

Escuela Superior de Ciencias Marinas  
U. A. B. C.

RADIATIVIDAD EN Macrocystis pyrifera EN LA COSTA  
NOR-OCCIDENTAL DE LA BAJA CALIFORNIA.

T E S I S

Que para obtener el título de

O C E A N O L O G O

p r e s e n t a :

JORGE MANUEL VIDAL SUAREZ

Ensenada, B. C.

1974

## I N D I C E

|       |                             |    |
|-------|-----------------------------|----|
| I.-   | INTRODUCCION                | 1  |
| II.-  | MATERIALES Y METODOS        | 8  |
|       | Análisis de radiación Alfa  | 12 |
|       | Análisis de radiación Beta  | 13 |
|       | Análisis de radiación Gamma | 18 |
| III.- | RESULTADOS                  | 19 |
| IV.-  | DISCUSIONES                 | 28 |
| V.-   | CONCLUSIONES                | 32 |
| VI.-  | RECOMENDACIONES             | 33 |
|       | BIBLIOGRAFIA                | 34 |

## I N T R O D U C C I O N

El desarrollo industrial en la actualidad, trae consigo la formación de una serie de sustancias de deshecho, las cuales tienden a modificar las condiciones del medio al cual son arrojadas. De entre los productos de deshecho, ha tomado una gran importancia la radiactividad, la cual tiene muy variadas fuentes de origen (Fig. 1). Una de las principales fuentes de radionúclidos artificiales son los productos de fisión y fusión de pruebas de armamento nuclear, y en menor escala los que se producen por la utilización de reactores nucleares, así como las aplicaciones médicas, científicas e industriales que directa o indirectamente arrojan una diversidad de radioelementos a los océanos (Miyake, 1963; Chelet, 1967).

Los procesos involucrados en el manejo de materiales radiactivos hacen que las formas en que se presentan los radioisótopos en cualquier ambiente sean muy variados, ya que pueden venir en forma sólida, líquida o gaseosa, dependiendo de la fuente que los produzca (C.O.N.R.C., 1971).

Los agentes que proporcionan el transporte de radionúclidos a los océanos pueden ser las corrientes de aire o marinas y también los mismos organismos marinos, que tienen la capacidad de concentrar elementos radiactivos, en relación con el agua de mar (I.A.E.A., 1961). Las corrientes de aire trans-

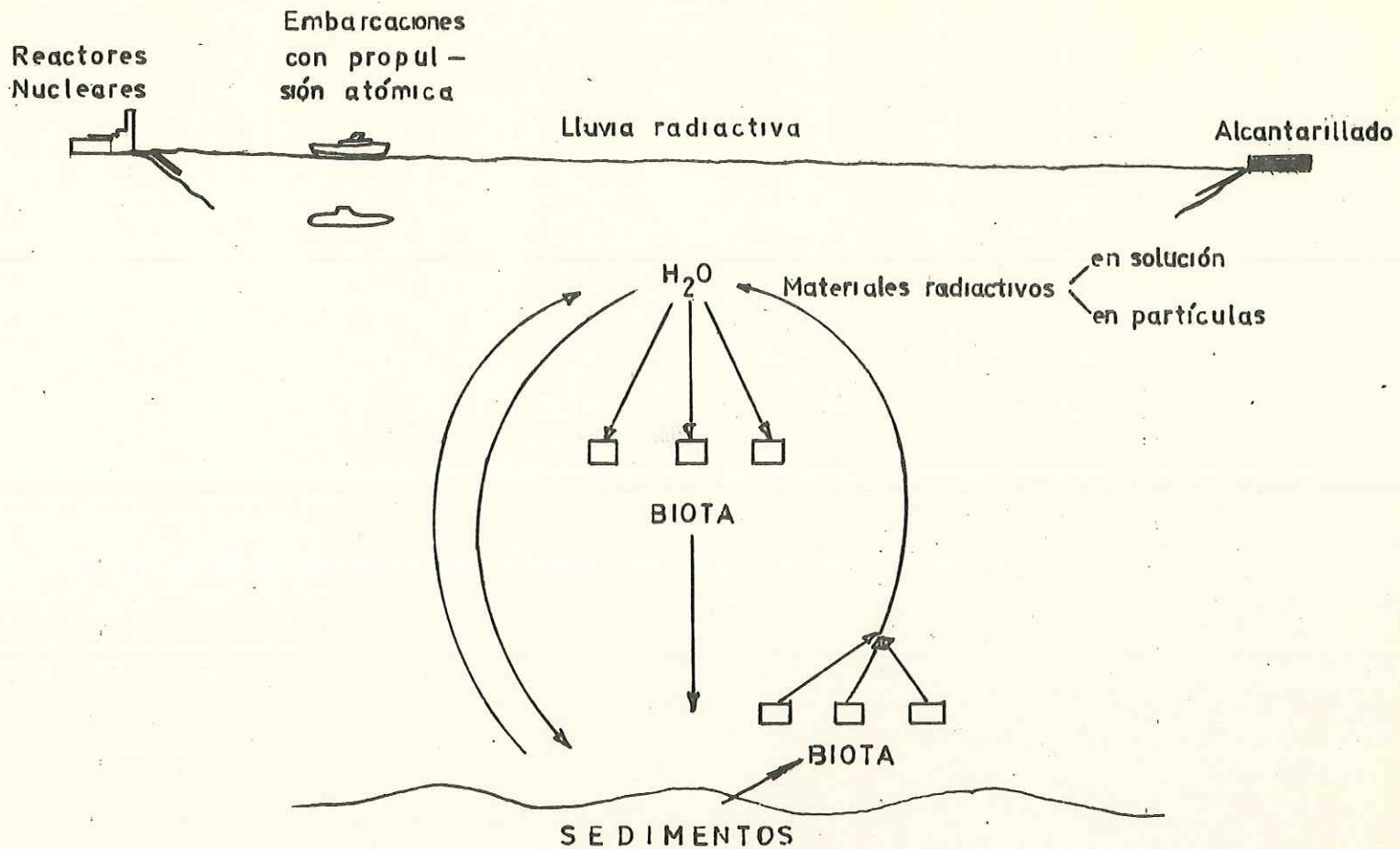


Figura 1.- Ciclo representativo de los elementos radiactivos artificiales en los Océanos y las fuentes de las cuales proceden. (U.S.D.I., 1971).

portan elementos radiactivos en forma de partículas o polvo radiactivo y estos son posteriormente depositados en el mar. Las corrientes marinas diseminan las sustancias que se encuentran en el agua. Estos materiales radiactivos introducidos en los océanos existen como solutos o partículas, dependiendo de sus características químicas (C.O.N.R.C., 1971).

El área estudiada está afectada por la Corriente de California, que proviene del Norte y corre en dirección Suroeste a lo largo de la costa. Esta corriente no se dirige uniformemente en dicha dirección, sino que está sujeta a modificaciones en su curso, como la que experimenta entre las Latitudes  $31^{\circ}$  N y  $34^{\circ}$  N, próximo a la costa (Jones, 1971). El área en estudio se localiza próxima al lugar donde la Corriente de California sufre su giro inicial (Fig. 2).

El flujo de la Corriente del Pacífico Norte es hacia el Este entre las Latitudes  $40^{\circ}$  N y  $50^{\circ}$  N (latitudes de precipitación radiactiva más alta) hasta que se aproxima al Continente Norteamericano (Young y Folsom, 1972). La mayor parte del flujo se desvia al Sur para formar la Corriente de California (Sverdrup, Johnson y Fleming, 1942; Jones, 1971). Aproximadamente a los  $46^{\circ}$  N, el Río Columbia desemboca en el Pacífico; este río recibía hasta 1971 agua usada para el enfriamiento de los reactores nucleares en Hanford, Wash. (Fig. 3) y ha sido una fuente significativa de radiactividad para el Noroeste del Pacífico durante muchos años (Watson, Davis y Hanson, 1961; Osterberg, Pattullo y Percy, 1964; Perkins, Nelson y

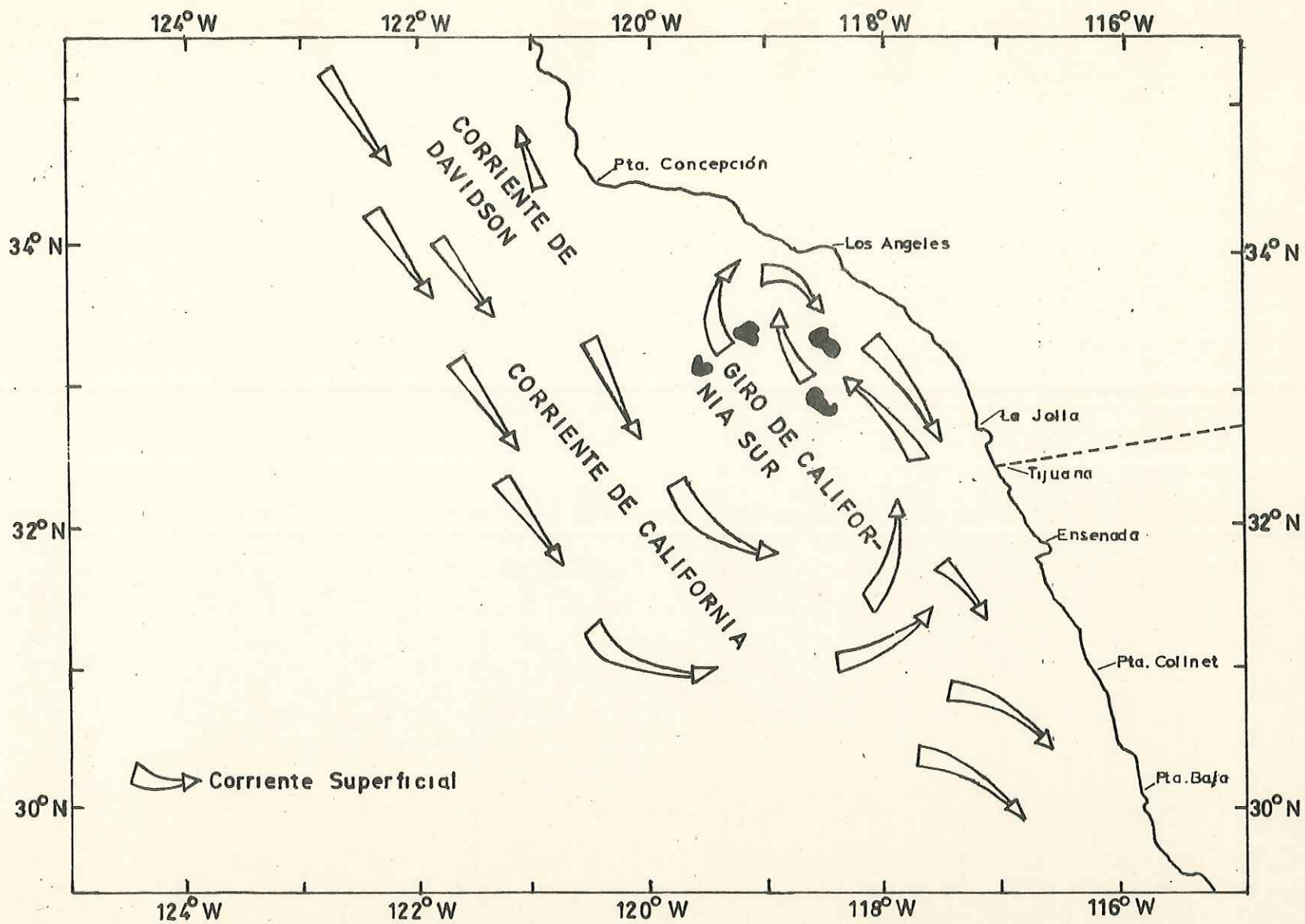


Figura 2.- Detalle de la Corriente de California. Las flechas indican el promedio anual de la circulación superficial hasta los 100 mts. de profundidad (Jones, 1971).

Haushild, 1966). Por lo tanto, próxima a su lugar de origen, la Corriente de California estaba sujeta a una admisión de radiactividad de dos fuentes: precipitación atmosférica y la procedente del Río Columbia.

Muy próximo a la costa de California y de Baja California, se han utilizado áreas relativamente extensas del océano para depositar en él envases con material de deshecho radiactivo debidamente aislados y protegidos contra el medio (Fig. 3)(C.O.N.R.C., 1971), pero no se puede abandonar la posibilidad de accidente, lo que acarrearía severos daños a cualquier organismo circundante.

La incorporación de estos elementos radiactivos varía con la época de crecimiento de las plantas y es máximo durante el período de crecimiento intensivo. Dicha incorporación es más rápida a la luz que en la obscuridad, o sea, mayor en aguas superficiales que en las más profundas. La máxima profundidad en la que ocurren las algas sésiles es de aproximadamente 90 mts., en aguas claras, y mucho menos en aguas turbias (30 a 60 mts. promedio)(I.A.E.A., 1961).

Los movimientos de agua en la costa son mucho mayores que en mar abierto. Además, la productividad biológica es generalmente más elevada en las regiones costeras, y una buena fracción de la totalidad de radionúclidos puede ser que se encuentren asociados con los organismos de las regiones próximas a la costa (C.O.N.R.C., 1971). El contacto más directo

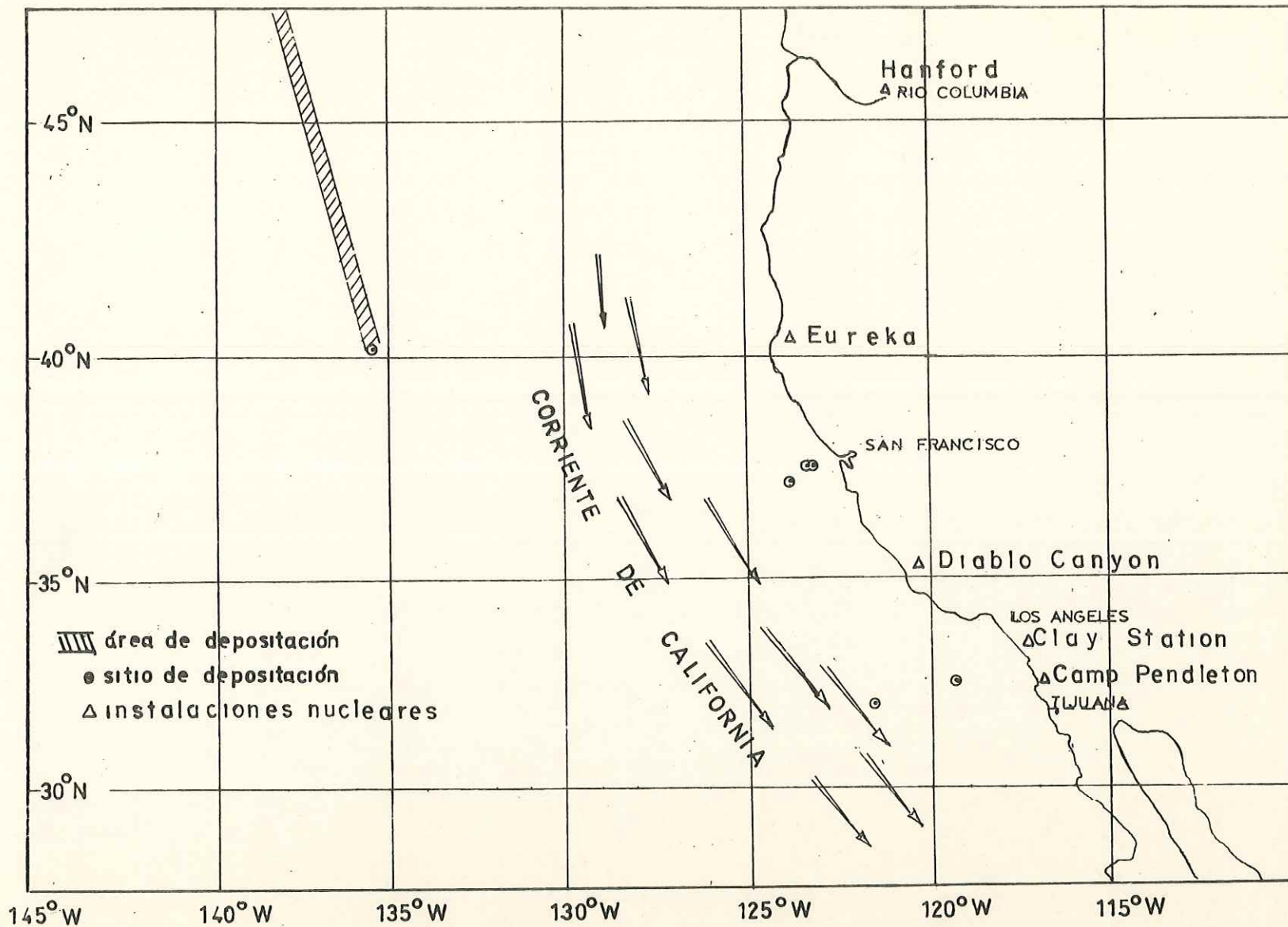


Figura 3.- Area y sitios de depositación de deshechos radiactivos con respecto a la Co--  
 rriente de California. Instalaciones Nucleares de E.U.A. en la costa del Pacifico  
 (Hogerton, 1968; C.O.N.R.C., 1971).

del hombre con los océanos es en éstas zonas, puesto que es aquí donde concentra sus actividades, ya sean recreativas, para la obtención de alimentos o de cualquier otra índole.

Se pretende en este estudio tratar a los materiales radiactivos como un tipo de contaminante introducido en los océanos y medirlo en muestras del alga parda Macrocystis pyrifera, tomadas en la costa noroccidental de la Baja California.

## M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

La zona estudiada abarca más de 100 Km. de la costa y comprende desde la frontera con Estados Unidos hasta las proximidades del puerto de Ensenada, B.C. (Fig. 4).

Cinco estaciones fueron situadas entre estos dos puntos en lugares bien definidos de la costa, a excepción de la muestra tomada en la Is. Coronado que se encuentra alrededor de los 10 Km. frente a Playas de Tijuana (Tabla 1). Más o menos a los 100 mts. de la playa, frente a estos puntos, se localizan mantos ricamente poblados de M. pyrifera, de los cuales se tomaron las muestras.

En cada una de las estaciones se tomaron muestras del fondo y de la superficie, o sea del rizoma y parte de la fronda (Fig. 5). Las hojas fueron cortadas en su base y se excluyeron los pneumatocistos. Del rizoma se seccionó parte del estipe principal y parte de las raíces. Dentro del muestreo de individuos se hizo preferencia por los de mayor madurez, determinada por la frondosidad de la base, tamaño y consistencia de la hoja, pero se incluyeron también organismos jóvenes.

En cada una de las estaciones se tomaron dos muestras de 1 Kg. de peso húmedo cada una y se guardaron en bolsas de polietileno debidamente selladas y etiquetadas con los

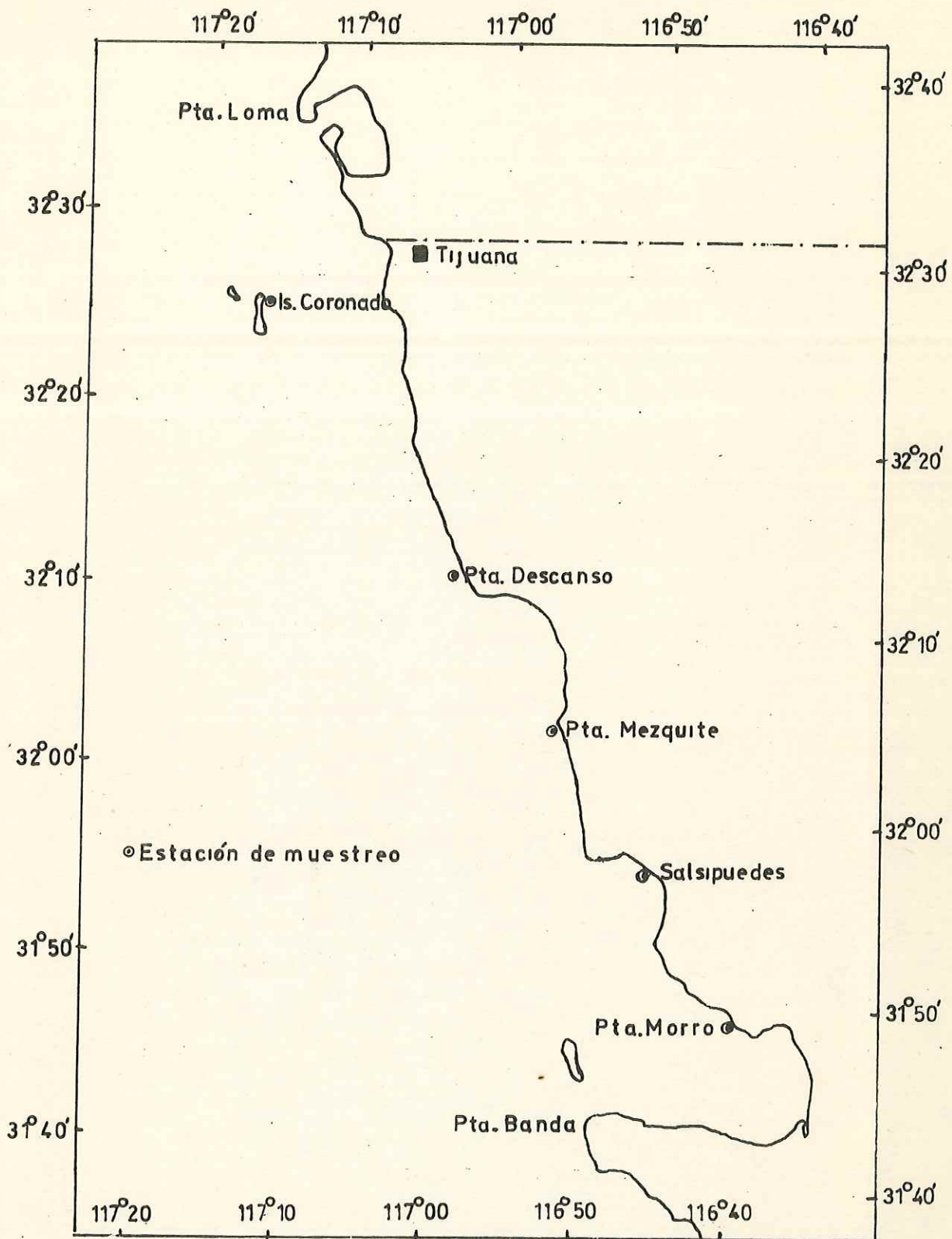


Figura 4.- Esquema que representa la localización de las estaciones muestreadas.

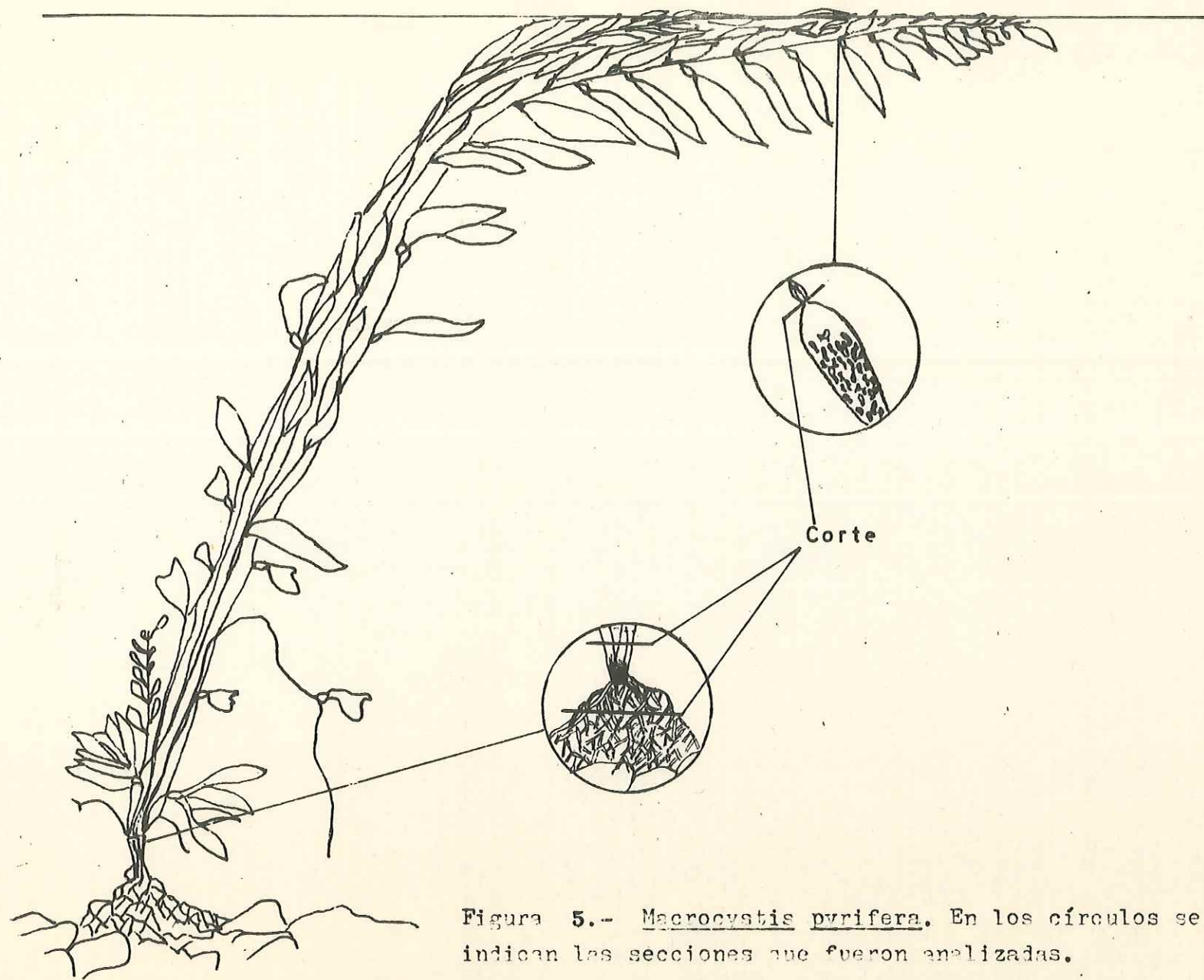


Figura 5.- Macrocyrtis pyriferá. En los círculos se indican las secciones que fueron analizadas.

datos particulares de la localidad. Para las muestras del fondo, el corte fué hecho con cuchillos de plástico y asimismo se guardaron en bolsas del mismo material. El uso de éste material es para evitar una posible contaminación que pudiera alterar el valor real de los análisis. Estas últimas se recolectaron utilizando un equipo de buceo autónomo. En la superficie el corte fué hecho a mano desde una embarcación, evitando contacto con el casco de la misma.

Con el objeto de permitir que los radioisótopos de vida media corta decayeran, las muestras fueron deshidratadas, y almacenadas en bolsas de polietileno. Anteriormente a esto, todas las muestras fueron congeladas para evitar su descomposición.

La deshidratación se logró introduciendo cada muestra, colocada previamente entre dos vidrios, en un horno eléctrico a una temperatura de  $60^{\circ}$  C durante 10 horas. El análisis de los radionúclidos fué llevado a cabo en el Instituto Nacional de Energía Nuclear (I.N.E.N.), en la ciudad de México.

Para determinar radioisótopos de vida media larga, se tuvo en cuenta lo siguiente:

1.- El determinar actividad Alfa, fué para esclarecer si había una cantidad de actividad suficiente que ameritara un análisis radioquímico de emisores Alfa, o al menos de los más importantes.

2.- La actividad Beta total se midió con el fin de determinar la conveniencia, si hubiera una actividad Beta alta, de efectuar un análisis radioquímico de los emisores Beta, más significativos.

3.- Para los emisores Gamma, se procedió a hacer una gamaespectrometría y, por una parte, ver si se localizaban "picos" suficientemente altos que indicaran claramente algún isótopo emisor gamma y, por otro lado, en caso de que se presentaran, determinar si los "picos" eran lo suficientemente claros para no recurrir a una separación química y determinar, con ésto mismo, de qué radioisótopo se trataba y la concentración que pudiera tener. En el caso de que los resultados de la gamaespectrometría no fueran lo suficientemente claros, se recurriría a un análisis radioquímico para dichos emisores gamma, o de los más importantes.

#### Análisis de radiación Alfa

Primeramente todas las muestras fueron calcinadas en crisoles con mechero de gas para reducir su tamaño, para luego introducir las en una mufla a  $400^{\circ}$  C hasta obtener cenizas blancas, con el fin de eliminar el carbón y la materia orgánica. Una vez calcinadas todas las muestras fueron pesadas.

En seguida las muestras fueron colocadas en planchetas de acero inoxidable, a las que previamente se les pesó y se les tomó el fondo (cuentas que se originan de una fuente dife-

rente a la muestra, registradas por un sistema de detección), agregándoles unas gotas de lucita en acetona y secadas con lámpara infrarroja.

Para el análisis de radiación Alfa se utilizó un contador con detector de material semiconductor de silicio, marca Hershaw, modelo 31.

#### Análisis de radiación Beta

Para éste análisis se siguió el mismo procedimiento anterior, colocando parte de la muestra calcinada en planchetas de acero inoxidable y se les agregaba unas gotas de lucita en acetona.

La medición de radiación Beta se hizo con un sistema de bajo fondo equipado con bloque de anticoincidencia, marca Nuclear Chicago, modelo 3100, con detector tipo Geiger-Müller de flujo de gas (gas  $\text{Q}$ , formado por 98% Helio y 2% Butano). Los resultados fueron expresados en picocuries por gramo de muestra (pCi/g), con relación a base seca y húmeda por medio de la fórmula (Nulman, R., comunicación personal):

$$\text{pCi/g} = \frac{\text{C.P.M. (netas)}}{2.22 \times \text{F.ef.} \times \text{F.a.} \times \text{g.}}$$

en donde:

C.P.M. = Cuentas por minuto.

F. ef. = Factor de eficiencia del equipo (con Talio-204).

F. a. = Factor de autoabsorción, relacionado con el peso de las cenizas (en mg.) sobre la superficie de cada plancheta, resultando en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Dicho valor se obtiene por medio de una gráfica preestablecida.

g. = Equivalente en muestra húmeda y seca de la cantidad de cenizas utilizadas, con relación al peso total de la muestra húmeda o el peso total de la muestra deshidratada.

A estos resultados se les calculó su error estadístico ( E ), con un nivel de confianza de 95%, por medio de la fórmula (Nulman, R., comunicación personal):

$$E = \frac{1.96 \sqrt{\frac{\text{CPM (muestra)}}{T_1} + \frac{\text{CPM (fondo)}}{T_2}}}{2.22 \times \text{F.ef.} \times \text{F.a.} \times g.}$$

en donde:

CPM (muestra) = Total de cuentas de la muestra sin descontar el fondo.

$T_1$  = Tiempo de conteo de la muestra.

CPM (fondo) = Total de cuentas del fondo.

$T_2$  = Tiempo de conteo del fondo.

Inmediatamente se procedió a indagar si los radioisótopos eran naturales o artificiales. Para lograr ésto, el primer paso fué determinar la concentración de Potasio ( $K^+$ ) en cada muestra.

Lo siguiente fué disolver directamente las muestras y determinar en las mismas el potasio por espectroflamometría. Para dicha disolución el método fué el siguiente:

1.- En un vaso de 400 c.c. se ponen 3 g. de muestra calcinada. Se agrega un poco de agua y alrededor de 10 c.c. de HCl,  $\rho = 1.18$ , y se evapora a sequedad lenta en baño de arena.

2.- Se deja enfriar y se repite la operación.

3.- Se recoge el último residuo con 150 c.c. de Ac. Clorhídrico (3N, aprox.) y se calienta. Se deja reposar y se decanta en un filtro de cristal; se obtiene un filtrado amarillo.

4.- Se agrega al residuo un poco de HCl 3N hirviendo y se decanta sobre el filtro.

Se repite la operación dos o tres veces hasta que el filtrado sea blanco.

5.- Se enjuaga el filtro dos veces con agua fría y una vez con agua hirviendo.

6.- Se afora a 500 ml. y se descarta el precipitado.

Como base de calibración de las soluciones problema, se prepararon cinco standards de Sulfato de Potasio ( $K_2SO_4$ ), disueltos en 100 ml. de agua destilada.

Las soluciones anteriores se analizaron en un espectroflamómetro marca Beckmann, modelo DB, y en seguida los

resultados fueron graficados.

Los resultados de las soluciones problema que se analizaron en el espectroflamómetro, se compararon con los estándares preparados para determinar la concentración de Potasio por cada tres gramos de muestra; dividiendo los resultados graficados entre los gramos de Potasio por cada gramo de muestra (Tabla 4).

De los valores de la concentración de potasio, la actividad del Potasio-40 ( $K^{40}$ ) se obtuvo por medio de la Actividad Específica (SpA) del Potasio a partir de la fórmula (U.S.D.H.E.W., 1970):

$$\text{Ci/g ó SpA } (T_{\frac{1}{2}} \text{ en años}) = \frac{3.578 \times 10^{15}}{(T_{\frac{1}{2}}) (\text{masa atómica})}$$

En éste caso se considera en la ecuación el % de abundancia del Potasio-40 (.0118 %) y entonces la ecuación resultante es:

$$\text{SpA} = \frac{(3.578 \times 10^{15}) \times (\% \text{ abundancia})}{(T_{\frac{1}{2}}) (\text{masa atómica})}$$

en donde:

$$\% \text{ de abundancia del K-40} = 1.18 \times 10^{-2} \%$$

$$T_{\frac{1}{2}} \text{ del K-40} = 1.23 \times 10^9 \text{ años.}$$

$$\text{Masa atómica} = 40.$$

$$1 \text{ pCi} = 3.7 \times 10^{-2} \text{ DPS} = 10^{-12} \text{ Ci.}$$

entonces:

$$SpA = \frac{(3.578 \times 10^{15}) (1.18 \times 10^{-4})}{(1.28 \times 10^9) (40)}$$

$$= 825 \text{ pCi/g de K-40.}$$

Una vez teniendo ésto, la actividad del Potasio-40 en cada muestra se determina multiplicando la concentración de Kg/g de muestra por la Actividad Específica ya obtenida (Tabla-4).

$$\text{g. de Kg./g. de muestra} \times Spa = \text{pCi de K-40/g.}$$

Lo siguiente consiste en comparar esta radiactividad calculada con la medida. Si ésta última es significativamente mayor se concluye que existen isótopos producidos artificialmente.

Para determinar en qué proporción se encontraba la actividad de emisores Beta Alcalino-terreos y del Grupo III de la Tabla Periódica en las muestras, se hizo, por último, el análisis para estos elementos precipitados en forma de oxalatos de la siguiente forma:

De las soluciones obtenidas para el análisis de potasio, se toman 400 ml. y se agregan 50 ml. de Ac. Oxálico concentrado ( $\text{CO}_2\text{H}-\text{CO}_2\text{H}$ ); se agrega Hidróxido de Amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) 1:1, hasta obtener un pH de 6. Una vez logrado ésto, se precipitan los oxalatos. En seguida se separa el precipitado por centrifugación.

Una vez separado el precipitado, se pasan a las

planchetas (previamente pesadas), se agrega lucita en acetona y se secan con lámpara infrarroja. Obtenido el peso de la muestra en cada plancheta se ponen en el contador.

Para este último conteo, se utilizó un conjunto para medir bajos niveles de actividad Beta con sistema de anticoincidencia, con detector Geiger-Müller sellado, marca Institute of Nuclear Sciences "Boris Kidric", modelo LOLA-5.

#### Análisis de radiación Gamma

Para el caso de radioisótopos emisores gamma, las muestras solamente fueron deshidratadas y trituradas con el fin de tener la seguridad de que no se produjera alguna posible volatilización de dichos elementos, debido a la calcinación.

Una vez deshidratadas y trituradas, cada muestra fué pesada y posteriormente se introdujeron en recipientes de material plástico, especialmente diseñados para que ajusten sobre el detector.

En este caso, se utilizó un Analizador Multicanal de 512 canales para actividades gamma, marca Nuclear Data, modelo ND-130a, con detector de estado solido de Germanio-Litio.

## R E S U L T A D O S

Por lo que respecta a radiación Alfa, en la Tabla 2 se indican los resultados obtenidos utilizando el contador de bajas actividades para radiación alfa, lo que demuestra que no se registró ningún emisor de éste tipo.

Por los resultados obtenidos del análisis de radiación Beta, se demuestra que existe una cierta cantidad de radiación de esta índole. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.

Comparando los resultados de la Tabla 3 y de la Tabla 4, la mayor parte de la radiación emitida en todas las muestras se debe al emisor natural Beta Potasio-40.

Una mínima parte de la radiación beta total, es producida por los oxalatos de los elementos alcalino-terreos y del Grupo III de la Tabla Periódica; se reportan emisores artificiales de éste tipo que producen una actividad menor a 5 pCi/g.

Los resultados de la gamaespectrometría, señalan que no existe ningún emisor gamma que se pueda detectar con este equipo, y solo se observaron ligeras variaciones del fondo. Algunos "picos" que se presentan en los espectros, señalados en las Fig. 6,7,8 y 9, son producto de la radiación de aniquila-

ción de los rayos cósmicos, que no se pueden eliminar o evitar.

Dichos espectros señalan conteo total de cada una de las muestras, o sea 80 minutos por cada una sin descontar el fondo; los resultados del fondo se indican por separado en la Fig. 9.

TABLA 1 POSICION APROXIMADA Y DATOS PARTICULARES DE LAS ESTACIONES MUESTREADAS.

| Lugar         | Profundidad<br>(en pies) | Latitud    | Longitud    | Distancia de la<br>costa (en mts.) | Peso de la muestra<br>al recolectarse (Kg) |        |
|---------------|--------------------------|------------|-------------|------------------------------------|--|--------|
|               |                          |            |             |                                    | Superficie                                 | Bentos |
| Is. Coronados | 55                       | 32°25'00"N | 117°14'45"W | 100                                | 1  | 1      |
| Pta. Descanso | 35                       | 32°16'15"N | 117°02'00"W | 100                                | 1  | 1      |
| Pta. Mezquite | 50                       | 32°09'45"N | 116°54'30"W | 100                                | 1  | 1      |
| Salsipuedes   | 30                       | 31°58'45"N | 116°47'45"W | 100                                | 1  | 1      |
| Pta. Morro    | 50                       | 31°52'30"N | 116°41'15"W | 100                                | 1  | 1      |

TABLA 2 ANALISIS DE RADIACION ALFA (cuentas netas por hora):

|            | Isla<br>Coronado | Pta. Descanso | Pta. Mezquite | Salsipuedes | Pta. Morro |
|------------|------------------|---------------|---------------|-------------|------------|
| Superficie | 1                | 3             | 1             | 1           | 3          |
| -----      |                  |               |               |             |            |
| Bentos     | 1                | 7             | < 1           | 1           | 1          |

TABLA 3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE RADIACION BETA TOTAL Y DATOS COMPLEMENTARIOS.

| LUGAR         | FECHA DE RECOLECCION | FECHA DE ANALISIS | PESO HUMEDO TOTAL (g.) |        | PESO SECO TOTAL (g.) |        | PESO CENIZAS TOTAL (g.) |        | pCi/g. (con 95 % de Confidencia) |              |             |            |
|---------------|----------------------|-------------------|------------------------|--------|----------------------|--------|-------------------------|--------|----------------------------------|--------------|-------------|------------|
|               |                      |                   | Superficie             | Bentos | Superficie           | Bentos | Superficie              | Bentos | BASE SECA                        |              | BASE HUMEDA |            |
|               |                      |                   |                        |        |                      |        |                         |        | Superficie                       | Bentos       | Superficie  | Bentos     |
| Is. Coronado  | NOV 72               | MAR 73            | 1000                   | 1000   | 119.96               | 241.69 | 41.41                   | 45.20  | 282.56±14.45                     | 102.60±14.57 | 33.94±1.73  | 24.44±3.47 |
| Pta. Descanso | NOV 72               | MAR 73            | 1000                   | 1000   | 109.65               | 182.75 | 35.27                   | 46.10  | 126.31±18.07                     | 182.39±25.62 | 13.83±1.97  | 32.91±4.62 |
| Pta. Mezquite | NOV 72               | MAR 73            | 1000                   | 1000   | 133.46               | 214.20 | 40.28                   | 39.60  | 201.56±28.36                     | 109.53±15.41 | 26.87±3.78  | 23.38±3.28 |
| Salsipuedes   | NOV 72               | MAR 73            | 1000                   | 1000   | 165.80               | 235.55 | 41.00                   | 48.55  | 161.10±22.67                     | 113.55±10.26 | 26.53±3.73  | 26.74±2.66 |
| Pta. Morro    | NOV 72               | MAR 73            | 1000                   | 1000   | 99.98                | 243.63 | 31.00                   | 53.50  | 181.47±25.56                     | 133.42±18.89 | 30.01±4.22  | 32.34±4.57 |

TABLA 4 RESULTADOS DE LA COMPROBACION DE LA RADIACION NATURAL EMITIDA POR  $K^{40}$ .

| Lugar         | Concentración de Potasio/gr |        | SpA | PCi $K^{40}$ /gr |        |
|---------------|-----------------------------|--------|-----|------------------|--------|
|               | Superficie                  | Bentos |     | Superficie       | Bentos |
| Is. Coronado  | .29                         | .25    | 825 | 239.25           | 206.25 |
| Pta. Descanso | .21                         | .23    | 825 | 173.25           | 189.75 |
| Pta. Mezquite | .30                         | .26    | 825 | 247.50           | 214.50 |
| Salsipuedes   | .26                         | .21    | 825 | 214.50           | 173.25 |
| Pta. Morro    | .19                         | .19    | 825 | 156.75           | 156.75 |

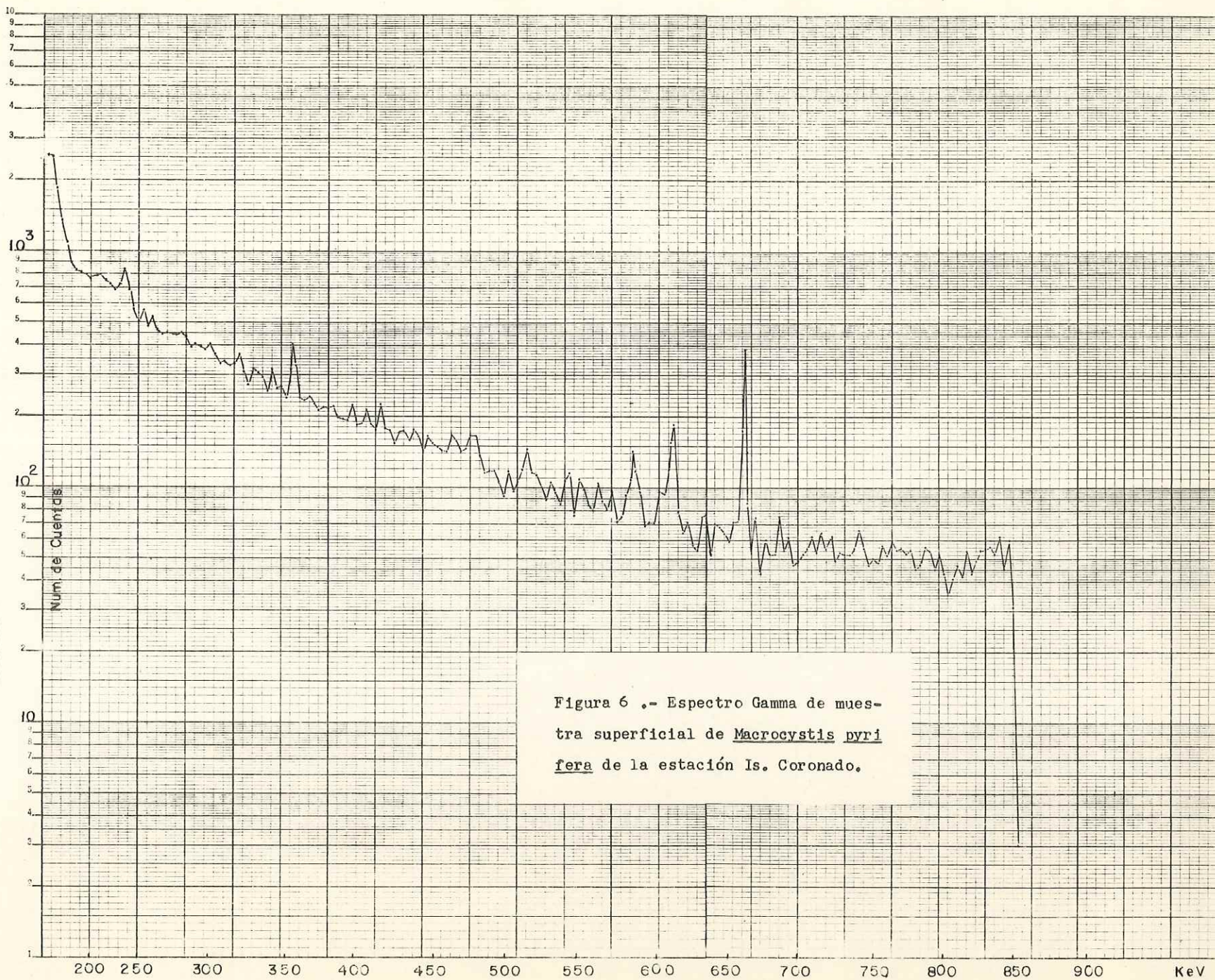


Figura 6 .- Espectro Gamma de muestra superficial de Macrocyctis pyri fera de la estación Is. Coronado.

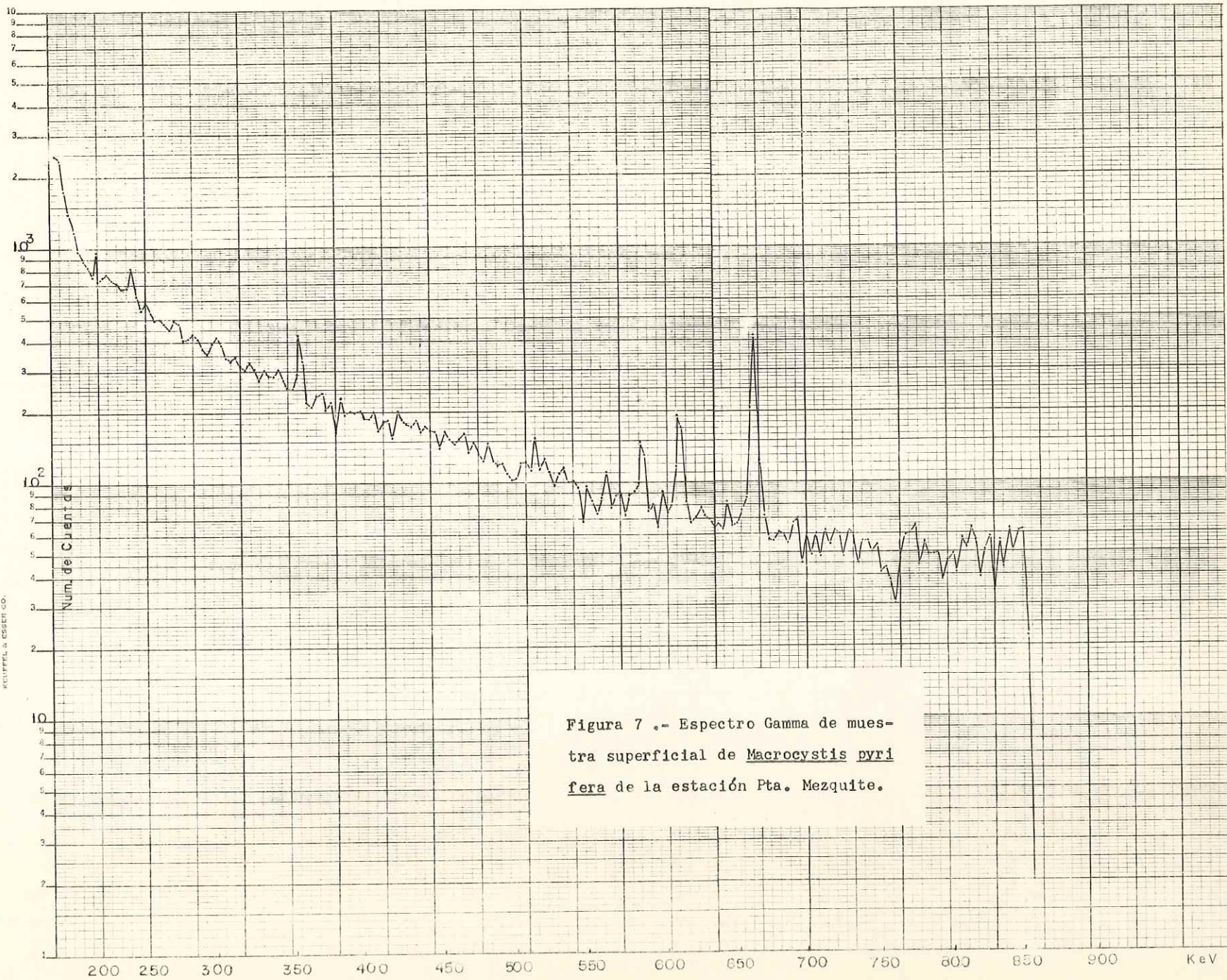


Figura 7.- Espectro Gamma de muestra superficial de Macrocyctis pyri fera de la estación Pta. Mezquite.

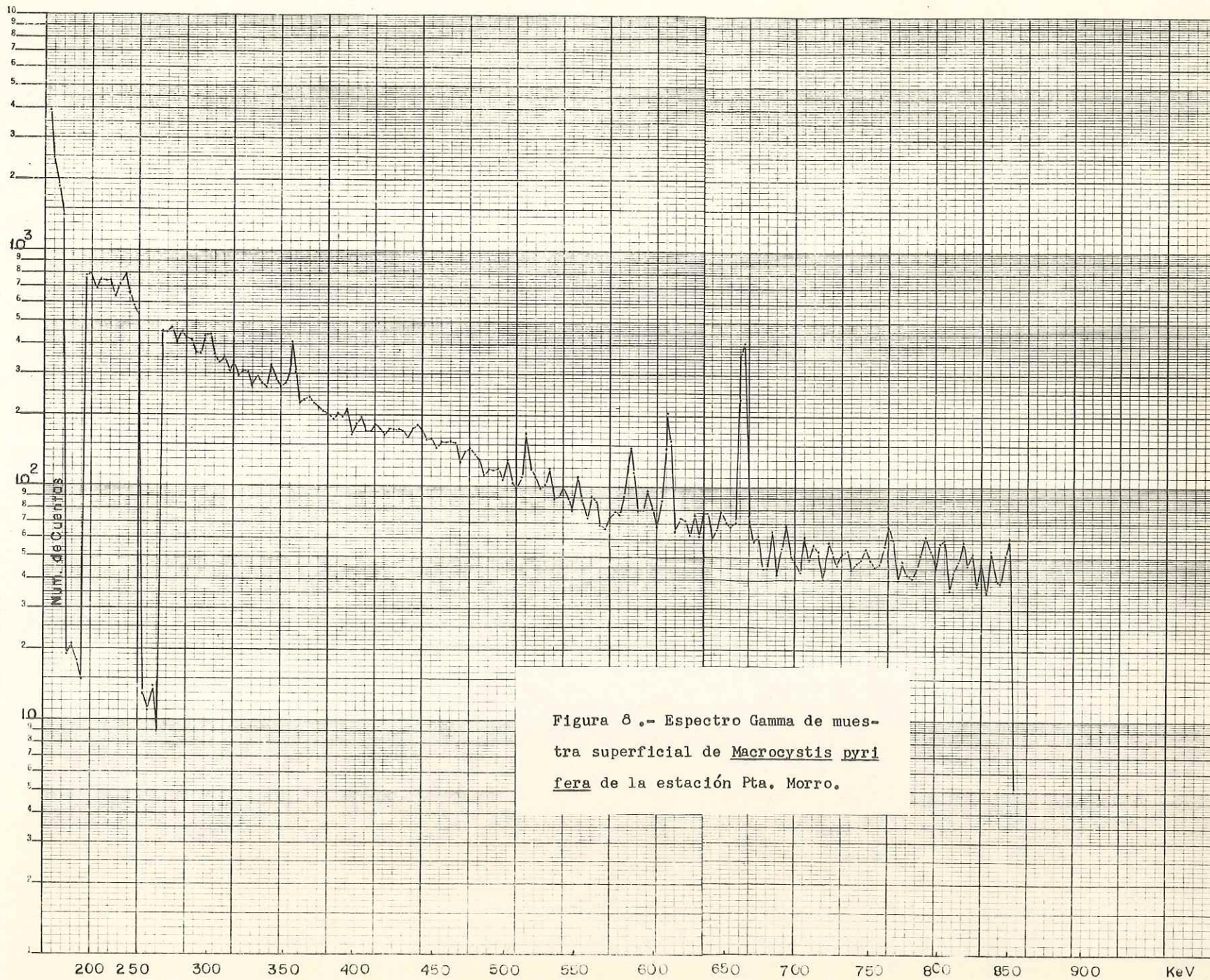


Figura 8.- Espectro Gamma de muestra superficial de Macrocyctis pyri fera de la estación Pta. Morro.

K<sup>2</sup> SEMI-LOGARITHMIC 46 6013  
4 CYCLES X 70 DIVISIONS  
KEUFEL & ESSER CO.

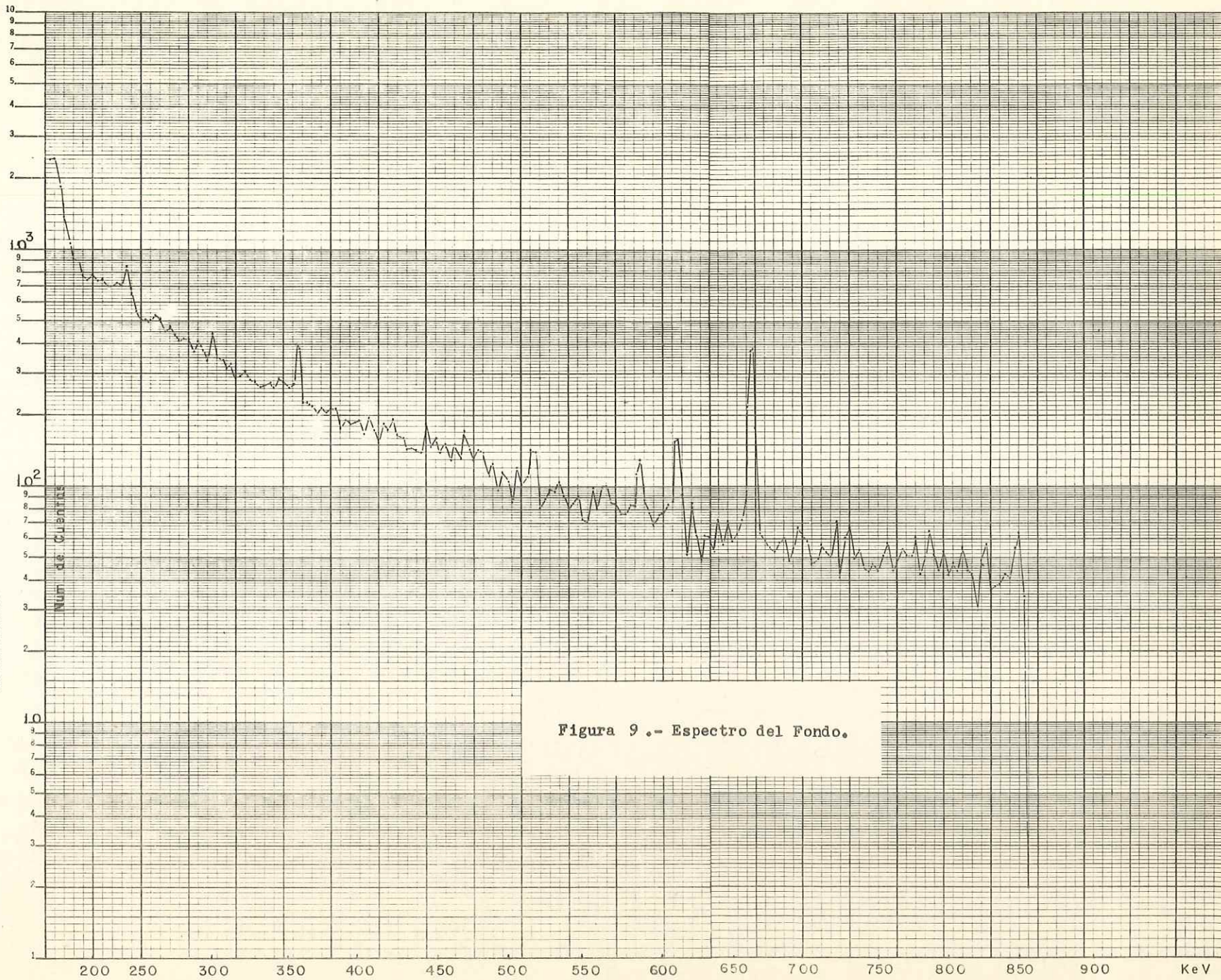


Figura 9.- Espectro del Fondo.

## DISCUSIONES

Por lo que respecta a radiación Alfa, las actividades netas detectadas son muy pequeñas y solo se registraron variaciones del fondo, por lo que no se procedió a hacer ningún análisis posterior para detectar éste tipo de emisores.

Los resultados de la Tabla 2, se expresan en cuentas netas por hora, o sea, restándoles el fondo para poder obtener conteo neto. Para evitar confusión de términos, se le denominará fondo, que como se explicó son cuentas registradas por un sistema de detección y que se originan de una fuente diferente a la muestra y bentos al lecho del océano.

Refiriendose a radiación Beta, por los resultados obtenidos (Tabla 3 y 4) se demuestra que casi la totalidad de la radiación detectada en las muestras se debe a un núclido que naturalmente se encuentra en los océanos como lo es el Potasio-40 (C.O.N.R.C., 1971) y es, entre otros (C-14 y los miembros de las series del U-238 y Th-232), de los que contribuyen más al fondo natural (I.A.E.A., 1965; C.N.E.N., 1967).

Los emisores beta pueden acarrear daños tanto internos como externos, según la energía portada. Debido a su ligera masa, menor carga que las partículas alfa y menor poder de ionización específica, son más penetrantes (C.N.E.N., 1967).

Los emisores beta más peligrosos son el Sr-90, Y-90 y el I-131 (C.N.E.N., 1967), ya que el organismo es incapaz de desechar estos elementos y finalmente se depositan en los huesos causándoles mucho daño.

Es sabido que esta especie de alga (M. pyrifera), es ampliamente utilizada por el alto contenido de potasio (Dawson, 1966), que la planta utiliza como nutriente inorgánico (Turk, et al., 1972).

Según Casarett (1968), ciertos elementos se encuentran presentes en los organismos de los océanos en mayores concentraciones que en la misma agua de mar. También explica que un núclido se comporta de la misma manera como su isótopo estable. Por consiguiente, concluye, cualquier elemento que es incorporado o metabolizado por organismos, será similarmente incorporado en su forma radiactiva.

Con lo anterior se puede explicar la presencia del isótopo radiactivo Potasio-40 en las muestras de M. pyrifera. Este radioisótopo, como complemento, se considera (junto con un pequeño grupo), como elemento radiactivo individual, ya que no se tiene noticia de que formen parte de alguna familia radiactiva (C.N.E.N., 1967).

Por último, se indica que una parte muy pequeña del registro de radiación beta se le atribuye a los elementos alcalino-terreos y al grupo III de la Tabla Periódica y en total

señalan una actividad menor a 5 pCi/g. Para el análisis de estos emisores artificiales beta se necesitaría una gran cantidad de muestra, y aún así los resultados que se pudieran obtener serían poco significativos, por lo que no se procedió a hacer un análisis individual de estos radioisótopos.

Por lo que se refiere a radiación gamma, los resultados del análisis de estos elementos señalan solamente variaciones del fondo (Fig. 6,7,8 y 9), y algunos "picos" de los espectros son producidos por la radiación cósmica, que es muy penetrante y muy difícil de evitar.

Todas las muestras fueron analizadas, pero como el resultado es muy similar entre ellas (tanto en las del bentos como en las de la superficie), solo se reportan tres, elegidas como las más representativas.

Como puede observarse, no existe ninguna diferencia entre el conteo de la muestra y del fondo, por lo que se concluye que la actividad gamma de las muestras es menor a la detectada con éste equipo.

La ausencia de contaminantes radiactivos de vida media larga en las muestras de M. pyrifera, es en todas formas muy favorable, pero no se puede excluir que otros organismos sean capaces de incorporar radioisótopos de éste tipo. Es posible también, que existan dichos radioisótopos en esta especie muestreada, pero para su detección es necesario adquirir una gran cantidad de muestra, y aún así sería necesario adquirir

también equipos de detección mucho muy precisos. Tampoco se puede excluir la posibilidad de que pudieron existir en las muestras radionúclidos de vida media corta y que por ésta razón no fue posible su detección.

## C O N C L U S I O N E S

1.- Por los resultados obtenidos se demuestra que no existen cantidades detectables de radioisótopos artificiales de vida media larga en las muestras analizadas, al menos hasta el momento de tomar dichas muestras.

2.- Existe una actividad Beta total producida en su mayor parte por Potasio-40. Una cantidad poco significativa es producida por los elementos Alcalino-Térreos y los del Grupo III de la Tabla Periódica.

3.- No se encontraron cantidades detectables de radiación Alfa (Tabla 2), ni de radiación Gamma (Fig. 6, 7, 8 y 9) en las muestras analizadas.

4.- Al parecer las instalaciones nucleares que se localizan cerca de la costa donde las corrientes marinas pudieran acarrear contaminantes radiactivos al área estudiada, no contribuyen significativamente con radionúclidos artificiales de vida media larga, por lo menos en lo que al alga Macrocystis pyrifera se refiere.

## R E C O M E N D A C I O N E S

Ya que todos los organismos marinos están sujetos a los daños debido a emisores radiactivos, y que el nivel de concentración varía significativamente entre cada especie, es necesario lograr una serie de observaciones entre diferentes organismos de esta zona, para poder establecer una comparación más precisa sobre la presencia de contaminantes radiactivos; asimismo, hay que procurar un monitoreo comparado entre aire, agua y sedimentos.

Ya que el muestreo fué llevado a cabo en una sola ocasión, no se pueden observar fluctuaciones en la actividad, y para ésto sería necesario una recolección de muestras con mayor frecuencia para poder establecer una variación estacional (anual), en caso de que la hubiera.

El nivel de seguridad en la utilización de materiales radiactivos es muy estricto, pero no se puede excluir el factor humano y para ésto hay que recurrir a una actualización de registros de ésta índole, pues es muy posible cualquier accidente o una progresiva acumulación por cualquier especie que forma parte de la gran comunidad oceánica.

## B I B L I O G R A F I A

- Casarett, A.R., 1968. Radiation Biology. Prentice-Hall Inc.
- Comisión Nacional de Energía Nuclear, 1967. Principios básicos sobre protección radiológica a trabajadores profesionalmente expuestos. México, D.F.
- Committee on Oceanography National Research Council, 1971. Radioactivity in the marine environment. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Chelet, Y., 1967. La energía nuclear. Ed. Martines Roca. Barcelona, Esp.
- Dawson, E.Y., 1966. Marine botany: an introduction. Halt, Rinehart and Winston, Inc. Sn. Fco., U.S.A.
- Flores, R.A., 1968. Instrumental básico de Ingeniería Nuclear. Tesis Profesional. I.N.P., México, D.F.
- Haliday, D., 1956. Introducción a la física nuclear. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, Esp.
- Hill, M.N. (ed.), 1963. The sea: ideas and observations on progress in the study of the sea. Miyake, Y., Artificial radioactivity in the sea. Intercience Pub. Vol. 2
- Hogerton, J.F., 1968. Reactores nucleares/sumario. Comisión

de Energía Atómica de los E.E.U.U. (División de información técnica).

International Atomic Energy Agency, 1961. Radioactive waste disposal into the sea. Safety Series No. 5. Viena.

\_\_\_\_\_, 1965. Methods of surveying and monitoring marine radioactivity. Safety Series No. 11. Viena.

Koo, E.L., 1967. Radioisótopos: teoría y experimentación. Tesis Profesional. Univ. Auton. Puebla, Pue.

Odum, E.P., 1969. Ecología. Ed. Interamericana, S.A. 2a. Ed. México, D.F.

U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1970. Radiological health handbook. Compiled and edited by the Bureau of Radiological Health and the Training Institute. Environmental Control Adm.

U.S. Department of the Interior, 1968. Research facilities of the radiobiological laboratory. Bureau of Commercial Fisheries, Beaufort, N.C. Circ. No. 298. Wash. D.C.

Young, D.R., T.R. Folsom, 1972. Mussels and barnacles as indicators of the variation of Manganese-54, Cobalt-60 and Zinc-65 in the marine environment. Southern California Coastal Water Research Project. La Jolla, Calif.

