observar con perspectiva el flujo de energia a traves de los ultimos niveles troficos. El modelo conceptual obtenido (fig.) es sencillo y trata de explicar las secuencias observadas. Aunque muchos factores afectan la presencia y distribucion de remanentes en el fondo la informacion que puede extraerse de ellos es muy valiosa. El objetivo principal del este trabajo ha sido alcanzado, demostrandose la existencia de restos ictiologicos en los sedimentos recientes del Golfo de California y su potencial para estudios paleoecologicos detallados.

En las partes oseas de los peces como escamas, otolitos y vertebras se forman marcas anuales de crecimiento. Estas zonas de crecimiento dependen de procesos metabolicos asociados a la temperatura (disminucion en meses de invierno, y metabolismo mas veloz en meses de primavera). Estos hechos demuestran que los restos son indicadores potenciales de paleotemperaturas. Una vez que se conozcan las relaciones entre el peso y la longitud de una especie y se obtienen las curvas que relacionen el area de un anillo anual dado con la longitud del pez, la informacion ecologica que se puede obtener de estas piezas esqueleticas sera muy valiosa..

El material empleado para este trabajo varia desde sedimentos

anaerobicos laminados (nucleo 83) que nos preserva una gran cantidad de informacion, y sedimentos aerobicos que son afectados por procesos de bioturbacion, lo que destruye la naturaleza integral y secuencial de los componentes del fondo.

Los sedimentos anaerobicos, aunque mas escasos en comparacion con los aerobicos, han sido reportados en numerosas regiones (Soutar, 1975a) como Saanlich Inlet, Canada; las cuencas de Santa Monica y San Pedro, en California;

porciones de las cuencas de San Pedro Martir, Guaymas y Carmen, en el Golfo de California; la pendiente del Golfo de Tehuantepec; el Golfo Dulce, en Costa Rica; la Bahia Darwin, en el Ecuador; la pendiente continental al sur de Peru; la cuenca Cariaco, en Venezuela; la Bahia Walvis, en Sudafrica; la plataforma Indo-Paquistana en el Mar de Arabia. Es indudable que existen fondos anaerobicos en regiones que poseen las características topograficas y oceanograficas adecuadas.

No es necesario que se limiten los estudios detallados a sedimentos anaerobicos ya que se ha sugerido que la interception de particulas que se estan hundiendo en la columna de agua ofrece un metodo para observar algunos procesos en el oceano (Soutar y otros, 1977). Los resultados preliminares con los interceptores de sedimentos indican que se acumulan detritos biogenicos representativos como escamas, moluscos pelagicos, foraminiferos, radiolarios, silicoflagelados, diatomeas y cocolithos (Soutar, 1975b). El empleo de trampas de sedimentos, combinado con la presencia de sedimentos anaerobicos puede resultar en un estudio muy detallado del registro sedimentario como indicador de condiciones ambientales.

6 BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Borrego S. (en prensa). Gulf of California. En: Estuaries and Enclosed Seas, Cap. 16. Ketchum(ed.)
- Alvarez-Sanchez, L.G. (1974). Currents and water masses from the entrance to the Gulf of California. Spring, 1970. M.S. Thesis, Oregon State University. 75 p.
- Allison, E.C. (1964). Geology of areas bordering Gulf of California. En: Marine Geology of the Gulf of California. Van Andel, T.J. H. y Shor, G.G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geol., Memoir 3, p. 3-30.
- Be, A.W.H. (1968). Shell porosity of recent planktonic foraminifera as a climatic index. Science, vol. 161, p. 881-884.
- Bukry, D., Dinkelman M.G. y Kaneps, A. (1973). Biostratigraphy of the Equatorial East Pacific Rise. En: Initial Reports of the DSDP (Deep-Sea Drilling Project), vol. 16, Washington, p. 915-935.
- Byrne, J.V. y Emery, K.D. (1960). Sediments of the Gulf of California. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 71, p. 983-1010.
- Berger, W.H. y Heath, G. (1968). J. Marine Res. vol. 26 p. 134-143.
- Berger, W.H. y Parker, F.L. (1970). Science, vol. 168, p. 1345-1347.
- Brewer, G.D. (1973). Midwater fishes from the Gulf of California and adjacent eastern tropical Pacific. Los Angeles County Mus. Nat. hist. Contrib. Scie., vol. 242, p. 1-47.
- Bruland, K.W. (1974). Pb-210 geochronology in the coastal marine environment. (Ph. D. dissertation). University of California San Diego, 106 p.
- Calvert, S.E. (1964). Factors affecting distribution of laminated diatomaceous sediments in the Gulf of California. En: Marine Geology of Gulf of California. Van Andel, T.J. H. y Shor, G.G. (eds.). Am. Ass. Pet. Geol., Memoir 3, p. 311-330.
- Calvert, S.E. (1964a). The accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. Jour. Geol., vol. 76, p. 546-565.

- Calvert, S. E. (1966b). Origin of diatom-rich varved sediments from the Gulf of California. *J. Geol.* vol. 64, p. 546-565.
- David, R. L. (1947). Significance of fish remains in recent deposits of southern California. *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.*, vol. 31, p. 367-370.
- Davis, J. C. (1973). *Statistics and data analysis in Geology.* John Wiley and sons, Inc. N. Y., 550 p.
- De la Campa, S., Padilla, M. A. y Smith, P. E. (1976). Estimacion de biomasa de productores de sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) a traves de censos larvales. Temporada 1975. En: *Mem. del 1er. Simp. Nac. de Rec. Pesq. Mas. de Mex. Inst. Nac. de Pesca.*
- Diester-Haass, L. (1978). Sediments as indicators of upwelling. En: *Upwelling ecosystems.* Boje, R. y Tomczak, M. (eds.). Springer-Verlag, N. Y., p. 261-281.
- Doyle, P. S., Kennedy, G. G. y Riedel, W. R. (1974). Stratigraphy. En: *Initial reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 26 Washington., p. 825-905.
- Edgerton, C. C., Doyle, P. S. y Riedel, W. R. (1977). Ichthyolith age determinations of otherwise unfossiliferous Deep Sea Drilling Project cores. *Micropaleontology*, vol. 2, p. 194-205.
- Fagerstrom, J. A. (1964). Fossil communities in paleoecology: their recognition and significance. *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 75, p. 1197-1216.
- Frankenberg, D. y Menzies, R. J. (1968). Some quantitative analysis of deep-sea benthos off Peru. *Deep-Sea Res.*, vol. 15, p. 623-626.
- Hagerty, R. (1974). Usefulness of spade cores for geotechnical studies and some results from the northeast Pacific. En: *Deep-sea sediments, physical and mechanical properties.* Marine Science, vol. 2. Inderbitzen A. L. (ed.), Plenum Press N. Y., p. 169-187.
- Hanna, G. D. (1949). A synthetic resin wich has unusual properties. *Journal of the Royal Microscopical Society.*, vol. 69, p. 25-28.
- Helms, P. B. y Riedel, W. R. (1971). Skeletal debris of fish.

En: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project., vol. 7, Washington., p.1709-1720.

- Hutson, W.H. (1977). Transfer functions under no-analog conditions. Experiments with Indian Ocean planktonic foraminifera. Quat. Res., no. 8, p. 355-367.
- Imbrie, J. y Kipp, N.G. (1972). A new paleontological method for quantitative paleoclimatology. Application to a late Pleistocene Caribbean core. En: The late Cenozoic glacial ages. Turekian, K.K. (ed.) Yale Univ. Press, p. 71-181.
- Kandler, R. (1972). Nekton. Cap.2. En: Research methods in Marine Biology. Schlieper C. (ed.) Sidgwick and Jackson, Londres., p.
- Koopman, B., Sarnthein, M. y Schrader, H.J. (1978). Sedimentation influenced by upwelling in the subtropical Baie Du Levrier (west Africa). En: Upwelling ecosystems. Boje, R. y Tomczak, M. (eds.). Springer-Verlag, N.Y., p. 282-288.
- Krumbein, W.C. y Graybill, F.A. (1965). An introduction to statistical models in Geology. Mac Graw-Hill Inc., N. Y., 475 p.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. y Passino D.R.A. (1977) Ichthyology. Segunda Ed., John Wiley
- Lavenberg, R.J. y Fitch, J.E. (1966). Annotated list of fishes collected by midwater trawl in the Gulf of California. (March-April 1964). Cal. Fish and Game, vol. 52(2), p. 92-110.
- Lawrence, D.R. (1968). Taphonomy and information losses in fossil communities. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 79, p. 1315-1330.
- Lopez, M. (1978). Tras la pista de la sardina monterrey. En: Revista Tecnica Pesquera, no. 122, p. 18-24.
- Lozano, S. (1978). La sardina monterrey. Pesqueria en crisis. En: Revista Tecnica Pesquera, no. 122, p. 13-18.
- Margalef R. (1974). Ecologia. Omega, Barcelona Espana., 951p.
- Mathews, C.P., Granados, J.L. y Arvizu, J. (1974). Results of the exploratory cruises of the 'Alejandro de Humboldt' in the Gulf of California. CalCOFI reports, vol. 17,

p. 101-111.

- Miller, R. L. y Kahn, J. S. (1962). Statistical analysis in the geological sciences. John Wiley
- Molina-Cruz, A. (1978) Implicacion oceanografica en la distribucion de particulas siliceas en los sedimentos del Pacifico suroriental. Resumenes del Sexto Congreso Nacional de Oceanografia. Esc. Sup. de C. Marinas, UABC, p. 134
- Moser, H. G., Ahlstrom, E. H., Kramer, D. y Stevens, E. G. (1974). Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI reports, vol. 17, p. 112-128.
- Natland, M. L. (1957). Paleoeecology of west coast Tertiary sediments. En: Treatise of marine ecology and paleoecology H. S. Ladd (ed.), Memoir 67, Geol. Soc. Am. Bull.
- Owen, R. W. y Zeitschell, B. (1970). Phytoplankton productivity: seasonal change in the oceanic tropical Pacific. Mar. Biol., vol. 7, p. 32-36.
- Parker, R. H. (1964). Zoogeography and ecology of macro-invertebrates of Gulf of California and continental slope of western Mexico. En: Marine Geology of Gulf of California, p. 331-336. Van Andel, T. J. H. y Shor, G. G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geol., Memoir 3, p.
- Pedrin, D. y Ancheita, A. (1976). Estadisticas basicas de la explotacion de sardina en el noroeste de Mexico. Serie Informacion, no. 179. Inst. Nac. de Pesca.
- Phillips, R. P. (1964). Seismic refraction studies in Gulf of California. En: Marine Geology of the Gulf of California. Van Andel, T. J. H. y Shor, G. G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geol., Memoir 3, p. 90-122.
- Pisias, N. G. (1978). Paleooceanography of the Santa Barbara basin during the last 8 000 years. Quat. Res., no 3, p. 366-384.
- Poelchau, H. S. (1974). Holocene silicoflagellates of the North Pacific. Ph. D. Thesis. Univ. Cal. San Diego, 165 p.
- Reineck, H. E. y Singh, I. B. (1975). Depositional sedimentary

environments. Springer-Verlag ,N. Y., 439 p.

- Roden, G. I. (1958). Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. Pacific Science. ,vol. 12, no. 1, p. 21-45.
- Roden, G. I. (1964). Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Marine Geology of Gulf of California. Van Andel, Tj. H. y Shor, G. G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geol. Memoir 3, p. 30-58.
- Roden, G. I. y Grove, G. W. (1959). Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. Mar. Res. Jour. ,vol. 18, no. 1 p. 10-35.
- Ruiz, M. F., Origel, Y. y Rodriguez, G. (1970). Lineas de crecimiento en escamas de algunos peces de Mexico. Inst. Nac. de Inv. Pesq., Serie Investigacion Pesquera, Estudio 2, 100 p.
- Rusnak, G. A. y Fisher, R. L. (1964). Structural history and evolution of Gulf of California. En: Marine Geology of Gulf of California. Van Andel, Tj. H. y Shor, G. G. (eds.). Am. Ass. Pet. Geol. Memoir 3, p. 144-156.
- Rusnak, G. A. Fisher, R. L. y Shepard, F. P. (1964) Bathymetry and faults of Gulf of California. En: Marine Geology of Gulf of California. Van Andel, Tj. H. y Shor, G. G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geo., Memoir 3., p.
- Schaefer, W. (1972). Ecology and paleoecology of marine environments. Univ. of Chicago Press, p.
- Secretaria de Industria y Comercio. (1976). Catalogo de peces marinos mexicanos. Inst. Nac. de Pesca., 462 p.
- Sokolov, V. A. y Wong, R. M. (1972). Investigaciones efectuadas sobre los peces pelagicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1970. Inst. Nac. Pesc. Serie Informacion. Informe cientifico no. 1.
- Sokolov, V. A. y Wong, R. M. (1973). Informe cientifico de las investigaciones efectuadas sobre los peces pelagicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. Prog. Inv. y Fom. Pesq. Mex/PNUD/FAO Inst. Nac. Pesq. Serie Informacion. Informe cientifico no. 2.
- Soutar, A. (1967). The accumulation of fish debris in certain

California coastal sediments. CalCOFI reports Vol. 11, p. 136-139.

- Soutar, A. (1969). Micropaleontology of anaerobic sediments and the California Current.. En: The micropaleontology of oceans. Cambridge University Press, Londres.
- Soutar, A. (1975a). Historical fluctuations of climatic and bioclimatic factores as recorded in varved sediment deposit in a coastal sea.En: Proc. WMO/IAMAP symposium on long-term climatic fluctuations. WMO. no. 421 .
- Soutar, A. (1975a). Sedimentologic approaches to the fishery science. Simposio en Ciencia Pesquera.Marzo, 1975 Escuela Superior de Ciencias Marinas, Ensenada, B. C. (inedito).
- Soutar, A. y Isaacs, J.D. (1969). History of fish populations inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. CalCOFI reports Vol. 13, p.
- Soutar, A. y Isaacs, J.D. (1974). Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediments off the Californias. Fishery Bulletin (NOAA), vol. 72 no. 2, p. 257-273.
- Soutar, A., Kling, S.A., Crill, P.A., Bruland, K.W. y Duffrin, E. (1977). Monitoring the marine environment trough sedimentation. Nature, vol. 266, no. 5598, p.136-139.
- Sverdrup, H.U., Johnson, M.W. y Fleming, R.H. (1942). The oceans. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1087 p.
- Thomson, D.A. y McKibbin, N. (1976). Gulf of California fishwatcher's guide. Golden Puffer Press. Tucson Ariz. 75 p.
- Van Andel, Tj. H. (1964). Recent marine sediments of Gulf of California. En: Marine Geology of Gulf of California. Van Andel, Tj. H. y Shor, G.G. (eds.) Am. Ass. Pet. Geol. Memoir 3, p.
- Wyrtki, K. (1966). Oceanography of the eastern equatorial Pacific ocean. Oceanog. Mar. Biol. Ann. , vol. 4, p. 33-68.
- Wyrtki, K. (1967). Circulation and water masses in the easter equatorial Pacific Ocean. Int. J. Ocean. Limno.,

vol. 12, p. 114-147.

Walker, B.W. (1960). The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. Syst. Zool., vol. 9, no. 3-4, p. 123-133.