

UNIVERSIDAD DE ORIENTE - CUMANÁ, VENEZUELA - VOLUMEN 21 - NUMEROS 1 & 2 - 1982

BOLETIN
DEL
INSTITUTO
OCEANOGRAFICO



BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CUMANA, VENEZUELA

JUNTA EDITORIAL

José Benítez Álvarez, Presidente

Luis J. Urosa, Secretario

José Carvajal R., Primer Vocal

E. K. Ganesan, Segundo Vocal

Gilberto Cedeño F., Tercer Vocal

Anibal Vélez R., Cuarto Vocal

Amado Acuña, Quinto Vocal

Benito Gamboa R., Suplente

Andrés J. Lemus, Suplente

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO
OCEANOGRAFICO

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO

E. K. Ganesan, Editor

José Benítez A., Asistente

LAGENA

Gilberto Cedeño, Editor

Anibal Vélez, Asistente

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

Mario Revollo L., Editor

DIRECTIVOS DEL INSTITUTO
OCEANOGRAFICO

Amado Acuña C., Director

Aida Martínez M., Jefe del Departamento de
Biología Marina

Luis Lares, Jefe del Departamento de
Biología Pesquera

Jaime Bonilla R., Jefe del Departamento
de Química

La Universidad de Oriente fue creada por el Decreto N° 459 del 21 de noviembre de 1958, con el Instituto Oceanográfico como su núcleo inicial. Las actividades del Instituto Oceanográfico comenzaron el 12 de octubre de 1959, en la ciudad de Cumaná, y han continuado ininterrumpidamente desde entonces.

El BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO comenzó a ser publicado semestralmente en 1961. En 1962 no se publicó. A partir del Volumen 8, la portada, el formato y las formas editoriales del BOLETIN fueron modificadas. La publicación ocasional CUADERNOS OCEANOGRAFICOS también presenta portada y formato nuevos. La revista LAGENA apareció por primera vez en 1964. A partir del número 25 y 26, LAGENA apareció impresa con formato similar al BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO y CUADERNOS OCEANOGRAFICOS. Por último, la Biblioteca del Instituto Oceanográfico publica anualmente el BOLETIN BIBLIOGRAFICO en el cual se compila el material de referencia ingresado a esa dependencia

Para información sobre la adquisición, suscripción y canje, favor dirigirse a:

Biblioteca
Instituto Oceanográfico
Apartado Postal 94
Cumaná, Venezuela

El precio de las publicaciones del Instituto Oceanográfico es como sigue:

REVISTA	En Venezuela	En el Exterior
BOLETIN	Bs. 100,00	\$10,00
LAGENA	Bs. 50,00	\$ 5,00
CUADERNOS (número)	Precio variable	
BOLETIN BIBLIOGRAFICO	Bs. 15,00	\$1,00

Los cheques deben ser remitidos a nombre del INSTITUTO OCEANOGRAFICO.

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Vol. 21 (Nros. 1 & 2)

1982

CONTENIDO

	Página
OKUDA T. <i>Rate of water renewal and phosphate input in the Gulf of Cariaco, Venezuela</i>	3
CARABALLO M., LUIS F. <i>El Golfo de Cariaco. Parte I. Morfología y Batimetría submarina. Estructuras y Tectonismo reciente.</i>	13
——— <i>Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico.</i>	37
——— <i>Parte III. Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos. Su distribución por el fondo. Fauna característica.</i>	67
——— <i>Parte IV. Los cambios del nivel del mar. La actividad tectónica y el origen del golfo. Tipo de costas, Perspectivas de hidrocarburos</i>	85
JACQUELINE ROJAS, A. J. LEMUS C. & E. K. GANESAN. <i>El ciclo vital "in vitro" de la alga marina roja Asparagopsis taxiformis (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) del mar Caribe.</i>	101
MARTÍNEZ M. AIDA. <i>Nuevos registros de holoturoideos (Holothuroidea: Dendrochirota & Apoda) en la región insular del Oriente de Venezuela</i>	113
AGUILERA, A. M. & HUG, M. F. <i>Tolerancia de la lisa Mugil curema (Pisces: Mugilidae) a varios niveles de crudos venezolanos.</i>	123
VÉLEZ R., A. <i>Hermafroditismo en la ostra de mangle Crassostrea rhizophorae.</i>	129
BONILLA, J. R. <i>Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela.</i>	133
BIALCO R. EVA M., GRIMALDI DE J. GILMA & A. M. MONTES. <i>Algunos aspectos histológicos e histoquímicos de la tunicas de Ascidia nigra (Savigny, 1916).</i>	157
AROCHA F. & L. J. UROSA. <i>Cefalópodos del género Octopus en el área nor-oriental de Venezuela</i>	167

RATE OF WATER RENEWAL AND PHOSPHATE INPUT IN THE GULF OF CARIACO, VENEZUELA

TAIZO OKUDA

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

ABSTRACT: Hydrographic and chemical conditions in the Gulf of Cariaco are influenced mainly by variations in upwelling, which are intimately associated with the wind regime. Displacement of water in the gulf is primarily controlled by prevailing winds from the E-NE direction, which enhance the outflow of surface waters and the inflow of the denser upwelled waters. Although seasonal variations of salinity in the gulf are relatively small, water temperatures fluctuate considerably with the change in the inflow rate of the upwelled subsurface waters. Using weekly water temperature and phosphate concentration data collected during 1974 and 1975, the rate of water renewal and phosphate input into the gulf were determined by setting up a simple model. It was found that the flush rate varies seasonally with the wind regime. Flushing was completed in approximately 21 days in February 1974, which was the shortest lapse (period of strong winds) and 111 days from June through October 1975, which was the longest lapse (period of weak winds). The influx of external water was estimated to be $245 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 1974 and $188 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 1975. Such influx corresponds roughly to 8 and 6 times as much as the whole volume of the gulf. The annual input of phosphate phosphorus was estimated to be about 3,350 tons in 1974 and 2,510 tons in 1975.

RESUMEN: Las condiciones hidrográficas y químicas del Golfo de Cariaco están influidas principalmente por las variaciones de la surgencia la cual está íntimamente relacionada con el régimen de los vientos. El desplazamiento del agua en el golfo está controlado primeramente por los vientos prevalecientes en la dirección E-NE que activa el intercambio de las aguas entre el golfo y el exterior; el flujo hacia el exterior es de las aguas superficiales del golfo y hacia el interior es de las aguas densas surgidas desde el exterior. Las variaciones estacionales de la salinidad en el golfo son relativamente pequeñas, mientras que la temperatura del agua fluctúa considerablemente con el cambio en la tasa del influjo de las aguas subsuperficiales surgidas. Utilizando los datos de la temperatura del agua y de la concentración de los fosfatos obtenidos durante 1974 y 1975, la tasa de renovación del agua e introducción de fosfato al golfo fue determinada por un simple modelo aquí propuesto. Se observó que la tasa de renovación varía estacionalmente con el régimen del viento. La renovación del volumen total del agua se completó aproximadamente en 21 días durante el mes de febrero de 1974, que fue el lapso más corto (período de vientos fuertes) y 111 días desde junio hasta octubre de 1975 que fue el lapso más largo (período de vientos débiles). El influjo de agua externa fue estimado en $245 \times 10^9 \text{ m}^3$ en 1974 y $188 \times 10^9 \text{ m}^3$ en 1975. Tales influjos corresponden aproximadamente a 8 y 6 veces del volumen total del golfo. La introducción anual de fosfato fue estimada en aproximadamente 3.350 toneladas en 1974 y 2.510 toneladas en 1975.

INTRODUCTION

Several previous workers (RICHARDS 1960; GADE 1961a, 1961b; KATO 1961; GRIFFITHS & SIMPSON 1967; SIMPSON & GRIFFITHS 1967; OKUDA *et al* 1978a, 1978b; OKUDA 1981) have studied and illustrated the hydrographic and chemical characteristics of the Gulf of Cariaco which are influenced by varia-

tions in upwelling associated with the wind regime. Topographic and geological conditions of the gulf have also been studied by ROA MORALES & OTTMANN (1961).

A geomorphological characteristic of the Gulf of Cariaco (Fig. 1) is that it is a semi enclosed basin which is connected to the Cariaco Basin through a narrow mouth in the western part. The gulf has a depression

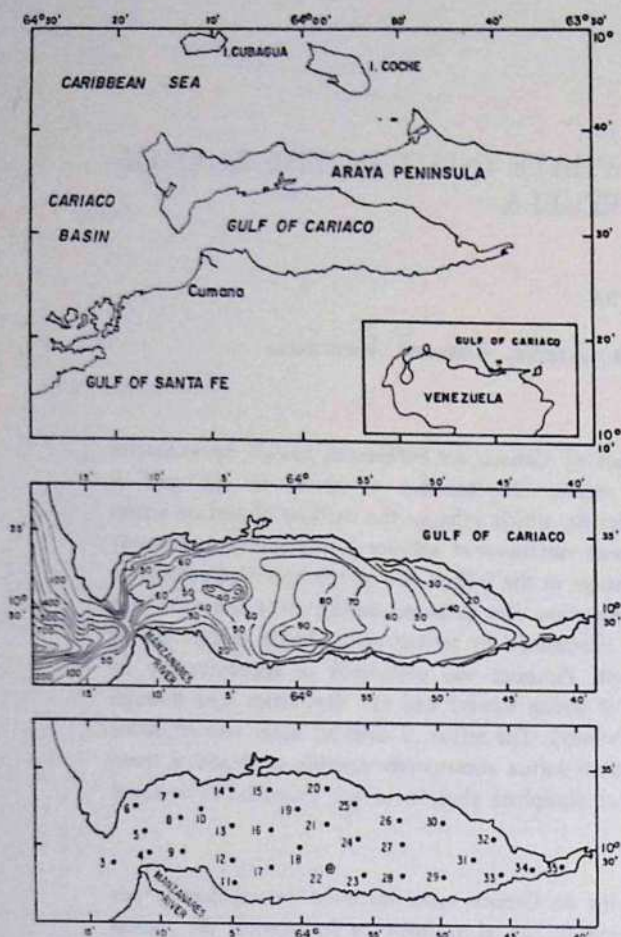


Fig. 1. Map of the Gulf of Cariaco showing 33 hydrochemical stations and bathymetric contours in meters. Weekly observations were carried out in Sta. N° 22.

(about 90m deep) in the south-central part, that is deeper than the mouth of the gulf (60 - 70m). The Gulf of Cariaco has climatic characteristics of an arid region, where evaporation far exceeds precipitation (8—11 times per year). The effect of river runoff on the hydrochemical conditions in the gulf seems to be of little significance due to the fact that waters discharged from the Manzanares river may be shifted to a surface drift towards northwest (outwards the gulf) by prevailing winds from a E-NE direction. Some small streams also drain into the gulf but with no appreciable amount to affect the hydrochemical conditions.

For lack of appreciable tidal currents, the water exchange in and out of the gulf depends mainly upon wind-driven circulation. Prevailing winds from the E-NE generate the outflow of surface water and the inflow of sub-surface water from the Cariaco Basin into the intermediate and deeper layers of the gulf.

A high primary productivity in the gulf was reported by several previous researchers (RICHARDS 1960; CURL 1960; KATO 1961; HAMMER 1967; FERRAZ DE REYES 1977; MANDELLI & FERRAZ DE REYES 1982) who attributed it to intense upwelling in the region. From an analysis of phosphate balance in the gulf, OKUDA (1981) interpreted that the inflow of the sub-surface waters of the Cariaco Basin into the gulf may contribute to the nutrient enrichment of the upper layers, which tend to lose nutrients by photosynthetic activity, and the upper layers of the gulf appear to receive a continuous supply of nutrients from the Cariaco Basin even during the period of weak wind intensity (OKUDA 1981). On the other hand, GADE (1961b) pointed out that when strong easterly winds become weak, compensating currents will set in, because of the usually sloping density surface with a pressure field balanced against the wind stress. On the basis salinity and temperature data, the same author suggested the existence of a horizontal exchange, without implying vertical circulation, and the frequent occurrences of such reverse currents.

It may be pointed out here that in order to evaluate critically the fertility of the Gulf of Cariaco, it is extremely important to assess the influx rates of external water and nutrients into the gulf. In the present paper, therefore, an attempt is made to estimate these two aspects (*i. e.* rates of water renewal and phosphate input) by applying a simple model, on the basis of weekly variations of temperature and phosphate concentrations in the water column that were observed during 1974-1975.

SOME FEATURES OF METEOROLOGIC AND HYDROCHEMICAL CONDITIONS

On the basis of data compiled by the Meteorological Station, Instituto Oceanografico, Universidad de Oriente, for 1972-1975, OKUDA *et al.* (1978a) and OKUDA (1981) reviewed meteorological conditions for the area of the Gulf of Cariaco, which may be briefly summarized as follows:

The maximum and minimum values of air temperature were found to be 32.2°C and 21.0°C respectively with two distinct periods, *i. e.* slightly lower temperatures from December to March and relatively higher temperatures from April to November. The annual precipitation ranged from 221 mm (1972) to 346 mm

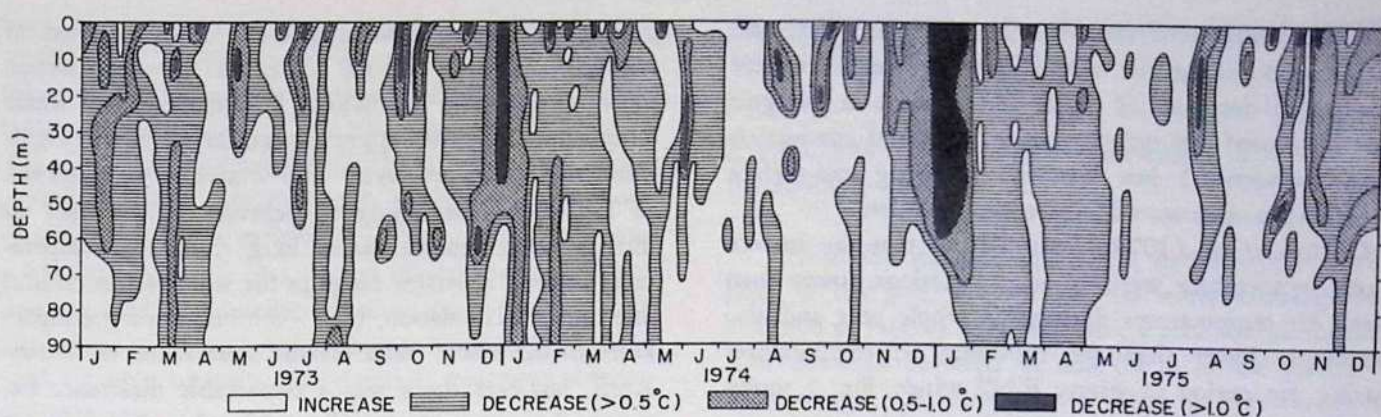


Fig. 2. Variations of temperature in the water column.

(1975), in comparison with the annual evaporation in the order of 2,530 mm (1972) and 2,720 mm (1975). These records clearly indicate that the area of the Gulf of Cariaco has a climate, characteristic of an arid region. In general, high precipitation was observed from August to November (December) corresponding to the period of low evaporation. Maximum values of daily average speeds of wind showed a range from 6.8 m/s in May (1974) to 7.4 m/s in April (1972) and May (1973) with a prevailing wind direction from NNE-ENE. Despite the fact that wind speeds showed remarkable fluctuations in rise and fall in each period, there was a definite periodic variation of wind speed and direction *i. e.*, a period of strong E-NE winds from December (January) to June (July) and a period of weak winds with a southerly component from August to November (December). Winds with a westerly component were registered only occasionally (approximately less than 20 days per year) in the period of weak winds. It may be concluded synoptically that the period of weak winds corresponds to the period of relatively high values of air temperature, low evaporation and high precipitation, while the period of strong winds coincides with a relatively low air temperature, high evaporation and very low precipitation.

As a consequence of the above mentioned meteorological conditions, the hydrographic and chemical characteristics of the Gulf of Cariaco also showed a clear existence of two markedly defined periods, *i. e.*, a period of water stagnation (with weak winds from the SW-SE) and a period of upwelling and water renewal (with strong winds from the E-NE).

During the period of water stagnation (weak wind intensity), a marked thermocline develops in the layers between 40 and 60 m, which impedes vertical mixing

of water layers above and below the thermocline. The development of such a thermocline leads to the formation of an anoxic environment with a marked accumulation of nutrients (phosphate and ammonium) in the waters below the thermocline. In the waters above the thermocline, there was a continuous depletion of nutrients by photosynthetic activity and an increase of waters temperature and dissolved oxygen.

During the period of strong winds and upwelling, the outflow of the surface waters was generated by wind stress with the upward movement of the deep water at the eastern end of the gulf, following the penetration of subsurface waters from the Cariaco Basin. With the onset of strong winds from the east northeast, the pronounced thermocline that was formed during the period of water stagnation disappears as a result of intensive water circulation resulting in a very weak stratification of hydrochemical parameters. As a consequence of all these processes, the displacement of the nutrient-rich deep waters to the surface layers significantly contributed to enrich the fertility of the waters of the gulf.

CHARACTERISTIC VARIATIONS OF WATER TEMPERATURE

Fig. 2 shows the seasonal variations in decrease and increase of temperature in the water column, which were obtained by calculating the difference between two successive observations. An appreciable decrease in water temperature was mostly found in the months from December to April (May), which corresponded to the period of strong E-NE winds, while in the period of weak winds, there was a tendency in the increase of water temperature. However, these temperature changes

were frequently observed even in the intermediate and deep layers during the whole year. But such frequent changes in decreases of water temperature in the gulf may be caused not only by evaporation and conduction (and convection) but also by inflowing sub-surface waters from open sea with lower temperature.

OKUDA *et al.* (1978a) pointed out that the surface water temperature were, in most occasions, lower than mean air temperatures during the whole year and also frequently lower than the minimum air temperatures during the period of strong E-NE winds. Fig. 3 shows some characteristic features on the weekly water tem-

perature variation. And they may be summarized as follows; (i) Even during the period of weak winds, there were notable fluctuations in rise and fall of water temperature in the upper layers, as compared with those in the deeper layers (ii) - as may be observed in Fig. 3, the beginning of February 1974, when an intense water renewal lasted long, the water temperatures showed a narrow range in the whole water column due to rapid circulation, (iii) - minimum water temperature in the whole water column were found in March-April, however there was a remarkable difference between the upper layers (above 50 m) and the deeper

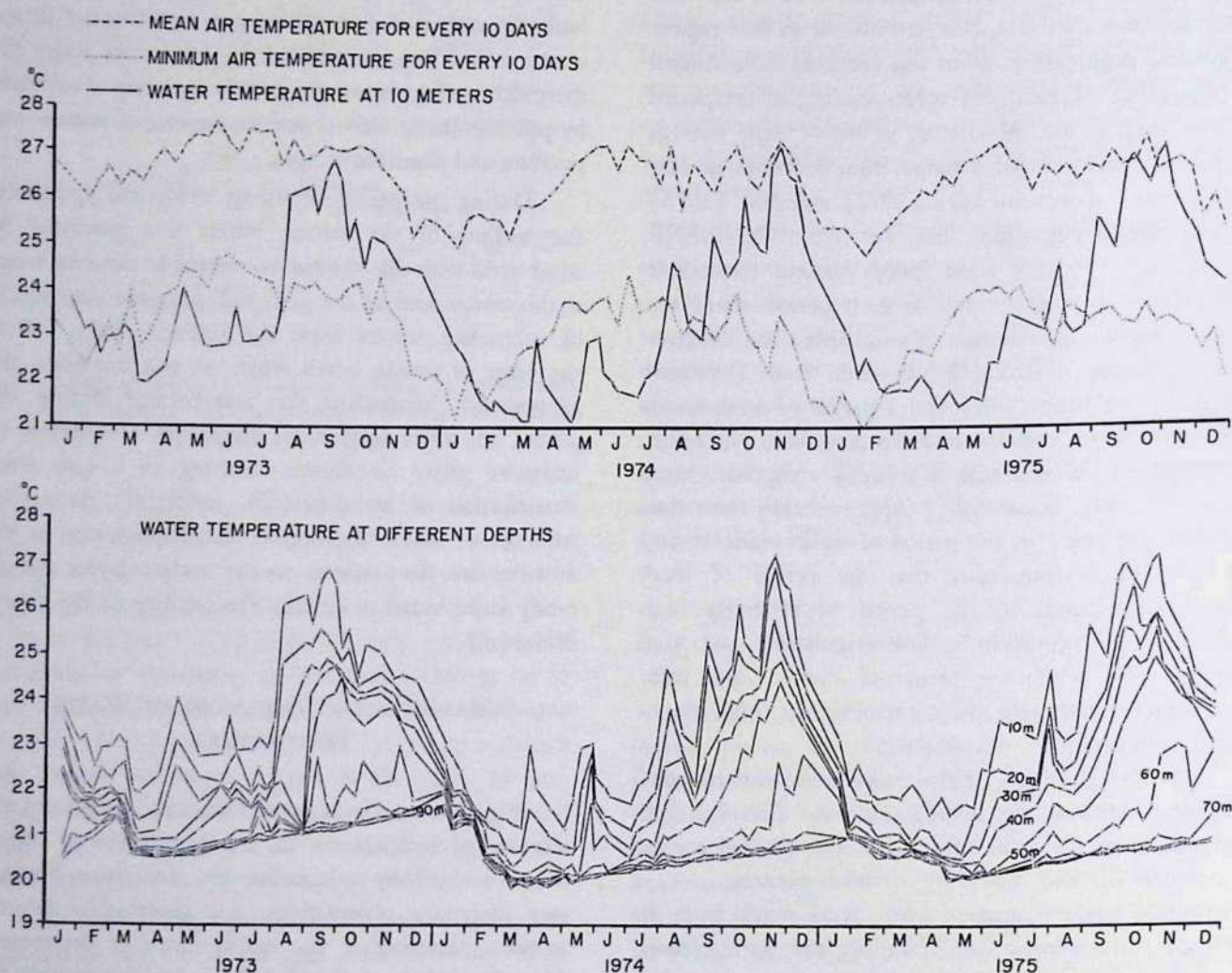


Fig. 3. Seasonal variations of mean and minimum air temperature (for every 10 days) and water temperature at different depths (with interval of 10 m).

layers (below 70 m) on the maximum water temperatures, *i. e.*, these values were observed in the upper layers in November or October, while in the deeper layers they continue to rise till January or February. After reaching the maximum values, the temperatures started to fall suddenly in both layers. Such variations indicated that the continuous inflow of the external water was initiated first in the upper layers and later was followed by the deeper water renewal. (iv) - during the period of strong winds, water temperatures at 10 m were found to be lower than the daily minimum air temperature.

In Fig. 3, water temperatures at a depth of 10 m are shown to compare them with mean and minimum air-temperatures, since the surface water temperatures are affected remarkably by heating of solar energy and also by heat exchange in the air-sea interface.

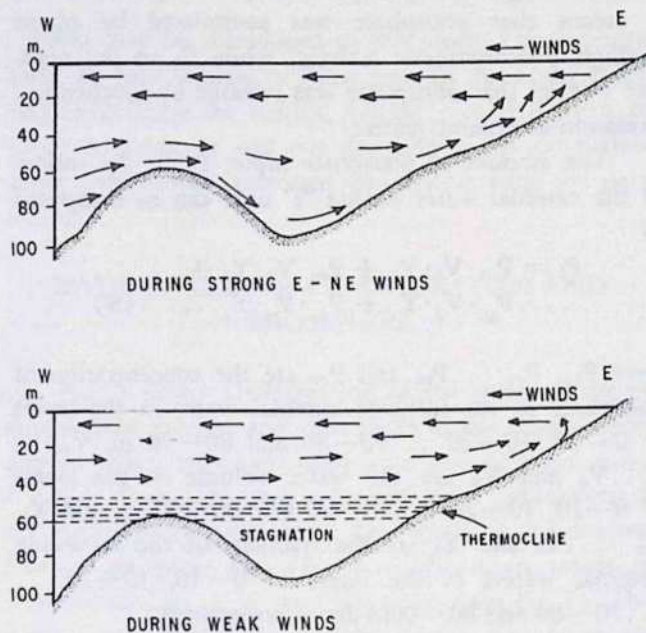


Fig. 4. Schematic illustration of water renewal.

For the surface heating, GADE (1961b) suggested that if the net incoming heat reached as much as 200 cal/cm²/day, the temperature of water entering the gulf (1.55×10^9 m³/day) may increase up to an order of 0.8 °C. Thus, surface heating in the gulf is considerably high. In the course of a relatively short period, an appreciable fluctuation in rise and fall of the water temperature at different depths of the gulf (except surface temperature) may be chiefly due to

the surface heating and the inflow of the external waters with a low temperature.

ESTIMATION OF THE WATER RENEWAL AND PHOSPHATE INPUT

From the meteorological and hydrographic conditions of the gulf, a model on the water exchange was designed as follows (Fig. 4). Since a pronounced thermocline develops between 40 and 60 m in the period of weak winds, the waters below the thermocline were stagnated because of the very restricted water exchange with the Cariaco Basin. Therefore, when the winds are from a direction favorable for surface outflow, even if they are of low intensity, water exchange may occur within the upper layers above the thermocline. In the period of strong winds, the thermocline disappears as a result of intense water exchange which enhance the outflow of surface water from the gulf and the inflow of the sub-surface waters from the Cariaco Basin to the intermediate and deeper layers of the gulf. Also, this water exchange of the deeper layers depends not only on the intensity and direction of wind but on the prevailing density gradients.

If there is an active water exchange, it is reasonable to assume that the decrease of water temperature in the gulf is caused mainly by the inflow of the external waters with low temperature, so that the surface waters which have been affected by solar radiation and atmospheric exchange flow out. Thus, the rate of mixing between the internal and external waters may be estimated from the changes in the water temperature, so that the fraction of each water type in the mixture is a linear function of temperature.

Therefore, in order to estimate the rate of inflowing external water, it is basically assumed that the decrease of water temperature during a short period between two successive observations means the net inflow of the external water and the increase of water temperature implies that there is no occurrence of the inflow of the external water.

Fraction of the internal and external waters in the mixture:

The temperature of the mixture of the internal and external waters during a relatively short period of "t" days can be expressed using the following relation:

$$T_t = T_o \cdot X + T_e \cdot Y \dots \dots \dots (1)$$

where

T_othe average initial temperature of the internal water,

T_tthe average water temperature after "t" days.

T_ethe average temperature of the inflowing external water during "t" days.

Xthe fraction of the internal water in the mixture after "t" days, and

Ythe fraction of the inflowing external water in the mixture after "t" days.

Then, the fractions of the internal water, X , and the inflowing external water, Y , in the mixture during "t" days can be expressed as follows:

$$X = \frac{T_t - T_e}{T_o - T_e} \dots \dots (2) \text{ and } Y = \frac{T_o - T_t}{T_o - T_e} \dots \dots (3)$$

It may be considered that the inflow of the external water into the gulf occurs under the following relation of temperature among 3 water types:

$$T_o > T_t > T_e$$

Volume of the inflowing external water into the gulf:

The volume of external water which flows during "t" days can be calculated as follows:

$$V = V_1 \cdot Y_1 + V_2 \cdot Y_2 + \dots \dots V_8 \cdot Y_8 + V_9 \cdot Y_9 \dots \dots (4)$$

where $V_1, V_2, \dots, V_8$ and V_9 are the water volumes in the layers of 0-10, 10-20, ... 70-80 and 80-90 m, and $Y_1, Y_2, \dots, Y_8$ and Y_9 are the fractions of the inflowing external waters in the layers of 0-10, 10-20, ... 70-80 and 80-90 m respectively.

Phosphate input into the gulf:

The phosphate content, P_t , that results from the mixture of internal and external waters after "t" days can be computed as.

$$P_t = P_o \cdot X + P_e \cdot Y - P_b \dots \dots (5)$$

where P_o is initial phosphate content, P_e , phosphate content of the inflowing external water and P_b , amount of phosphate assimilated (or released) in the biological processes, then P_e can be expressed as

$$P_e = \frac{P_t - P_o \cdot X + P_b}{Y} \dots \dots (6)$$

P_b may be estimated from the following relation based on the change in the oxygen concentration that is involved during the photosynthetic process (oxygen production) and respiratory decomposition of organic matter (oxygen consumption).

$$P_b = \{O_t - (O_o \cdot X + O_e \cdot Y)\} / 276 \dots \dots (7)$$

where O_t is the oxygen concentration of the mixture of the internal and external waters after "t" days, O_o , the initial oxygen concentration in the internal water, O_e , the oxygen concentration in the inflowing external water, and 276, the elemental ratio of change, by atoms between oxygen and phosphates. If, P_b is positive, then it means that phosphate was assimilated by plants through photosynthetic activity, while P_b in the negative implies that phosphate was released by biochemical oxidation of organic matter.

The amount of phosphate input, P_i , by the inflow of the external water during "t" days can be computed as

$$P_i = P_{e1} \cdot V_1 \cdot Y_1 + P_{e2} \cdot V_2 \cdot Y_2 + \dots \dots \dots P_{e8} \cdot V_8 \cdot Y_8 + P_{e9} \cdot V_9 \cdot Y_9 \dots \dots (8)$$

where $P_{e1}, P_{e2}, \dots, P_{e8}$ and P_{e9} are the concentration of phosphate in the influxed external water in the layers of 0-10, 10-20 ... 70-80 and 80-90 m, $V_1, V_2, \dots, V_8$ and V_9 are the water volume in the layers of 0-10, 10-20 ... 70-80 and 80-90 m, and $Y_1, Y_2, \dots, Y_8$ and Y_9 are the fractions of the inflowing external waters in the layers of 0-10, 10-20, ... 70-80 and 80-90m depth respectively.

For estimation of water renewal in this study, it was assumed that the water temperature at 10 m may represent an average water temperature of the surface layer (0-10 m), ignoring the surface temperature (0 m), in order to avoid any appreciable influence by heat exchange in the air-sea interface.

It must, however, be borne in mind that rates of water renewal obtained in this paper may be somewhat an under or overestimate for the following reasons: when the rate of inflow of external water is extremely high in the period of strong winds (or extremely low in the period of weak winds) compared with the rate of water heating, an underestimate of the rates of water

Water renewal and phosphate input in the Gulf of Cariaco

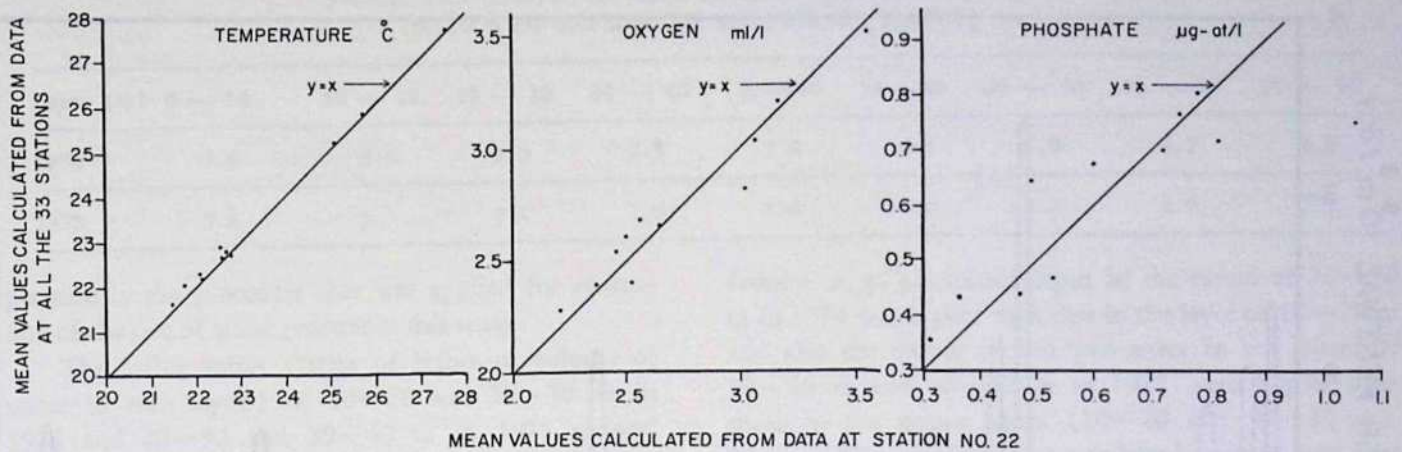


Fig. 5. Comparison between the mean values of temperature, oxygen and phosphate in the whole water column of the Gulf of Cariaco, calculated from the data at Sta. 22 and those calculated from the data at all 33 stations.

renewal may be introduced to the result. On the other hand, an overestimate of these rates in the upper layers may result from the vertical mixing even if there is no water exchange in and out the gulf, since the surface water temperature decreased by mixing with the deep waters.

DATA OF TEMPERATURE, OXYGEN AND PHOSPHATE

Fig. 5 shows a comparison of the mean values of temperature, oxygen and phosphate in the whole water column which were calculated from two different ways, *i. e.*, (i) from the mean values of these parameters in the water column at Station 22 (which is the deepest part of the gulf) and (ii) from the mean values of these parameters in all the 33 Stations (see Fig 1). The mean values obtained from the above two ways are distributed without great deviation from the line that denotes an equal value of the two mean values. Therefore, for this study, the rate of water renewal and phosphate input into the gulf were estimated using only the data of weekly observations on temperature, oxygen and phosphate at station 22 during 1974 and 1975 by applying the above mentioned procedure.

RATE OF WATER RENEWAL

The rate of water renewal varied considerably with the wind regime, which ranged from 0 to 3.41×10^9

m^3 / day (Fig. 6). Highest rate of water renewal was observed toward the end of May, 1974 when strong NE winds blew consistently. The annual average rate of influx was $0.67 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{day}$ in 1974 and $0.52 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{day}$ in 1975 respectively, while $1.08 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{day}$ (1974) and $0.69 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{day}$ (1975) were estimated for the average rate of influx in the first half semester, which corresponded to the period of active water renewal. It was noted that even in the period of weak winds, there was occurrence of appreciable water renewal in the gulf.

Measurements of the vertical current profile with a Ekman current meter in the period of strong winds was carried out by GADE (1961b). These results indicated a typical situation of outflux in the upper 20 m, with influx below 30 m, and the flushing period of the gulf was estimated to be 20 days. The same author reported that the total outflux (or influx) of water above (or below) the inflection level was estimated to be $1.55 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{day}$.

The total annual inflow of external water into the gulf was estimated to be approximately $245 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 1974 and $188 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 1975, which correspond roughly 8 to 6 times respectively as much as the total volume of the gulf (Fig. 7). Such appreciable difference in the influx of external water into the gulf between 1974 and 1975, must have been caused by the different wind conditions in the 2 years.

In Fig. 7, the horizontal lines crossing the cumulative curves of the influx were indicated in order to

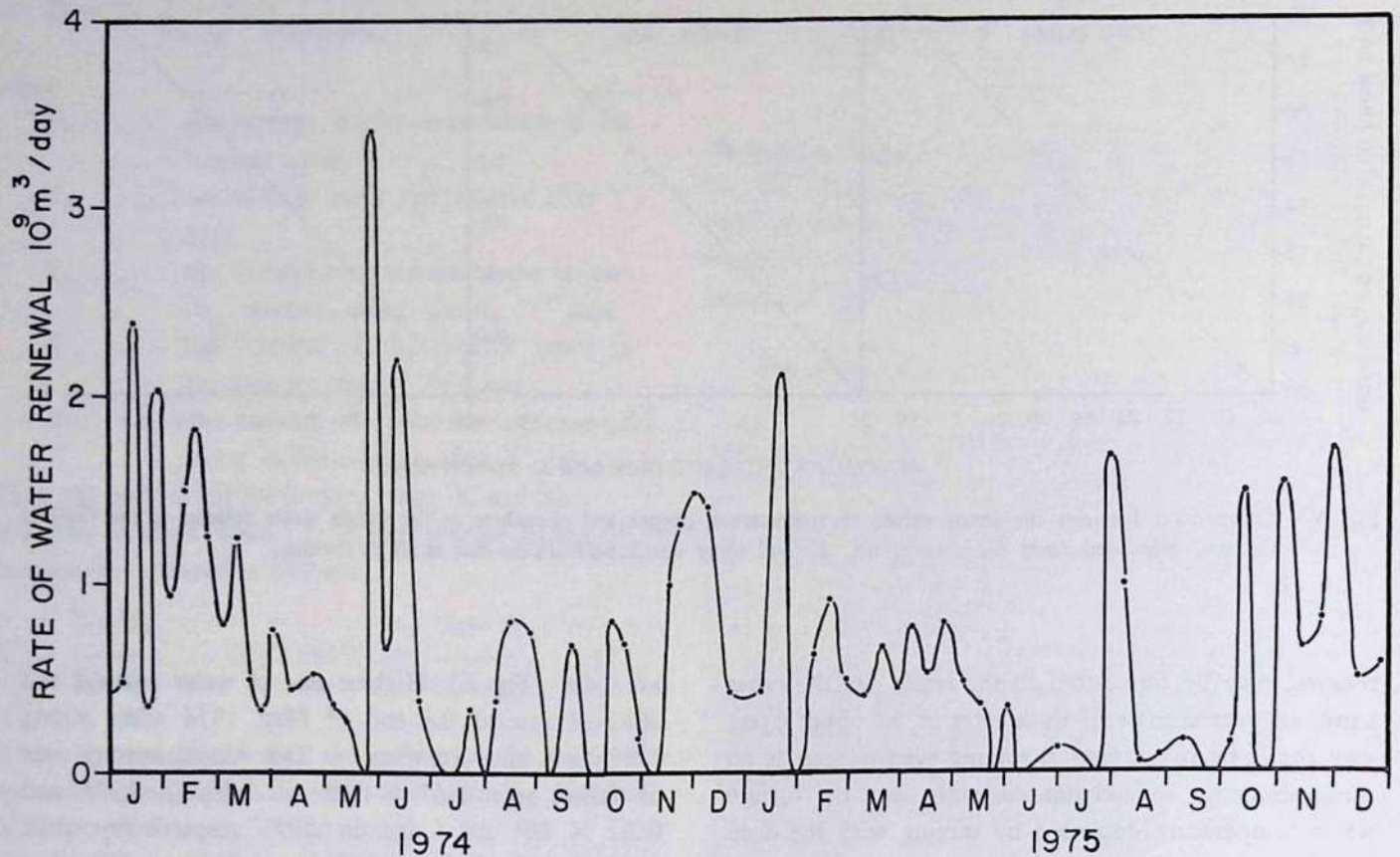


Fig. 6. Seasonal variation in the rate of water renewal.

show the influx which is equivalent to the total water volume of the gulf. As will be seen in Fig. 7, flushing was completed in approximately 21 days February of 1974, which was the shortest lapse (period of strong wind) and 111 days from June through October of 1975, which was the longest lapse (period of weak winds). The expression of flushing in this case meant that cumulative volume of inflowing water corresponds to the equivalent amount of the total water volume of the gulf. Flushing period in February, 1974 reported in the present study almost was found to be the same with that obtained for January, 1962 by GADE (1961b).

In order to estimate the rate of water renewal in this study, it was assumed that the water exchange in the gulf resulted in the outflow of the gulf water in the upper layers and the inflow of external waters into the gulf in the intermediate and deep layers. However, Fig. 8 shows a high influx of external water in the upper layers (0–10 and 10–20 m depth). Such an unexpected condition may arise from the fact that with the onset of strong winds, the deep water of the gulf with lower temperature are shifted to the surface by

upwelling, with the result that this upwelled deep water outflows. Therefore, this volume of outflow of upwelled water in the upper layers has apparently the same volume of inflow of external water with lower tem-

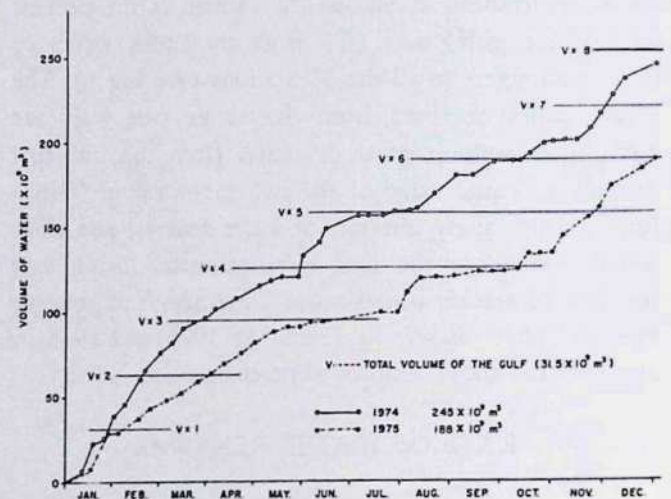


Fig. 7. Cumulative representation of the influx of external water into the gulf.

TABLE 1. — VERTICAL DISTRIBUTION OF INFLUX RATIO
(RATIOS OF INFLUX TO VOLUME OF WATER)

Layer (m)	0 — 10	10 — 20	20 — 30	30 — 40	40 — 50	50 — 60	60 — 70	70 — 80	80 — 90
1974	7.6	8.6	9.0	7.3	7.8	6.5	6.0	6.7	6.8
1975	5.8	5.3	7.1	7.0	5.6	5.6	5.7	3.8	3.1

perature in the procedure that was applied for estimation of the rate of water renewal in this study.

The influx ratios (ratios of influx to volume of water in each layers) of 10–20 and 20–30 m in 1974 and 20–30 and 30–40 m in 1975 showed much higher values in the water column. (Table 1). This may indicate that the influx of external water in these layers was comparatively more active than that in the other layers.

PHOSPHATE INPUT

The annual input of phosphate-P was estimated to be about 3,350 tons in 1974 and 2,510 tons in 1975. (Fig. 8).

Vertical distribution of phosphate input presents considerably a different pattern from that of influx of external water, *i. e.*, the latter in each layer tends to decrease from the surface to the bottom layer, on the contrary, the former does not show the same

fashion, *e. g.*, phosphate input in the layers of 20–30 m in 1974 was higher than that in the layer of 10–20 m and also the values of this parameter in the layers of 30–40 m and 40–50 m in 1975 were higher than those in the upper layers (10–20 and 30–40 m). Such a difference may be attributed to the fact that the phosphate input depends, to a great extent, on the size of water renewal but the concentration of phosphate in the inflowing external water is also an important factor.

The monthly variations of the influx of external water and the phosphate input showed almost the same fluctuation, *i. e.*, higher values of the both parameters during the period of strong winds and lower ones in the period of weak winds (Fig. 9). However, it is of interest to observe in Fig. 9 that the phosphate input in October (1974), November and December (1974 and 1975) showed strikingly low values in spite of considerably high influx in these months. This may have been caused by the fact that in these months, corresponding to the beginning of water renewal, the water exchange was limited to the upper layers and the phosphate con-

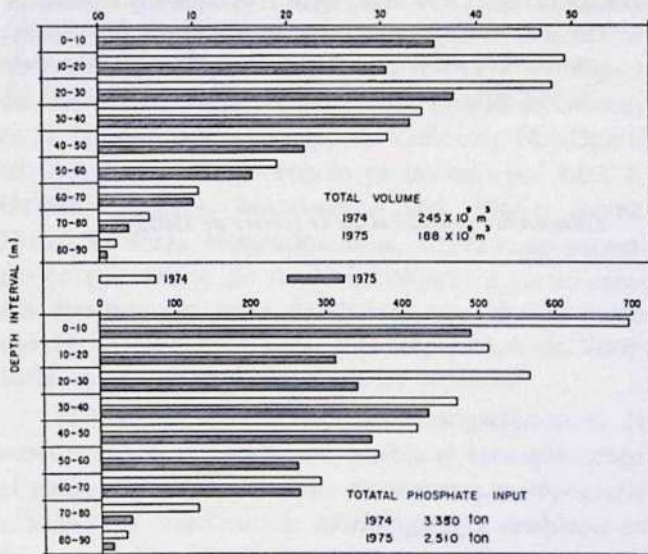


Fig. 8. Vertical distribution of the influx of external water and phosphate input into the Gulf of Cariaco.

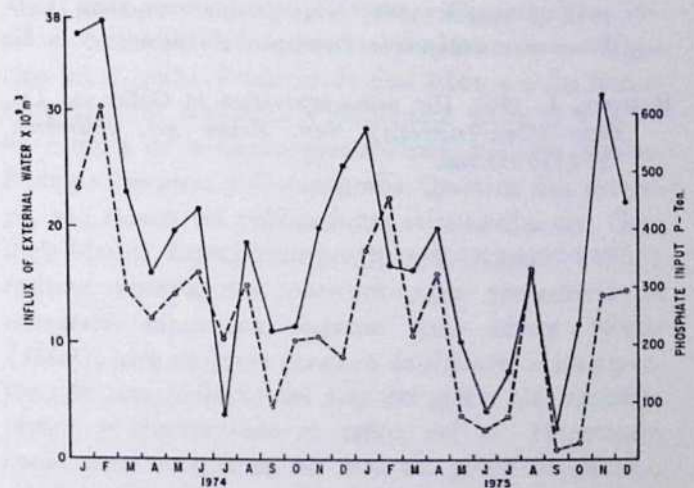


Fig. 9. Seasonal variations in the influx of external water and phosphate input into the Gulf of Cariaco.

centration of inflowing waters were still not high, because these waters penetrated from the relatively shallower upper layers of the Cariaco Basin.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to Dr. E. K. GANESAN for his valuable suggestions, to the staff of the Chemical Oceanography Department, Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, for their kind cooperation and to Messrs. A. LEMUS & A. PERNIA for drafting and photographic help respectively. Thanks are also due to Mrs. YONIS GUERRERO MARVAL for secretarial help.

REFERENCES

- CURL, H. 1960. Primary production measurement in the north coastal water of South America. *Deep - Sea Res.* 7: 183-189.
- FERRAZ DE REYES, E. 1977. Estudio sinóptico de la productividad en aguas del golfo de Cariaco. Thesis of M. Sc. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 58 pp.
- GADE, H. G. 1961a. On the hydrographic conditions in the Gulf of Cariaco during the months from May to November 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, I (1): 21-46.
- 1961b. Further hydrographic observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela, the circulation and water exchange. *Ibid.*, 1 (2): 359-395.
- GRIFFITHS, R. C. & J. G. SIMPSON. 1967. Temperature structure of the Gulf of Cariaco, Venezuela, from August 1959 to August 1961. *Investigaciones Pesqueras, Serie Recursos y Explotación Pesquera*. 1: 116-169.
- HAMMER, L. 1967. Die primärproduktion in Golfo von Cariaco (Oest-Venezuela). *Inst. Revue ges. Hydrobiol.* 52 (5): 757-768.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco, I. Chemical and hydrographical observations in January, 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 1 (1): 49-72.
- MANDELLI, E. F. & E. FERRAZ DE REYES. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67 (1): 85-95.
- OKUDA, T., J. BENÍTEZ, A., J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978a. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 17 (& 2): 69-88.
- OKUDA, T., A. GARCÍA G., B. GAMBOA G. & E. FERINÁNDEZ. 1978b. Variación estacional de fósforo y nitrógeno inorgánico en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Ibid.*, 17 (1 & 2): 89-104.
- OKUDA, T. 1981. Water exchange and the balance of phosphate in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Coastal Upwelling, Coastal and Estuarine Science* 1, (Ed. Francis A. Richards), American Geophysical Unión, Washington, D. C., 274-281.
- RICHARDS, F. A. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the north coast South America, I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep-Sea Res.* 7: 163-182.
- ROA MORALES, P. & F. OTTMANN. 1961. Primer estudio topográfico y geológico del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 1 (1): 5-20.
- SIMPSON, J. G. & R. C. GRIFFITHS. 1967. Density distribution in the Gulf of Cariaco, eastern Venezuela. *Investigaciones Pesqueras, Serie Recursos y Explotación Pesqueras*, 1: 305-327.

(Manuscrito recibido el 20 de febrero de 1983).

EL GOLFO DE CARIACO. PARTE 1: MORFOLOGIA Y BATIMETRIA SUBMARINA. ESTRUCTURAS Y TECTONISMO RECIENTE

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: El Golfo de Cariaco es un cuerpo de aguas de forma sobrectangular de unos 62.5 km de longitud en la dirección de su eje principal orientado en sentido E-W, y con un ancho promedio de 8.95 km en sentido N-S. Se encuentra localizado en una zona semi-árida de Venezuela Oriental; y sus aguas ocupan lo que hemos denominado "Plataforma de Cumaná".

El detalle batimétrico permite establecer que la topografía submarina es de control estructural, en particular, a lo largo de sus costas donde se localizan las trazas de las 2 grandes fallas del área: Falla de Cariaco, al norte, y zona de fallas de El Pilar, al sur. La ausencia de plataforma en la boca del golfo se debe básicamente a la presencia del cañón del río Manzanares.

ABSTRACT: The Gulf of Cariaco is a subrectangular body of water, 62.5 km long (E-W) and 8.95 km of average width (N-S). It is situated in a semiarid zone in the eastern part of Venezuela, and with its enclosed body of water, is referred to here as the "Cumana Shelf".

Beathymetry showed that the submarine topography is structurally controlled, especially through the coast, where the Cariaco fault to the north, and the El Pilar fault zone to the south, are located. The absence of the shel in the mouth of the gulf is basically due to the submarine canyon of the Manzanares river.

INTRODUCCION

Esta investigación forma parte del programa general de carácter geológico-submarino que lleva adelante el Departamento de Oceanografía Física y Geológica del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, en la Plataforma Continental de Venezuela Nor-Oriental. Así, y continuando con lo ya iniciado por ROA & OTTMAN (1961); MALONEY (1965, 1966); PÉREZ NIETO (1969); MORELOCK *et al.* (1972); se presentan en este trabajo los resultados obtenidos en un estudio detallado del golfo de Cariaco, considerado como una de las áreas geográficas más importantes de Venezuela en el campo de las Ciencias Marinas.

El objetivo esencial de esta investigación es el de conocer con el mayor detalle posible el área que ocupa el golfo, muy particularmente en cuanto a su topografía submarina y características morfológicas, y establecer en lo posible los diferentes eventos geológicos que han ocurrido en ésta zona de la plataforma continental, con énfasis en su tectónica, ya que aquí se localizan algunas

de las fallas más importantes de la región y del continente.

INVESTIGACIONES PREVIAS

Desde su comienzo el Instituto Oceanográfico inició el desarrollo de importantes proyectos de investigación en el golfo. Producto de ésta labor son los numerosos trabajos realizados y publicados sobre el área en los campos de la Oceanografía Física, Biología Marina, Biología Pesquera y Oceanografía Química. Sin embargo, son escasas las publicaciones relacionadas con Geología Marina. Específicamente, ROA & OTTMAN (1961) realizan observaciones sobre los cargos generales de la topografía submarina, mientras que PÉREZ NIETO (1969), hace un breve resumen de algunos de los aspectos más característicos del área del golfo. Más recientemente, y considerando el cañón del río Manzanares como parte integrante del área del golfo, MORELOCK *et al.* (1972) hacen un estudio detallado de las características y procesos tectónicos dominantes que han originado este rasgo geomorfológico tan importante; mien-

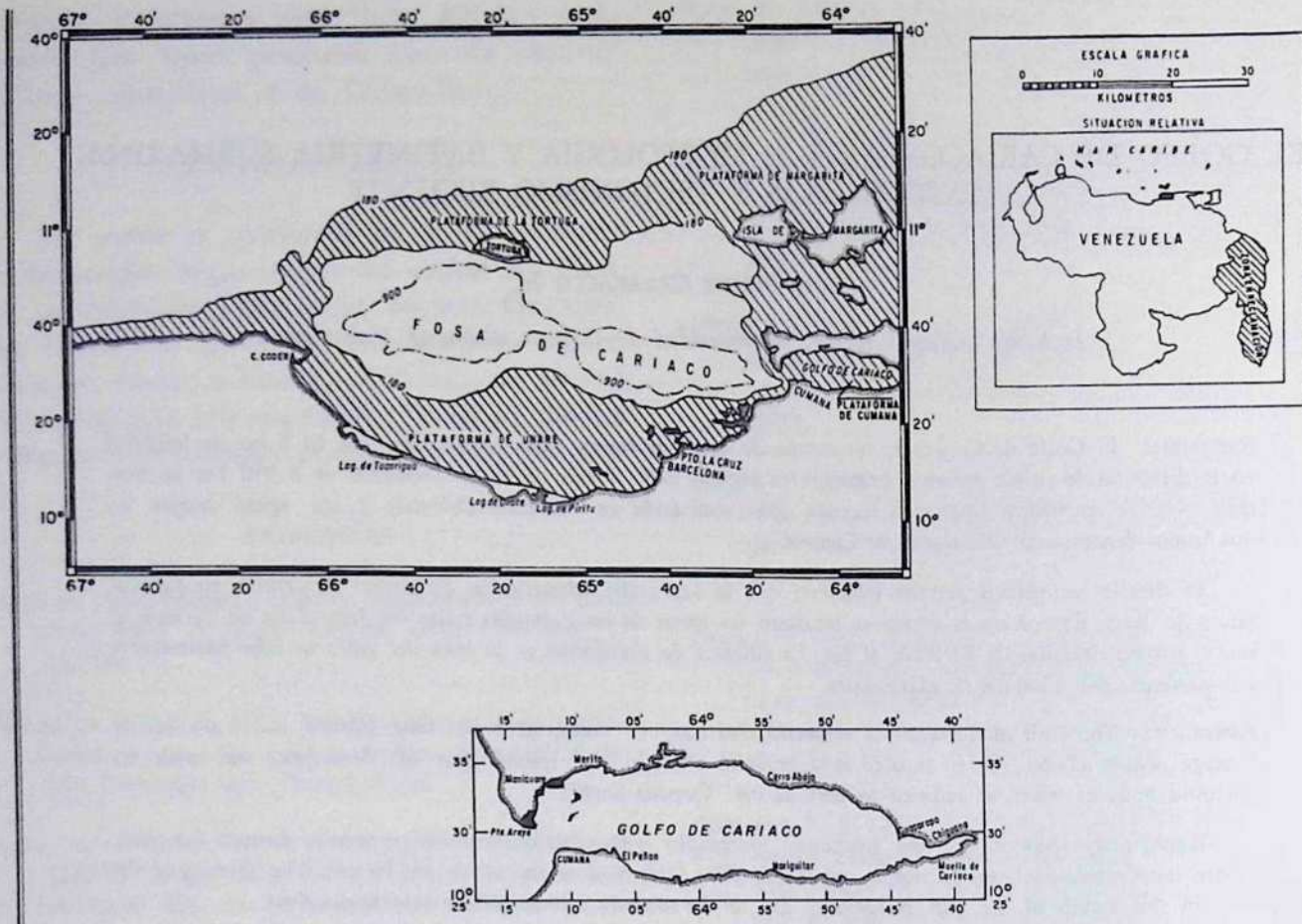


Fig. 1. Situación relativa y localización del área de estudio.

tras que CARABALLO & MACSOTAY (1973) y MACSOTAY & CARABALLO (1976) hacen referencia a importantes aterrizamientos de origen marino en la costa norte y noreste del golfo que permiten señalar evidencias para los movimientos tectónicos en el área.

GENERALIDADES

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

La plataforma continental de Venezuela es muy extensa en sus zonas oriental y occidental, mientras que se presenta como una franja estrecha, que casi toca la costa, en la zona frente al litoral central del país.

De acuerdo con MALONEY (1965), el sistema oceanográfico conocido como golfo de Cariaco está comprendido dentro de la región de Margarita, que incluye la península de Araya y la isla de Margarita. Según este autor, la plataforma es bastante ancha, más de 95 km, y se caracteriza por una topografía muy irre-

gular. Por otra parte, según el mapa fisiográfico de Venezuela (1969), el golfo de Cariaco se encuentra localizado dentro de la Provincia I que comprende plataforma continental, islas y llanuras costeras, y con un área total de 720 km².

Para el autor de éste trabajo, el golfo de Cariaco se encuentra localizado dentro de la zona sur-oriental de la plataforma continental, más específicamente, sobre el extremo más oriental del borde meridional que sigue la costa desde su bifurcación en Cabo Codera, hasta Cumaná (Fig. 1). Dentro de este borde sur, puede apreciarse, como entre las localidades de Puerto La Cruz y Cumaná, la plataforma es sumamente estrecha y de gran irregularidad; llegándose a la situación de que en las inmediaciones de Cumaná casi no hay plataforma, pues los contornos de los 190 m de profundidad están a menos de 1 km aguas afuera de la desembocadura del río Manzanares. De acuerdo a éstas características geomorfológicas tan particulares de la zona, el autor sugiere

denominar el área ocupada por el golfo de Cariaco como plataforma de Cumaná. Su posición geográfica exacta está demarcada por los $64^{\circ} 13' 40''$ y $63^{\circ} 38' 20''$ de Long. W y los $10^{\circ} 36' 00''$ y $10^{\circ} 26' 20''$ de Lat. N.

El golfo de Cariaco se considera como un cuerpo de forma aproximadamente rectangular y un eje principal orientado en sentido este-oeste. En relación a sus dimensiones longitud y anchura, Humboldt para 1799 (traducción de L. Alvarado, 1941), año de su llegada a Cumaná, estima que el golfo tiene 64.820 km de largo y 11.110 y 11.816 km de ancho. El autor, en base al amplio detalle morfológico realizado, establece, como 62.500 km la longitud del golfo entre las localidades geográficas conocidas como Punta Arena, al W, y el punto de desembocadura del río Cariaco al golfo, al E; y un ancho promedio de 8.950 km con un máximo de 16.700 km entre la desembocadura del río Güirintal, al sur, y la desembocadura de la quebrada El Destiladero, al norte; y un mínimo de 1.200 km entre Punta Cotúa, al sur y Punta Cachipo, al norte.

FISIOGRAFÍA GENERAL

El área continental norte adyacente al golfo de Cariaco está comprendida dentro del llamado ramal costero del sector orográfico oriental de Venezuela o Cordillera de Paria (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1972). Este ramal costero se extiende desde Punta Barrigón, en el extremo occidental de la Península de Araya, al oeste, hasta Punta Narizona, en el extenso oriental de la Península de Paria, al Este. Está considerado como una cadena simple, con un alineamiento casi constante oeste-este, constituyendo a la vez una divisoria de aguas entre la hoya del Mar Caribe, al norte, y la de los golfos de Paria y Cariaco, al sur.

El rasgo fisiográfico más característico cercano al golfo de Cariaco lo constituye el llamado Estribo de Casanay, que determina la divisoria norte-sur entre las hoyas hidrográficas de los golfos de Cariaco y Paria, respectivamente, (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1972). En cuanto al golfo de Cariaco propiamente dicho, podría considerársele como uno de los rasgos morfológicos más característicos de todos aquellos localizados a lo largo del extenso litoral del Caribe venezolano, exceptuando el área del golfo de Venezuela, en el extremo más occidental del mismo.

El área correspondiente al golfo de Cariaco ocupa una depresión de tipo tectónica arrumbada en direc-

ción este-oeste, y el relieve de la península de Araya adyacente al golfo, lo constituye una serranía central de elevaciones de hasta 600 m. En este sector destacan como relevamientos más prominentes: Cerro Feo (120 m), Cerro La Peña (240 m), Cerro El Destiladero (240 m), Cerro Grande (580 m), Cerro Chacopata (520 m) y Cerro Los Botones (280 m). (Fig. 2).

Hacia el sector más occidental de la península, la mayoría de las elevaciones no alcanzan los 100 m de altura. Sus caídas suaves y formas redondeadas se debe a los efectos de los procesos de erosión sobre las rocas esquistosas que conforman la formación Manicuare (SCHUBERT, 1972). Este aspecto muy particular que ofrece la topografía costera, muy acentuado entre los sitios de Manicuare y La Angoleta, ha permitido el asentamiento de núcleos humanos de singular importancia en el sector. Al desplazarse más al Este, los relieves montañosos se hacen mucho más pendientes, con paredes rocosas desnudas que prácticamente se hunden en el golfo y constantemente expuestas al accionamiento marino.

Los procesos erosivos sobre éste conjunto rocoso origina prominentes filas y picos agudos con valles largos, rectilíneos y angostos. Son los rasgos que caracterizan el material calcáreo de la Formación Carúpano. (SCHUBERT, 1972).

Si se continúa en la dirección Este, las elevaciones montañosas más importantes se alejan considerablemente hacia el interior de la Península, mientras que en el sector costero del golfo se presentan descensos pronunciados de las pendientes, hasta llegar a regiones muy suaves, casi planas, donde aparecen grandes formaciones de manglares de considerable extensión. Este rasgo morfológico del sector se debe muy probablemente a los procesos de erosión que actúan sobre los sedimentos que conforman la Formación Chiguana (BALDA, 1960; MACSOTAY & CARABALLO, 1976) y que origina toda una serie de colinas bajas de cuevas poco pronunciadas, y mesas cuya superficie buza muy suavemente hacia el mar.

Para el margen costero meridional del golfo de Cariaco, el relieve predominante lo constituyen en gran parte las rocas de la formación Taguarumo (GUILLAUME *et al.*, 1972). Lo más característico son las elevaciones de hasta 600 m de altura y escarpados que alcanzan hasta los 50° de inclinación. Se extienden desde la zona de El Peñón, al oeste, hasta un punto del litoral, pasando el poblado de San Antonio del Golfo, al Este,

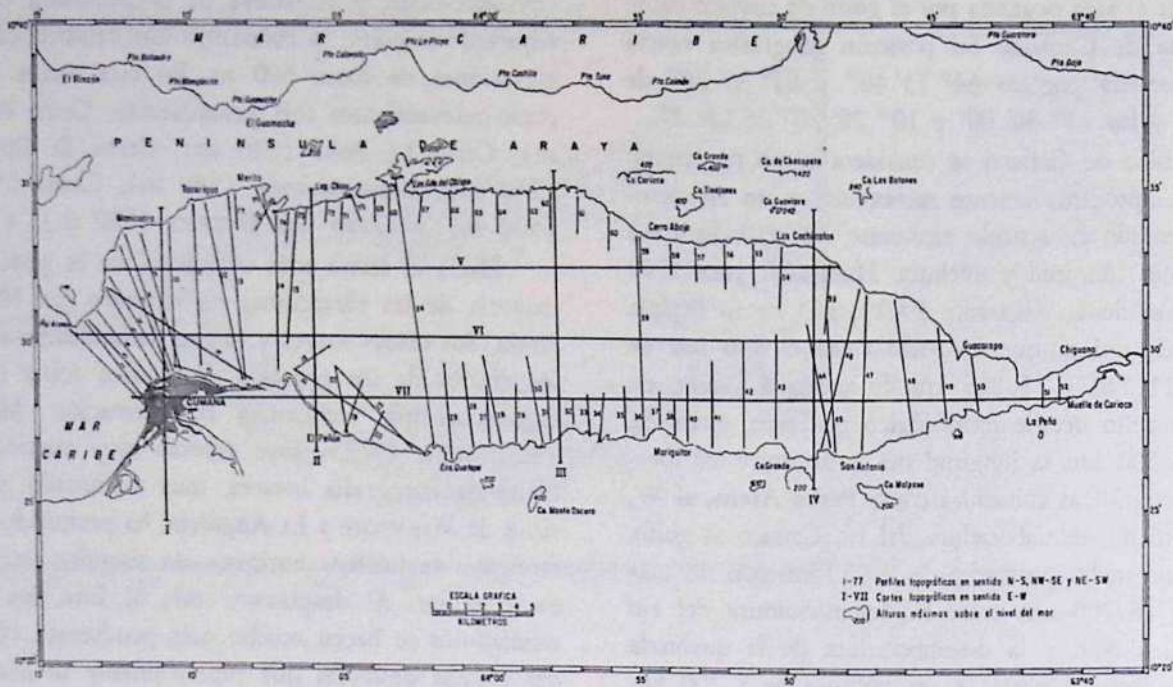


Fig. 2. Mapa de localización de los perfiles y cortes topográficos submarinos. Relieves continentales más importantes.

donde los estratos rocosos de la Formación Taguarumo se desplazan hacia el interior de la serranía, apareciendo en ese sector costero San Antonio-Muelle de Cariaco las rocosas correspondientes a las Formaciones Frontado y Valle Grande (MACSOTAY & CARABALLO, 1976). Son de destacar, entre otros, los llamados Cerro Camacuey (440 m); Cerro Sotillo (480 m); Cerro La Soledad (440 m); Cerro El Zamuro (640 m) y Cerro La Cuchilla (600 m).

En general la topografía se encuentra en una etapa de juventud avanzada, con valles profundos en "v" que en algunas zonas se presentan rellenos de sedimentos aluviales que alcanzan hasta los 15 m de espesor. Es dentro de la llamada zona de fallas de El Pilar, que es a la vez el límite norte de la Serranía del Interior, donde se localizan las numerosas llanuras aluviales y lagunares que son características de éste sector costero.

Por otro lado, el control tectónico y estratigráfico de la zona se refleja en la naturaleza plegada y fallada de las prominencias montañosas, y de fácil observación en los cortes de las carreteras Cumaná-Cariaco. Así mismo, la orientación de los ríos, quebradas y cursos de aguas llevan sus aguas al borde sur del golfo de Cariaco (Fig. 3), están relacionados con los accidentes tectónicos de dirección N, NNE y NNW.

Por último, consideramos el sector comprendido entre El Peñón y el borde oriental de la desembocadura del río Manzanares. Dentro del mismo destaca como rasgo morfológico más importante el conjunto de sedimentos fuertemente tectónizados y erosionados de las formaciones Caigüire y Cumaná (RIVERO, 1956; BERMÚDEZ, 1964; ASCANIO, 1972); y que están constituyendo los llamados Cerros de Caigüire.

Estos cerros conforman una serie de colinas localizadas al sur de la ciudad de Cumaná y al este del río Manzanares, de aproximadamente unos 5 km de longitud en sentido este-oeste, unos 2 km de ancho en dirección norte-sur y una elevación máxima de unos 160 m sobre el nivel del mar. Esta unidad fisiográfica se encuentra separada de las serranías elevadas al sur y este por una extensa llanura costera hacia donde se desplaza actualmente la ciudad de Cumaná en su proceso de expansión y crecimiento. Dentro de la unidad se destacan como elevaciones más importantes los llamados; Cerro El Zamuro (125 m) y Cerro La Paja (150 m).

En base a datos de mapas cartográficos y topográficos, así como del estudio de fotografías aéreas de la zona de influencia de drenaje de los ríos Cautaro y Manzanares, hemos preparado un croquis del drenaje

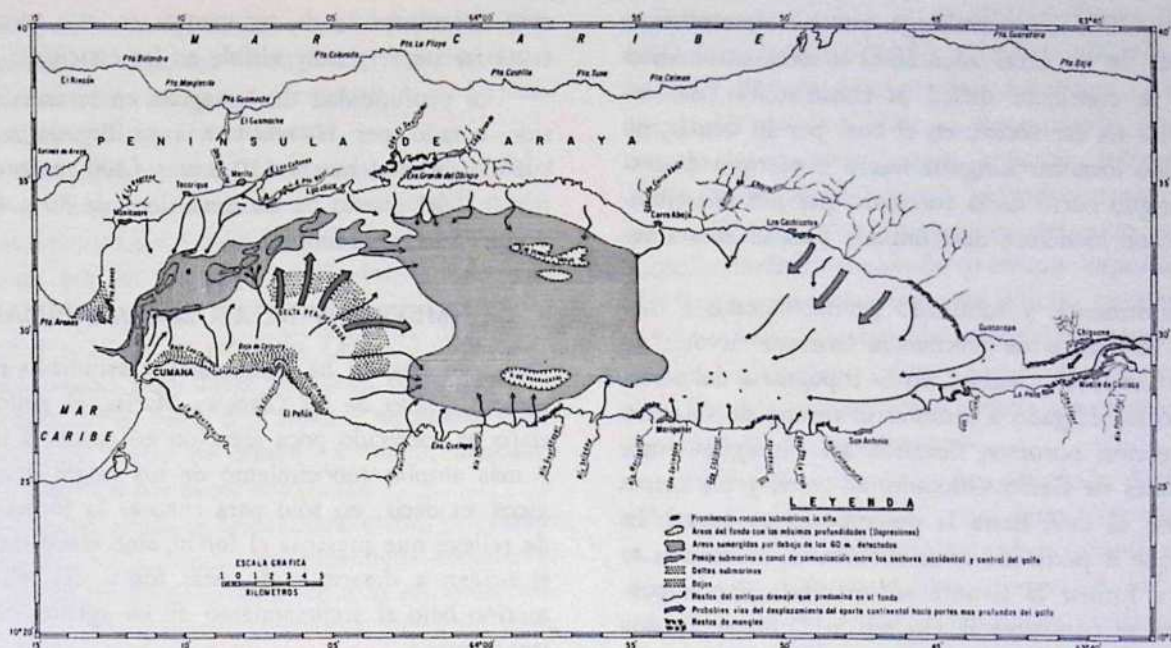


Fig 3. Características geomorfológicas de la plataforma de Cumaná. Cursos de agua que incluyen en el sistema hidrográfico del Golfo.

detallado del área de Cumaná y sus alrededores (Fig. 4), con el objeto de explicar las probables causas por las cuales en un sitio existe abundante deposición de material sedimentario, y en el otro no hay evidencia alguna de sedimentación en su desembocadura.

Un análisis completo de la información disponible, nos lleva a señalar que muy probablemente el río Manzanares pudo haber corrido en tiempos muy antiguos en dirección NE, constituyendo quizás lo que hoy aparece conocido con el nombre de río Cautaro, y desembocó en un principio directamente a la depresión tectónica allí existente. Así le dio origen a esa gran planicie aluvial que se conoce como Sabana de Campeche, y al delta de Punta Baja, ese rasgo morfológico que tanto caracteriza la costa sur-occidental del golfo de Cariaco.

Se considera que los volúmenes de sedimentos arrastrados por el río Cautaro eran de gran significación, por cuanto, además de contribuir a la formación de ese delta en el área de Punta Baja, hay evidencias claras y determinantes de que es mucho más extenso, y que aguas adentro del golfo modificó las características morfológicas originales del fondo en un área de considerable amplitud, tal y como queda demostrado en el mapa batimétrico del golfo. Ya HUMBOLDT en 1799, con esa visión científica tan extraordinaria, señaló



Fig. 4. Generalidades del drenaje de Cumaná y alrededores.
Su influencia en el golfo.

que "el sitio de Punta Delgada es un valle estrecho cubierto de una abundante vegetación y marca el punto de un antiguo escape de las aguas".

La localización en la Sabana de Campeche, en el extremo más occidental de Cabo Blanco, de restos de un meandro antiguo, parte quizás de un conjunto más numeroso, es una evidencia clara que nos prueba el hecho cierto de que por allí circuló una corriente de agua bastante tiempo atrás, testimoniando además los diferentes cambios que pudo experimentar el curso del río (Fig. 4). Es probable que el Manzanares haya desembocado en un principio en río Cautaro, en el área de lo que hoy se llama Cantarrana y Camino Nuevo

(MALONEY, 1966). Sin embargo, por las características topográficas de las áreas adyacentes a estos sitios antes señalados, se considera difícil la construcción de un cauce fluvial en ese sector, en el cual por lo demás, no se ha podido localizar ninguna huella o vestigio de restos del antiguo curso de la corriente que por allí circulaba, tal como lo hemos determinado para el área anterior.

Posteriormente, y motivado probablemente a movimientos tectónicos de frecuencia bastante notoria en el área, se producen cambios en la topografía del terreno y el río es obligado a cambiar el rumbo de su curso a una dirección noroeste, llevando así sus aguas entre las elevaciones de Cerro Colorado, al oeste, y los cerros de Caigüire, al este, hasta la desembocadura actual. Es probable que a partir de estos momentos es cuando se comienza a formar la llanura sedimentaria donde posteriormente se construye la ciudad de Cumaná. A una parte de esta llanura es a la que se refiere HUMBOLDT en 1799, cuando dice "al parecer el área inmediata al norte del núcleo de la ciudad es una llanura de apreciable extensión llamada Playa Chica que se continúa hacia el oeste hasta el sitio denominado Punta Delgada.

Sin embargo, y como es de fácil observación en los mapas publicados, el río Manzanares, a excepción de éstos depósitos sedimentarios que conforman esa llanura aluvial, no ha originado ninguna acumulación de sedimentos con aspectos deltáico en su desembocadura al Mar Caribe.

Una explicación válida para la morfología tan peculiar de este sector costero, sería el que, desde un comienzo del proceso, una acumulación deltáica ha tratado de levantarse en una zona de declive muy escarpado y de aguas muy profundas, y aún no se ha producido. En realidad, esta zona escarpada constituye parte del cañón del río Manzanares que allí se ha detectado (MORELOCK, 1972).

Los declives tan escarpados y las aguas profundas de esta zona de desembocadura, no han permitido que los grandes volúmenes de sedimentos arrastrados por el río Manzanares, aproximadamente unos 500 a 600 millones de toneladas anuales MORA *et. al.*, (1967); BENÍTEZ, (1974), se acumulen en su desembocadura. A esto hay que agregar otro factor de influencia que son las corrientes marinas, las cuales, ayudadas por la acción de los vientos predominantes del NE y E, provocarán un desplazamiento de los sedimentos en suspensión en dirección este-oeste y norte-sur. Este pro-

ceso de transporte de sedimentos en esta zona es bastante frecuente y muy visible en las estaciones lluviosas.

La profundidad de las aguas en la zona ya había sido notado por HUMBOLDT a su llegada a Cumaná cuando dice "el mar a 150 toesas (300 m aproximadamente) del puerto de Cumaná tiene de 30 a 40 brazas (54 a 72 m) de fondo.

BATIMETRÍA Y MORFOLOGÍA SUBMARINA

Aun cuando ha sido bastante estudiado en diversas disciplinas de las Ciencias Marías, el golfo de Cariaco ha merecido poca atención en cuanto a un mejor y más amplio conocimiento de sus rasgos geomorfológicos, es decir, no sólo para conocer la forma del tipo de relieve que presenta el fondo, sino tratar de estudiar el origen y desarrollo de estas formas del relieve submarino bajo el accionamiento de los agentes geológicos imperantes.

Así, la información más generalizada de su batimetría se conoce de las cartas náuticas de la Marina Americana; la N° 5749 del año 1943 y la N° 6573 de 1950, que contienen datos generales sobre la topografía submarina y la geología general del fondo del golfo. Varios años más tarde, ROA & OTTMANN (1961) elaboran un mapa topográfico que ha sido aceptado y utilizado como base para una serie de investigaciones en diferentes ramas de las ciencias marinas. Desde aquella fecha hasta el presente no se tiene conocimiento de que se haya publicado otra carta batimétrica del área del golfo de Cariaco.

En razón de lo antes expuesto, y teniendo a disposición toda una amplia información de las características más resaltantes del relieve submarino del golfo, y vistos los objetivos del trabajo a desarrollar, el autor consideró conveniente elaborar un mapa batimétrico con el mayor número de detalles posibles a fin de que pueda servir, tanto para futuros trabajos de geología, como para cualquier otro tipo de investigación, en pesquerías, biología marina, oceanografía química, etc., que se desea llevar adelante.

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La batimetría se hizo utilizando un ecosonda o fathómetro Raytheon Modelo DE-735 con alcance de hasta unos 200 m de profundidad. En el detalle batimétrico ha resultado de incalculable valor y ayuda, la realización de aproximadamente unos 150 perfiles to-

pográficos o traversas del fondo, seleccionándose un número determinado de ellos, 77 en total (Fig. 2), que a juicio del autor son los más representativos de la morfología submarina del golfo de Cariaco.

Con esta información y la obtenida de las medidas de profundidad para cada una de las estaciones de muestreo de sedimentos del fondo del golfo, así como de la suministrada por los mapas ya publicados, el autor elaboró un mapa batimétrico muy detallado, con curvas de profundidad a 10 m de intervalo (Fig. 5). Los datos de la profundidad para trazar las curvas correspondientes a las áreas llanas, desde 0 m hasta 5 m, fueron obtenidas mediante líneas de sondeo a mano, mediante inmersión directa o por buceo autónomo.

Uno de los rasgos geomorfológicos más relevantes del fondo del golfo, como comprobaremos adelante al analizar las secciones del ecosondeador, es el hecho concreto de que su topografía submarina está controlada estructuralmente, básicamente a lo largo de sus costas norte y sur, donde se localizan las trazas de las fallas de Cariaco y el Sistema de fallas de El Pilar, respectivamente.

Estableciendo una cierta relación con este rasgo tectónico tan importante, MALONEY (1966) señala que el margen continental de Venezuela en el área adyacente

a la fosa de Cariaco es de tipo de límite continental (Continental Borderland), término utilizado por SHEPARD & EMERY (1941) para reconocer el área aguas afuera del sur de California caracterizado por presentar cuencas, escarpados, bancos, cañones submarinos, etc. Ahora bien, si observamos cuidadosamente los rasgos geomorfológicos más importantes del golfo, en base a la carta batimétrica detallada, podemos expresar con claridad que en nuestra zona de estudio existen depresiones, cuencas (algunas de apreciables profundidades), escarpados, cañones submarinos, y otros rasgos del fondo (Fig. 3), que aguardan mucha semejanza con aquellas zonas de límite continental.

El detalle batimétrico ha permitido dividir la plataforma de Cumaná en 3 zonas bien diferenciadas entre sí, de acuerdo a la morfología de su fondo: zona occidental, zona central y zona oriental. A los efectos de esta división en zonas, el autor ha considerado como límite de las mismas, los accidentes o puntos geográficos más resaltantes de la morfología costera del golfo.

ZONA OCCIDENTAL

Así, la zona occidental es la comprendida desde la boca o entrada al golfo, al oeste, y la línea imaginaria

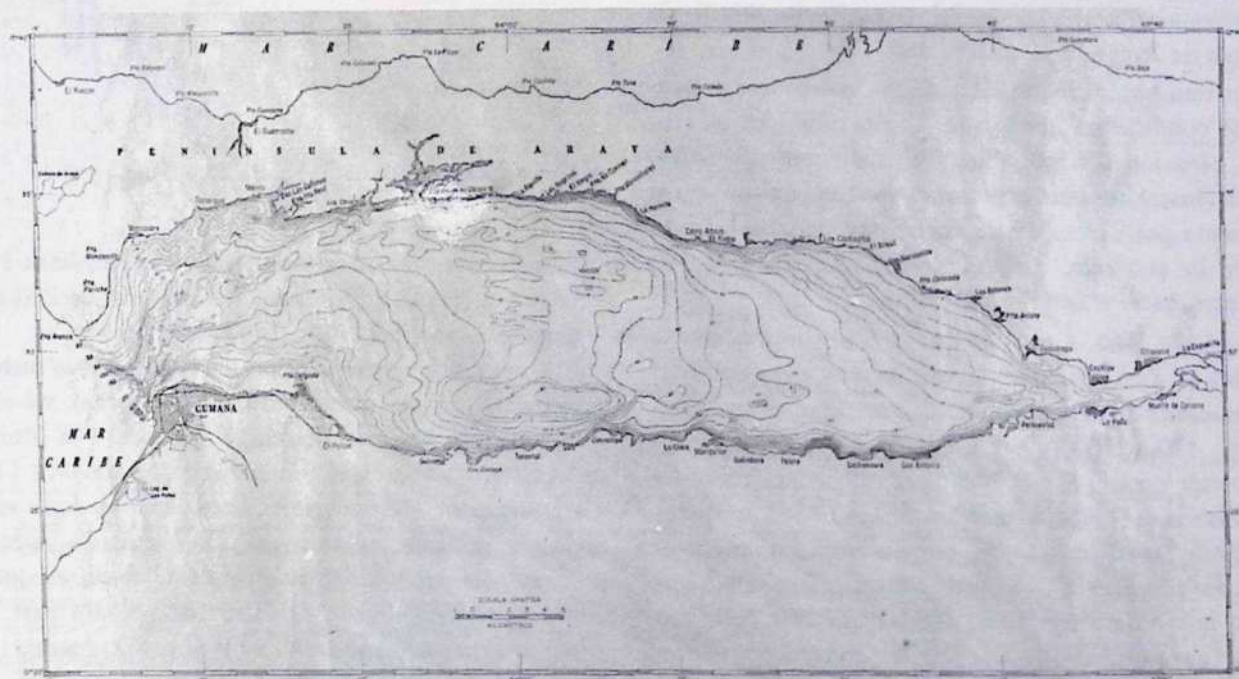


Fig. 5. Mapa batimétrico del golfo de Cariaco. Localidades y accidentes geográficos más importantes.

que une los pronunciados salientes rocoso y arenoso de Punta Salazar, al norte y Punta Deigada al sur. De las 3 consideradas, es la región de relieve submarino más accidentado. Se puede señalar que uno de los aspectos más característicos en ellas es una zona amplia, extensa y bien definida por la isobata de los 55 m, de aproximadamente unos 13,200 km de long en sentido SW-NE, y unos 1.755 km en sentido N-S (Fig. 3). Dentro de esta zona resalta, como lo más relevante, una especie de cañón o valle submarino localizado inmediatamente a la entrada del golfo que alcanza entre los 80 y 150 m de profundidad, y se extiende por unos 4.400 km (Fig. 3).

En nuestra opinión, ésta es la vía por donde penetran las aguas profundas al golfo provenientes del extremo más oriental de la depresión este de la fosa de Cariaco. Uno de los aspectos más importantes que se observa en los perfiles topográficos que cubren ese sector de la zona (Fig. 6, líneas 1 a 6), y que nos permiten corroborar nuestra anterior consideración sobre un cañón submarino, lo constituye la nitidez y claridad de las irregularidades del fondo, valles en "v" con paredes de pronunciada inclinación y fondo del valle de apariencias completamente limpio. Son elementos que parecen evidenciar un origen tectónico, quizás como parte del sistema general E-W de la falla de El Pilar, o como una prolongación de las estructuras que vienen de la península de Araya.

En tiempos recientes, al parecer, no se han presentado las condiciones apropiadas como para que se acumulen cantidades apreciables de sedimentos u otros tipos de materiales en esas zonas profundas, muy probablemente por efecto de las corrientes marinas profundas que lo arrastran, de acuerdo al supuesto juego de las mismas, hacia el interior del golfo.

Por otro lado, a medida que el valle submarino se aproxima al área más exterior de la zona occidental en consideración, las profundidades aumentan muy rápidamente, 170 y 200 m en trayectos muy cortos, significando con esto su acercamiento al lecho del cañón del río Manzanares (Fig. 6 perfiles 1 a 4). Son elocuentes y muy significativos los perfiles topográficos realizados en esta área de contacto con el cañón del Manzanares, por cuanto son bases sólidas que nos permiten aseverar categóricamente el origen tectónico (fallamiento) del valle submarino que atraviesa la zona occidental del golfo. De igual manera, son visibles y fáciles de reconocer, pequeños cañones, algunas veces hasta en

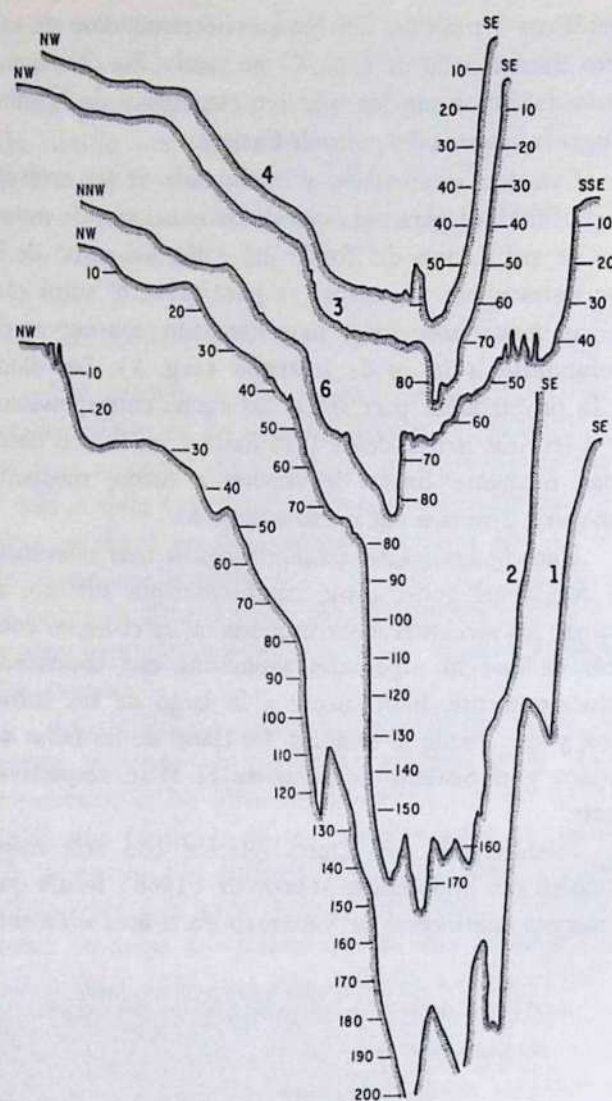


Fig. 6. Zona occidental del golfo. Líneas 1 a 4 y 6.

número de 4 en un mismo perfil (Fig. 6, línea 2) que se van a juntar a profundidades mayores de 200 m con el eje principal del cañón del río Manzanares.

Aquellos procesos como las corrientes de turbiedad, movimientos de masas sedimentos, erosión subaérea y fallamiento, han contribuido, al parecer, a la formación del Cañón Manzanares. Sin embargo, MORELOCK (1972) en una serie de consideraciones establece que el proceso dominante ha sido de tipo tectónico, influyendo de manera especial al escarpe de falla correspondiente al sistema de falla de El Pilar que por allí pasa, igual que lo expresado por LIDDLE (1946); MALONEY (1946); BALL *et al.* (1969); PETER (1971).

Es indudable el enorme interés e importancia que siempre han tenido las grandes profundidades detecta-

Golfo de Cariaco. I Estructuras y Tectonismo reciente

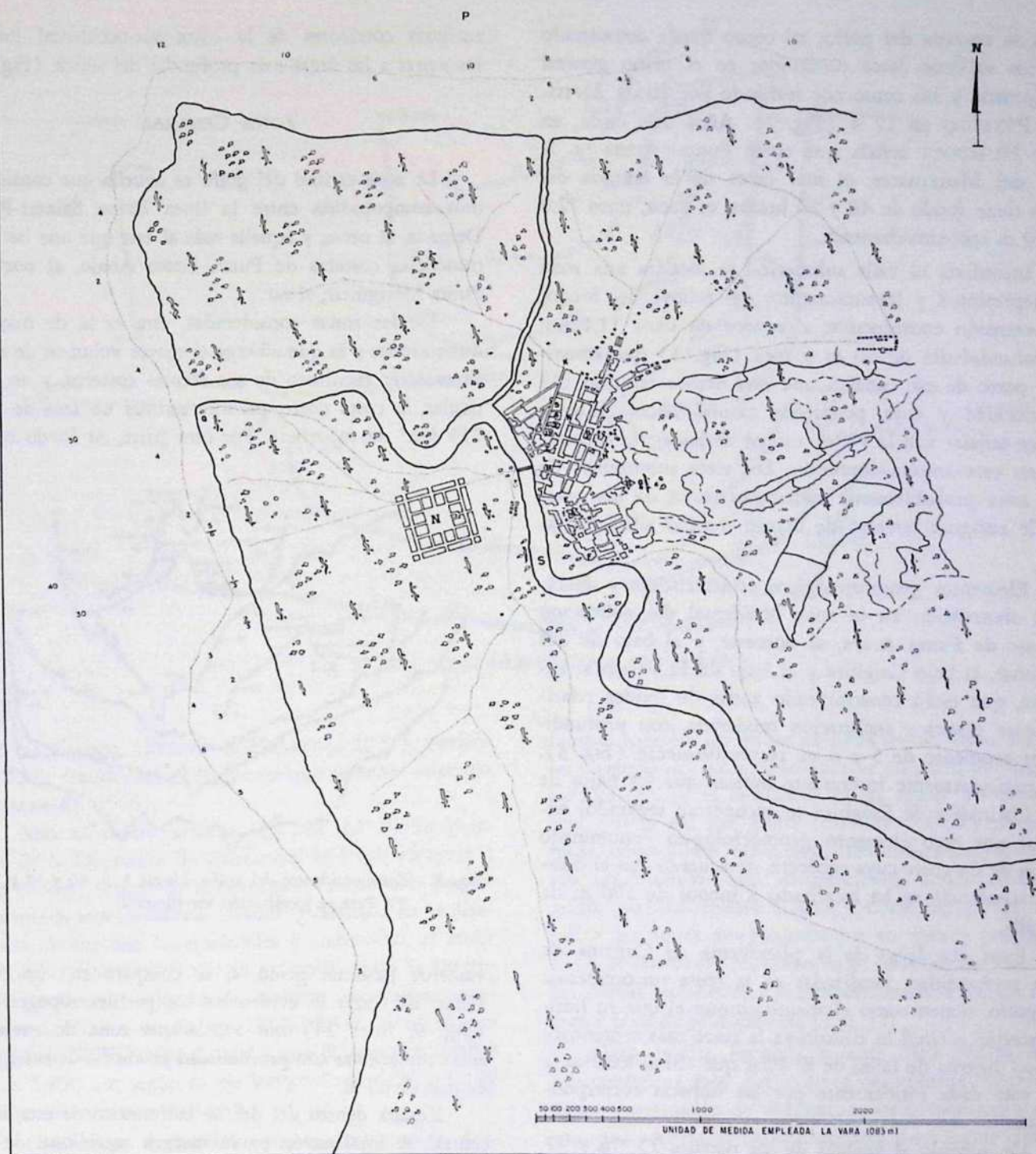


FIGURA 7

A Fuerte de Sta. Maria, el que en virtud de Real Orden se ha de demoler verificada la construcción del Fuerte que ha de ocupar la Eminencia del cerro de San Antonio. B Fortin de San Antonio. C Almacén de la pólvora. D Reducto de la Candelaria. E Iglesia Parroquial. F Convento de San Francisco. G Convento de Sta. Domingo. H Hermita de nuestra Sra. del Carmen. I La nueva Iglesia Parroquial que está principiada, y se suspendió de Orden de S.M. K Las dos Calles proyectadas, la más ancha en la misma casa del Rio seco, y la mas angosta a las espaldas de la primera hacia el caño de Sta. Catalina. L Plaza proyectada delante del Puente al que se presenta casi diagonalmente. M Los Cerritos, Pueblo de Guaiqueries. N Pueblo proyectado para los Guaiqueries de Alta Gracia. O Caño de Sta. Catalina. P Golfo de Cariaco. Q Casa de la Guardia. R Puerto donde dan fondo las Embarcaciones. S Rio Manzanares.

COPIA DEL ORIGINAL PROPIEDAD DEL DR. L. E. HERRIZBEITIA

Cumana 26 de Abril de 1774
Juan Antonio Perello

Fig. 7. Plano antiguo de Cumana y sus alrededores.

das a la entrada del golfo, tal como queda demostrado por los valiosos datos contenidos en el plano general de Cumaná y sus contornos realizado por JUAN ANTONIO PEXELLO en 1774 (Fig. 7). Años más tarde, en 1779 HUMBOLT señala que entre Punta Arena y la boca del Manzanares, el mar cerca de la entrada del golfo tiene fondo de 40 y 50 brazas, es decir, unos 72,0 a 90,0 m aproximadamente.

Inmediata al valle submarino se localiza una zona de depresiones y levantamientos del relieve del fondo: de extensión considerable, alrededor de unos 11,1 km y profundidades de 60 m y más (Fig. 3) que constituye parte de ese canal a que nos hemos referido con anterioridad y cuya pendiente natural hacia el oeste parece señalar aun la vía de escape de las aguas encerradas en esta amplia depresión. Los altos submarinos de esta zona probablemente contengan restos de los niveles de antiguas terrazas de origen marino allí localizados.

Elementos geomorfológicos característicos y de rápida observación en la zona occidental del golfo, son el bajo de Punta Araya, al noroeste, y el bajo de Los Chaimas, el bajo Caigüire y el bajo de El Peñón al suroeste, que están constituyendo zonas de fondos relativamente planos e inclinación moderada, con profundidades promedio de 5 a 8 m, respectivamente (Fig. 3). Es particularmente interesante indicar que los bajos de Los Chaimas y de Caigüire se encuentran separados entre sí por otro elemento geomorfológico denominado cañón de Caigüire cuya cabecera, de acuerdo con el detalle batimétrico, se ha localizado a menos de 500 m de la orilla.

Estas dos áreas de la plataforma de Cumaná de poca profundidad, localizadas en la costa sur-occidental del golfo, tienen como elemento común el que su límite exterior o talud lo constituya la traza más septentrional del sistema de fallas de El Pilar que allí se localiza, y que está dada nítidamente por las isobatas correspondientes.

De acuerdo al análisis de los perfiles 75, 76 y 77 de la figura 8, se puede observar claramente como se sumerge el saliente rocoso de Punta Salazar, manifestándose como una pequeña colina submarina que se levanta, aproximadamente, unos 20 m sobre el fondo; formando a su vez el flanco sur del ampilo canal. Los Cañones con su drenaje dirigido al área de pequeñas depresiones de la zona occidental del golfo. Tal como lo evidencian las curvas batimétricas, el drenaje de las

antiguas corrientes de la costa sur-occidental llevaba sus aguas a las áreas más profundas del sector (Fig. 5).

ZONA CENTRAL

La zona central del golfo es aquella que consideramos comprendida entre la línea Punta Salazar-Punta Delgada, al oeste, y aquella más al este que une las prominencias costeras de Punta Cerro Abajo, al norte, y Punta Marigüitar, al sur.

De las zonas consideradas, ésta es la de mayores dimensiones y la que alberga el mayor volumen de agua. El carácter rectilíneo de sus frentes costeros, y en particular, la costa norte, permite estimar un área de unos 253 km² de superficie. Por otra parte, su fondo relati-

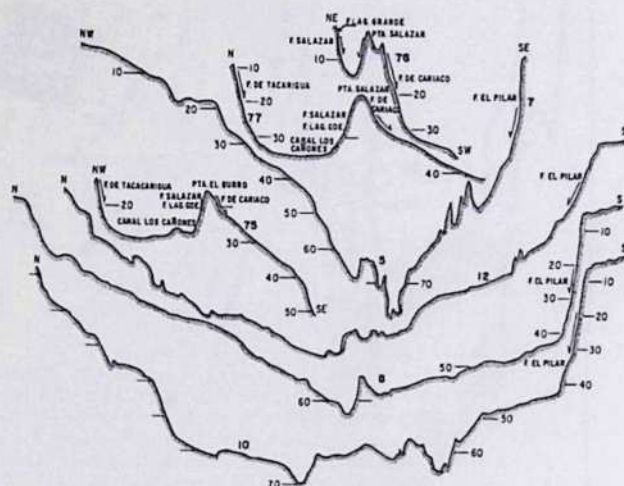


Fig. 8. Zona occidental del golfo. Líneas 5, 8, 10 y 12 y 75 a 77. Para su localización ver figura 2.

vamente bastante plano, si se compara con las otras zonas, tal como lo evidencian los perfiles topográficos (Fig. 9, línea 24) nos señala una zona de extensas áreas sumergidas con profundidad promedio de sus aguas de más de 60 m.

Resalta dentro del detalle batimétrico de esta zona central, la localización en su margen meridional de los máximos valores de la profundidad del golfo, los cuales, con la ayuda del ecosondeador se calculan entre 90 y 95 m. Las características geomorfológicas que evidencian una notable diferencia entre los ejes de esta zona profunda, aproximadamente unos 8.250 km en dirección SW-NE y 2.100 km en sentido N-S, permiten definirla como la Depresión de Guaracayal (Fig. 10) de acuerdo a lo establecido para la toponimia de la

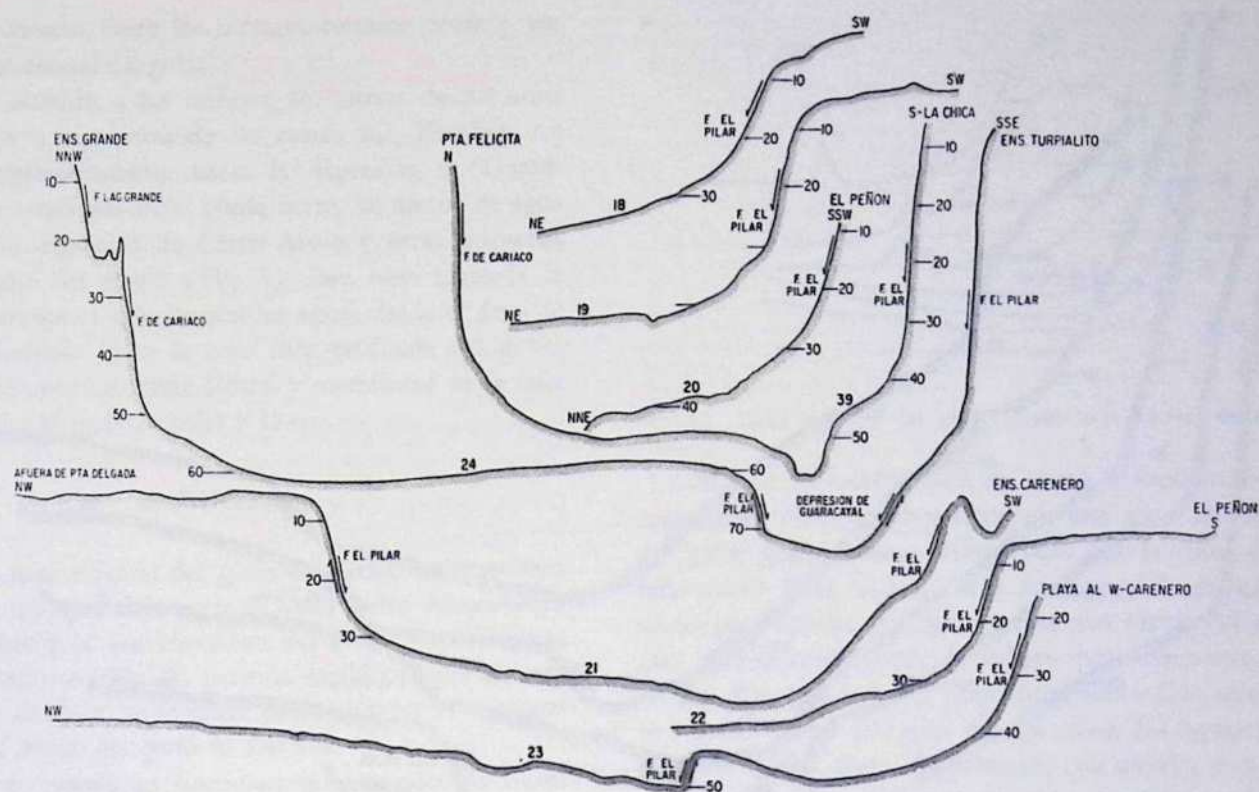


Fig. 9. Zona central del golfo. Líneas 18 a 24 y 39.

fosa de Cariaco (FEBRES & HERRERA, 1975) modificando la denominación de cuenca que se había asignado (MALONEY, 1966).

Más al norte, a unos 5,5 km del límite exterior de la Depresión de Guaracayal se localizan otras 2 depresiones, aunque de dimensiones mucho más pequeñas que la antes señalada. Basado igualmente en la diferencia de sus ejes longitudinales y transversal, el autor denomina esta zona profunda del golfo como la Depresión de Cerro Abajo. La de mayores dimensiones presenta 4,600 km en su eje ESSE-WNW, y 0,950 km en el eje SSW-NNE; en tanto que la pequeña alcanza unos 1,950 km según su eje longitudinal E-W, y 0,650 km por su eje transversal N-S.

Otro rasgo geomorfológico de importancia dentro de la zona central y parte de la occidental del golfo de Cariaco lo constituye el extenso delta submarino localizado en el área exterior inmediata a Punta Delgada, y que hemos denominado Delta de Punta Delgada. Con su forma de abanico característico cubre una gran extensión del fondo, afectando casi por completo su morfología original (Fig. 3), y dando origen a una especie de barrera natural que, al parecer, impide el inter-

cambio total de las masas de agua de las zonas occidental y central del golfo, y responsable en parte, de una zona anóxica que se ha localizado en las aguas profundas del área centro sur del golfo (BENÍTEZ, 1972). Hay que hacer notar como estos depósitos sedimentarios se han ido acumulando más intensamente aguas afuera del golfo, particularmente al este y norte del punto donde salían las aguas antiguamente, y en menor proporción, hacia el nor-oeste, tal como lo evidencian las formas de las curvas batimétricas correspondientes a los 40 m, 50 m y 60m de profundidad (Fig. 5).

Esto podría encajar bastante bien dentro de las características muy particulares del enorme volumen de agua y contenido de sedimentos en suspensión y arrastre, que tendría el río Manzanares para lograr construir ese inmenso delta submarino, cuando su salida al mar seguía el antiguo curso de agua hoy conocido como río Catuaro.

Es probable que existiesen condiciones de sedimentación diferentes en esa zona del golfo para la época geológica en que se produjo la deposición de los sedimentos fluviales, pues el volumen de la masa de material sedimentario que contiene el delta parece evi-

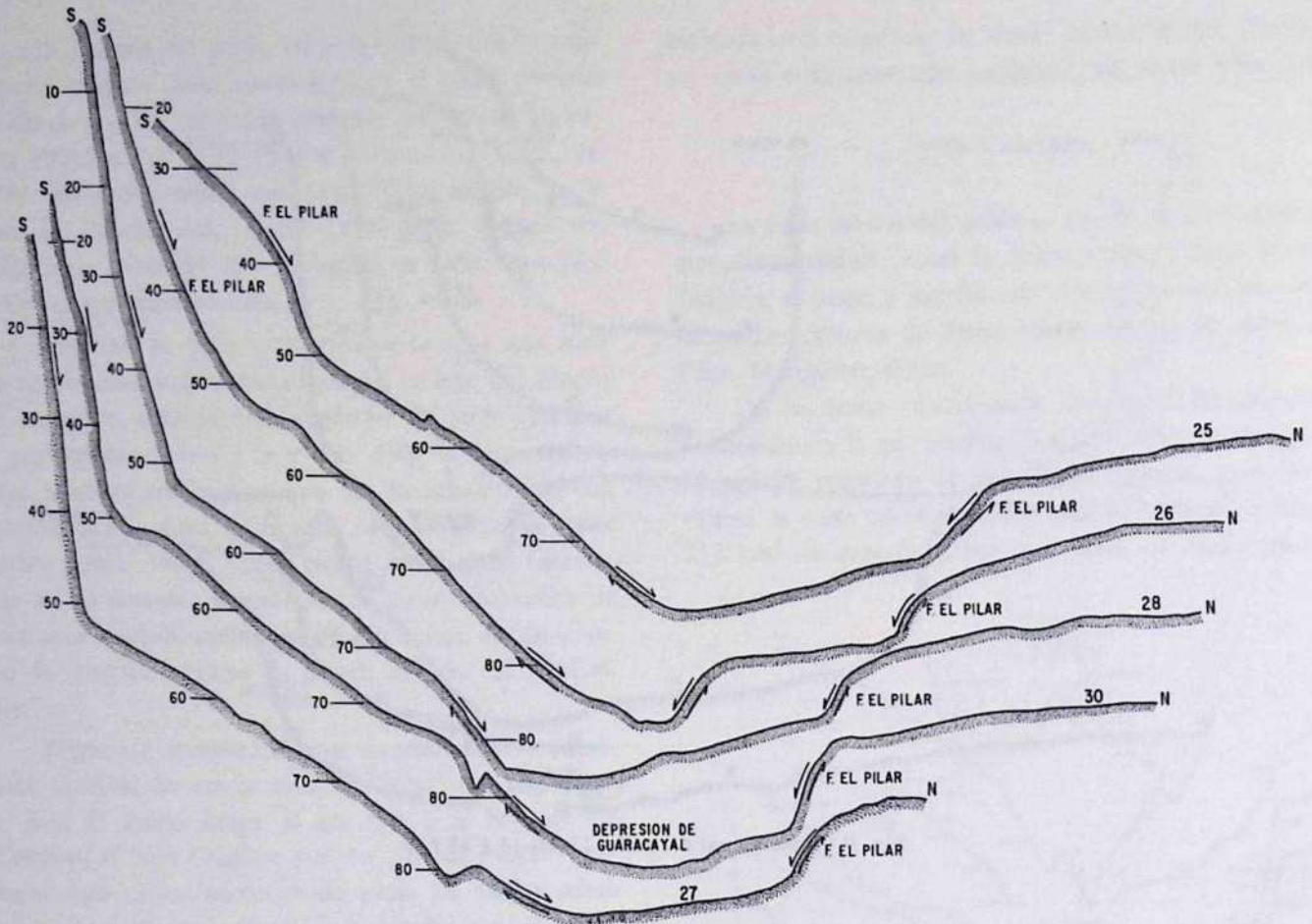


Fig. 10. Zona central del golfo. Líneas 25 a 28 y 30.

denciar, o un cierto predominio del transporte en sentido oeste-este, o que no se presentaron al oeste del punto de la descarga del material las condiciones apropiadas para que los sedimentos se depositaran sobre el fondo. De acuerdo al sentido general de las corrientes superficiales que se ha señalado para la zona, parece más probable la segunda alternativa.

Aspecto geomorfológico de importancia de la zona central del golfo son los escarpados de pendientes muy pronunciadas, y a veces hasta vertical, de sus costas norte y sur (Fig. 11) que atestiguan de manera categórica el sitio exacto por donde pasan las trazas de los sistemas de fallas que afectan el golfo de Cariaco. La ausencia casi total de la plataforma litoral interior en grandes sectores de la costa norte y sur, puede atribuirse a esas características estructurales existentes. Por otro lado, lo escaso de grandes elevaciones montañosas que aporten considerables volúmenes de sedimentos al sector nort-central, así como los cursos de agua en número considerablemente bajos, si se relacionan con los de la costa

sur, contribuyen a que la construcción de deltas y/o pequeñas acumulaciones sedimentarias incipientes en las orillas norte no sean suficiente como para modificar en algo ese rasgo tan rectilíneo que la caracteriza.

Si se observan las áreas costeras centro-este y centro-oeste donde aparecen considerables e importantes acumulaciones de material sedimentario continental, es lógico pensar que los cursos de aguas si son elementos importantes en las marcadas diferencias morfológi-

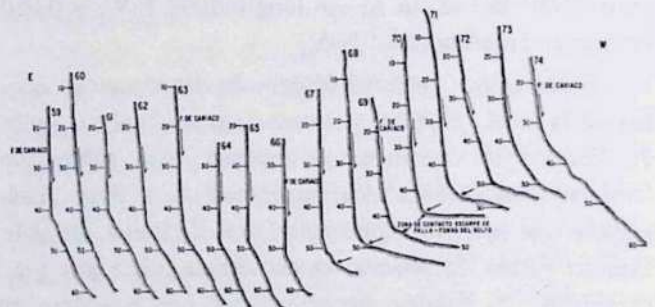


Fig. 11. Zona central y oriental del golfo. Costa norte. Líneas 69 a 74.

cas que existen entre los sectores costeros norte y sur de la zona central del golfo.

De acuerdo a las isóbatas, los cursos de los antiguos ríos o corrientes de las costas sur, llevaban sus aguas preferentemente hacia la depresión de Guara-cayal, en tanto que en el borde norte, los cursos de agua iban a la depresión de Cerro Abajo y otras pequeñas depresiones del sector (Fig. 3). Está bien marcada la cuenca receptora que llevaba las aguas desde el área de Punta Delgada hasta la zona más profunda del golfo, delimitada por las trazas central y meridional de la falla de El Pilar (Fig. 9 líneas 21 y 23).

ZONA ORIENTAL

La zona oriental del golfo de Cariaco se considera como la comprendida entre la línea Cerro Abajo-Cerro Marigüitar y la desembocadura del río Cariaco. El detalle batimétrico (Fig. 5) permite establecer que en esta zona se localizan las menores profundidades y los rasgos área del fondo del golfo de Cariaco.

Aun cuando se continúan presentando las líneas de plataforma costera de aspecto rectilíneo como prolongación de la zona central de notable influencia tectónica, en particular el área costera sur, las isóbatas de la zona oriental señalan profundidades máximas de 55 m que disminuye progresivamente hacia el área nor-oriental; y un fondo suave, regular y de moderada inclinación en sentido sur-oeste que parece señalar una amplia plataforma de sedimentación por donde discurrían las aguas de los numerosos ríos y quebradas que conformaban el antiguo y denso drenaje continental, y que constituían, probablemente, la fuente proveedora de gran parte de los materiales sedimentarios en ella depositados. Destacando dentro de este sector del fondo submarino aparecen una serie de afloramientos de apariencia rocosa y alineados en dirección este-oeste, que en número aproximado de 7 se localizan en el área submarina adyacente a las localidades de Marigüitar, al oeste, y Punta Cachamaure, al este (Fig. 3). Estas prominencias rocosas marinas "in-situ" que en forma aparentemente aisladas emergen del fondo, son aparentemente de paredes lisas y limpias y de elevada inclinación, apareciendo en los perfiles topográficos del ecosondeador como lomas desnudas, es decir, sin recubrimiento alguno de material sedimentario visible en el registro, y a profundidades promedio de unos 45 m por debajo de la superficie del agua (Fig. 12).

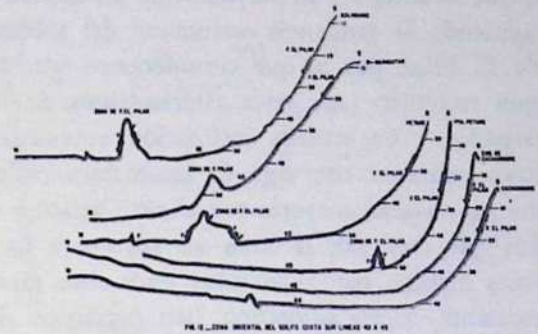


Fig. 12. Zona oriental del golfo. Costa sur, Líneas 40 a 45.

El aspecto morfológico, así como la localización de estos afloramientos submarinos en una zona del fondo del golfo grandemente influenciada por la traza de la falla de El Pilar, dan al autor evidencias de gran peso como para señalar que los mismos son restos del antiguo relieve continental, de origen probablemente tectónico. Por otro lado, el gran canal submarino que allí se localiza (Fig. 3), que recogía todas las aguas procedentes de las áreas continentales adyacentes para llevarlas hacia las zonas más profundas localizadas más al oeste, tuvo marcada influencia por sus procesos erosivos, contribuyendo a moldear esos restos "in situ" que hoy se detectan en el fondo del golfo.

De igual modo, y más al este, en el área submarina comprendida entre las localidades de Pericantar y Guacarapo, el ecosonda permitió descubrir otra zona de colinas o relevamientos submarinos que se levantan hasta unos 25 m desde el fondo (Fig. 13). Presentan,

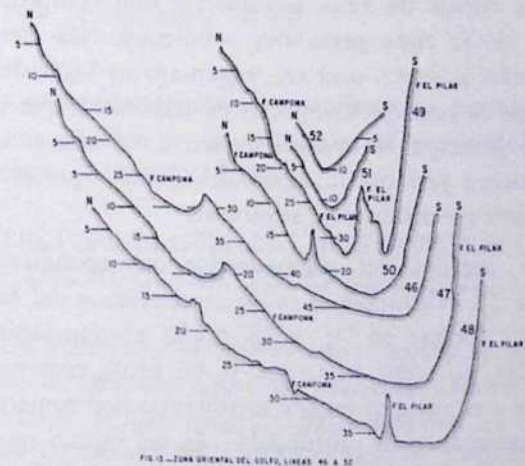


Fig. 13. Zona oriental del golfo. Líneas 46 a 52.

al igual que la anterior, un alineamiento en sentido este-oeste siguiendo la tendencia estructural del sistema de fallas de El Pilar, por lo que consideramos igualmente un origen tectónico para estos afloramientos. Sus laderas escarpadas, y de acusada inclinación, suponemos se encuentran cubiertas con algo de sedimentos recientes, aportados en su gran mayoría por el río Cariaco y otras corrientes que caen por la costa sur adyacente. Las exploraciones directas realizadas sobre estos altos topográficos mediante buceo autónomo, han permitido determinar una elevada turbiedad de las aguas a una cierta profundidad, y en las cercanías de los mismos, que hace suponer una abundante carga material de grano fino en suspensión, y en proceso de asentamiento sobre los afloramientos. Al gran espesor de sedimentos acumulados y a la gran profundidad a que se encuentran, se atribuyen las dificultades que se presentaron en las operaciones de buceo para hacer el muestreo de los sedimentos, y lo negativo de las perspectivas de poder obtener una evidencia concreta del substrato rocoso que conforman estos relevamientos del fondo.

Lo más característico del antiguo drenaje de la zona oriental, tal como lo señalan las curvas batimétricas (Fig. 5), lo constituye un gran canal submarino con pendiente hacia el oeste, y extensión aproximada de unos 14.7 km en sentido este-oeste. El eje principal de este canal sigue aproximadamente la dirección de la traza de la falla de El Pilar que pasa por ese sector, y que desplazándose por toda la costa sur del golfo le confiere ese aspecto rectilíneo y denso que presentan las curvas batimétricas a todo lo largo del sector.

Los cursos de agua secundarios que completan el drenaje de la zona presentan pendientes más elevadas y dirección al norte, o al sur, según sea su lugar de origen desde la costa. Son especies de tributarios que caían al canal principal, y evidentemente, todos ello son una prolongación y/o continuación de aquellos que conforman el drenaje continental adyacente.

Los perfiles del ecosondeador correspondiente a la figura 13 evidencian el rasgo característico del fondo donde las formas en "v" y las caídas pronunciadas de sus bordes, así como lo agudo de sus picos, constituyen los restos del antiguo relieve continental hoy sumergido a relativamente gran profundidad. Es así mismo importante señalar como el perfil 49 atestigua la influencia del elemento tectónico en el origen de la morfología de la zona oriental del golfo de Cariaco.

En general, y de acuerdo al detalle batimétrico, la morfología submarina del golfo está evidenciando claramente un carácter asimétrico hacia su borde sur, tal como puede apreciarse en los cortes topográficos I, II, III y IV en sentido N-S (Fig. 14), con la excepción del área correspondiente al delta submarino de Punta Delgada (corte III), donde el material allí depositado parece haber desplazado la asimetría hacia el borde norte. Esta señalada asimetría se puede observar con más detalles en la entrada (Fig. 6), así como en la zona central (Fig. 9) y oriental (Fig. 13), respectivamente. La pronunciada asimetría a que se hace referencia parece ser una consecuencia del proceso del hundimiento que experimenta el fondo del golfo a lo largo de la zona de falla de El Pilar.

De igual manera se puede señalar que, aun cuando el canal submarino de comunicación entre las zonas occidental y central aparece desplazado igualmente hacia la costa norte, la dirección predominante del drenaje submarino principal es E-W, buscando siempre las zonas deprimidas más profundas.

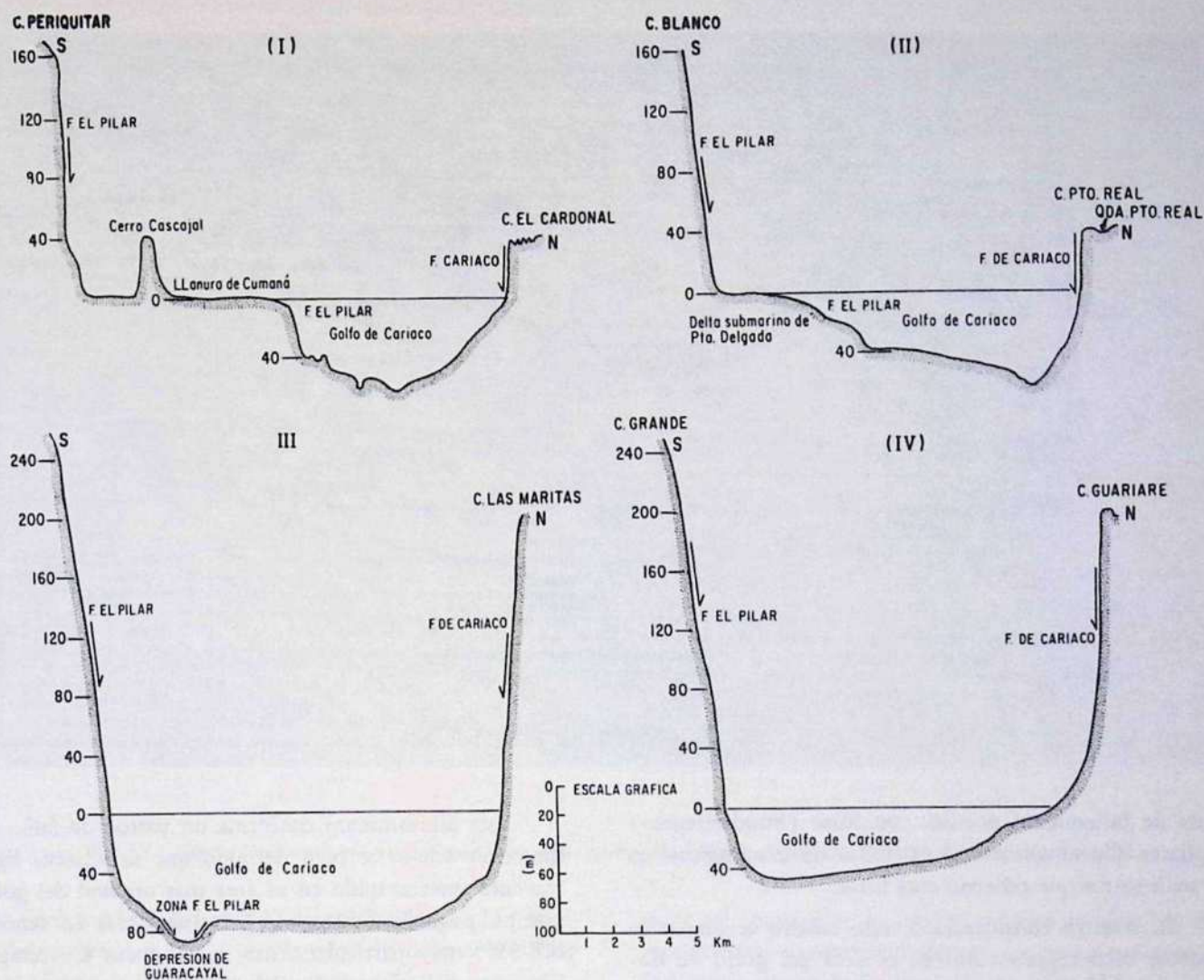
Esta dirección coincide con la que presenta el sistema de fallas de El Pilar y la falla de Cariaco, lo que indudablemente señala la influencia tectónica en el sistema de drenaje antiguo del golfo y en el aspecto asimétrico del fondo del mismo.

Basado en los cortes topográficos (V, VI, VII), trazados en sentido este-oeste (Fig. 16), el autor considera que ese alto topográfico constituido por el delta submarino de Punta Delgada, debe afectar el contacto o comunicación que a los 50 ó 60 m de profundidad pudiera existir entre el área de depresiones de la zona occidental, de las partes más profundas de la zona central, tanto con la depresión de Cerro Abajo como con la depresión de Guaracayal.

Esto a juicio del autor puede contribuir a preservar las condiciones de aguas estancadas que se han detectado principalmente en la zona central (RICHARDS, 1956).

Por otro lado, como se puede deducir del perfil VII, la zona deprimida determinada por la isóbata de los 75 m o depresión de Guaracayal se considera limitada al oeste por el declive oriental del delta de Punta Delgada, y al este por el alto de Peñas Blancas. Bajo estas condiciones, es lógico pensar en el hecho de que sólo pudiese existir una comunicación restringida a los 70 m de profundidad con la depresión de Cerro Abajo localizadas más al norte (Línea VI), y en consecuencia

Golfo de Cariaco. I Estructuras y Tectonismo reciente



influir en las condiciones físicas y químicas de las capas de aguas menos profundas de esa zona pues el intercambio de las aguas oceánicas al golfo se hace a profundidades mayores que 30 m (GADE, 1961).

Sin embargo, las restricciones a lo largo de los bordes de la depresión de la margen sur, al presentarse limitada al este y al oeste por altos topográficos submarinos de relevante importancia (Fig. 15 corte VII), no parecen ofrecer condiciones favorables para un intercambio apreciable de sus masas de agua a profundidades mayores que 70 m, sino que por el contrario acentúan más la característica de aguas estancadas de la depresión Guaracayal, tal como se ha observado en períodos del año cuando la ausencia de oxígeno disuelto

en las capas más profundas confirma la presencia de una capa anóxica en las aguas de ese sector del golfo de Cariaco (BENÍTEZ, 1974).

TECTONICA GENERAL Y ESTRUCTURAS DEL AREA DEL GOLFO DE CARIACO

De acuerdo a la opinión de diversos autores, un sistema de grandes zonas de fracturas domina en la parte norte de Sur América. Se mencionan de oeste a este las siguientes: Falla de Oca, Falla de Boconó, Falla del Caribe, Falla de la Victoria, Falla de El Pilar y la Falla al norte del bloque Araya-Paria; constituyendo así una gran zona de cizallamiento caracterizada por

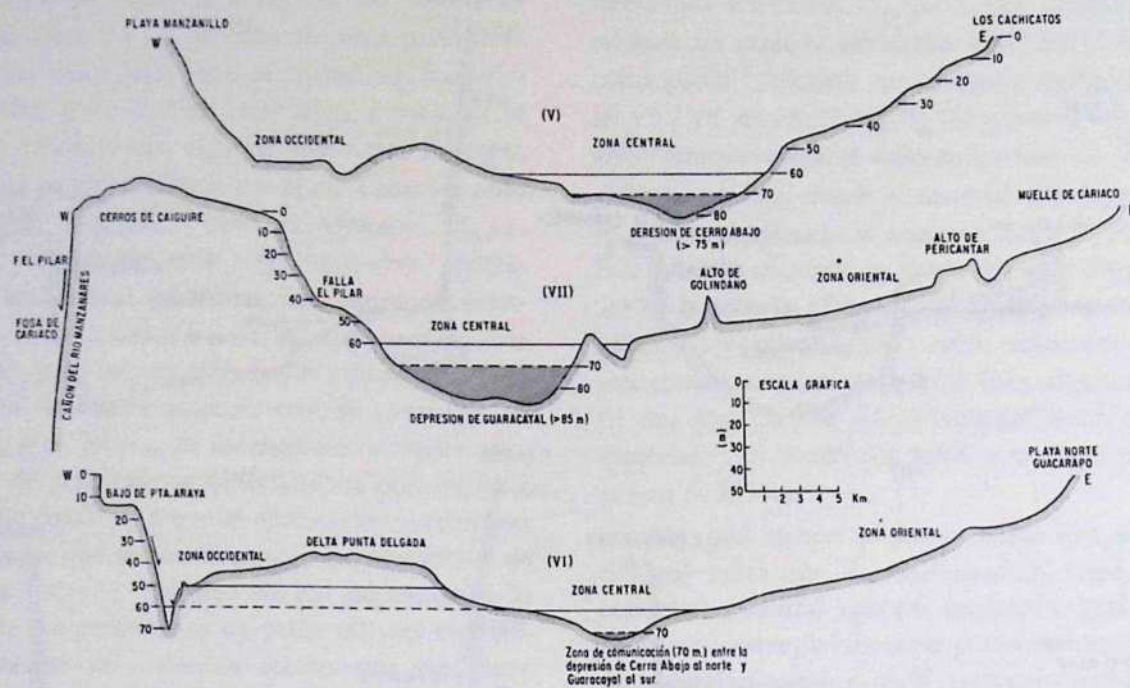


FIG 15b. SECCIONES TOPOGRAFICAS SUBMARINAS E-W

Fig. 15. Secciones topográficas E-W.

zonas de fallamiento normal, con fosas (hundimientos) y pilares (levantamientos), y fallas de crecimiento en los sedimentos que rellenan esas fosas.

En nuestra consideración, este cuadro tectónico lo tenemos bien representado en el área del golfo de Cariaco. En el análisis e interpretación de las 77 líneas de ecosondeo (Fig. 2), escogidas de más de un centenar de ellas levantadas en diferentes direcciones, podemos establecer que el área que comprende al golfo de Cariaco constituye una depresión asimétrica hacia el borde sur, encajonada entre el bloque de las rocas metamórficas de la península de Araya, al norte, y el llamado bloque de sedimentos cretáceos de la Serranía del Interior, al sur. Así mismo, y con toda claridad y gran precisión se han podido detectar y localizar en el fondo del golfo los 2 sistemas de fallas principales que predominan en el área: la falla de Cariaco y la zona de fallas de El Pilar, que limitan al golfo perfectamente por sus bordes norte y sur, respectivamente (Fig. 17). En general, se consideran que son fallas longitudinales que señalan un alineamiento en fallas paralelas entre los 2 bloques continentales señalados y la depresión ocupada por el golfo.

Este alineamiento conforma un patrón de fallas de dirección este-oeste bien definido que se observa ligeramente interrumpido en el área más oriental del golfo por un pequeño sistema de fallas alineadas en sentido NE-SW, muy particularmente en las zonas Guacarapo-Chiguana y Pericantar-La Peña, donde se presentan cortando sedimentos de diferentes edades (MACSOTAY & CARABALLO, 1976).

Todo lo señalado es base suficiente para expresar que el área ocupada por el golfo de Cariaco constituye un graben o fosa tectónica limitada al norte por la falla

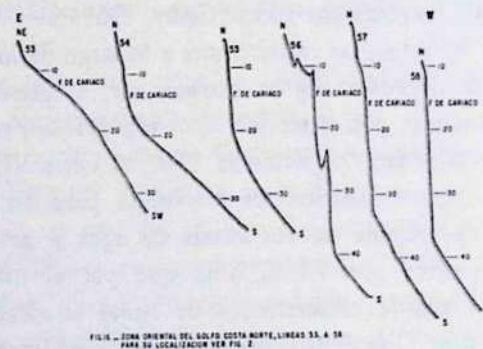


FIG 16. ZONA ORIENTAL DEL GOLFO COSTA NORTE, LINEAS 55 A 58 PARA SU LOCALIZACION VER FIG. 2

Fig. 16. Zona oriental del golfo. Costa norte. Líneas 55 a 58.

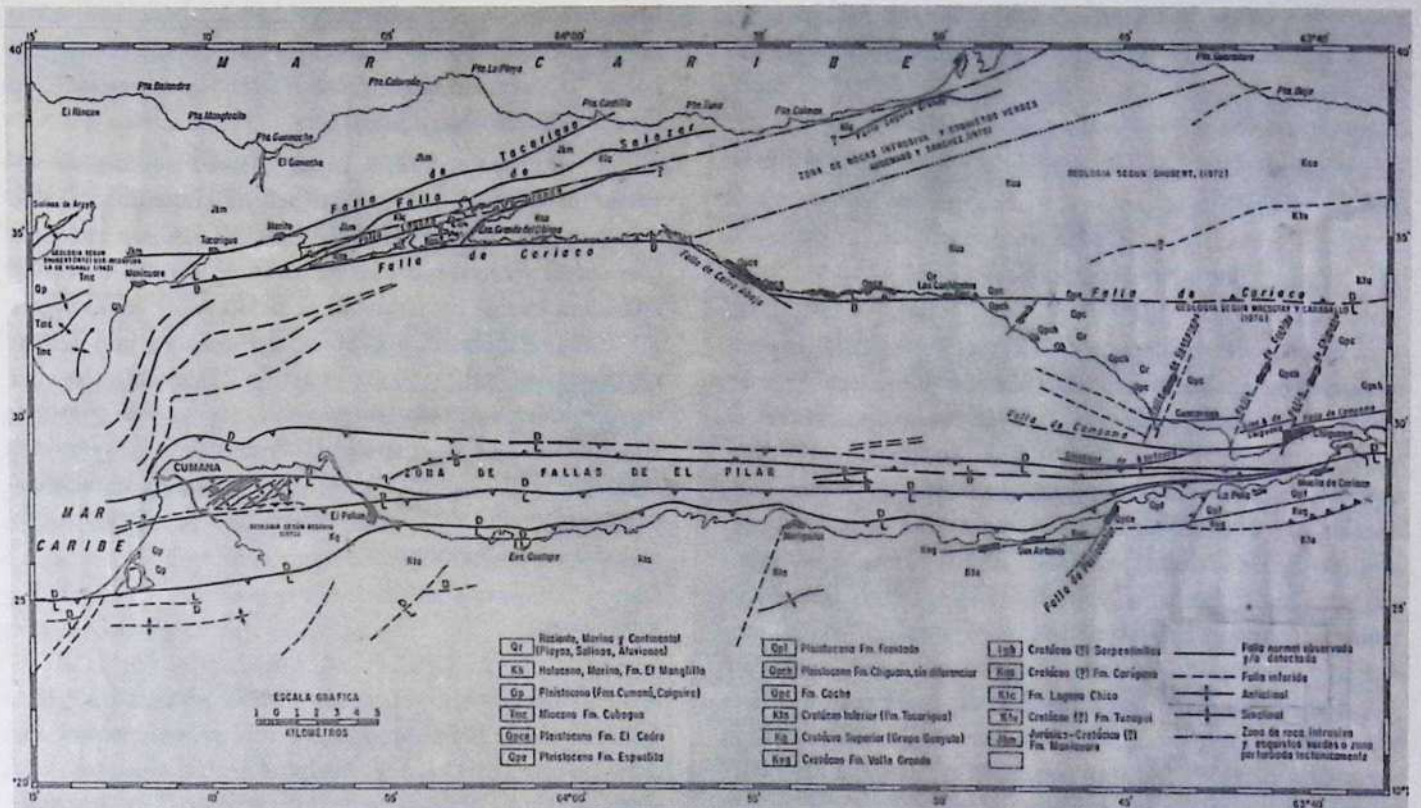


Fig. 17. Rasgos estructurales más importantes del golfo de Cariaco. Geología del área continental adyacente.

de Cariaco y el pilar tectónico constituido por la península de Araya, y al sur por la zona de falla de El Pilar y el bloque de la Serranía del Interior (Fig. 11).

FALLA DE CARIACO

Es el rasgo estructural más importante de la costa norte del golfo que limita el graben de Cariaco por el norte y lo separa del bloque de Araya. De acuerdo al trabajo de campo realizado, se puede considerar extendida su traza desde Punta Salazar, al oeste, hasta las inmediaciones de las lagunas de Campoma y Buena Vista, al este. El rasgo morfológico más importante que se ha detectado lo constituye el descenso rápido, y a veces casi vertical, de la orilla hasta el fondo. Por lo regular hasta una profundidad promedio de 50 m que hemos tomado como la base del talud o zona del contacto del escarpe de la falla con el fondo plano de la depresión. Este aspecto es de fácil observación en los numerosos perfiles topográficos realizados a todo lo largo del litoral

norte, en particular es en los perfiles localizados en la zona central y centro-occidental donde se presenta más acentuado este carácter morfológico (Fig. 11).

Por otro lado, en el sector Punta Manantiales-Punta Cerro Abajo de esta misma costa norte, se presume la existencia de un cierto desplazamiento de la traza de la falla de Cariaco que explica, en parte, el apreciable cambio de rumbo de la línea costera en ese sector. El hecho cierto de no haber sido localizada más al oeste de Punta Cerro Abajo, la prolongación por el fondo de la traza de la falla de Cariaco, parece evidenciar que, al menos en la superficie, se puede postular la existencia de una traza de falla en dirección NW-SE que contribuyó al parecer, al desplazamiento del sistema general E-W de la falla de Cariaco. Esta estructura la hemos denominado Falla de Cerro Abajo (Fig. 17).

Es de señalar también, que más al oeste de Punta Salazar se ha podido detectar y seguir por el fondo del golfo la traza de la falla de Cariaco hasta casi las inmediaciones de Manicuaire. Así mismo se ha podido deter-

minar la prolongación en dirección NE-SW de las trazas de las fallas de Laguna Grande, Salazar y Tacarigua (Fig. 8) hasta ser interceptadas por la traza de la falla de Cariaco. Según BALL *et al.* (1971), la falla del borde norte del golfo de Cariaco se desplaza hacia el oeste y constituye la pared norte de la depresión oriental de la fosa de Cariaco.

ZONA DE FALLAS DE EL PILAR

Constituye la característica tectónica más importante y una de las más estudiadas de Venezuela. En el área de estudio puede ser trazada muy claramente a todo lo largo del borde sur del golfo de Cariaco, pasando a construir más al oeste, el escarpe sur de la fosa de Cariaco (Fig. 17). En general, se considera que éste es uno de los sistemas de fallamiento normal E-W que se encuentran bordeando los horst y graben que controlan la topografía submarina y conforman un cuadro tectónico muy característico para toda la región.

Son numerosas las investigaciones realizadas sobre este rasgo estructural tan importante. Así, a HUMBOLDT (traducción de L. ALVARADO, 1941) podría considerarse como el pionero de estas observaciones, pues ya en el año 1799 señala que la depresión de los alrededores del pueblo de Cariaco coincide con la traza de una gran falla. Para LIDDLE (1946) y BUCHER (1952), la falla de El Pilar parece ser una consecuencia de la acción de los cinturones tectónicos en el Caribe. Trabajos más recientes son atribuidos a METZ (1968, 1968a), GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1972), BALL *et al.* (1971), WEEKS *et al.* (1971).

DESPLAZAMIENTO

En relación al desplazamiento ocurrido a lo largo de este sistema de fallas, algunos señalan que es del tipo transcurrente lateral, de aproximadamente unos 20 km HESS (1938), ROD (1956); en tanto que METZ (1968) al postular un corrimiento hacia el sur de las rocas metamórficas del bloque Araya-Paria, señala que el desplazamiento transcurrente lateral es muy pequeño, entre 10 y 15 km y probablemente menor que 5 km. Estas apreciaciones difieren notablemente de lo postulado por ALBERDING *et al.* (1957) que señalan un desplazamiento del orden de los 475 km. Posteriormente, en un trabajo realizado en la cordillera norte de Trinidad, POTTER (1968) señala un desplazamiento vertical

del orden de los 1.830 m sobre la falla de El Pilar y Brasso Seco, sin encontrar evidencias para los movimientos de tipo lateral. Esto vendría a corroborar, en parte, lo sugerido por METZ (1968) en relación con los movimientos verticales.

Por su parte, WEEK *et al.* (1971) además de expresar el criterio que el tipo del movimiento ocurrido a lo largo de la falla de El Pilar es muy importante para conocer el tectonismo que ha afectado a toda la región, considera que el movimiento ocurrido sobre este sistema y la zona de fallas más al norte, debió haber sido primariamente vertical; y si ha ocurrido cualquier otro tipo de movimiento de tipo horizontal, este ha sido mínimo. Así mismo señalan que los datos de campo disponibles no soportan la consideración de los extensos movimientos horizontales de cientos de kilómetros sugeridos por algunos investigadores.

EXTENSIÓN

En cuanto a la extensión de este sistema de fallas, LIDDLE (1946) dice que puede ser trazado por debajo del piso del mar hasta el Grupo Caracas, al oeste; consideración ésta corroborada en parte por BALL *et al.* (1971), para quienes, según el patrón de fallas establecidas en sus estudios, la falla de El Pilar se extiende desde el extremo oriental del golfo de Cariaco hasta pasados los 65° 00' donde, aparentemente, se acerca a la taza de la falla de Cariaco, al norte y aparentan cerrar una de las partes más profundas de la depresión oriental de la fosa de Cariaco. Por su parte, PETTER, (1972) señala que la extensión de la falla de El Pilar al oeste del golfo de Cariaco coincide con la pared sur de la fosa de Cariaco, y que parece terminar bruscamente, junto con el bloque o horst de Araya, a los 64° 40', motivado a la presencia en la zona de un sistema de fallas alineadas predominantemente NW-SE.

En general, consideramos que el fallamiento de dirección general E-W que hemos comprobado con los datos del detalle batimétrico y los perfiles topográficos realizados en el golfo es la característica básica estructural del graben de Cariaco, de bastante similitud con aquella que se presenta en el borde continental de Venezuela, en particular, en el área comprendida entre la península de Araya y la isla de Margarita, y en la plataforma isla de Margarita-Los Testigos (MALONEY, 1966); y en el área del fondo entre la isla de Margarita, La Península de Araya y la fosa de Cariaco, donde los

perfiles sísmicos de BALL *et al.* (1971) señalan fallas normales que desarrollan pilares y fosas tectónicas de orientación E-W, que según los autores están controlando los rasgos topográficos del fondo.

De igual manera, LATTIMORE *et al.* (1971) sugieren que el levantamiento de la costa adjunta a la península de Araya-Paria ha ocurrido a lo largo de varias fallas que forman un sistema orientado Este-oeste, paralela a la orilla.

PLANOS DE LA ZONA DE FALLAS

Tomando como base el esquema anterior se podría sugerir la existencia en la región de un sistema compuesto de 2 ejes de fallas que consideramos definidos por los accidentes geográficos siguientes: 1. Eje Sur construido por la depresión de El Pilar-Casanay, golfo de Cariaco y depresión oriental de la fosa de Cariaco; y 2. Eje Norte formado por el Valle de Carúpano, depresión de Coche y cuenca de Araya.

Si tomamos el eje de fallas meridional, que es donde está comprendido nuestra zona de estudio, se puede dejar bien establecido que en el área del golfo de Cariaco la traza de la falla de El Pilar se compone esencialmente de 3 y hasta 4 planos mayores que contiene a su vez planos de fallas secundarias, razón por la cual se adopta la denominación ya conocida como "zona de fallas de El Pilar" (Fig. 17).

Así, en sentido este-oeste, la traza principal Casanay-Cariaco perfectamente definida en el área de Aguas Calientes (METZ, 1964), se presenta levemente marcada en el extremo más oriental del golfo (Fig. 13, líneas 50 a 52) quizás por efecto del material reciente de origen continental allí acumulado. En tanto que para el sector Pericantar-Marigüitar, el plano de fallas principal aparece bastante claro, aunque las líneas topográficas 40 a 45 (Fig. 12) y 47 a 49 (Fig. 13) sugieren ya la presencia de 3 planos de fallas bien marcadas, meridional central, septentrional, acompañados en algunos sitios por otros planos menores o secundarios.

A este cuadro tectónico atribuye el autor el origen de los afloramientos "*in situ*" de carácter rocoso que en ese sector destacan nítidamente. Es de fácil y rápida observación el hecho de que la base de estos relevamientos sobre el fondo se localiza, aproximadamente, a los 50 m de profundidad, similar a la que hemos señalado para el contacto escarpe de las fallas-fondo del golfo atestiguando, al parecer, su origen por la acción del mismo evento tectónico que formó la zona de fallas

de El Pilar. Es así como puede observarse que la base del escarpe a lo largo de la traza meridional se mantiene entre los 40 y los 50 m de profundidad.

Para el sector Marigüitar-Quetepe, más al oeste, además de la traza sur que se sigue identificando fácilmente por la caída rápida, casi vertical de la orilla hasta el comienzo de un cierto replano localizado entre los 50 y 60 m, aparecen bien señaladas las trazas central y norte de la zona de fallas, las cuales están dando origen a la zona más profunda del golfo que hemos denominado Depresión de Guaracayal (Fig. 10). La máxima profundidad detectada fue de 89 m y corresponde al sector oriental de la depresión, inmediata al norte de Punta Guaracayal.

Más al oeste, en el sector Punta Delgada-El Peñón, las curvas batimétricas conjuntamente con las líneas topográficas (Fig. 9), además de señalar el extremo occidental de la depresión de Guaracayal, cubierto de gruesos espesores de sedimentos que consideramos provenientes del antiguo curso del río Manzanares, sugieren la presencia de por lo menos 4 planos de fallas que modifican localmente ese apareamiento en líneas paralelas con que se desplazan las trazas de fallas desde el este.

En general, podemos señalar que a todo lo largo del fondo del golfo, el sistema de orientación este-oeste correspondiente a las fallas de Cariaco y El Pilar se puede delinear y seguir con bastante facilidad, pues tal como lo hemos observado en nuestro detalle batimétrico y en los perfiles topográficos realizados, el contacto escarpe de falla-sedimento del fondo es de muy rápida y fácil determinación y localización, aunque en algunas zonas, las trazas de fallas desaparecen al ser cubiertas por gruesos espesores de sedimentos, siendo difícil detectar el contacto mediante el sistema de sondeo utilizado en esta investigación.

Esta circunstancia local parece presentarse con bastante similitud en el área de plataforma correspondiente a las Antillas Menores, Venezuela Trinidad-Tobago, pues de acuerdo a la interpretación sísmica de WEEKS *et al.* (1971), la falla de El Pilar es de fácil identificación en el fondo al detectarse sin ninguna dificultad el contacto Basamento-Sedimento.

Aún cuando no se podría señalar como un rasgo característico a todas las zonas de fallas del fondo del golfo, en el área de la depresión de Guaracayal (Fig. 17), el autor, de acuerdo a la interpretación de las líneas topográficas, sugiere la existencia de ciertos procesos

de asentamiento que están ocurriendo a lo largo de planos de fallas de crecimiento, es decir, especies de fallas activas con su labio deprimido hacia el declive natural del fondo. Este tipo de estructuras localizadas actualmente en los sedimentos superficiales del golfo, es probable que se encuentren representadas en el subfondo por esas fallas fósiles que aparecen a profundidades variables bajo estados ininterrumpidos (PÉREZ NIETO, 1969).

Las fallas de crecimiento a que hemos hecho referencia anteriormente, también se presentan en los sedimentos del fondo de la fosa de Cariaco (BALL, *et al.* 1971).

De los 4 planos de fallas señalados para el área Punta Delgada-El Peñón, el más septentrional es fácilmente identificable en los perfiles topográficos correspondientes a la zona occidental (Fig. 6). Se puede observar como en su desplazamiento hacia el oeste constituye el escarpe del borde costero sur del golfo, mientras que en el área de la boca o entrada del mismo, da origen al descenso casi vertical del fondo y al cañón del río Manzanares, pasando luego a formar la pared sur de la depresión oriental de la fosa de Cariaco.

♂sparta. 2 machos; ML: 66.5-86.6 mm; a mano con la

Para el caso de la traza central de la zona de fallas de El Pilar en el área Punta Delgada-El Peñón, el excelente trabajo de campo de ASCANIO (1972), permite seguir y ubicar las 2 trazas en que éstas se divide en los bordes norte y sur de los cerros de Cai-güie; en tanto que la traza meridional aparece localizada en las zonas bajas limítrofes entre las estribaciones norte de la serranía del interior y la llanura hacia donde se desplaza la ciudad de Cumaná conocida como Sabana de Campeche. El valle tectónico así originado por la traza sur de la falla de El Pilar es un rasgo geomorfológico que se manifiesta claramente a la vista del observador. Fue quizás a lo largo de esta traza por donde se desplazaron en un principio las aguas del río Manzanares hacia el golfo de Cariaco y originaron el delta submarino de Punta Delgada.

Un trabajo sobre el "Balance Morfodinámico y Comportamiento Sísmico de Cumaná y sus Alrededores" realizado por el Ministerio de Energía y Minas (1978), confirma plenamente la existencia y localización de las 2 trazas centrales del sistema de fallas de El Pilar, al mismo tiempo que las señalan atravesando el área de la ciudad de Cumaná, en sentido este-oeste, y su continuación en dirección a la fosa de Cariaco.

Con el objeto de completar el cuadro tectónico del golfo de Cariaco consideramos algunas estructuras menores que han jugado papel importante en los eventos geológicos ocurridos en la región.

FALLA DE CAMPOMA

Es una estructura de relativamente poca extensión superficial que afecta básicamente el área mar oriental del golfo (Fig. 17). Se le considera como de poco desplazamiento vertical, y una de las más recientes de la zona (MACSOTAY & CARABALLO, 1976). En este sentido, la determinación de ciertas evidencias de campo permiten señalar una continuación de la actividad tectónica hoy día. Así, aún cuando los procesos sedimentarios actuales en el área de la Laguna de Campoma están determinados por el material de origen metamórfico del borde norte (CARABALLO, 1972), y tal como puede observarse a simple vista que el relieve actual predominante en el área es el conformado por las rocas cretáceas del borde sur, es evidente que el graben de Cariaco, por lo menos en el extremo más oriental del golfo, está en un proceso de hundimiento que retiene los sedimentos procedentes del sur y no los deja alcanzar la zona receptora constituida por la laguna de Campoma.

Este aspecto, conjuntamente con la comprobada afluencia de agua salada desde el golfo hacia la laguna de Campoma (CARABALLO, 1972), son elementos de gran validez que atestiguan un lento proceso de hundimiento regional del fondo del golfo de Cariaco a lo largo de un sector de la zona de fallas de El Pilar.

SISTEMA DE FALLAS NE-SW

Un pequeño sistema de fallas secundarias de dirección predominante NE-SW está localizado en el extremo nor-oriental del golfo (Fig. 17), y constituido de este a oeste por la falla de Chiguana, la falla de Guarapo y la falla de Punta Colorada de Ariota; mientras que en el borde sureste destaca la falla de Pericantar. De acuerdo a la distorsión de los labios de las fallas, todas se consideran transcurrentes y de poco desplazamiento (MACSOTAY & CARABALLO, 1976).

A este conjunto estructural le acompañan en el área, los sinclinales de Chiguana y Uricaro. Estas estructuras parecen ser la continuación una de la otra desde el continente hacia el mar, y donde sus ejes fue-

ron desplazados a lo largo de las trazas de las fallas de Cachipo y Chiguana, respectivamente.

En general, se considera que las trazas de la zona de fallas de El Pilar, y la falla de Campoma, conjuntamente con el Sinclinal de Uricaro han contribuido enormemente a la configuración de los rasgos topográficos submarinos que hoy día presenta el fondo del golfo de Cariaco en esa zona.

SISTEMA DE FALLAS ENE-WSW

Es un sistema de fallas localizado en la costa norte centro occidental del golfo que afecta notablemente el sector Ensenada Grande del Obispo y Punta Salazar-Los Cañones (Fig. 17). Presenta una dirección general ENE-WSW y está constituido por las fallas de: Tacarigua, Salazar y Laguna Grande; todas bien descritas por SCHUBERT (1972).

Como hemos señalado en párrafos anteriores, las trazas de este conjunto de fallas en su prolongación hacia el WSW entran al golfo, chocan con la traza de la falla de Cariaco que cruza la zona en dirección este-oeste, y aparentemente allí se detiene. Sin embargo, basados en los numerosos perfiles topográficos allí realizados, el autor ha inferido para la superficie un pequeño conjunto de estructuras de dirección general NE-SW que parecen constituir una prolongación desde el continente de las fallas allí existentes; y que cruzando la zona de pequeñas cuencas y depresiones que caracterizan esta zona, continúan hacia el cañón o canal principal y finalmente hacia la Fosa de Cariaco. Es posible una correspondencia de estas estructuras con las fallas del flanco sur del bloque de Araya a que se refiere PETER (1971).

De acuerdo al detalle de la topografía submarina y a los numerosos perfiles realizados en el área, consideramos que este conjunto estructural ha contribuido grandemente a la configuración de ese rasgo morfológico que tanto caracteriza al fondo de la zona occidental del golfo de Cariaco.

EVIDENCIAS DE TECTONISMO RECIENTE EN EL GOLFO

Probablemente a principios del Holoceno se producen movimientos tectónicos verticales que afectan de manera diferente los diversos sectores de la costa norte del golfo. Así, la terraza correspondiente a la for-

mación El Cedro del Pleistoceno Superior (CARABALLO & MACSOTAY, 1973) señala una superficie fisiográfica elevada de 4 m sobre el nivel del mar, que al compararse con los niveles de terraza de la formación Castillo de Araya (MACSOTAY, 1974) con los cuales se correlaciona, y que presentan una superficie fisiográfica de 20 m de altura s.n.m., es clara evidencia para señalar movimientos tectónicos verticales y muy desiguales entre localidades relativamente cerca de otra. También existen evidencias de estos movimientos verticales en la Formación Frontado del Pleistoceno Inferior (MACSOTAY & CARABALLO, 1976). En esta unidad se han encontrado sedimentos arcillosos elevados a más de 300 m de altura al sur de Muelle de Cariaco, en relación a los 120 m encontrados en Punta Oricario, más al oeste, sin producirse ninguna modificación de las superficies fisiográficas de las formaciones Espuelita y Boca Chica (MACSOTAY & CARABALLO, 1976) en la costa norte, casi inmediata a la zona afectada por el movimiento tectónico vertical.

Un elemento probatorio de la no uniformidad del movimiento tectónico a lo largo de la costa norte del golfo lo tenemos en el área de la Ensenada Grande del Obispo. Aquí, completado el ciclo de sedimentación del nivel de la terraza marina localizada a los 16 m (CARABALLO, 1973), se produce un leve movimiento vertical de acomodación a lo largo de la Traza de la Falla de Cariaco que da origen a un pequeño levantamiento de hasta 4 m de la terraza marginal que eleva su superficie hasta los 12 m aproximadamente.

Al parecer, se produce posteriormente un movimiento de torción que motiva una ligera inclinación de la zona hacia el sur, como se ha comprobado con la determinación de un apreciable buzamiento de la superficie actual de la terraza a diferentes profundidades, desde los 5 hasta los 20 m. Es probable que este movimiento de torsión haya afectado la costa norte del golfo un poco más al oeste, por cuanto la actual superficie de la formación El Cedro también se presenta inclinada hacia el sur.

Por otra parte, al encontrarse hoy día la terraza de Guacarapo en la costa noreste elevada 1.0 a 1.5 m respecto a su posición original, cuya fauna se compone de especies recientes que viven casi todas en las costas orientales del golfo (MACSOTAY & CARABALLO, 1976), y comprobado el hecho del hundimiento gradual del saco del golfo hacia el este que permite explicar el movimiento de las aguas del golfo hacia la laguna de Cam-

poma (CARABALLO, 1971), se podrían tomar como elementos básicos para expresar la idea de la continuación hoy día de los movimientos tectónicos en la región del golfo de Cariaco, y en especial, a lo largo del sistema de fallas de El Pilar.

La anterior consideración parece estar en parte corroborada por el estudio del Balance Morfológico y el comportamiento sísmico de Cumaná (M. E. H., 1978), en el cual, al establecerse 4 zonas sísmicas en el área de Cumaná, se señala para la N°IV, correspondiente a los cerros de Caigüire la presencia de fallas muy activas que son consideradas como los factores estructurales dominantes. Sin duda alguna éstas estructuras a que se refiere el estudio en cuestión se corresponden con las trazas centrales de la zona de fallas de El Pilar en el área.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a todo el personal técnico y auxiliar del Departamento de Oceanografía Física y Geológica del Instituto Oceanográfico por su colaboración y ayuda prestada en la realización del presente trabajo. Al señor RÓMULO I. VELÁSQUEZ por los dibujos realizados; al señor ADONAY PERNÍA por su labor de fotografía, a la señora YONIS GUERRERO DE MARVAL por la copia del manuscrito y al señor L. E. BERRIZBEITIA por su amabilidad en haber facilitado al autor una copia del mapa antiguo de Cumaná.

Por último, un reconocimiento póstumo al señor CÉSAR BRITO quien fuera Capitán de la lancha "DIOS TE SALVE" durante muchos años, y un excelente colaborador en las campañas oceanográficas.

REFERENCIAS

- ALBERDING, H. 1957. Applications of principles of Wrenchfault tectonics of mody and hill to northern South American. *Geol. Soc. Am. Bull.* 68: 785-970.
- ASCANIO, G. 1969. Geología de los Cerros de Caigüire, Estado Sucre. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 5 (3): 1279-1288, 3 Tablas.
- BALDA, F. A. 1960. Estructura geológica de Chiguana, Península de Araya, Estado Sucre. *Cong. Geol. Ven.* III, *Caracas. Mem.*, T. II: 928-934.
- BALL, M. M., C. G., A. HARRISON, P. R. SUPKO, W. D. BOCK & N. J. MALONEY. 1971. Normal Faulting on the Southern Boundary of the Caribbean Sea, Unare Bay, Northern Venezuela. *Fifth Carib. Geol. Conf. Trans., Geol. Bull.* (5): 17-21.
- BENÍTEZ, J. 1974. Golfo de Cariaco. *Cuadernos Azules*, 15: 110-124.
- BERMÚDEZ, J. 1964. Los cerros de Caigüire. *Lagena. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 2: 2-13.
- BUCHER, W. H. 1952. Geologic structure and orogenic history of Venezuela. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 49: 1-113.
- CARABALLO, L. F. 1972. Estudio de los materiales de fondo de los ríos y lagunas de Campoma y Buena Vista. *Cuadernos Oceanográficos*, 3: 37-48.
- Y. O. MACSOTAY, 1973. Descripción de una terraza de origen marino en la costa sur de la Península de Araya (Estado Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (1): 51-58.
- GADE, H. G. 1961. On the hidrographic conditions in the Gulf of Cariaco during the months from May to November 1960. *Ibid.*, 1 (1): 21-46.
- GONZÁLES DE JUANA, C. N., G. MUÑOZ & M. VIGNALY, 1972. Reconocimiento geológico de la Península de Paria. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 5 (3): 1549-1588.
- GUILLAUME, H. A., H. M. BOLLI, & J. P. BECKMAN, 1969. Estratigrafía del Cretáceo Inferior de la Serranía del Interior. Oriente de Venezuela. *Ibid.* 5 (3): 1619-1659.
- HESS, H. H. 1938. Gravity anomalies and island arc structure with particular reference to the West Indies. *Amer. Phil. Soc. Proc.*, 79: 71-96.
- HUMBOLDT, A. VON (1814-1824). *Relation historique du voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799-1814.* par A. de Humboldt et A. Bompland Paris, 3. Traducción al castellano de L. Alvarado. (1941-1942): Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente. Ediciones del Ministerio de Educación.
- LATTIMORE, K. K. L., A. L. WEEKS & L. W. MORDOCK. 1971. Marine geophysical reconnaissance of Continental Margin North of Paria Peninsula, Venezuela. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 55 (10): 1719-1729.
- MACSOTAY, O. y W. MOORE, 1974. Cronoestratigrafía de algunas terrazas cuaternarias marinas del nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules*, 12: 1-63.

Golfo de Cariaco. I Estructuras y Tectonismo reciente

- & L. F. CARABALLO, 1966. Geología y Bioestratigrafía Cenozoica de la parte oriental del golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 15 (1): 25-56.
- MALONEY, N. J. 1966. Geomorphology of the Continental Margin of Venezuela. Part. 1: Cariaco Basin. *Ibid.*, 5 (1 y 2): 38-53.
- 1966. El delta del río Manzanares, pasado, presente y futuro. *Lagena. Inst. Oceanogr.*, 10: 2-6.
- METZ, H. L. 1968. Stratigraphy and geology history of extreme northeastern Serranía del Interior, State of Sucre, Venezuela. *IV th. Con. Geol. Conf. Mem. pp.* 293-298.
- MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. 1978. *Mapa descriptivo de un Estudio Geotécnico de Cumaná y sus alrededores. Balance Morfológico y Comportamiento Sísmico.*
- MORA, C., M. LÓPEZ & T. OKUDA. 1968. Algunas observaciones hidrobiológicas en la costa de Cumaná. *Eol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 6 (2): 303-327.
- MORELOCK, J., N. J. MALONEY, & R. BRYANT. 1972. Manzanares submarine canyon. *Acta Científica Venezolana*, 23 (4): 143-147.
- PÉREZ, N. H. 1969. Golfo de Cariaco. Estructura profunda y dinámica sedimentaria. (Resumen). *Bol. Geol. Publ. Esp.*, 5: 2303-2304
- PETTER, G. 1972. *Geology and Geophysics of the Venezuela Margin between Blanquilla and Orchila Island* NOAA TR. ERL. 226 AOMLG. Boulder, Colorado. 82 pp.
- POTTER, H. G. 1968. Faulting in the Northern Range of Trinidad (Abs.): 23d. *Internat. Geol. Cong. Rept. Prague*, pp. 95
- RICHARDS, F. A. & F. VACCARO. 1956b. The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea. *Deep-Sea Research*, (3): 214-228.
- RIVERO, F. 1956. Paleontología, Paleoecología y Ecología Marina. *Geos. Univ. Centr. Venezuela*. (7): 1-101.
- ROA M. P. & F. C. OTTAMAN. 1961. Primer estudio topográfico-geológico del golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 5-20.
- ROD, E. 1956. Strike-slip faults of northern Venezuela. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull*, 40: 457-476.
- SCHUBERT, C. 1972. Geología de la Península de Araya, Estado Sucre, *Bol. Geol. Publ. Esp.* (5): 1823-1886.
- WEEKS, A. L., R. K. LATTIMORE, R. N. HARBINSON, B. C. BASSINGER & G. F. MERRILL. 1971. Structural relations among Lasser Antilles, Venezuela and Trinidad-Tobago. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* V, 55: 1741-1752.

(Manuscrito recibido el 14 de Julio de 1982).

EL GOLFO DE CARIACO. PARTE II LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES Y SU DISTRIBUCION POR EL FONDO. FUENTE DE SEDIMENTOS. ANALISIS MINERALOGICO.

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: El análisis de 271 muestras de sedimentos superficiales evidencian un predominio de las arenas de conchas en la zona occidental del golfo, y en pequeñas áreas de la oriental; mientras que las arenas limosas, los limos arenosos y los limos arcillosos aparecen ocupando los sectores central y oriental, respectivamente. Cerca de las costas se observa una gran variedad de facies sedimentarias, arena calcarenita, arrecifes, etc.

Los valores del diámetro promedio (M_z) corroboran el dominio de las arenas (0ϕ a 4ϕ) y los limos (4ϕ a 8ϕ); mientras que los valores de la selección señalan un 54% de sedimentos mal clasificados ($G_1=1\phi$ a 2ϕ) y un 21% muy mal clasificados ($G_1=2\phi$ a 4ϕ). En conjunto, los sedimentos moderadamente clasificados u moderadamente bien clasificados apenas alcanzan un 23% del total de muestras estudiadas. El análisis mineralógico y el de los componentes de las partículas evidencian que la fuente de los sedimentos la constituyen principalmente el grupo de las rocas metamórficas y sedimentarias que afloran a todo lo largo del litoral del golfo, y el mineral calcáreo procedente de la fauna de organismos marinos vivientes y reliquias localizadas en el fondo. Se puede establecer que la distribución de los minerales pesados y los minerales arcillosos está controlada por la proximidad de la fuente de sedimentos, las características del fondo, las condiciones meteorológicas y las corrientes marinas dominantes.

ABSTRACT: A study of 271 bottom sediment samples showed that calcarenitic sand is covering in all the western part and small areas in the eastern part; while silt, sandy silt and clayey-silt occupy the central and eastern part of the gulf. Near the shore, a great variability in the sedimentary facies, calcarenitic silt and, calcareous reefs, was observed.

Graphic mean values (M_z) are between 0ϕ and 12ϕ , and the inclusive graphic standard deviation (ϕ_1) show evidence of materials which vary from moderate to very poorly sorted.

Mineralogical analysis shows that the dominant source of sediments constitute the metamorphic rocks of Araya in north and less important the cretaceous sedimentary rocks in south. In general, it could be established that the distribution of heavy mineral and clay minerals are controlled by sedimentary sources, prevailing meteorological conditions, submarine topography and the dominant marine currents in the area the gulf.

INTRODUCCION

Continuando el programa de carácter geológico submarino que lleva adelante el Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente en la Plataforma Continental de Venezuela Nor-Oriental, se presentan en éste trabajo los resultados obtenidos en el estudio de los sedimentos superficiales del fondo del golfo de Cariaco (Fig. 1), considerado como una de las áreas geográficas más importantes de Venezuela en el campo de las Ciencias Marinas.

Esta investigación tiene como principal objetivo el conocer con el mayor detalle posible el fondo del golfo, muy particularmente en cuanto a los sedimentos que lo cubren, su origen, procedencia, y su comportamiento en relación a los agentes de transporte y sedimentación que allí actúan.

Por limitaciones del equipo disponible, solo estudiaremos los sedimentos superficiales del golfo, en tanto que los datos del subfondo que se mencionan e incluyen dentro de la interpretación general, corresponden a investigaciones desarrolladas en áreas adyacentes al golfo de Cariaco que serán señalados durante el desarrollo del

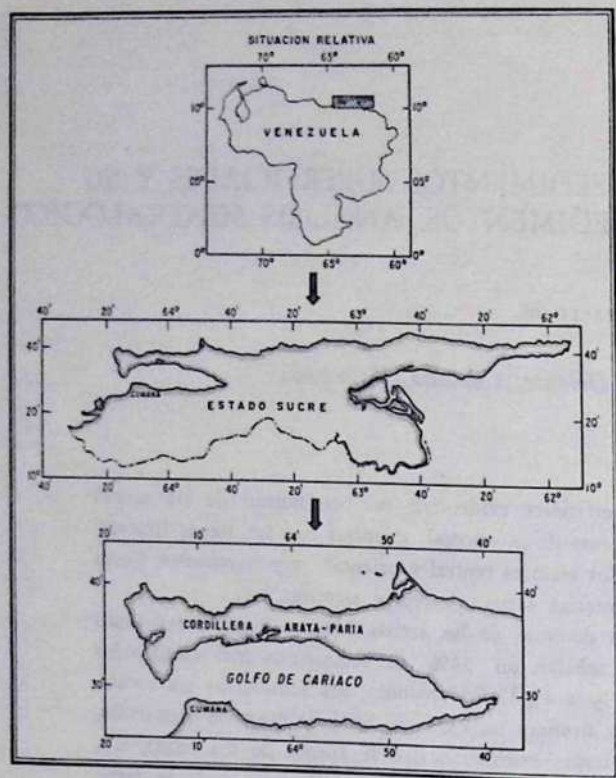


Fig. 1. Localización del área de estudio. Su situación respecto a Venezuela.

trabajo. Para efectos de esta investigación queda excluida del área del golfo de Cariaco la llamada Ensenada Grande del Obispo, pues la misma ha sido ya estudiada con anterioridad (CARABALLO, 1973).

INVESTIGACIONES PREVIAS:

Son numerosos los trabajos realizados y publicados sobre el área del golfo en los campos de la oceanografía física y química, biología marina y biología pesquera; y muy pocos aquellos relacionados con la geología marina, sedimentología etc. De éstos se pueden señalar el de ROA & OTTMANN (1961), quienes establecen diferentes zonas del fondo del golfo en base a los tipos de sedimentos encontrados, mientras que SEIGLIE & BERMÚDEZ (1963), establecen una relación directa entre los foraminíferos recientes y la distribución de los tipos de sedimentos por el fondo.

Por otro lado, CARABALLO (1973) en una zona interior del golfo, conocido como Ensenada Grande, estudia todo un conjunto de parámetros relacionados con las características, distribución y origen de los sedimentos del fondo; mientras que CARABALLO & MACSOTAY (1973) y MACSOTAY & CARABALLO (1976) hacen referencia a importantes aterrazamientos de origen marino

en la costa norte y noreste del golfo que permiten establecer la edad de los materiales sedimentarios, así como señalar evidencias para los movimientos tectónicos en el área. Más recientemente, GODDARD (en prensa), estudia la distribución general de los minerales pesados en el fondo del golfo de Cariaco.

GEOLOGIA DE LA COSTA ADYACENTE

Dentro del marco geológico general del área, el golfo de Cariaco se encuentra localizado en la llamada Depresión de Cariaco, entre el conjunto de rocas metamórficas y sedimentarias de la costa norte que conforman la Península de Araya, y las sedimentaciones de la Serranía del Interior de la costa sur (Fig. 2). El uso de las fotos aéreas y la observación directa en el campo, fueron elementos muy valiosos que permitieron confirmar apreciaciones o consideraciones expuestas en los diversos trabajos consultados.

HUMBOLDT en 1799 (Traducción de LISANDRO ALVARADO, 1941) habla de los "esquistos micáceos de Manicuare" una arenisca de brecha calcárea y caliza" que se encuentran reunidas en la extremidad occidental de Punta Araya. LIDDLE (1946), en su sección sobre la Serie Caribe habla de las rocas terciarias de la Península y de los "esquistos", rocas altamente metamorfizadas, infrayacentes y discordantes con las rocas inalterables del Cretáceo Inferior. SELIER DE CIVRIFUX en (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1965) resume todo lo que se refiere a la Serie Caribe, incluyendo comentarios sobre las rocas metamórficas de Venezuela nor-oriental. Por su parte BALDA (1961, 1963) señala rocas sedimentarias del Mioceno y Plio-Mioceno para la costa occidental de la misma, y rocas metamórficas de bajo metamorfismo y edad equivalente a la del Grupo Guayuta, representadas por las Formaciones Manicuare y Laguna Grande que afloran a todo lo largo del trayecto entre Manicuare, al oeste, y Ensenada Grande del Obispo, al este.

Posteriormente, VIGNALI (1965) describe las rocas sedimentarias del extremo occidental de la península como del Mioceno, mientras que SCHUBERT (1972) describe muy detalladamente los tipos de rocas que están conformando este tramo de la gran cordillera Araya-Paria. Según este autor, las rocas sedimentarias que influyen en sus procesos de sedimentación son los conglomerados de base de la Formación Cumaná del Mioceno,

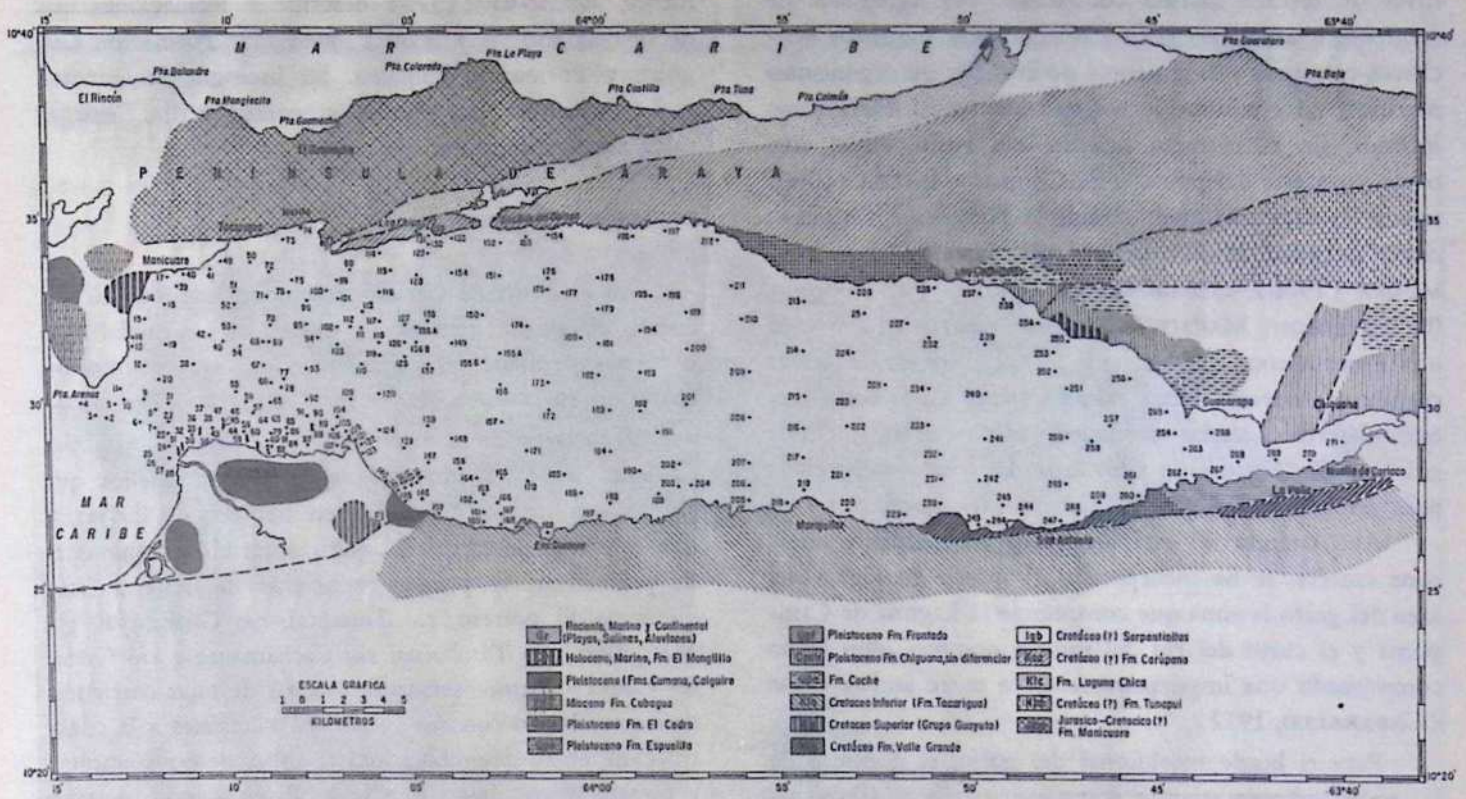


Fig. 2. Mapa de localización de las estaciones de muestreo. Geología y algunos rasgos estructurales del área continental.

al sur-oeste, y la Formación Chiguana del Plioceno, al este de la península.

Así mismo, SCHUBERT (1972) agrupa las rocas metamórficas en tres unidades formacionales; los esquistos cuarzo-micáceos, cuarcitas y esquistos de la Formación Manicure; las filitas cloríticas, cuarcitas y esquistos cloríticos de la Formación Laguna Chica; y los esquistos cuarzo-micáceos calcáreos, mármoles esquistosos, esquistos y filitas y cuarcitas de la Formación Carúpano.

El contacto entre estas formaciones lo establece como de tipo tectónico, colocando el correspondiente a Manicure/Laguna Chica a lo largo de la traza de la Falla de Salazar; y el de Laguna Chica/Carúpano por la traza de la Falla de Laguna Grande.

En cuanto al origen de estas rocas, sugiere edades que van del Jurásico-Triásico (Formación Manicure) hasta el Cretáceo (Formación Laguna Chica) y Cretáceo Medio (Formación Carúpano).

Aplicando el reconocimiento mineralógico al estudio de cuerpos intrusivos en el litoral nor-este del país, AUDEMARD & SÁNCHEZ (1976) determinan la existencia de estas masas de rocas emplazadas dentro de la

formación Carúpano a lo largo de todo el litoral central de la península Araya-Paria, desde Río Caribe, al este, hasta Punta Salazar, al oeste. En base a sus análisis mineralógicos AUDEMARD & SÁNCHEZ (1976) invalidan la propuesta estratigráfica de algunos autores (ZAMBRANO, 1967; SEIJAS, 1972) de dar a la formación esquistosa de coloración verde, el nombre de Formación Copei.

En la zona más adyacente al golfo y constituyendo fuente de sedimentos al mismo, éstos autores señalan una "zona perturbada tectónicamente" de dirección ENE-WSW comprendida entre Punta Guarapatuara y Punta Salazar; y dentro de ésta zona, el tramo costero del golfo entre Punta Salazar y Ensenada Grande como el más abundante en cuerpos intrusivos peridotíticos (Fig. 2). Estas son, probablemente, las manchas ígneas que hacen referencia BALDA (1961) & SCHUBERT (1972) en sus mapas geológicos del área.

Más al este, y particularmente en el sector costero centro oriental del golfo, entre Punta Manzanillo y Punta Los Cachicatos, CARABALLO & MACSOTAY (1973) proponen el nombre de Formación El Cedro para un

nivel de terraza marina constituido por agregados de fragmentos angulares de rocas cuarzosas, esquistos sericiticos-calcareos y fragmentos de conchas de organismos marinos. Al conjunto le asignan una edad Pleistoceno inferior. En el extremo oriental del golfo, en el área norte y noreste del poblado de Chiguana, BALDA (1960) señala las rocas sedimentarias de la Formación Chiguana como de edad Mio-Plioceno; mientras que para BERMÚDEZ (1966), ésta unidad geológica es Plio-Mioceno. Recientemente, MACSOTAY & CARABALLO (1976), en una extensa zona que va desde Punta Colorada de Ariota en la costa noreste, hasta Punta Oricaro en la costa sureste, describen varias unidades sedimentarias, incluida entre ella la Formación Chiguana. La edad determinada para estos sedimentos fue Plioceno-Pleistoceno inferior.

Aun cuando no está localizada propiamente en la zona costera, se ha incorporado al marco geológico del área del golfo la zona que comprende la Laguna de Campoma y el curso del río del mismo nombre, pues se ha comprobado una importante relación entre ambas zonas (CARABALLO, 1972).

Para el borde meridional del golfo, el dominio de las rocas sedimentarias es completo, areniscas arkósicas-cuarcíticas, limolitas, lutitas etc. En detalle podríamos señalar como en el sector oriental afloran los sedimentos que caracterizan las Formaciones Frontado, Valle Grande y Taguarumo, dominando completamente en el área central de la costa la Formación Taguarumo con sus características capas de arenisca arkósica-cuarcítica intercaladas con limolita y lutita (MACSOTAY, 1975).

Hacia el extremo sur-occidental del golfo, la geología se hace más compleja, pues aunque continúan los afloramientos de la Formación Taguarumo, aparecen rocas más jóvenes pertenecientes al Grupo Guayuta en contacto de falla por debajo de Taguarumo.

Consideraciones muy particulares se hacen de ese conjunto de colinas áridas y de avanzada erosión que constituyen los llamados comunmente Cerro de Caigüire. Estas elevaciones se localizan al sur de la ciudad de Cumaná, y se encuentran separadas de las montañas por una llanura. Ya LITTLE (1928), denomina la cadena de colinas bajas en la vecindad de Cumaná como Cerro de Agua Santa y Colinas de San Antonio. Aunque se conocían como "Capas de Cumaná, nombre que le asignara HUMBOLET en su visita a Cumaná, es BERMÚDEZ (1966) quien eleva la zona superior de los Cerros de Caigüire al rango de Formación Cumaná. Posteriormente,

ASCANIO (1972) describe 2 formaciones que de la más antigua a la más joven son: Formación Caigüire y Formación Cumaná. Su litología, en general, está constituida por gravas arenosas, arcillas, margas calcáreas fosilíferas, etc.

DRENAJE CONTINENTAL:

En el golfo de Cariaco desemboca un total de 79 cursos de agua, entre ríos y quebradas de caudal más o menos permanente, y riachuelos de carácter intermitente, en su mayoría de extenso recorrido (Fig. 3).

A lo largo de la costa sur del golfo caen aproximadamente unos 34 cursos de agua. Entre aquellos que fluyen con mayor intensidad en tiempos de lluvias, y que a la vez descargan al golfo apreciables volúmenes de sedimentos se pueden mencionar de oeste a este: quebrada El potrero, río Tunantal, río Guaracayal, río Marigüitar, río Tarabacoa, río Cachamaure y río Cariaco. Como lo hemos señalado, muchas de estas corrientes han contribuido con sus cargas de materiales a la construcción, en su desembocadura al golfo, de éstos amplios y característicos deltas que se localizan a todo lo largo del litoral sur. El río Cariaco, hoy día casi desaparecido, constituyó poco tiempo atrás una corriente de apreciable caudal que permitiría la navegación por sus aguas, tal como lo atestigua HUMBOLDT (traducción de L. ALVARADO, 1941), cuando dice "que a su regreso de la región de Caripe entra por Cariaco y embarca en su puerto (Muelle de Cariaco) para volver a Cumaná. En la actualidad, el río es una débil corriente que apenas llega al golfo.

Por la costa norte caen alrededor de unos 45 cursos de agua entre arroyos y quebradas. De este total, algunos son de corto recorrido, apenas 1 ó 2 km desde su nacimiento hasta el mar, localizándose muchos de éstos en la zona centro-oriental (Fig. 3).

Con excepción de las áreas de Cachipo y Guacarapo, al este, y las correspondientes a El Destiladero, Arroyo de Laguna Grande, Arroyo de Puerto Real y Los Cañones en el área centro-occidental, en todo el resto del extenso litoral norte del golfo no se presentan esos rasgos tan característicos como son la construcción de planos aluviales y deltas en la desembocadura de los ríos de la costa sur.

Una de las razones por la cual no se presentan esas condiciones es el hecho de que en este sector no existe ningún rasgo de plataforma incipiente que sirva como

Golfo de Cariaco. II Fuente de Sedimentos. Análisis mineralógico

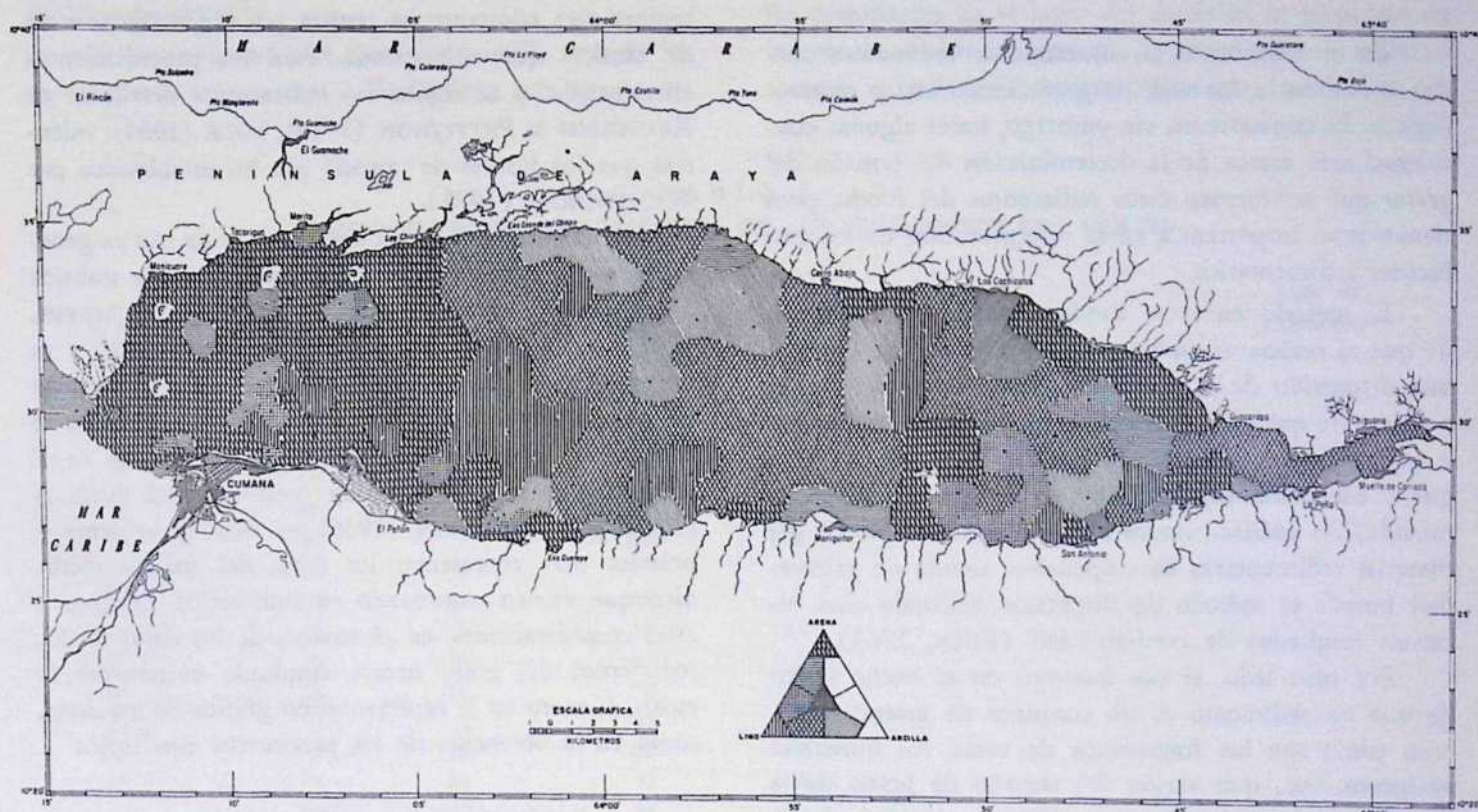


Fig. 3. Distribución de los sedimentos superficiales del golfo según el Diagrama de Shepard (1954). Drenaje Continental.

zona de deposición de los sedimentos que pudieran ser llevados hasta allí por las corrientes fluviales.

Por otra parte, las características estructurales de la zona dan lugar a que las caídas de los frentes de montañas sean muy pronunciados, es decir, con declives muy escarpados que se hunden en el mar hasta profundidades bastante considerables (45 - 50 m).

Esta morfología tan particular no permite que se den las condiciones para la deposición de sedimentos en ese frente litoral, aún para aquellos casos de que existieran descargas apreciables de materiales sedimentarios en las orillas.

MATERIALES Y METODOS

TRABAJO DE CAMPO

Se analizan un total de 271 muestras de sedimentos superficiales del fondo del golfo de Cariaco. De esta totalidad, un grupo numeroso de ellas corresponden a material sedimentario recolectado en campañas oceano-

gráficas del buque GUAQUERI I y de la motonave M/N DIOS TE SALVE. (Fig. 2).

En general, todas las muestras localizadas en aguas de mediana y gran profundidades fueron recolectadas con draga tipo Biergen-Ekman; mientras que aquellas correspondientes a zonas de plataforma de agua; llanas se hicieron mediante el método de buceo autónomo, que permitió, a la vez, realizar observaciones directas de las características del fondo, caída rápida del talud, irregularidades del piso, etc.

El plano base para nuestra investigación lo constituyeron las hojas N° 7347 y 7447 del mapa topográfico de la Cartografía Nacional a escala 1:100.000, y fotografías aéreas a escala 1:40.000. Para la localización de las estaciones se utilizaron la brújula Brunton y el sextante micrométrico C Plath de ángulos horizontales, aprovechando como puntos de control las prominencias y elevaciones montañosas más importantes del área continental adyacentes al golfo; así como también todos aquellos accidentes o aspectos morfológicos más sobresalientes de ambas líneas de costa.

TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio las muestras de sedimentos fueron sometidas a los análisis granulométricos y mineralógicos. Es conveniente, sin embargo, hacer algunas consideraciones acerca de la determinación del tamaño del grano que conforman estos sedimentos del fondo, pues tienen gran importancia en la interpretación de los ambientes sedimentarios.

El método en sí se fundamenta en la suposición de que al realizarse un tratamiento adecuado se obtenga una dispersión de la muestra lo más completa posible, a objeto de que cada partícula responda individualmente y no pueda ser influenciada por las otras. Es por esto, que a excepción del tamizado en seco, todos los otros métodos de análisis usados en el laboratorio parten del material sedimentario en suspensión, siendo de primordial interés el método de dispersión utilizado para alcanzar resultados de confiabilidad (FOLK, 1964).

Por otro lado, si nos basamos en el hecho cierto de que un sedimento es un conjunto de granos minerales como son los fragmentos de rocas, los minerales autógenos, etc., que varían del tamaño de grano de la arena al de los coloides, se justifica a cabalidad el uso del análisis combinado de tamizado y pipeteo. Todo cuando se ha expresado anteriormente tiene aplicación en cuanto a las muestras del fondo del golfo, tal y como lo veremos más adelante.

En cuanto al tratamiento preliminar de muestras de sedimentos marinos recientes se debe tomar en consideración no solo el efecto cementante de los coloides orgánicos y de los carbonatos, sino también la fuerza de cohesión mecánica que existe entre las partículas y la fuerza de coagulación de los electrolitos (GRIPENBERG, 1938). En base a los anteriores señalamientos, se emplearon 3 tipos de tratamiento preliminar en el análisis de las muestras del golfo de Cariaco; a saber: 1. Lavado suficiente de las muestras a objeto de eliminar las sales contenidas en ellas mediante la utilización de filtros especiales; 2. Adición de agentes peptizadores, en particular Hexametofosfato de Sodio o Calgon y 3. Tratamiento mecánico, agitar, remover para lograr una buena homogeneización de la mezcla.

Una vez completado el tratamiento preliminar, las muestras son separadas por tamizado en húmedo a través de una malla de 230 micras ó 4.0 ϕ . La fracción fina recuperada se lleva a un cilindro graduado para su análisis por pipeta; en tanto que la fracción gruesa

(menor que 4.0 ϕ), previamente secada a la estufa a temperatura constante, se analiza por medio de la serie de tamices que corresponda. Para los procedimientos antes señalados se siguen las indicaciones detalladas de KRUMBEIN & PETTIJHON (1938), FOLK (1964); mientras que los límites de tamaño son los establecidos por WENTWORTH (1922).

En relación a la escala empleada, es de uso ya generalizado y aparece en un elevado porcentaje de trabajos de geología, la llamada escala $\phi = \log_2 E$ (KRUMBEIN, 1938) en la que E es el diámetro en milímetros y es un exponente tal que, para cualquier valor de E tiene un correspondiente valor negativo. El signo negativo se adoptó por conveniencia, ya que así los valores de E menores que la unidad serían positivos. Esta escala ϕ ideada por KRUMBEIN (1936) es más conveniente y práctica para representar los datos del análisis mecánico que vienen expresando en milímetros. En base a estas consideraciones, en el análisis de los datos de los sedimentos del golfo hemos empleado únicamente la escala ϕ , tanto en la representación gráfica de los datos, como en la obtención de los parámetros estadísticos.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS USADOS

Los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco han sido clasificados de acuerdo con los valores obtenidos a partir de los parámetros estadísticos de FOLK (1964); a) medidas de tamaño como son: Mediana (M_d) y Promedio Gráfico (M_z); b) medidas de uniformidad como la Desviación Standard Gráfica Inclusiva (G_1); c) medidas de asimetría como el Grado de Asimetría Gráfica Inclusiva (SK_1); y de medida de Curtosis como la Curtosis Gráfica (K_G).

SEDIMENTOS DEL GOLFO. NOMENCLATURA

En general, los tipos de sedimentos que cubren el fondo del golfo son: las arenas, los limos y sus mezclas respectivas. Para el señalamiento del tamaño del grano del material sedimentario usaremos los términos grava, arena, limo y arcilla; siempre en sentido físico. A los efectos de la distribución geográfica se consideran 3 zonas básicas: occidental, central y oriental.

Así, realizados los análisis granulométricos y calculados los porcentajes de las fracciones grava, arena, limo y arcilla (Tabla 1), se procedió a determinar la nomenclatura de los sedimentos según el tamaño de las

Golfo de Cariaco. II Fuente de Sedimentos. Análisis mineralógico

partículas, tomando como base el diagrama ternario de SHEPARD (1954).

Siendo la proporción arena-limo-arcilla uno de los aspectos más importantes a determinar, por cuanto re-

fleja las características del medio, en particular los vientos dominantes en el lugar del depósito, se considera de interés tener siempre presente la proporción de material arenoso existe en la muestra, pues esa fracción es, en

T A B L A I
COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO

Estación Nº	Prof. m	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Tipo de muestreador
1	100	4	55	20	11	Draga
2	40	11	85	4		"
3	30	2	77	15	6	"
4	35		69	32		"
5	15		13	62	25	"
6	40	1	93	6	25	"
7	60	1	93	6	—	"
8	40	11	84	5	—	"
9	20	1	83	14	—	"
10	9	10	87	3	—	"
11	6	17	79	4	—	"
12	15	2	93	5	—	"
13	5	16	82	2	—	"
14	5	21	75	4	—	"
15	10	3	98	9	—	"
16	5	2	94	4	—	"
17	5	1	97	2	—	"
18	25	Restos	Arrecifales			"
19	30	4	94	2	—	"
20	35	Restos	Arrecifales			"
21	60	16	52	2	—	"
22	75	-	100	—	—	"
23	65	1	36	48	15	"
24	70	24	65	11	—	"
25	20	1	39	41	19	Buceo
26	15	3	61	24	12	"
27	10	—	33	45	22	"
28	5	—	33	45	22	"
29	5	—	96	4	—	"
30	10	1	95	4	—	"
31	15	—	93	7	—	"
32	20	—	69	31	—	"
33	10	—	58	35	7	Draga
34	5	—	98	2	—	Buceo
35	10	1	95	1	—	"
36	15	2	95	3	—	"
37	20	1	95	4	—	"
38	60	1	73	16	10	Draga
39	20	3	91	6	—	"
40	10	—	96	4	—	"
41	15	3	91	6	—	"
42	60	—	53	34	13	Buceo
43	10	1	88	11	—	Draga
44	5	—	99	1	—	Buceo

TABLA I (Continuación)

Estación	Prof.	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Tipo de
Nº	m	%	%	%	%	muestreador
45	10	1	97	2	—	Buceo
46	20	—	97	3	—	Draga
47	30	—	97	2	—	Buceo
48	51	1	78	21	—	Draga
49	20	7	91	2	—	"
50	35	19	75	6	—	"
51	40	2	96	2	—	"
52	54	2	96	4	—	"
53	50	1	92	7	—	"
54	50	10	86	4	—	"
55	45	—	86	14	—	"
56	40	—	69	25	6	"
57	30	—	5	80	15	"
58	20	—	69	25	6	"
59	10	—	96	4	—	Buceo
60	8	1	97	2	—	"
61	5	—	98	2	—	"
62	7	—	98	2	—	"
63	5	—	98	2	—	"
64	10	—	98	2	—	"
65	39	—	23	68	9	Draga
66	48	—	44	48	8	"
67	57	—	73	18	9	"
68	60	12	75	13	—	"
69	61	2	86	8	4	"
70	62	23	77	—	—	"
71	50	23	39	33	—	"
72	51	Restos	Arrecifales		—	"
73	30	—	94	6	—	"
74	25	—	20	72	8	"
75	45	1	95	3	1	"
76	55	15	81	4	—	"
77	43	—	2	88	10	"
78	45	1	93	6	—	"
79	18	—	9	91	—	"
80	13	—	18	52	30	Buceo
81	5	—	15	48	37	"
82	5	—	21	48	31	"
83	5	—	82	18	—	"
84	15	—	24	74	2	Draga
85	15	—	97	3	—	Buceo
86	5	—	196	4	—	"
87	2	—	91	9	—	Draga
88	5	—	98	2	—	Buceo
89	10	—	98	2	—	"
90	15	—	97	3	—	"
91	24	—	92	8	—	Draga
92	35	—	8	89	3	"
93	47	—	43	56	1	"
94	55	—	84	14	2	"
95	60	5	86	9	—	Draga
96	54	3	94	3	—	"
97	5	1	81	18	—	"

Golfo de Cariaco. II Fuente de Sedimentos. Análisis mineralógico

T A B L A I (Continuación)

Estación Nº	Prof. m	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Tipo de muestreador
98	45	Restos	Arrecifales		—	"
99	50	—	77	23	—	"
100	55	2	93	5	—	"
101	60	2	66	20	12	"
102	50	1	87	12	—	"
103	45	1	96	3	—	"
104	20	—	97	3	—	"
105	5	—	100	—	—	"
106	4	—	97	3	—	Buceo
107	2	—	82	15	3	Draga
108	2	100	—	—	3	"
109	32	—	83	15	2	"
110	40	1	96	3	—	"
111	45	Material	Insuficiente		—	"
112	48	—	97	3	—	"
113	53	2	57	37	4	"
114	45	—	89	—	4	"
115	60	9	84	7	—	"
116	55	11	83	6	—	"
117	48	1	97	2	—	"
118	44	1	98	1	—	"
119	42	—	96	4	—	"
120	36	—	95	5	—	Draga
121	2	5	92	3	—	"
122	2	—	99	1	—	"
123	2	—	96	4	—	"
124	16	—	16	84	—	"
125	41	1	97	2	—	"
126	44	1	97	2	—	"
127	48	—	97	3	—	"
128	55	3	79	18	—	"
129	45	—	82	18	—	"
130	45	6	79	9	6	"
131	30	1	82	11	6	"
132	5	—	15	64	21	"
133	45	—	4	70	26	"
134	62	1	8	63	28	"
135	50	3	92	5	—	"
136	48	1	92	4	3	"
137	45	—	94	6	—	"
138	38	—	96	4	—	"
139	30	1	96	3	—	"
140	2	4	94	2	—	"
141	2	4	93	3	—	"
142	4	—	98	2	—	"
143	5	—	98	2	—	"
144	10	—	99	1	—	"
145	2	—	96	4	—	"
146	12	—	74	23	3	Draga
147	40	—	47	35	18	"
148	45	—	22	76	2	"
149	56	2	91	7	—	"
150	60	—	5	54	41	"

T A B L A I (Continuación)

Estación Nº	Prof. m	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Tipo de muestreador Draga
151	60	—	2	66	32	"
152	52	—	3	58	39	"
153	50	—	9	91	—	"
154	48	—	2	46	52	"
155A	58	—	6	75	19	"
155B	53	2	—	98	—	"
156	56	—	5	78	17	"
157	55	—	5	77	18	"
158	45	—	89	7	4	"
159	10	—	73	25	2	"
160	20	—	86	12	2	"
161	45	—	1	59	40	"
162	45	—	96	4	—	"
163	52	—	2	98	—	"
164	50	2	95	3	—	"
165	60	—	1	99	—	"
166	51	—	1	59	40	"
167	45	—	39	59	2	"
168	20	—	96	4	—	"
169	15	—	84	14	2	"
170	66	—	1	57	42	"
171	69	—	2	75	23	Buceo
172	57	—	2	78	20	Draga
173	59	—	3	69	28	"
174	63	—	2	62	36	"
175	65	—	4	65	31	"
176	72	—	1	53	46	"
177	65	1	—	99	—	"
178	69	—	2	42	56	"
179	71	—	2	54	44	"
180	68	—	2	64	34	"
181	70	—	3	63	34	"
182	65	—	2	62	36	"
183	67	—	1	61	38	"
184	83	—	2	53	45	"
185	82	—	2	67	31	"
186	73	—	1	52	47	"
188	59	5	7	26	4	"
187	35	—	70	54	34	"
189	65	—	1	45	54	"
190	85	—	1	99	—	"
191	83	Material	Insuficiente		—	"
192	70	—	1	59	40	"
193	70	—	4	39	57	Draga
194	73	—	2	46	52	"
195	75	—	2	54	44	"
196	45	—	5	60	35	"
197	40	—	4	49	47	"
198	74	—	2	36	62	"
199	75	—	2	43	55	"
200	74	—	1	60	39	"
201	69	—	2	54	44	"

Golfo de Cariaco. II Fuente de Sedimentos. Análisis mineralógico

T A B L A I (Continuación)

Estación Nº	Prof. m	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Tipo de muestreador Draga
202	85	—	1	99	—	"
203	65	—	1	99	—	"
204	65	—	1	53	46	"
205	45	—	80	12	8	"
206	52	—	5	67	28	"
207	58	—	1	59	40	"
208	65	—	2	56	42	"
209	65	—	2	53	45	"
210	72	—	2	31	67	"
211	59	—	4	45	51	"
212	39	2	92	4	2	"
213	46	—	2	53	45	"
214	57	—	3	50	47	"
215	57	—	5	50	45	"
216	59	—	2	51	47	"
217	58	—	1	59	40	"
218	35	—	54	46	—	"
219	40	—	69	27	4	"
220	10	—	66	24	10	"
221	51	—	3	60	37	"
222	53	—	12	47	41	"
223	52	—	1	48	51	"
224	52	—	2	36	62	"
225	40	—	5	48	49	"
226	30	2	84	8	—	"
227	40	—	100	—	—	"
228	48	—	100	—	—	"
229	20	12	83	5	—	"
230	35	—	100	—	—	"
231	47	2	36	45	17	"
232	49	2	94	4	—	"
233	48	—	95	6	1	"
234	47	—	2	72	26	"
235	40	—	1	63	36	"
236	15	—	2	56	42	"
237	10	3	33	33	31	"
238	7	1	88	6	5	"
239	25	3	14	48	35	"
240	39	—	11	62	27	"
241	43	—	24	64	12	"
242	47	—	1	62	47	"
243	20	—	42	58	—	Draga
244	30	—	42	55	3	"
245	44	—	37	61	2	"
246	25	—	5	88	7	"
247	25	—	97	3	—	"
248	35	—	36	40	24	"
249	43	—	12	36	52	"
250	35	—	7	64	29	"
251	22	—	21	60	19	"
252	19	—	3	50	47	"

TABLA I (Continuación)

Estación	Prof.	Grava	Arena	Grava	Arcilla	Tipo de
Nº	m	%	%	Limo	%	muestreador
253	14	39	51	%	%	"
254	5	1	35	51	13	"
255	5	—	92	8	—	"
256	12	—	79	19	2	"
257	28	—	73	24	3	"
258	26	Material	Insuficiente	—	—	"
259	30	—	11	63	26	"
260	22	—	55	37	8	"
261	38	—	3	97	—	"
262	20	1	86	13	—	"
263	30	—	90	8	2	"
264	24	—	3	54	43	"
265	15	—	84	15	1	"
266	14	—	5	50	45	"
267	10	—	64	32	4	"
268	18	—	3	52	45	"
269	15	—	9	50	41	"
270	15	—	9	57	41	"
270	12	—	2	44	43	"

particular, una función de la velocidad de las corrientes que predominan en el momento de ocurrir la deposición.

Por otro lado, tomando en cuenta las pocas áreas del fondo afectadas por el material de grava que prácticamente no pueden aceptarse como elemento modificador de la textura de los sedimentos superficiales, el autor para todos los cálculos e interpretaciones, considera como arena todo aquel material sedimentario con partículas mayores de 0,063 mm (menor que 4 ϕ), es decir, un término que incluye tanto las partículas de tamaño arena, como las de tamaño grava.

Por eso, la presencia de notables porcentajes de sedimentos con partículas mayores que 2 mm (menor que — 1 ϕ), es decir, la grava, amerita una ligera consideración de su presencia en el fondo del golfo, en particular aquellos sectores con porcentajes comprendidos entre un 10 y un 20% del total de la muestra. De los datos aportados (Tabla 1), se puede señalar que la grava predomina casi exclusivamente en el sector occidental del golfo, siendo más acentuada su presencia en áreas del extenso canal central y en la costa noroccidental, en relación directa con la localización de importantes restos de corales y niveles de terrazas antiguas que aportan el material orgánico de tamaño grueso a esos fondos.

Así basándose en los grupos texturales que le corresponderá a cada una de las muestras analizadas en el diagrama triangular, se hizo la distribución geográfica correspondiente a la figura Nº 3. De la misma se puede evidenciar como las arenas, a excepción de unos pequeños manchones de arenas limosas y limos, dominan en toda la zona occidental. Para la zona central, es predominante y resalta notablemente la abundancia de los limos-arcillosos, y en menor proporción las arcillas limosas; mientras que para la zona oriental se puede señalar un predominio relativo de las arenas y los limos arcillosos.

En relación a lo expresado anteriormente se considera que la repartición de los sedimentos basada en esa clasificación textual no es suficientemente representativa de la verdadera distribución, siendo más conveniente establecer clasificaciones más refinadas que se ajusten adecuadamente a estos materiales superficiales, es decir, aquéllos basados en el Grado, la Fracción Predominante y las Clases Texturales.

GRADO

Es la clasificación más sencilla y ofrece 4 categorías de sedimentos que se designan como grados: grava, arena, limo y arcilla. Son determinados por los porcenta-

tajes de las fracciones más abundantes de las muestras (Tabla 1). La distribución de los sedimentos del fondo según el grado (Fig. 4), está señalando que los limos constituyen el grado predominante, pues aparece ocupando, aproximadamente, más de un 75% del espacio interior del mismo. En orden de importancia le siguen las arenas, que aparecen extendidas en casi todo el espacio de la zona occidental del golfo y en algunos sectores de la zona oriental. Las arcillas, o grado menos abundante según esta clasificación, apenas se localiza en algunos sectores de la zona central y en el área adyacente a la desembocadura del río Cariaco, en el extremo este de la zona oriental.

La presencia de los limos en el sector sur-occidental del golfo parece estar relacionado con la presencia de una antigua red hidrográfica que recogía las aguas procedentes del extremo oriental de los cerros de Caigüire y las llevaba por medio del Cañón de Caigüire hasta las partes profundas de ese sector de la plataforma del golfo. También podría estar relacionado con los sedi-

mentos finos arrastrados desde la antigua desembocadura del río Manzanares en el área de Punta Delgada.

FRACCIÓN PREDOMINANTE

Esta clasificación se determina por la categoría o tamaño de las partículas que constituyen la fracción más abundante de la muestra. La aplicación de esta clasificación implica el uso de las clases de tamaño de WENTWORTH (1922).

Así de la distribución de las fracciones predominantes (Fig. 5), se establece casi un predominio de la arena fina ($2\phi - 9\phi$) en la zona occidental y parte de la central, así como en pequeños sectores de la zona oriental. Le siguen en importancia las fracciones de arena media ($1\phi - 1\phi$) que ocupan numerosos espacios en el centro y áreas costeras de la zona occidental. Por lo general las fracciones de la arena gruesa están localizadas muy cerca de restos de arrecifes, o arriba de los mismos.

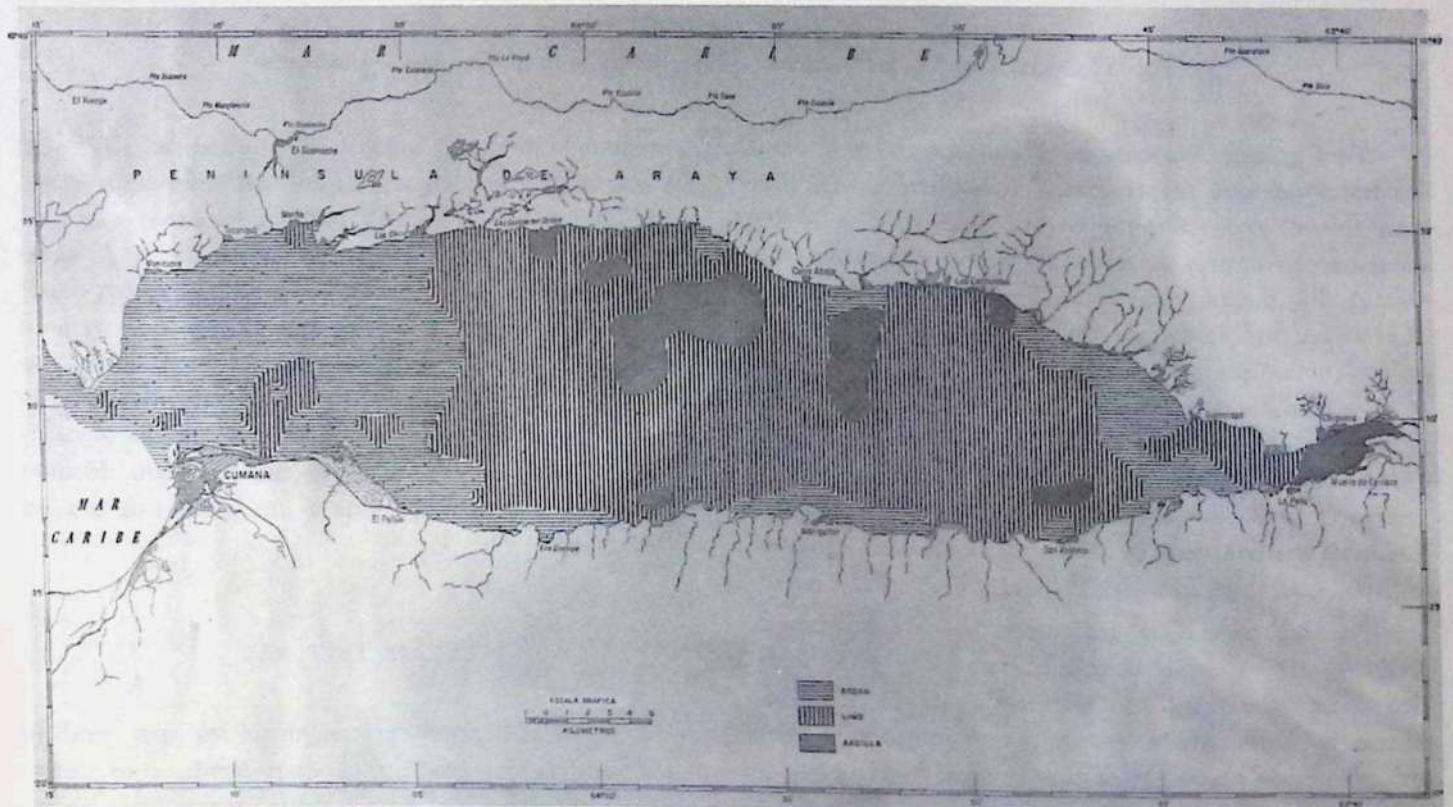


Fig. 4 Distribución de los sedimentos superficiales según el grado.

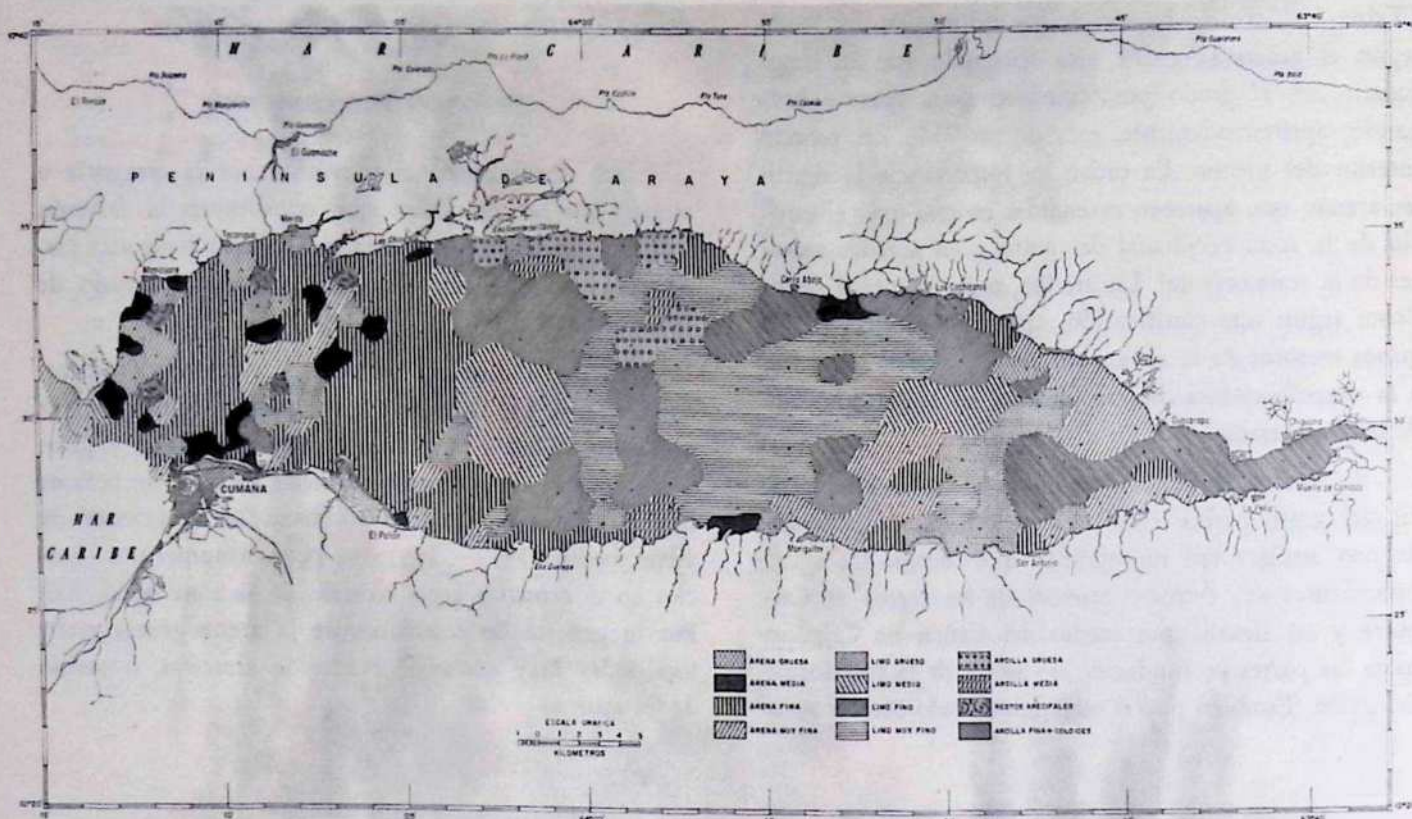


Fig. 5. Distribución de los sedimentos superficiales según la fracción predominante.

Para grandes espacios de la zona central y oriental, las fracciones que se presentan dominantes son el limo muy fino ($7\phi - 8\phi$) y el limo fino ($6\phi - 7\phi$), en particular el área ocupada por la Depresión de Guaraçayal. En menor proporción aparecen los limos medio y grueso, respectivamente. Sin embargo, es de hacerse notar que a medida que nos desplazamos hacia el interior de la zona este del golfo, se hace más amplia la repartición de la fracción de limo medio y limo grueso, probablemente motivado a su acercamiento progresivo y posterior contacto casi permanente, con la fuente de material fino de procedencia continental como lo es la desembocadura del río Cariaco allí localizada.

Por su parte, las fracciones de arcilla gruesa ($8\phi - 10\phi$) están ocupando áreas del golfo muy bien delimitadas como son la correspondiente a la Depresión de Carro Abajo, y aquella que comprende gran parte de fondo marino adyacente al tramo septentrional de la zona central.

Con la sola excepción de la zona central del golfo, no es posible establecer relaciones entre las fracciones

predominantes en el fondo y las profundidades del agua a que se han encontrado. Es de fácil observación el hecho de encontrar ya sean las arenas, los limos o las arcillas indistintamente en zonas de aguas llanas, de aguas poca y de gran profundidad, tal como lo podemos observar en el mapa de la figura 7. De igual manera, es poco frecuente, o casi no se presenta la graduación específica del tamaño de grano y su distancia a la orilla, como lo señalan muchos autores, y se pasa con mucha frecuencia de un sedimento de arena media a otro de limo grueso, o de una arcilla fina a una arena fina o a un limo grueso.

CLASE TEXTURAL

Esta clasificación prácticamente es una modificación de la del grado antes considerada, y se determina encontrando el grado de sedimento más abundante en base al peso, complementada por el grado siguiente de la escala de tamaño usada. Resulta así un

término binario que nos permite expresar claramente los constituyentes esenciales de cada muestra.

Se podría establecer una cierta semejanza entre ésta clasificación y la aplicada con anterioridad que se basó en el diagrama triangular de SHEPARD (1964). Sin embargo, consideramos que la clasificación basada en las clases texturales es de mayor amplitud y refinación, pues permite señalar las diferentes mezclas de los tamaños posibles, grava-arena-limo-arcilla, y obtener una adecuada identificación del tipo de sedimento que se estudia.

En razón de ésto, y al analizar la distribución de los sedimentos (Fig. 6), se puede observar como la arena es la más resaltante de las clases texturales determinadas al presentarse en casi la totalidad de la zona occidental del golfo; apareciendo las otras clases como especies de pequeños parches dentro de las cuales destacan la arena y el limo arenoso. Estos limos arenosos se atribuyen en gran parte al material fino procedente de las áreas continentales adyacentes.

Otra de las clases texturales de amplia distribución en el fondo del golfo la constituye el limo arcilloso. Prácticamente aparece extendido desde los límites de Laguna Chica y Ensenada Carenero en las costas norte y sur, respectivamente, hasta las inmediaciones de Cachipo y La Peña en el extremo oriental del golfo. Parches de sedimentos y regulares dimensiones constituidos principalmente por limo y arcilla limosa (Fig. 6) aparecen interrumpiendo en forma clara y precisa la extensa superficie cubierta de limo arcilloso. En sentido generalizado, los límites entre estos diferentes tipos de sedimentos se consideran transicionales.

Es importante señalar la diversidad de las clases texturales de los sedimentos localizados a todo lo largo del litoral de las zonas sur-central y oriental, respectivamente, haciéndose presente en la mayoría de ellas las partículas de tamaño arena, quizás como un producto del transporte y depósito de los numerosos ríos y quebradas que caen por ése extenso tramo litoral del golfo; aspecto que contrasta marcadamente con el de una cierta uniformidad que se observa en el sector de la costa norte-central.

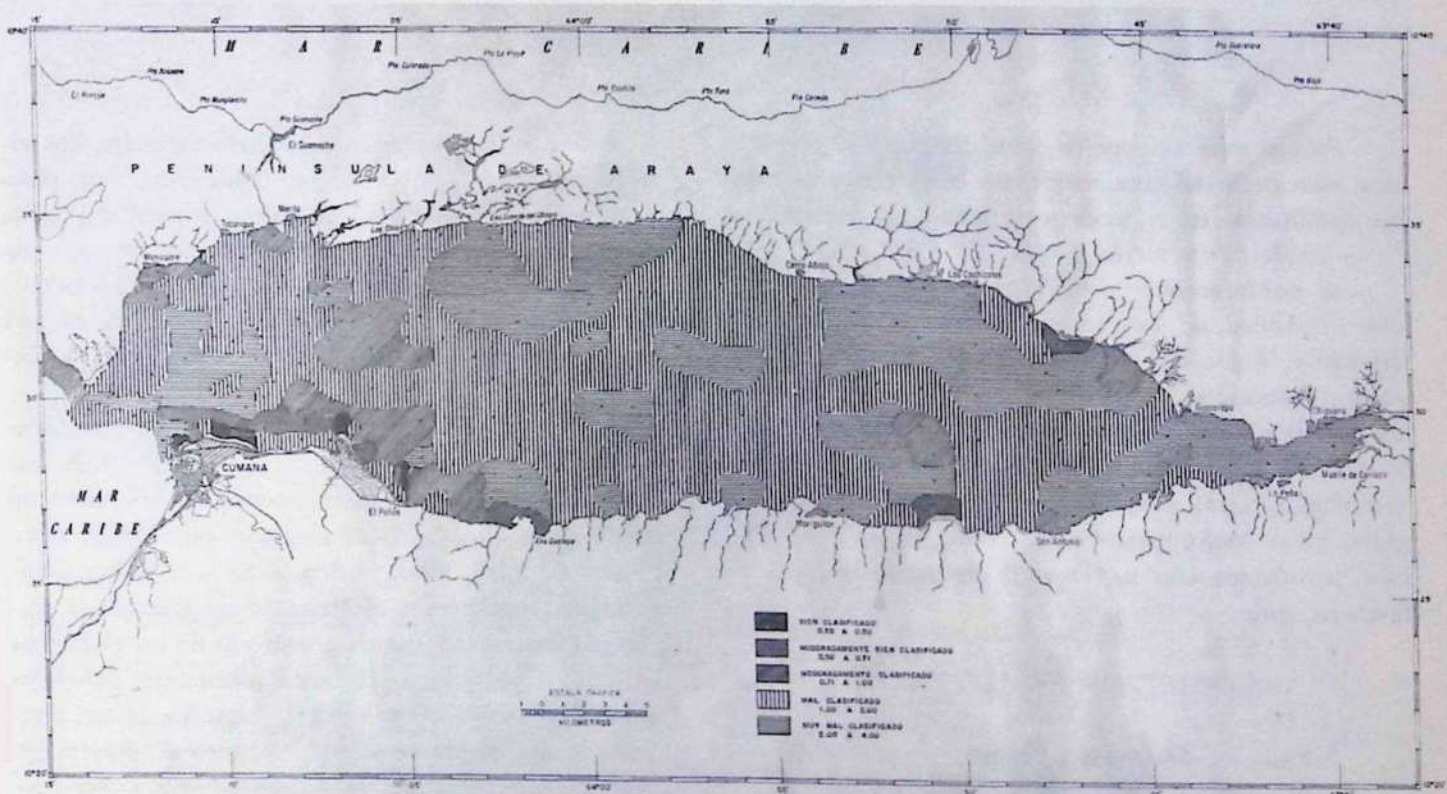


FIG. 7.—DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL GRADO DE SELECCION (G) DE LOS SEDIMENTOS DEL FONDO

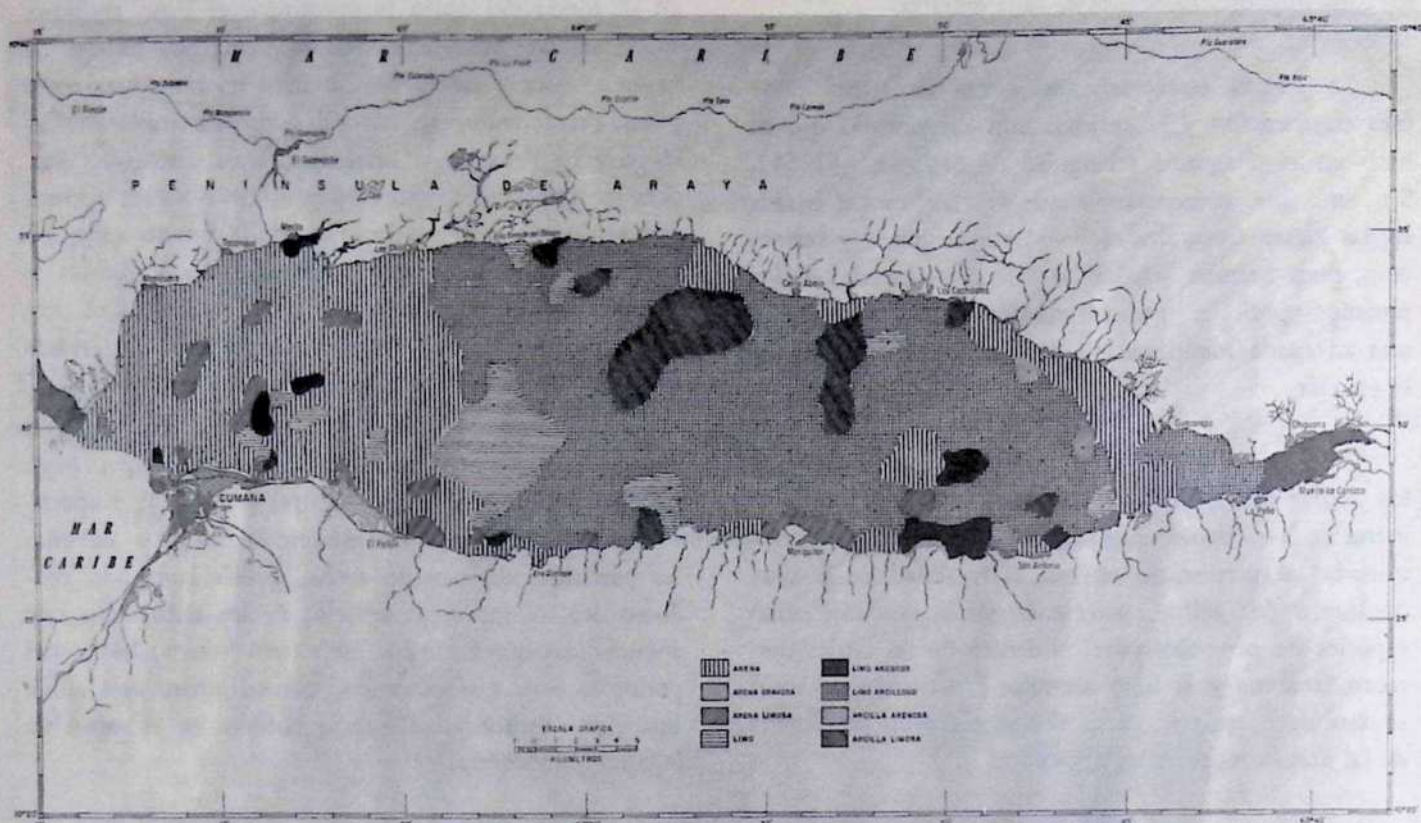


FIG. 6.—DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL FONDO SEGUN LAS CLASES TEXTURALES

Para el extremo más oriental del golfo se presenta una bien definida distribución de las 3 clases texturales dominantes en el fondo del golfo, las arenas, los limos arcillosos y la arcilla limosa.

Se puede señalar enfáticamente la existencia de una diversidad de facies sedimentarias que están cubriendo el fondo del golfo de Cariaco, en su gran mayoría constituidos por sedimentos recientes. Así mismo, los restos de aterrazamientos antiguos y los afloramientos, presumiblemente rocosos, localizados en las márgenes costeros y en algunos sectores interiores del golfo, están conformando zonas donde es posible localizar sedimentos con una mezcla de fauna antigua y fauna reciente.

PARAMETROS ESTADISTICOS

DIÁMETRO MEDIO

Los valores obtenidos a partir de la Mediana ($Md\psi$) y el material arenoso (0Φ a 4Φ) y limoso

(4Φ a 8Φ) en casi todo el fondo del golfo. Los valores más significativos de este parámetro, muy particularmente en las áreas centrales y oriental del golfo, están representados en las muestras por restos orgánicos esqueléticos procedentes, en parte, de los niveles de terrazas antiguas que han sido localizados en esas zonas del fondo (MACSOTAY, 1975; MACSOTAY & CARABALLO, 1976).

El escaso número de muestras contenido material al tamaño de grava (menor que -1ψ) de una distribución muy restringida, apenas un 4% del total estudiado, y en cantidades máximas que oscilan entre 15% y un 20%, están evidenciando o un pobre suministro de sedimentos a éste tamaño de grano, o la destrucción parcial del mismo por efecto de los elementos del medio ambiente que los transforma en partículas de menores tamaños. Es de hacer notar, que la casi totalidad de los sedimentos que manifiestan porcentajes apreciables de gravas se encuentran en la zona occidental, en correspondencia con los numerosos restos de material biológico allí localizado.

Para las zonas central y oriental del golfo, el material fino es predominante, como lo confirma la presencia de las diversas clases de limos (4ϕ a 8Φ) en grandes extensiones del fondo, y la menor presencia de las arcillas (8ψ a 12Φ), aunque en forma muy relativa, pues éste tamaño de partículas domina exclusivamente en todo el área del saco del golfo influenciado básicamente por los aportes del río Cariaco que allí desemboca.

SELECCIÓN Y ASIMETRÍA

De acuerdo a los datos aportados por la Tabla II se puede señalar cerca de un 54% de sedimentos mal clasificados, es decir, materiales donde la Desviación Standar Gráfica Inclusive alcanza valores entre 1.0Φ y 2.0Φ . Le siguen en orden de abundancia los sedimentos muy mal clasificados con valores de (G_1) comprendidos entre 2.0ϕ y 0.0Φ y proporciones hasta de un 21% del total estudiado. Para el caso del conjunto de muestras de sedimentos moderadamente clasi-

ficados (0.71Φ a 1.0ϕ) y moderadamente bien clasificados (0.50Φ a 0.71ϕ), sus contenidos dentro del total analizado apenas alcanza valores entre un 13% y un 10%, respectivamente.

Según la distribución geográfica de los valores de la Desviación Standar Gráfica Inclusive (Fig. 7) pueden apreciarse fácil y rápidamente los extremos donde hay un marcado predominio de los sedimentos mal clasificados y muy mal clasificados. Los bien clasificados y moderadamente bien clasificados destacan en áreas costeras, y dentro de éstas, la zona de la plataforma suroccidental de aguas de regular y moderada profundidad.

De la distribución geográfica de la Asimetría (Fig. 8) se observa como los valores comprendidos entre $+1.00$ y 0.10 destacan un exceso de partículas finas señalando una buena correspondencia entre los valores de asimetría y los sedimentos arenosos finos, los limos y las arcillas de los diferentes sectores del fondo del golfo. Para aquellos materiales con valores comprendidos entre -0.10 y -1.00 les co-

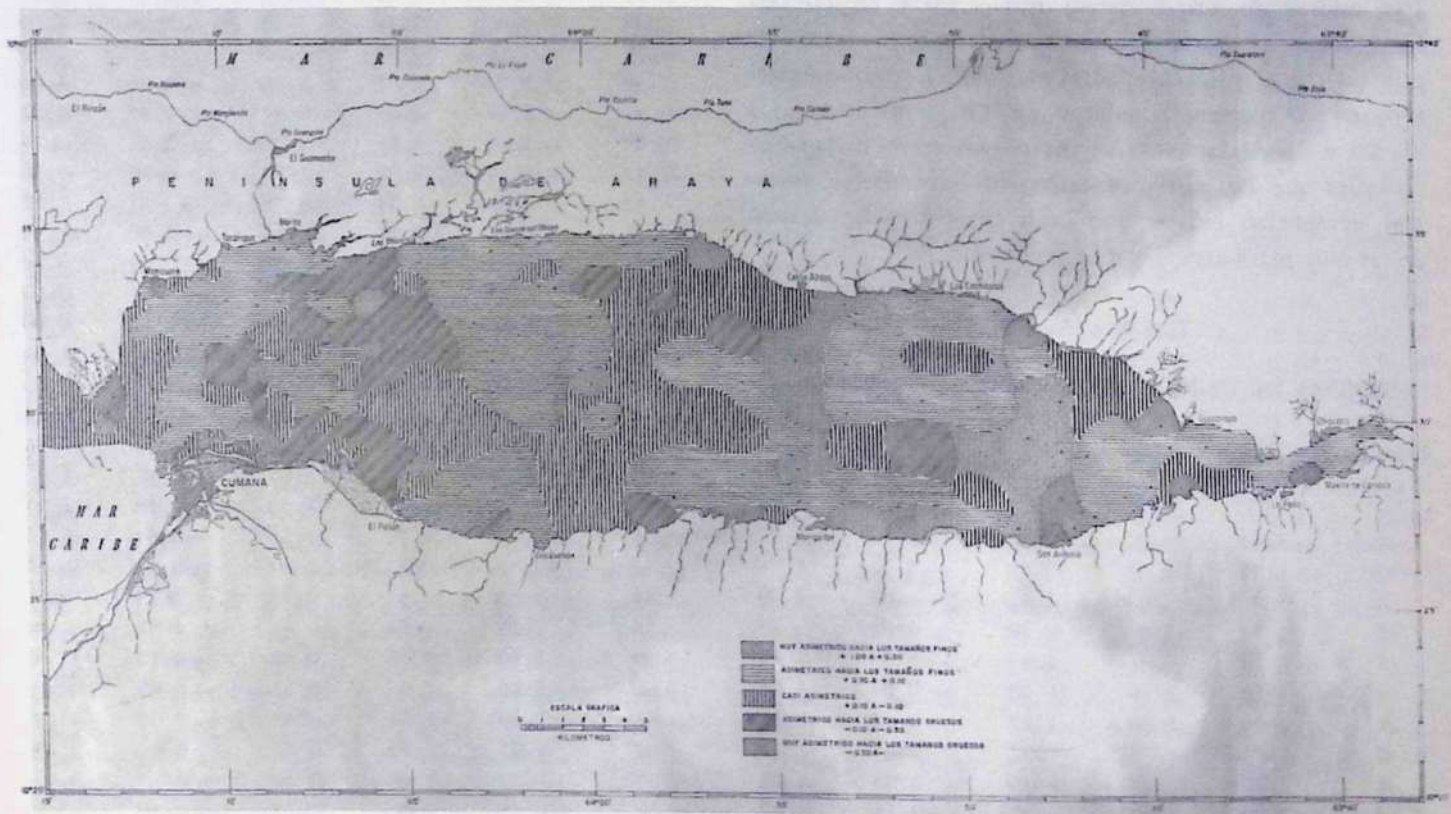


Fig. 8. Distribución geográfica de los valores de la Asimetría (SK_1).

responde una asimetría negativa y evidencia la presencia de un exceso de partículas gruesas al tamaño arena y grava.

Probablemente, son los restos esqueléticos orgánicos los elementos que están contribuyendo a darle ese carácter asimétrico a las muestras localizadas en áreas bastante bien delimitadas de las 3 zonas consideradas. Los sedimentos con carácter casi asimétrico ($+ 0.10$ a $- 0.10$) cubren zonas bien definidas del fondo (Fig. 8) y parecen corresponderse con aquellos sedimentos donde destacan las fracciones de arena media y muy fina y los limos gruesos a medio.

KURTOSIS

De acuerdo a FOLK (1964), la medida de la Kurtosis está relacionando el grado de clasificación de las colas de la curva de frecuencia y el de la parte central de la misma. Tomando como base el total de muestras analizadas (Tabla II), se ha podido establecer la relevante presencia (cerca del 35%) de sedimentos mesocúrticos ($K_G = 0.09$ a 1.11), representados por curvas casi normales; las curvas leptocúrticas (34%) con valores de (K_G) mayor que 1.00 y caracterizadas porque su parte central aparece mejor clasificada que las colas; y las platocúrticas (19%) que se caracterizan por presentar valores de (K_G) menores que 1.00 y donde las colas de las curvas están mejor clasificadas que las partes centrales. El resto de las muestras evidencian curvas que caen comprendidas dentro de las muy platocúrticas y muy leptocúrticas.

T A B L A I I

MEDIDAS DE UNIFORMIDAD DE LOS SEDIMENTOS

Estación Nº	Md (ϕ)	M _z (ϕ)	G ₁ (ϕ)	SK ₁ (ϕ)	KG (ϕ)
1	3.72	4.62	2.72	0.32	3.24
2	1.98	1.44	1.68	-0.4	0.60
3	3.42	3.43	1.12	0.05	2.23
4	3.74	3.83	0.60	0.01	1.13
5	6.20	6.61	2.84	0.08	1.19
6	2.10	2.10	1.10	-0.04	1.06
7	2.00	1.90	1.27	-0.04	1.19
8	1.24	1.23	1.72	-0.05	1.18
9	2.50	3.80	1.40	0.05	1.00
10	0.94	0.80	1.27	-0.17	0.80
11	1.00	0.68	1.49	-0.16	1.00
12	1.04	1.04	1.1	0.04	1.01

Estación Nº	Md (ϕ)	M _z (ϕ)	G ₁ (ϕ)	SK ₁ (ϕ)	KG (ϕ)
13	0.34	0.30	1.2	-0.06	1.00
14	1.00	0.31	1.60	-0.02	0.88
15	0.85	1.00	1.3	0.24	1.11
16	1.08	1.07	1.00	0.04	0.85
17	2.02	1.94	0.68	-0.27	1.73
18	Restos Arrecifales				
19	0.82	0.88	1.1	0.07	1.00
20	Restos Arrecifales				
21	2.75	2.58	2.12	0.1	1.80
22	2.00	2.02	0.71	0.03	1.01
23	4.40	5.10	2.72	0.31	2.05
24	1.46	0.72	2.84	-0.6	1.90
25	4.40	5.60	1.42	0.58	1.00
26	3.70	4.12	0.81	0.30	1.25
27	4.72	6.00	1.8	0.60	1.19
28	4.62	5.71	1.5	0.60	1.15
29	1.90	1.91	0.75	0.09	1.34
30	1.60	1.63	0.81	0.08	1.24
31	2.10	2.08	0.75	-0.01	1.11
32	3.45	3.33	0.63	-0.27	0.80
33	3.63	3.61	2.04	0.15	1.55
34	1.65	1.68	0.62	0.04	1.38
35	1.60	1.61	0.52	-0.03	1.20
36	1.43	1.46	0.62	-0.01	1.30
37	1.50	1.53	0.70	-0.01	1.25
38	3.58	3.74	2.25	0.24	2.63
39	0.58	0.75	1.16	0.3	1.33
40	1.54	1.87	1.00	0.06	1.05
41	2.59	2.63	0.41	0.25	1.82
42	3.60	4.16	3.06	0.32	1.24
43	1.74	2.07	1.60	0.46	1.36
44	2.05	2.04	0.50	-0.04	1.06
45	1.87	1.81	0.62	-0.60	1.45
46	2.12	2.10	0.51	-0.08	0.10
47	2.05	2.03	0.52	-0.01	0.10
48	2.73	2.52	1.65	-0.11	0.69
49	1.22	1.16	1.31	-0.07	1.00
50	0.38	0.81	1.42	0.15	0.70
51	1.97	0.74	1.08	-0.34	1.08
52	1.79	1.73	1.12	-0.09	1.16
53	1.87	1.86	1.0	0.1	1.97
54	1.59	1.43	1.40	-0.18	1.09
55	2.55	2.52	1.15	-0.04	1.16
56	2.58	2.85	2.33	0.33	1.17
57	5.55	5.91	2.1	0.48	1.91
58	1.67	1.64	0.61	-0.07	1.08
59	2.10	2.06	0.46	-0.10	0.10
60	2.00	1.97	0.52	-0.03	1.01
61	1.90	1.81	0.58	-0.22	1.25
62	1.52	1.53	0.40	0.03	1.18
63	1.49	1.48	0.40	-0.10	1.01
64	1.48	1.49	0.40	-0.06	1.09
65	4.37	4.47	1.76	0.31	2.51
66	4.25	4.37	2.15	0.21	1.39

Golfo de Cariaco, II Fuente de Sedimentos, Análisis mineralógico

Estación	Md	M _z	G _I	SK _I	KG	Estación	Md	M _z	G _I	SK _I	KG
Nº	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	Nº	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)
67	3.48	3.81	2.17	0.4	2.43	121	0.54	0.65	1.11	—0.6	0.73
68	2.34	1.86	2.15	—0.30	0.91	122	1.74	1.73	0.88	—0.05	1.00
69	3.12	2.94	1.65	0.03	2.11	123	2.75	2.70	0.61	—0.22	1.47
70	0.53	0.33	1.6	—0.03	0.84	124	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
71	Material insuficiente. Análisis Textural incomp.					125	2.31	2.19	0.85	—0.26	1.06
72	Restos Arrecifales					126	1.90	1.86	0.81	—0.17	1.29
73	1.71	1.77	1.0	0.11	1.18	127	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
74	4.66	5.00	1.58	0.48	1.65	128	2.66	2.71	1.53	—0.05	1.71
75	2.62	2.44	1.1	—0.28	1.16	129	2.72	2.79	1.22	0.22	1.00
76	0.29	0.43	1.41	0.17	0.68	130	1.59	1.84	2.44	0.3	1.51
77	6.13	6.13	1.40	0.13	1.19	131	2.54	2.71	2.04	0.27	1.83
78	2.21	2.12	1.18	—0.06	1.20	132	5.70	6.33	2.85	0.44	1.45
79	Material insuficiente. Análisis Textural incomp.					133	6.50	6.68	2.0	0.2	1.00
80	5.76	6.47	1.73	0.4	0.59	134	6.42	6.86	2.24	0.26	0.66
81	6.40	6.83	1.74	0.18	0.65	135	2.1	2.1	1.03	—0.14	1.93
82	5.48	6.42	1.86	0.4	0.66	136	3.01	2.70	1.41	—0.2	2.26
83	3.34	3.23	1.68	0.17	3.14	137	2.36	2.35	0.78	0.01	1.25
84	4.98	5.17	1.23	0.27	1.0	138	2.37	2.38	0.85	0.06	1.07
85	2.15	2.15	0.66	0.05	1.07	139	1.90	1.83	0.84	—0.2	1.24
86	2.60	2.57	0.68	—0.10	1.05	140	1.73	1.64	1.1	—0.18	1.20
87	2.64	2.50	1.15	—0.13	1.21	141	1.86	1.80	1.22	—0.15	1.22
88	2.22	2.16	0.60	—0.12	1.03	142	1.78	1.77	0.86	—0.05	1.02
89	2.15	2.10	0.61	—0.10	1.08	143	2.40	2.40	0.36	—0.55	1.02
90	2.45	2.28	0.57	—0.3	1.05	144	1.65	1.64	0.71	—0.09	0.52
91	3.08	2.91	1.0	—0.25	1.22	145	1.68	1.82	1.11	0.17	1.00
92	4.93	5.1	0.84	0.26	1.17	146	3.67	3.71	0.81	0.11	1.70
93	2.98	3.36	1.81	0.31	1.35	147	4.63	5.63	3.00	0.44	1.50
94	3.08	3.00	1.40	0.02	1.70	148	4.71	4.76	1.12	—0.01	1.24
95	2.40	2.14	1.70	—0.21	2.36	149	2.31	2.15	1.4	—0.15	1.00
96	1.59	1.43	1.22	—0.11	0.88	150	7.10	7.43	2.25	0.22	0.75
97	1.78	2.14	2.00	0.28	0.88	151	6.95	7.11	2.00	0.11	0.73
98	Restos Arrecifales					152	7.20	7.53	2.15	0.21	0.71
99	3.13	3.00	1.45	—0.15	0.97	153	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
100	1.69	1.79	1.0	0.11	0.64	154	8.08	8.26	1.84	0.14	1.75
101	3.46	3.82	2.43	0.27	2.47	155	5.97	6.30	1.75	0.28	1.00
102	2.96	2.85	1.17	—0.18	1.72	156	5.87	6.18	1.66	0.3	1.12
103	1.40	1.52	1.0	0.16	1.05	157	6.50	6.64	1.52	0.09	1.08
104	1.99	2.01	0.86	—0.01	1.11	158	2.72	2.62	1.46	0.12	1.71
105	1.78	1.72	0.61	—0.14	1.08	159	3.30	3.35	1.47	0.17	1.51
106	2.11	2.04	0.60	—0.15	1.01	160	3.38	3.25	0.94	—0.17	1.45
107	2.96	2.96	1.23	0.07	1.43	161	3.37	3.45	1.0	0.16	1.28
108	2.24	2.26	0.38	0.09	1.07	162	2.20	2.27	0.85	0.11	0.86
109	2.43	2.63	1.46	0.30	1.07	163	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
110	1.84	1.85	0.87	—0.01	1.02	164	1.72	1.72	1.0	—0.04	1.13
111	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.					165	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
112	2.33	2.21	1.0	—0.22	1.04	166	7.56	7.73	2.38	0.18	0.89
113	3.76	3.56	1.47	—0.22	1.78	167	4.08	4.0	0.82	—0.32	2.33
114	1.85	1.56	1.67	—0.3	1.00	168	2.70	2.79	0.70	0.14	1.00
115	1.87	1.48	1.60	—0.31	1.38	169	2.16	2.31	1.76	0.3	1.44
116	2.23	1.53	1.69	—0.53	2.21	170	7.63	7.92	2.35	0.3	1.00
117	1.49	1.42	0.86	—0.17	1.22	171	6.48	6.82	2.0	0.3	1.40
118	2.30	2.03	1.0	—0.4	0.28	172	6.62	6.87	1.78	0.22	1.08
119	2.20	2.08	1.0	—0.27	0.99	173	6.66	6.90	2.00	0.23	1.00
120	2.12	2.01	1.56	—0.07	1.01	174	7.13	7.58	2.42	0.32	1.00

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Estación	Md	M _z	G ₁	SK ₁	KG	Estación	Md	M _z	G ₁	SK ₁	KG
Nº	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	Nº	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)	(φ)
175	6.59	7.10	1.95	0.34	0.84	229	1.98	1.70	2.00	-0.36	1.60
176	6.95	7.71	2.04	-0.04	0.87	230	4.13	4.04	0.70	0.36	1.01
177	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.					231	4.96	5.41	2.72	0.14	1.25
178	8.30	7.76	2.15	-0.30	1.00	232	2.00	1.96	1.00	-0.15	1.16
179	7.10	7.54	2.73	0.35	0.89	233	3.00	2.88	1.00	-0.18	1.05
180	7.27	7.44	2.00	0.25	0.88	234	6.63	6.86	1.83	0.2	0.95
181	7.35	7.71	2.28	0.3	1.23	235	7.35	7.35	2.30	0.01	1.60
182	7.35	7.63	1.70	0.36	1.05	236	7.46	7.88	2.18	0.26	1.02
183	7.45	7.72	2.18	0.25	1.26	237	5.78	5.44	4.03	0.16	1.65
184	7.73	7.84	1.86	0.01	1.00	238	2.67	2.59	1.71	0.16	1.78
185	6.70	7.00	1.77	0.24	0.74	239	6.93	6.97	3.70	-0.02	1.71
186	7.84	7.88	1.76	-0.24	1.00	240	6.54	6.88	2.40	0.22	0.87
187	3.50	3.36	1.55	-0.01	1.76	241	4.45	5.02	1.70	0.46	1.56
188	6.42	6.83	3.1	-0.05	1.00	242	7.91	7.89	1.74	-0.08	1.07
189	8.23	8.11	2.00	-0.15	1.00	243	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
190	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.					244	4.18	4.14	1.50	0.06	1.24
191	8.23	8.11	2.00	-0.15	1.00	245	4.27	4.39	1.59	0.10	1.33
192	7.41	7.36	2.2	0.08	1.00	246	4.61	9.89	1.1	0.6	1.41
193	8.44	8.38	1.57	0.03	0.92	247	1.86	1.87	0.80	-0.11	1.00
194	8.07	8.01	2.03	0.03	1.22	248	4.65	6.16	2.55	0.6	0.90
195	7.82	8.09	1.83	0.07	1.05	249	8.17	8.14	3.05	-0.12	1.34
196	7.05	7.29	2.11	0.15	0.98	250	6.60	6.77	2.00	0.5	0.85
197	7.73	7.76	2.47	0.11	1.12	251	5.36	5.92	2.30	0.36	1.06
198	8.72	8.30	2.00	-0.34	0.89	252	7.83	7.81	3.1	0.6	1.80
199	8.20	8.05	1.54	-0.08	0.78	253	-0.64	-0.51	1.50	0.17	1.18
200	7.73	8.02	2.11	0.17	1.43	254	2.67	2.55	1.1	-0.15	1.39
201	7.80	7.87	1.61	0.07	0.79	255	3.04	3.01	0.70	-0.02	1.49
202	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.					256	3.54	3.50	1.00	-0.08	1.36
203	7.80	7.87	1.61	0.07	0.79	257	3.38	3.44	1.2	0.21	1.54
204	7.85	8.06	2.00	0.13	1.06	258	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
205	2.32	2.83	2.31	0.42	2.11	259	6.28	6.89	2.39	0.33	1.35
206	6.93	7.15	2.21	0.14	1.50	260	3.70	4.01	2.24	0.25	1.46
207	7.68	7.93	1.6	0.2	0.81	261	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.				
208	7.68	7.77	1.77	0.02	1.00	262	3.07	2.85	1.30	-0.2	1.53
209	7.80	8.11	2.10	0.2	1.04	263	2.94	2.97	0.78	0.06	2.1
210	8.88	8.76	1.57	-0.1	1.08	264	7.30	7.48	2.28	0.3	2.0
211	8.00	2.12	1.87	0.04	1.06	265	3.00	2.82	1.31	-0.21	1.09
212	2.47	2.16	1.20	-0.40	1.06	266	7.70	7.83	2.25	0.24	1.10
213	7.84	8.22	1.80	0.2	1.0	267	3.58	3.47	1.72	-0.04	2.03
214	7.94	8.22	1.6	0.51	1.15	268	7.75	8.03	2.10	0.47	1.15
215	7.83	8.10	1.6	0.6	1.16	269	7.11	7.22	2.40	0.33	1.20
216	7.80	8.24	1.52	0.28	0.89	270	8.10	8.30	2.5	0.6	1.15
217	7.64	8.00	1.88	0.47	1.90	271	7.35	7.31	2.38	0.17	1.18
218	3.87	3.90	1.17	0.03	1.03						
219	3.40	3.57	2.00	0.22	1.39						
220	3.53	3.77	2.1	0.38	2.28						
221	7.12	7.51	2.00	0.32	1.0						
222	7.44	7.46	2.30	-0.03	0.83						
223	8.04	8.30	1.58	0.17	1.24						
224	8.74	8.57	2.20	0.11	0.81						
225	8.00	8.10	2.10	0.16	0.89						
226	1.72	2.01	2.12	0.43	1.76						
227	Material Insuficiente. Análisis Textural Incomp.										
228	7.36	7.46	1.87	0.14	0.88						

Ahora bien, dadas las características texturales tan particulares de los sedimentos del fondo del golfo, hemos creído conveniente establecer las relaciones Diámetro Promedio ($M_z\phi$) y Deviación ($G_1\phi$) contra la profundidad del agua a la que ha sido recolectada la muestra. Así, basado en el gráfico correspondiente (Fig. 9), la diversidad de valores encontrados para la selección de los sedimentos, permite establecer que existe

CURVAS ACUMULATIVAS

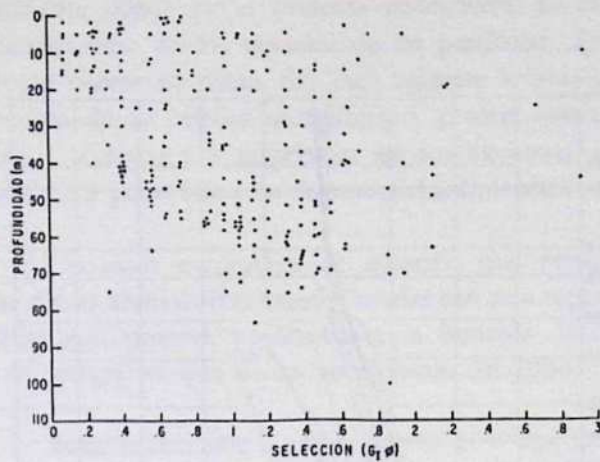


Fig. 9. Gráfico de la relación: Selección (G_1) contra la profundidad (m).

sólo una ligera concentración de sedimentos moderadamente bien clasificados entre los 35 y 50 m y otra para los mal clasificados entre los 45 y 75 m. En tanto que para la relación Diámetro Promedio-Profundidad hay una ligera alta concentración de la nube de puntos correspondiente a los limos medio y fino entre los 40 y 70 m (Fig 10) y parecen estar señalando a los materiales procedentes del área continental adyacente y transportados por efecto de los vientos y las corrientes; aunque para el resto del material estudiado se observa una gran dispersión que comprende todas las profundidades, desde los 5 hasta los 100 m.

En relación al análisis e interpretación de las curvas acumulativas de la distribución del tamaño y procesos que han intervenido en la dispersión de las partículas de sedimentos, autores como FOLK & WARD (1951), SPENCER (1963); VISHNER (1967a) han atribuido distintas formas de curvas acumulativas para los diferentes procesos de sedimentación que han ocurrido, y las mezclas de las poblaciones básicas de sedimentos. En general, éstos procesos han sido correlacionados con diferentes ambientes de sedimentación, playas, plataforma interior y exterior, etc. Sin embargo, se debe tener siempre presente el hecho cierto de que el ambiente sedimentario del área del Golfo de Cariaco ha estado sometido a las variaciones que ha experimentado el nivel del mar del Post-Pleistoceno (CARABALLO, 1973 MACSOTAY & CARABALLO, 1976 que se vendría a reflejar en los procesos de sedimentación, y en cierto modo, complicaría la interpretación de las formas de las curvas acumulativas resultante de los análisis. Y aún más, por cuanto no es del todo conocido la diversidad de mecanismos ocurridos, y pudieran presentarse el caso concreto de no existir un completo ajuste de los procesos de sedimentación en el fondo del golfo bajo las actuales condiciones oceanográficas.

Son 5 los grupos de curvas acumulativas que han resultado del análisis total de muestras con suficiente material para su estudio. Los 2 primeros grupos con

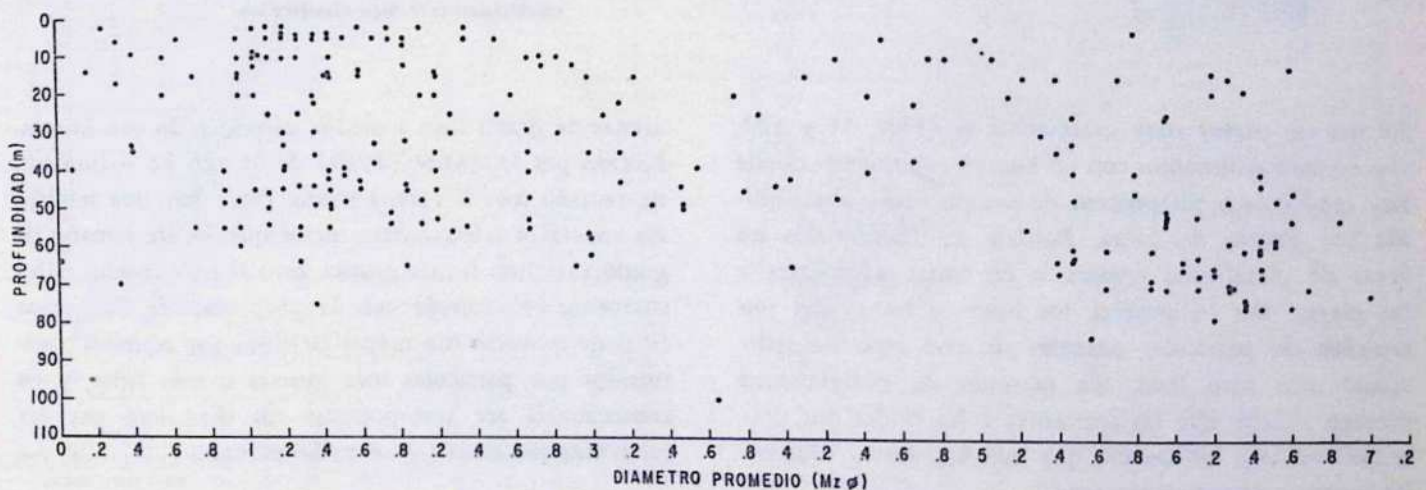


FIG. 10.—GRÁFICO DE LA RELACION DIÁMETRO PROMEDIO (M_2) CONTRA LA PROFUNDIDAD (m)

Fig. 10. Gráfico de la relación: Diámetro Promedio (M_2) contra la profundidad (m).

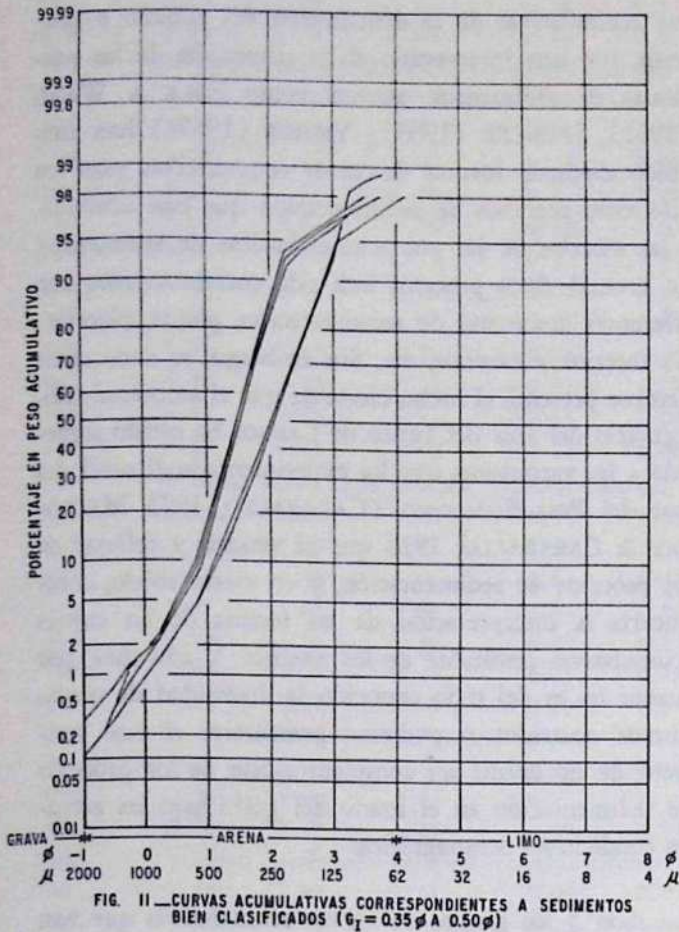


Fig. 11. Curvas acumulativas correspondientes a sedimentos bien clasificados.

formas de curvas muy características (Figs. 11 y 12), representan sedimentos con un buen escogimiento, donde hay tendencia a un proceso de acumulación libre, quizás por exceso de carga. Pueden ser encontrados en áreas de plataforma somera o en zonas adyacentes a las playas. Por lo general, los limos y las gravas son tamaños de partículas ausentes de éste tipo de sedimento. Por otro lado, sus patrones de escogimiento parecen señalar que las corrientes y las caídas por gravedad han sido los agentes que más han intervenido en los procesos de sedimentación.

De modo bastante general, se puede establecer que los sedimentos bien clasificados están constituidos por

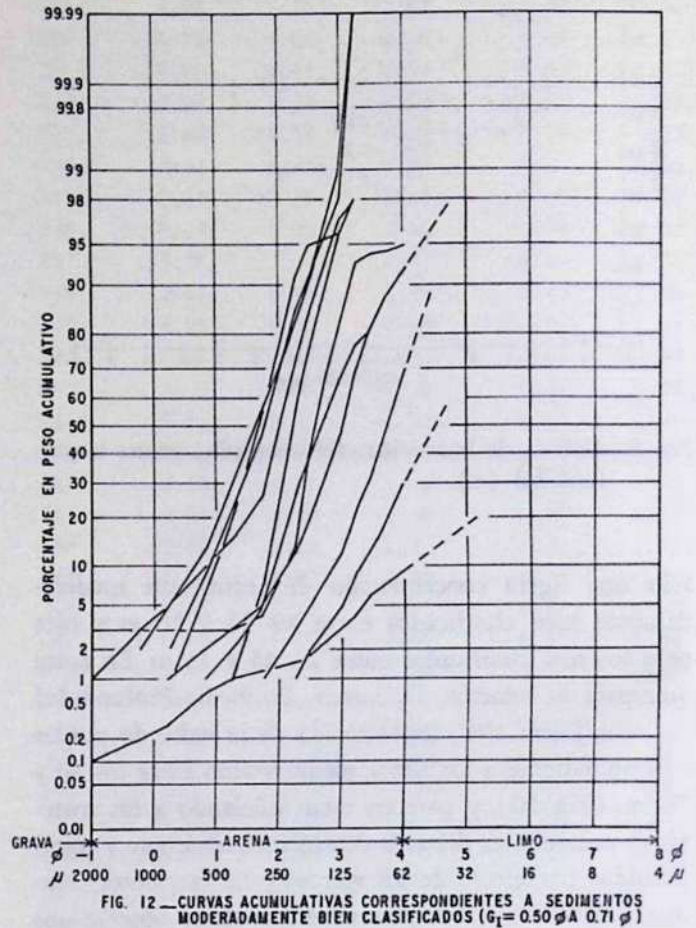


Fig. 12. Curvas acumulativas correspondientes a sedimentos moderadamente bien clasificados.

arenas de grano fino a medio, coincidiendo con lo establecido por INMANN (1949) de que en los sedimentos de tamaño medio (arena media fina) hay una tendencia natural a seleccionarse mejor que los de tamaño de grano más fino o más grueso. Esto al parecer está estrechamente relacionado con la propiedad de las arenas finas de moverse con mayor facilidad que aquellos constituidos por partículas más gruesas o más finas, y en consecuencia ser transportadas sin dificultad por las corrientes que actúan en el medio marino.

El grupo de curvas correspondientes a los sedimentos moderadamente clasificados (Fig. 13) indican un

ambiente donde ya se presenta condiciones de cierto mezclamiento de los tamaños de las partículas. Así se tienen curvas en forma de "ese" bastante levantadas y testigos de un regular escogimiento, y otras que tienden a acostarse y a dispersarse en sus extremos, indicando una pobre selección del material sedimentario.

Los bajos porcentajes de muestras que presentan las curvas acumulativas antes señaladas han sido representadas gráficamente, y corroboran la limitada distribución geográfica que tienen en el fondo del golfo.

Estos sedimentos moderadamente bien clasificados y moderadamente clasificados, están constituidos por partículas de tamaño de arena muy fina, arena media y arena muy fina o limo grueso.

Los 2 últimos grupos de curvas (Figs. 14 y 15) parecen caracterizar ambientes sedimentarios donde prevalecen los procesos típicos de una acumulación forzada, y en consecuencia, las diferentes poblaciones de granos, gravas, arenas limos y arcillas se presentan mezclados originando esa variedad de tipos de sedimentos que hemos determinado. Son sedimentos mal clasificados ($G_1=1.0 \phi$ a 2.0ϕ) y muy mal clasificados ($G_1=2.0 \phi$ a 4.0ϕ) — donde se encontró el pre-

dominio de partículas de arena fina, limo fino, limo muy fino, arcilla fina, etc.

La forma característica de curvas muy tendidas, casi acostada de los sedimentos muy mal clasificados o de peor escogimiento, se corresponden con materiales acumulados en áreas del fondo hidrodinámicamente tranquilas y con aportes de diversas fuentes de suministro. diversas fuentes de suministro.

En general, la amplia variedad de la selección de los sedimentos presentan una estrecha relación con las fracciones predominantes en las muestras, señalando al mismo tiempo una respuesta de las variaciones en el suministro de sedimentos. Los altos valores de la desviación encontrados en los sedimentos de la zona occidental los atribuimos a los restos de los constituyentes biológicos tan frecuentes en esos fondos.

MATERIAL LIMO-ARCILLOSO

Dado la importancia del material fino presente en los sedimentos en el fondo del golfo de Cariaco, particularmente las fracciones al tamaño del limo, se considera conveniente hacer un pequeño análisis de las características y procedencia de éstos materiales finos apli-

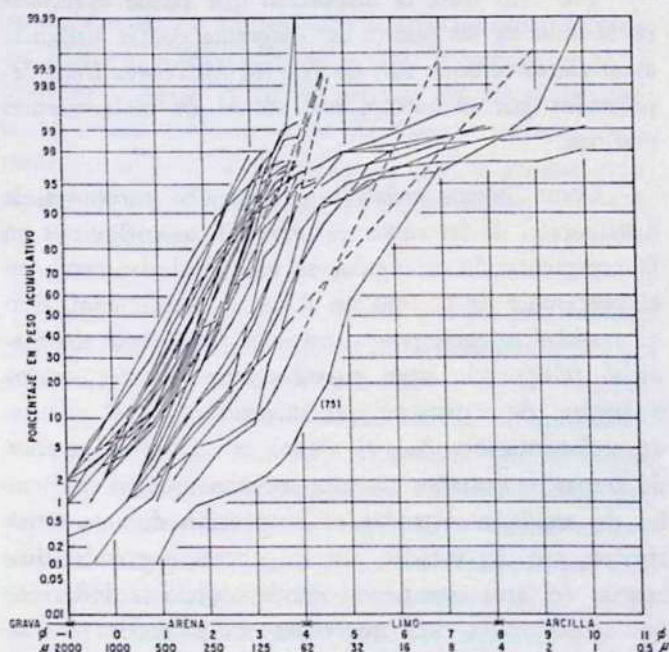


Fig. 13. Curvas acumulativas correspondientes a sedimentos moderadamente clasificados.

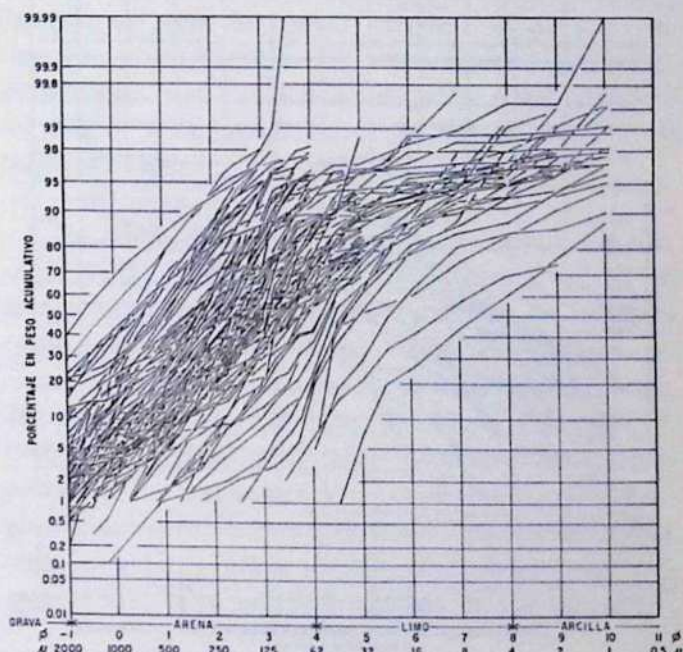


Fig. 14. Curvas acumulativas correspondientes a sedimentos mal clasificados.

cando el método del triángulo de limos de DDORMAL (1954) que ha sido puesto en práctica por diversos autores, entre otros STEPHAN (1960), ASENSIO & CARABALLO, (1968); CARABALLO, (1972, 1973). Básicamente representa su granulometría en base a 3 dimensiones del tamaño del grano: 0. 01 mm, 0. 01 — 0.062 y mayor que 0.062 mm, (Fig. 16) con el objeto de establecer con certeza el posible origen del sedimento fino que cubren el fondo del golfo. El uso del diagrama triangular para los limos es aplicable a todos aquellos materiales limosos donde el porcentaje de la fracción arenosa (mayor que 0.062 mm) no sea superior al 50%, ó máximo un 60% del total de la muestra (STEPHAN, 1960). Una proporción mayor llevaría al sedimento a un dominio de las arenas finas, por lo que no se considera conveniente aplicar este diagrama triangular. De igual modo, no debe ser aplicado a materiales sedimentarios con elevados contenidos de partículas arcillosas.

La representación triangular de los limos estudiados (Fig. 16) nos permite señalar que la casi totalidad de las muestras se ubican en la zona de los limos eólicos, es decir, debajo de la línea que delimita el 35% de la

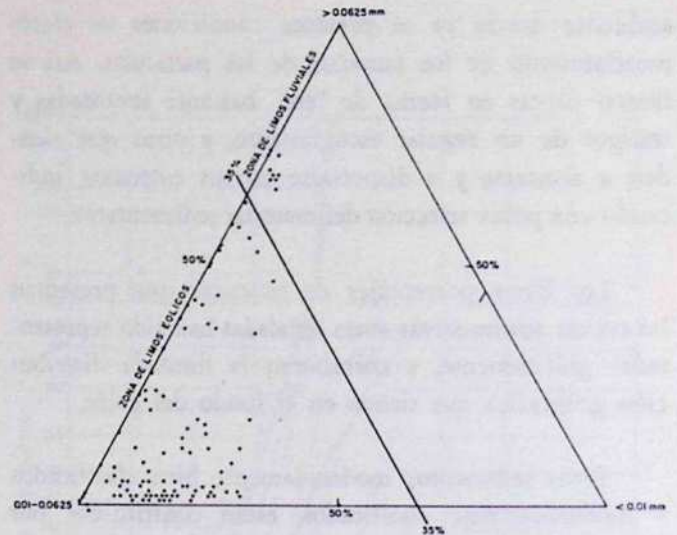


Fig. 16. Representación triangular de la fracción fina (0.01-0.062 mm), según Stephan, 1960.

fracción 0.01 — 0.062 mm, mientras que son muy pocas las muestras que se corresponden con la zona de limos fluviales. Se considera como muy significativo el hecho de que una gran mayoría de las muestras, los porcentajes de la fracción intermedia (0. 01 — 0.062 mm) no desciende del 50%, aspecto éste que se considera muy característico para el agente del transporte eólico (STEPHAN, 1960).

Por otro lado, la dispersión que puede apreciarse en la nube de los puntos del diagrama podría atribuirse a un cierto retoque sufrido por los materiales finos depositados por el viento, por acción de las corrientes marinas.

Como hemos señalado en párrafos anteriores, la distribución de las zonas de limo eólicos y fluviales en la representación triangular se basa exclusivamente en el porcentaje de la fracción 0.01 — 0.062 mm. Esto en realidad se corresponde con un aspecto físico del material relacionado muy estrechamente con los modos o agentes de transporte que intervienen en el proceso de sedimentación. Así, el viento no transporta granos de arenas de tamaños grandes, mientras que las partículas de arcilla mantenidas en suspensión durante largo tiempo, son depositadas, por lo general, a grandes distancias del área continental donde ocurrió la deflación. En consecuencia, los materiales sedimentarios de la fracción limosa enriquecidos proporcionalmente con la fracción 0.01 — 0.062 mm, constituyendo así los limos característicos. (Fig. 14).

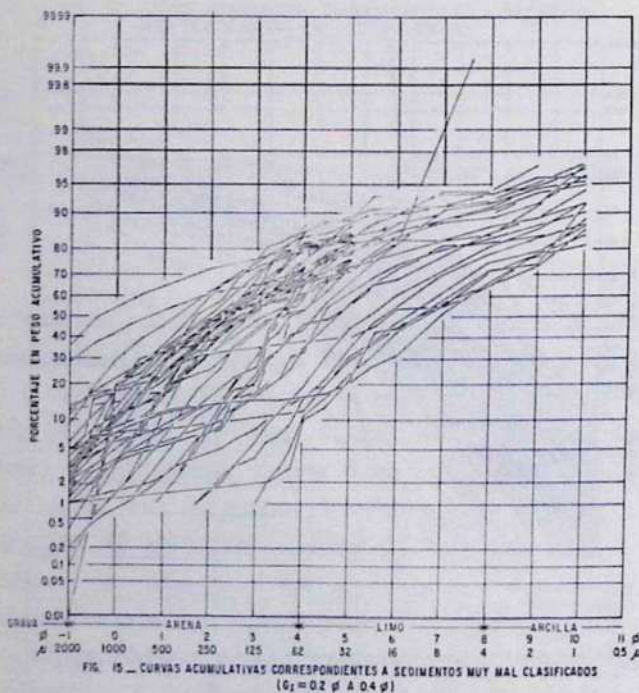


Fig. 15. Curvas acumulativas correspondientes a sedimentos muy mal clasificados.

Por otro lado, los cursos de agua mantienen en suspensión por largo tiempo las partículas de mediana dimensión, es decir, la ya señalada fracción intermedia 0.01 — 0.062 mm, mientras que las correspondientes a los materiales arenosos sedimentan por gravedad cuando la velocidad del agente de transporte disminuye, y las partículas de arcilla precipitan bajo la acción o el efecto de fenómenos físico-químicos que ocurren en el medio ambiente. Por esta razón los limos fluviales son pobres o de bajos contenidos de la fracción intermedia, y más relevantes las proporciones de material arenoso y arcilloso.

Basado en las anteriores consideraciones, el autor se permite señalar que las elevadas proporciones de la fracción limosa que hoy está cubriendo los fondos del golfo de Cariaco está constituida principalmente por los limos eólicos procedentes de las zonas áridas adyacentes al golfo, y transportados por los vientos predominantes en la región. La otra fracción limosa, probablemente tenga su origen en los materiales finos procedentes de los ríos que caen al golfo, principalmente el río Cariaco, y quizás el río Manzanares.

FUENTE DE SEDIMENTOS

En relación a los análisis realizados para el conjunto de muestras de sedimentos superficiales del fondo del golfo de Cariaco, se ha podido determinar que, al presente, y desde el último ascenso del nivel del mar, se ha suministrado al golfo de Cariaco material sedimentario constituido básicamente por 2 grupos principales de elementos: orgánico e inorgánico o detríticos pre-existentes.

Dentro del grupo de los detríticos preexistentes tenemos que desde la última estabilización del nivel del mar, aproximadamente unos 5000 años A.P. (CARABALLO, 1973), el área que ha estado suministrando sedimentos inorgánicos está constituida por el bloque de rocas metamórficas: esquistos cuarzo-micáceos granatíferos, filitas cloríticas, esquistos y filitas cuarzo-micáceos y esquistos cuarzo-micáceos calcáreos que afloran a todo lo largo del litoral sur-central de la península de Araya (SCHUBERT, 1972); seguidas por las rocas sedimentarias que afloran en los extremos occidental y oriental de la misma península (VIGNALI, 1962), (BERMÚDEZ, 196), (SCHUBERT, 1972),

(BALDA, 1961), (MACSOTAY & CARABALLO, 1976); así como aquellas rocas sedimentarias cretáceas que se localizan a casi todo lo largo del litoral sur y que constituyen la Formación Taguarumo (GUILLAUME & *al.*, 1969), (MACSOTAY, 1975).

Siguen en orden de importancia como fuente de materiales detríticos del golfo, las rocas sedimentarias de la Formación Frontado (MACSOTAY & CARABALLO, 1976) que afloran en el litoral costero del extremo oriental del golfo. Por otro lado, los sedimentos arcillosos localizados en el saco del golfo son aportados en su mayor parte por el río Cariaco, el cual, al atravesar zonas bajas y pantanosas antes de desembocar al golfo, pierden fuerza considerablemente y sólo arrastra los materiales finos. En el área del litoral sur-occidental del golfo, la principal fuente de sedimentos la constituyen las Formaciones Caigüire y Cumaná (ASCANIO, 1972), (MACSOTAY, 1975), BERMÚDEZ (en prensa) que conforman los cerros de Caigüire.

Por último no debe olvidarse el material detrítico aportado por el delta que se formó a expensas de los materiales depositados por el río Manzanares y sobre el cual se construyó la ciudad de Cumaná. Actualmente, y a consecuencia de las obras de ingeniería realizadas para protección de la ciudad, el río Manzanares está llevando al golfo un mayor volumen de agua, y por supuesto, una apreciable carga de sedimentos está siendo acarreada hacia el fondo del golfo, constituyéndose así toda la zona meridional de la Serranía Interior en fuente de sedimentos al golfo de Cariaco.

En cuanto al grupo que aporta sedimentos de material orgánico de origen calcareo, debemos señalar en primer término los esqueletos y conchas de moluscos (pelecípodos y gasterópodos), tanto del material reciente como del reliquia que se ha localizado en niveles de terrazas de algunas áreas del fondo del golfo. A éstos restos de conchas les acompañan, en relativas proporciones, los fragmentos y restos de los arrecifes marginales que se encuentran bordeando ciertas zonas costeras del golfo, y que al ser rotos, contribuyen con fragmentos de corales, briozoarios, tubos de anélidos, etc.

Es frecuente encontrar en los sedimentos reliquias fragmentos de poliquetos y balánidos que permiten caracterizar ambientes costeros de alta energía, y que

evidencian las condiciones de sedimentación que existirían cuando se formó la terraza marina que se ha localizado en el fondo del golfo (MACSOTAY, 1976).

Como segunda fuente de material orgánico deben señalarse las conchas de foraminíferos planctónicos. La abundancia de estos organismos tienen una estrecha relación con las condiciones ecológicas favorables a la proliferación del plancton, y su distribución en los sedimentos del fondo del golfo está regida por dos factores, la velocidad de las corrientes y la velocidad de sedimentación (SEIGLIE & BERMÚDEZ, 1963).

ANÁLISIS MINEROLÓGICO

Respecto a los minerales pesados como indicadores de áreas proveedoras de sedimentos, el análisis mineralógico realizado sobre un conjunto de muestras representativas de las diversas zonas del fondo del golfo, nos permitió conocer la frecuencia con que se presentan los minerales livianos y pesados existentes. Estos últimos aún cuando no se encontraron en cantidades significativas, fueron suficientes para corroborar nuestra consideración acerca de la procedencia de los materiales sedimentarios que se encuentran hoy día ocupando el fondo del golfo de Cariaco.

De los materiales livianos, el cuarzo es el más abundante, estimándose que puede representar más del 50% del total de los minerales contenidos en cada muestra (Tabla III). La extraordinaria abundancia del cuarzo está plenamente justificada, pues ha sido comprobada su presencia, tanto en las rocas metamórficas, como en las sedimentarias que conforman formaciones geológicas que afloran a todo lo largo y extenso del sector costero del golfo de Cariaco.

En todas las muestras analizadas siempre se observó la morfología angular, subangular y subredondeada de los granos de cuarzo, confirmando nuestras apreciaciones anteriores. En menores proporciones, y acompañando siempre al cuarzo se presentan los feldespatos, principalmente los potásicos; y completan el grupo principal de los livianos, las micas bitoica, moscovita y clorita.

Dentro de los Opacos se identificaron la Magnética y la Limonita. Se debe señalar que la presencia de la Limonita y el Leucoceno hace suponer un primer

tiempo de fuerte meteorización, que hoy día ha desaparecido o no se presenta en la provincia distributiva (PERFETTI), comunicación personal.

Dentro de los minerales pesados se han podido identificar en proporciones variables: (AN) Andalu-cita, (ES) Estaurolita, (CI) Circon, (GR) Granate y (RU) Rutilo. Además, se puede señalar la presencia en las muestras de la Sillimanita, la Turmalina y la Cianita. En general, se pueden considerar a estos minerales pesados como los representativos de la provincia metamórfica de la cual proceden. Así mismo, la presencia bien extendida de la Estaurolita parece significar que las rocas de donde ellas proceden son originalmente sedimentarias (KERR, 1952) citado por GODDARD (en prensa); lo cual parece estar comprobando lo señalado por (SCHUBERT (1972), en cuanto al origen de las rocas metamórficas de la península de Araya MIRO (1974), también señala al mineral Estaurolita como el caracterizador de la "Asociación Araya", dado como área de suministro de la península de Araya.

Por otro lado, la presencia del Glaucófano perteneciente al grupo de los anfíbolos alcalinos, con una paragénesis similar a la del granate, y a la de la Zoisita, está corroborando que la fuente de los minerales sedimentarios son las rocas metamórficas de la península de Araya (GODDARD, en prensa).

TABLA III
MINERALES DE LOS SEDIMENTOS ARENOSOS
DEL GOLFO

Muestra	Minerales								
	(Frecuencia en %)								
Nº	Q	F	M	An	Li	Es	Ci	Gr	Ru
19	26	22	19	16	2	11	5	—	—
23	22	20	17	14	1	12	7	5	2
39	25	21	17	14	2	12	5	—	4
56	22	19	17	14	1	11	7	3	6
75	24	21	18	15	1	11	8	2	—
115	31	25	19	12	1	7	5	—	—
69	22	19	17	15	1	12	7	5	2
73	24	21	17	14	1	11	7	4	2
133	22	20	17	15	1	12	6	2	5
139	20	18	16	14	1	11	9	4	7
163	22	20	17	15	1	11	7	2	5
237	22	20	17	14	1	11	7	2	6

En relación a la mineralogía de los sedimentos finos mediante el análisis por Difracción de Rayos X, se puede señalar como predominantes al cuarzo, la calcita y el yeso en el grupo de los no arcillosos; mientras que la illita, la caolinita y la clorita se presentan abundantes dentro del grupo de los minerales arcillosos (GODDARD, en prensa). Así mismo, el análisis térmico realizado en una serie de muestras del área continental de Chiguana al noreste del golfo (Fig. 17), señaló un predominio de la illita, acompañada de la clorita y la caolinita; evidencia ésta que viene a confirmar lo ya expresado por CARABALLO (1972) & MACSOTAY & CARABALLO (1976) sobre la influencia predominante de las fuentes metamórficas como áreas de suministro de materiales sedimentarios a la zona tectónica deprimida ocupada por el golfo de Cariaco.

Por otro lado, la presencia del yeso en los sedimentos finos del fondo del golfo (GODDARD, en prensa), puede explicarse en parte por su procedencia desde los afloramientos de la formación Chiguana (MACSOTAY & CARABALLO, 1976) localizada al noroeste del golfo, y es una evidencia más para señalarla como área de suministro de sedimento fino al golfo.

La presencia de una abundancia mineralógica de provincia metamórfica ampliamente distribuida en la plataforma de Cumaná, sector suroccidental del golfo, la cual, de acuerdo a las características topográficas del fondo en ese sector, no se puede atribuir a un transporte de los sedimentos desde el norte, nos lleva a expresar la idea de que éstos fueron depositados en esa zona cuando la península de Araya, antes de originarse el golfo de Cariaco, se encontraba en una posición geográfica mucho más al sur de la actual, y probablemente suministraba el material sedimentario de la plataforma en formación.

Datos probatorios de nuestra anterior consideración son los aportados por el detalle litológico de la formación Caigüire (ASCANIO, 1972) que señala la presencia de sedimentos granulares de cuarzo blanco ahumado y esquistos micáceos sericiticos que él atribuye a la fuente de rocas metamórficas de la península de Araya.

Así, y en base a las características mineralógicas del material se corroboran en casi todas sus partes lo señalado en cuanto a la diversidad y procedencia de los

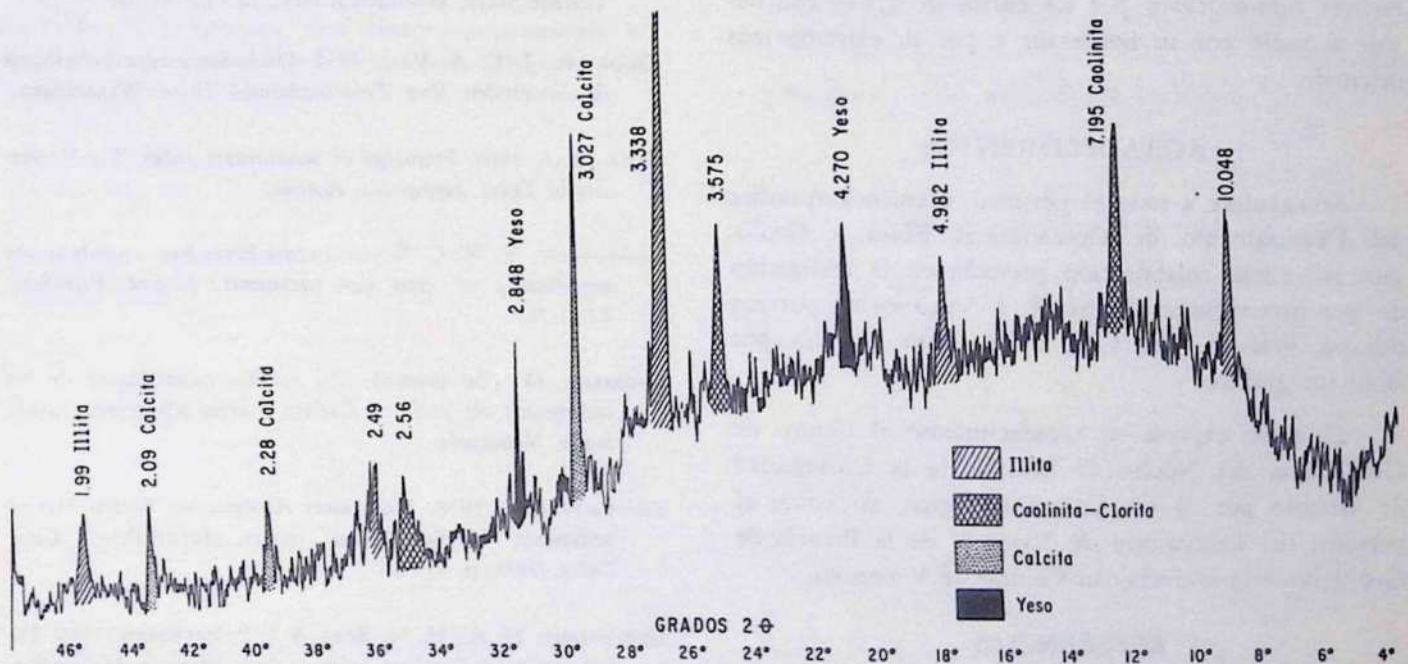


Fig. 17. Diffractograma de una muestra representativa de las arcillas de la formación Chiguana.

sedimentos que cubren el golfo: Las arenas, con sus áreas de suministro constituidas por: 1) Las rocas sedimentarias de la serranía del interior, y las metamórficas y sedimentarias que conforman la península de Araya, que aportan granos y fragmentos de areniscas, calizas, caurcitas, esquistos diversos, vetas de cuarzo, etc. 2) Los arrecifes marginales, que al desgastarse y fragmentarse por la acción del mar aportan una gran variedad de elementos al medio ambiente, corales, briozoarios, tubos de anélidos etc., así como conchas de ostrácodos y moluscos; y 3) Conchas de foraminíferos planctónicos y bentónicos. La presencia de corrientes marinas de apreciable intensidad en áreas de aguas someras, al parecer contribuyen al transporte de los sedimentos finos que pudieran depositarse en esos fondos y resulte beneficioso para una proliferación de los cuerpos arrecifales.

Para los sedimentos finos, limos y arcillas que cubren las zonas central, occidental y parte de la centro-occidental del golfo, se establece concretamente que la zona localizada al norte y noreste del golfo, constituye la principal fuente de suministro. Le sigue en orden de importancia la elevada población de foraminíferos planctónicos y bentónicos que suministran conchas y caparazones en cantidades significativas al sedimento fino. Como una tercera fuente se puede señalar los materiales suministrados por los cursos de aguas que llegan al golfo por su borde sur y por su extremo más oriental.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el personal Técnico y Auxiliar del Departamento de Oceanografía Física y Geológica la valiosa colaboración prestada en la realización de esta investigación. Al Sr. R. I. VELÁSQUEZ por sus dibujos, gráficos, etc., y al Sr. ADONAY PERNÍA por labor fotográfica.

El autor expresa su agradecimiento al Centro de Geociencias del Núcleo de Bolívar de la Universidad de Oriente por el estudio mineralógico, así como al personal del Laboratorio de Rayos X de la Escuela de Geología de la Universidad Central de Venezuela.

REFERENCIAS

- ASCANIO, G. 1972 Geología de los cerros de Caigüire, Estado Sucre, *Bol. Geol. Publ. Esp.* 5 (3): 1279-1288.
- ASENSIO A. & L. F. CARABALLO. 1968. Origen y evolución del material fangoso-arenoso de las áreas de Cedeira y Ortigueira. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)* 66: 191-194.
- AUDEMARD, F. E. & A. SÁNCHEZ. 1976. Petromineralogía y Petrogenia de los intrusivos basálticos del litoral de Carúpano. Tesis de Grado. *Esc. Geol. y Minas, Univ. de Oriente. Ciudad Bolívar* 52 p., 2 mapas.
- BALDA, F. A. Estructura geológica de Chiguana, península de Araya, Estado Sucre. *Cong. Geol. Ven. III, Caracas, Men., T. II.* 928-934.
- BERMÚDEZ, P. 1964. Los cerros de Caigüire. *Lagena. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 2: 2-13.
- , 1966. Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno Medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela. *Bol. Geol.*, 7 (14): 333-412.
- (En prensa). Geología y Bioestratigrafía de los cerros de Caigüire, Estado Sucre, Venezuela.
- CARABALLO, L. F. 1973. Estudio fisiográfico-sedimentológico y geología histórica de la Ensenada Grande del Obispo (Estado Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (2): 29-77.
- Y. O. MACSOTAY. 1973. Descripción de una terraza de origen marino en la costa sur de la península de Araya (Estado Sucre, Venezuela). *Ibid.*, 12 (1): 51-58.
- DOORMAL, J. C. A. VAN, 1954. Onderzoek kingin betreffende de lossgronden Van Zuid-Limbourg. These Wageningen.
- FOLK, R. L. 1964. Petrology of sedimentary rocks. The University of Texas, Hemphills, Austria.
- , Y. W. C. WARD. Brazos River bar: a study in the significance of gran size parameters. *J. Sed. Petrology*, 27: 3-26.
- GODDARD, D. (En prensa). Un estudio mineralógico de los sedimentos del golfo de Cariaco y áreas adyacentes, Estado Sucre, Venezuela.
- GRIPENBERG, S. 1938. Mechanical Analysis in: Recent Marine Sediments. "A Symposium", *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Okla.*, p. 533-557.
- GUILLAUME, H. A., H. M. BOLI, & J. P. BECKMAN. 1969. Estratigrafía del Cretáceo Inferior de la Serranía del Interior. Oriente de Venezuela. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 5 (3): 1619-1659.

- HUMBOLDT, A. VON (1814-1824). *Relation historique du voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799-1814*. Par A. de Humboldt et A. Bonpland Paris, 3. Traducción al castellano de L. Alvarado (1941-1942): Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente. Ediciones del Ministerio de Educación.
- INMAN, O. L. 1949. Sorting of sediment in the light of fluid mechanics. *J. sed. Petrology* 19: 51-70.
- KRUMBEIN, W. C. 1936. Applications of logarithmic moment to size frequency distribution of sediments, *Ibid.*, 6: 35-47.
- Y. F. J. PETTIJOHN. 1938. *Manual of Sedimentary Petrology*. Appleton Century-Crofts Inc., New York, 549 p.
- LIDDLE, R. A. 1928. *The Geology of Venezuela and Trinidad*. J. P. MacGowan, Publisher, Fort Worth, Texas, 552 p.
- MACSOTAY, O. 1975. Geología submarina y fauna de micro-metazoarios del golfo de Santa Fe, Venezuela-Nororiental. *Bol. Geol.* XII (23): 443-491.
- , y CARABALLO, L. F. 1976 Geología y Bioestratigrafía Cenozoica de la Parte Oriental del golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 15 (1): 25-56.
- MIRO ORELL, M. 1974. Morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules*, 14: 1-230.
- ROA M. P. & F. C. OTTMAN. 1961. Primer estudio topográfico-geológico del golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 5-20.
- SHUBERT, 1972. Geología de la península de Araya, Estado Sucre, *Bol. Geol. Publ. Esp.* (5): 1823-1886.
- SEIGLIE, G. A. & F. J. BERMÚDEZ. 1963. Distribución de los foraminíferos en el golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 2 (1): 5-87.
- SELLIER DE CIVRIEUX, J. M. 1956. Serie Caribe. En: *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. *Bol. Geol. Publ. Esp.* (1): 146-149.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sed. Petrology* 24 (3): 151-158.
- SPENCER D. W. 1963. The interpretation of grain size distribution curves of clastic sediments. *Ibid.* 33: 180-190.
- STEPHAN, 1960. Representation triangulaire de la granulométrie des limons. *Cahiers Geol.* 56-61: 603-614.
- VIGNALY, M. 1965. Estudio geológico de las rocas sedimentarias de Araya. *Geos*, N° 13: 23-37.
- VISHER, G. S. 1967a. Grain size distribution and depositional processes. Pre-print. *VII International Sedimentology Congress*, Reading and Edimburg, England, 4 p.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30: 377-392.
- ZAMBRANO, E. 1967. *Geología de la región Norte-central del Estado Sucre*. Informe inédito. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, 43 pp.

(Manuscrito recibido el 16 de julio de 1982)

EL GOLFO DE CARIACO. PARTE III. CONTENIDO DE CARBONATOS Y CONSTITUYENTES DE LAS PARTICULAS DE LOS SEDIMENTOS. SU DISTRIBUCION POR EL FONDO. FAUNA CARACTERISTICA

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente. Cumaná - Venezuela

RESUMEN: Se investiga el contenido de carbonato de calcio de 271 muestras de sedimentos de la Plataforma Continental de Venezuela Nor-Oriental, en el área hoy ocupada por el golfo de Cariaco. Los más altos porcentajes se localizan en la zona sur-occidental del golfo, en relación directa con el alto contenido de material calcáreo esquelético existente en esos fondos, y constituido por conchas y caparazones de foraminíferos, corales, algas coralinas, etc., así como también por restos calcáreos de una fauna reliquia que podrían estar señalando un proceso de sedimentación durante la transgresión holocena del cuaternario que afectó todo el área de influencia al golfo de Cariaco.

ABSTRACT: In this work we studied 271 samples of sediments from the Cariaco Gulf, in the continental shelf of north-east Venezuela, with the purpose to know the types of particles and the content in calcium carbonate. The highest percentages were found in the southwest, part, in direct relation to the carbonate skeletal materials of recent marine organisms, molluskus, foraminifera, coralline algae, etc.; and debris of a relict fauna that probably is indicative of deposition during or prior to the Quaternary Marine transgression of great influence in the Cariaco gulf area.

INTRODUCCION

Existen 3 fuentes básicas de aporte de material calcáreo a los sedimentos marinos (1) esqueletos calcáreos (2) restos de materiales rocosos calcáreo preexistente, y (3) precipitados inorgánicos.

De acuerdo a las anteriores consideraciones, y basado en la literatura científica consultada que hace referencia expresa a ciertos materiales rocosos en la costa norte del golfo de Cariaco, y teniendo en cuenta que su aporte a los sedimentos acumulados en el fondo no es suficiente como para incrementar de manera apreciable las proporciones de material calcáreo en los mismos, se considera conveniente referir todos los porcentajes al contenido de la fracción calcárea esquelética pre-

dominante en las muestras del fondo del golfo de Cariaco.

El propósito esencial de la investigación es conocer detalladamente la distribución del carbonato de calcio en esta porción de la plataforma continental, haciendo

énfasis en el origen y significado ambiental de la fracción calcárea contenida en el sedimento, a la vez que se tratan de establecer las variaciones en su distribución y naturaleza de la fracción por factores como el transporte y la fuente de los sedimentos.

AREA DE ESTUDIO

La plataforma de Cumaná (CARABALLO en prensa), hoy cubiertas por las aguas del golfo de Cariaco, está

definida como un área de 62.5 km de longitud en sentido E-W, y un ancho promedio de 8.950 km en la dirección N-S (Fig. 1).

Trabajos previos en el área señalan la presencia de una abundante población de foraminíferos que ha llevado a algunos autores a clasificar los sedimentos según las facies predominantes (ROA & OTTMAN, 1961); mientras que SEIGLE & BERMÚDEZ (1962) en un estudio de los foraminíferos recientes llegan a establecer una relación directa entre éstos y la distribución de los sedimentos por el fondo del golfo.

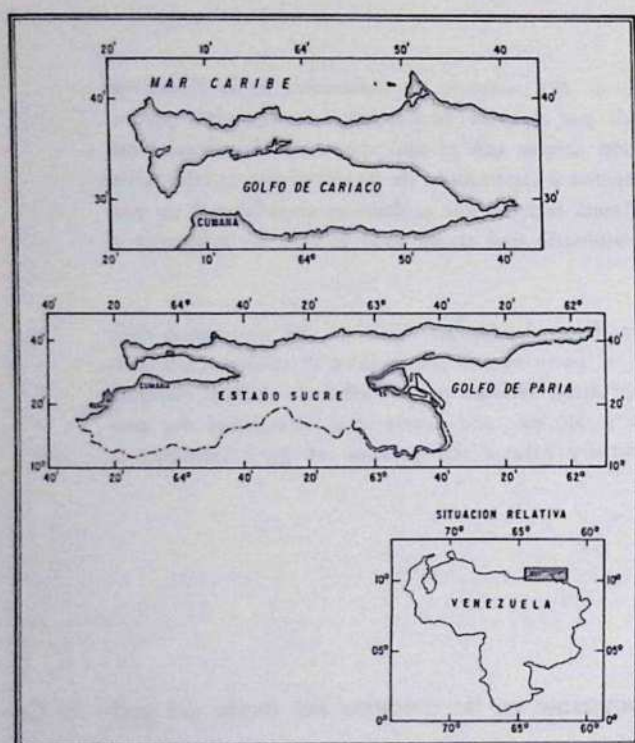


Fig. 1. Situación relativa y localización del área de estudio.

Por su parte MARTÍNEZ (1961) al establecer una relación sedimentos-organismos del fondo hace referencia a fondos arenosos-conchíferos señalando específicamente restos de conchas de bivalvos mezclados en la arena; LEMUS (1970) habla de sectores del golfo con aguas tranquilas de poca profundidad y sustrato de corales, restos de organismos calcáreos diversos y praderas de *Thalassia*; y SUÁREZ (1969) señala que en la zona litoral sur del golfo se localizan sedimentos con altos porcentajes de arena muy fina y limo arcilloso,

acompañados de una población muy numerosa de conchas y restos de foraminíferos. Más reciente, CARABALLO (1973) señala la gran significación e influencia que tienen los fragmentos y restos calcáreos esqueléticos sobre el contenido total de carbonatos en los sedimentos del fondo de Ensenada Grande del Obispo, en el litoral norte-central del golfo.

COLECCION Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las estaciones de muestreo se localizaron mediante el uso del sextante y la brújula (Fig. 2), tomando como base los relevantes característicos topográficos que rodean al golfo. Las 271 muestras de sedimentos fueron colectadas mediante dragado y buceo autónomo, en campañas oceanográficas del buque "Guaiquerí I" y la moto-nave "Dios te Salve".

Para la determinación del contenido de carbonatos se usó el tratamiento sugerido por TWENHOFEL & TYLER (1941).

Las características texturales de los sedimentos estudiados, particularmente los de la fracción arena, permitieron hacer mecánicamente la separación de los restos de organismos marinos, mientras que en las fracciones de limo y arcilla, el reconocimiento y separación se hacía más compleja, lo que obligó al autor a establecer la conveniencia de calcular los porcentajes de carbonatos en la totalidad de las muestras, o sea, incluyendo conjuntamente los fragmentos y restos de organismos marinos con el material detrítico calcáreo que pudiera existir en la muestra.

Así mismo, y con el propósito de tener una idea más concreta referente a los componentes esenciales de los sedimentos, y a la posible caracterización de los medios ambientes en los cuales ellos se depositaron, hemos aplicado el método de estudio de la fracción gruesa (SHEPARD & MOORE, 1954). Realizado un conteo entre 200 y 400 granos de material sedimentario representativo de las diferentes zonas del golfo, hemos determinado, en general, una población constituida por conchas y sus fragmentos grandes y pequeños, de pelecípodos y gasterópodos, fragmentos de corales, conchas de foraminíferos bentónicos y planctónicos; acompaña-

Golfo de Cariaco. III Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos

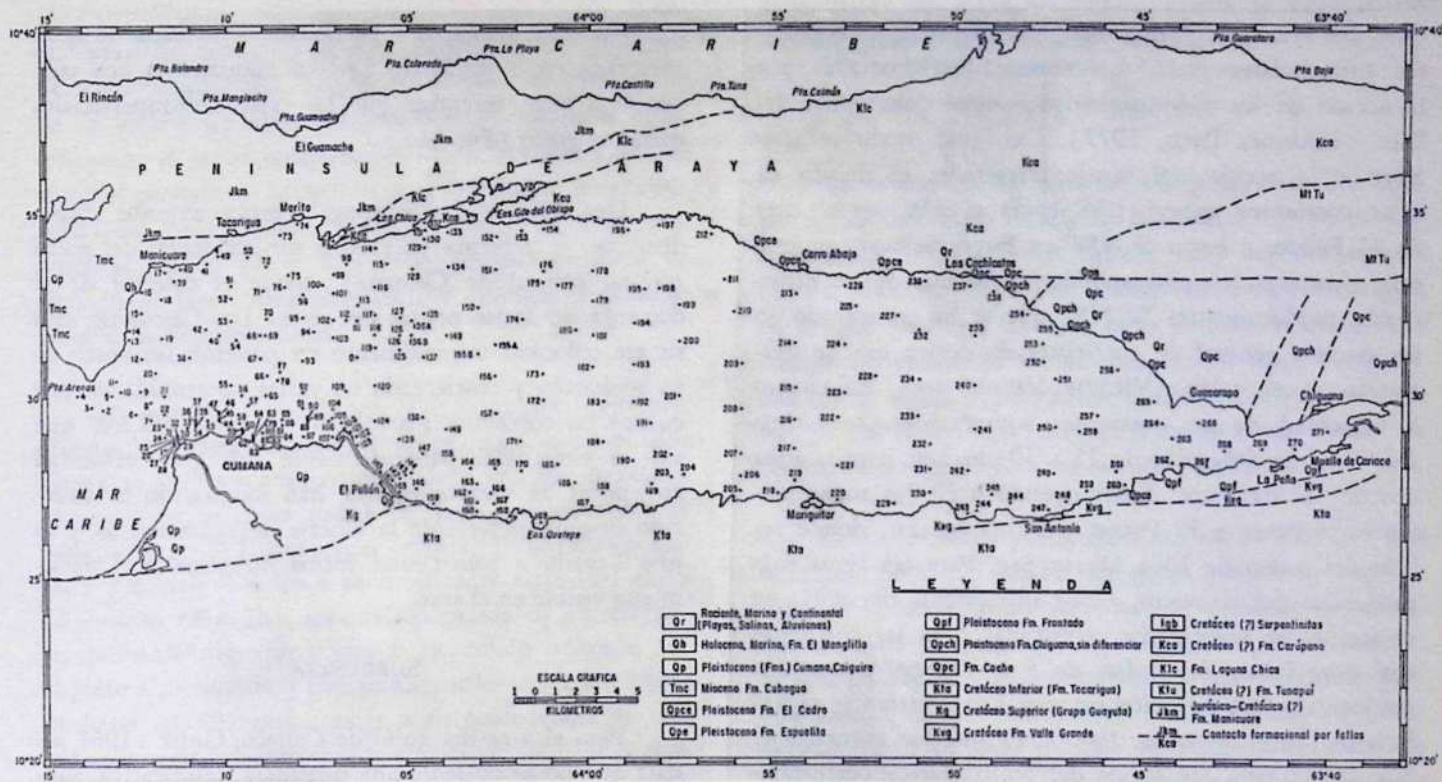


Fig. 2. Localización de las Estaciones de muestras para el estudio Geología Continental y su influencia al golfo.

dos de granos minerales, en particular, cuarzo, mica, yeso y fragmentos de rocas.

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Dada la influencia que sobre los mecanismos de distribución de material calcáreo puedan ejercer las condiciones oceanográficas del medio ambiente señalaremos, en lo posible, los aspectos más resaltantes de los procesos de circulación e intercambio de las masas de agua que ocupan el golfo de Cariaco.

CIRCULACIÓN:

En relación a las corrientes marinas que afectan las masas de agua del sistema oceanográfico del golfo de Cariaco, entre los primeros en hacer referencia a éste parámetro están ROA MORALES & OTTMANN (1961), quienes señalan que las aguas superficiales salen por la ribera sur del golfo bajo la acción de los vientos del Este y del Noreste; y GADE (1961), quien expresa que las características hidrográficas del golfo sugieren una circulación ciclófica casi permanente en las capas superficiales. Así mismo, atribuye a los vientos de direc-

ción Este, predominantes en la costa, como responsables de las corrientes fuertes en dirección Oeste, y corrientes débiles hacia el Este por la costa sur, motivado a los vientos de poca intensidad que allí se presentan. En cuanto al agua que entra al golfo desde el Mar Caribe, GADE (1961) mediante un perfil vertical encontró que el flujo de la corriente estaba hacia el interior del golfo, aproximadamente en la capa más profunda que los 30 m.

Posteriormente GRIFFITHS & SIMPSON (1967) señalan que el golfo presenta una circulación débil y restringida a ciclos climáticos anuales; y MARGALEF (1971) considera que dentro del ecosistema pelágico del Mar Caribe y regiones adyacentes, el golfo de Cariaco es una bahía de doble nivel sujeta a un tipo estuarino de circulación provocada por vientos y diferencias de densidades.

Por otro lado, medidas de corrientes realizadas en un transecto comprendido entre Pta. Salazar, al norte, y Punta Delgada, al sur, indican que en aguas profundas, y en aguas someras adyacentes a las zonas bajas de

éstas dos áreas geográficas bien identificadas, las corrientes superficiales están directamente influenciadas por la acción de los vientos predominantes que soplan del Este (Informes INOS, 1977). De igual modo se atribuye a la acción del oleaje refractado, el desvío de estas corrientes superficiales hacia el SW en el área de El Peñón, y hacia el NW en Punta Salazar; aunque ésta última podría corresponderse con una de las direcciones predominantes W-NW que se ha encontrado en un estudio general de corrientes de deriva que se desarrolla en el golfo (VÍCTOR VIDAL, *ms*). En cuanto a velocidad de las corrientes superficiales, se estima una máxima del orden de 25 a 30 cm/Seg. para la zona central del transecto, disminuyendo hacia las zonas bastantes cercanas a El Peñón y Punta Salazar, donde serían del orden de 10 a 15 cm/Seg. Para las aguas más profundas del transecto, y por supuesto la del golfo en ese sector, las velocidades registradas para las corrientes son muy bajas, del orden de 5 a 10/Seg. y con una tendencia a una dirección opuesta a las corrientes superficiales (Informe INOS, 1977). El anterior esquema de circulación para ese sector del golfo, parece corresponderse bastante bien con el sistema general de circulación establecido por los autores arriba mencionados, y

según el cual, las capas superficiales de la masa de agua encerrada en el golfo de Cariaco manifiestan una tendencia a salir, mientras que las capas sub-superficiales entran al golfo (Fig. 3a).

Una evidencia que apoya nuestra anterior consideración, se presenta en el área sur-occidental del golfo (litoral central de Cumaná), donde el colector de la descarga de aguas negras del sector Los Castillitos, con su eje colocado originalmente en posición sur-norte, se ha reubicado y reorientado en varias oportunidades, por cuanto las corrientes marinas de dirección NE-SW que allí se presentan, particularmente con gran velocidad en épocas de vientos fuertes, han modificado la dirección original del eje de la tubería de aguas negras, y lo han llevado a tomar una forma en semi-curva fácilmente visible en el área.

SURGENCIA

Para el área del golfo de Cariaco, GADE (1961 señala que no se presenta una surgencia significativa, aunque reconoce que el proceso es más acusado en la parte Este a lo largo de la costa Sureste. Sin embargo, para

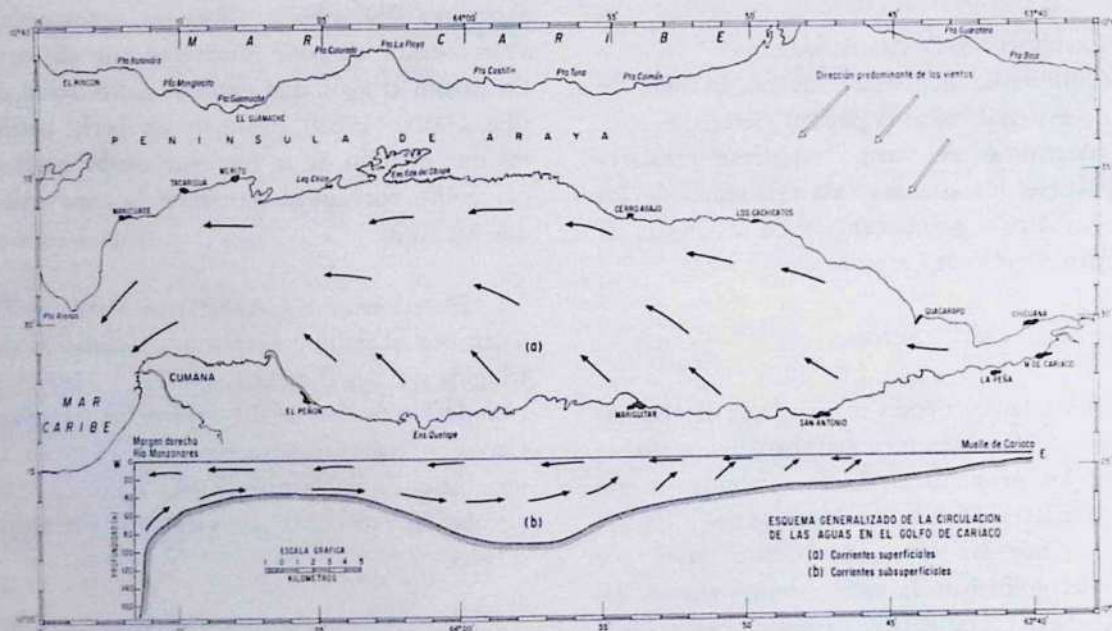


Fig. 3. Esquema generalizado de las corrientes en el área del golfo, a) Corrientes superficiales; b) Corrientes subsuperficiales.

KATO (1961) se producen surgencias en el área oriental del golfo motivado al desplazamiento de las masas de aguas superficiales que salen al exterior por efecto de los vientos de dirección Este que ocurren en la zona, señalando al lapso comprendido entre octubre y marzo como el período de surgencias más relevantes. Igual consideración hace GRIFFITHS & SIMPSON (1967) referente al origen de la surgencia, aunque establece su período al lapso diciembre-abril y limitan el proceso a los 50 m de profundidad.

En general, y basado en la información existente, el autor considera que entre el golfo de Cariaco y el Mar Caribe se realiza un intercambio de aguas que se podría esquematizar así: las masas de agua procedentes del extremo Este de la depresión oriental de la fosa de Cariaco penetran al golfo a profundidades estimadas entre 30 y 60 m (Fig. 3b), apreciación basada en las relevantes profundidades que ofrece la depresión ocupada por el golfo a su entrada, y que puede oscilar desde los 75-80 m, hasta los 185 m y más; y a su procedencia de una zona topográficamente más profunda como lo es la fosa de Cariaco. Según las características del fondo, las aguas pasan al sector occidental del golfo siguiendo la dirección aproximada SSW-NNE de un eje principal, es decir, de lo que se considera constituye el relevante cañón submarino localizado en este sector, y extendido hasta las inmediaciones del área de Laguna Chica. Probablemente, y a partir de esta última zona, las aguas se dispersan más y continúan su viaje hacia las zonas central y oriental del golfo.

Como movimiento natural a efectos del intercambio, las aguas superficiales de más baja densidad, por lo general, son llevadas al exterior del golfo por efectos de los vientos Alisios predominantes, siguiendo el flujo de agua superficial adyacente a la costa norte en una dirección aproximadamente Este-oeste; mientras que la que se desplaza por el centro y adyacente a la costa Sur, lo hace en una trayectoria aproximadamente Sur-oeste.

Por otro lado, se considera que el proceso mediante el cual las aguas profundas afloran a la superficie por efectos de la surgencia, constituye parte de ese mecanismo que origina el intercambio de masas de agua entre el golfo y el mar abierto, y que dependiendo básicamente de la circulación por efectos de los vientos pre-

dominantes, da lugar así mismo a que se produzca la renovación completa de las aguas del golfo.

RESULTADOS

De acuerdo a la distribución geográfica del contenido de carbonato en los sedimentos del golfo de Cariaco (Fig. 4), se puede señalar muy específicamente que la zona nor-occidental, sector Manicua-Tacarigua, es la que presenta las más altas concentraciones. Aún cuando se presentan variaciones en los valores obtenidos, es de gran significación encontrar amplias extensiones del fondo con proporciones que van desde un 50 hasta más del 75% de carbonato (Tabla I).

Estos elevados porcentajes de carbonatos en una zona tan bien delimitada del golfo, tienen su explicación en la abundancia de material calcáreo esquelético que se encuentra en sus sedimentos. Así, y de acuerdo al análisis textural y distribución de las fracciones predominantes en los sedimentos (CARABALLO, en prensa), se encontró una marcada abundancia de arena de conchas (calcarenitas) constituidas por restos de gran variedad de organismos marinos, acompañado por fragmentos de arrecifes marginales que aportan rubos de anélidos, briozoarios, ostracodos, conchas de forminíferos, etc. La distribución de esta biolito-facies y su influencia en los diversos sectores del fondo del golfo está señalado en la Figura 5. Por otra parte, la presencia de estos arrecifes marginales, al parecer, está relacionada muy estrechamente con el sistema de corrientes que allí se presentan, las cuales, en su desplazamiento natural hacia el interior del golfo (GADE, 1961), puede transportar los materiales sedimentarios de los fondos cercanos a la costa, y en consecuencia, desplazar sin dificultad alguna el sedimento de grano fino. La ausencia de este tipo de partículas en los sedimentos ha quedado perfectamente comprobada en el análisis textural de las fracciones predominantes (CARABALLO, en prensa).

TABLA I. TOTAL DE CARBONATO DE CALCIO EN LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS

Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador
1	100	8	Draga
2	40	56	"
3	30	26	"

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador	Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador
4	35	24	"	59	10	49	Draga
5	15	36	"	60	8	25	Buceo
6	40	46	"	61	5	23	"
7	60	48	"	62	7	21	"
8	40	48	"	63	5	18	"
9	20	14	"	64	10	15	"
10	9	85	"	65	39	33	Draga
11	6	78	"	66	48	15	"
12	15	98	"	67	57	21	"
13	5	3	"	68	60	67	"
14	5	82	"	69	61	20	"
15	10	97	"	70	62	75	"
16	5	65	"	71	50	62	"
17	5	24	"	72	51	—	"
18	25	94	"	73	30	93	"
19	30	97	"	74	25	40	"
20	35	96	"	75	45	19	"
21	60	46	"	76	55	18	"
22	75	2	"	77	43	66	"
23	65	11	"	78	45	21	"
24	70	13	"	79	18	23	"
25	20	15	Buceo	80	13	—	Buceo
26	15	18	"	81	5	12	"
27	10	22	"	82	5	16	"
28	5	14	"	83	5	11	"
29	5	16	"	84	15	10	Draga
30	10	22	"	85	15	15	Buceo
31	15	16	"	86	5	18	Draga
32	20	11	"	87	2	22	Buceo
33	10	8	Draga	88	5	8	"
34	5	15	Buceo	89	10	22	"
35	10	18	"	90	15	20	Draga
36	15	20	"	91	24	24	"
37	20	23	"	92	35	19	"
38	60	60	Draga	93	47	26	"
39	20	94	"	94	55	22	"
40	10	44	"	95	60	52	"
41	15	1	"	96	54	16	"
42	60	32	Buceo	97	5	95	"
43	10	12	Draga	98	45	53	"
44	5	20	Buceo	99	50	22	"
45	10	22	"	100	55	45	"
46	20	18	Draga	101	60	30	"
47	30	17	Buceo	102	50	22	"
48	51	48	Draga	103	45	18	"
49	20	80	"	104	20	17	"
50	35	70	"	105	5	12	"
51	40	14	"	106	4	18	Buceo
52	54	61	"	107	2	4	Draga
53	50	36	"	108	2	16	"
54	50	45	"	109	32	15	"
55	45	8	"	110	40	12	"
56	40	13	"	111	45	12	"
57	30	14	"	112	48	20	"
58	20	56	"	113	53	45	"

Golfo de Cariaco. III Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos

Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador	Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador
114	45	44	"	168	20	6	"
115	60	43	"	169	15	11	"
116	55	47	"	170	66	26	"
117	48	21	"	171	69	26	"
118	44	15	"	172	57	25	Draga
119	44	15	"	173	59	31	"
119	42	12	"	174	63	36	"
120	36	9	"	175	65	28	"
121	2	7	Draga	176	72	27	"
122	2	12	"	177	65	44	"
123	2	4	"	178	69	27	"
124	16	—	"	179	71	19	"
125	41	14	"	180	68	19	"
126	44	15	"	181	70	10	"
127	48	—	"	182	65	43	"
128	55	46	"	183	67	13	"
129	45	19	"	184	83	10	"
130	45	51	"	185	82	25	"
131	30	53	"	186	73	27	"
132	5	13	"	187	35	10	"
133	45	17	"	188	59	14	"
134	62	23	"	189	65	27	"
135	50	21	"	190	85	40	"
136	48	22	"	191	83	46	"
137	45	9	"	192	70	48	"
138	38	9	"	193	70	13	"
139	30	16	"	194	73	17	"
140	2	5	"	195	75	28	"
141	2	16	"	196	45	33	"
142	4	7	"	197	40	32	"
143	5	7	"	198	74	26	"
144	10	8	"	199	75	26	"
145	2	9	"	200	74	23	"
146	12	17	"	201	69	23	"
147	40	15	"	202	85	—	"
148	45	20	"	203	65	—	"
149	56	33	"	204	65	20	"
150	60	36	"	205	45	41	"
151	60	30	"	206	52	22	"
152	52	19	"	207	58	24	"
153	50	35	"	208	65	25	"
154	48	32	"	209	65	29	"
155	53	37	"	210	72	24	"
156	56	25	"	211	59	21	"
157	55	23	"	212	39	51	"
158	45	9	"	213	46	17	"
159	10	24	"	214	57	43	"
160	20	17	"	215	57	22	"
161	45	10	"	216	59	24	"
162	45	9	"	217	58	15	"
163	52	—	"	218	35	23	"
164	50	13	"	219	40	9	"
165	60	29	"	220	10	7	"
166	51	18	"	221	51	15	"
167	45	15	"	222	53	15	"

LUIS FELIPE CARABALLO M.

Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador	Estación Nº	Prof. m	CO ₃ %	Tipo de muestreador
223	52	22	"	248	35	10	"
224	52	18	"	249	43	9	"
225	40	21	"	250	35	12	"
226	30	83	"	251	22	14	"
227	40	28	"	252	19	14	"
228	48	26	"	253	14	15	"
229	20	30	"	254	5	3	"
230	35	22	"	255	5	3	"
231	47	24	Draga	256	12	4	"
232	49	16	"	257	28	16	"
233	48	7	"	258	26	—	"
234	47	6	"	259	30	14	"
235	40	2	"	260	22	19	"
236	15	8	"	261	38	20	"
237	10	44	"	262	20	12	"
238	7	3	"	263	30	10	"
239	25	11	"	264	24	17	"
240	39	10	"	265	15	8	"
241	43	4	"	266	14	18	"
242	47	10	"	267	10	7	"
243	20	—	"	268	18	18	"
244	30	—	"	269	15	15	"
245	44	18	"	270	12	17	"
246	25	8	"	271	3	22	"
247	25	9	"				

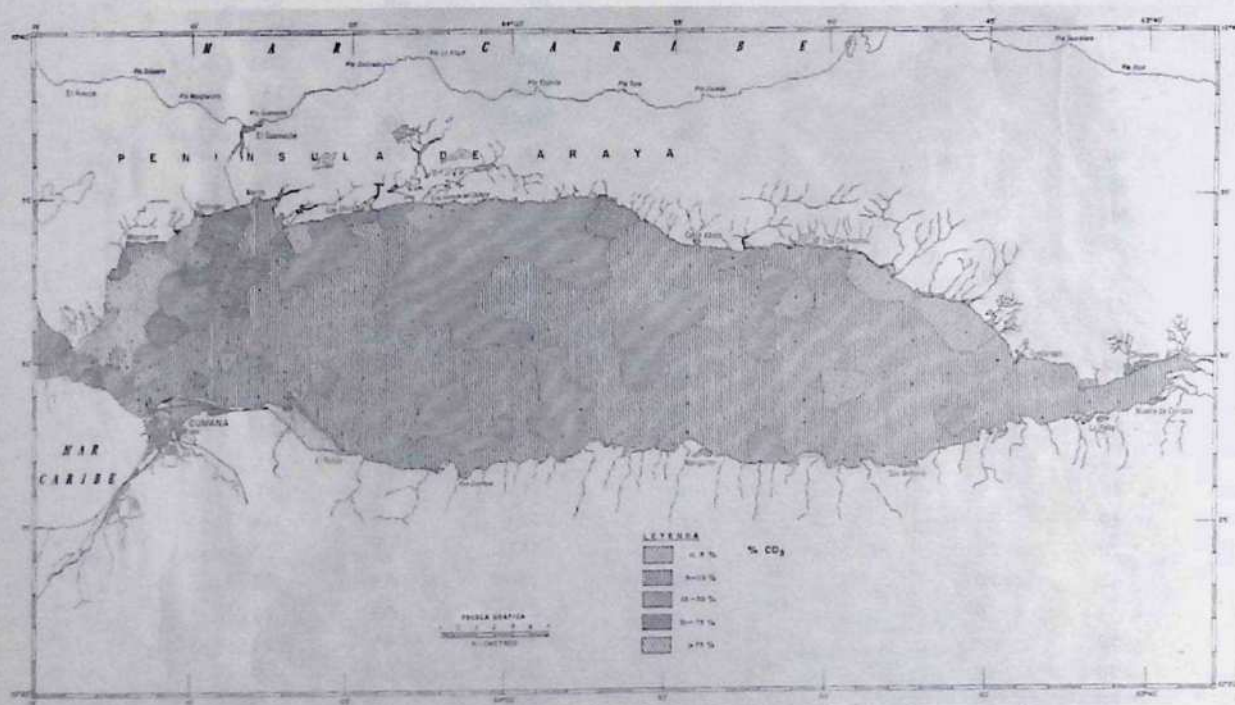


Fig. 4. Distribución geográfica de los porcentajes de Carbonatos (% CO₃).

A todo éste conjunto calcáreo debe agregarse la presencia, en estos fondos, de sedimentos reliquias, es decir, material calcáreo más antiguo procedente de los niveles de terrazas depositadas cuando el nivel del mar se encontraba mucho más bajo que el de hoy día, y localizándose a profundidades entre 15-30 m y 40-60 m en este sector del golfo (Fig. 5). En el mismo sentido, se puede señalar que en algunas áreas costeras del sector se han localizado niveles de terraza cuya fauna está evidenciada deposición en fondos marinos de 2 a 6 m

la proporción de carbonatos contenido en las muestras. ROA & OTTAMAN, (1962), señalan éste material como arenas conchíferas con predominio de una fauna bentónica de substrato rocoso.

Para la distribución geográfica de los valores de carbonatos comprendidos entre un 26 y un 50% (Tabla I.) se pueden señalar amplios espacios del área central del golfo (Fig. 4) ocupados por un sedimento limoso fino, constituido, principalmente, por forami-

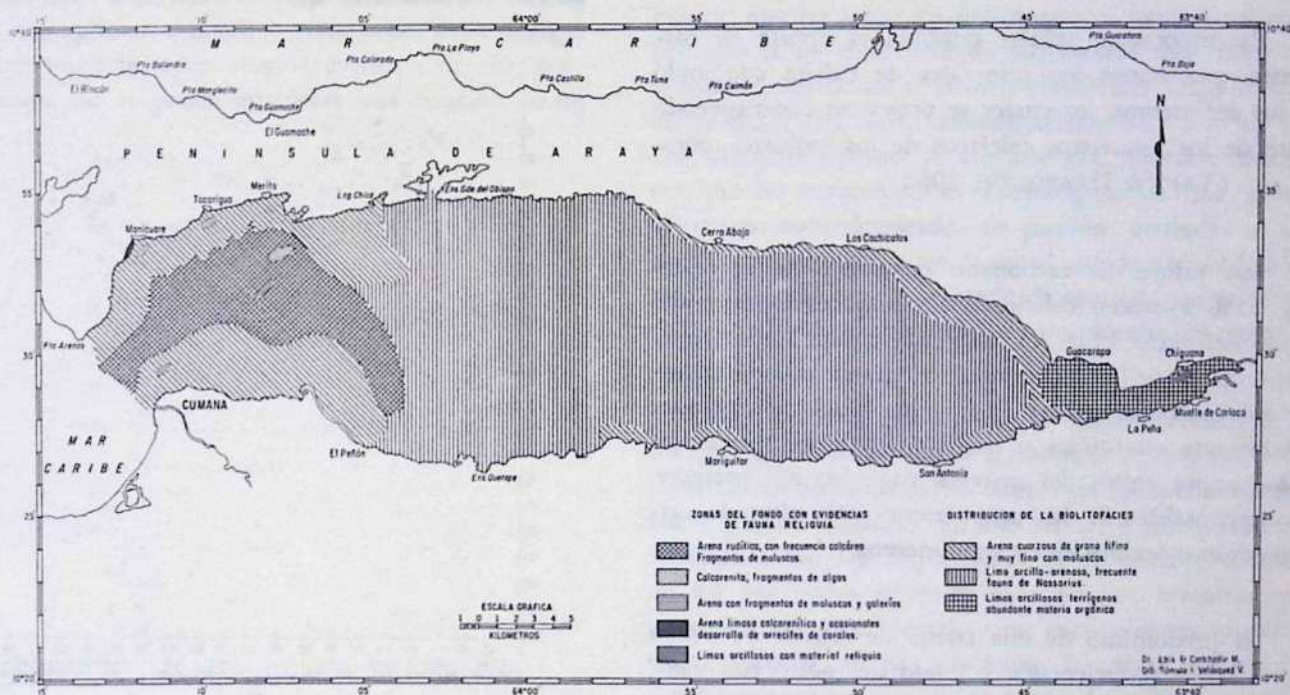


Fig. 5. Distribución de la biotofacias y evidencias de Fauna Reliquia en el área del golfo.

de profundidad. Tal es el caso de los restos de una terraza submarina ubicada al sur del cementerio de Manicure, compuesta de arena limosa, calcarenita gruesa, cuarzo, y ocasionales desarrollo de corales que se incluyen dentro de la llamada formación El Manglillo (MACSOTAY & MONROE, 1974), y que sin duda alguna constituya una fuente segura y permanente de sedimentos calcáreos al fondo del golfo.

No se observa en el sector continental adyacente cursos de aguas de suficiente magnitud como para suministrar material sedimentario al fondo y disminuir

níferos planctónicos transportados desde el exterior al golfo por las corrientes (SEIGLIE, 1962), y responsables en gran parte de los relativamente altos porcentajes de carbonatos allí encontrados.

Estos foraminíferos, al ser transportados desde las aguas oceánicas al interior del golfo, probablemente encuentran en ese sector condiciones favorables para su permanencia y posterior deposición, en parte quizás, por la presencia de corrientes marinas débiles y lentas en relación a las más rápidas y fuertes señaladas para el borde norte (GADE, 1961).

Para el área específica que ocupa la depresión de Guaracayal se señalan porcentajes que oscilan entre un 50% y un 100% de foraminíferos planctónicos en relación al total contenidos en los sedimentos de esa zona (SEIGLIE & BERMÚDEZ, 1963). Mientras que para ROA & OTTMAN (1961) la presencia de fangos de globigerinas y pterópodos en el interior del golfo, en particular en el área de la gran depresión centro-sur, implica una cierta anomalía que podría hacerlos confundir con fangos de globigerinas de aguas profundas. Los autores relacionan ésta anomalía con el fenómeno de surgencia que se presenta en esta zona.

Es importante señalar también el aporte de carbonato que hacen los minerales de calcita contenido en los sedimentos, los cuales se presentan constituyendo parte de los esqueletos calcáreos de los moluscos, corales, etc. (TAFT & HARBOUGH, 1964).

Los valores de carbonatos comprendidos entre un 5 y 25% aparecen cubriendo los mayores espacios del fondo del golfo (Fig. 4), aún para aquellas zonas muy cerca de la orilla. El tamaño de grano predominante, variable entre las arenas finas y los limos, nos permite señalar que continúan siendo los foraminíferos, acompañados por restos del material orgánico allí presente, los responsables de las proporciones más altas de carbonatos encontrados en esos sedimentos.

El predominio de una franja de regular extensión en el borde nororiental del fondo del golfo con valores de menos del 15% de carbonatos, coincidiendo con una zona donde se han localizado algunas unidades sedimentarias de origen marino, fosilíferas, y en consecuencia, calcáreas (MACSOTAY & CARABALLO, 1976), nos inclina a señalar que en ese sector costero la presencia de una densa red hidrográfica conlleva, el que se produzca de manera bastante apreciable, el fenómeno de la dilución, mediante el cual, los sedimentos terrígenos actúan como elementos diluyentes de un ambiente calcáreo en potencia (CHÁVEZ, 1962), originándose así una disminución muy acusada de los porcentajes de carbonatos; más aún, si se les correlacionan con los valores encontrados para muestras de fondos adyacentes. De acuerdo a MILLIMAN *et al* (1968), la contribución de sedimentos detríticos afecta localmente el contenido de carbonatos en una zona determinada.

Igual consideración podría aplicarse a las áreas de los fondos marinos con bajos valores de carbonatos (5 — 25%) y que casi llegan hasta la orilla de la costa sur del golfo, aún cuando en éstos sectores costeros desembocan cursos de agua que arrastran material sedimentario desde las estribaciones de la serranía del interior, muy particularmente de la formación Taguarumo, que contiene capas de calizas de sus estratos de areniscas (MACSOTAY, 1975).

Si establecemos la relación contenido de carbonato-diámetro medio de las partículas (Fig. 6), se puede señalar bastante bien que los valores, a todas las pro-

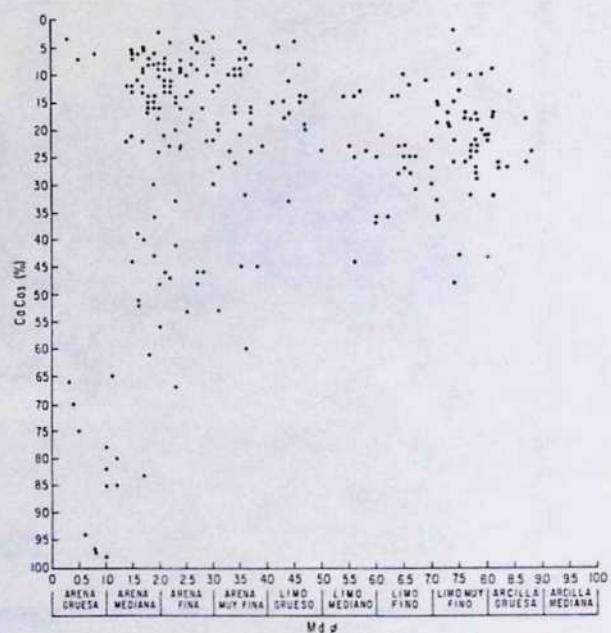


FIG. 6 — RELACION DEL CONTENIDO DE CARBONATO (%) Y EL DIÁMETRO MEDIO (Md μ)

Fig. 6. Relación del contenido de carbonato (%) y el diámetro medio (Md).

porciones de carbonatos contenidos en los sedimentos, se presentan en las diferentes fracciones arenosas gruesas, con acusada presencia de restos de material esquelético de origen orgánico; mientras que la nube de puntos que atestiguan los valores bajos, parecen concentrarse en la fracción limosa, (grano medio o muy fino), y algo en la arcillosa (grano grueso). Aún cuando en la zona central y oriental del golfo son abundantes los faraminíferos bentónicos y planctónicos, en particular éstos últimos que son transportados desde las aguas

oceánicas (constituyen más del 75% del total de foraminíferos, SEIGLIE, 1961), y los aportes del fenómeno de surgencia que en esa zona se ha detectado, la presencia notable del material sedimentario al tamaño de limo eólico procedente de las áreas continentales adyacentes (CARABALLO en prensa), probablemente está ocasionando la dilución de los porcentajes reales del material calcáreo existente, no permitiendo establecer límites de penetración del material continental en el fondo del golfo.

El concepto generalizado de que el contenido de carbonatos se incrementa con la profundidad (REID, 1963) fue aplicado a nuestros sedimentos; sin embargo, y de acuerdo a la representación gráfica (Fig. 7), aparentemente no se puede establecer una relación firme

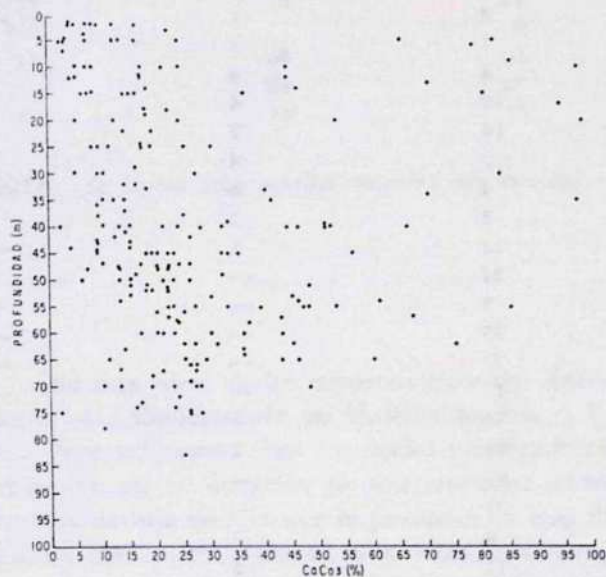


FIG. 7 — RELACION DEL CONTENIDO DE CARBONATO (%) Y LA PROFUNDIDAD (m)

Fig. 7. Relación del contenido de carbonato (%) y la profundidad del agua (m).

entre ambos parámetros, pues la nube de puntos es amplia y muy dispersa, en clara evidencia de las grandes variaciones de las concentraciones de los carbonatos contenidos en las muestras con las diferentes profundidades, y en todas las direcciones. Esto podría significar el importante papel que juega la topografía submarina en la relación de carbonatos-profundidad del agua.

CONSTITUYENTES DE LAS PARTICULAS

Del análisis de los diferentes granos minerales al microscopio binocular, se pudo observar la gran abundancia del cuarzo. Este mineral se presenta de formas muy variadas, desde muy angular, de borde aristado, que corresponde a los no desgastados (ND) CAILLEUX (1954), hasta los de forma subredondeados que parecen haber sufrido un cierto transporte desde su caída al fondo (Tabla II). En consideración al hecho de no haber observado ningún tipo de grano de cuarzo redondeado brillante (RB) características de un accionamiento marino sobre los sedimentos, y habiéndose comprobado la no existencia de sedimentos muy bien clasificados y poco del tipo bien clasificado (CARABALLO en prensa), tan estrechamente relacionado con un medio ambiente marino de alta energía, podemos establecer que las características morfológicas de los granos de cuarzo subredondeados se pueden atribuir a una fuente de suministro cuyo material sedimentario constitutivo ha sufrido un cierto grado de erosión, que se refleja en los sedimentos superficiales del fondo del golfo.

Para la zona nororiental, la mayor frecuencia de los granos de cuarzo subredondeados se atribuye al transporte de los sedimentos por efecto de las corrientes marinas que se presentan en ese sector, y que ya hemos señalado como las responsables de la notable ausencia de los materiales finos en esos fondos. Mientras que para el área suroccidental, y en particular en su plataforma interior, se ha constatado la gran abundancia del cuarzo en relación a los otros elementos que componen los sedimentos de esta plataforma somera y que sin duda alguna deben ejercer cierta influencia sobre aquellos materiales sedimentarios localizados en áreas más profundas.

La apreciable semejanza entre esta morfología de los granos minerales que forman parte de los sedimentos del fondo, y la señalada por algunos autores para las unidades de rocas que afloran a lo largo del litoral del golfo de Cariaco (BALDA, 1963); SCHUBERT 1972, MACSOTAY, 1976), confirman el origen continental ya establecido por los sedimentos clásticos que ocupan estos fondos, así como el escaso transporte que parecen han sufrido desde su deposición (CARABALLO, en prensa).

TABLA II. ANALISIS DE LA FRACCION GRUESA

Muestra	Cuarzo	Roca	Concha	Mica	Otros
Nº	%	%	%	%	%
1	90	2	—	2	6
2	45	14	35	—	6
23	43	—	54	1	2
29	80	15	1	1	3
30	86	12	1	1	—
31	94	4	1	1	—
32	93	4	1	1	1
33	76	16	7	1	—
34	89	9	1	1	—
35	86	12	—	2	—
36	92	5	1	2	—
37	92	5	1	2	—
42	43	6	48	—	3
44	69	25	6	—	—
45	71	23	6	—	—
46	75	21	4	—	—
47	77	18	5	—	—
51	78	2	18	1	1
59	90	7	2	1	—
60	85	7	5	3	—
61	91	6	4	4	5
65	72	15	10	4	1
77	75	9	14	2	—
80	63	29	3	4	1
81	62	28	4	6	—
82	67	25	2	5	1
83	84	13	22	1	—
84	57	13	24	—	6
88	83	12	5	—	—
91	4	1	95	—	—
92	25	3	72	—	—
93	68	15	17	—	—
95	57	7	32	—	4
96	10	4	85	1	—
100	2	1	97	—	—
103	19	5	75	—	1
106	82	10	8	—	—
109	73	15	11	1	—
110	72	5	22	1	—
111	89	3	6	2	—
112	10	2	88	—	1
118	78	21	1	—	—
119	13	3	83	—	1
126	5	1	94	—	—
127	63	25	11	1	—
130	71	5	23	1	—
136	69	21	8	1	1
139	5	1	93	—	1
148	91	3	5	1	—
149	5	2	91	—	2
167	82	14	1	1	2
169	98	1	—	1	—

(CONTINUACION TABLA II)

Muestra Nº	Cuarzo %	Roca %	Concha %	Mica %	Otros %
171	78	11	9	—	2
172	70	7	19	1	3
175	90	3	6	1	—
185	90	5	4	—	1
187	91	2	5	2	—
193	34	19	18	8	20
196	78	5	3	13	1
207	70	1	23	1	5
213	63	16	17	1	3
217	62	16	16	—	6
218	99	1	—	—	—
226	64	24	10	1	1
229	33	1	60	—	6
231	96	1	2	1	—
238	95	4	1	—	—
245	77	16	7	—	—
249	98	2	—	—	—
250	71	25	2	1	1
253	76	13	10	1	—
260	71	6	23	—	—
262	68	4	27	—	1
263	84	11	4	—	1
265	80	17	2	1	—

NOTA: Se usaron solo aquellas muestras con cantidad suficiente para el estudio al binocular.

Por otra parte, de los minerales micaceos observados el más abundante de los identificados fue la biotita. Estos sedimentos finos localizados preferentemente en la zona central del golfo, parecen confirmar las condiciones de baja energía que se presentan en esos fondos. En éste sentido, (DOYLE *et al.* 1968) señalan que las características de transporte y sedimentación de las micas, así como su distribución en los sedimentos, parecen reflejar a corto término una respuesta a las condiciones de la energía en el medio ambiente.

FAUNA

Si se considera el proceso orgánico como uno de los principales productores de material calcáreo, tanto para la zona occidental como para algunos sectores del centro y este del golfo de Cariaco, es de gran importancia el poder establecer una correlación entre la fau-

na diagnóstica que hemos podido identificar y aquellas otras señaladas para determinados sectores ya estudiados del litoral del golfo, así como de áreas exteriores al mismo.

Así, del total de muestras analizadas se han encontrado muchas especies que aparecen en los sedimentos de los niveles de terrazas marinas de diferentes profundidades localizadas en el golfo de Santa Fe (MACSOTAY, 1975), Ensenada Grande del Obispo (CARABALLO, 1973) y área nororiental del golfo de Cariaco (MACSOTAY & CARABALLO, 1976). El código utilizado en la lista faunal elaborada al efecto y que consideramos representativa de los sedimentos del golfo, en el siguiente: (A) = Abundante, más de 20 ejemplares; (F) = Frecuente, entre 20 y 6 ejemplares; (E) = Escaso, entre 6 y 2 ejemplares, y (R) = Raro, 1 ejemplar; RQ = ejemplar fósil o reliquia (Tabla III).

LISTA FAUNAL

<i>Cyclostrema antillarum</i> (E)	<i>Tellina</i> Sp. (E)
<i>Cadulus</i> Sp. (E)	<i>Volvulina</i> Sp. (E)
<i>Soccella</i> of, <i>jamaicensis</i> (E)	<i>Saccella barlinartini</i> (F)
<i>Caecum Floridanum</i> (E) RQ?	<i>Olivella</i> Sp. (F)
<i>Ervilia nitens</i> (E) RQ	<i>Crenella divariata</i> (F)
<i>Transenella</i> Sp. (R)	<i>Lima</i> Sp. (R)
<i>Engoniophos</i> Sp. (juvenil) (R)	<i>Lucina</i> Sp. (F) RQ
<i>Turritella variegata</i> (Lamarck) (E)	<i>Chemnitzia</i> Sp. (R)
<i>Carycorbula</i> Sp. (E)	<i>Necula</i> Sp. (R)
<i>Barbatia cancellaria</i> (juvenil) (R)	<i>Verticordia</i> Sp. (R) RQ
<i>Bittium venezuelanum</i> (R) RQ	<i>Fimbria</i> Sp. (R) RQ
<i>Chione cancellata</i> (juvenil) (R) RQ	<i>Graphularia ambigua</i> (Morton) (F) RQ
<i>Conus jasjicens</i> (juvenil) (R)	<i>Rhisorum ocutun</i> (R)
	<i>Discoporella umbellata</i> (R)

TABLA III: FAUNA GENERAL CARACTERISTICA DE LOS SEDIMENTOS DEL FONDO DEL GOLFO DE CARIACO

(A) = Abundante (E) = Escaso (F) = Frecuente

Est.	G.	P.	F.	Est.	G.	E.
5	A	A	E	E	E	F
6	R	R	R	R	R	R
11	A	A	E	E	R	R
20	A	A	E	E	E	E
32	A	A	E	R	R	R
38	A	A	R	E	E	R
39	F	A	R	F	E	E
43	A	A	E	F	E	R
44	A	A	R	R	E	E
45	A	A	E	R	E	E
48	F	A	R	R	R	R
51	A	A	R	E	E	R
52	A	A	R	E	R	R
54	A	A	E	R	E	R
55	A	A	R	E	R	R
56	A	A	R	E	R	R
57	A	A	E	R	R	E
58	A	A	F	E	R	R
60	A	A	R	E	E	E
67	A	A	F	E	E	E
68	A	A	R	E	R	R
69	A	A	R	E	E	R

Golfo de Cariaco. III Contenido de carbonatos y constituyentes de las partículas de los sedimentos

(CONTINUACION TABLA III)

Est.	G.	P.	F.	Er.	C.	E.
70	A	A	R	R	R	R
74	A	A	E	R	R	R
75	A	A	F	E	E	E
78	A	A	E	R	E	E
79	A	A	R	R	R	E
80	M.A	E	E	E	E	
81	A	A	R	E	R	E
82	A	A	E	F	E	R
83	A	A	E	E	R	R
84	A	A	R	E	E	E
91	A	A	E	E	R	R
93	F	A	E	R	R	R
97	A	F	F	E	R	R
100	A	A	E	E	R	R
104	A	E	E	R	R	R
108	A	M.A	R	E	R	R
112	A	A	F	R	R	R
114	A	A	R	F	R	R
115	A	A	R	E	R	R
119	E	A	E	E	R	R
126	A	A	R	E	R	R
129	A	A	R	E	R	R
131	Material muy fragmentado.		Difícil reconocimiento			
140	F	A	R	E	R	R
143	A	A	E	E	R	R
206	A	A	R	E	R	E
222	E	A	E	R	R	R
233	F	A	R	E	R	R

G = Gasterópodos P = Pelecípodos F = Foraminíferos
 Es = Escafópodo C = Crustáceos Eq = Equinoideo

En general, se considera como una fauna representativa de fondos arenoso-limosos que vive actualmente en las ensenadas y golfos abiertos del oriente de Venezuela. Algunas especies se encuentran a profundidades entre 20 y 35 m, y otras aproximadamente, entre los 60 y 100 m. De acuerdo a la identificación de las especies, se puede señalar que constituyen una mezcla de fauna reciente (viviente) y fauna antigua (fósil o reliquia). Los términos que hacen referencia a sedimentos recientes se utilizan en un sentido litogénico (MACSOTAY, 1977), es decir un sedimento de edad Holocena pero en un cierto proceso de transporte y/o acumulación. Por esta razón se considera que todo material sedimentario que se está acumulando, aunque no constituye aún una superficie terminal bien definida, ya no es un sedimento reciente. Aplicando este concepto a nuestro estudio, consideramos que todos los materiales sedimentarios en movimiento que están

constituyendo las orillas y las playas del golfo de Cariaco son recientes y de edad Holocena.

Para el caso de los sedimentos fósiles, se considera que éstos se acumularon en medio ambiente de equilibrio, durante un lapso de tiempo bien determinado; luego, al modificarse los factores del ambiente por algún proceso específico, cambios del nivel del mar, tectonismos, etc., los sedimentos pierden el estado de equilibrio y pasan a mezclarse con otros tipos de sedimentos. Es bajo éstas condiciones de mezclamiento que hemos encontrado la fauna en los sedimentos del fondo del golfo de Cariaco, material reliquia mezclado con la fauna del ambiente marino predominante actualmente, en mayor o menor grado, de acuerdo al área específica del fondo. Sin embargo, es importante señalar que la fauna reliquia no ha sido cubierta ni disfrazada por la fauna reciente, por lo que siempre se pudo localizar sin dificultad en el muestreo correspondiente.

Es importante también hacer el señalamiento de otro carácter físico, como es el aspecto exterior de las conchas esqueléticas, el cual viene a constituir una excelente guía para diferenciar los sedimentos recientes de las reliquias. Así, es frecuente observar al microscopio binocular una población de organismos donde los grupos de individuos que la componen aparecen, algunas veces con aspecto fresco o sea con un color gris original, y otras con aspecto viejo, desgastado o trabajado, y de un color gris oscuro y hasta negro.

En el primer caso se considera como un material sedimentario reciente, mientras que en el otro, se dice que corresponde a un sedimento reliquia o antiguo (PILKEY, 1964). Con bastante frecuencia se observan numerosas perforaciones en las conchas antiguas hechas por los organismos vivientes del medio ambiente marino, y que juegan un importante papel en el posterior rompimiento de estos restos esqueléticos reliquias.

Particularmente es de mencionarse la fauna de sedimentos reliquias correspondiente a la terraza localizada, aproximadamente a los 50 m de profundidad en el sector occidental del golfo (MACSOTAY, 1977), y a la cual se podría señalar como uno de los elementos más importantes en relación a los elevados porcentajes de material calcáreo esquelético que se han determinado en los sedimentos de ésta zona.

CONCLUSIONES

1) En general, y de acuerdo con el carácter geológico del área continental adyacente, el aspecto textural y el análisis de las fracciones gruesas contenidas en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco se pueden establecer que los procesos orgánicos constituyen uno de los mecanismos más importantes en la producción del carbonato del calcio contenido en esos sedimentos.

2) Los restos esqueléticos se consideran como los contribuyentes esenciales de la fracción gruesa de los sedimentos; mientras que las conchas y caparazones de foraminíferos están dominando en la fracción fina. En general, la influencia del material calcáreo de origen continental se considera como de poca significación.

3) Los elevados porcentajes de carbonatos encontrados en numerosas muestras del sector nororiental del golfo están estrechamente relacionados con la abundancia de población de material calcáreo esquelético antiguo allí localizado; mientras que los acusados descensos de este parámetro en las zonas adyacentes a la desembocadura de los ríos y quebradas, está influenciada por la presencia del material sedimentario de origen continental que diluye las concentraciones de carbonatos que pudieran encontrarse en esos sedimentos.

4) El material calcáreo procedente de la fauna de organismos marinos vivientes y reliquias localizadas en el fondo, conjuntamente con la mineralogía de los sedimentos finos, están señalando un cierto control en la distribución de los materiales sedimentarios por determinados elementos como son: la proximidad de la fuente proveedora de sedimentos, la morfología submarina y las corrientes marinas presentes en el área; y

5) La presencia y características de material calcáreo esquelético reliquia en un gran número de muestras del fondo del golfo, parecen evidencias que los procesos sedimentarios posteriores a la deposición de los niveles de terrazas submarinas existentes, no han sido lo suficientemente efectivos como para cubrirlos.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer sinceramente toda la valiosa colaboración prestada por el personal técnico y auxiliar del Departamento de Oceanografía Física y Geológica en la realización del presente trabajo. Muy agradecido a los señores ADONAY PERNÍA y RÓMULO I. VELÁSQUEZ, del laboratorio de fotografía y sala de dibujo, respectivamente. A mi colega y amigo Dr. OLIVER MACSOTAY por su ayuda en la identificación de la fauna contenida en los sedimentos.

REFERENCIAS

- BALDA, F. A. 1960. Estructura geológica de Chiguana, Península de Araya, Estado Sucre, *Cong. Geol. Ven.* III, Caracas, Men., T. II 928-934.
- CAILLEUX, A. 1954. Distinction des sables marins et fluviaux. *Bol. Soc. Geol. Fr.*, XII: 375 p.

- CARABALLO, L. F. 1973. Estudio Fisiográfico. Sedimentario y Geología Histórica de la Ensenada Grande del Obispo (Estado Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (2): 29-77.
- , (en prensa). El golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico.
- CHÁVEZ, E. 1962. Processes of carbonates sedimentation. *Narragansett mari. lab. occ. publ.* (1): 77-85.
- DOYLE, L. J., W. J. CLEARY & O. PILKEY. 1978. Mica, its use in determining shelf depositional. *Mar. Geol.*, (6): 381-389.
- GADE, H. G. 1961. On the hydrographic conditions in the gulf of Cariaco during the months from may to november 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 21-46.
- GRIFFITHS, R. C. & J. G. SIMPSON, 1967a. Estructura térmica del golfo de Cariaco, Venezuela, de agosto de 1959 hasta agosto de 1961. *Serie Recursos y Explotación Pesqueros*, 1 (4): 116-169.
- I. N. O. S. 1977. *Estudio batimétrico y de geotécnica y geofísica submarina. Informe final*, Vol. III, 414 p.
- KATO, K. 1961. Oceanographic studies on the gulf of Cariaco I. Chemical and Hydrographical observations in january 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 1 (2): 343-353.
- LEMUS, A. 1970. La flora macrobentónica y algunos parámetros físicos y químicos del golfo de Cariaco. *Laguna* No 25-26: 3-11.
- MACSOTAY, O. 1975. Geología submarina y fauna de micro-metazoarios del golfo de Santa Fe. Venezuela. Nororiental. *Bol. Geol.*, XII (23): 443-491.
- : & W. MOORE, 1974. Cronoestratigrafía de algunas terrazas cuaternarias marinas del nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules*, 12: 1-63.
- : & L. F. CARABALLO. 1976. Geología y Bioestratigrafía Cenozoica de la parte oriental del golfo de Cariaco. Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 15 (1): 25-56.
- MARGALEF, R. 1975. The pelagic ecosystem of the Caribbean Sea. *Symp. Invest. & Res. Carib. Seas & Adjacent regions* (UNESCO): 483-498.
- MARTÍNEZ, O. L. 1967. Taxonomía y distribución geográfica de los gasterópodos prosobranquios de las costas del golfo de Cariaco. Tesis de grado para optar al título de Licenciado en Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- MILLIMAN, I. D.; O. H. PILKEY & B. W. BLACKWELDER. 1968. Carbonate sediments of the continental shelf Cape Hatteras to Cape Roman. *Southeastern Geology* 9 (4): 245-267.
- PILKEY, O. H. 1964. The size distribution on mineralogy of the carbonate fraction of United States South Atlantic Shelf and upper slope sediments. *Marine Geology*, 2: 121-236.
- REID, J. L. & G. W. GRONES. 1958. Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California: *Scripps Inst. Oceanogr. Publ.* 1057: 89-121.
- ROD, E. 1956. Strike-slip faults of northern Venezuela. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 40: 457-476.
- SCHUBERT, C. 1972. Geología de la península de Araya, Estado Sucre. *Bol. Geol. Publ. Esp.* (5): 1823-1886.
- SEIGLIE, G. A. & F. J. BERMÚDEZ. 1963. Distribución de los foraminíferos en el golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 5-87.
- SHEPARD, F. P. & D. G. MOORE. 1954. Sedimentary environment differentiated by coarse fraction studies. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 38 (8): 1792-1802.
- SUÁREZ, R. 1969. Distribución de foraminíferos en diferentes ambientes sedimentarios de la costa sur del golfo de Cariaco, incluyendo ríos y estuarios. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Biología. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- TAFT, W. H. & J. W. HARBAUGH. 1964. Modern Carbonate sediment of southern Florida, Bahams and "Espíritu" Santo Island, Baja California; A comparison of their mineralogy, and chemistry. *Stanford Univ. Publ. Geol. Sci.* Vol. VIII.
- TWENHOFEL, W. H. & S. A. TYLER. 1941. *Methods of study of sediments*. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 183. p.

(Manuscrito recibido el 14 de julio de 1982).

EL GOLFO DE CARIACO. PARTE IV. LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR. LA ACTIVIDAD TECTONICA Y EL ORIGEN DEL GOLFO. TIPO DE COSTAS. PERSPECTIVAS DE HIDROCARBUROS

LUIS F. CARABALLO M.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná - Venezuela

RESUMEN: Se consiera que las variaciones del nivel del mar en el pasado han sido motivados por cambios en el clima. Durante las glaciaciones del Pleistoceno, el nivel del mar descendió decenas de metros y las plataformas continentales quedaron descubiertas en grandes extensiones. Luego, al producirse los deshielos, grandes volúmenes de agua vuelven a los océanos dando origen al ascenso del nivel del mar. Estos cambios han afectado la plataforma de Cumaná estimándose que el origen del golfo de Cariaco ocurrió entre los 800.000 y 1.000.000 de años A. P.

ABSTRACT: In the geological past, variations in the sea level are mainly due to changes in the climate. So, in the glaciations of the pleistocene Epoch, the sea level went down by several meters, leaving the continental shelves under the meteorization and erosion process. Afterwards, when the melting of the continental glaciers took place great volumens of waters returned to the oceans giving, rise to an increase in sea level. These changes in the sea level had affected the Cumana shelf, and it is estimated that origin of the gulf occurred between 800.000 and 1.000.000 years B. P.

INTRODUCCION

Hace 2 ó 3 millones de años, fluyen al parecer grandes masas de hielo que cubren extensas zonas del Hemisferio Septentrional de Europa y Norte América. Estas masas de hielo, según se ha podido determinar, avanzan y retroceden numerosas veces, constituyendo las Glaciaciones. Durante la época geológica llamada Pleistoceno, el hielo llegó a cubrir casi una tercera parte de la superficie continental de la tierra (BLOMN, 1974). Esto contrasta notablemente con la época en que vivimos, y en la cual alrededor de un 10% de los continentes e islas están cubiertos por hielo, localizándose estos mantos sobre Groenlandia y la Antártida.

Consecuencia directa de las fluctuaciones del nivel del mar por efecto de los hielos y deshielos, fueron las transgresiones y regresiones marinas que originaron la actual morfología de las plataformas continentales (CURRAY, 1964). En este sentido, y como parte inte-

grante de la plataforma continental del nororiente de Venezuela que fue afectada por este fenómeno mundial, el área del golfo de Cariaco y zonas adyacentes (Fig. 1) sufrió notablemente los efectos de los ascensos y descensos del nivel del mar de esa época geológica (CARABALLO, 1975), (CARABALLO & MACSOTAY, 1971), (MACSOTAY & CARABALLO, 1976).

MORFOMETRIA COSTERA

En razón de los efectos que sobre un frente litoral ejercen los procesos erosivos del mar, vamos a hacer algunas consideraciones sobre los aspectos morfológicos de las extensas costas que encierran el golfo de Cariaco. Así mismo completaremos éstos con algunas de las características más resaltantes del clima de la región.

Dentro de su configuración costera general, el golfo de Cariaco presenta numerosos entrantes a todo

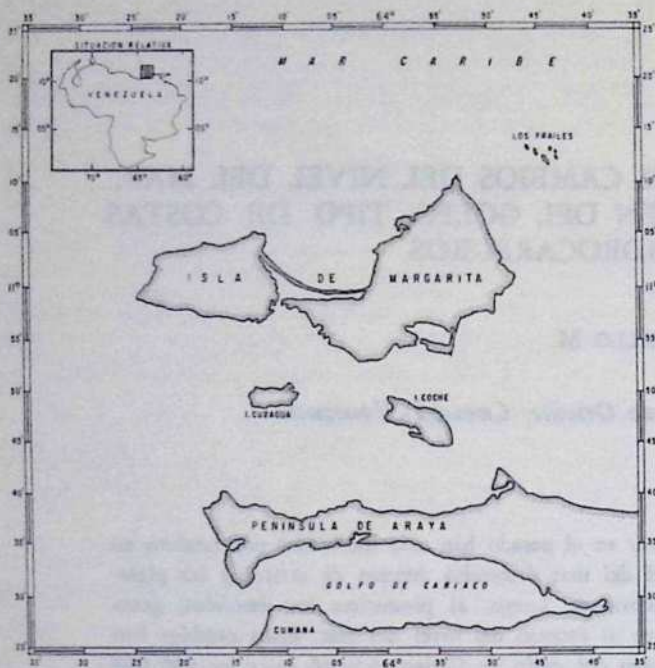


Fig. 1 Localización del área de estudio y zonas adyacentes de la plataforma continental afectadas por los cambios del nivel del mar.

lo largo de sus bordes norte y sur, en algunos casos amplios y alargados que llegan a constituir ensenadas y lagunas; y en otros, cortos y estrechos que le imprimen rasgos morfológicos muy particularmente a la orilla. Dentro de este conjunto de entrantes o "ensenadas" destacan en su borde norte-central, en orden de tamaño, los siguientes: Ensenada Grande del Obispo, ensenada de Pto. Real, ensenada El Rincón, ensenada de Manzanillo y Laguna Chica.

En cuanto a las "puntas" o salientes rocosos y/o arenosos localizados en la costa norte del golfo, destacan de oeste a este, entre otras, Punta Arenas, Punta Salazar, Punta Guacarapo y Punta Cachipo.

Para el borde sur del golfo, se puede señalar que son más numerosas las ensenadas de amplias dimensiones, aunque en ningún caso alcanzan el desarrollo que presenta la Ensenada Grande del Obispo. Por su importancia, son de mencionar, de oeste a este, las siguientes: Carenero, Quetepe, Tunantal, Ensenada Larga, Cachamaure y Oricaro.

Aunque de cuantía mucho menor, y menos relevante que los mencionados para el borde norte, en el sector costero meridional del golfo destacan algunos

salientes rocosos como son: Punta Quetepe, Punta Oricaro, etc.; sin embargo, los más característicos son aquellos constituido por las llanuras aluviales y deltas de ríos que han ganado terreno al mar, entre otras: Punta Delgada, Punta Guaracayal, Punta Marigüitar y Punta Cachamaure. Analizando la sinuosidad de la línea de costa del golfo en relación con sus parámetros morfométricos, como son: Desarrollo Real (DR) y Longitud en Línea de Aire (LLA), y obtenido el índice de sinuosidad respectivo $I_s = DR/LLA$ (CARABALLO, 1969) se pueden expresar valores del orden de 3.8 para la costa del golfo en general, y de 2.3 y 1.5 para los sectores norte y sur, respectivamente. Estos valores del I_s están atestiguando el gran número de irregularidades que caracterizan la morfología costera norte, respecto a la sur.

CLIMA DE LA REGION

La lluvia, la temperatura y el viento constituyen los elementos básicos del clima de una región. En base a los datos aportados por la Estación Meteorológica de la Universidad de Oriente para el período de 12 años (1968-1979), señalaremos algunas de las características más resaltantes del clima que afecta la zona de influencia del golfo de Cariaco.

La evaluación de los datos sobre las precipitaciones caídas en la zona permite señalar que los totales anuales para los 12 años considerados están comprendidos entre los 212.1 mm (1972) y los 588.2 en (1970).

Con la excepción de los años 1970 y 1978 que arrojan promedio de precipitaciones superiores a 500 mm, casi todo el resto del lapso de tiempo considerado se presenta con promedios muy por debajo de los 350 mm, específicamente, entre 200 y 230 mm. Esto nos permite ubicar el área de estudio dentro de la categoría de "zona seca", es decir, que no alcanza los 440 mm de precipitación anual (Fig. 2).

En general, el período de lluvia para la zona del golfo de Cariaco para el período 1968/1979 se puede señalar que comienza, salvo algunas excepciones en el lapso mayo-junio y culmina en octubre-noviembre, extendiéndose en algunas ocasiones hasta diciembre (Fig. 3). En sentido muy generalizado, es evidente la estre-

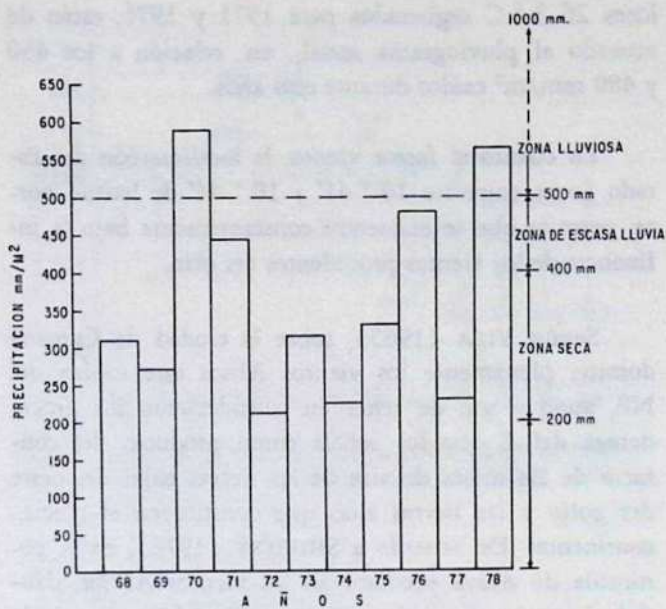


Fig. 2 Pluviograma del total anual. Período 1968-1979. Datos: Estación Metereológica de la Universidad de Oriente.

cha relación entre la época de lluvia y el descenso notable de la velocidad de los vientos en el área.

De acuerdo a lo antes expresado, la temporada seca o "verano" se puede delimitar bastante bien hacia el lapso comprendido entre enero-abril, extendido en algunas oportunidades hasta mayo.

Los valores obtenidos para la temperatura del aire permiten definir el área como una zona de altas temperaturas.

Si tomamos los promedios totales mensuales de cada uno de los 12 años considerados (Fig. 4a), podemos establecer que los valores más bajos de la temperatura se empiezan a sentir en el mes de diciembre (26°C), acentuándose algo más durante enero (25.6°C) y febrero (21.7°C). Este relativamente marcado descenso de la temperatura que se observa pa-

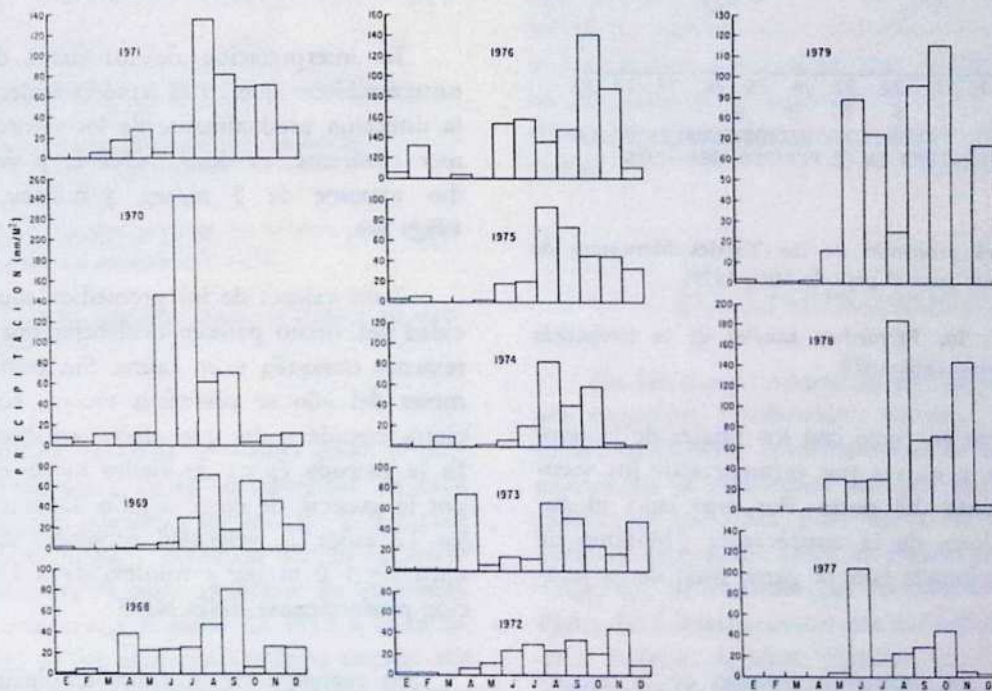


Fig. 3 HISTOGRAMA DE PRECIPITACION 1968-1979 DATOS: ESTACION U.O.O.

Fig. 3 Histograma de Precipitación para el período 1968-1979.

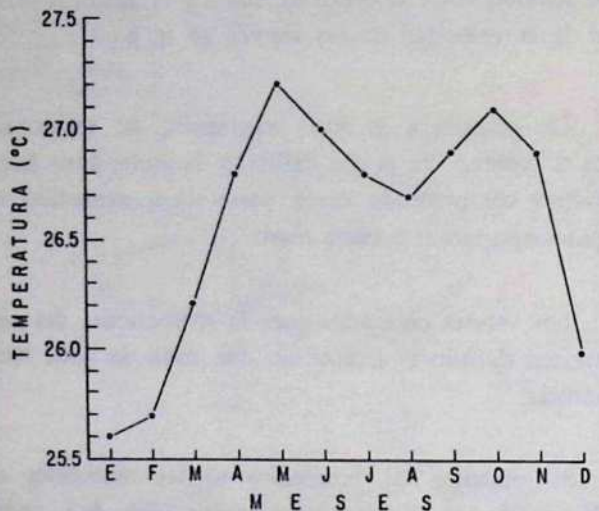


Fig. 4a — PROMEDIO DE TOTALES MENSUALES DE TEMPERATURA EN EL PERIODO 1968-1979

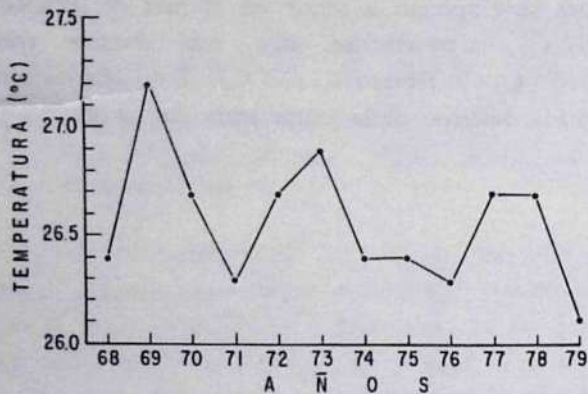


Fig. 4b — VALORES PROMEDIOS ANUALES DE LA TEMPERATURA EN EL PERIODO 1968-1979

Fig. 4a. Valores del promedio de los Totales Mensuales de la temperatura para el período 1968-1979.

4b. Valores de los Promedios anuales de la temporada para el período 1968-1979.

rece corresponderse en parte con los finales de la temporada de lluvias, y quizás por influencia de los vientos fríos procedentes del norte. Por otro lado, el aumento en los valores de la temperatura (Máximo de 27°C) está relacionada con la parte final de la temporada de verano.

En cuanto a los promedios anuales de la temperatura entre 1968 y 1979, los valores registrados de 27.2°C y 26.9°C (Fig. 4b) están correspondiéndose en parte con las bajas precipitaciones ocurridas durante 1969 y 1973, mientras que los más bajos va-

lores 26.3°C registrados para 1971 y 1976, están de acuerdo al pluviograma anual, en relación a los 450 y 480 mm/m² caídos durante esos años.

En cuanto al factor viento, la localización del Estado Sucre entre los $10^{\circ}41'$ y $10^{\circ}44'$ de latitud norte, permite que se encuentre constantemente bajo la influencia de los vientos procedentes del mar.

Según VILA (1965), sobre la ciudad de Cumaná domina plenamente los vientos Alisos que soplan del NE, aunque son de tener en consideración los procedentes del E que los señala como producto del contacto de las masas de aire de las tierras bajas del oeste del golfo y las tierras altas que constituyen el macizo continental. De acuerdo a SHUBERT (1972), en la península de Araya predominan los vientos Alisios, dándole importancia a aquellos que soplan del mar y de la tierra, y que atribuye a diferencia de temperatura. Para GADE (1961), los vientos predominantes en el golfo son de dirección E, generalmente fresco y persistente durante los llamados meses de invierno (estación lluviosa) y menos estables, generalmente débiles y variables en el verano (estación seca).

La interpretación de los datos disponibles permite establecer que en el lapso considerado de 12 años, la dirección predominante de los vientos es la del primer cuadrante, es decir, NNE-E, y velocidad promedio máxima de 5 m/seg, y mínima de 3.6 m/seg. (Fig. 5a).

Estos valores de los promedios anuales de la velocidad del viento parecen evidenciar una región aparentemente tranquila y en calma. Sin embargo, en ciertos meses del año se presentan vientos con velocidad de cierta consideración que afecta notablemente la zona. Es la llamada época de viento fuerte que se presenta, por lo general, de enero a julio. Durante el periodo de los 12 años, la velocidad promedio alcanzó una máxima de 5.6 m/seg y mínima de 4.1/seg, con dirección predominante ENE-NNE.

En cuanto a las máximas absolutas anuales de la velocidad del viento para los 12 años, estos valores oscilan entre un mínimo de 17.4 m/seg (abril de 1970), y un máximo de 23.4 m/seg (julio de 1972), con dirección predominante NNE-ENE (Fig. 5b).

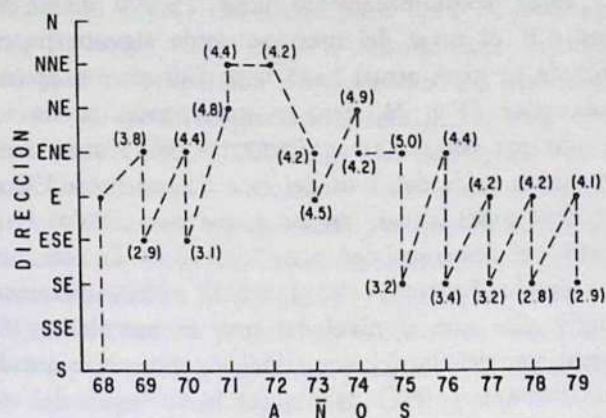


Fig. 5a — DIRECCION PREDOMINANTE DE LOS VIENTOS PARA EL PERIODO ENERO 1968-DICIEMBRE 1979

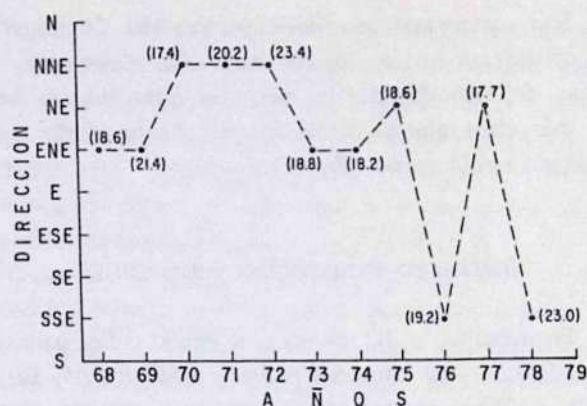


Fig. 5b — MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUALES 1968-1979

Fig. 5a. Dirección predominante de los vientos para el período enero 1968 a diciembre de 1979.

5b. Gráfico de las Máximas Absolutas anuales del viento 1968-1979.

Por el contrario, la época de viento suave se presenta generalmente, entre agosto y diciembre de cada año, con velocidades promedio mínima de 2.8 m/seg y máxima de 3.4 m/seg y dirección SE. Es de hacer notar que la presencia de estos vientos se ha incrementado muy particularmente, a partir de 1975 a la fecha, y que los valores de las máximas absolutas anuales son casi iguales (23.0 m/seg) a los obtenidos por la época de los vientos fuertes.

Para el área de la península de Araya, en general, se puede señalar un clima comprendido entre árido y

semiárido, tal como lo señala FREILE (1960) y SHUBERT (1972). Por su parte KATO (1961) considera para esta región un clima más bien árido pero sujeto a periódicas estaciones lluviosas.

Según las estadísticas de VILA (1975), en un lapso de aproximadamente unos 50 años han ocurrido 9 períodos fuertes de sequía en la región. Estos períodos van desde 7 meses en el año 1956/1957, hasta 17 meses entre 1934/1941. Esta información, complementada con la del autor para el período de 12 años (1968-1979), permite señalar con propiedad que el área de Cumaná y sus alrededores es una región de precipitaciones escasas, pudiendo en algunas ocasiones considerarse su clima de tipo desértico.

En general, se puede señalar que las elevaciones de poca altura, características de la parte nor-occidental de la península de Araya, no representan obstáculos alguno para que los vientos Alisios procedentes del mar se desplacen normalmente a través de la misma en su recorrido hacia el golfo de Cariaco y la serranía del Interior, más al sur. Esta es la razón por la cual se dan esas características de zona desértica y seca en esta parte del golfo, observándose claramente como al desplazarse más al este, y a medida que aumentan las alturas de las montañas de la península, el paisaje es diferente con abundante vegetación y una mayor regularidad de las lluvias.

RESULTADOS Y DISCUSION

De las cuatro etapas de enfriamiento o glaciaciones conocidas (Nebraskan, Kansan, Illinoian y Wisconsin), la llamada Winconsin con su equivalente Wuirmiense en el continente europeo es la que mejor ha podido ser estudiada, pues marca en el período Cuaternario la separación entre el Pleistoceno y el Holoceno (Fig. 6). Se considera al Pleistoceno como la primer época del Cuaternario con una duración aproximadamente de 2 millones de años; mientras que al Holoceno es una etapa convencional usada para designar la edad de los sedimentos relacionados con la transgresión post-wuirmiense que se inició al terminar la mencionada glaciación hasta la estabilización del nivel del mar en su posición actual (MCSOTAY, 1971).

ETAPAS DENTRO DEL CUATERNARIO		Nivel del Mar (M)	Años A.P. x 1000
CUATERNARIO	HOLOCENO	Nivel del mar llega cerca del presente nivel hace 5.000 ó 6.000 años.	
		Entre 4.000 y 12.000 años A.P. el nivel del mar sube con una rata de 0.33 cm/año.	
		Período de clima cálido	
		Ciclo transgresivo	
		Contacto Pleistoceno/Holoceno entre 10.000 y 18.500 años antes del presente (A.P.)	
PLEISTOCENO		Glacial Wisconsin - Nivel del Mar Würmiense baja hasta -130 metros	18.5
		Ciclo regresivo	20
		Desaparece hombre Neanderthal	
	(NA)	Interglacial Sangamon	25
	(E)	Eemense	30-40
		Glacial Illinoian	55
		Rissense	75
		Interglacial Yarmouth	103
		Holsteimense	125
		Glacial Kansan	175
		Mindelemse	
		Interglacial Aftonian	200
		Cromerense	
		Glacial Nebraskan	265
		Sünzense	290
Pleistoceno Medio		Pithecanthropus Hombre Java Sinanthropus Hombre peking	
Foraminífero: Anomalina báltica			
Pelecípodo: Cyprina islandica			
			1.850 - 2.000

Fig. 6 Etapas dentro del Cuaternario. Según Emiliani (1955), Curry (1961), MacFarlan (1961), Emery (1967), Redfield (1967), y otros.

Al parecer la cronología de la regresión dei Würmiense y la transgresión Holocena es bastante compleja, pues se ha comprobado que el nivel del mar osciló rápidamente durante éste período (CURRAY, 1964).

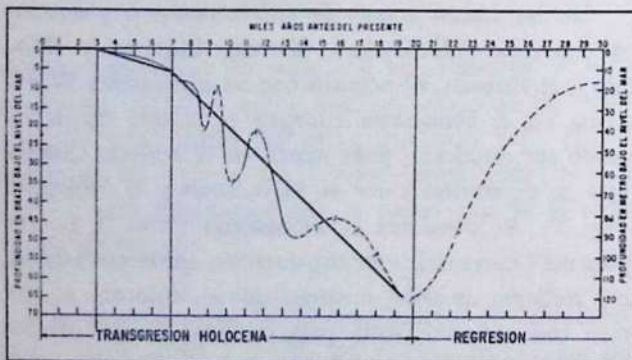


Fig. 7 Curva de los cambios eustáticos del nivel del mar postulada para los pasados 30.000 años. (Tomado de Curry, 1961).

Hace aproximadamente unos 25.000 a 30.000 años A.P. el nivel del mar cae desde algunos puntos cerca de su nivel actual hasta unos 120 metros, aproximadamente (Fig. 7). Esto se corresponde con lo expresado por MILLIMAN & EMERY, (1968) cuando dicen que la caída del nivel del mar alcanzó hasta 130 m por debajo del actual; en tanto que para DOON *et al* (1962) el descenso llegó hasta los 150 m. En este mismo sentido FOSTER, (1971) señaló cierta diferencia cuando dice que el nivel del mar se encontraba 100 metros por debajo del que tiene hoy día; coincidiendo con SHEPARD (1963) para quien la diferencia del volumen de agua congelada en los casquetes polares representa un descenso del nivel del mar del orden de los 100 metros.

Son numerosos los investigadores del Cuaternario que consideran que en los comienzos del Pleistoceno los niveles del mar durante los períodos interglaciares fueron más altos que el actual, y que sucesivamente han decrecido en el tiempo (Fig. 8).

CONTACTO PLEISTOCENO-Holoceno

En relación a las evidencias encontradas para la determinación del contacto Pleistoceno-Holoceno, EMILIANI (1955) expone datos con temperaturas post-glaciales que evidencian un aumento continuo de este parámetro desde los 16.500 años A.P.; por otro lado, mientras EWING & DOON (1956) señalan que ocurre

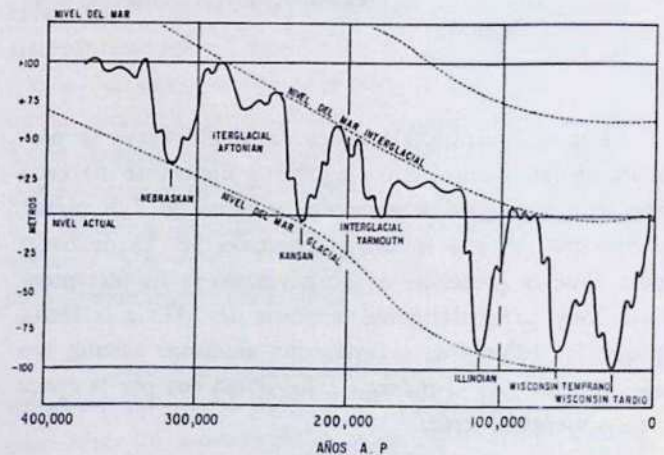


Fig. 8 Cambios del nivel del mar durante el cuaternario (Tomado de Fairbridge, 1960).

un cambio brusco del clima hace unos 11.000 años A.P., BROECKER *et al* (1958), tomando en consideración que la proporción de sedimentación era mayor durante la época de glaciación, señala que hace aproximadamente unos 11.000 años esta tasa de deposición, particularmente en carbonatos y arcillas de mares profundos, disminuyó abruptamente, lo que ellos interpretan como el final de la última glaciación. Posteriormente BROECKER *et al.*, (1960), en base al estudio de núcleos de mares profundos, encontraron variaciones en las proporciones de sedimentación y estancamiento en las temperaturas superficiales del océano, cambios de cuencas restringidas, que consideran como evidencias para señalar de nuevo que el periglacial de Wisconsin finalizó unos 11.000 años A.P.

Por su parte MAC. FARLN (1961), encontró evidencias para señalar el nivel del mar comenzó a levantarse hace 18.500 años A.P., llegando a su presente nivel hace unos 5.000 años. En relación a éste último señalamiento, BROECKER (1961) considera como incorrecta la fecha de 11.000 años, y sugiere que la Transgresión Holocena comenzó 18.500 años A.P. En este sentido CURRAY (1964) considera que el ascenso motivado a la transgresión fue rápida desde hace unos 20.000 años hasta los 7.000 años A.P., y ha continuado levantándose lentamente o ha comenzado a estabilizarse desde los 7.000 hasta los 3.000 años A.P. En fecha reciente, BUCCLE (1972) mediante el estudio de núcleo de mares profundos del Atlántico Sur, sugiere la fecha de 12.000 años A.P. para el contacto Pleistoceno-Holoceno.

Para el caso de la determinación absoluta de los intervalos cálidos y fríos ocurridos durante el Pleistoceno, algunos investigadores, entre ellos LAPORTE (1974), han utilizado testigos de sedimentos de mares profundos, en particular del océano Atlántico Norte, donde la estratigrafía abisal registró cambios climáticos semejantes a los ocurridos en el Hemisferio Septentrional, básicamente utilizan caparazones de foraminíferos en los cuales se miden los isótopos C^{14} contenidos en ellos, pudiéndose señalar que el último cambio de frío a cálido registrado en los testigos está evidenciando el final de la última glaciación ocurrida hace unos 11.000 años, correlacionándose muy bien con edades semejantes C^{14} obtenidas de sedimentos continentales del contacto Pleistoceno-Reciente donde están bien marcadas

las 4 épocas glaciales separadas por los interglaciales (Fig. 9). La interpretación de toda la información antes señalada, nos lleva a la conclusión de que la fecha real del término de la última glaciación y comienzo de la transgresión Holocena es todavía inexacta, siendo lo más adecuado hacer referencias a edades comprendidas entre los 11.000 y los 18.500 años A.P.

En este mismo orden de ideas, y con relación a la estabilidad del nivel del mar, GOULD & MACFARLN

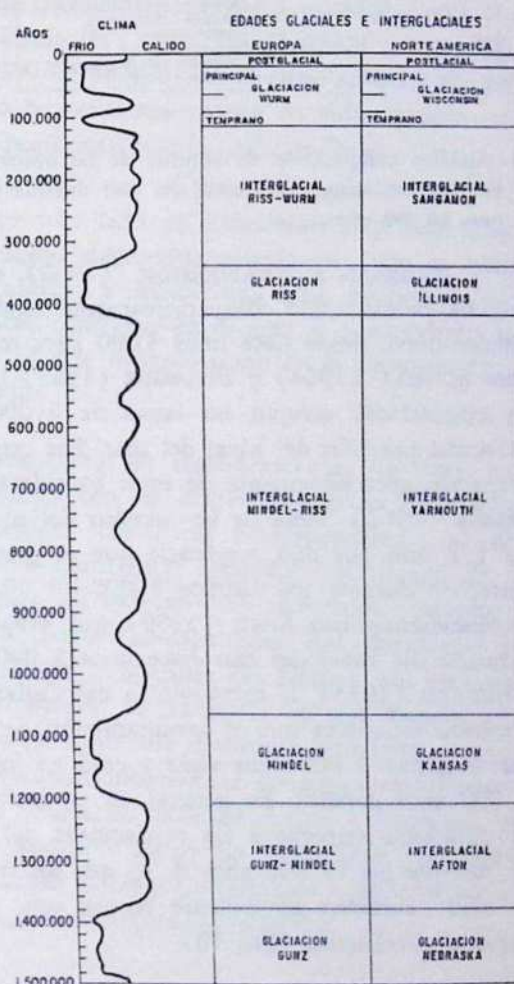


Fig. 9 Curva climática basada en registros del mar profundo (Tomado de Laporte, 1974).

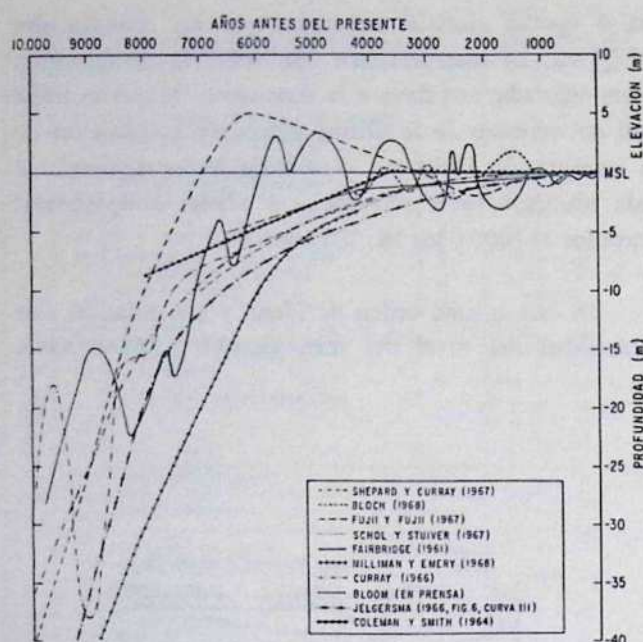
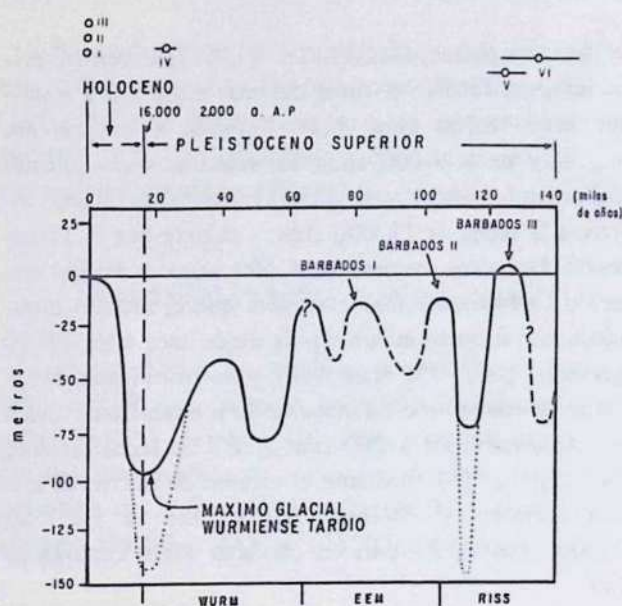


Fig. 10 Gráfico comparativo de algunas de las opiniones sobre las oscilaciones del nivel del mar durante los últimos 10.000 años.

(1959) y JELGESAN & PANNEKOOK (1960), señalan que este ha permanecido comparativamente estable, en su presente nivel, desde hace unos 3.000 años mientras que para SCHULL (1964) y PHLEGER (1961) las evidencias encontradas arrojan un lapso de 2.000 años para la actual posición del nivel del mar. Por otro lado, y discrepando apreciablemente de estas consideraciones, FAIRBRIDGE (1961) habla de un ascenso del nivel del mar de 1.2 mm por año, tendencia que al parecer se ha mantenido durante los últimos 5.000+1.000 años A.P., coincidiendo con FINK (1959) que señala una estabilización del nivel del mar hace unos 5.000 años. Para SHEPARD (1973), la metodología del Carbono 14 ha permitido establecer que el levantamiento del nivel del mar comenzó 3.000 años atrás y cesó en los últimos 1.000 años pasados. En general, es tal la diversidad de opiniones respecto a las oscilaciones del nivel del mar durante los 10.000 años A.P., que los investigadores sólo coinciden plenamente en un solo punto de la curva, el nivel actual (Fig. 10).

Para el área de la plataforma continental de Venezuela nororiental y en particular la zona del golfo de Cariaco, se puede hacer el señalamiento concreto de que el descenso del nivel del mar alcanzó, por lo menos, los 100 metros de profundidad respecto al nivel actual, tal

como lo han evidenciado la localización de niveles de terrazas submarinas a grandes profundidades. Así, de los 4 niveles de terrazas marinas marginales detectadas en el golfo de Santa Fe, MACSOTAY (1975), señala que la formación Castillo de Araya presenta su superficie fisiográfica en lo isóbata de los 90m. Por su parte MIRO ORELL (1974) indica que de las 3 superficies de terrazas detectadas en la plataforma continental, la más profunda alcanzó los 106 m que marca según el autor, el nivel del mar de hace 18.000 años; mientras que NOTA (1958), en base a los datos de carbono 14, señala la existencia de terrazas submarinas en la plataforma de las Guayanas estableciendo una edad de 11.000



VARIACION DEL NIVEL DEL MAR EN LOS ULTIMOS 140.000 AÑOS MODIFICADOS DE Sfainen et al... 1973

- NIVEL MARINO DETERMINADO POR RADIOMETRIA
- NIVEL MARINO ASUMIDO
- NIVEL MARINO SUPUESTO PARA EXPLICAR EROSION DE PLATAFORMAS CONTINENTALES
- I. Fm. Boca Chica (I. Caracas)
- II. Fm. Boca Chica (Macanao)
- III. Fm. Boca Chica (Araya occidental)
- IV. Fm. Tortuga, m Pta. de Piedras (Blanquilla)
- V. Fm. Castillo de Araya (Araya occidental)
- VI. Fm. Tortuga, m Pta. de Piedras (Macanao)

(Tomado de Macsotay, 1976)

Fig. 11 Curva aproximada de las oscilaciones del nivel del mar para el Área del Caribe durante los últimos años. (Tomado de Macsotay, 1976).

años para el nivel marino localizado entre 50 y 70 metros y de 8.000 años para aquel que corresponde a los 20 metros de profundidad.

Para el área del Caribe la curva cuaternaria del nivel del mar (Fig. 11), tal como se acepta actualmente, representa las mejores aproximaciones realizadas sobre estas áreas representativamente estables (MACSOTAY, 1977).

ACTIVIDAD TECTÓNICA. ORIGEN DEL GOLFO

De acuerdo con las investigaciones realizadas en el área, se pueden hacer señalamientos muy concretos de que el origen del golfo de Cariaco está relacionado muy estrechamente con la actividad tectónica de la zona de fallas de El Pilar. En este sentido, BERMÚDEZ (1964) considera que la complejidad estructural que presentan los cerros de Caigüire tienen su origen en los estuzos opuestos en dirección NW-SW que allí ocurrieron, asignándoles una edad Pre-Pleistoceno en base a la fauna identificada en las llamadas "Capas de Cumaná" (RIVERO, 1956). Por otro lado, la asignación de una edad Pliocena a estos cerros, y la no existencia en la parte superior de la columna estratigráfica respectiva, de restos de minerales de procedencia metamórfica, podría evidenciar, según ASCANIO (1972), una edad Pre-Pliocena para el origen del golfo de Cariaco.

Más recientemente, BERMÚDEZ (en prensa) de acuerdo a lo establecido en la publicación del Symposium sobre el Pleistoceno de la Cuenca Mediterránea de (CATI *et al.*, 1968), considera que las formaciones Caigüire y Cumaná son del Pleistoceno. Señala igualmente la presencia de los conglomerados metamórficos de origen continental y de esquistos sericiticos casi en el tope de las capas intermedias de la formación Caigüire, las cuales son evidencias claras de que aún para esta época no se había originado el golfo de Cariaco.

Por otro lado MACSOTAY & CARABALLO (1976), establecen que la fauna contenida en el miembro Las Varas de la formación Chiguana es Pleistoceno Inferior, y el hecho comprobado de que casi el 80% de esta fauna se encuentra en la formación Cumaná, permite establecer una estrecha correlación entre ambas unidades, tanto en litología como en paleontología. Esto se ajusta plenamente a lo señalado por MACSOTAY (1971),

quien haciendo consideraciones acerca del establecimiento del contacto Pleistoceno Inferior/Superior en $\pm 0.7 \times 10$ A.P., señala que la formación Cumaná debe ser ubicada en el tope del Pleistoceno Inferior.

Esto, a juicio del autor, comprueba la existencia de condiciones de sedimentación muy similares entre las áreas Sur-occidental y Nor-oriental del golfo durante esta época geológica, a la vez que corrobora la existencia de una especie de canal de aguas marinas llanas que parece seguir el alineamiento Este-oeste que ocupa el área deprimida de la falla de El Pilar, y que permitiría una comunicación de las aguas entre 2 localidades muy distantes una de otra.

En conclusión, los datos obtenidos son considerados suficientes como para señalar entre 800 000 y 1.000.000 de años A.P. la edad aproximada en que se originó la incipiente cuenca de sedimentación que conformó posteriormente el golfo de Cariaco.

Por otro lado, la consideración y evaluación de la información disponible relacionada con el origen del golfo, obligan a señalar una serie de eventos y sucesos tectónicos ocurridos en el área y que revisten un gran interés para la interpretación de lo sucedido en la zona de estudio.

Dentro de las consideraciones de tipo tectónico relacionadas con el origen del golfo de Cariaco, las publicaciones científicas correspondientes al área de Venezuela nororiental establecen diferencia de magnitudes para los movimientos tectónicos ocurridos en los distintos bloques continentales. Así, durante el Pleistoceno Inferior, la Serranía del Interior con un basamento bien establecido se comporta de una manera uniforme ante los movimientos tectónicos ocurridos; en tanto que las elevaciones montañosas de Araya manifiestan magnitudes desiguales de hundimiento o elevación, respondiendo entonces como un basamento no estabilizado CARABALLO (1973), CARABALLO & MACSOTAY (1973), MACSOTAY & CARABALLO (1976).

En estas condiciones se producen, al parecer, movimientos compresionales desde el NW que motivan un traslado de las rocas metamórficas del bloque Araya-Paria por fallamiento inverso, y las ponen en contacto con las rocas sedimentarias de la Serranía del Interior, a lo largo de la actual zona de fallas de El Pilar (Fig.

12a.b.). Conjuntamente se producen fuertes plegamientos y cizallamientos por las características del choque entre ambas unidades rocosas (Fig. 12 c). Bajo estas condiciones, y al producirse una cierta separación de las partes por efectos del tectonismo imperante (fallamiento, etc) se presume que el extremo más delgado o nariz del corrimiento no soportó la sobrecarga isostática produciéndose el hundimiento de la parte frontal del labio sobrecorrido, originándose una serie de depresiones tectónicas (grabens) en la zona, entre ellas, el correspondiente al golfo de Cariaco.

La anterior interpretación tectónica del área sustenta la teoría de que el basamento del golfo hoy cubierto por grandes espesores de sedimentos recientes, estaría constituido por las rocas metamórficas del complejo Araya-Paria (Fig. 12e).

Se considera que bajo estas circunstancias, los restos de material sobrecorrido conocido como napas o ventanas, pueden deslizarse sobre la superficie del otro bloque y aparecer, como testigos del evento ocurrido, a grandes distancias del área de colisión. Respecto a esto (METZ, 1964) en un detallado estudio de la zona de fallas de El Pilar no sólo señala los testigos del corrimiento ocurrido, sino que habla de la existencia de bloques de rocas metamórficas que aún permanecen en áreas topográficamente elevadas de la Serranía del Interior, montadas sobre las sedimentarias, tal como aparecen en su mapa geológico de campo desde Casanay, al Oeste, hasta los alrededores de El Pilar, al Este (Fig. 13).

En general, el aspecto del área del golfo de Cariaco y zonas adyacentes evidencia una tectónica bastante compleja donde predomina el fallecimiento gravitacional normal de ángulo alto, sinclinales y anticlinales (CARABALLO, en prensa).

Luego de los movimientos tectónicos ocurridos en la zona, al parecer se presentan ciertas condiciones de tranquilidad. Así, según la cronología del levantamiento del nivel del mar durante los últimos 20.000 años A.P., y luego de la regresión máxima del Würmiense, empiezan a manifestarse en la zona los ascensos correspondientes a la transgresión Holocena (MACSOTAY, 1975). Es durante una de las diversas épocas de estabilidad del nivel del mar, y probablemente la ocurrida hace unos 10.000 años A.P., cuando las aguas del mar invaden

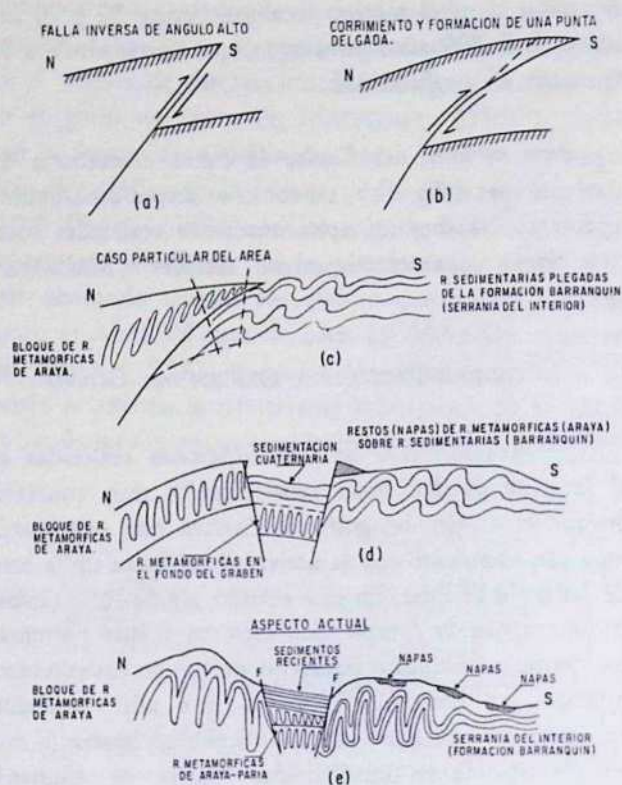


Fig. 12 Cronología de los eventos tectónicos que dieron origen al golfo de Cariaco.

la región, en especial los valles Pleistocenos, llenan la depresión tectónica y confieren el aspecto actual que presenta el golfo. Se considera así mismo, que ésta configuración se ha mantenido durante los últimos 5.000 años transcurridos desde la estabilización temporal del nivel del mar de hace 10.000 años A.P., y la actual,

La terraza de Playa Colorada en el área de Santa Fe (MACSOTAY, 1975) localizada a 15 m debajo del nivel actual, así como el nivel de terraza de 16 m en la ensenada Grande del Obispo (CARABALLO, 1973) son evidencias concretas de la estabilización temporal del nivel de mar de la transgresión Holocena ocurrida entre 8.000 y 10.000 años A.P. Estos niveles de terrazas coinciden con el nivel oscilante de FAIRBIDGE (1960), y con aquellos señalados por NOTA (1958) en el área de la plataforma de Guayana occidental. Para SHEPARD (1960), este es uno de los pocos niveles que se pueden citar con mayor seguridad. Por otra parte, es dentro del área del golfo y zonas adyacentes donde, hasta ahora, se han encontrado más evidencias relacionadas con los movimientos tectónicos que han ocurrido allí durante el Holoceno. Así, durante esta época geológica, las manifestaciones de

tectonismo afectan principalmente las terrazas submarinas localizadas a lo largo del sistema de fallas de dirección E-W que predominan en la zona. Particularmente se han observado elevaciones escalonadas de aquellas localizadas en el área del golfo de Santa Fe, Playa Colorada y Boca Chica. (MACSOTAY, 1975) y bahía de Bergantín (MACSOTAY & GONZÁLEZ, 1979); mientras que en el graben de Cariaco se presenta un hundimiento de aproximadamente unos 10 metros, en su extremo más oriental (CARABALLO, 1971); MACSOTAY & CARABALLO, 1976), y de unos 50 metros cerca del área adyacente a la fosa de Cariaco, en su extremo occidental (MACSOTAY, 1977). En este mismo sentido, en la plataforma de Cumaná se evidencian movimientos verticales de cierta magnitud al encontrarse en los cerros de Caigüire a la formación El Manguillo elevado 10 metros sobre el nivel del mar actual (MACSOTAY, 1974).

De igual manera, para el área costera norte se han logrado conseguir evidencias que atestiguan elevaciones diferentes por tectonismo, en particular a lo largo del pilar tectónico de Araya. Por una parte se puede señalar el acusado buzamiento al sur del nivel de terraza de los 16 m localizada en Ensenada Gande del Obispo (CARABALLO, 1973), y el movimiento de flexión que

se observa en la formación El Cedro (CABARALLO & MACSOTAY, 1973 Fig. 14a). Por otra, la formación Boca Chica (MACSOTAY, 1974), se ha dragado en Araya a profundidades de más de 5 m por debajo del nivel del mar actual, mientras que en la costa nor-oriental del golfo (Fig. 14b) se encontró elevada a 0.5 m y 1.0 m sobre el nivel del mar de hoy día (MACSOTAY & CARABALLO, 1976).

COSTAS DEL GOLFO

Todo lo anteriormente señalado está estrechamente relacionado con las costas de una región, pues la gran mayoría de ellos han sido influenciados, en mayor o menor grado, por el ascenso mundial del nivel del mar que acompañó el deshielo de los glaciales continentales. A esas fluctuaciones del nivel del mar que hemos comprobado han afectado el sector de la plataforma de Margarita, sector norte de Unare, y por supuesto, la propia plataforma de Cumaná, que hoy está cubierta por las aguas del golfo de Cariaco, hay que agregar la presencia en la zona de los movimientos de la corteza terrestre representados por los fallamientos y plegamientos a que se ha hecho referencia, y que tienen una gran responsabilidad, en la configuración actual del golfo de Cariaco.

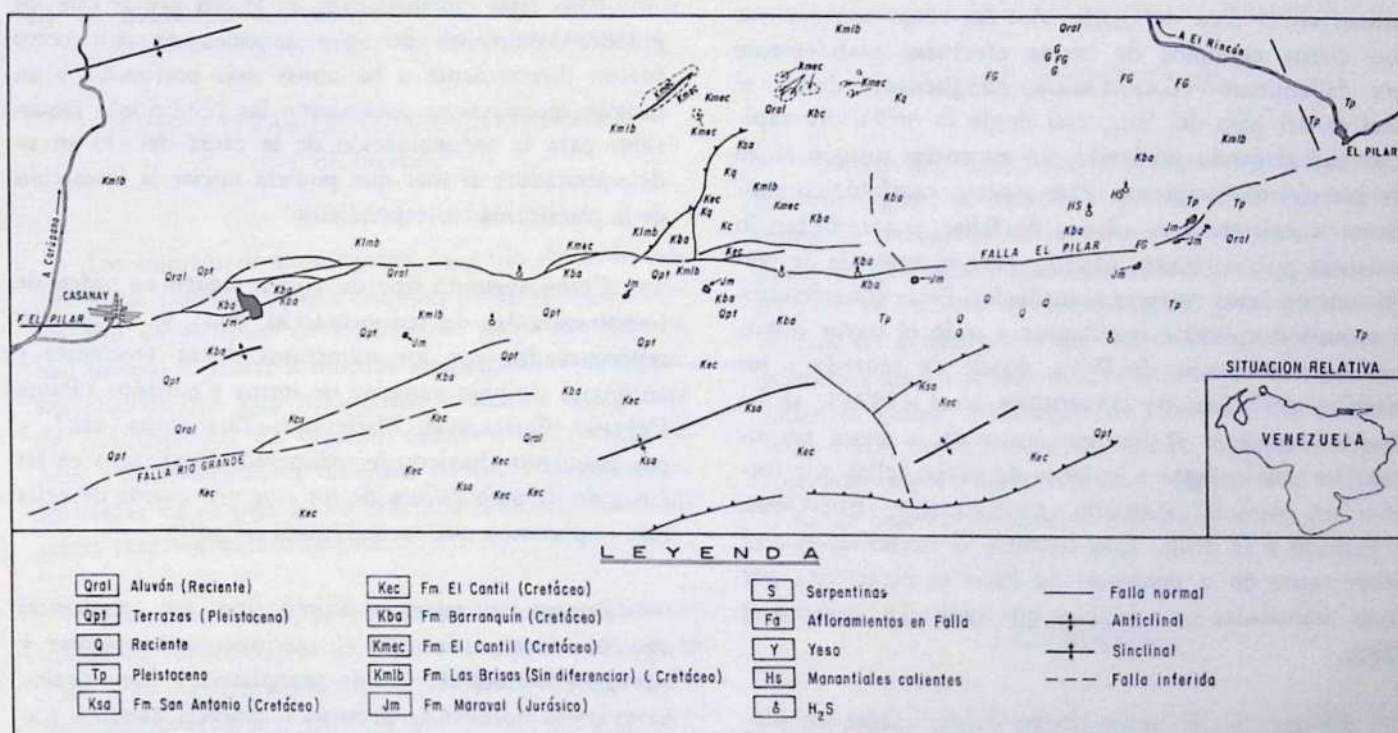


Fig. 13 Áreas continentales con afloramientos de rocas metamórficas arriba de rocas sedimentarias (Tomado de Metz, 1964)

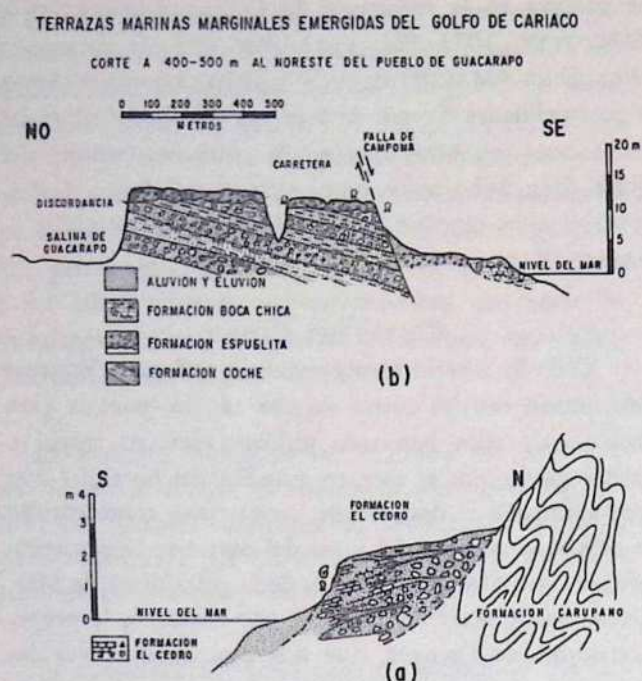


Fig. 14 Evidencias de campo relacionadas con los movimientos tectónicos ocurridos en terrazas Marinas de la costa norte del golfo. (Tomado de Macsotay, 1974).

Básicamente son 3 los tipos de costas que predominan en el área del golfo. Así las zonas norte y sur son claros ejemplos de costas afectadas grandemente por fallamiento (CARABALLO, en prensa), donde el declive del piso del mar, casi desde la orilla, cae rápidamente al fondo profundo, sin encontrar ningún rasgo de plataforma incipiente. Este aspecto morfológico confirma la existencia de planos de fallas, y corroboran lo señalado por SHEPARD, (1973) para la ausencia de plataforma en áreas costeras acantiladas. Esas consideraciones pueden aplicarse igualmente a todo el sector oriental de la península de Paria, donde de acuerdo a los estudios geofísicos de BASSINGER *et al* (1971), se ha determinado que el levantamiento de la costa peninsular ha tenido lugar a lo largo de varias fallas que forman un sistema orientado, generalmente, Este-Oeste, y paralelo a la orilla. Esto conduce al hecho de que el borde norte de la península de Paria se caracterice por áreas acantiladas con declives que caen rápidamente al fondo.

En general, el hecho de no existir rasgos de plataforma parece evidenciar que el tiempo transcurrido no ha sido suficientemente largo como para tener hoy

día resultados efectivos del trabajo erosivo del mar, y por ende la construcción de la correspondiente plataforma, o si por el contrario persisten las condiciones de desequilibrio en el fondo, motivando que el mecanismo de hundimiento del Graben de Cariaco continúe muy lentamente, y en consecuencia el nivel del mar no se ha estacionado lo suficiente como para originar la plataforma característica.

Especial consideración debe hacerse para la zona del fondo contigua a la desembocadura del río Manzanares. Aquí, la ausencia de una plataforma bien definida está relacionada directamente con el cañón del mismo río que allí se localiza (MORELOCK, 1973). Se presume que cuando el río Manzanares cambió su curso, ya sea desde punta Delgada, al este, o quizás desde la zona del antiguo Caño Bebedero, al SW, y salió al mar por su actual posición (CARABALLO, en prensa), ya los bordes escarpados del cañón se habían formado y el nivel del mar aún no había alcanzado su actual posición, porque entonces no se habría producido la intensa erosión de las paredes de éste acantilado, así como tampoco la del cañón localizado (Fig. 15).

Bajo éstas circunstancias, es lógico pensar que los grandes volúmenes de agua cargados de sedimentos fueron directamente a las zonas más profundas, y en ningún momento se presentaron las condiciones requeridas para la sedimentación de la carga del río en su desembocadura al mar que pudiera iniciar la formación de la plataforma correspondiente.

Como segundo tipo de costas, siguen en orden de importancia las de sedimentación. Estas se encuentran representadas por los numerosos deltas (recientes y antiguos) de gran variedad de forma y tamaños (Punta Delgada, Guaracayal, Marigüitar, Tarabacoita, etc.), y por pequeños abanicos de sedimentos, localizados en las áreas de desembocadura de los ríos y/o cursos de agua más importantes que caen al litoral del golfo.

Dentro del tercer y último tipo son resaltantes aquellas relacionadas con el crecimiento de plantas y animales, destacando las de manglares y de corales. La primera de ellas se presenta cubriendo extensos tramos costeros del litoral Centro-oriental, siendo a la vez, las que mejor caracterizan el llamado Saco del Golfo.

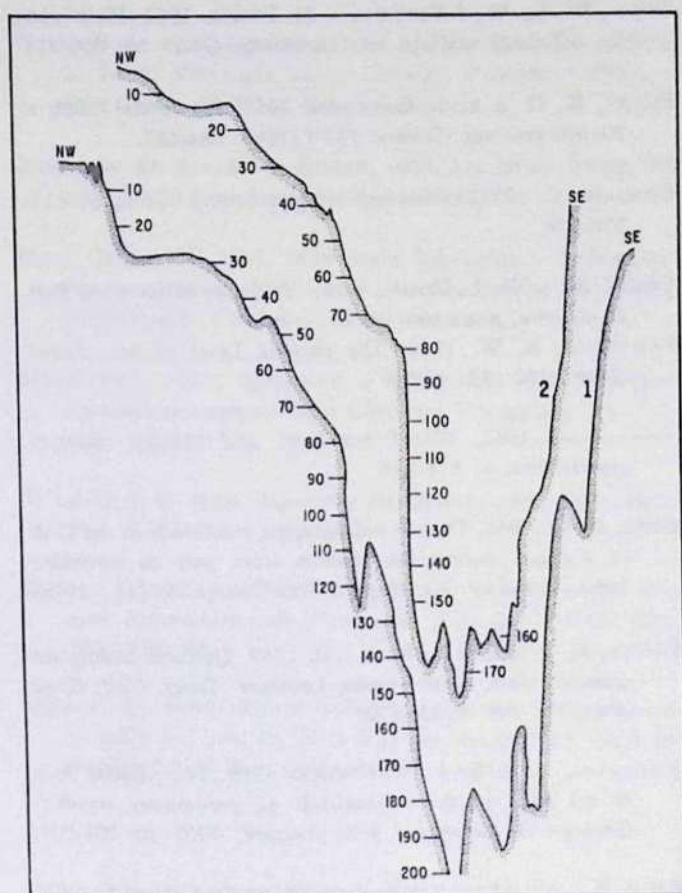


Fig. 15 Morfología característica del área del fondo donde se localiza el cañón submarino del río Manzanares.

PERSPECTIVAS DE HIDROCARBUROS EN EL GOLFO

Las numerosas emanaciones de gases de hidrocarburos, así como algunas evidencias de pequeños rezumaderos de petróleo en el área del golfo de Cariaco, han llevado a pensar a muchos investigadores en la posibilidad de que esta zona puede constituir una fuente de hidrocarburos de carácter comercial. El autor, en base a la información obtenida de las investigaciones realizadas en el área ha considerado necesario hacer algunas observaciones al respecto.

En primer lugar, la presencia de estas manifestaciones de hidrocarburos en el golfo es probable que se deba a una migración del mineral desde otras áreas del subsuelo exteriores al golfo, y que debido a las características estructurales del fondo del mismo, fallamiento,

fracturas, deslizamientos en movimientos de tipo vertical, etc. (CARABALLO, en prensa), han aprovechado tal circunstancia para salir en forma gaseosa a la superficie, donde en algunas ocasiones, aparecen manchas aceitosas, olor a H_2S , etc.; y en segundo lugar que el golfo de Cariaco se formó bajo ciertas y determinadas condiciones de carácter tectónico, en las cuales, son escasas las probabilidades que sus sedimentos puedan contener petróleo de características comerciales. Si a esto se añade: 1) Que los tipos de rocas que conforman el basamento y la zona continental norte adyacente no reúne las condiciones de ser almacenadora, y menos productora de petróleo (MACSOTAY & CARABALLO, 1976); 2) Que la relativa poca altura que presentan las áreas montañosas al norte es un indicio del poco volumen de material sedimentario que pudo haber sido suministrado a la cuenca de sedimentación; 3) Las características y magnitud del tectonismo bajo los cuales se originó el golfo (MACSOTAY, 1976); 4) Las probables condiciones de transporte y arrastre del material en proceso de deposición dentro del golfo hacia el exterior de la cuenca; 5) La invasión de los valles pleistocenos por la transgresión Holocena, ocurrida apenas unos 10.000 años A.P., podemos pensar en lo extremadamente joven que es la cuenca de deposición de carácter marino del golfo de Cariaco como para contener hidrocarburos de carácter comercial en sus sedimentos.

RECOMENDACIONES

En relación directa con este aspecto tan importante, el autor sugiere se realice un estudio bien detallado del subfondo del golfo mediante el uso de modernas técnicas de geofísica y geología marina, así como la extracción de núcleos de sedimentos a gran profundidad. El análisis e interpretación de la información obtenida permitirá clarificar más acerca del origen del golfo, así como el poder establecer mejores correlaciones con otras zonas del subsuelo en el área, y en consecuencia ofrecería nuevas perspectivas en cuanto a la existencia o no de hidrocarburos en el fondo del golfo de Cariaco.

REFERENCIAS

- ASCANIO, G. 1969. Geología de los cerros de Caigüire, Estado Sucre. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 5 (3): 1279-1288, 3 Tablas.

- BASSINGER, B. G., R. N. HARRISON & L. A. WEEKS. 1971. Marine geophysical study northeast of Trinidad Tobago. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 55 (10): 17-30-1740.
- BERMÚDEZ, P. J. 1964. Los cerros de Caigüire. *Lagena Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 2: 2-13.
- . (En prensa). Geología y Bioestratigrafía de los cerros de Caigüire, Estado Sucre, Venezuela.
- BLOOM, A. L. 1973. *La superficie de la tierra*. Ed. Omega, Barcelona, España. 153 p.
- BROECKER, W. S. 1961. Radiocarbon dating of late Quaternary deposits South Louisiana: A discussion. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 27: 159-162.
- , K. K. TUREKIAN & B. C. HEEZEN. 1958. The relation of deep sea sediments rates to Variation in climate. *Am. Jour. Science*, 156: 503-517.
- , M. EWING & B. C. HEEZEN. 1960. Evidence for a abrupt change in climate close to 11.000 year ago. *Ibid.* 218: 429-448.
- BURCKLE, L. H. 1972. Diatom evidence bearing on the Holocene in the South Atlantic *Quaternary Reseach.* 2 (2): 323-325.
- CARABALLO, L. F. 1969 *Estudio Fisiográfico-Sedimentológico de las Rías y Frente Costero Estaca de Vares y Cabo Prior*. Tesis Doctoral. Universidad de Madrid, España 207 p.
- . 1973. Estudio Fisiográfico-Sedimentológico y Geología Histórica de la Ensenada Grande del Obispo. (Estado Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (2): 29-77.
- . 1982. El golfo de Cariaco. Parte I. Morfología y Batimetría Submarina Estructuras y Tectonismo Reciente. (En prensa).
- , Y. O. MACSOTAY. 1973. Descripción de una Terraza de Origen Marino en la Costa Sur de la Península de Araya (Estado Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (1): 51-58.
- CURRAY, J. R. 1964. Transgresión and Regresión "Papers in Marine Geology: Shepard Commemorative volume", Ed. by Robert L. Miller. The Mac Millan Company, New York, 531 p.
- . 1973. History of Continental Shelves. In: *The New Concepts of Continental Marine sedimentation. Application to the Geological Record*. American Geological Institute.
- DOON, W. L., W. R. FARRANA & M. EWING. 1962. Pleistocene ice volumens and sea level lowering. *Geol.*, 70: 200-214.
- EMERY, K. O. & L. E. GARRISON. 1967. Sea levels 7.000 to 20.000 year ago. *Science*, 157 (3789): 684-687.
- EMILIANI, C. 1955. Pleistocene temperatures. *J. Geol.*, 63 (5): 538-578.
- EWING, M. & W. L. DONN. 1956. "A theory of ice ages, Part. I". *Science*, 113: 1061-1066.
- FAIRBRIDGE, R. W. 1960. The changing Level of Sea. *Scient. Amer.*, 202 (5): 70-79.
- . 1962. World Sea level and climate changes. *Quaternaria*, 6: 111-134.
- GADE, H. G. 1961. On the hidrographic conditions in the Gulf of Cariaco during the months from may to november 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 21-46.
- GOULD, H. P. & E. JR. MC FARLAN. 1959. Geologic history the onomier plain, Southwestern Louisiana. *Trans. Gulf. Coast Ass. Geol. Soc.* 9: 261-270.
- JELGERSMA, S. & A. J. PANNEKOCK. 1969. Post-Glacial Rise of sea level in the Netherland: (a preliminary report): *Geologie in Mijnbouw*, 398e Jaargang, NRG. pp 201-207.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco, I Chemical and Hidrographical observations in January 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (2): 343-358.
- MACSOTAY, O. 1975. Geología submarina y Fauna de micro-metozoarios del golfo de Santa Fe; Venezuela. *Nororiental Bol. Geol.* 12 (23): 443-491.
- . 1977. Bioestratigrafía de algunas secciones Pleistocenas del Nororiente de Venezuela. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 7 (2): 958-996.
- . 1977b. Observaciones sobre el neotectonismo cuaternario en el Nororiente de Venezuela. *Ibid.* 7 (1): 1861-1883.
- , & W. MOORE. 1974. Cronoestratigrafía de algunas terrazas cuaternarias marinas del Nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules*, 12: 1-63.
- , & L. F. CARABALLO. 1976. Geología y Bioestratigrafía Cenozoica de la parte oriental del golfo de Cariaco. Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 15 (1): 25-56.
- McFARLAN, E. JR. 1961. Radiocarbon dating of late quaternary deposits of south Louisiana. *Bull. Geol. Soc. Am.* 72: 129-158.

Goifo de Cariaco. IV Tipo de Costas. Perspectivas de hidrocarburos

- METZ, H. L. 1964. Geology of the El Pilar Fault Zone, State of Sucre, Venezuela. *Dept. Geology, Princeton Univ. y Div. Geol., M. M. H. Rep of Venezuela*.
- MILLINAN, D. J. & K. O. EMERY. 1968. Sea levels during the past 35.000 years *Science*, 162: 1121-1123.
- MIRO ORELL, M. 1974. Morfología Submarina y Sedimentos Marinos Recientes del Margen Continental del Nororiente de Venezuela. *Cuadernos Azules*, 14: 1-230.
- MORELOCK, J., N. J. MALONEY, & R. BRYANT. 1972. Manzanar submarine canyon. *Acta Científica Venezolana*, 23 (4): 143-147.
- NOTA, D. J. G. 1958. *Reports of the Orinoco Shelf Expedition*, Vol. II. 98 p.
- RAYO & GÓMEZ, J. 1956. Cuaternario en Venezuela, En: *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. *Bol. Geol. Publ. Esp.* (1): 110-209.
- SCHOLL, P. 1964. Recent sedimentary record in mangrove swamps and rise sea level over the southeastern coast of Florida-Part. I. *Mar. Geol.* (1): 344-366.
- SCHUBERT, C. 1972. Geología de la península de Araya. Estado Sucre. *Bol. Geol. Publ. Esp.* (5): 823-1886.
- SHEPARD, F. P. 1960 Rise on sea level along northwest Gulf of México. In: *Recent Sediment Northwest Gulf of Mexico*. *Am. Ass. Petrol. Geol.* (44): 334-338.
- . 1967. Carbon 14. Determinations sea level changes in stable areas. In: *Progress in Oceanography*, V. 4. The Quaternary history of the oceans basin, p. 283-291.
- . 1973. *Submarine Geology*. (Ed. Harper & Row). Publishers, New York, 517 p.
- VILA, P. 1960. Geografía de Venezuela. I. *El territorio nacional y su ambiente físico*. Ministerio de Educación, Caracas, 454 p.
- VILA, M. A. 1965. *Aspectos geográficos del Estado Sucre*. Corporación Venezolana de Fomento, Caracas, 266 p.

(Manuscrito recibido el 14 de julio de 1982).

EL CICLO VITAL "IN VITRO" DEL ALGA MARINA ROJA ASPARAGOPSIS TAXIFORMIS (DELILE) COLLINS & HERVEY (BONNEMAISONIALES, RHODOPHYTA) DEL MAR CARIBE

JACQUELINE J. ROJAS B., ANDRÉS LEMUS C. & E. K. GANESAN

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se obtuvo bajo condiciones controladas de laboratorio el ciclo de vida "in vitro" del alga marina roja *Asparagopsis taxiformis* (DELILE) COLLINS *et* HERVEY (Bonnemaisoniales, Rhodophyta). Carpósporas provenientes de gametófitos colectados en el campo, germinaron produciendo plantas filamentosas y ramificadas, las cuales eventualmente produjeron tetrásporangios a partir de algunas células pericentrales. Estas plantas crecieron hasta generar tetrásporas, siendo muy similares morfológicas (tamaño de las plantas, tipo de ramificación) y estructuralmente (3 células pericentrales) a las plantas fértiles de *Falkenbergia hillebrandii* (BORNET) FALKENBERG colectadas en el campo. Así mismo, tetrásporas liberadas por plantas esporofíticas crecieron en el laboratorio y germinaron desarrollando plantas semejantes a *Asparagopsis*. Estas plantas son marcadamente similares en caracteres externos y estructurales a las plantas de *Asparagopsis* colectadas en el campo. En su crecimiento individual en el laboratorio las plantas de *Asparagopsis taxiformis* no alcanzaron madurez reproductiva.

En base a nuestras observaciones y a la revisión de la literatura pertinente existente sobre las Bonnemaisoniales, consideramos que *Asparagopsis taxiformis* de la región oeste tropical del Atlántico (sureste del Mar Caribe) tienen un ciclo de vida heteromórfico y que *Falkenbergia hillebrandii* constituye la fase esporofítica del gametófito *Asparagopsis taxiformis*.

ABSTRACT: The life history "in vitro" of the marine red alga *Asparagopsis taxiformis* (DELILE) COLLINS & HERVEY (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) was followed under controlled environmental conditions in the laboratory. Carpospores from the field collected gametophytes germinated to form branched filamentous plants, which eventually produced tetrasporangia from some of the pericentral cells. Morphologically (plant size, mode of branching) and structurally (3 pericentral cells), these plants grown from the germination of carpospores were similar to the fertile plants of *Falkenbergia hillebrandii* (BORNET) FALKENBERG collected from the field. Similar tetraspores liberated from the sporophytic plants grown in the laboratory germinated and developed into *Asparagopsis* like-plants. On many external and internal features these plants were remarkably similar to the field collected *Asparagopsis* plants. The laboratory grown individuals of *Asparagopsis* plants did not however reach reproductive maturity.

On the basis of our observations and reviewing the pertinent literature, we conclude that *A. taxiformis* in the south-eastern Caribbean Sea also has a heteromorphic life-history and that *F. hillebrandii* constitutes the sporophytic phase.

INTRODUCCION

La familia Bonnemaisoniaceae (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) es relativamente pequeña, contiene seis géneros y unas 22 especies, las cuales al parecer están esencialmente distribuidas en la región australiana y en

el Pacífico norte (KRAFT, 1981). Información relacionada con la reproducción, ciclo de vida y sistemática de esta familia son reseñados por CHIHARA & YOSHIZAKI (1972; ver también WEST & HOMMERSAND, 1981). Para el Atlántico occidental tan sólo han sido reportadas dos especies, la pan-tropical *Asparagopsis*

taxiformis con una distribución desde Bermuda al Brasil (TAYLOR, 1960) y más al norte encontramos una especie esencialmente de agua fría *Bonnemaisonia hamifera* (= *Asparagopsis hamifera*) reportada desde el norte-este de Estados Unidos (TAYLOR, 1957), y del Canadá, (CHEN, EDELSTEIN & McLACHLAN, 1969).

Aunque el ciclo de vida completo de *Bonnemaisonia hamifera* no ha sido obtenido por cultivo en el laboratorio (WEST & HOMMERSAND, 1981, p. 153), la íntima relación entre *B. hamifera* como la fase gametofítica y *Trailliella intricata* como la fase esporofítica parece estar bien establecida (CHEN, EDELSTEIN & McLACHLAN, 1969, WEST & HOMMERSAND, 1981). Sin embargo, entre *Asparagopsis taxiformis* y *Falkenbergia hillebrandii* en las cálidas aguas del océano Atlántico occidental ha sido un hecho especulativo (TAYLOR, 1960; JOLY, 1965; 1969). Por la carencia de evidencias mediante cultivos experimentales, TAYLOR (*loc. cit.*) mantiene a *F. hillebrandii* en las Ceramiaceae, mientras JOLY (1965) la incluye conjuntamente con *A. taxiformis* dentro de las Bonnemaisoniaceae. Sin embargo, etapas de ciclo de vida que involucran a *F. hillebrandii* y *A. taxiformis* han sido estudiadas en épocas más recientes, pero para poblaciones pertenecientes a diferentes latitudes geográficas.

El desarrollo de estudios de cultivos en el laboratorio han incrementado las evidencias de que el ciclo de vida de las algas marinas que existen en diferentes latitudes geográficas con condiciones ambientales también distintas, no necesariamente tienen el mismo ciclo vital y existe una tendencia a presentar cierta plasticidad.

Dentro de las mismas Bonnemaisoniaceae, el ciclo de vida de *B. hamifera* presenta varias peculiaridades. Por ejemplo, las secuencias de las fases gametangial, carposporangial y tetrasporangial probablemente no se suceden en las aguas europeas como ocurren en el Japón. Por otro lado, las tetrásporas en el material de *T. intricata* de Alemania produce solamente plantas femeninas, mientras que el material del Atlántico norte (Canadá) produce únicamente plantas masculinas (DIXON & IRVINE, 1977; ver también WEST & HOMMERSAND, 1981).

Motivados por estas razones y por cuanto los estudios de cultivos para dilucidar aspectos de ciclos de vida de las algas rojas del Mar Caribe son muy pocos (CLA-

RICEL & GANESAN, 1981), nosotros presentamos en este trabajo nuestras observaciones del ciclo de vida "*in vitro*" de *A. taxiformis* del oriente de Venezuela.

MATERIALES Y METODOS

El material de *Asparagopsis taxiformis* para este estudio fue colectado en diferentes oportunidades en la Isla de Margarita (Punta Mosquito) y en la Isla de Cubagua (Punta El Medio).

Las fechas de recolección, así como las profundidades a las cuales se encontraban las algas fueron.

1.	Punta Mosquito, Punta El Medio	6-9-77	2-3 m
2.	Punta Mosquito	19-1-78	2 "
3.	Punta Mosquito	1-3-78	8 "
4.	Punta Mosquito	28-3-78	6 "
5.	Punta Mosquito	17-5-78	10 "
6.	Punta Mosquito	7-7-78	8 "
7.	Punta El Medio	22-9-78	3 "

El material de *Falkenbergia hillebrandii* fue colectado en Punta Mosquito el 7-7-78 y Punta El Medio el 22-9-78.

Las algas fueron transportadas vivas al laboratorio, para ello se colocaron en cavas de anime con agua de mar del sitio de recolección; suministrándoles aire con bombas portátiles para acuarios. Una vez en el laboratorio, el material fue separado tomándose una parte para cultivo, y otra para estudios morfológicos.

Para los efectos de cultivos se consideró la fragilidad del material, el cual se descomponía rápidamente en el laboratorio, debido a esto era examinado a la mayor brevedad, separando los cistocarpos maduros y se procedía a limpiarlos cuidadosamente bajo el microscopio estereoscópico, utilizando agujas de disección y luego lavados repetidas veces con agua de mar estéril antes de introducirlos en las cápsulas de Petri, a las cuales se les había colocado 3-4 cubre-objetos en el fondo (para que las esporas se depositaran allí una vez liberadas) y agregando 25-30 ml de medio de cultivo.

Según OZA (1977), la producción de tetrásporas en *Falkenbergia rufolanosa* era más efectiva en medios con concentración baja de nitrógeno y fósforo, por

tanto los medios de cultivo utilizados para los efectos de esta investigación fueron modificados.

1) PROVASOLI (1968) (modificado)

Para preparar 1250 ml de solución enriquecida

A) Tomados para el medio

Disodio B glicerofosfato 2 g/100 ml	10 ml
pentahidratado.	
NaNO ₃	1,75 g/100 ml 100 ml
Tiamina	50 mg/100 ml 10 ml
Vitamina B ₁₂	1 mg/ ml 10 ml
Biotina	0,5 mg/100 ml 10 ml
Tris Buffer	5 g/100 ml 100 ml

B)

331 mg de Fe(NH₄)₂ SO₄ · 6 H₂O más 330 mg de Na₂EDTA en 500 ml de agua destilada.

C) Metales trazas.

H ₃ BO ₃	560 mg
FeCl ₃	24 mg
MnSO ₄	60 mg
ZnSO ₄	14 mg
CoCl ₂	1,1 mg
Tritriplex	500 mg

Esta mezcla de metales la llevamos a 500 ml con agua destilada, y la esterilizamos por filtración utilizando filtros Millipore de 45 µm de apertura de poro; de aquí tomamos 250 ml para preparar el medio de cultivo.

En una fiola de 2 litros, unimos los 240 ml de A, los 250 ml de B y los 250 ml de C, y completamos con agua destilada hasta 1250 ml. Esto vendría a ser la solución enriquecida concentrada, la cual se guardaba refrigerada para su mejor conservación. Para preparar el medio de cultivo, se toman 20 ml de la solución concentrada y se lleva a 1 litro con agua de mar estéril.

2) VON STOSH (según EDWARDS 1970) (modificado)

Na ₂ NO ₃	10 g
Na ₂ HPO ₄ · 12 H ₂ O	2 g
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	84,9 mg
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	9,9 mg

Na ₂ EDTA · 2 H ₂ O	1,86 g
Tiamina	100 mg
Biotina	0,5 mg
Vitamina B ₁₂	0,5 mg

Luego todas estas cantidades se disuelven en ½ litro de agua destilada para obtener la solución concentrada.

Por último se toma 1 ml de esta solución concentrada y se enraza con agua de mar estéril a un litro, lo cual es propiamente el medio de cultivo a utilizar.

3) VON STOSH (según EDWARDS 1970) (modificado)

NaNO ₃	10 g
Na ₂ HPO ₄ · 12 H ₂ O	2 g
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	14,9 g
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	9,9 mg
Na ₂ EDTA · 2 H ₂ O	1,86 g
KI	1 mg
Vitamina B ₁₂	0,5 mg

Esto se disuelve en ½ litro de agua destilada, y tenemos un concentrado de la solución. De aquí tomamos 1 ml, y completamos con agua de mar estéril a 1 litro.

Todo el material utilizado para la preparación de los medios, tales como pipetas, fiolas, balones aforados, etc., así como también las pinzas, tijeras y agujas fueron previamente esterilizados en estufa a una temperatura de 160° C durante 1 hora.

El agua de mar usada para los medios de cultivo, una vez colectada se dejó envejecer por 15 días, luego se procedió a su filtración utilizando filtro Millipore de 45 µm de apertura de poro, posteriormente esa agua se esterilizaba por Tyndallización, calentándose hasta alcanzar 76° C durante 3 días consecutivos.

Las cápsulas de Petri fueron incubadas en cámara de crecimiento. Las condiciones de la cámara fueron 24° C de temperatura; un fotoperíodo de 8 horas de luz y 16 de oscuridad, y una intensidad de luz de 120 pie-candela.

La intensidad de la luz se midió con un fotómetro modelo 756 (Weston Instrument).

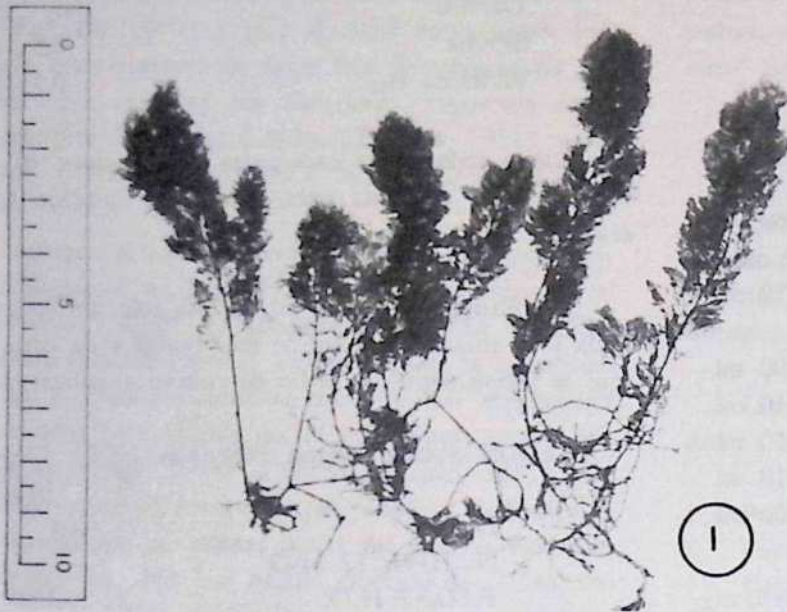


Fig. 1. Hábito del gametófito de *Asparagopsis taxiformis* colectado en el campo.

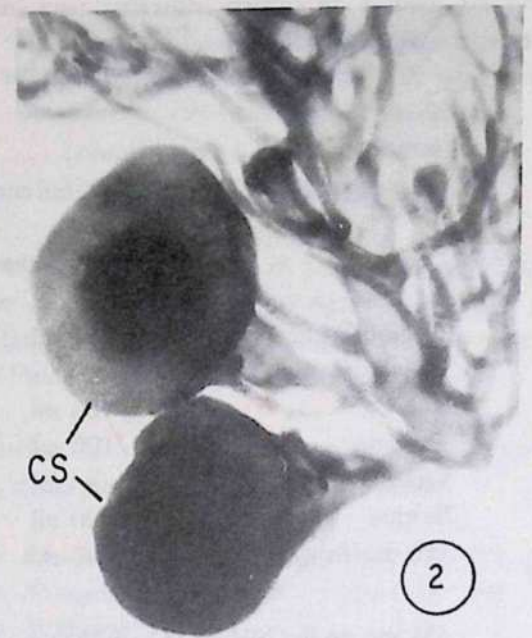


Fig. 2. Una parte fértil de la planta femenina mostrando dos cistocarpos maduros (CS) $\times 39$.

Generalmente dentro de las 12-24 horas de incubación, se observa que algunos cistocarpos liberaron las carpósporas en masas envueltas en una sustancia mucilagínosa, en este caso, los cistocarpos vacíos eran retirados de la cápsula de Petri, utilizando para ello pinzas estériles. En algunos cistocarpos, las carpósporas empezaban a germinar *in situ*, por lo que los cistocarpos eran dejados en los medios de cultivo.

Al ocurrir la liberación de las tetrásporas, éstas se extraían con pipetas Pasteur desechables, cuyo ápice era previamente convertido en un tubo capilar, y sembradas sobre cubreobjetos colocados en cápsulas de Petri estériles con el medio de cultivo correspondiente.

La secuencia de la germinación de las esporas fue seguida al microscopio, y se hicieron microfotografías usando un equipo Leitz Combiphot automatic con película pancromatic blanco y negro 32 ASA. Para los dibujos se utilizó una cámara clara marca Leitz.

Los cultivos fueron unialgales. Para eliminar las diatomeas se utilizó una solución de dióxido de germanio (1 mg/l). De esta solución se agragan 2 ml en cada litro de medio de cultivo, LEWIN (1966). Para

eliminar protozoarios se usó una solución de cafeína 0,03 M, BOWNE (1964).

Como el objetivo fundamental de este trabajo, es estudiar el ciclo de vida de *Asparagopsis taxiformis*, bajo condiciones controladas de laboratorio, obteniéndose los resultados que se dan en el mismo bajo las condiciones ambientales establecidas, no intentamos hacer una evaluación del efecto de los parámetros en sí sobre el desarrollo del alga.

RESULTADOS

GAMETOFITOS COLECTADOS EN EL CAMPO

Las plantas de *Asparagopsis taxiformis* con su color rojo violáceo y ramas erectas con ramificaciones pinnadas abundantes lo cual le da una apariencia de pluma (Fig. 1) son componentes conspicuos de la flora sublitoral de diferentes partes de Venezuela. Generalmente se encuentran formando densas poblaciones entre 1-10 m de profundidad. Para Venezuela esta especie ha sido reportada por TAYLOR (1942) de la isla La Tortuga (Punta Arenas), por GESSNER & HAMMER (1967) de las islas de Coche y Cubagua, por RÍOS (1972) de

Arrecife (Distrito Federal), mientras *Falkenbergia hillebrandii* ha sido citada por DÍAZ-PIFERRER (1970) de la península de Araya (Punta Arenas) y de la isla La Blanquilla. El material venezolano de ambas especies estudiado en el presente trabajo concordó bien con las descripciones dadas por TAYLOR (1960) y JOLY (1965).

A pesar de que esta especie está ampliamente distribuida en el Atlántico, las plantas espermatangiales parecen ser muy raras según la bibliografía consultada. En el presente material estudiado, las ramas espermatangiales laterales tienen forma clavada y miden hasta 700 μm de largo y 340 μm de ancho y presentan un pedúnculo pequeño de hasta 470 μm de largo. Las plantas sexuales son dioicas siendo las plantas cistocarpicas y espermatangiales morfológicamente semejantes.

Según DIXON & IRVINE (1977, p. 152) *A. taxiformis*, la especie típica del género debe ser conocida ahora bajo el binomial *A. deliele*, puesto que *A. taxiformis* es sinónimo posterior de *A. deliele*. Sin embargo, en este trabajo preferimos usar el binomial *A. taxiformis* siguiendo a TAYLOR (*loc. cit.*) y JOLY (*loc. cit.*).

OBSERVACIONES DE CULTIVO

i) GERMINACIÓN DE CARPOSPORAS Y LA FORMACIÓN DEL TETRASPOROFITO: (Figs. 3-13; 22-32).

Una vez colocados los cistocarpos maduros (Fig. 2) en los medios de cultivo e incubados, se produce la liberación de las carpósporas en un periodo de tiempo de aproximadamente 12 horas. Las carpósporas liberadas presentan formas redondeadas (Figs. 3, 22) y miden 43-54 μm de diámetro. Las carpósporas se dividen en diferentes planos convirtiéndose así en una estructura multicelular (Fig. 23). Aproximadamente a las 24 horas de liberadas, se observa la formación hacia un lado (Fig. 4, abajo a la derecha) de una protuberancia o célula inicial del futuro filamento erecto, esta protuberancia sufre una división transversal dando origen a dos células (Fig. 23); luego ocurre otra división en ese mismo sentido (Fig. 24), más tarde la célula basal se divide longitudinalmente y así se van produciendo sucesivas divisiones, de tal manera que la célula apical

en forma de cúpula va a estar diferenciada del resto del filamento, el cual generalmente presenta aspecto biseariado (Figs. 5-6). Aproximadamente a los 5 días de haberse producido la germinación, el filamento puede alcanzar un largo de 128 μm , y un diámetro de 20 μm , pudiendo estar constituido por 5-10 células (Figs. 6, 7, 8).

En ciertos casos, se pudo observar la formación de otro eje en forma de rizoide, generalmente en sen-

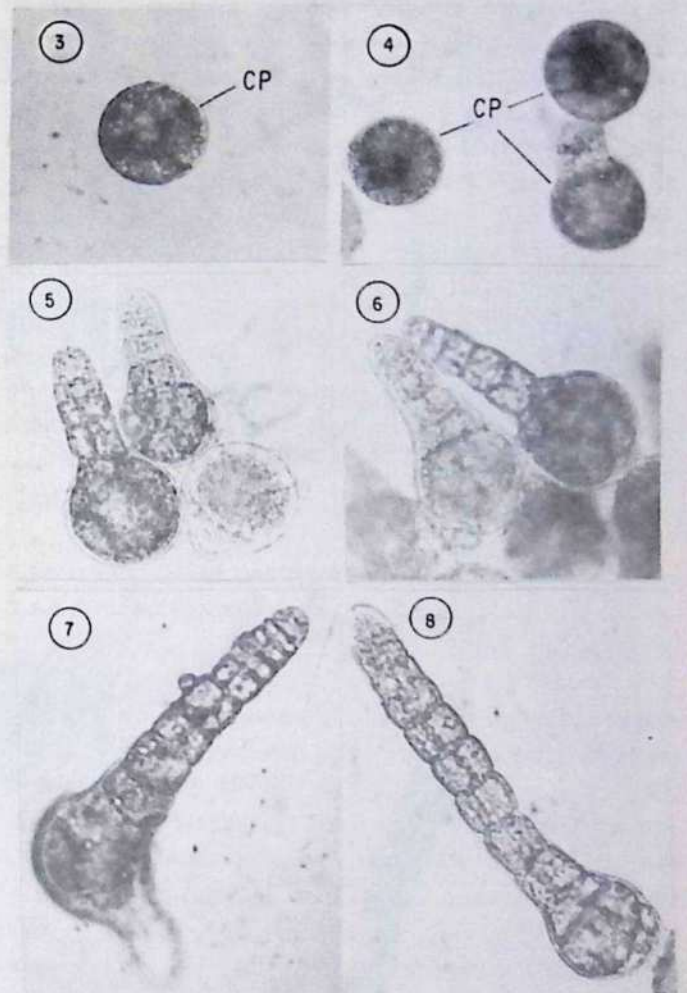
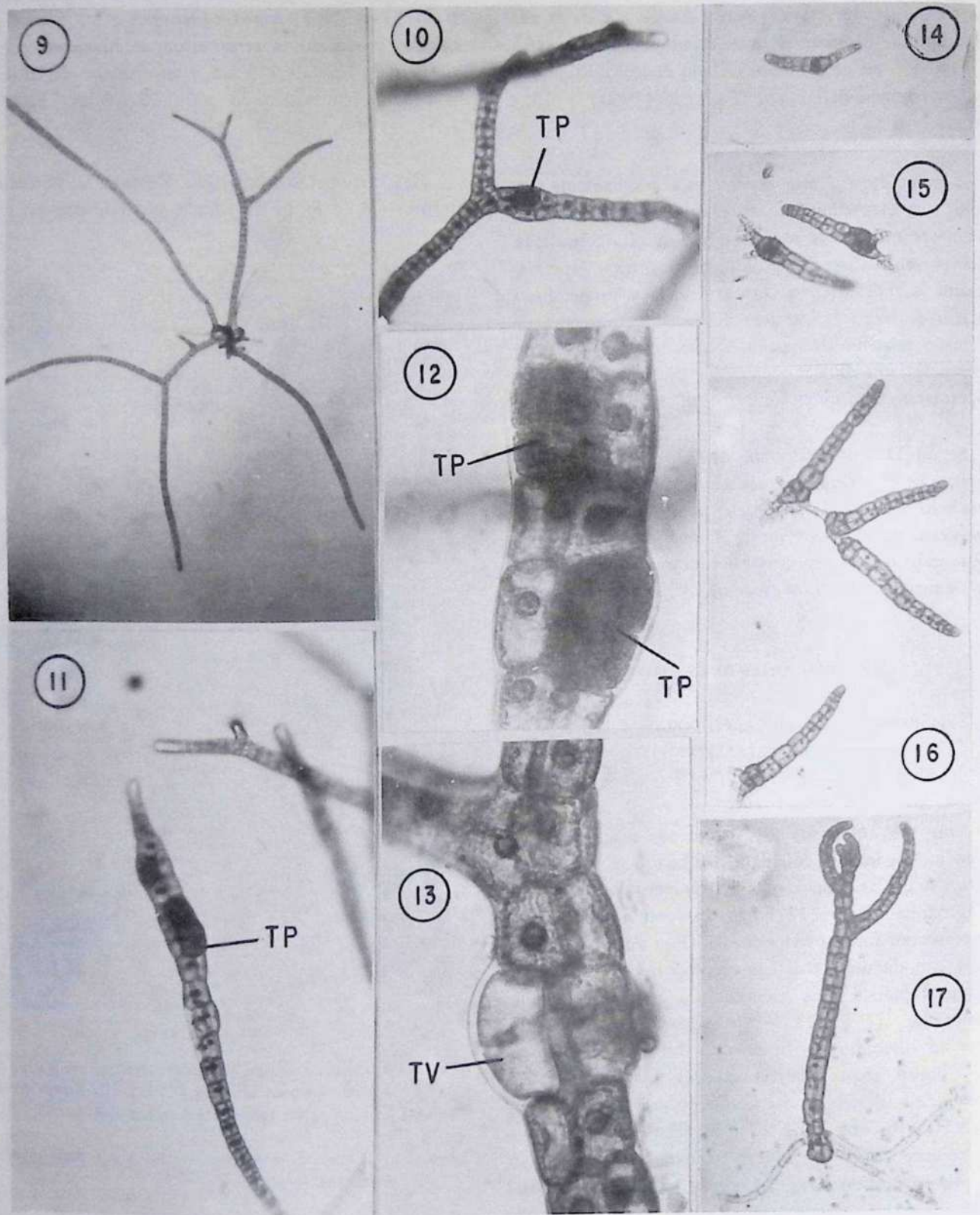


Fig. 3-4 Carpósporas recién liberadas. Nótese el inicio de germinación en la fig. 4 (CP) por la formación de protuberancia (abajo a la derecha) $\times 407$.

Figs. 5-6. Formación de filamentos a los 3 y 5 días respectivamente. $\times 407$.

Figs. 7-8. Formación de filamentos aproximadamente de una semana. $\times 407$.



tido contrario al principal erecto (Figs. 7, 24). Este nuevo filamento tardío, no sufre divisiones en sus primeras etapas de desarrollo y su contenido es menos denso comparado con el del filamento principal (Fig. 25). Luego este segundo filamento comienza a dividirse y a tomar un sentido horizontal repente (Fig. 28).

Aproximadamente a los 10-12 días del inicio de la germinación empiezan a originarse del filamento principal erecto pequeñas ramas (Fig. 28), las cuales, a su vez, se ramifican. Las ramas laterales y el eje principal son polisifónicas y están integradas por tres células pericentrales de apariencia triangular y una célula central (Fig. 29). Las células pericentrales tienen nítidas células secretoras (Figs. 12, 13). El alga continúa ramificándose de manera irregular y esporádica, haciéndose difícil diferenciar un eje principal, presentándose como un conjunto de ramificaciones orientadas en todas direcciones (Fig. 9). Esta etapa se logra en 3 semanas. A los 25 días se observa que determinadas porciones del filamento se ensanchan, y una de las células pericentrales de cada una de estas regiones, comienzan a hincharse, adquiriendo una coloración más oscura que el resto de las células (Figs. 10, 11). Luego esta célula pericentral hinchada, se divide transversalmente dando origen a dos células hijas (Fig. 30), las cuales

se dividen de manera cruzada para dar origen a un tetrasporangio (Figs. 31 y 32), el cual mide aproximadamente $38.45\ \mu\text{m}$ de diámetro. La pared celular del tetrasporangio se rompe y las tetrásporas son liberadas al medio, quedando vacío el sitio donde estaban contenidas (Fig. 13). Las tetrásporas liberadas miden $25\text{-}30\ \mu\text{m}$ de diámetro.

Cabe señalar que en muchos aspectos externos e internos (tales como talo filamentosos, modo de ramificarse, presencia de tres células pericentrales, formación de tetrasporangios y tamaño de éstos) los productos de la germinación de las carpósporas cultivadas en el laboratorio concuerdan muy bien con las descripciones dadas por TAYLOR (1960) & JOLY (1965) para *Falkenbergia hillebrandii* de material del campo. Además una comparación del material de *F. hillebrandii* colectado de Punta Mosquito y de Punta El Medio (los mismos sitios donde fueron recolectados los gametofitos de *Asparagopsis taxiformis*) con el material obtenido (producto de la germinación de las carpósporas) no mostró diferencias significativas. Las plantas de *F. hillebrandii* colectadas en el campo, sin embargo, son mucho más robustas en comparación con las obtenidas en el laboratorio, situación común, muy conocida para muchas algas rojas cultivadas en el laboratorio.

GERMINACIÓN DE LAS TETRASPORAS (FIGS. 33-40) Y LA FORMACIÓN DE *Asparagopsis taxiformis* (FIGS. 17-21)

Las tetrásporas una vez liberadas inician su germinación de tal manera, que cada una de ellas empiezan a emitir un rizoides de contenido claro (Fig. 34), luego se observa que el contenido de la tetráspora empieza a segmentarse transversalmente (Fig. 35), iniciándose la formación de una protuberancia (Fig. 36) por el lado opuesto donde se originó el filamento inicial de contenido claro. La protuberancia continúa creciendo, aumentando el número de células en su interior, pero siempre conservando una célula apical característica en forma de cúpula con un diámetro de $15\ \mu\text{m}$. Las divisiones verticales producen la formación de un filamento erecto de estructura biseriada (Figs. 15, 16, 17, 37).

Simultáneamente la célula rizoidal sigue alargándose, permaneciendo unicelular sin mostrar divisiones.

Fig. 9. Planta filamentosos ramificada y originada de la germinación de Carpóspora a los 18 días después de iniciarse la germinación. $\times 40$.

Figs. 10-11. Formación de tetrasporangios (TP) en la planta filamentosos. $\times 120$.

Fig. 12. Dos tetrasporangios maduros (TP) con las 4 esporas en forma de cruz. $\times 553$.

Fig. 13. Tetrasporangio vacío (TV) luego de liberadas las tetrásporas. $\times 553$.

Fig. 14. Filamento originado por la germinación de tetrásporas de *Falkenbergia hillebrandii* a los 2 días $\times 100$.

Figs. 15-16. Filamentos biseriados originados por la germinación de tetrásporas a los 6-7 días después de iniciada la germinación. $\times 100$.

Fig. 17. Planta joven de 12-15 días con pequeñas ramas laterales erectas y rizoides basales. $\times 100$.

A los 5-6 días se originan pequeñas ramas laterales con separaciones celulares y de contenido igualmente poco denso (Figs. 15, 37). A partir de los 7-8 días el filamento va a presentar más divisiones (Figs. 16, 38) y las ramitas que de él emergen incrementan su longitud tomando a partir de los 12-15 días en adelante verdadero aspecto de rizoides. Luego del eje principal erecto ascendente y de contenido denso surgen ramas laterales a lo largo del mismo (Fig. 18). A los 20 días se observa que el número de células pericentrales del eje principal han aumentado (Figs. 19, 20). A un mes y medio de crecimiento se nota que de la porción rizoidal se ha desarrollado un rizoma repente (Fig. 21). Aunque estas plantas obtenidas en el laboratorio no alcanzan un total desarrollo, y particularmente su madurez reproductiva, por el aspecto externo, modo de ramificación y la estructura del talo, mostraron semejanzas con las plantas de *Asparagopsis* colectadas en el campo.

DISCUSION

Desde que FELDMANN & MAZOYER (1937) descubrieron la existencia de un ciclo de la vida heteromórfico entre un gametófito macroscópico y erecto correspondiente a *Bonnemaisonia asparagoides* y un esporófito postrado, costoso y formado por una sola capa de células conocido como *Hymenoclonium serpens*, miembros de las Bonnemaisoniales han recibido considerable atención en estudios de cultivos para dilucidar los diferentes patrones en sus ciclos de vida. Las informaciones publicadas relacionadas con la estructura, ciclo de vida y taxonomía de esta familia, como señalamos en la introducción, fueron revisadas por CHIHARA & YOSHISAKI (1972) y más recientemente por WEST & HOMMERSAND (1981). Recientes experimentos incluyen también estudios fotobiológicos (control fotoperiódico por la iniciación de una fase particular durante ciertas estaciones del año) en *B. hamifera* (LÜNING, 1981) y sobre el efecto de algunas sustancias orgánicas o inorgánicas nitrogenadas o sustancias fosforiladas sobre el desarrollo de *Asparagopsis armata* (CORDERIER *et al.*, 1981). Pero todos estos trabajos se refieren esencialmente a plantas de aguas frías del Atlántico norte (Europa y Canadá) y del Pacífico (Japón y California). Por lo tanto, el presente estudio constituye el primero para un miembro de Bonnemaisoniaceae presente en aguas tropicales del Atlántico americano.

De acuerdo con los resultados reportados en el presente trabajo, las plantas erectas gametofíticas de *Asparagopsis taxiformis* del Mar Caribe alternan con una fase esporofítica independiente, microscópica, filamentosa de *Falkenbergia hillebrandii*, este ciclo vital postulado entre estas 2 especies se señala en la Fig. 41. En otras palabras, en nuestra opinión, *F. hillebrandii* en aguas tropicales del sureste del Mar Caribe no constituye una especie independiente, sino simplemente es la fase esporofítica de *A. taxiformis*.

Se conocen diferentes versiones de los ciclos de vidas heteromórficos que ocurren en las Bonnemaisoniales (WEST & HOMMERSAND, 1981). Nuestras observaciones en el material venezolano concuerda, en general con las señaladas por CHIHARA (1960) para el material japonés. Pero este autor cultivó tetrásporas de *Falkenbergia hillebrandii* y obtuvo al germinar éstas gémulas muy parecidas inicialmente a *Falkenbergia*, pero luego se diferencian en *Asparagopsis*. Este trabajo viene a completar el estudio de CHIHARA (1960), al obtener *F. hillebrandii* por la germinación de carpósporas de *Asparagopsis taxiformis*. En nuestro trabajo, también en la etapa inicial de la germinación de las tetrásporas (Figs. 15, 16) se originaron gémulas muy parecidas a *Falkenbergia*, pero a medida que progresaba el desarrollo se diferenciaban en la etapa joven (desde una ramificación alternada dística hacia una ramificación trirradiada) características de las plantas adultas de *A. taxiformis* (Figs. 17-21).

Recientemente DAWES (1981, p. 193) ha mencionado que *Asparagopsis taxiformis* ha estado alternando con una fase filamentosa diploide llamada *Falkenbergia intricata*. Aunque nosotros estamos imposibilitados para verificar el origen de esa información, presumimos que la fase diploide mencionada por DAWES sea probablemente referida a *Trailliella intricata*, la cual es la fase esporofítica de *Bonnemaisonia hamifera* y *B. nootkana* y no de *A. taxiformis*. Por tener filamentos uniseriados con numerosas células secretoras características, *T. intricata* es una forma muy diferente a *F. hillebrandii*, la cual presenta 3 células pericentrales.

En este trabajo señalamos que todavía hay algunos aspectos los cuales no están muy claros en el ciclo de vida completo de *Asparagopsis taxiformis*-*Falkenbergia hillebrandii*. Por ejemplo no se conoce si bajo condicio-

nes de campo, hay una secuencia o alternancia regular entre las plantas gametangiales y esporofíticas durante las diferentes estaciones del año y las posibles causas o factores que afectan la presencia o ausencia de una fase en particular en determinada estación. Juzgando por los datos de las colecciones de campo *A. taxiformis* parece estar presente todo el año, y es quizás probable que esta especie tenga capacidad para propagarse vegetativamente. Por ejemplo DIXON (1965) encontró que *Asparagopsis* es capaz de reproducirse por fragmentación vegetativa al generar ramas especializadas. Con relación a esto, se pudo notar que hacia las regiones apicales de *A. taxiformis* se forman ramas especializadas como las reportadas por DIXON (*loc. cit.*) DIXON (*loc. cit.*) y CHIHARA (1962) señalan fragmentación vegetativa en *Falkenbergia*, pero ese fenómeno no se observó con el material venezolano.

También las diferencias específicas entre *A. armata* de Europa y la pan tropical *A. taxiformis* no están muy claras. DIXON & IRVINE (1977) señalan que existen plantas intermedias mostrando características de *A. taxiformis* en la planta de *A. armata* de las Islas Británicas. Las fases esporofíticas de estas especies no son diferenciables morfológicamente. Como señalamos en este trabajo, el material de *F. hillebrandii* (de cultivo y de campo) del Mar Caribe es muy semejante al esporofítico de *A. armata* citado por DIXON & IRVINE (1977) para el material de Europa.

Pruebas citológicas para mostrar el sitio de la meiosis y datos experimentales para indicar la segregación fenotípica o genotípica del sexo no se han realizado para *F. hillebrandii*. Se conoce bien que en *Bonnemaisonia hamifera*, las tetrásporas de una localidad en particular, dieron origen a gametofitos masculinos o femeninos, pero no a ambos sexos (segregación fenotípica) (KOCK, 1949, CHEN *et al.*, 1969). Mientras que en *B. geniculata* las tetrásporas germinaron aproximadamente a la proporción de 1:1 para plantas masculinas y femeninas (determinación genotípica) (SHEVLIN & POLANSHEK, 1978). Como lo señalan WEST & HOMMER-SAND (1981) el sitio de la meiosis no ha sido comprobado con certeza para ningún miembro de las Bonnemaisoniaceae.

En este trabajo los experimentos de cultivo, en sus etapas iniciales tuvieron ciertos inconvenientes originados por contaminación con protozoarios y por una alta concentración de nitrógeno y fósforo en los medios de cultivo. VON STOSH (1969) encontró que una concentración alta de estos elementos en los medios de cultivo puede ser tóxico para el tetrásporofito de *Jania*.

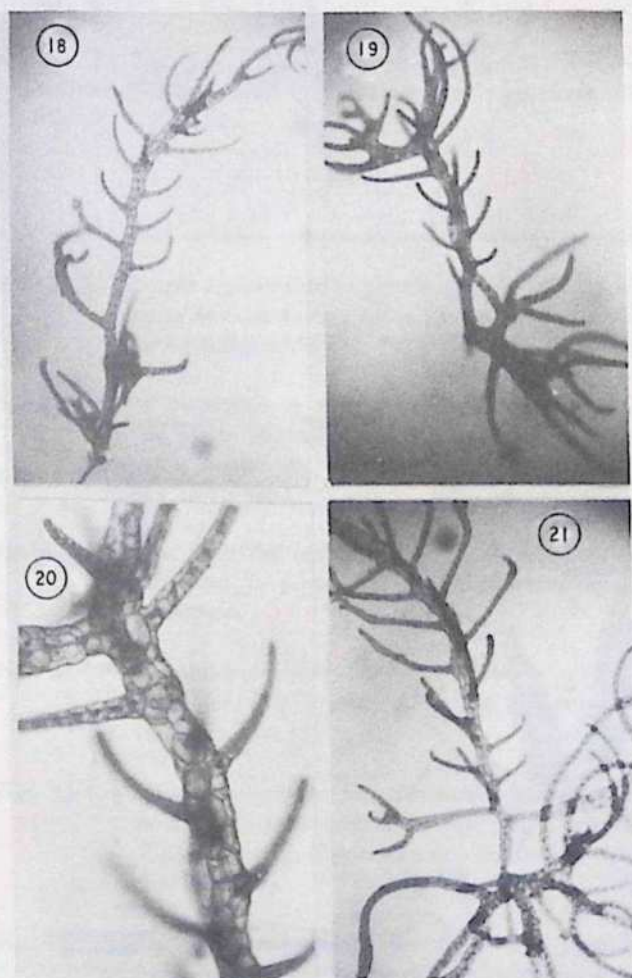
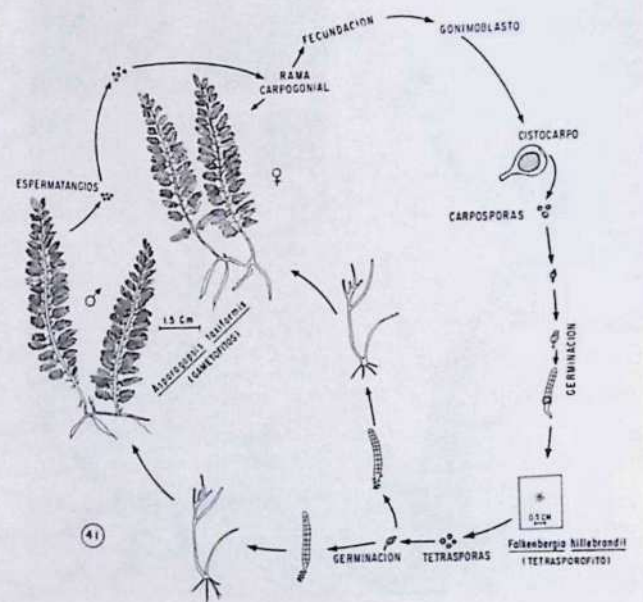
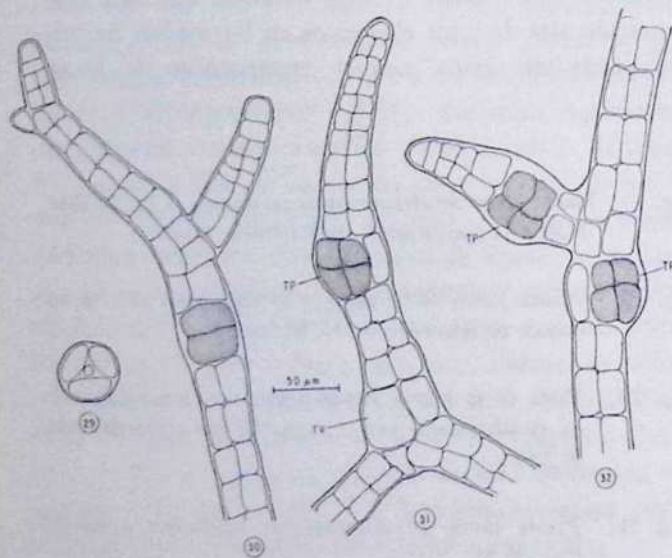
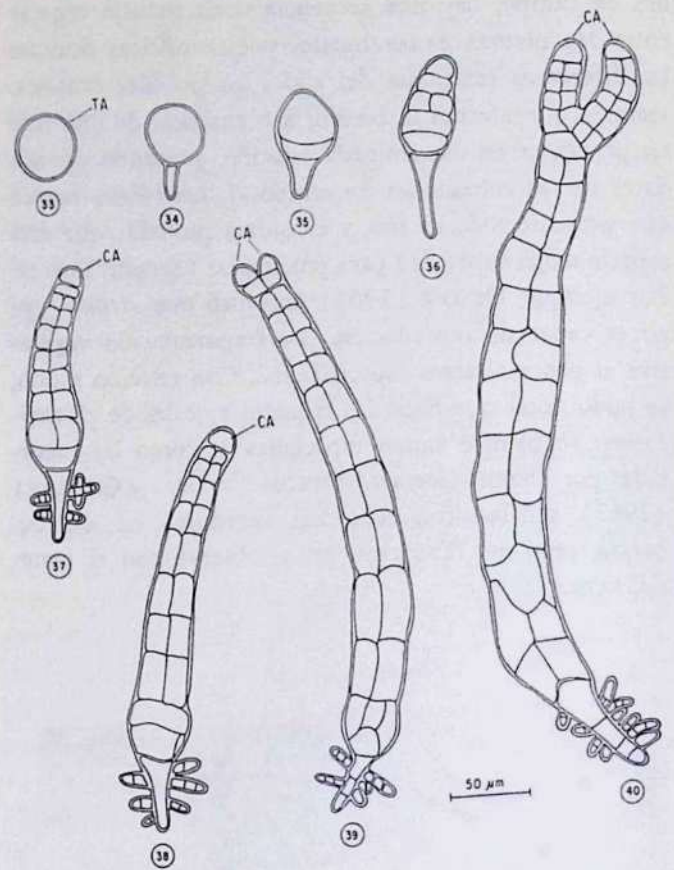
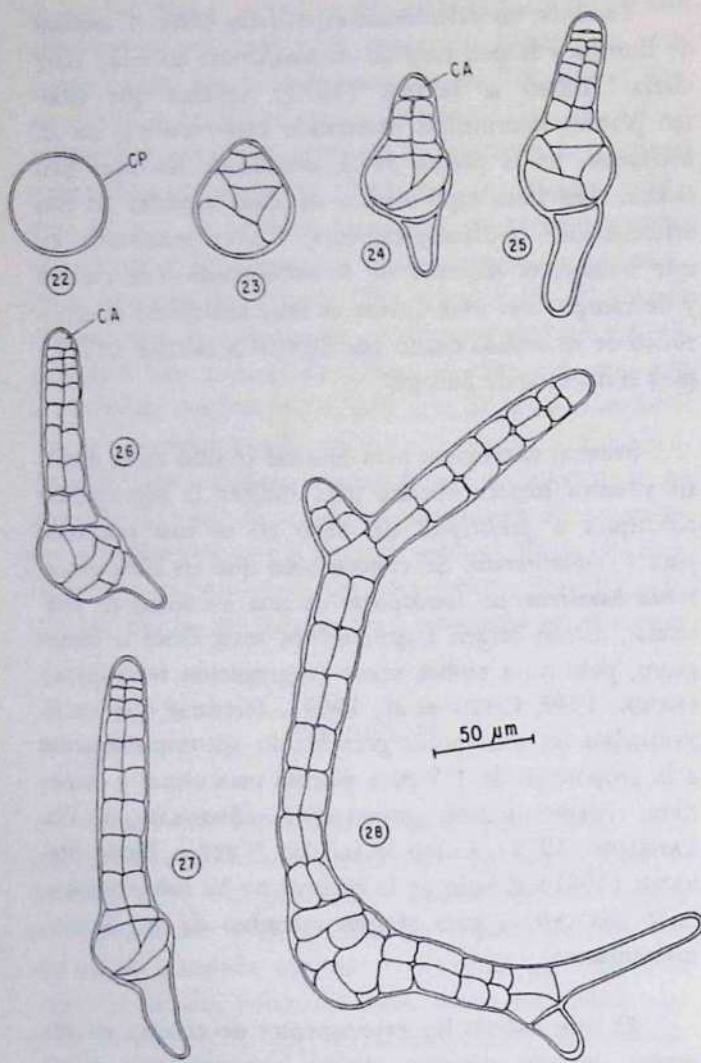


Fig. 18. Planta joven de *Asparagopsis taxiformis*, a los 20 días. Nótese la ramificación característica. $\times 75$.

Fig. 19. Planta joven de *Asparagopsis taxiformis* con la salida de estolón repente. $\times 75$.

Fig. 20. Parte de la planta *Asparagopsis taxiformis* cultivada en el laboratorio para mostrar la estructura del talo. $\times 250$.

Fig. 21. Planta joven de *Asparagopsis taxiformis* a los 45 días. $\times 75$.



Es probable que para *A. taxiformis* también haya cierta influencia de la concentración de estos elementos, por cuanto se notó que al reducir su concentración, los resultados fueron satisfactorios.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los señores BRICILIO MARCANO y MIGUEL GÓMEZ por su ayuda en el trabajo de campo, a los señores ADONAY PERNÍA y RAMÓN VARGAS por el trabajo de fotografía y al señor EPIFANIO HERNÁNDEZ, por la elaboración de los dibujos. Merece reconocimiento especial la colaboración del Consejo de Investigación por el financiamiento dado a esta investigación, a través del Proyecto CI-5-19-00098/76.

REFERENCIAS

- BOWNE, S. 1964. Purification of algal cultures with caffeine. *Nature*, 204: p. 801.
- CHEN, L. C., EDELSTEIN, T. & MCLACHLAN, J., 1969. *Bonnemaisonia hamifera* Hariot in Nature and in Culture. *J. Phycol.* 5: 211-220.
- CHIHARA, M., 1960. On the Germination of Tetraspores of *Falkenbergia hillebrandii* (Bornet) Falkenberg. *J. Jap. Bot.* 35: 249-253.
- . 1962. Life Cycle of the Bonnemaisoniaceous Algae in Japan (2). *Scient. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sect. B.* 11, 27-54.
- . 1965. Germination of the Carpospores of *Bonnemaisonia nootkana*, with Special Reference to the Life Cycle. *Phycologia* 5, 71-79.
- CHIHARA, M. & M. YOSHIZAKI, 1972. Bonnemaisoniaceae: Their gonimoblast development, life-history and systematics. In: *Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the North Pacific*, (Eds. ABBOTT I. A. & KUROGI, M.) *Jap. Soc. Phycol.*, Kobe.
- CLARICEL, A. V. & E. K. GANESAN, 1981. Life history of the marine red alga *Pseudogloiophlea balliae* (Nemalionales, Chaetangiaceae) in Culture. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*: 20 (1 & 2): 47-55.
- COODOMIEJ, L. M. SEROL, G. COMBANT & J. TESTE, 1981. On the development of *Asparagopsis armata* (Rhodophyceae, Bonnemaisoniales) in Culture. Effects of some inorganic and organic nitrogenous or phosphorylated substances. *Bot. Mar.* 24 (01): 43-49.
- DAWES, C. J., 1981. *Marine Botany*. John Wiley & Sons. N.Y. i-x + 628 pp.
- DE VALERA, M. & FOLAN, A. 1964. Germination *in situ* of Carpospores in Irish Material of *Asparagopsis armata*. *Harv. Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw) Ag. *Br. Phycol. Bull.* 2: 332-333.
- DÍAZ-PIFERRER, M., 1970. Adiciones a la flora marina de Venezuela. *Carib. J. Sci.* 10 (3-4): 159-198, 60 Figs.
- DIXON, P. S., 1965. Perennation, Vegetative Propagation and Algal Life Histories, with Special Reference to *Asparagopsis* and other Rhodophyta. *Botánica Gothenburg*. 3: 67-74.
- . 1973. *Biology of the Rhodophyta*. Oliver & Boyd Edinburgh, xiii + 285 p. 31 Figs.
- DIXON, P. S. & I. IRVINE, 1977. *Seaweeds of the British Isles*. Vol. 1. Rhodophyta. Part. 1. Introduction, Nemaliales, Gigantinales, Brit. Mus. (Nat. Hist.)
- EDWARDS, D., 1970. Illustrated Guide to the Seaweeds and Sea Grasses in the Vicinity of Port Aransas, Texas. *Contr. Mar. Sic. Univ. Tex.* 15: 1-128, Figs. 1-225.
- FELDMANN, J., 1965. Le Développement des Tétraspores de *Falkenbergia rufolanosa* et le Cycle des Bonnemaisoniales. *Rev. gén. Bot.* 72, 62-626.
- Figs. 22-28. Estapas sucesivas en la germinación de las carpósporas hasta la formación de filamento de *Falkenbergia hillebrandii*.
- Fig. 29. Corte transversal de talo de *Falkenbergia hillebrandii*, de planta originada por la germinación de carpósporas. Nótese la presencia de 3 células pericentrales y un eje axial.
- Fig. 30. Porción fértil del tetrasporófito (*Falkenbergia hillebrandii*) con la primera división transversal en el tetrasporangio.
- Figs. 31-32. Filamentos de *Falkenbergia hillebrandii* con tetrasporangios (TP) maduros con las 4 esporas en forma de cruz.
- Figs. 33-40. Etapas sucesivas en la germinación de las tetrásporas hasta la formación de una planta pequeña (Fig. 40) con un filamento erecto biseriado y rizoides basales.
- Fig. 41. Representación esquemática del ciclo vital propuesto para *Asparagopsis taxiformis*-*Falkenbergia hillebrandii* en el oriente de Venezuela.

- FELDMANN, J. & FELDMANN, G., 1939a. Sur le Développement des Carpospores et l'alternance de Générations de l' *Asparagopsis armata*. Harvey. C. R. Acad. Sci., Paris, 208: 1240-1242.
- , 1939b. Sur l' alternance de Générations chez les Bonnemaisoniacees. *Ibid.* 208, 1425-1427.
- , 1943. Recherches sur les Bonnemaisoniacees et leur alternance de generations. *Annals Sci. Nat. S. II. Bot.* 3: 75-175.
- , 1952. Nouvelles Recherches sur le Cycle des Bonnemaisoniaceas le Developpement des Tetraspores du *Falkenbergia rufolanosa* (Harv) Schmitz. *Rev. gén. Bot.* 59, 313-323.
- FELDMANN, J. & MAZOYER, C., 1937. Sur l' identité de l' *Hymenoclonium serpens* (Crouan) Batters et du Protonema du *Bonnemaisonia aspagoides* (Woodw) C. Ag. C. r. hebdomadaire. *Seanc. Acad.*, Paris, 205, 1084-1085.
- GESSNER, F. & HAMMER, L., 1967. Die litorales Algenvegetation an den kusten von ost - Venezuela. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 52 (5): 657-692, 13 Figs. 7 Tabs.
- HARDER, R., 1948. Einordnung von *Trailiella intricata* in den Generations Wechsel bei Bonnemaisoniaceae. *Nachr. Akad. Wiss. Gottingen.* 1948. 24-27.
- JOLY, A. B., 1965. Flora Marinha do Litoral Norte do Estado de Sao Paulo e Regioes Circunvizinhas. *Bol. Fac. Fil. Cienc. Lir. Univ. Sao Paulo*, 294 Botânica, 1-39 (inc 59 parnchas e 4 mapas).
- , 1967. *Generos de Algas Marinhas Da Costa Atlantica Latino-americana*. Editora Da Universidade de Sao Paulo. 266 + 22 prancha.
- KOCH, W., 1969. Entwicklungsgeschichtliche und physiologische. Untersuchungen an. Laboratoriumskulturen der Rotalge *Trailiella intricata* Batters (Bonnemaisoniaceae) *Arch. Mikrobiol.* 14: 635-60.
- KRAFT, G. T., 1981. Rhodophyta: Morphology & Clasification In: *The Biology of seaweeds* (Eds. C. S. Lobban & M. J. Wynne) Blackweell Scientific Publications, Offord. Bot. Monogr. 17: Chapter 1, pp. 6-51.
- KYLIN, H., 1956. *Die Gattungen der Rhodophyceen.* xv + 673 pp., Figs. 1-458, CWK Gleerup, Lund.
- LEWIN, J., 1966. Silicon Metabolism in Diatoms v. Germanium dioxide, a Specific Inhibitor of Diatom Growth. *Phycologia* 6: 1-12.
- LUNING, K., 1981. Photobiology of Seaweeds: Ecophysiological aspects. *Xth Int. Seaweed Symp. Water de Gruyter & Co., Berlin, N-Y.* pp. 35-55.
- OZA, R. M., 1977. Culture Studies on Induction of Tetraspores and their Subsequent Development in the Red Alga *Falkenbergia rufolanosa* (Harvey) Schmitz. *Botánica Marina.* 20: 29-32.
- PROVASOLI, L., 1968. Media and Prospects for the Cultivation of Marina Algae. In Watanabe, A. & Hattori, A., Eds., *Cultures and Collection of Algae.* Proc. U. S. Japan Conference Hakone, sept. 1966. *Jap. Sea. Plant. Phycol.* 63-75 pp.
- RÍOS, N. de 1972. Contribución al Estudio Sistemático de las Algas Macroscópicas de la costa de Venezuela. *Acta Bot. Venezuelica*, 7 (1-4): 219-324.
- SHEVLIN, D. E. & A. R. POLANSHEK, 1978. Life history of *Bonneamaisonia geniculata* (Rhodophyta): a laboratory an field study. *J. Phycol.* 14: 282-289.
- STEIN, J. (Ed). 1973. *Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements.* Cambridge Univ. Press xii + 448 p.
- TAYLOR, W. R., 1942. Caribbean marine algae of the Allan Hancock Expedition, 1939. *Rep. Allan Hancock Atlantic Exped.* 2. 193 pp. 20 pls. Los Angeles
- , 1957. *Marine Algae of the Northeastern coast of North America.* 2^d Ed. V II + 1-427 (inc. 60 pls). Ann Arbor., Michigan U.S.A.
- , 1960. *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas IX* + 1-870 pp. (inc. 80 pls.) Ann Arbor, Michigan, U.S.A.
- VON STOSCH. 1969. Observations on *Corallina*, *Jania* and other Red Algae, *Proc. VI Seaweed Symposium. Dirección General de Pesca Maritima. Madrid.* pp. 389-399.
- WEST, J. A., 1972. The life history of *Petrocelis franciscana*. *Br. Phycol.* J. 7: 299-308.
- & M. H. HOMMERSAND, 1981. Rhodophyta: Life histories In: *The Biology of Seaweeds* (ds. C. S. Lobban & M. J. Wynne). Blackwell Scientific Publications Oxford. Bot. Monogr. 17: Chapter 4, pp. 133-193.

(Manuscrito recibido el 14 de mayo de 1983).

NUEVOS REGISTROS DE HOLOTUROIDEOS (HOLOTHUROIDEA: DENDROCHIROTA Y APODA) DE LA REGION INSULAR DEL ORIENTE VENEZOLANO

AÍDA MARTÍNEZ M.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se estudiaron los ejemplares de holoturoideos procedentes de trece estaciones ubicadas en las islas de Margarita, Coche y Cubagua (Estado Nueva Esparta). Entre los holoturoideos estudiados, *Thyoneria cognata* (LAMPERT); *Pentamera pulcherrima* (AYRES); *Trachythyonidium occidentale* (LUDWIG); *Neophyllophorus destichadus* (DEICHMANN), pertenecen al orden DENDROCHIROTA. *Chiridota rotifera* (PORTUALES) y *Synaptula hydriformis* (LESUEUR) al orden APODA. De estas especies, cinco, representan nuevos registros para la fauna de holoturoideos de Venezuela. *Synaptula hydriformis* (LESUEUR), se señala para otras localidades. Se hace una diagnóstico de las especies y se presentan claves sencillas, elaboradas en base a los trabajos de DEICHMANN (1926, 1930, 1938, 1941, 1954, 1963); CLARK (1933) y TOMMASI (1969) y a los caracteres más resaltantes que se observaron en los ejemplares.

ABSTRACT: The present paper deals with a study of collection of holothuroidea from 13 stations from the islands of Margarita, Coche and Cubagua (Nueva Esparta state). Among the samples studied, *Thyoneria cognata* (LAMPERT); *Pentamera pulcherrima* (AYRES); *Trachythyonidium occidentale* (LUDWIG); *Neophyllophorus destichadus* (DEICHMANN), belong to the order DENDROCHIROTA. *Chiridota rotifera* (PORTUALES) and *Synaptula hydriformis* (LESUEUR) to the order APODA. All the above mentioned species represent new records to the Venezuelan holothurian fauna, with the exception of *Synaptula hydriformis* (LESUEUR). A diagnosis of species is given and artificial keys are also given which have been designed on the basis of the works of DEICHMANN (1926, 1930, 1938, 1941, 1954, 1963); CLARK (1933) and TOMMASI (1969) and on the basis of the more distinguishing features of the specimens.

INTRODUCCION

Las especies de holoturoideos presentadas en este trabajo, pertenecen a los órdenes *Dendrochirota* y *Apoda*, y fueron obtenidas de colecciones realizadas en la zona litoral de la región insular del oriente de Venezuela.

Con respecto a la fauna de holoturoideos *Dendrochirota* en las aguas costeras venezolanas, sólo se conoce el registro de *Pentacta pyomaea* (THEEL) para la isla de Margarita, Estado Nueva Esparta (ENGEL, 1939), la cual fue ratificada posteriormente por RODRÍGUEZ y MAGO (1975), para la misma localidad.

Referente al orden *Apoda*, DEICHMANN (1963), señala a *Synaptula hydriformis* (LESUEUR), para el Islote de Aves. Este reporte está basado en las colecciones realizadas por HUMMELINCK en 1936.

En cuanto a su distribución batimétrica, DEICHMANN (1930), informa que los representantes de los órdenes *Dendrochirota* y *Apoda* se distribuyen en las zonas litoral y sublitoral, y al parecer son endémicas de la costa occidental del océano Atlántico y no poseen aparentemente formas paralelas en el océano Pacífico. En el océano Atlántico oriental al parecer, existen muy pocas especies estrechamente relacionadas con este orden.

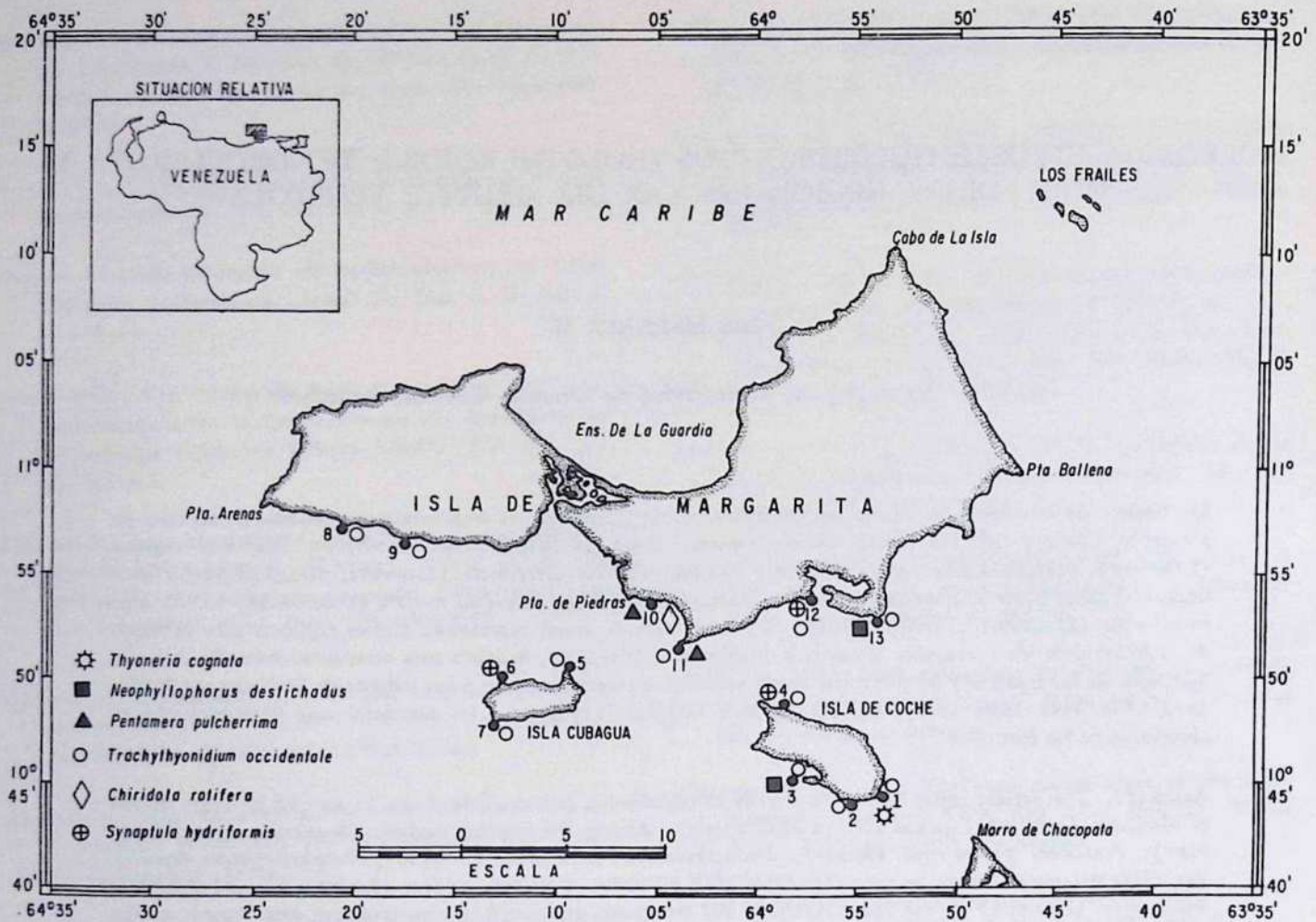


Fig. 1. Situación geográfica del área de estudio y de las estaciones donde fueron colectadas las especies.

Es importante destacar, que en las numerosas colecciones realizadas en la región nor-oriental de Venezuela hasta el momento actual de este trabajo, no se han obtenido representantes de éstos órdenes en el área costera continental de la región antes mencionada.

MATERIALES Y METODOS

El material estudiado fue colectado mediante buceo entre 0.5 y 6 m de profundidad aproximadamente y el método utilizado para la preservación de los ejemplares e identificación de las especies fue señalado por RODRÍGUEZ (1973).

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio donde se realizaron los muestreos, está localizada en las islas de Margarita, Coche y Cuba-

gua, las cuales se encuentran ubicadas en la región nor-oriental de Venezuela entre los $10^{\circ}45'$ - $11^{\circ}10'$ Lat. N y $63^{\circ}45'$ - $64^{\circ}25'$ Long. W (Fig. 1). En esta figura también se señalan las localidades donde se obtuvieron los especímenes de holoturoideos reportados en este trabajo.

RESULTADOS

Se incluyen seis especies de holoturoideos pertenecientes a los órdenes *Dendrochirota* y *Apoda*. El orden *Dendrochirota* está representado por la familia *Cucumariidae* con dos géneros estrechamente relacionados, *Thyneria* y *Pentamera* y por la familia *Phyllophoridae* con dos géneros, *Trachythyonidium* y *Neophyllophorus*. El orden *Apoda* está representado por las familias *Chiridotidae* y *Synaptidae* con los géneros *Chiridota* y *Synaptula* respectivamente.

CLAVE PARA LOS ÓRDENES

1. Holoturias con el cuerpo provisto de podias.
Tentáculos dentrícos en número de 10 a 20,
raramente 30 *Dendrochirotia*
- Holoturias con el cuerpo desprovisto de podias.
Tentáculos digitados o pinnados en número de
10, raramente 12 ó 13 *Apoda*.

DENDROCHIROTA GRUBE 1840

Diagnosis: Holoturias con tentáculos dentrícos; podias distribuidas en el ambulacro o esparcidas en toda la superficie del cuerpo. En algunos casos pueden presentar grandes escamas distribuidas en todo el cuerpo o restringidas al lado dorsal y en los extremos. Las espículas presentan formas variadas como torres, botones, cestas y placas perforadas. Las podias pueden presentar una placa terminal desarrollada o completamente reducida; a veces un vestigio. Son organismos que se alimentan de plancton, viven sobre substratos duros o enterrados en arena o fango con excepción de los tentáculos y el extremo anal.

CLAVE PARA LAS FAMILIAS DEL ORDEN *Dendrochirotia*

1. Diez tentáculos o menos, a menudo los dos ventrales más pequeños *Cucumaridae*.
- Veinte tentáculos o más, distribuidos en dos círculos bien diferenciados . . . *Phyllophoridae*

FAMILIA *Cucumaridae* PERRIER, 1902

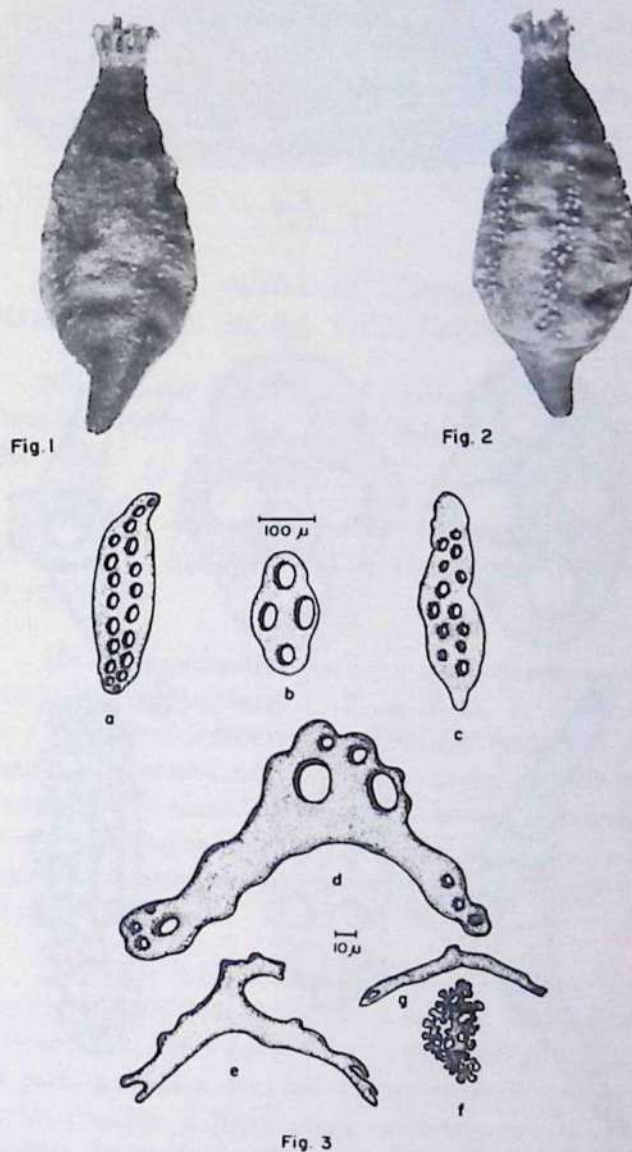
Clave para los géneros de *Cucumaridae*.

1. Podias distribuidas en toda la superficie del cuerpo. Espículas predominantemente en forma de placas alargadas con un número variable de huecos, generalmente dispuestos en dos hileras *Thyoneria*.
- Podias restringidas a los ambulacros; las dorsales bien desarrolladas. Espículas en forma de placas o botones lisos o nudosos, a menudo reducidos. *Pentamera*

Thyoneria cognata (LAMPERT)

Lám. I

Thyoneria cognata (LAMPERT). DEICHMANN, 1930: 169-170, pl. 15, figs. 1-4 TOMMASI, 1969: 14, pl. III, fig. 19.



Lám. I. *Thyoneria cognata* LAMPERT

- Fig. 1. Vista dorsal
Fig. 2. Vista ventral
Fig. 3. Espículas
a, b, c. Placas perforadas
d, e, g. Barras de los tentáculos
f. Roseta de los tentáculos

Thyone cognata (LAMPERT). CLARK, 1933: 115
DEICHMANW, 1938: 134.

Thyoneria cognata (LAMPERT). DEICHMANN,
1954: 398; 1963: 110-111; CAYCEDO, 1978: 165, pl.
4, figs. 1-14; TIKASINGH, 1963: 97, figs. 70-72.

Material examinado: Un ejemplar de 30 mm de longitud y 11 mm de diámetro, procedente de la estación Nº 1, capturado entre las raíces de *Thalassia testudinum* a una profundidad de 0.5 metros.

Diagnosis: Cuerpo curvado, con los extremos oral y anal estrechos y dirigidos hacia arriba. Podías pequeñas, distribuidas en toda la superficie del cuerpo y dispuestas en doubles hileras bien definidas a lo largo de los radios, y también esparcidas en los interambulacros. (Lám. I Figs. 1 y 2); diez tentáculos pequeños, dendríticos y de igual tamaño; piel delgada y áspera al tacto, debido a la gran concentración de espículas de la pared del cuerpo. Presentó un color blanco amarillento con podías amarillas y tentáculos casi negros.

Espículas: Abundantes placas alargadas con dos hileras de huecos, típicas de ejemplares juveniles; placas más pequeñas con cuatro huecos. En los tentáculos, rosetas irregulares, grandes barrotos perforados y barras delicadas muy pequeñas. (Lám. I Fig. 3).

Distribución: Según CLARK (1933), es una especie de amplia distribución, que se extiende desde Yucatán a Brasil. DEICHMANN (1930), la señala para Tortugas, Florida y Caycedo 1978, para la bahía de Santa Marta, ensenada de Gairaca y Chengue y bahía de Nenguange, Colombia.

NOTA: El único ejemplar colectado presentó el cuerpo flexible, probablemente debido su pequeña talla y en cuanto a su forma, el extremo posterior mucho más puntiagudo que el extremo anterior (Lám. I, Figs. 1 y 2). Esta característica difiere de la señalada por CAYCEDO (1978), en la descripción de sus ejemplares.

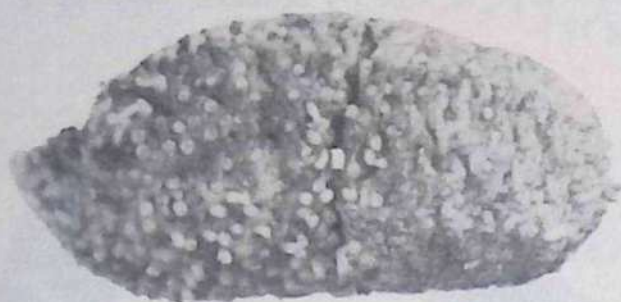


Fig. 1

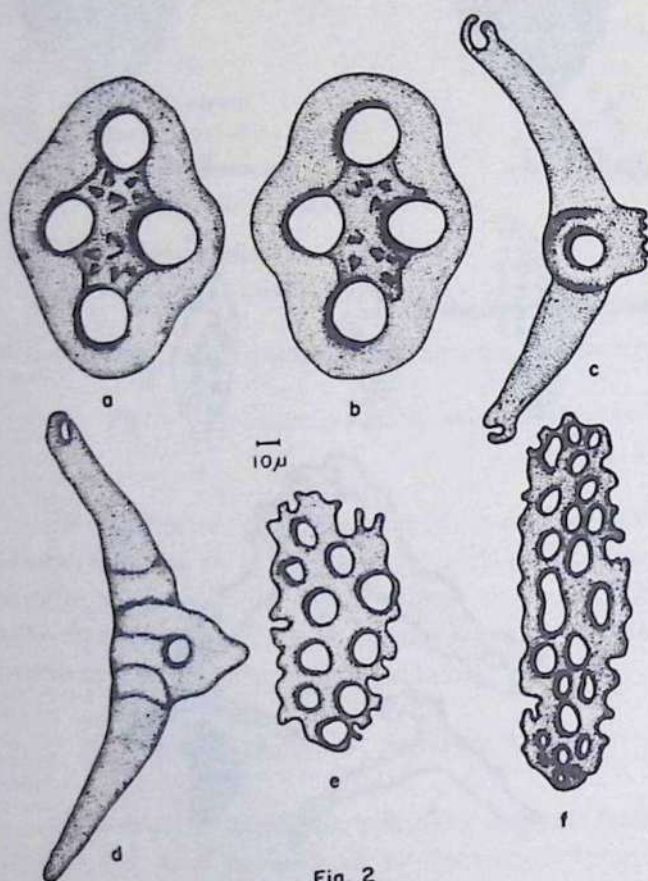


Fig. 2

Lám. II. *Pentamera pulcherrima* (AYRES)

Fig. 1. Vista dorsal

Fig. 2. Espículas

a, b. Torres con disco ovalado

c, d. Torres alargadas

e, f. Placas irregulares perforadas

Pentamera pulcherrima (AYRES)

Cucumaria pulcherrima (AYRES). DEICHMANN,
1930: 157-158, pl. 11, figs. 13-16; CLARK, 1904: 567,

pl. 11, fig. 70; pl. 12, figs. 81-85; TOMMASI, 1969: 11, fig. 13.

Pentamera pulcherrima (AYRES). DEICHMANN, 1954: 395.

Material examinado: Dos ejemplares; uno de 17 mm de longitud y 9 mm de diámetro, procedente de la estación 10, a una profundidad de 6 metros, en substrato areno-limoso y el otro ejemplar de 11 mm de longitud y 5 mm de diámetro, procedente de la estación 11, a una profundidad de 3 m y en el mismo tipo de substrato.

Diagnosis: Especie de tamaño pequeño, llegando a alcanzar una talla máxima de 10 cm de longitud. Cuerpo ovoide, generalmente contraído con los extremos anteriores y posteriores dirigidos hacia la región dorsal. Podias cilíndricas no retráctiles, condensadas en cinco bandas. Diez tentáculos dotados de pigmentos oscuros, los dos ventrales más pequeños; piel delgada, no lisa con un alto contenido de espículas. Color blanco parduzco (Lám. II, Fig. 1).

Espículas: Torres con disco ovalado, cuatro huecos y espira baja; placas irregulares muy numerosas y con un número variable de huecos; torres con base alargada, curva y con espira más o menos reducida (Lám. II, Fig. 2).

Distribución: Según DEICHMANN (1930), esta especie es indudablemente una forma tropical que ocasionalmente alcanza la costa de Nueva Inglaterra. Ha sido señalada de Sabanilla, Colombia, y de Beaufort, N. C. TOMMASI (1969), la señala de Carolina del Norte a isla Grande (R. J.).

NOTA: El ejemplar que se muestra en la figura 1 de la lámina II, presenta el cuerpo fuertemente contraído, lo cual dificulta la visualización del típico ordenamiento de las podias en hileras. Estas se observan muy juntas, dando la impresión que estuviesen distribuidas en toda la superficie del cuerpo.

Familia Phyllophoridae Bell, 1884.

Clave para los géneros de Phyllophoridae

1. Tentáculos en dos círculos, distribuidos en pares. Espículas en forma de torres con márgenes dentados agudos y con cuatro huecos grandes alternando con cuatro huecos pequeños

Trachytyonidium

- Tentáculos en dos círculos no distribuidos en pares. Espículas en forma de torres con márgenes lisos o ligeramente ondulados, con cuatro huecos grandes alternando con cuatro huecos subiguales

Neophyllophorus.

Trachytyonidium occidentale (LUDWIG)

Lám. III

Phyllophorus occidentalis LUDWIG. DEICHMANN, 1930: 148-149, pl. 18, figs. 1 y 2; CLARK, 1933: 112.

Phyllophorus (Urodomella) occidentalis (LUDWIG). TOMMASI 1969: 10, Fig. 10; DOMANTAY, 1959: 191-192.

Trachytyonidium occidentale (LUDWIG). DEICHMANN, 1954: 402, fig. 68: 1-5; TIKASINGH, 1963: 96-97, figs. 63-69.

Material examinado: Treinta y cinco ejemplares colectados en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9; 11, 12 y 13, a profundidades comprendidas entre 0.5 y 6 metros, encontrados bajo rocas, enterradas en substrato areno-limoso y entre las raíces de *Thalassia testudinum*. El ejemplar mayor tiene una longitud de 50 mm y 25 mm de diámetro y el menor de 38 mm de longitud y 20 mm de diámetro.

Diagnosis: Especie con el cuerpo ligeramente ovoide, veinte tentáculos distribuidos en dos círculos bien diferenciados, cinco pares grandes que alternan con cinco pares pequeños. Piel lisa y muy suave al tacto, con podias retraídas y distribuidas uniformemente en la superficie del cuerpo. (Lám. III, Figs. 1 y 2). Color marrón a castaño claro.

Espículas: Torres delicadas de márgenes dentados agudos, con cuatro huecos grandes que alternan con cuatro huecos pequeños y espira de dos pilares. En los tentáculos, barrotes delicados con perforaciones en los extremos, torres semejantes a la de la piel y también rosetas. (Lám. III, Fig. 3).

Neophyllophorus destichadus (DEICHMANN)

Lám. IV

Phyllophorus destichadus DEICHMANN. DEICHMANN, 1930: 146-147, pl. 18, fig. 3; CLARK 1933: 112.

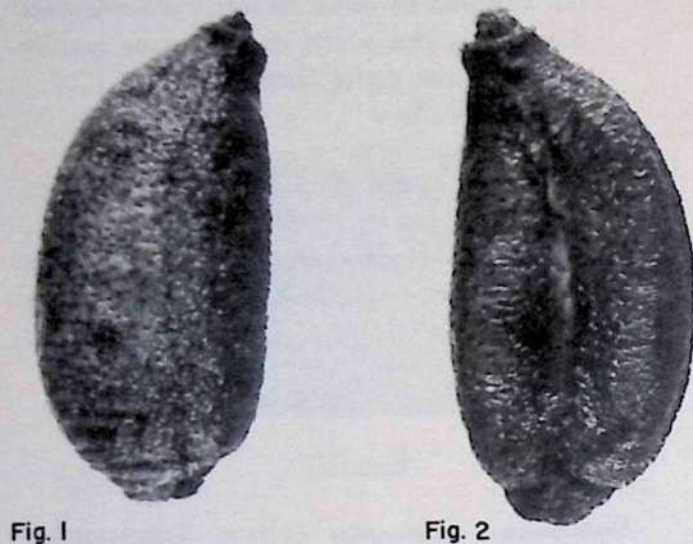


Fig. 1

Fig. 2

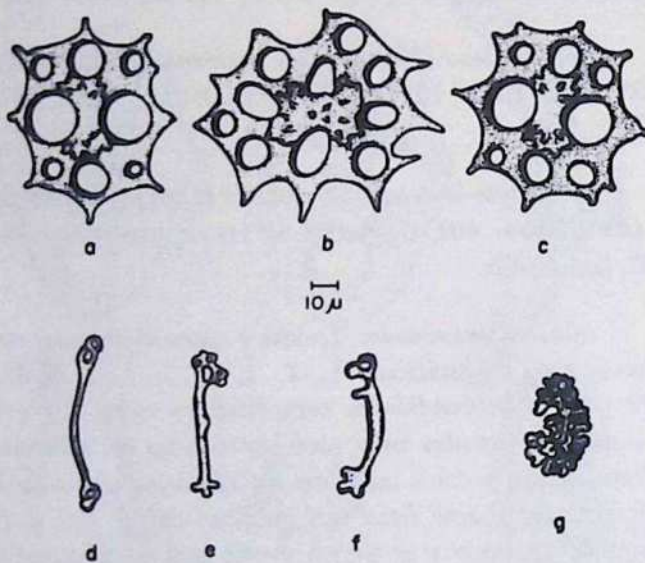


Fig. 3

Lám. III. *Trachythyonidium occidentale* (LUDWIG)

Fig. 1. Vista dorsal

Fig. 2. Vista ventral

Fig. 3. Espículas

a, b, c. Torres con márgenes dentados

d, e, f. Barras delicadas de los tentáculos

g. Roseta de los tentáculos

Distribución: CLARK (1933) y DEICHMANN (1954) señalan que esta especie ha sido reportada desde Porto Seguro, Brasil, hasta Florida.



Fig. 1

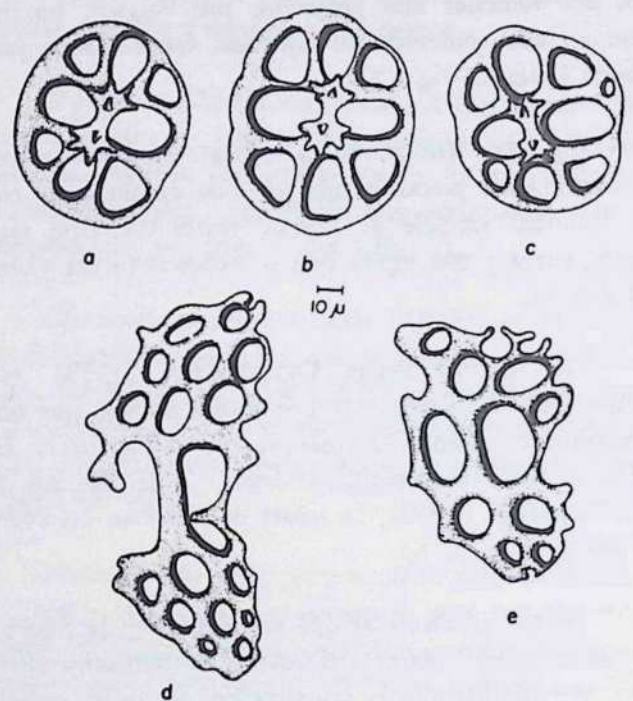


Fig. 2

Lám. IV. *Neophyllophorus destichadus* (DEICHMANN)

Fig. 1. Vista dorsal

Fig. 2. Espículas

a, b, c. Torres con disco ovalado

d, e. Placas irregulares perforadas

Neophyllophorus destichadus (DEICHMANN).
DEICHMANN, 1954: 404, fig 68: 14-16.

Material examinado: Dos ejemplares colectados en las estaciones 3 y 13, bajo rocas, a una profundidad de 4 metros. El ejemplar mayor tiene una longitud de 60 mm y un diámetro de 22 mm. El de menor talla tiene una longitud de 25 mm y un diámetro de 12 mm.

Diagnosis: Los ejemplares presentaron el cuerpo ligeramente curvado, con los extremos oral y anal estrechos y dirigidos hacia la superficie dorsal; podías uniformemente distribuidas en toda la superficie del cuerpo (Lám. IV, Fig. 1). Dieciocho a veinte tentáculos de diferentes tamaños, distribuidos irregularmente. Piel gruesa, suave al tacto. Color marrón rojizo y extremos más claros.

Espículas: Torres con disco ovalado u ondulado, cuatro huecos centrales grandes y generalmente cuatro huecos subiguales en los extremos, espira baja compuesta de dos barras; placas grandes, perforadas, irregulares con un número variable de huecos (Lám. IV, Fig. 2).

Distribución: CLARK (1933) reporta esta especie para Tortugas, Florida.

Orden Apoda BRANDT, 1835

Diagnosis: Según HYMANN (1955), los representantes de este orden son holoturias vermiformes, totalmente desprovistas de podías, con la superficie del cuerpo lisa o rugosa; tentáculos de diez a veinte, los cuales pueden ser simples, digitados o pinnados. Como características de este orden, se señalan las espículas en forma de anclas y ruedas.

Clave para las familias del orden Apoda

1. Espículas del integumento en forma de ruedas; tentáculos comúnmente peltado-digitado
... .. *Chiridotidae*.

— Espículas del integumento en forma de anclas y placas perforadas; tentáculos pinnado-digitado
... .. *Synaptidae*

Chiridota rotifera (POURTALES)



Fig. 1

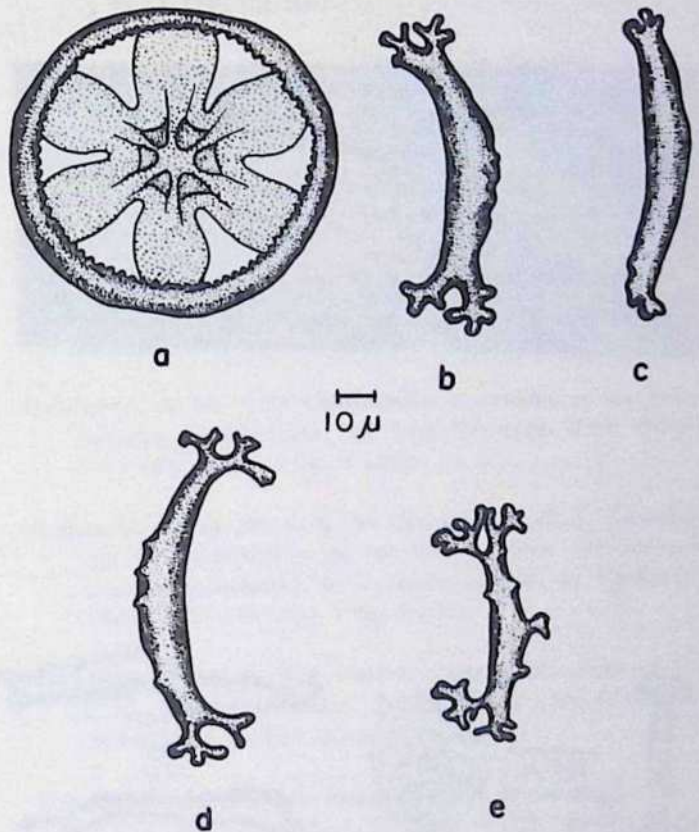


Fig. 2

Lám. V. *Chiridota rotifera* (POURTALES)

Fig. 1. Vista dorsal

Fig. 2. Espículas

a. Rueda

b, c, d, e. Barrotes curvos

Chiridota rotifera POURTALES. DEICHMANN, 1930: 212; BRITO, 1960: 6, Est. II, figs. 1-4. ANCONA, 1962: 17-18, figs. 45-50; TOMMASI, 1969: 15, figs. 23.

Chiridota rotifera (POURTALES). CLARK 1933: 122-123; DEICHMANN, 1954: 408; 1963: 112; TIKA SINGH, 1963: 95, fig. 62; PAWSON, 1976: 381.

Material examinado: Un ejemplar procedente de la estación 10, encontrado en substrato rocoso, a una

profundidad de 0.4 metros. Tiene una longitud de 30 mm y un diámetro de 10 mm.

Diagnosis: Especie de pequeña talla que llega a alcanzar hasta 10 cm de longitud. Cuerpo vermiforme con doce tentáculos palmados pequeños; piel lisa de color rojizo con papilas blancas (Lám. V, Fig. 1).

Espículas: Se presentan en forma de rueda con seis rayos; pequeños barrotes curvos con extremos ramificados.

Distribución: PAWSON (1976) da a esta especie un rango de distribución de Brasil a Bermuda.

Synaptula hidriformis (LESUEUR)

Synaptula hidriformis (LESUEUR). CLARK, 1924: 473-474, pl. 3, figs. 5,6 y pl. 4, fig. 4; 1933: 119; 1942: 388-389; DEICHMANN, 1930: 206; 1954: 407; 1963: 112-113; TOMMASI, 1957: 39, fig. 30: b, c; 1969: 16, fig. 25; BRITO, 1960: 7, fig. 9; PAWSON, 1976: 375, fig. 2c.

Material examinado: Ciento cincuenta y seis ejemplares colectados en las estaciones 4, 6 y 12, a profundidades de 0.5, 2 y 3.5 metros respectivamente, entre algas pardas del género *Dictyota* y algas rojas del género *Acanthophora*.

El ejemplar de mayor talla tiene una longitud de 70 mm y un diámetro de 9 mm; el menor, tiene 10 mm de longitud y 3 mm de diámetro. Entre los ejemplares colectados, algunos presentaron color pardo claro casi transparente con manchas blancuzcas que representan los gránulos miliares; otras presentaron color marrón oscuro con el mismo tipo de manchas. La coloración de la piel según CLARK (1933), parece estar relacionado con el tipo de alga en la cual vive la especie; las de color claro viven generalmente entre algas verdes y las de color oscuro, entre algas pardas y rojas. Es una especie vivípera y por disección de dos ejemplares ya preservados, se encontró catorce juveniles en uno de ellos y doce en el otro.

Distribución: PAWSON (1976), señala el área de distribución de esta especie desde Bermuda a Brasil. Fue reportada por primera vez para Venezuela por

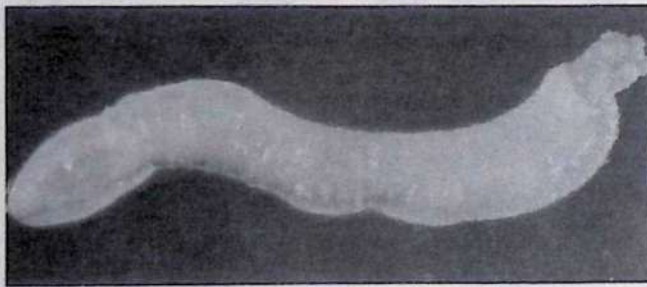


Fig. 1

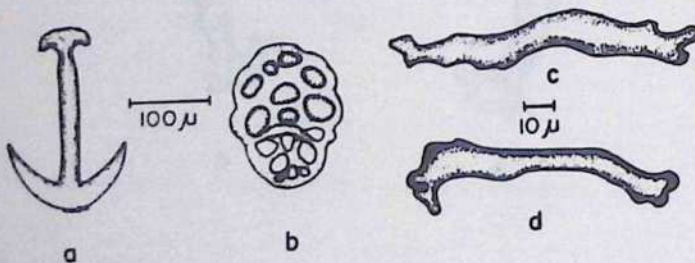


Fig. 2

Lám. VI. *Synaptula hydriiformis* (LESUEUR)

Fig. 1. Vista dorsal

Fig. 2. Espículas

a. Ancla

b. Placa perforada

c, d. Barrotes de los tentáculos

DEICHMANN en 1963 en el islote de Aves, en base a las colecciones hechas por HUMMELINCK en 1936.

Con este trabajo se hace un registro de esta especie para las islas de Margarita, Coche y Cubagua ampliando con ello su área de distribución.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente por todas las facilidades y equipos proporcionados para la realización de este trabajo. Al señor MIGUEL GÓMEZ por su trabajo de campo y de laboratorio. A los señores EPIFANIO HERNÁNDEZ y JESÚS HERNÁNDEZ por la elaboración de los dibujos. Al señor ADONAY PERNÍA por el trabajo fotográfico realizado.

REFERENCIAS

- ANCONA, A., 1962. Dendrochirotae de Sao Sebastiao. *Archos Mus. nac. Rio de J.*, 52: 117-124, 8 figs.
- BRITO, I., 1960. Holoturoideos do Rio de Janeiro. Parte I. Aspidochirota e Apoda. *Avulso cent. Estud. zool. Univ. Bras.*, (7): 1-8, 2 est.
- CAYCEDO, I., 1978. *Holothuroidea* (Echinodermata) de aguas someras en la costa norte de Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betin*, 10: 149-198.
- CLARK, H. L., 1904. The Echinoderms of the Woods Hole Region. *U. S. Com. fish & fisheries*. pp. 545-576, pl. 1-14.
- 1924. The Holothurians of the Museum of Comparative Zoology. The Synaptinae. *Bull. Mus. Zool.*, 65 (13): 459-501, pls. I-XII.
- 1933. A Handbook of the echinoderms of Porto Rico and the other West Indian Islands. *Sci. Sur. Puerto Rico & Virgin Islands*. 16 (1): 3-147, 7 pls.
- 1942. The Echinoderm fauna of Bermuda. *Bull. Mus. Zool.*, 89 (8): 384-390.
- DEICHMANN, E., 1926. Report on the holothurians collected by the Barbados-Antigua Expedition. Univ. Iowa; *Studies in Nat. Hist.*, 9 (7): 9-31, pls. 1-3.
- 1930. The Holothurians of the Western part of the Atlantic Ocean. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 71 (3): 41-226, 24 pls.
- 1938c. Holothurians from Biscayne Bay, Florida. *Proc. Florida Acad. Sci.* 3: 128-136, figs. 1-25.
- 1941. The Holothurians collected by the Velero III during the years 1932-1938, Part. I, Dendrochirota. *Allan Hancock Pacific Expedition*, 8 (3): 61-194, pls. 10-30.
- 1954. The Holothurians of the Gulf of Mexico. *Fish Wildlife Service Fish Bull.* 55 (89): 381-410.
- 1963. Shallow Water holothurians from the Caribbean Waters. *Studies fauna Curacao Islands*, 14 (63): 100-118.
- DOMANTAY, J., 1959. Some holothurians from Florida in the collection of the Allan Hancock Foundation. *Agra Univ. J. & Res.* 7 (2): 181-202.
- ENGEL, H., 1939. Echinoderms from Aruba, Curacao, Bonaire and Northern Venezuela. *Capita Zoologica*, 8 (4): 3-11.
- HYMANN, L. H., 1955. *The Invertebrates: Echinodermata*, 6, 763 pp. 280 figs. Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
- PAWSON, D. 1976. Shallow-water sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) from Carrie Bow Cay, Belize. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 89 (31): 369-382.
- RODRÍGUEZ, A. DE, 1973. Contribución al estudio de los holoturoideos de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 12 (1): 41-50; 1 fig., 7 láms.
- RODRÍGUEZ, A. M. DE & A. M. HERMISON., 1975. Contribución al conocimiento de los holoturoideos (Holothuroidea: Echinodermata) de la región oriental de Venezuela. *Ibid.*, 14 (2): 187-197, 1 fig. 5 láms.
- TIKASINGH, E., 1963. The shallow water holothurians of Curacao, Aruba y Bonaire. *Studies fauna Curacao Islands*. 14 (62): 77-99, figs. 22-72.
- TOMMASI, L. R. 1957. Os equinodermos do litoral de São Paulo. *Papeis. Avul. Dep. Zool. S. Paulo*, 3 (2): 19-44, 30 figs.
- 1969. Lista de Holothuroidea Recentes do Brasil. *Contracos. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo. ser. Ocean. Biol.*, (15): 1-29, 27 figs.

(Manuscrito recibido el 22 de julio de 1982).

TOLERANCIA DE LA LISA *MUGIL CUREMA* V. (PISCES: MUGILIDAE). A VARIOS NIVELES DE CRUDOS VENEZOLANOS

ALBERTO AGUILERA M. & MOLLA F. HUO

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela

RESUMEN: El presente trabajo muestra los resultados, de los efectos de seis tipos de petróleo crudo venezolano, sobre juveniles de lisa *Mugil curema* bajo condiciones de laboratorio. La dosis letal para los crudos livianos (Oficina, Wax y Condensado) presentaron un rango entre 1.000 — 3.000 PPM, mientras que para los crudos pesados (Mesa y Leona) varió entre 5.000 - 17.000 PPM. Para el crudo pesado tipo Merey la concentración media letal nunca fue alcanzada. El tiempo necesario para alcanzar cierto porcentaje de mortalidad, fue diferente para cada uno de los crudos; sin embargo, para Oficina y Wax este tiempo fue similar.

ABSTRACT: The present work reports the results on the effect of six types of Venezuelan crude petroleum on juveniles of mullet *Mugil curema*, under laboratory conditions. The lethal dose (DL_{50}) for the light crudes (Oficina, Wax and Condensado) ranged between 1,000 - 3,000 PPM, whereas that for the heavy crudes (Mesa and Leona) varied between 5,000 - 17,000 PPM. With the heavy crude Merey, the DL_{50} was never reached. The time taken to reach a given percentage of mortality varied for different crudes, however for Oficina and Wax it was similar.

INTRODUCCION

La zona oriental de Venezuela, es el área de mayor importancia en cuanto al desarrollo de la industria pesquera se refiere, reportándose capturas en el orden de 1.323.688 kg durante el año de 1970, aportando más del 60% de la producción nacional (GINES, 1972).

Es precisamente a lo largo de esta área, donde las compañías petroleras están actualmente realizando perforaciones de pozos exploratorios de petróleo. Los riesgos que corren la fauna marina y estuarina: asociados a posibles derrames y al transporte de grandes cantidades de crudos son numerosos (LA ROCHE *et al.*, 1970). Un promedio de 40% de las contaminaciones petroleras han sido causadas por los accidentes ocurridos durante transportación, especialmente por super tanqueros como "Torry Canyon" y "Amaco Cadiz", los cuales han causado grandes desastres (LAUBIER, 1982). Por lo tanto la industria pesquera nacional estaría ex-

puesta a un elevado peligro, haciéndose necesario el estudio de los posibles efectos del petróleo, sobre los peces del área.

Los efectos del petróleo crudo y derivados han sido revisados por ANON (1977), quien señala que los crudos pueden ser o no causantes de la muerte de los peces. Revisando la literatura, encontramos que parece no existir ningún informe sobre mortalidad masiva de peces pelágicos, causadas por derrames de crudo. El mismo autor agrega, que la mayoría de los daños, han sido causados por aquellos componentes de petróleo, que se disuelven en el agua del mar o que llegan a difundirse a través de la columna de agua, bien sea por el uso de dispersantes o por la acción de las olas. Sin embargo, el crudo o sus derivados en general causan alteraciones orgánicas (DI-MICHELLE & TAYLOR, 1978; WALUGA, 1966), cambios en la estructura de la comunidad (SPOONER, 1970 & TENDEROM, 1968), problemas de comercialización (GRANT, 1969 & VAUGHAN,

1973) y cambios del comportamiento (CAPUZZ 1981; MALINAS & HODGINS, 1981).

En Venezuela los trabajos realizados son muy escasos y los pocos estudios efectuados, se concentraron en el área del lago de Maracaibo. TEMPLETON, *et al.* (1971), realizó estudios sobre la contaminación petrolera en el lago de Maracaibo y analizó el contenido de hidrocarburos en los tejidos de los peces y otros organismos e identificó el tipo de hidrocarburos presentes. La mortalidad durante 11 meses de experimentación fue insignificante, además los peces analizados a la culminación de los experimentos, indicaban diferencias no significativas en el contenido de hidrocarburos, en comparación con los peces control.

Los efectos del petróleo crudo y productos refinados del mismo, sobre la lisa (*MUGIL sp.*), han sido documentados en diferentes trabajos, tales como GRANT (1969), quien reportó, que desde un área cercana a Brisbane, Australia, se perdieron 78 toneladas de *Mugil cephalus*, debido al sabor a kerosene que adquirieron, por la cercanía de una refinería de petróleo establecida en el área. CORREA (1981), realizó estudios sobre la acumulación de naftalenos en *Mugil curema*, en las branquias, hígado y bazo, encontrando las más altas concentraciones en el bazo.

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares juveniles de lisa *Mugil curema*, se obtuvieron con ayuda de un chinchorro de playa de 30 m de largo, 3 m de ancho y una malla de ¼ pulgada. Los ejemplares capturados eran colocados en cavas de anime, con capacidad para 30 l de agua y en cantidades no mayores de 20 individuos en cada cava. Se suministró aire por medio de bombas de aire a pilas. Las mediciones de temperatura y salinidad se realizaron con un termómetro Thomas de 0,1 de precisión y un refractómetro Golberg T/S, respectivamente.

Los crudos utilizados fueron: Oficina (33 - 36 ° API), Wax (39 - 45 ° API) y Condensado (49 - 52 ° API), considerados como crudos livianos. Mesa (28 - 32 ° API), Leona (19 - 25 ° API) y Merey (15 - 18 ° API) considerados crudos pesados. Una serie experimental consistía en 8 acuarios, dos para cada uno de los crudos livianos y dos para cada control. Los crudos

pesados se experimentaron separadamente de los crudos livianos. Cada serie experimental era repetida 10 veces, para comprobar continuidad en los resultados. Cada acuario contenía 8 l de agua y 3 peces, con un promedio no mayor a 12 g de peso total lo cual está dentro del rango normal permitido, de 2 g de pez por cada litro de agua (NEGILSKI, 1975). Todos los peces capturados fueron colocados en acuarios de aclimatación durante 3 días, alimentándose durante este periodo con alimento para peces GVG mix. La alimentación era suspendida durante la realización de los bioensayos.

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico. El método consistió básicamente, en el utilizado por LA ROCHE, *et al.* (1970) para bioensayos estáticos con las siguientes modificaciones. La concentración inicial para cada uno de los crudos livianos fue de 250 PPM, la cual era incrementada en igual proporción, cada 24 horas. La concentración inicial para los crudos pesados fue de 2.500 PPM, incrementada en la misma proporción cada 24 horas. El crudo pesado Merey, tuvo una concentración inicial y de incremento diario de 5.000 PPM. La duración base de un experimento fue de 96 horas, aunque fueron continuados pasado este periodo, hasta alcanzar un DL₁₀₀. Las concentraciones iniciales para los diferentes bioensayos, se obtuvieron mediante pruebas exploratorias.

Una vez iniciado el experimento, se realizaron observaciones en dos periodos (8:00 a.m. - 12:00 m. y 2:00 p.m.). Un pez era considerado muerto al perder totalmente el equilibrio. Se efectuaron anotaciones diarias, en cuanto al comportamiento y número de ejemplares muertos. También se determinó la dosis letal o DL₅₀ utilizada generalmente por los toxicólogos (SPRAGUE, 1976).

Una vez muerto un ejemplar, éste era sacado del acuario, para ser medido y pesado. Igualmente se realizó una comparación del cuerpo del mismo, con otro de la serie control, para determinar posibles daños físicos.

Los cálculos fueron hechos según *Standard Methods* (1965). La interpretación de los datos obtenidos, se realizó a partir de un análisis de varianza simple, detectándose diferencias entre las concentraciones subletales

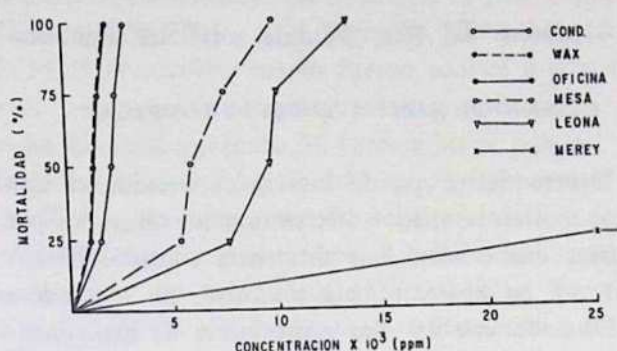


FIG. 1. CONCENTRACION VS MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, EXPUESTAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE 6 TIPOS DE CRUDOS VENEZOLANOS.

y letales de los crudos utilizados. También se realizaron análisis de varianza simple, para determinar diferencias entre los períodos de tiempo, a los cuales fueron expuestos los organismos y el tipo de crudo utilizado. Además se efectuaron pruebas SNK para comparación múltiple de medias y así conocer las posibles diferencias entre cada uno de los crudos, de acuerdo a su acción subletal y letal.

RESULTADOS

Los bioensayos realizados en seis tipos de crudo, (Wax, Oficina, Condensado, Mesa, Leona y Merey), en juveniles de lisa *Mugil curema*, mostraron los siguientes resultados:

CONCENTRACIONES CAUSANTES DE UN 50% Y 100% DE MORTALIDAD

El DL_{50} para los tres crudos livianos, fue muy similar, obteniéndose para Oficina un promedio de 1.350 ± 92 PPM, para Wax 1.350 ± 92 PPM y condensado 1.850 ± 76 PPM (Fig. 1). La DL_{50} en los crudos pesados fue de un promedio de 5.750 ± 383 PPM para el tipo Mesa y 9.750 ± 440 PPM para el tipo Leona. Con el crudo pesado tipo Merey, no se obtuvo un DL_{50} . El análisis de varianza realizado, indicó que existen diferencias altamente significativas ($F_{4/49,0,001} = 185,1$) entre los crudos experimentados. Una prueba SNK mostró que en los crudos livianos las DL_{50} eran similares y diferentes en los crudos pesados.

Los resultados para un DL_{100} en los crudos livianos fueron 2.020 ± 90 PPM para Oficina $2.000 \pm$

76 PPM para Wax y 2.630 ± 114 PPM para Condensado. Para los crudos pesados se obtuvo un promedio de 10.500 ± 332 PPM para el tipo Mesa y 13.500 ± 670 PPM para el tipo Leona. Con el crudo pesado tipo Merey no se obtuvo un DL_{100} . El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas ($F_{4/49,0,001} = 255,5$) entre los crudos. La prueba SNK aplicada mostró diferencias entre los crudos livianos y pesados y a su vez entre los crudos pesados entre sí.

MORTALIDAD SEGÚN PERÍODOS DE EXPOSICIÓN

El período de tiempo necesario para causar diferentes porcentajes de mortalidad, para una dada concentración, mostró resultados diferentes entre los crudos utilizados. Estas diferencias se apreciaron tanto en los crudos livianos como pesados (Fig. 2). Así, el tiempo necesario para obtener un 50% de mortalidad con los crudos Oficina y Wax, fue de 100 horas y para el tipo Condensado, 160 horas. Para alcanzar un 100% de mortalidad, se necesitaron 180 horas, para los crudos Oficina y Wax y 230 horas para el crudo Condensado. Un análisis de varianza aplicado confirmó la existencia de diferencias altamente significativas en los crudos livianos. La prueba SNK indicó similitud de períodos entre los crudos Oficina y Wax, diferenciándose éstos del Condensado.

En relación a los crudos pesados, se obtuvieron los siguientes resultados (Fig. 3), para alcanzar un 50% de mortalidad se necesitaron 72 horas para el tipo Leona, 35 horas para Mesa. Para un 100% de mortalidad se utilizaron 110 y 80 horas para los crudos mencionados respectivamente. En relación al crudo Merey sólo alcanzó un 25% de mortalidad en un período de 155 horas. Los análisis de varianza y pruebas SNK aplicadas, mostraron diferencias altamente significativas en los crudos pesados.

Durante la realización de los bioensayos, se observaron ciertas reacciones, en el comportamiento de los peces sometidos a los diferentes crudos. Estas reacciones son consideradas como respuestas de los peces, a las condiciones del medio y síntomas evidentes de toxicidad. Tales estados o comportamientos son descritos a continuación:

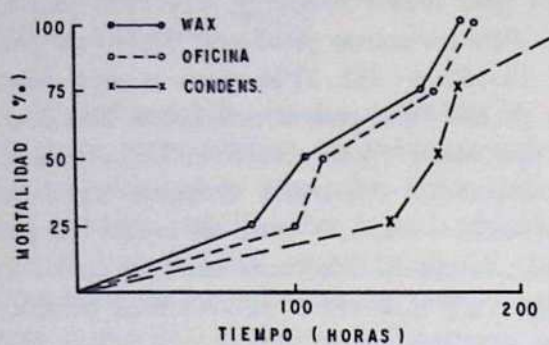


FIG. 2 PERIODO EN HORAS VS. CONCENTRACION CAUSANTES DE MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, POR PETROLEOS LIVIANOS.

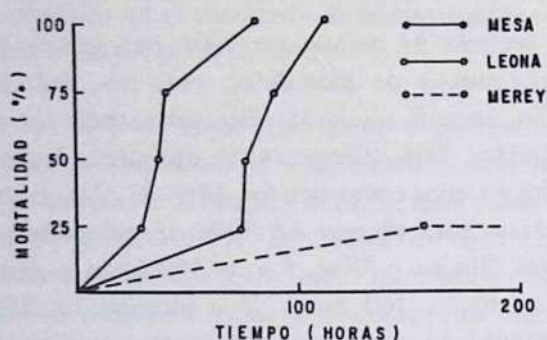


FIG. 3 PERIODO EN HORAS VS. CONCENTRACION CAUSANTES DE MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, CON PETROLEOS PESADOS.

- I.— Nadando normal: En general nadan en la parte superior del acuario, a nivel del agua.
- II.— Marcado nerviosismo: Los peces suben y surgen constantemente, movimiento acelerado de la boca y opérculos. En algunos casos, saltan fuera de la superficie del agua.
- III.— Nadando en la superficie: Los peces nadan en círculo muy lentamente. En general todos en una misma dirección. Movimiento opercular lento.
- IV.— Nadando en el fondo: Los peces nadan en círculo. Movimiento opercular acelerado. Nado lento.
- V.— Visible pérdida del equilibrio: Los peces en el fondo nadan de lado, con la parte ventral hacia arriba o verticalmente. En algunos casos expulsan por la boca, pequeñas partículas de crudo.

VI.— Muerte del Pez: Pérdida total del equilibrio.

GRADO DE SUPERVIVENCIA DE LOS PECES

Dentro del grupo de los crudos pesados, el tipo Mery, mostró resultados diferentes a los obtenidos por los otros dos crudos. Esta diferencia consistió básicamente, en su aparente baja toxicidad, no lográndose una DL_{50} durante 10 días consecutivos de experimentación. Las mortalidades ocurridas en un porcentaje cercano a un 25%, en general ocurrieron al tratar los peces de escapar fuera de los acuarios. Los peces sometidos a este crudo, soportaron una concentración de hasta 50%.

En los acuarios control no se presentaron mortalidades significativas durante el período de experimentación. En general el bajo porcentaje de muerte detectado, ocurrió al tratar de escapar los peces de los acuarios, cayendo fuera de ellos.

EFFECTOS FÍSICOS

Se pudo observar que los peces expuestos a diferentes concentraciones de crudos livianos, presentaron aletas mutiladas y carnes carcomidas, por efecto de una aparente acción ácida de los crudos. Además, los peces presentaron partículas de crudos en las branquias y otras partes del cuerpo, las cuales provocaron alteraciones a nivel respiratorio, produciéndose la muerte por sofocación.

DISCUSION

Se supo que la concentración letal media obtenida para los crudos utilizados fueron las siguientes: Wax y Oficina 1.350 PPM, Condensado 1.850 PPM y Leona 9.750 PPM. Es conocido que el efecto de un contaminante depende de numerosas variables, tales como el tipo de contaminante, tipo de experimento usado, tipo de organismo, condiciones experimentales, etc. Estas condiciones usualmente varían en los diferentes trabajos de laboratorio realizados y por lo tanto es difícil comprobar los resultados. Esto es aún más difícil cuando las especies y crudos son diferentes. LA ROCHE *et al.* (1970) usando *Fundulus heteroclitus* como orga-

nismos experimentales obtuvo LC_{50} 96h para crudos de Texas, 8.200 PPM y para Lagunilla, Venezuela, 16.500 PPM. *F. heteroclitus* usados fueron adultos y se conoce muy bien que ésta especie es muy resistente a casi todos los contaminantes. *M. curema* en el presente trabajo fueron juveniles y se sabe que éstos son más susceptibles a los contaminantes. La alta toxicidad de los crudos usados fue probablemente debido por lo menos en parte, a los organismos experimentales. EISLER & KISSIL (1975) usando *Siganus rivulatus* obtuvo LC_{50} 96h para crudos de Irán, 2.100 PPM, mientras que para Sinaí fueron 17.500 PPM. Los organismos usados por EISLER & KISSI (1975) fueron juveniles al igual que en el presente trabajo. La diferencia en los resultados pudo en parte ser atribuida a la diferencia en toxicidad de los crudos. Esto entonces indica que los crudos usados en el presente trabajo son de alta toxicidad.

La acción heterogénea de los diferentes crudos utilizados, sobre juveniles de lisa *Mugil curema*, pudo observarse marcadamente, tanto en los crudos livianos como en los pesados. Fue evidente que el grupo constituido por los livianos, exhibieron una acción tóxica más elevada, con un efecto letal a concentraciones no mayores de 3.000 PPM. Los crudos pesados necesitaron concentraciones mayores a 5.000 PPM (Fig. 1). Ya EISLER (1975) & KUHNHOLD (1972), habían encontrado diferencias entre crudos de diferentes países. Los períodos de tiempo para alcanzar iguales porcentajes de mortalidad, resultaron también marcadamente diferentes entre los crudos livianos y pesados. Aún más, dentro del grupo de los crudos livianos, se observó una acción distinta por parte del tipo Condensado, en comparación con los crudos Oficina y Wax. Estas diferencias entre crudos, bien podría explicarse, en relación a la compleja composición química, es decir, a una mayor o menor cantidad de elementos aromáticos y otras sustancias de reconocida toxicidad. Desgraciadamente para los crudos utilizados desconocemos la composición de los compuestos. Sin embargo es posible que existan diferentes concentraciones de aromáticos entre los crudos, quizás los livianos tengan más por ser más tóxicos. Además la capacidad de mezcla de ciertos componentes de los crudos con el agua de mar, bien puede influir en la toxicidad de los mismos. WINTER & PARKER (1977), mencionan en forma general los componentes solubles en agua de mar, de tres tipos de crudos pertenecientes a Kuwait, Alaska y Venezuela y mencionan: naftalenos,

bencenos y fenoles en altas concentraciones e indanos y tetralinos en bajas concentraciones. En los bioensayos realizados, los crudos livianos, se mezclaron con mayor facilidad que los crudos pesados, siendo sí de más fácil absorción por parte de los organismos.

Pudo observarse en muchos casos, que los peces expuestos a determinadas concentraciones de crudo, presentaban un aparente buen estado, minutos antes de agregar una nueva dosis de petróleo, posteriormente a ésta, morían a los pocos minutos. Esto refleja cierta relación a lo dicho por EISLER (1975), cuando mencionaba la pérdida de las propiedades tóxicas de los crudos a causa de fenómenos de volatilización, fotooxidación y degradación microbiana. Es decir, existen sustancias tóxicas en los crudos muy volátiles, las cuales soportan los peces durante las primeras dosis, luego en condiciones de franca debilidad, mueren ante una dosis similar. Los bioensayos realizados en este trabajo, a pesar de no estar sujetos a la luz solar directa, no estaban libres de los fenómenos de volatilización y fotooxidación.

Pudo observarse con frecuencia que los peces expuestos a diferentes concentraciones de crudos pesados, consumían pequeñas cantidades de crudo. Se observó además que aquellos peces sometidos a la acción de los crudos livianos, presentaron mutilaciones de las aletas y heridas en otras partes del cuerpo. Los peces de este género se ven obligados, debido a sus hábitos alimenticios, a atravesar toda la columna de agua, viéndose obligados a consumir y estar en contacto con petróleo en caso de un derrame, aumentando la posibilidad de contraer carcinogénesis (SHIMKIN *et al*, 1951) ó adquirir sabor a aceite (GRANT, 1969).

En la sección de resultados se presenta una serie de reacciones, consideradas típicas de los peces expuestos a varias dosis de crudos, reflejando síntomas de evidente toxicidad. DIXIT & ANDERSON (1977) reportaron un comportamiento similar en *Fundulus similis* al ser sometido a varias concentraciones de cierto tipo de gasolina. Estas reacciones pueden explicarse, debido a la acción de los crudos en el sistema nervioso de los peces, principalmente por las acumulaciones de naftalenos en el cerebro (DIXIT & ANDERSON, 1977).

REFERENCIAS

- ANONYMOUS, 1977. Impact of oil on the marine environment. IMC/FAO/UNESCO/WMO/AEA/UN joint group of experts on the scientific aspect of marine pollution. Reports and studies. Nº 6. FAO.
- CAPUZZO, J. M. 1981. Predicting pollution effects in the marine environment. *Oceanus*. 24: 25-33.
- CORREA, M. C. 1981. Estudio sobre la acumulación y eliminación de naftaleno en *Mugil curema* V. M. Sc. Tesis. Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente. Cumaná.
- DIXIT, D. & J. M. ANDERSON. 1977. Distribution of naphthalenes within exposed *Fundulus similis* and correlations with stress behavior. 1977. *Oil Spill Conference*. pp. 633-636.
- DI-MICHELLE, L., & M. H. TAYLOR. 1978. Histopathological and physiological responses of *Fundulus heteroclitus* to naphthalene exposure. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35: 1060-1066.
- EISLER, R. 1975. Toxic, sublethal and latent effects of petroleum on Red Sea macrofauna. 1975. *Conference on prevention and control of oil pollution*. pp. 535-540.
- & G. W. KISSIL. 1975. Toxicity of crude oils and oils-dispersant mixtures to juvenile rabbitfish, *Siganus rivulatus*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 571-578.
- GINÉS, HMNO. 1972. *Carta Pesquera de Venezuela* fundación La Salle de Ciencias naturales. Caracas. Monografía 16. pp. 106-197.
- GRANT, E. M. 1969. "Kerosene" taint in the sea mullet. *Fish. Notes. Brisbane*. 3 (1): 2-13.
- KUHNHOLD, W. W. 1972. The influence of crude oils on fish fry. In *Marine pollution and sea life*, (Ed. M. Ruivo). West By fleet, Surrey, U. K., Fishing News (Books) Ltd., p. 315-317.
- LA ROCHE, G., R. EISLER & C. M. TARZWELL. 1970. Bioassay procedures for oil and oil dispersant toxicity evaluation. *J. Water Pollut. Control Fed.* 42: 1981-1989.
- LAUBIER, L. 1982. The Amoco Cadiz oil spill. An ecological impact study. *Ambio*. 9: 268-302.
- MALINS, D. C. & H. O. HODGINS, 1981. Petroleum and marine fishes: A review of uptake disposition and effects. *Envir. Sci. Technol.* 15: 1272-1280.
- NEGILSKI, D. 1975. Fundamentals of aquatic bioassays. *Proc. Roy. Aust. Chem. Inst.*, p. 50-54.
- SHIMKIN, M. B., B. K. KOE & L. ZECHMEISTER, 1951. An instance of the occurrence of carcinogenic substance in certain barnacles. *Science*, 113: 650-651.
- SPOONER, M. F. 1970. Oil spill in Tarut Bay, Saudi Arabia. *Mar. Pollut. Bull.* 1: 166-167.
- SPRAGUE, J. B. 1976. The ABC 's of pollutant bioassay using fish. In *Biological methods for the assessment of water quality* (Ed. J. Cairn Jr. & K. L. Dickson) ASTM spe. Tech. publ., 528: 6-30.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1965. 12th Ed., Amer. Publ. Health Assn., N. Y.
- TEMPLETON, W. L., E. A. SUTTON, R. M. BEAN, R. C. ARNETT, J. W. BLAYLOCK, R. E. WILDUNG & H. J. MOORE. 1975. Oil Pollution studies on Lake Maracaibo, Venezuela. 1975. *Conference on prevention and control of oil pollution*. pp. 489-496.
- TENDERON, G. 1968. Contamination of marine flora and fauna by oil biological consequences of the Torrey Canyon incident. *Proc. In tern. Conf. oil pollut. Sea Italia. Roma* 114-121.
- VAUGHAN, B. E. 1973. Effect of oil and chemical dispersed oil on selected marine biota. *Battelle Pacific Northwest laboratories, Rich land, USA. APT. Publication* Nº 4191.
- WALUGA, D. 1966. Phenol effects on the anatomy histopathological changes in bream *Abramis brama*. L. *Acta Hydrobiol.* 8: 55-78.
- WINTERS, K. & P. L. PARKER, 1977. Water soluble components of crude oils, fuel oils and used crank - case oils. 1977 *oil Spil Conference*. pp. 579-581.

(Manuscrito recibido el 2 de abril de 1982).

HERMAFRODITISMO EN LA OSTRA DE MANGLE *CRASSOSTREA RHIZOPHORAE*

ANÍBAL VÉLEZ R.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Mediante observaciones histológicas de las gónadas, se estudió la proporción de sexos en 1.072 ejemplares de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y se relacionó con el hermafroditismo protándrico. La proporción de sexos se desvía de la distribución 1:1 al pasar de las clases juveniles a las adultas, pero esta proporción se mantiene si se analizan ambos estadios en conjunto. La curva de probabilidad elaborada con la proporción de sexos es semejante al tipo "reversible" propuesto por WENNER (1972) para las especies con hermafroditismo protándrico. Los ejemplares bisexuales encontrados no son hermafroditas funcionales, sino que corresponden a una etapa de la inversión sexual.

ABSTRACT: Sex ratios of the tropical mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* and their relationship to protandic hermaphroditism were studied histologically in 1,072 specimens. Sex ratios were found to deviate from 1:1 distribution in young and adult specimens however, it was maintained in the entire population. The probability curve developed from sex ratios resembles WENNER's reversal type. Bisexual individuals were not found to be functional hermaphrodites, but correspond to a stage in the sexual reversal.

INTRODUCCION

En los moluscos, se ha observado el hermafroditismo en la mayoría de los miembros de la clase aplacófora, en los opisthobranchios y pulmonados y en algunas familias de bivalvos (GHISELIN, 1969). En estos últimos, el fenómeno ha sido discutido por COF (1932, 1945), FRETTER & GRAHAM (1964), HOUTEVILLE & LUBET (1975) & SASTRY (1979). Considerándose hermafroditas, no solamente los ejemplares que producen simultáneamente ovocitos y esperma viables para la fecundación y desarrollo larval, sino también aquellos que funcionan como machos y hembras en forma alternada (COE, 1943, 1945). En esta última categoría se encuentran la mayoría de las ostras, las cuales sin embargo, presentan distintas modalidades según el género a que pertenezcan (FRETTER & GRAHAM, 1964; HOUTEVILLE & LUBET, 1975; ANDREWS, 1979). En la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, el hermafroditismo ha sido establecido en base a la presencia de esperma

y ovocitos en un mismo folículo (ANGEL, 1972), lo cual parece ser simplemente la superposición de las dos fases sexuales durante el proceso de inversión sexual.

Se estudió la mayor parte del ciclo de vida de la ostra tropical *C. rhizophorae* determinándose los cambios de la composición de sexos y su relación con el proceso de inversión sexual.

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares se colectaron a través de muestreos periódicos realizados en los bancos naturales de bahía de Mochima, zona oriental de Venezuela. Una vez obtenidas las muestras, los ejemplares eran limpiados y codificados de acuerdo a la longitud, o distancia antero posterior y las partes blandas fijadas en líquido de Davinson, de las cuales posteriormente se tomaba una porción transversal de 3 mm de espesor de la región inmediatamente posterior a los palpos labiales. Los tejidos se procesaban siguiendo los procedimientos histo-

lógicos estándar para la deshidratación e inclusión, y cortando secciones de 7 mm de espesor que se colorearon con hematoxilina de ERLICH y se contrastaron con eosina para su estudio.

La naturaleza de los cambios en la proporción de sexos se analizó usando los patrones de las curvas de probabilidad descritos por WENNER (1972) y las relaciones hipotéticas 1:1 (SIMPSON, 1967).

RESULTADOS

Como se observa en la Fig. 1, durante el proceso de diferenciación sexual de una cohorte de reclutas de

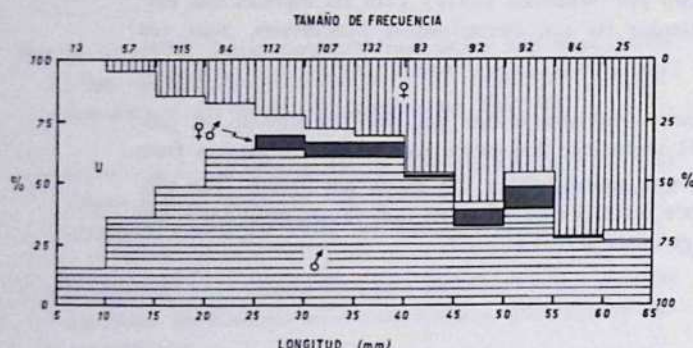


Fig. 1. Relación entre la longitud, y la frecuencia de ejemplares indiferenciados sexualmente, machos y hembras y hermafroditas de *C. rhizophorae*. Los números en la parte superior corresponden al tamaño de la muestra.

Crassostrea rhizophorae, la proporción de machos aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo de 61% entre 20 y 30 mm de longitud. A partir de los 40 mm de longitud la proporción de machos decrece mientras que la de hembras aumenta. De acuerdo a los resultados del tratamiento estadístico presentado en la Tabla I, estos cambios en la proporción de sexos producen desviaciones significativas del valor hipotético de 0.50, las cuales indican que: i) el número de machos sobrepasa al de machos a partir de los 44 mm de longitud y iv) el conjunto de desviaciones de la proporción de sexos en las etapas juveniles y adultas tiende a mantener una relación de 1:1.

La naturaleza de los procesos de diferenciación sexual y los cambios de los sexos de *C. rhizophorae* están representados en la curva de probabilidad de la Fig. 2. Según los modelos establecidos por WENNER (1972), la curva de probabilidad de la ocurrencia de sexos de *C. rhizophorae* es del tipo sigmoide, donde se asume que la diferenciación sexual tiende a desarrollarse solamente con uno de los sexos, la cual una vez concluida es sucedida por un proceso de inversión sexual. De acuerdo a este modelo, *C. rhizophorae* presenta un hermafroditismo tipo protándrico, es decir predominan los machos en los estadios juveniles y las hembras en los estadios adultos (Fig. 2). La ocurrencia de ejemplares bisexuales es producto de la superposición de las dos fases sexuales, durante un proceso de inversión. Se cree que este fenómeno no tiene una significación especial dentro de las estrategias reproductivas de la población, si se toma en cuenta que los gametos de las dos fases sexuales no son funcionales durante este período, ya que en todos los ejemplares bisexuales examinados se encontró la fase de macho en regresión y la de hembra en desarrollo (Fig. 3).

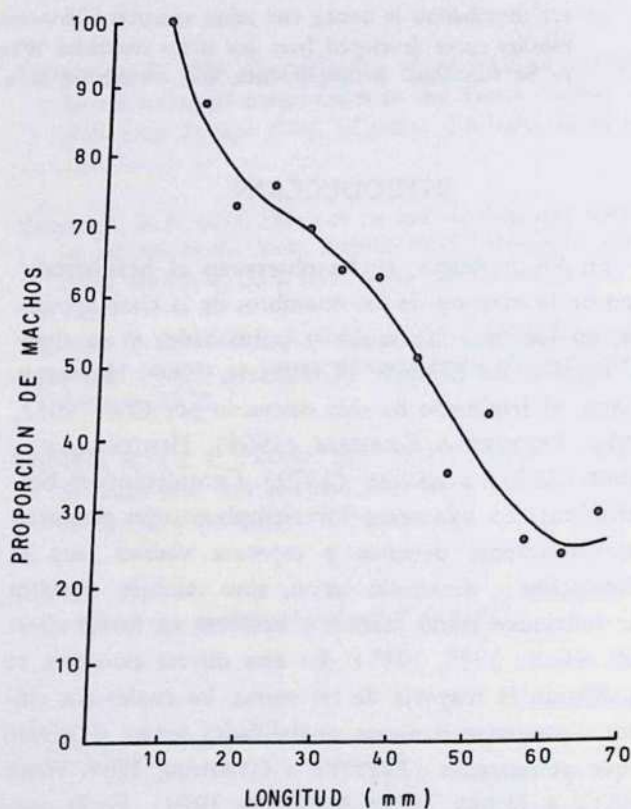


Fig. 2. Probabilidad de ocurrencia de los machos en las distintas clases de *C. rhizophorae*.

TABLA I. PROPORCION DE SEXOS Y SU SIGNIFICACION ESTADISTICA EN VARIOS TAMAÑOS DE CLASE DE *C. RHIZOPHORAE*

Intervalo de clase (mm)	Nº de ejemplares	Nº de Machos	Nº de Hembras	Límites de Confianza
5 — 9	2	2	0	1,000 —
10 — 14	26	23	3	0,761 — 0,007
15 — 19	77	56	21	0,613 — 0,841
20 — 24	79	61	18	0,664 — 0,856
25 — 29	97	68	29	0,610 — 0,792
30 — 34	97	63	34	0,556 — 0,744
35 — 39	123	78	45	0,549 — 0,719
40 — 44	81	42	39	0,409 — 0,627
45 — 49	83	30	53	0,258 — 0,464
50 — 54	84	37	47	0,334 — 0,546
55 — 59	85	23	62	0,176 — 0,364
60 — 64	48	12	36	0,128 — 0,372
65 — 69	25	7	18	0,117 — 0,493
Totales	907	502	405	0,521 — 0,583

DISCUSION

El problema biológico central de cualquier organismo no es sobrevivir, sino desarrollar la estrategia que le asegure la sobrevivencia (STERNS, 1976). En este sentido, el hermafroditismo protándrico desarrollado por *C. rhizophorae* formaría parte de su estrategia reproductiva, con la cual las poblaciones evitarían los peligros que conlleva la consanguinidad entre hermanos (GHISELIN, 1969). De acuerdo al modelo propuesto por GHISELIN (1969) & WARNER (1975) la heterogeneidad genética de la población se mantiene si todos los miembros de una cohorte funcionan simultáneamente con un solo sexo. En el caso de *C. rhizophorae*, la heterogeneidad genética se mantendría mediante los cruces de machos de cohortes jóvenes con hembras provenientes de otras cohortes de mayor edad. La contribución genética de estas últimas aumentaría el período de selección impuesto por el medio, que de otra forma habría quedado reducido considerablemente, debido a la precocidad con que se reproduce esta especie (VÉLEZ, 1967).

Si se asume que a través de la protandria y la proterogineia se puede mantener, por un lado la heterogeneidad genética y por el otro, realizar un proceso de selec-

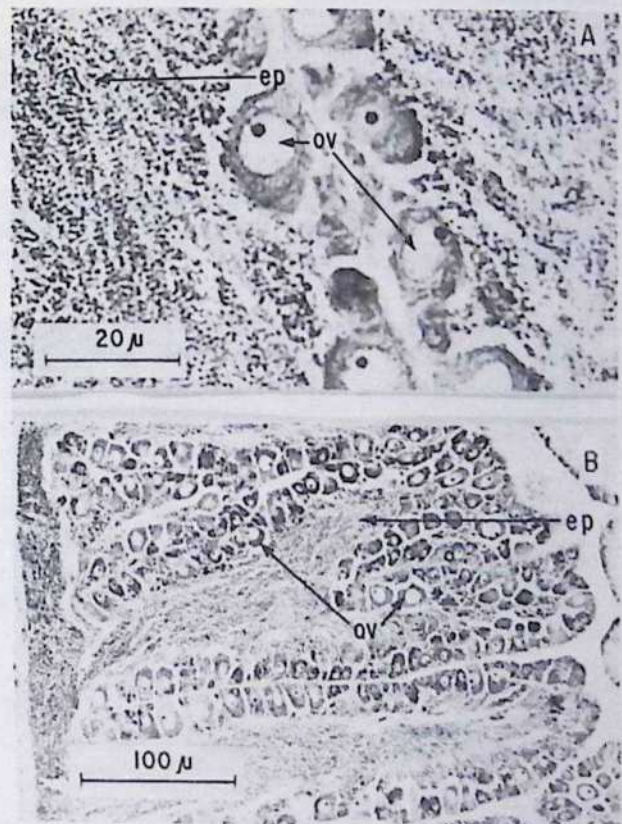


Fig. 3. A gonada ambisexual de *C. rhizophorae*. B. A magnificada; sp. espermatozoides; ov. ovocitos.

ción, se presenta un nuevo interrogante sobre las razones por las cuales *C. rhizophorae* ha desarrollado la primera estrategia y no la segunda. Al parecer, la protandria sería la estrategia reproductiva más efectiva para *C. rhizophorae*, cuyos ejemplares serían pequeños para producir la gran cantidad de ovocitos requerida para una fecundación externa, pero si lo bastante robustos para producir suficientes espermatozoides. El costo energético demandado para producir un número significativo de ovocitos podría ser demasiado alto para aquellos ejemplares de *C. rhizophorae* que inician su actividad reproductiva a las seis semanas de edad, cuando todavía se encuentran en el período de crecimiento somático intenso (VÉLEZ, 1976).

.REFERENCIAS

- ANDREWS, J., 1979. Pelecypoda ostreidae. In: *Reproduction of Marine Invertebrates*. (Edit. A., Giese & J. Pearse). Academic Press. N. Y. 5: 293-335.
- ANGEL, G. 1972. Maduración gonádica y fijación de *Crassostrea rhizophorae* en una laguna hipersalina del nororiente de Venezuela. *Mem. Sec. Ciencias Nat. La Salle*, 23: 215-240.
- COE, W. 1932. Sexual phases in the american oyster (*Ostrea virginica*). *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Wood's Hole*. 61: 309.
- 1945. Development of reproductive system and variation in sexuality in *Pecten* and other pelecypod molluscs. *Trans. Conn. Acad. Sci.* 36: 673-700.
- FRETTER, V. & GRAHAM, A. 1964. Reproduction. In *"Physiology of Mollusca"* (Ed. K. M. Wilbur & C. M. Young), Academic Press. 1: pp 127-164.
- GHISELIN, M. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Quart. Rev. Biol.* 44: 188-208.
- HOUTEVILLE, & P. LUBET. 1975. The sexuality of pelecypod molluscs. In *"Intersexuality in the Animal Kingdom"*. (Edi. R. Reinboth.) Springer Verlag, Berlin and N. Y. pp. 179-187.
- SASTRY, A. 1979. Pelecypoda. In *"Reproduction of marine invertebrates"*. (Eds. Giese & J. Pearse). Academic Press, pp. 113-265.
- SIMPSON, R. 1967. *Quantitative Zoology*. Hancourt, Brace & world, Inc. pp. 1-300.
- STERN, S. 1967. Life-history tactics: a review of the ideas. *Quart. Rev. Biol.* 51: 3-47.
- VÉLEZ, A. 1976. Crecimiento, edad y madurez sexual del ostión *Crassostrea rhizophorae* de bahía de Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 15: 65-72.
- WARNER, R. 1975. The adaptative significance of sequential hermaphroditism in animal. *Am. Natl.* 109: 61-62.
- WENNER, A. M. 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea, *Ibid.* 106: 32-350.

(Manuscrito recibido el 12 de abril de 1982).

ALGUNAS CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

JAIME BONILLA RUIZ

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná - Venezuela.

RESUMEN: Los datos geoquímicos en el presente trabajo son las determinaciones de hidrocarburos (fracción hexano $n\text{-C}_{15}$ a $n\text{-C}_{34}$ y ácidos grasos, $n\text{-C}_{10}$ a $n\text{-C}_{26}$), usando procedimientos de extracción con solventes orgánicos, la cromatografía de gas (GC), la espectroscopía de masa-cromatografía de gas (GC-MS) de alta resolución y las razones de los isótopos de Carbono Orgánico, Nitrógeno y Azufre en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco.

Todos los parámetros obtenidos por estos métodos son coherentes para sedimentos marinos costeros, con un posible origen marino y no marino para la materia orgánica. La distribución de los hidrocarburos corresponden a una mezcla compleja (resuelta y no resuelta) de alcanos y cicloalcanos, con ausencia de isoprenoides (pristano y fitano), con la excepción de dos estaciones, la 5 y la 31. El CPI (20-32) es mayor que 2,0 (excepto: Est. 5, con CPI de 1,57); lo que refleja probablemente un origen biogénico predominante autóctono. Los valores GC y GC-MS, en los ácidos grasos, indican series homólogas con máximos $n\text{-C}_{14}$ (me-meristato) ó $n\text{-C}_{16}$ (me-palmitato) y $n\text{-C}_{24}$ (me-lignocerato) ó $n\text{-C}_{26}$ (me-cerotato). Los valores CPI sugieren una penetración biogénica terrestre ("plant wax": parafina vegetal).

En la fracción de ésteres metílicos en los ácidos grasos (EMAG), fueron detectados con el solvente CH_2Cl_2 , un margen de 68 a 90% de pigmentos (clorinas y carotenos).

Los parámetros geoquímicos obtenidos, sugieren un génesis mixto (autóctono y alóctono) de la materia orgánica en estos sedimentos, corroborado en particular por los siguientes valores isotópicos: $\delta^{13}\text{C} = -19,0$ a -22 , ‰; $\delta^{15}\text{N} = 0,1$ a $3,1$ ‰; $\delta^{34}\text{S} = -19,1$ a $-29,3$ ‰.

ABSTRACT: The geochemical data presented in this paper are first measurements of hydrocarbons (hexane fraction $n\text{-C}_{15}$ to $n\text{-C}_{34}$, and fatty acids, $n\text{-C}_{10}$ — $n\text{-C}_{26}$) using solvent-extraction procedure, high-resolution gas chromatography (GC) and GC-mass spectroscopy and isotopic ratios of organic carbon, nitrogen and sulfur in the sediments from Gulf of Cariaco. All the data are consistent for near-shore ocean sediments, with marine and non-marine sources for the organic matter.

The distribution of hydrocarbons reveals a resolved and an unresolved complex mixture of alkanes and cycloalkanes. No isoprenoid hydrocarbons (pristane and phytane; except for stations 5 and 31), were present. The CPI (20—32) was over 2.0 (station 5 with CPI = 1.57) and probably reflects a predominantly allochthonous biogenic source.

The GC and GC-MS data of fatty acids indicates homologous series with maximum $n\text{-C}_{14}$ (me-myristate) or $n\text{-C}_{16}$ (me-palmitate) and $n\text{-C}_{24}$ (me-lignocerate) or $n\text{-C}_{26}$ (me-cerotate). The values of the CPI suggest a terrestrial biogenic input (plant wax). Pigments (chlorins and carotenoids) were also detected in 68 to 90% of the FAME fraction, with CH_2Cl_2 solvent.

These geochemical data suggest that the organic matter in these sediments are derived from mixed autochthonous and allochthonous sources, which can be correlated with isotopic data ($\delta^{13}\text{C} = -19,0$ to $-22,0$ ‰; $\delta^{15}\text{N} = 0,1$ to $3,1$ ‰; $\delta^{34}\text{S} = -19,1$ to $-29,3$ ‰).

INTRODUCCION

Recientemente se ha incrementado el estudio de la Geoquímica Orgánica como el mayor impacto sobre las Ciencias Geológicas; mediante investigaciones realizadas por científicos ambientales, tanto en el bioecosistema marino como en los ambientes sedimentarios del substrato.

Está bien demostrada la interacción entre la materia orgánica y los procesos, químicos, biológicos, físicos y geológicos en los ambientes acuáticos. Por otra parte, los sedimentos marinos contienen mezclas complejas de hidrocarburos (alifáticos y aromáticos) y otros compuestos orgánicos lo cual hace posible conocer el génesis de la materia orgánica y obtener información para comprender la ecología de las áreas de estudio. (SIMONEIT, 1978a; KAPLAN *et al*, 1978).

Los sedimentos en general, reciben hidrocarburos biosintetizados de orígenes marinos y terrestres (autóctono y alóctono).

Los hidrocarburos son el grupo más estable dentro de las moléculas orgánicas en sedimentos recientes, y pueden persistir por largo período de tiempo geológico. En general, los sedimentos son capaces de acumular hidrocarburos y algunos pueden preservarlos o dispersarlos después de la biodegradación bioquímica o química de la materia orgánica por los microorganismos marinos especialmente las bacterias, o de las reacciones "in situ", como la óxido-reducción química y la polimerización. Estos hidrocarburos pueden provenir de diferentes orígenes (biogénico o antropogénico) en el medio ambiente, (FARRINGTON *et al*, 1977; SIMONEIT, 1978b).

La investigación en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco muestra característicamente una serie homóloga de hidrocarburos, alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos, fenoles y pigmentos, por medio del análisis directo de cromatografía de Gas (GC) y la espectroscopia de masa-cromatografía de Gas (GC-MS).

Los hidrocarburos saturados, insaturados, normales, cíclicos, ramificados, componentes de números de carbonos pares, impares y ácidos grasos, así como su medio de distribución, son usados como trazadores del origen de la materia orgánica e indicadores de la actividad biológica de aguas y sedimentos (GOUTX & SALIOT, 1980).

La composición biogeorgánica (origen y distribución, cuantificación e identificación de los hidrocarburos) en los sedimentos del golfo de Cariaco todavía no ha sido estudiada detalladamente. Existe una mayor información disponible para el conocimiento de los aspectos químicos en el agua y en los sedimentos de la fosa de Cariaco (HOERING, 1973; DEUSER, 1973; OKUDA *et al*, 1974; ILIFFE & CALDER, 1974; RICHARDS, 1960 y 1975; REEBURGH, 1976 y SIMONEIT, 1975 y 1978a y b) y golfo de Cariaco (GADE, 1961a y b; ROA-MORALES & OTTMAN, 1961; BENÍTEZ, 1974; OKUDA *et al*, 1978a y b; BONILLA & LIN, 1979). También el efecto de las descargas de aceites, desagües domésticos y desechos industriales como posibles contaminantes hidrocarburos han sido bien estudiados en las aguas del lago de Maracaibo (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE, 1974).

En los últimos años se ha intensificado el conocimiento de la biogeoquímica en los sedimentos marinos, en especial la distribución de los hidrocarburos y ésteres metílicos de los ácidos grasos para caracterizar el origen y el tipo de hidrocarburos presentes (BLUMER & SYNDER, 1965; EHRHARDT & BLUMER, 1972; EGLINTON *et al*, 1974; FARRINGTON & TRIPP, 1975; PALACAS *et al*, 1975; GEARING *et al*, 1976; REED & KAPLAN, 1976; KAPLAN *et al*, 1976, 1977 y 1978; FARRINGTON *et al* 1977; BRENNER *et al* 1978; VENKATESAN *et al* 1979 y 1981).

El objetivo de este estudio es presentar los resultados de los análisis geoquímicos en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco (Fig. 1). Se estudia la distribución, cuantificación y composición de los hidrocarburos (fracción hexano) y ácidos grasos, contenido de carbono (total, orgánico y carbonato de calcio) nitrógeno y azufre. También se presentan datos relativos al fraccionamiento isotópico de carbono, nitrógeno y azufre en los sedimentos. El análisis, la interpretación de los datos aportan información acerca del posible origen biogénico de los hidrocarburos en los sedimentos superficiales de este golfo.

AREA DE ESTUDIO

El golfo de Cariaco (Fig. 1) está ubicado en el mar Caribe sur-oriental de la costa nororiental de Vene-

Características geoquímicas de los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco

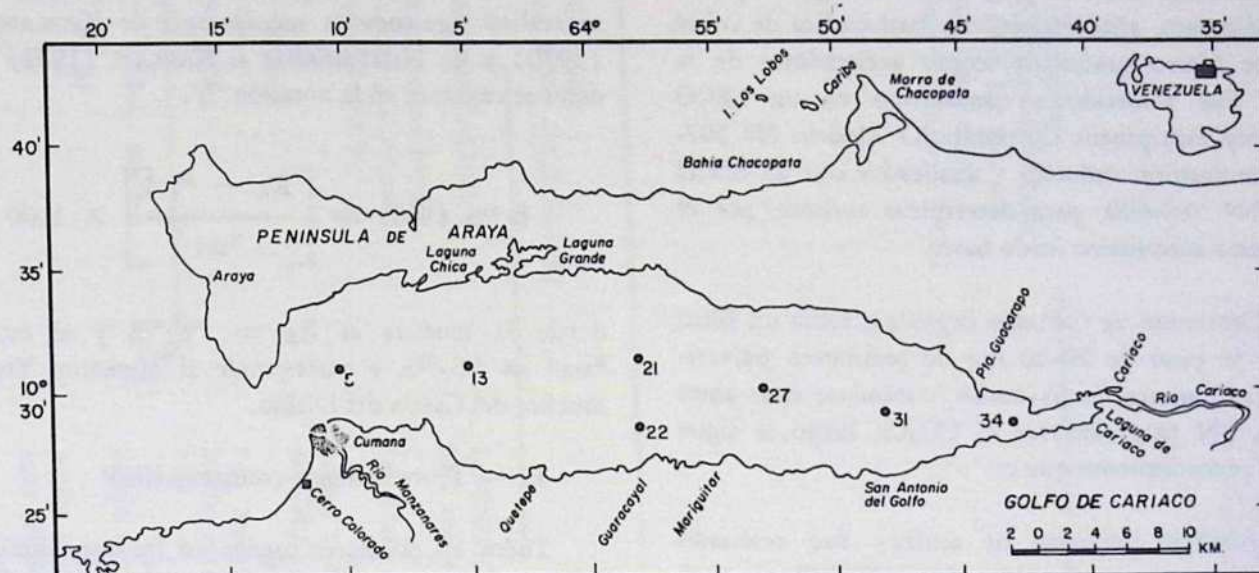


Fig. 1: Mapa de localización de las estaciones de muestreo.

zuela), y se extiende en dirección este-oeste, desde $63^{\circ} 38'$ a $64^{\circ} 15'$ Long W y de $10^{\circ} 26'$ a $10^{\circ} 35'$ Lat. N.

Este Golfo es una fosa tectónica alargada de 62 kms con dirección este-oeste, anchura máxima de 15 kms, amplitud en la entrada de 5,5 kms, con una profundidad máxima de aproximadamente 90 m, un poco al norte de la punta Guaracayal y la profundidad promedio es de 50 m. El golfo tiene muy poca influencia fluvial; el principal río que desemboca en él es el Manzanares, cerca de la entrada, cuyo mayor caudal es llevado dentro del golfo de Cariaco. Sin embargo, la influencia del río Manzanares en las condiciones hidrográficas del golfo es probablemente escasa, debido a que los vientos soplan predominantemente del noroeste y del este, provocando un flujo superficial hacia el oeste. El Golfo es un cuerpo de agua caracterizado por una surgencia ocasional relacionada con el régimen de los vientos alisios. Tiene una rica población planctónica con alta productividad biológica ($3,75 \text{ g c/m}^2/\text{día}$) en su parte norte, lo cual contribuye a la proliferación de las sardinas (RICHARDS, 1960 y 1975; y CURL, 1960). La elevada producción orgánica y la característica de formación de procesos de nitrificación, desnitrificación y reducción de sulfato en el golfo, están influenciadas por las condiciones hidrográficas e hidroquímicas de su masa de agua, cuya salinidad fluctúa de 36, 50-36, 80‰, su temperatura varía entre los 21 a 28°C y el

oxígeno, de 2,5 a 6,0 ml/l. Los elementos nutritivos tienen concentraciones menores en las capas superiores a los 50 m, que en las capas más profundas (GADE, 1961; BENÍTEZ, 1974 y RICHARDS, 1960 y 1975).

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimentos frescos fueron obtenidas por el Departamento de Oceanografía Química de la Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; en 7 estaciones de un perfil longitudinal, con una draga KAHLISCO número 214 WABO, en febrero de 1978, a bordo de la lancha "Dios te Salve".

Los sedimentos fueron colocados bajo refrigeración y enviados vía aérea al Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, USA, donde se realizaron todos los análisis que se mencionan a continuación:

1. — Carbono (total y orgánico) y azufre

Se colocó una porción de los sedimentos frescos en el liofilizador (freeze-dried) para obtener los sedimentos secos.

El sedimento seco se tritura en mortero hasta convertirlo en un polvo fino.

a) Carbono total: se pesó (20-100 mg) de polvillo de sedimento, añadiéndole una cucharadita de cobre y otra de hierro granulado, como aceleradores de la reacción. Fue sometido a combustión en un LECO (Laboratory Equipment Corporation) Modelo N° 507-100 de combustión inducida y analizados con un LECO Modelo N° 589-600, para determinar carbono por el método semi-automático ácido base.

b) Contenido de Carbono orgánico; sobre un filtro millipore se pesó de 20-30 mg de sedimento pulverizado de las muestras individuales, tratándose éstas antes con HCL 3N para remover el CO_3Ca , luego se sigue el mismo procedimiento que en "a".

c) Análisis elemental de azufre; fue realizado usando sedimento seco pulverizado (80-230 mg) el cual se sometió a combustión, utilizando como catalizador, gránulos de CU y Fe en un LECO de combustión inducida (Modelo N° 523). Los gases de azufre resultantes se midieron con un LECO (Modelo N° 517) y un titulador.

2. — Análisis de isótopos:

a) Carbono y nitrógeno:

Los contenidos de carbono y nitrógeno se obtuvieron a partir de polvo de sedimento seco, por combustión a 815°C , en presencia de óxido cúprico y plata metálica. La cantidad de dióxido de carbono y nitrógeno se midió manométricamente y la composición isotópica se determinó en el espectrómetro de masa, usando como Estandar al PDB de Chicago y como referencia el nitrógeno (N_2) atmosférico (ORGENS, 1969; KAPLAN *et al* 1970; CLINE & KAPLAN 1975; SWEENEY *et al* 1978a, b & FRY *et al*, 1977). Los datos se expresan en la notación " δ " los cuales representan la desviación en partes por mil y se define por la fórmula:

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N}, (\text{‰}) = \left[\frac{R_{\text{muestra}} - R_{\text{estandar}}}{R_{\text{estandar}}} \cdot 1 \right] \times 1000$$

cuando R son las razones $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ó $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en la muestra y en el estandar.

b) Azufre:

El análisis de isótopos de "S" en estos sedimentos se realizó siguiendo la metodología de KAPLAN *et al* (1970) y de NISSEBAUM & KAPLAN (1972) y los datos se expresan en la notación " δ ".

$$\delta^{34}\text{S} (\text{‰}) = \left[\frac{R_x - R_{\text{std}}}{R_{\text{std}}} \right] \times 1000$$

donde la muestra es $R_x = ^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ y el estandar $R_{\text{std}} = ^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, y corresponde al Meteorito Troilite, muestra del Cañón del Diablo.

3. — Procedimiento cromatográfico:

Todos los solventes usados en los procedimientos de extracción, cuantificación y separación, fueron de grado analítico, y la pureza fue comprobada con el cromatógrafo de gas. La figura 2 describe los procedimientos analíticos empleados para la extracción y la separación de los hidrocarburos, los ésteres metílicos de los ácidos grasos, ésteres, cetones, alcoholes y el origen (mezcla de compuestos orgánicos). Se usaron columnas de alta resolución, limpias orgánicamente, de 0,7 ó 1,0 cm de diámetro interno. Para la separación cromatográfica éstas se llenaron y compactaron con sílica gel (40/140 mesh previamente activada a 235°C durante 16 horas) y usando como solvente, hexano (fracción alifática) y una mezcla de hexano-benceno (60:40; fracción aromática). La cromatografía de capa fina (TLC, 20×20 cm y 250 micras, con absorbosil 5) también se usó en la separación cromatográfica, previamente limpias orgánicamente con solventes apropiados. Los solventes cloruro de metilo y pentano se usaron como eluentes en la separación de los compuestos.

La determinación cuantitativa de los ésteres metílicos de ácidos grasos se realizó en un cromatógrafo gas-líquido VARIAN, modelo 1520, equipado con detector de llama de ionización e inyector modificado tipo "Grob". La separación se efectuó en una columna capilar de vidrio, de $30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm}$ compactada con OV-101 (SGE Scientific Inc) y programada de 40 a 260°C a $6^\circ\text{C}/\text{min}$ y mantenida isotérmicamente a una temperatura de 260°C , durante 40 minutos. El gas de He fluyó a una presión de 3 ml/minuto.

Los hidrocarburos (fracción hexano) se analizaron en un cromatógrafo HEWLETT PACKARD, modelo

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL SEDIMENTO FRESCO (CONGELADO)

Colocar dentro de un decal de celulosa prelavado orgánicamente
Lavar con 150 ml de agua desionada orgánicamente limpia.

SEDIMENTO FRESCO

1. Agua del lavado
Extraer con Hexano 3 X 30 ml

(a) Extraer con MeOH 24 horas

(b) Extraer con Tol: MeOH 76 horas (3:7)

Combinar 1, 2 y b

Rotaevaporar a 23°C ~ 5 ml

Test para S

Si es positivo, remover S con columna de CU

Transferir, a balón de 100 ml

Rotaevaporar a 38° ~ 5 ml

Pesar el extracto total

CAPA FINA

NO SAPONIFICACION

Absorbosil 5
Separación con CH₂Cl₂

Hidrocarburos
Ester
Cetona
Alcohol
Origen

CAPA FINA II

(adsorbosil 5
Separación en Pentano)

Alii
Ar

CG

SAPONIFICACION 4 hrs, sol KOH (H₂O: MeOH)

NO SAPONIFICACION

3 X 30 ml Hexano después
de diluir con igual volumen
sal saturada de NaCl

Columna

Silica Gel
40/140 mesh

Hexano
Hex: Benceno
(3:2)

Alii
Ar

CG

SM-CG

SAPONIFICACION

Capa acuosa

Acidificar a Ph 2.0

Extraer 3 veces
con CH₂Cl₂

Frac. Acidos Grasos
Metilicar con 14%

BE₉ — MeOH

Extraer con CH₂Cl₂

Acidos grasos metil
ester (AGME)

CG

SM-CG

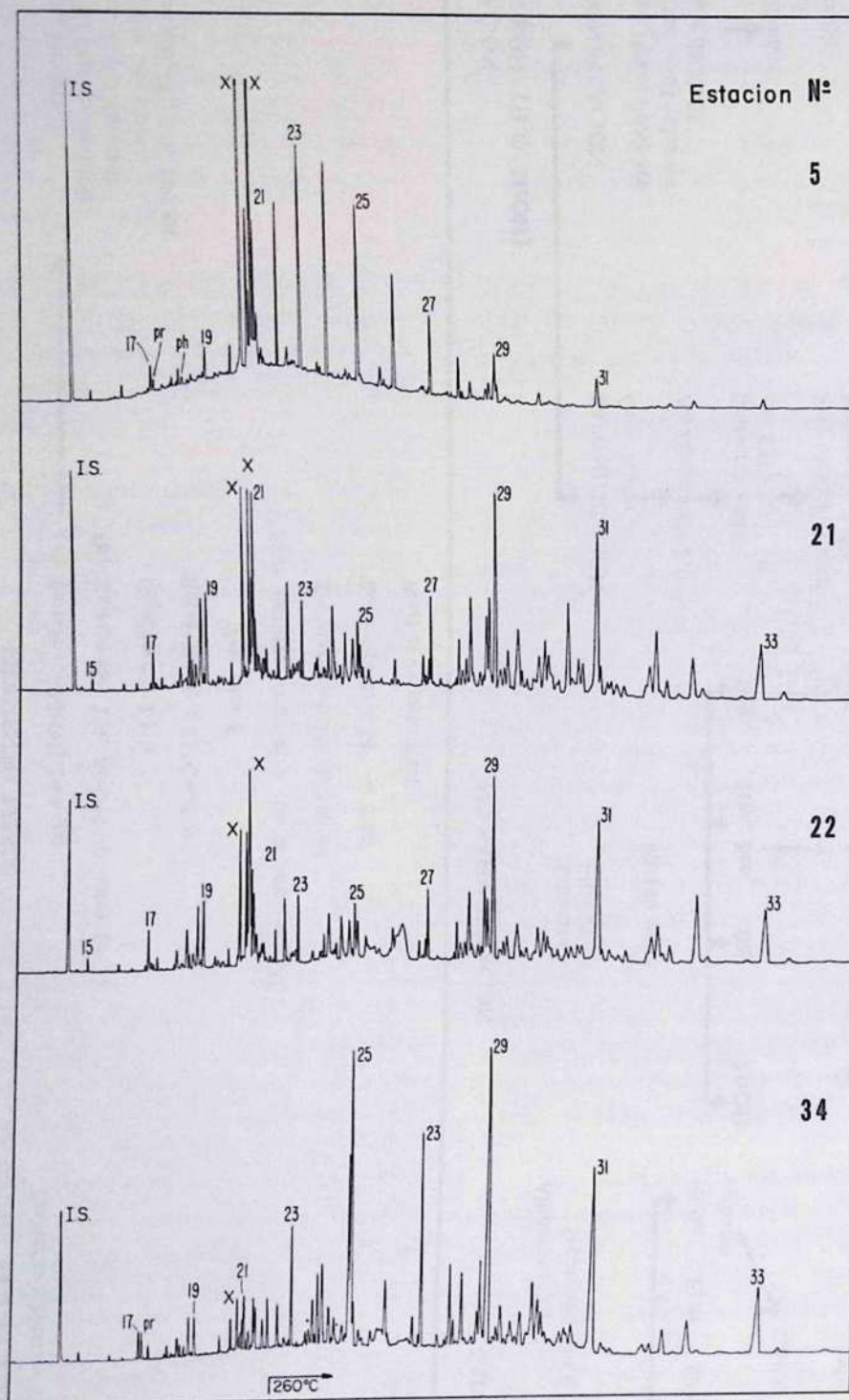


Fig. 3: Cromatogramas (cromatografía de gas) de las fracciones Hexano (Alifático) para las estaciones 5, 21, 22 y 34. I.S.: Estandar interno; 15, 17, 19 se designan n-alcenos con su correspondiente número de átomos de carbono. Pr= pritano, ph=Fitano, X=grupos de olefinas de estructura no conocida.

5830 A, modificado con inyector "grob" y equipado con un detector de llama de ionización (FID) y un integrador electrónico. Se usó columna capilar de vidrio (30 m X 0,25 mm), compactada con OV-101 (J & W Inc). La temperatura al cual fue programado el cromatógrafo fue de 4° C/min desde 35°C a 260°C y mantenida isotérmicamente a esta temperatura por espacio de 2 horas. El gas He, fluyó a 4 ml/, minuto.

Para la identificación de los hidrocarburos y los ésteres metílicos de los ácidos grasos (EMAG), se usó un Espectrofotómetro de Masa-Cromatógrafo de Gas (GC-MS) FINIGAN, Modelo 4000, un espectrofotómetro de masa cuádruple, directamente en interfase con un cromatógrafo de Gas, FINIGAN Modelo 9610. El cromatógrafo de gas, fue equipado con una columna capilar de vidrio (30 m X 0,25 mm) con fase líquida OV-101 (J & W, Inc.)

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Hidrocarburos.

a.—Datos Gravimétricos:

Los datos gravimétricos y elementales, se muestran en la tabla 1. El contenido de carbono (total y orgánico) es alto en estos sedimentos, debido a que el área de las estaciones 21, 22, y 27 consta de sedimentos de fango de globigerina y pterópodos (ROA MORALES & OTTAMAN, 1961) también estas estaciones coinciden con la parte más profunda del golfo, que presenta durante la mayor parte del año una condición anóxica con características óxido reductoras, de ahí el alto contenido orgánico, por otra parte el fenómeno de surgencia, el sistema de vientos alisios predominantes y la circulación típica del golfo (OKUDA et-al, 1978a) la cual puede traer fauna pelágica del exterior, lo que estaría ayudando al incremento de la producción biológica de este golfo.

ROA MORALES & OTTMANN (1961); BONILLA & LIN (1979); BATTELLE MEMORIAL (1974); reportaron valores similares de carbono orgánico (1,71 — 10,66%; 0,30—8,86% y 0,54—7,80%) para el golfo de Cariaco y lago de Maracaibo, respectivamente y comparables con los valores obtenidos en este trabajo (Tablas 1 y 9). MCLEVER (1973) y SIMONEIT (1975) reportan altos

TABLA 1 DATOS GRAVIMETRICOS DE LOS SEDIMENTOS

Número Estación	Latitud (N)	Longitud (W)	Profundidad (mts)	Agua (%)	CARBON		CaCO ₃ (%)	SAPONIFICADA (Columna)				Acidos grasos (ppm)
					Total (%)	Org. (%)		Monsap. (ppm)	Alifático (ppm)	Aromático (ppm)		
5	10°38'8"	64°10'2"	58	26,67	2,29	1,16	9,99	45,67	6,50	3,51	21,55	
13	10°31'	64°05'	43	26,77	2,32	1,28	8,95	25,52	1,60	1,50	40,83	
21	10°31'3"	63°58'	71	74,30	8,66	6,09	13,74	1054,83	12,10	39,51	1803,31	
22	10°28'5"	63°58'	90	68,64	7,94	4,95	12,49	529,33	9,90	17,08	688,42	
27	10°30'	63°53'	54	68,26	7,89	5,71	11,95	266,67	8,44	4,22	876,60	
31	10°29'	63°48'	30	72,76	6,48	5,54	11,00	658,15	12,13	23,30	867,49	
34	10°28'5"	63°43'	19	60,26	7,72	3,44	19,90	236,58	10,00	9,41	378,77	

COLUMNA					CAPA FINA (TLC)					
Número Estación	Alifático (ppm)	Aromático (ppm)	Benceno (ppm)	MeOH (ppm)	Alifático (ppm)	Aromático (ppm)	Ester (ppm)	Cetona (ppm)	Alcohol (ppm)	Origen (ppm)
5	20,16	3,87	13,06	136,85	18,41	2,45	9,35	9,29	16,35	90,3
13	7,85	1,96	65,79	871,48	4,43	2,78	4,55	5,19	6,29	485,
21	47,38	30,07	199,77	5020,50	11,72	45,93	115,31	100,72	183,49	4832,
22	35,13	32,44	46,04	3107,60	41,62	35,75	35,41	33,42	75,82	2201,
27	17,16	14,71	482,56	3044,12	20,12	19,02	15,55	17,38	55,49	5481,
31	23,99	34,63	58,02	3080,96	11,56	51,20	66,67	61,26	135,29	1894,
34	8,52	10,44	156,44	981,14	7,03	10,55	28,26	36,01	94,19	1479,

TABLA 2 CONCENTRACION DE LOS HIDROCARBUROS ALIFATICOS $\mu\text{g/g}$

Estación	n-C ₁₅	n-C ₁₆	n-C ₁₇	Pristano	n-C ₁₈	Fitano	n-C ₁₉	n-C ₂₀	n-C ₂₁	n-C ₂₂	n-C ₂₃
5	0,0014	0,0017	0,0042	0,0022	0,0031	0,0013	0,0068	0,0051	0,0395	0,0282	0,0417
13	—	—	0,0006	—	0,0009	—	0,0012	0,0005	0,0093	0,0008	0,0008
21	0,0036	—	0,0110	—	0,0130	—	0,0424	0,0077	0,0673	0,0166	0,0430
22	0,0034	0,0020	0,0105	0,0078	0,0078	—	0,0261	0,0047	0,0274	0,0103	0,0262
27	—	—	0,0036	—	0,0020	—	0,0631	0,0017	0,0274	0,0027	0,0055
31	0,0025	—	0,0064	0,0020	0,0053	0,0028	0,0231	0,0049	0,0593	0,0159	0,0382
34	0,0021	—	0,0065	0,0064	0,0024	—	0,0102	0,0040	0,0186	0,0152	0,0423

Estación	n-C ₂₄	n-C ₂₅	n-C ₂₆	n-C ₂₇	n-C ₂₈	n-C ₂₉	n-C ₃₀	n-C ₃₁	n-C ₃₂	n-C ₃₃	n-C ₃₄
5	0,0448	0,0151	0,0347	0,0298	0,0175	0,0277	0,0117	0,0252	0,0038	0,0133	0,0016
13	0,0005	0,0008	0,0005	0,0013	0,0008	0,0057	0,0007	0,0065	0,0009	0,0038	—
21	0,0691	0,0405	0,0189	0,0855	0,0572	0,3749	0,1333	0,5448	0,1091	0,2318	0,0141
22	0,0111	0,0276	0,0118	0,0544	0,0353	0,2857	0,0605	0,3806	0,0103	0,1817	0,0107
27	0,0024	0,0076	0,0032	0,0139	0,0106	0,0962	0,0203	0,1076	0,0491	0,0534	—
31	0,0250	0,0495	0,0260	0,0818	0,0494	0,1384	0,0920	0,5039	0,0303	0,2117	0,0135
34	0,0578	0,0458	0,0352	0,1890	0,0840	0,9270	0,2216	0,7982	0,0901	0,3386	0,0211

valores de carbón orgánico como un 5% en áreas de surgencias y de alta productividad. Estas características biogeoquímicas son comparables con las del golfo de Cariaco, siendo en este mayor el contenido de materia orgánica (BONILLA & LIN, 1979).

El contenido de carbonato de calcio en los sedimentos acidificados del golfo de Cariaco varía bastante de 9 a 20%, comparable con los valores obtenidos en la fosa de Cariaco de 8,5 a 26% (SIMONEIT 1975). El contenido de carbonato de calcio de los sedimentos del golfo de Cariaco es considerablemente más alto que los valores encontrados (<0,05 a 0,68%) en el lago de Maracaibo, (Battelle Memorial Institute, 1974). El contenido de agua en estos sedimentos (Tabla 1) es muy variable y se aprecia que tiene una relación directa con las características de tamaño y textura del grano, reflejando el tipo de sedimento y posiblemente, también, tiene relación con las diferencias en el contenido de la materia orgánica.

En general las concentraciones de hidrocarburos saponificados y no saponificados por columna y capa fina están expresados en p.p.m. (Tabla 1), señalando discrepancia entre las estaciones y entre los dos procedimientos.

2. Hidrocarburos alifáticos:

La distribución de hidrocarburos reflejada en los cromatogramas fue medida desde n-C₁₅ a n-C₃₄ en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco y se representan en la figura 3. La concentración de los hidrocarburos no presentan una variación drástica a lo largo del transecto estudiado y está reflejando la penetración de origen marino y continental de los hidrocarburos (Tabla 2). Los cromatogramas demuestran que los hidrocarburos existentes en los sedimentos localizados cerca de la boca del golfo, señalan potencialmente una mayor penetración de energía de origen marino, con predominancia de n-alcenos, con una distribución no selectiva de n-C₁₇, n-C₁₉ y menor de n-C₂₁ que son hidrocarburos de origen predominantes en el fitoplancton marino (Blumer, et-al 1971); mientras que las estaciones más cercanas a la parte terminal y al sector central de este golfo indican un mayor origen de plantas terrestres, con predominancia de componentes n-alcenos de alto peso molecular de n-C₂₇; n-C₂₉; n-C₃₁ y n-C₃₃ (Figuras 3 y 4).

Excepto para la estación 5, las razones impar/par son generalmente altas y se pueden comparar a las razones 2,4 a 5,5 reportada para otros sedimentos recientes (KOONS *et-al*, 1965).

La alta concentración de los hidrocarburos y la del índice CPI (índice de maduración de hidrocarburos) de 20-32 y la escasa y ausente razón (Pr/Ph) pristano/fitano; (tabla 3) indican la ausencia de contaminación por petróleo en este sedimento. (FARRINGTON, *et-al*, 1977); KAPLAN *et al.*, 1977). También la conspicua ausencia de una mezcla compleja de hidrocarburos no determinados, elimina la presencia de contaminación por petróleo en el área de estudio (FARRINGTON, *et-al.*, 1977 y KAPLAN, *et-al*, 1977). Los n-alcanos con peso molecular de n-C₂₁ a n-C₃₃ tienen un afuerte predominancia de carbono impares en todas las estaciones excepto la Est. 13 (Tabla 2).

Los análisis por el GC-MS Tabla 4, estación 34, indican la presencia de un grupo a fin de compuestos ramificados derivados de hidrocarburos olefínicos, especialmente de n-C₁₉, n-C₂₀ y n-C₂₁. Estos hidrocarburos se encuentran en mayor concentración en los sedimentos superficiales que en los profundos. Los picos pueden ser tentativamente identificados como una mezcla de hidro-

carburos poliolefénicos, según los índices de retención del GC-MS, evidenciados en tales como: Fitadieno (C₂₀H₃₈). Pentacosatrieno (C₃₅H₇₀), Pentacosadieno (C₃₅H₇₀) y Tetracoseno (C₃₄H₇₀). Estas poliolefinas indican la energía recibida o el potencial consumido de parte del fitoplancton, zooplancton o las algas benthicas (FARRINGTON, *et-al*, 1977 y GEARING, *et-al*, 1976).

Los trazos de la cromatografía de gas de la fracción hexano Fig. 3, muestran una significativa contribución de alcanos pares, especialmente en la región justo cerca de C₂₀ que puede ser de origen marino, proveniente de los organismos marinos y de la actividad microbiológica de las algas detriticas (HATCHER *et-al*, 1973).

El cromatograma de la estación 34 (Fig. 3) muestra la presencia de un ciclo alcano n-C₂₅ predominante. La cromatografía de gas de la estación 5 exhibe relativamente una pequeña mezcla no resuelta (UCM) alrededor de n-C₂₂, lo cual puede ser debido a la degradación microbiana de los biolípidos sedimentarios (JOHNSON & CALDER, 1973), o los biolípidos derivados de las bacterias (LIJMBACH, 1975). Una distribución similar de hidrocarburos con la localización de la mezcla no resuelta (UCM) está bien observada en algunas

TABLA 3 COMPOSICION DE LOS HIDROCARBUROS

ESTACIONES	5	13	21	22	27	31	34
Alifático total (μg/g)	6,50	1,60	12,10	9,90	8,44	12,13	10,00
Alcanos determinados (μg/g)	1,18	0,10	5,59	3,58	0,93	5,64	6,03
Alcanos no determinados (μg/g)	2,69	0,63	4,36	3,29	2,69	2,75	3,94
n-alcanos total (μg/g)	0,378	0,035	1,764	1,076	0,400	1,627	3,002
CPI-(203-32)	1,57	6,19	4,19	6,69	5,07	4,51	6,10
n-alcano impar (μg/g)	0,24	0,030	1,43	0,092	0,32	1,36	2,56
n-alcano par (μg/g)	0,14	0,005	0,33	0,16	0,08	0,27	0,43
Res/UCM (Alifático)	0,44	0,16	1,28	1,09	0,34	2,05	1,53
HC/CO × 10 ⁻⁴	8,62	2,42	9,70	5,45	2,22	6,39	5,64
n-alcano/CO × 10 ⁻⁴	0,33	0,03	0,29	0,22	0,07	0,29	0,87
impar/par	1,63	5,94	4,34	5,89	4,11	5,06	5,90
Pristano/n-C ₁₇	0,531	0,000	0,000	0,000	0,000	0,313	0,975
Fitano/n-C ₁₈	0,468	2,060	0,000	0,000	0,000	0,524	0,000
Pr/ph	1,529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,723	0,000

HC = Hidrocarburos
CO = Carbón orgánico
Pr = Pristano
Ph = Fitano

Res = Determinada

UCM = Mezcla compleja no determinada

$$CPI = \frac{\sum_{21}^{31} \text{impar}}{\sum_{20}^{32} \text{par}} = \frac{\sum_{21}^{31} \text{impar}}{\sum_{20}^{32} \text{par}}$$

muestras de sedimentos de Alaska, basados en los datos reportados por KAPLAN, et-al, 1977, los cuales fueron también encontrados limpios o no contaminados por petróleo. La estrecha mezcla compleja no resuelta (UCM) alrededor de la región de la boca del golfo de Cariaco, puede ser debida particularmente a la vigorosa actividad de los buques, ferrys, lanchas y botes pequeños que circum-navegan cerca de esta área. También, el origen biogénico de la mezcla compleja no determinada es consistente con el índice CPI y las razones impar/par y Pr/ph para la estación 5 (Tabla 3). Se requieren estudios adicionales para confirmar el origen biogénico de esta mezcla compleja no resuelta (UCM).

Los histogramas de Fig. 4 muestran que los carbonos impares de los n-alcanos 23, 25, 27, 29, 31 y 33, son predominantes en todas las estaciones y son característicos de la cera o parafina vegetal terrestre como contribución predominante (plant wax; KOLATKUDY & WALTON, 1973, SIMONEIT, 1978). En general los sedimentos recientes y antiguos de las aguas naturales y ambientes marinos muestran un modelo similar en cuanto a la abundancia y al alto grado de especificidad biológica, en la síntesis de n-alcanos con respecto al número de carbonos, los cuales se presentan con orígenes terrestres de las plantas superiores con mayor concentraciones de n-C₂₇, C₂₉, C₃₁ y n-C₃₃ y menor cantidad de n-C₂₆, C₂₈, C₃₀, C₃₂ y n-C₃₄, siendo la máxima distribución de n-C₃₁. Sin embargo, algunos sedimentos que están sujetos a alteraciones biogeoquímicas, a transporte eólico y fluvial muestran diferentes orígenes (EGLINTOM, 1969). Sin embargo, y el origen geoquímico de los hidrocarburos está relacionado con la diagénesis de la materia orgánica siendo la formación de alcanos y ciclo alcanos durante este proceso muy lento en los sedimentos superficiales. En estos sedimentos, los hidrocarburos isoprenoides (pristano

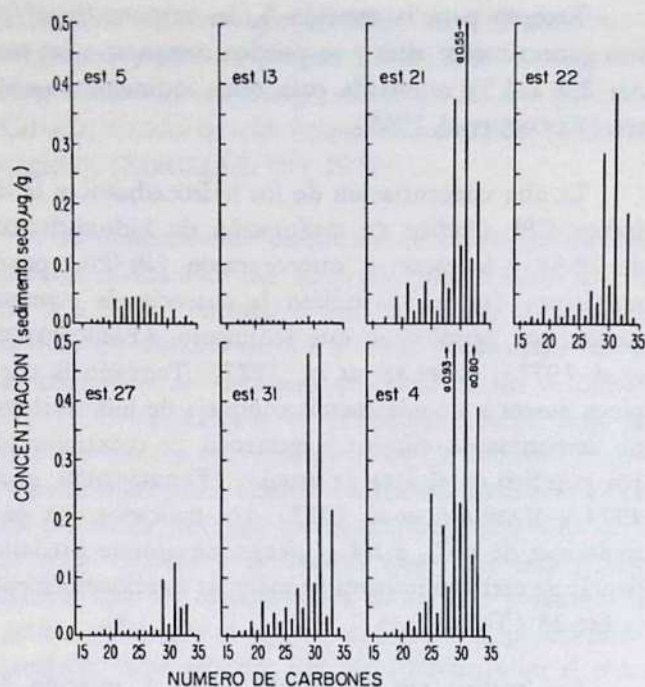


Fig. 4: Diagramas de distribución para n-alcanos C₁₅—C₃₄ en los sedimentos superficiales del golfo.

y fitano) están generalmente ausentes o presentes en concentraciones extremadamente bajas.

El pristano ha sido ampliamente identificado en el fitoplancton, zooplancton y en organismos bentónicos. La presencia del pristano en estos sedimentos del golfo puede ser interpretada como una pequeña contribución de la producción primaria biogénica de origen marino. La relativa distribución de los hidrocarburos aromáticos, (fracción hexano: benceno) está representada por la intensidad de los datos del barrido del espectro, pico base y el ión molecular en el GC-MS, los cuales se muestran en la Tabla 5, estación 21.

TABLA 4. HIDROCARBUROS ALIFATICOS (SAPONIFICADOS) POR ESPECTROCOPIA DE MASA-CROMATOGRAFIA DE GAS (GC-MS) EN LA ESTACION 34

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
194	55	98	C ₇ H ₁₄ metil ciclo hexano	
261	91	106	C ₈ H ₁₀ dimetil benzeno (xileno)	
319	57	142	n-C ₁₀	
328	57	156	C ₁₁ H ₂₄ metil decano	
344	57	156	C ₁₁ H ₂₄ metil decano	

Características geoquímicas de los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
362	57	156	n-C ₁₁	
421	57	170	n-C ₁₂	
503	57	184	n-C ₁₃	
610	57	198	n-C ₁₄	
656	147	162	C ₁₂ H ₁₈ Hexametil benzeno	
692	57	226	C ₁₆ isoprenoide	
739	57	212	n-C ₁₅	
884	57	226	n-C ₁₆	
949	55,57	?	no conocido	posible olefina
1020	55	?	no conocido	posible olefina
1036	57	240	n-C ₁₇	
1045	57	?	no conocido	alifático
1052	57	268	C ₁₉ isoprenoide, pristano	
1084	57	266		posible C ₁₉ insaturado
1124	55,57	?		isoprenoide, pristano posible olefina
1191	57	252	n-C ₁₈	
1211	57	282	C ₂₀ isoprenoide, fitano	
1244	55,57	278	no conocido	posible C ₂₀ H ₃₈ , ciclo olefina
1259	70	280	C ₂₀ isaturado insoprenoide, fitano	
1279	57	278	no conocido	posible C ₂₀ H ₃₈ ciclo olefina
1308	57	278	no conocido	posible, alifático, ramal del ciclo olefina
1328	55,57	?	no conocido	posible olefina
1343	57	268	n-C ₁₉	
1368	149			posible C ₁₆ H ₂₂ O ₄ dibutiltaflato
1479	55	?		posible olefina
1493	57	282	n-C ₂₀	
1554	55,57	346		posible C ₂₅ H ₄₈ ciclo olefina
1596	57	348		posible C ₂₅ H ₄₈ ciclo olefina
1621	55	346		posible C ₂₅ H ₄₆ ciclo olefina
1624	191	288	mezcla	posible C ₂₁ H ₃₆ deterpeno
1637	57	296	n-C ₂₁	
1679	98	292	no conocido	alifático
1775	57	310	n-C ₂₂	
1823	55 81		no conocido	posible C ₂₁ H ₃₂ O
1831	57	?	no conocido	alifático
1867	55,57	322		posible C ₂₄ H ₄₈ olefina
1900	55	326	no conocido	
1911	57	324	n-C ₂₁	
1915	229	326	no conocido	
1927	216	324	no conocido	
1944	95	328	no conocido	posible C ₂₄ H ₄₀
1981	95	326	no conocido	
1990	108	326	no conocido	
2019	55	330	no conocido	
2039	57	338	n-C ₂₄	
2047	107	326	no conocido	
2073	95	328	no conocido	
2095	57	?	no conocido	
2132	95	326	no conocido	
2161	69	414	no conocido	posible C ₃₀ H ₅₂
2165	57	352	n-C ₃₅	
2195	55	412	no conocido	posible C ₃₀ H ₅₀
2210	55	326	no conocido	

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
2222	55	328	no conocido	
2283	57	366	n-C ₂₆	
2359	57	?	no conocido	
2404	57	380	n-C ₂₇	
2429	55,57	368		posible C ₂₇ H ₄₄ colestadiano 3,5
2458	55	370	C ₂₇ H ₄₆ colest-4 ano o colest-3-ano	
2476	55	368	no conocido	posible C ₂₇ H ₄₄ colestadiano
2487	69	372	no conocido	concentrado 204
2515	57	394	n-C ₂₈	
2520	81	370	C ₂₇ H ₄₆ colest-2 ano	
2526	217	372		posible C ₂₇ H ₃₈ colestano
2571	55	368	no conocido	posible n-C ₂₇ triterpano
2589	81	384	no conocido	
2620	149	370	C ₂₇ H ₄₆ triterpano	posible 22, 29, 30 tris nonopano
2648	57	408	n-C ₂₉	posible n-C ₂₈ esterano
2660	95,191	396	?	posible n-C ₂₉ triterpano
2679	69	396	no conocido	
2698	55	408	no conocido	concentrado 204
2716	57	382	no conocido	
2733	55,57	398	no conocido	concentrado 218
2769	69	410	no conocido	
2776	57	422	n-C ₃₀	
2779	81	398	no conocido	fuerza 215
2826	69	410	no conocido	posible mezcla con n-C ₃₀ triterpano
2839	177	398	?	posible adiantanio
2850	57	396	no conocido	
2869	69	412	no conocido	
2952	57	398	no conocido	ver 2839
2966	57	436	n-C ₃₁ pico saturado	
3067	191	410	n-C ₃₀ triterpano C ₃₀ H ₅₀	
3092	57	?	no conocido	
3106	191	410	n-C ₃₀ triterpano	
3157	57	450	n-C ₃₂	
3169	191	412	C ₃₀ H ₅₂ triterpano	
3218	69	410	no conocido	concentrado 191
3440	57	464	n-C ₃₃	
3480	205	426	C ₃₁ H ₅₄ metil triterpano	
3786	57	478	n-C ₃₄	
3762	191,219	424	no conocido	
4161	57	492	n-C ₃₅	
4185	57	?	no conocido	

3. — Ácidos grasos:

Los ácidos grasos son los mayores constituyentes de todos los organismos vivos y pueden preservarse a bajas temperaturas en un ambiente anaeróbico (MATSUDA & KOYAMA, 1977). En sedimentos de varios ambientes, los ácidos grasos tienen marcada predominancia de compuestos con números de carbonos pares, derivados

de orígenes autóctonos ($< n-C_{20}$) y alóctono, cuya mayor influencia es $> n-C_{20}$ derivado de las plantas terrestres, con máxima distribución bimodal alrededor de $n-C_{14}$ a $n-C_{16}$ y $n-C_{24}$ a $n-C_{26}$ (MATSUDA & KOYAMA, 1977; SIMONEIT, 1978a, b).

Los lípidos de los sedimentos del golfo de Cariaco (Fig. 5 Tablas 6 y 7) contienen ácidos grasos saturados e insaturados, los cuales exhiben distribución bimodal,

TABLA 5. HIDROCARBUROS AROMATICOS POR LA ESPECTROCOPIA DE MASA-CROMATOLOGRAFIA DE GAS (GC-MS) EN LA ESTACION 21

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
411	128	128	$C_{10}H_8$ naftaleno	
427	67	152		posible $C_{10}H_{16}O$, 2, 6, 6, trimetil 1-ciclo hexano-1-carboxaldéhid
494	142	142	$C_{11}H_{10}$, 2-metil naftaleno	
504	148	148	$C_{10}H_{12}$ O 2, 4, 6-trimetil-benzaldéhid	
547	159	174	$C_{13}H_{18}$ 1, 2, 3, 4, - tetrahidro 1, 1, 6 trimetil naftaleno	
572	154	154	$C_{12}H_{10}$ 1,1- bifenil	
575	55	?	no conocido	posible mezcla, concentrado 133
585	57	?	no conocido alifático	
598	58	198	no conocido	posible cetona $C_{13}H_{26}O$
604	156	156	$C_{12}H_{12}$ dimetil naftaleno	
612	69	—	no conocido	posible $C_{14}H_{14}$ mezcla olefina
620	121	192		posible $C_{13}H_{20}O$
634	121	194	no conocido	posible $C_{13}H_{22}O$
690	177	192	no conocido	posible $C_{13}H_{20}O$ metil-ciclo cetona
698	167	182	$C_{14}H_{14}$ etil 1, 1 - bifenil	
717	173	?	no conocido	
740	111	189	no conocido	posible mezcla
747	159	202	no conocido	posible $C_{15}H_{22}$ aromático
755	170	170	$C_{13}H_{14}$ trimetil naftaleno	
774	—	—	no conocido	
807	132	172	no conocido	posible alquil aromático
814	133	?	no conocido	
830	182	182		posible $C_{14}H_{14}$ dimetil 1, 1 bifenil
846	182	182		posible $C_{14}H_{14}$ dimetil 1, 1 bifenil
859	173	188	$C_{13}H_{16}O$ 2, 3 dihidro 3, 3, 5, 6, tetrametil	
918	195	210	$C_{16}H_{18}$ tetrametil 1,1 bifenil	
947	133	218	no conocido	posible $C_{16}H_{20}$ alquil benceno
967	57	?	no conocido	alifático
1015	55	234	no conocido	posible insaturado
1021	123	236	no conocido	posible insaturado
1035	—	—	no conocido	
1045	57	?	no conocido	posible ramal alifático fuerte 141
1079	56	?	no conocido	alifático
1089	133	218	no conocido	posible $C_{16}H_{20}$ alquil benceno
1097	55	?	no conocido	posible insaturado
1106	178	178	$C_{14}H_{10}$ fenantrenol antraceno	
1126	171	214	no conocido	posible $C_{16}H_{22}$ alquil aromático
1134	235	235	no conocido	
1178	55	?	no conocido	posible insaturado
1205	60	288	no conocido	posible mezcla con $C_{14}H_{28}O_2$ ácido tetra-decanoico
1229	58	?	no conocido	posible $C_{18}H_{36}O$ metil cetona
1240	68	278	no conocido	posible $C_{20}H_{38}$ olefina
1258	133	232	no conocido	posible $C_{17}H_{24}$ alquil benceno
1275	82	278	no conocido	posible $C_{20}H_{38}$ olefina
1288	192	192	$C_{15}H_{12}$ metil fenantreno aromático	
1295	123	264	no conocido	alifático
1303	82	278	no conocido	posible $C_{20}H_{38}$ olefina
1320	192	192	$C_{15}H_{12}$ metil fenantreno	aromático

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
1336	82	278	no conocido	posible mezcla
1345	156	214	no conocido	posible mezcla con $C_{16}H_{22}$
1352	—	—	no conocido	
1367	149	?	no conocido	posible mezcla de taflato
1417	171	?	no conocido	posible alquil aromático
1485	57	200	no conocido	posible mezcla con dimetil fenantreno
1494	191	206		posible demetil fenantreno
1527	133	260	no conocido	posible $C_{19}H_{32}$ alquil aromático
1549	57	260	no conocido	
1592	202	202		posible $C_{16}H_{10}$ pireno
1595	69	349	no conocido	posible $C_{25}H_{44}$ ciclo olefina
1614	55	?	no conocido	
1636	111	308	no conocido	
1660	69	?	no conocido	posible n- C_{25}
1676	69	346	no conocido	posible $C_{25}H_{46}$ ciclo olefina
1690	84	?	no conocido	
1713	69	?	no conocido	
1733	69	378	no conocido	concentrado 191
1756	57	?	no conocido	concentrados 191, 307
1768	57	?	no conocido	
1779	69	216	no conocido	posible mezcla, metil pireno
1787	69	?	no conocido	
1841	203	322	no conocido	
1850	149	322		posible fenalato
1867	119	254	no conocido	posible alquil aromático
1908	145	308		
1915	191	316		posible $C_{23}H_{40}$ triterpeno
1956	55	308	no conocido	
1984	157	310	no conocido	
2026	292	292	no conocido	
2043	207	292	no conocido	
2064	292	292	no conocido	
2085	55	412	no conocido	concentrado 315
2098	275	290	no conocido	
2125	55	412	no conocido	concentrado 315
2163	69	410	no conocido	
2173	55	412	no conocido	posible metil estereno
2202	171	348		
2217	55	412	no conocido	posible cíclico o insaturado
2227	69	412	no conocido	posible terpano
2253	69	410	no conocido	
2268	55	412		posible cíclico o insaturado
2274	69	410	no conocido	
2279	55	412	no conocido	posible cíclico o insaturado
2378	231	?	no conocido	posible metil estereno
2402	69	?	no conocido	
2410	231	?	no conocido	posible metil estereno
2442	69	410	no conocido	posible terpeno, con concentrados 191, 231
2453	69	?	no conocido	concentrado 231
2478	81	410	no conocido	concentrados 149, 177 insaturado
2486	123	410	no conocido	
2507	69	410	$C_{30}H_{50}$ sanaleno	
2522	69	410		posible triterpano, con concentrado 191
2534	231	231	no conocido	posible metil estereno
2551	252	252	$C_{20}H_{12}$ PNA	posible benzo pireno

Características geoquímicas de los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco

Scan Nº	Pico Base (u.m.a)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
2556	69	410		posible triterpeno, con concentrado 191
2608	69	410		posible $C_{30}H_{50}$ triterpano
2624	123	?	no conocido	
2648	107	?	no conocido	
2666	69	?	no conocido	posible triterpano
2681	69	380	no conocido	
2691	55	364	no conocido	concentrado 211
2699	57	?	no conocido	concentrados 109, 191, 204
2707	211	364	no conocido	
2732	69	410	no conocido	posible triterpano, concentrado 191
2747	211	366	no conocido	
2762	211	366	no conocido	
2814	69	378	no conocido	concentrado 191
2826	69	?	no conocido	
2901	69	378	no conocido	concentrado 211
2119	55	378	no conocido	concentrado 211
3016	109	?	no conocido	concentrado 191
3023	57	?	no conocido	concentrado 295
3060	57	426		posible $C_{31}H_{54}$ triterpano
3174	69	?	no conocido	
3263	69	?	no conocido	
3490	57	442	no conocido	posible cíclico, insaturado

en el rango C_{10} a C_{26} , siendo estos identificados por el espectro de masa de sus ésteres metílicos (Tabla 7, estación 22). Estos n-ácidos grasos señalan que las muestras tienen una distribución de mezcla homóloga; predominantemente con origen marino y terrestre más reciente, en contraste con la fosa de Cariaco donde primariamente es de origen marino (autóctono) con condiciones menores de lípidos terrestres, los cuales han sido reportados por SIMONEIT, 1975 1978b. En general, la distribución bimodal en los sedimentos de la fosa de Cariaco caen en el rango $n-C_{12}$ a $n-C_{20}$, lo que es indicativo de origen de flora planctónica natural (innata) la cual también puede ser bacterial y algal. En el golfo de Cariaco, las muestras exhiben un máximo alrededor de $n-C_{14}$ (estación 5) ó $n-C_{16}$ (todas las otras estaciones). La distribución de los ácidos grasos con altas concentraciones en la extremidad ($n-C_{24}$ a $n-C_{26}$) de estos sedimentos son indicativos de una contribución típica derivada de la parafina de las plantas superiores, con máximo usualmente en $n-C_{24}$ (estaciones 5, 13, 21 y 31) o $n-C_{26}$ (estaciones 22, 27 y 34) comparable con la distribución bimodal de los ácidos carboxílicos en los sedimentos de la fosa de Cariaco, reportados por SIMONEIT (1975).

La Tabla 7, resume el contenido de los ácidos grasos saturados e insaturados, con índice CPI = 2,21 a 8,48, lo cual sugiere que en éstos sedimentos la energía biogénica recibida, es de origen terrestre. Estas diferencias podrían ser atribuidas al balance en la producción marina, entre la actividad microbial "in situ" y el aporte continental de los sedimentos originados de parte del río Manzanares.

Los pigmentos tales como clorines y carotenos fueron también encontrados en una concentración relativamente alta en las fracciones ésteres metílicos de los ácidos grasos ($CH_2 Cl_2$, Tabla 8).

Los datos del GC-MS para los ésteres metílicos de los ácidos grasos (EMAG) de la estación 22, (Tabla 8) muestran que la distribución es bimodal con rango desde C_{10} a C_{32} con alta concentración en $n-C_{16}$ como máximo, metil palmitato ($C_{17}H_{34}O_2$) y un ácido graso insaturado $C_{16:1}$, metil palmitoleato. El espectro de masa señala altos valores con el barrido del espectro de masa, el pico base y el ión molecular (M^+), Tabla 8 en $n-C_{14}$, ($C_{15}H_{30}O_2$) o $n-C_{15}$ y $n-C_{24}$ ($C_{25}H_{50}H_2$), $n-C_{26}$

($C_{27}H_{54}O_2$) a $n-C_{28}$ ($C_{29}H_{58}O_2$), como ésteres metílicos. La presencia de $n-C_{18}$ isorpeno cetona, la cual fue identificada en todas las muestras podría ser un producto

de la oxidación microbial del fitol, originalmente derivada de la clorofila (IKAN et-at, 1973; SIMONEIT, 1978a).

TABLA 6 CONCENTRACION DE LOS ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS (EMAG) $\mu\text{g/g}$

Stat.	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	Iso-preno cetona C_{18}	C_{16}	C_{17}
5	0,2431		3,1552	0,0599	5,0019	0,1558	—o—	3,7369	0,0796
13	0,1565		0,9028	0,0960	2,9158	0,2596	0,3083	4,3785	0,2321
21	1,6023		4,2778	0,6673	30,7932	2,4907	1,1321	72,8313	1,9319
22	0,8697		1,9201	0,7506	12,3336	2,3059	1,1451	32,6706	1,6278
27	1,3990		3,6766	0,9505	13,2042	2,3047	0,9512	22,5434	1,3868
31	0,7796		1,9686	0,9505	16,2935	3,3945	0,8325	27,2304	1,3875
34	0,4221		1,0885	0,5594	4,3660	2,0009	0,3180	9,9788	0,6976
Stat.	C_{18}	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}
5	0,6323	0,0986	0,1879	0,0840	0,1918	—o—	0,4973	—o—	—o—
13	0,9566	0,1605	0,3276	0,4440	0,3592	0,1648	0,5788	—o—	0,5680
21	12,3378	2,2858	8,1347	2,3371	10,6732	2,6486	22,6460	—o—	10,5439
22	5,7740	2,5867	3,9098	2,0979	8,6185	2,7166	20,1460	4,6899	20,8780
27	3,9529	1,9853	2,4166	1,8079	2,0141	1,0025	2,1418	1,5436	5,2419
31	6,5211	1,6745	3,0699	1,6645	3,9078	1,8143	7,4941	2,3466	9,2434
34	3,3584	0,5293	11,3980	0,6269	1,8356	0,8263	3,4818	1,0905	4,4878

TABLA 7 CONCENTRACION DE ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS (EMAG) SATURADOS E INSATURADOS CON ALTO Y BAJO PESO MOLECULAR

Stación	Extracto total (SH_2CL_2) EMAG ($\mu\text{g/g}$)	Extracto total (hexano) EMAG ($\mu\text{g/g}$)	Pigmentos Clorinas, Porphirinas EMAG ($\mu\text{g/g}$)	EMAG (%)	$\frac{C_{14} + C_{16}}{C_{24} + C_{26}}$	CPI $C_{19} - C_{27}$
5	42,33	10,00	32,33	23,63	17,7	6,58
13	167,52	15,13	152,02	9,03	7,7	2,66
21	1.418,93	443,82	889,86	31,28	3,2	8,48
22	1.076,76	145,09	931,67	13,47	1,1	4,96
27	1.475,36	190,89	1.264,67	13,01	4,8	2,21
31	1.368,44	172,54	1.195,90	12,61	2,6	3,56
34	678,66	62,79	615,87	9,25	1,8	3,99

$$\text{CPI} = \frac{2 \sum_{20}^{26} \text{par}}{\sum_{19}^{25} \text{impar} + \sum_{21}^{27} \text{impar}}$$

TABLA 8 ESTERES METILICOS DE LOS ACIDOS GRASOS POR EL ESPECTRO DE MASA-CROMATOLOGRAFIA DE GAS (GS-MS) EN LA ESTACION 22

Scan Nº	Pico Base (u.m.a.)	Ión Molecular (u.m.a.)	Identificación	Comentarios
354	67	140	no conocido	posible $C_7H_8O_3$ 3-etil 1-4 2,5 furadione
402	83	155	no conocido	
458	83	184	no conocido	
511	74	186	$C_{11}H_{22}O_2$	caprato
648	67	166	no conocido	posible mezcla
752	74	214	$C_{13}H_{26}O_2$	laurato
899	74	228	$C_{14}H_{28}O_2$ tridecanato	
966	101	(186)		posible $C_{11}H_{22}O_2$, ácido 3,6 dioctanóico
997	74	242	no conocido	$C_{15}H_{30}O_2$, metil ester
1053	74	242	$C_{15}H_{30}O_2$ meristato	
1134	87	270	no conocido	
1151	74	256	$C_{16}H_{32}O_2$ ester	
1162	74	256	$C_{16}H_{32}O_2$	posible, ácido 12-tetra decanóico
1206	72	256	$C_{15}H_{32}O_2$	pentadecanato
1237	58	?	no conocido, cetona	posible isoprenoide cetona
1321	55	268	$C_{17}H_{32}O_2$, $C_{16:1}$ palmitato	
1363	74	270	$C_{17}H_{34}O_2$ palmitato	
1457	74	284	$C_{18}H_{36}O_2$	
1467	74	284	$C_{18}H_{36}O_2$	
1508	74	284	$C_{18}H_{36}O_2$; heptadecanoato	
1579	85	278	no conocido	
1600	74	282	no conocido	posible $C_{18}H_{33}O_2$ insaturado
1609	55	296	no conocido	posible $C_{19}H_{36}O_2$ ácido 6-octadecanóico
1617	74	326	no conocido	posible ácido isoprenoide, $C_{21}H_{42}O_2$
1654	74	298	$C_{19}H_{38}O_2$, estearato	
1724	57	294	no conocido	
1792	74	312	$C_{20}H_{40}O_2$; monadecanoato	
1856	149	322	$C_{18}H_{36}O_5$ buotoxaetil butil taflato	
1927	74	326	$C_{21}H_{42}O_2$ arachidato	
1935	99	?	no conocido	
1984	145	?	no conocido	
2056	74	340	$C_{22}H_{44}O_2$ heneicosanoato	
2181	74	354	$C_{23}H_{46}O_2$ behenato	
2301	74	368	$C_{24}H_{48}O_2$ tricosanoato	
2419	74	384	$C_{25}H_{50}O_2$ lignocerato	
2528	74	396	$C_{26}H_{52}O_2$	
2652	74	410	$C_{27}H_{52}O_2$ cerotato	
2794	74	424	$C_{28}H_{56}O_2$	
2976	74	438	$C_{29}H_{58}O_2$	
3194	74	452	$C_{30}H_{60}O_2$	
3497	74	466	$C_{31}H_{62}O_2$	
3818	74	480	$C_{32}H_{64}O_2$	
3878	74	?	no conocido	concentrado 98
4260	74,86	494	$C_{33}H_{66}O_2$	
4339	57	?	no conocido	concentrado 69, 82, 96

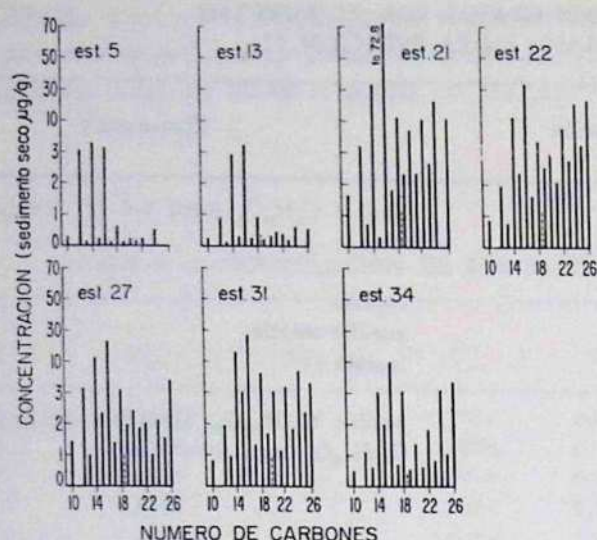


Fig. 5: Diagramas de distribución para los ésteres metílicos de los ácidos grasos (EMAG) $n\text{-C}_{10}$ — $n\text{-C}_{26}$ (iso-preno cetona).

Los datos de los hidrocarburos y de los ácidos grasos se complementan los unos con los otros. De ese modo la distribución de las muestras de estos hidrocarburos en el golfo de Cariaco indican que tienen un típico origen biogénico mezclado marino y terrestre.

4. Fracción de isótopos de carbono, nitrógeno y azufre.

La composición elemental e isotópica de la materia orgánica de siete diferentes estaciones se detallan en las Tablas 9 y 10.

Los valores para la materia orgánica de $\delta^{13}\text{C}$ -19,0 a $-22,0\text{‰}$ en estos sedimentos son similares, excepto en

la estación 21, la cual es más positiva. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en los sedimentos del golfo de Cariaco caen todos entre los dos valores extremos ($-20,0$ a $-26,0\text{‰}$), reportados para sedimentos de los ambientes marinos y se asemejan a los valores obtenidos para la materia orgánica de origen planctónico, $\delta^{13}\text{C}$ $-18,0$ — $-22,0\text{‰}$ (FRY, et al 1977, y PETERS, et al, 1978). Estos valores son comparables a aquellas medidas usadas para los sedimentos de la fosa de Cariaco $-20,5$ a $22,3\text{‰}$ (MCLVER, 1973) y el valor $-20,5\text{‰}$ (PETERS, et al., 1978). Los sedimentos del golfo de México y el Atlántico Occidental: ($-21,9$ a $26,3\text{‰}$; KOONS, 1970), plataforma continental occidental ($-19,0$ a $-25,5\text{‰}$; HEDGES & PARKER, 1976); Noreste del golfo de México ($-20,0$ a $24,1\text{‰}$; GEARING et al., 1976). Los valores encontrados en los sedimentos del golfo de Cariaco son más positivos que los valores $\delta^{13}\text{C}$ ($-26,7$ a $-29,8\text{‰}$) del Mar Negro, lo cual indica un origen no marino (SIMONEIT, 1978b) y también son más positivos que los valores en el extracto benceno-metanol ($-30,0$ a $-41,6\text{‰}$) de los sedimentos del lago de Maracaibo; Battelle Memorial Institute (1974).

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ $-0,13$ a $+3,13\text{‰}$, para los sedimentos del golfo de Cariaco caen en el rango de $\delta^{15}\text{N}$ ($-2,0$ a $+8,0\text{‰}$) para los sedimentos oceánicos. Estos valores son más negativos que los valores $\delta^{15}\text{N}$ ($3,2$ a $9,9\text{‰}$) reportados por PETERS et al, (1978) para las costas occidentales de Norte América, pero son comparables a los valores $\delta^{15}\text{N}$ ($1,8$ a $4,5\text{‰}$) para la fosa de Cariaco y sugieren que el origen del uno o del otro es terrestre o el nitrógeno es fijado por los organismos.

TABLA 9 DATOS DE LA COMPOSICION ELEMENTAL EN EL ANALISIS DE LA LA FRACCION ISOTOPICA

Estación	Composición Elemental					Peso de las Razones						Datos de Isótopos		
	C %	N %	C (µmol)	N (µmol)	S %	C/N	C/S	N/C	N/S	S/C	S/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
5	1,08	0,101	206,32	8,32	0,23	10,7	4,69	0,094	0,44	0,216	2,28	-21,97		-19,06
13	0,43	0,042	92,87	3,89	0,71	10,2	0,61	0,098	0,06	1,65	16,9	-21,15	-0,13	-29,27
21	7,98	0,703	327,16	12,36	1,71	11,4	4,67	0,088	0,41	0,214	2,43	-19,00	+3,13	-22,01
22	5,87	0,350	321,57	8,20	11,74	16,8	3,37	0,060	0,20	0,296	4,97	-20,66	+2,58	-25,12
27	5,64	0,663	320,74	16,16	3,02	8,5	1,87	0,118	0,22	0,536	4,56	-20,40		-25,74
31	3,26	0,320	144,59	6,10	2,08	10,2	1,57	0,098	0,15	0,638	6,50			-24,29
34	4,31	0,450	738,57	33,40	9,94	9,6	1,47	0,104	0,15	0,682	6,53	-20,75	+2,99	-20,44

Los valores $\delta^{34}\text{S}$ ($-19,6$ a $-29,3\text{‰}$) en los sedimentos del golfo de Cariaco tienen una distribución isotópica que está en el rango para los sedimentos marinos de $-19,3$ a $-26,7\text{‰}$ (GOLDHABER & KAPLAN, 1974).

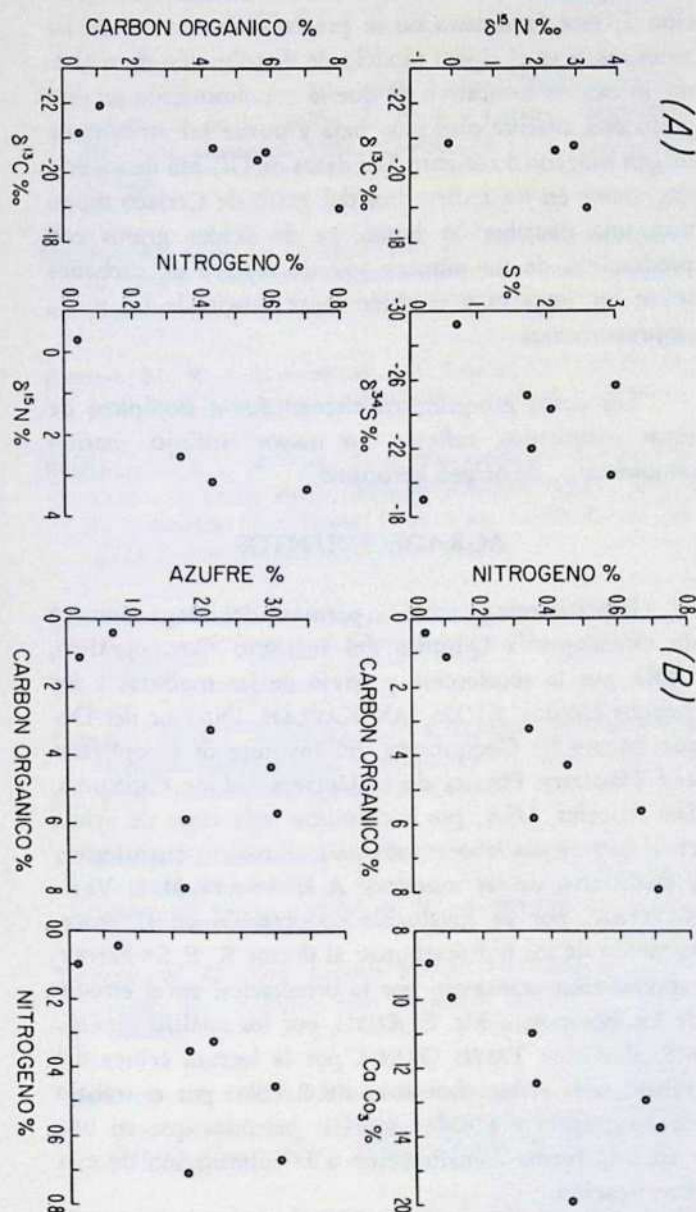


Fig. 6: a & b. Representa separadamente las correlaciones gráficas de la fracción isotópica (‰) de $\delta^{15}\text{N}$ vs $\delta^{13}\text{C}$; $\delta^{34}\text{S}$ vs S (%); $\delta^{13}\text{C}$ vs C (%); $\delta^{15}\text{N}$ vs N (%); N (%) vs C (%), y N (%) vs CaCO_3 (%).

Las figuras 6 a y 6 b exhiben las representaciones gráficas separadas de $\delta^{15}\text{N}$ vs. $\delta^{13}\text{C}$; $\delta^{34}\text{S}$ vs. S (%); $\delta^{13}\text{C}$ vs. C (%) y $\delta^{15}\text{N}$ vs. N (%). Sin embargo no parece haber correlación entre $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, pero la composición isotópica de cada uno de los elementos aparecen correlacionada con la cantidad existente en el sedimento (excepto el azufre para la estación 5). Con respecto a la materia orgánica (carbono y nitrógeno), la concentración y la composición química de los sedimentos es controlada por la contribución de los orígenes autóctonos y aloctóneos (KOYAMA, 1976) BONILLA & LIN (1979) creen que la alta concentración de la materia orgánica en los sedimentos del golfo es una consecuencia de la alta productividad primaria ($3,75\text{gC/m}^2\text{día}$; CURL, 1960), de los efectos bioecológicos y de la surgencia imperante en este golfo.

Por esta razón, el alto contenido de carbono y nitrógeno en los sedimentos podrá tener correlación con un mayor origen marino dominante. Esto aparenta estar reflejado en las gráficas del contenido de cada uno de estos elementos. La realidad, es que una sola correlación $\delta^{15}\text{N}$ vs. $\delta^{13}\text{C}$ es así pobre para cada muestra. Si la muestra con bajo contenido de materia orgánica contiene carbono y nitrógeno de origen predominantemente terrestre, entonces, las razones de los isótopos para este material podrían ser más negativos que -26‰ y 0‰ respectivamente. Las muestras con un alto contenido de materia orgánica deberán contener carbono y nitrógeno con un origen predominantemente marino. La razón de los isótopos de la materia orgánica en el golfo de Cariaco debería ser cerca de $-19,0$ a $+3,0\text{‰}$ para C y N, respectivamente.

TABLA 10. RAZONES DE LA MATERIA ORGÁNICA

	Máximo	Mínimo	Promedio
C/N	16,8	8,5	11,1
+C/N	29,0	12,0	13,8
*C/N	20,9	7,7	12,2
N/C	0,12	0,06	0,09
S/C	1,65	0,21	0,61
S/N	16,9	2,28	6,3
*N/P	6,3	0,29	2,9
*Carbohidratos	3,5	1,30	2,6
Carbón orgánico			
*Proteínas	25,5	16,0	23,5
Nitrógeno Orgánico			

* = BONILLA & LIN (1979).

+ = ROA-MORALES & OTTMANN (1961).

Además, en apoyo del argumento expresado en cuanto a que el alto contenido de la materia orgánica de los sedimentos del golfo se debe a la gran contribución marina, es la correlación entre el contenido del carbonato de calcio y la materia orgánica (Fig. 6b N % vs. CO₃Ca%), la cual presenta correlación parecida al carbono y nitrógeno lo que corrobora el mayor influjo marino. La correlación entre el contenido de azufre y $\delta^{34}\text{S}$ se debe a una causa independiente. Si la rata o proporción de sedimentación en los diferentes sitios del golfo de Cariaco son equivalentes, entonces el alto contenido de azufre debería ser inferior a las elevadas tasas de reducción bacteriana del sulfato. El factor de fracciónación para la reducción del sulfato es amplio para las lentas tasas de reducción (GOLDHABER & KAPLAN, 1974, 1975). Por ésto, los sedimentos con bajo contenido de azufre deberían ser más negativos el $\delta^{34}\text{S}$ (Fig. 6a).

En general, los datos geoquímicos de isótopos de estos sedimentos muestran que la cantidad total de materia orgánica depositada contiene significativos influjos autóctonos. Una cantidad representativa de contenido de hidrocarburos y ésteres metílicos de los ácidos grasos (EMAG) es medida por cromatografía de gas (GC) y (GC-MS) originados de la energía recibida de génesis biogénica continental (higher plant wax) y pueden ser transportadas al golfo de Cariaco por el movimiento de los vientos alisios del noreste.

Los datos geoquímicos además indican diferencias más concluyentes de acuerdo con los orígenes de la materia orgánica, ya sea marina y terrestre en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco. Esto ha sido comprobado por la fraccionación isotópica, la cromatografía de gas (GC) y el espectro de masas - Cromatografía de Gas (GC-MS) de los hidrocarburos y los ácidos grasos.

CONCLUSIONES

Los cromatogramas y los histogramas representativos de alcanos en los sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, se asemejan generalmente a una distribución bimodal típica de mezcla de orígenes autóctonos y alóctonos.

Hay una evidencia clara del transporte de n alcanos desde el continente con predominancia de carbonos impares en todas las estaciones. Por otra parte la alta

denominancia de n-alcanos de carbonos pares e impares de n-C₁₇ a n-C₂₁ es indicativo de un origen biogénico marino.

En estos sedimentos, el pristano y el fitano están generalmente ausentes o presentes en bajas concentraciones. Los cromatogramas muestran una estrecha mezcla compleja no resuelta (UCM) en la muestra de la estación 5; este fenómeno no se presenta en el resto de las muestras, y es el típico modelo de distribución de n-alcano, lo cual es indicativo de que la contaminación en este golfo está ausente o es muy baja y puede ser atribuido a origen biogénico reciente. Los datos de GC-MS de los ácidos grasos en los sedimentos del golfo de Cariaco muestran una distribución homóloga de ácidos grasos con predominio de un número par de átomos de carbonos sobre los impares y también la presencia de un n-C₁₈ isopreno cetona.

Los datos geoquímicos elementales e isotópicos de estos sedimentos, reflejan un mayor influjo marino dominante de origen autóctono.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis gracias al personal del Departamento de Oceanografía Química del Instituto Oceanográfico, UDO, por la recolección y envío de las muestras a los Estados Unidos. Al Dr. IAN KAPLAN, Director del Departamento de Geoquímica del Institute of Geophysics and Planetary Physics de la Universidad de California, Los Angeles, USA, por facilitarme toda clase de ayuda en el uso de sus laboratorios para el análisis cuantitativo y cualitativo de las muestras. A la doctora M. I. VENKATESAN, por su invaluable cooperación en el procesamiento de los hidrocarburos; al doctor R. E. SWEENEY, especial reconocimiento por la orientación en el estudio de los isótopos; a Mr. E. RUTH, por los análisis de GC-MS, al doctor TAIZO OKUDA por la lectura crítica del trabajo, a la señora LOURDES DE RIVERO por el trabajo mecanográfico y a todas aquellas personas que en una o en otra forma contribuyeron a la culminación de esta investigación.

REFERENCIAS

- BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE. 1974. Study of effects of oil discharges and domestic and industrial wastewater on the fisheries of Lakes Maracaibo, Venezuela. *Pac. NW Lab Rept*; 99 pp.

- BENÍTEZ, A. J. 1974. Golfo de Cariaco Cap. 8 de revisión de los datos oceanográficos en el mar Caribe Suroriental, especialmente en el margen continental de Venezuela. *Cuadernos Azules* Nº 15 Com. Org. III Conf. N. U. Der. Mar Caracas; 110-126.
- BONILLA, R. J., M. I. VENKATESAN., R. E. SWEENEY & I. R. KAPLAN. 1978, Organic Geochemistry of surface sediments from the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Inst Geoph. & Planet. Physics, Univ. Calif. U.S.A.* pp. 32
- BONILLA, R. J. & A. L. LIN. 1979. Materia Orgánica en los sedimentos de los golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 18 (1 & 2): 37-52, 19 figs.
- BLUMER, M. & W. D. SYNDER 1965. Isoprenoid hydrocarbons In Recent sediments: Presence of pristane and probable absence of phytane. *Science* 150; 1588-1599.
- BLUMER, M., R. R. L. GUILLAR & T. CHASE. 1971. Hydrocarbons of marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 8: 183-189.
- BRENNER, S., I. R. KAPLAN, M. I. VENKATESAN., J. R. BONILLA & E. RUTH 1978. Characterization of organic matter in sediments from Lower Cook Inlet. *IGPP Report US Dept. Comm., NOAA April*, 29, 1978.
- CURL, H., JR. 1960. Primary production measurements in the north coastal waters of South America, *Deep. Sea Res.* 7 183-189.
- CLINE, J. D. & I. R. KAPLAN. 1975. Isotopic fractionation of dissolved nitrate during denitrification in the eastern tropical North Pacific Ocean. *Mar. Chem.* 3; 271-299.
- DEGENS, E. T. 1969. Biogeochemistry of stable carbon isotopes. In (Ed. G. Eglinton & M. T. J. Murphy) *Organic Geochemistry*, Springer-Verlag. N. Y., pp. 304-328.
- DEUSER, W. G. 1973. Cariaco Trench: Oxidation of organic matter and residence time of anoxic water *Nature* 242; 601-603.
- EGLINTON, G. 1969. Organic Geochemistry. The organic chemist's Approach, (In Ed. Eglinton & M. T. J. Murphy) *Organic Geochemistry*, Springer-Verlag N. Y., pp. 20-73.
- EGLINTON, G., J. R. MAXWELL & R. P. PHILIP 1974. Organic geochemistry of sediments from contemporary aquatic environments, (ed. B. Tissot and F. Biennet) *Advances in Organic Geochemistry* 1973, Editions Technip, pp. 941-961.
- EHRHARDT, M. & M. BLUMER 1972. The source identification of marine hydrocarbons by gas chromatography. *Env. Poll.* 3; 179-194.
- FARRINGTON, J. W. & B. W. TRIPP 1975. A comparison of analysis methods for hydrocarbons in surface sediments. (Ed. T. M. Church), *Marine Chemistry in Coastal Environments*, American Chem. Soc., Washington, D. C., pp. 267-284
- FARRINGTON, J. W. N. M. FREW, P. M. GSCHEND & B. W. TRIPP 1977 a. Hydrocarbons in cores of northwestern Atlantic coastal and continental margin sediments. *Estuar & Coastal Mar. Sci.* 5; 793-808.
- FRY, B., S. R. SCALAN & P. P. PARKER 1977. Stable carbon isotope evidence for two sources of organic matter in coastal sediments, seagrasses and plankton. *Geochim. Cosmochim. Acta* 41; 1875-1877.
- GADE, H. G. 1961 a. On the hydrographic condition in the Gulf of Cariaco, during the months from May to November, 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* (1): 21-46.
- . 1961 b Further hydrographic observation in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulation and water exchange. *Ibid.*, 1 (2): 359-395.
- GEARING, P. J. 1975. Stable carbon isotope ratios of continental margin sediments. Ph. D. Thesis, The University of Texas, Austin.
- GEARIN, P. J., J. N. GEARING, T. F. LYTLE & J. S. LYTLE 1976. Hydrocarbons in 60 northeast Gulf of Mexico shelf sediments: A preliminary survey. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 40; 1005-1017.
- GOLDBABER, M. B. & I. R. KAPLAN 1974a. The Sulfur Cycle, In: *The Sea*, (Ed. Goldeberg, John Wiley and Sons). *Marine Chemistry*, Inc. 5: 569-655.
- . 1975. Controls and consequences of sulfate reduction rates in Recent marine sediments. *Soil Sci.* 119 (1) 42-55.
- GOUTX, M., & SALIOT A. 1980. Relationship between dissolved and particulate fatty acids and hydrocarbons, chlorophyll and zooplankton biomass in Vellefranche Bay, Mediterranean Sea. *Mar. Chem.*, 8: 299-318.
- HARE, P. E. 1973. Amino acids, amino sugar and ammonia in sediments from the Cariaco Trench. *Deep-Sea Drilling Project Vol. 20*, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- HEDGES, J. I. & P. L. PARKER 1976. Land-derived organic matter in surface sediments from the Gulf of Mexico. *Geochim. Cosmochim. Acta* 40; 1019-1029.
- HOERING, T. C. 1973. Characterization of the organic matter in a site 147 core from the Cariaco Trench. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. 20*, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.

- IKAN, R., M. J. BAEDECKER & I. R. KAPLAN 1973. C_{18} -isoprenoid ketone in Recent marine sediments. *Nature* 244; 154-155.
- ILIFFE, T. M. & J. A. CALDER 1974. Dissolved hydrocarbons in the eastern Gulf of Mexico, Loop Current, and the Caribbean Sea. *Deep-Sea Res.* 21; 481-488.
- ISHIWATARI, R. B. G. ROHRBACK & I. R. KAPLAN 1978. Hydrocarbon generation by thermal alteration of kerogen from different marine sediments. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 62; 687-692.
- JOHNSON, R. W. & J. A. CALDER 1973. Early diagenesis of fatty acids and hydrocarbons in a salt marsh environment. *Geochim. Cosmochim. Acta* 37; 1943-1955.
- KAPLAN, I. R., J. W. SMITH & E. RUTH 1970. Carbon and sulfur concentration and isotopic composition in Apollo 11 lunar samples. In: *Proc. Apollo 11 Lun. Sci. Conf.* 2, *Geochim. Cosmochim. Acta Suppl.* 1,2; 1317-1329.
- KAPLAN, I. R., P. MANKIEWIDZ, W. E. REEL, M. SANDSTROM & M. I. VENKATESAN 1976. *Annual Report to SAI, Inc. for Southern California Bight Program, BLM, Vol. III, Report 3.1.*; 105 pp.
- KAPLAN, I. R., W. E. REED, M. W. SANDSTROM & M. I. VENKATESAN 1977. Characterization of organic matter in sediments from Gulf of Alaska, Bering and Beaufort Seas. *Annual Report to U.S. Dept. of Commerce, NOAA.*
- KAPLAN, I. R., M. I. & VENKATESAN, S. BRENNER, J. R. BONILLA, D. MEREDITH, V. MEYERS, B. HADDAD 1978. High molecular weight hydrocarbons in the sediments. *Annual Report to SAI, Inc. for BLM, Vol. III Section 5.*
- KAPLAN, I. R., M. I. VENKATESAN, S. BRENNER, J. R. BONILLA & E. RUTH 1978a. Hydrocarbons in cores of southern California Bight Sediments. *Annual Report to SAI, Inc. for Bureau of Land Management, Vol. II, Sect. 5.2.*
- KOLLATTAKUDY, P. E. & T. J. WALTON 1973. The biochemistry of plant cuticular lipids. In: R. D. Holman (Ed), *Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids Vol. XIII, part. 3*, Pergamon Press, N. Y.; 121-175.
- KOONS, C. B., G. W. JAMIESON & L. S. CIERESKO 1965. Normal alkane distribution in marine organisms, possible significance to petroleum origin. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 49; 975-983.
- KOONS, C. B. 1970. Organic geochemical analyses of four Gulf of Mexico and Western Atlantic sediment samples. *Geochim. Cosmochim. Acta* 34; 1353-1356.
- KOYAMA, T. 1976. Vertical profile of microbiological decomposition rate for organic matter in lake sediments from the viewpoint of methane fermentation. *Geochem. J.* 10; 97-102.
- LIJMBACH, G. W. M. 1975. On the origin of petroleum. *Proc. Sth World Pet. Cong.* 2; 357-369.
- MATSUDA, H. & T. KOYAMA 1977. Early diagenesis of fatty acids in lacustrine sediments. I: Identification and distribution of fatty acids in Recent sediments from a freshwater lake. *Geochim. Cosmochim. Acta* 41; 777-783.
- MCIVER, R. D. 1973. Cyclical geochemical properties of organic matter in Cariaco Basin core-Leg 15, Site 147, pp. 935-936. In: *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project 20*, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- NISSENBAUM, A. & I. R. KAPLAN 1972. Chemical and isotopic evidence for the *in situ* origin of marine humic substances. *Limnol. & Oceanogr.* 17; 570-582.
- OKUDA, T., J. R. BONILLA & A. J. GARCÍA. 1974. Algunas características bioquímicas en el agua de la fosa de Cariaco. *Bo. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 13; 163-174.
- OKUDA, T., J. BENÍTEZ A., J. BONILLA R., & G. CEDEÑO, 1978. Características hidroquímicas del golfo de Cariaco, Venezuela. *Ibid.*, 17 (1 & 2): 69-88.
- OKUDA, T., A. GARCÍA, B. GAMBOA & E. FERNÁNDEZ, 1978. Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánico en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Ibid.*, 17 (1 & 2): 89-104.
- PALACAS, J. G., P. M. GERRILD, A. H. LOVE & A. A. ROBERTS. 1975. Baseline concentrations of hydrocarbons in barrier island quartz sand, Northeastern Gulf of Mexico. *Geol.* 4; 81-84.
- PETERS, K. E., E. E. SWEENEY & I. R. KAPLAN. 1973. Correlation of carbon and nitrogen stable isotope ratios in sedimentary organic matter. *Limnol. & Oceanogr.* 23 (4): 598-604.
- RICHARDS, F. A. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the North Coast of South America. *Deep-Sea Res.* 7; 163-182.
- . 1975. The Cariaco Basin (trench). *Oceanogr. & Mar. Biol. Ann. Rev.* 13; 11-67.
- REEBURGH, W. 1976. Methane consumption in Cariaco Trench water and sediments. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 28; 337-344.

- REED, W. E., I. R. KAPLAN, M. SANDSTROM & P. MANKIEWICZ. 1977. Petroleum and anthropogenic influence on the composition of sediments from the Southern California Bight. *Proc. 1977 Oil Spill Conf.*, New Orleans, Louisiana, 183-188.
- ROA-MORALES, P. & F. OTTMANN 1961. Primer estudio topográfico y geológico del golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 1; 5-20.
- SIMONEIT, B. R. T. 1975. Sources of organic matter in oceanic sediments. PHD. Thesis, University of Bristol, England; 300 pp.
- SIMONEIT, B. T. R. 1978a. The organic geochemistry of marine sediments, pp. 233-311. (In: Ed. J. P. Riley & R. Chester). *Chemical Oceanography*, Vol. 7, 2nd. Edition, Academic Press.
- SIMONEIT, B. R. T. 1978b. Terrigenous and marine organic markers in lipids of marine sediments. In: Ed. E. W. Baker), *Proc. Symp. on Organic Geochemistry of the Deep-Sea Drilling Project Sediments*, Science.
- SWEENEY, R. E., LIU, K. K. & KAPLAN, I. R., 1978. Oceanic nitrogen isotopes and their uses determining the source of sedimentary nitrogen. (In: Ed. B. W. Robinson), *Stable Isotopes in the Earth Sciences*. New Zealand Dep. Sci. Indust. Res., Wellington, DSIR, Bull, 200, pp. 9-26.
- SWEENEY, R. E., KALIL, JR. E. K., & KAPLAN I. R., 1980. Characterization of domestic and industrial sewage in Southern California coastal marine sediments using nitrogen, carbon, sulfur and uranium tracers. *Mar. Environ. Res.*, 3: 225-243.
- VENKATESAN, M. I. S. BRENNER, E. RUTH, J. R. BONILLA & I. R. KAPLAN. 1979. Hydrocarbons in agedated sediment core from two basins in the Southern California bight, *Geochim. cosmochim. Acta*.
- VENKATESAN, M. I. SANDSTROM, M. W. S. BRENNER, E. RUTH, J. R. BONILLA, I. R. KAPLAN & W. E. REED 1981. Organic Geochemistry of surface sediments from Eastern Bering, Sea The Eastern Bering Sea Shel. *Oceanography and Resources*. (Ed: E. Hood & J. Calder). Vol. 1.
- ZAFIRIOU, O. C. 1973. Petroleum hydrocarbons in Narragansett Bay II. Chemical and isotopic analysis. *Estuar & Coastal Mar. Sci.* 1; 71-79.

(Manuscrito recibido el 7 de marzo de 1982)

ALGUNOS ASPECTOS HISTOLOGICOS E HISTOQUIMICOS DE LA TUNICA DE *ASCIDIA NIGRA* (SAVIGNY, 1816).

EVA MARÍA BIALKO R.,** GILMA GRIMALDI DE JIMÉNEZ Y ANDRÉS A. MONTES M.

Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se estudió la túnica de *Ascidia nigra* por métodos histológicos e histoquímicos, con el objeto de conocer la anatomía de dicha estructura, así como las propiedades físico-químicas y reacciones de los tejidos que forman parte de ella, las cuales permiten determinar cualitativamente sus posibles componentes orgánicos. Las observaciones histológicas revelan que la túnica de la especie estudiada está formada por una matriz homogénea. Esta matriz rodea estructuras, tales como: 1) vasos sanguíneos, constituidos por una sola capa de células epiteliales, 2) cápsulas de forma oval o circular llenas de líquido, probablemente agua que representa el 95% de su peso seco y 3) células pigmentarias constituidas posiblemente por melanina, concentrada en su mayoría, hacia la superficie externa de la túnica. Además, se observaron células similares a fibroblastos del tejido conectivo.

Histoquímicamente se determinó que la túnica está constituida por mucopolisacáridos ácidos y por un carbohidrato similar a la celulosa de las plantas. Las células pigmentarias y las parecidas a fibroblastos están formadas posiblemente por una proteína que posee grupos sulfhidrilos. Las granulaciones presentes en estos tipos de células contienen melanina. Las proteínas también están presentes en las células epiteliales de los vasos sanguíneos. No se detectaron grupos α — aminoácidos libres, ni componentes lipídicos.

ABSTRACT: *Ascidia nigra* test was studied by histological and histochemical methods, with the purpose to know the anatomy of such a structure. It is possible by the physico-chemical properties and the reactions of the tissues which form it, to determine qualitatively its organic components. The histological observations reveal that the test is formed by a homogeneous matrix. This matrix surrounds certain structures, such as: 1) blood vessels formed by one layer of epithelial cells; 2) capsules, oval or circular, full of liquid (probably water) about 95% at its total weight, and 3) pigmentary cells. Melanine occurs towards the external surface of the test. Besides, we could observe that were similar to fibroblast of the connective tissue.

Histochemically we could determine that the test is formed by mucopolisaccharid acids and by a carbohydrate similar to the cellulose of plants. The pigmentary cells that are similar to fibroblast are probably formed by protein which has sulfhidriles groups. The granulations which were present in these types of cells contain melanine. The total number of proteins are evident in the epithelial cells of the blood vessels. Neither free α — amino acid groups, nor lipid components, were found.

INTRODUCCION

Ascidia nigra, es un tunicado de amplia distribución en las costas del oriente de Venezuela. Se han realizado estudios acerca de la morfología, hemarología, parámetros sanguíneos, análisis de las concreciones, histología del sistema nervioso y embriogénesis (BERMÚDEZ & GRIMALDI, 1975; VERDE DE MILLÁN, 1969; CAMINO, 1971; AVIS DE SANABRIA, 1973; GUZMÁN, 1972; BLANCO, 1973; MONTES & GRIMALDI, 1975).

Esta especie en su estado adulto es sésil, se caracteriza por presentar el cuerpo cubierto por una estructura saciforme de coloración negro-violácea, que corresponde a la túnica. El interés de estudiar esta estructura comenzó desde que se observó que en la túnica de las ascidias existe un carbohidrato semejante a la celulosa de las plantas (WINTERSTEIN, 1894; SEELIGER & HARTMEYER, 1911; SPENCE & RICHARDS, 1940; ENDEAN, 1955a); el cual se denominó tunicina (BERTHELOT, 1958) para así evitar confusiones con la celulosa.

** Dirección: IUTY El Ceibal; Chivacoa, Edo. Yaracuy, Venezuela.

El término "glicocáliz" (BENNET, 1953) se propuso para designar a todo manto extracelular compuesto en parte de azúcares complejos, tales como la membrana basal del tejido epitelial, la matriz de los tejidos conectivos y cartilaginosos, por lo tanto, la túnica de las ascidias se incluyó en este grupo por su contenido de tunicina (DECK *et al.*, 1966).

En cuanto al origen de la túnica aún no se ha determinado con exactitud como se forma. Se ha señalado que un alga simbiótica en lugar de las células animales, contribuye a la formación de la sustancia parecida a la celulosa (PRUVOT-FOL, 1952), otros autores mantienen el punto de vista, de que la epidermis origina el polisacárido (SAINT-HILAIRE, 1931; PERES, 1948a, 1948b). Se ha afirmado también que los vanadocitos secretan la tunicina (ENDEAN, 1955a). DECK *et al.*, (1966) mediante estudios autorradiográficos y de microscopía electrónica, llegaron a la conclusión de que las células epidérmicas son las responsables de la síntesis y secreción de la tunicina. SMITH (1970), mediante reacciones histoquímicas análogas de la epidermis y de la matriz de la túnica, apoyó la hipótesis de que la epidermis representa el mayor sistema de secreción de la túnica.

El objetivo de este trabajo fue analizar algunos aspectos histológicos e histoquímicos de la túnica de *Ascidia nigra*, con la finalidad de conocer la anatomía de dicha estructura, así como las propiedades físico-químicas y reacciones de los tejidos que forman parte de ella, las cuales permitan determinar cualitativamente sus posibles componentes orgánicos.

MATERIALES Y METODOS

El material de estudio consistió en ejemplares adultos de *Ascidia nigra*, que fueron colectados en Punta Carenero; al noreste de Cumaná, en el golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Se utilizó un total de veinte (20) especímenes adultos, los cuales se encontraron a profundidades variables entre 0,5 y 2 metros, adheridos por su base a substratos rocosos, pilotes de cemento y otros objetos. Los ejemplares colectados se mantuvieron vivos en acuarios, bajo condiciones de laboratorio similares a su medio ambiente. La preservación y fijación de los organismos se efectuó con formalina neutra buferizada al 10% y líquido de Bouin.

Para llevar a cabo el estudio histológico de la túnica se tomaron porciones de aproximadamente 1 cm², las cuales se habían fijado con formalina neutra y Bouin, durante 24 horas a temperatura ambiente. Este material posteriormente se lavó, deshidrató, clarificó e incluyó en parafina. Se hicieron cortes seriados de 8 micras de grosor, algunos de los cuales se colorearon con Hematoxilina-eosina y otros con tinciones especiales, tales como la coloración triple de Mallory y de la orceína.

La histoquímica de la túnica de *A. nigra* se estudió a través de cortes de tejidos fresco y cortes fijados en formalina neutra buferizada al 10%.

Para determinar los carbohidratos presentes en la túnica se utilizó la reacción del PAS (GRIDLEY, 1949). La presencia de celulosa se determinó por el método de JOHANSEN (1940). Los mucopolisacáridos ácidos se detectaron por los métodos del azul de Alcian, hierro coloidal y azul de toluidina (MCMANUS & MOWRY, 1960). Como reacciones bloqueantes se usaron la acetilación, desacetilación, metilación y demetilación (MCMANUS & MOWRY, 1960). Para la determinación de lípidos se utilizaron Sudán IV y Oil Red O (GOMORI, 1952).

Los métodos histoquímicos usados para demostración de sustancias de naturaleza proteica en la túnica fueron: el método del ferricianuro de potasio (CHEVREMONT & FEDERIC, 1943); el método del cloruro de mercurio/azul de bromofenol (BONHAG, 1955) y la reacción de la ninhidrina (MCMANUS & MOWRY, 1960).

La presencia de melanina fue detectada por el método del blanqueamiento (PEARSE, 1960).

Para la determinación del porcentaje de líquido presente en la túnica de *Ascidia nigra*, se tomaron 32,1 g de muestra y se deshidrató a una temperatura de 110°C, hasta obtener un peso constante.

RESULTADOS

La túnica de *Ascidia nigra* se presenta en una forma de estructura sacciforme de coloración negro-violácea que recubre el cuerpo. Hacia la región apical presenta dos aberturas denominadas sifones; siendo el inhalante o bucal curvado hacia adelante y el exhalante o cloacal, recto o curvado hacia atrás. La región basal está formada

por un estolón, mediante el cual se fija al substrato (Lám. I, Fig. 1). La superficie externa es lisa y sin adherencias extrañas. En la superficie interna se observan numerosos vasos sanguíneos que se encargan de la irrigación de la túnica (Lám. I, Fig. 2).

1. — HISTOLOGÍA DE LA TÚNICA DE ASCIDIA NIGRA

Los cortes histológicos de la túnica muestran la presencia de vasos sanguíneos, los cuales contienen en su interior células sanguíneas; además se observan células grandes aparentemente vacías; pigmentarias y un grupo de células de formas variadas con prolongaciones citoplasmáticas; todas estas estructuras rodeadas por un material amorfo o hialino, el cual se colorea en forma difusa con la orceína, pero no con el Mallory.

Los vasos sanguíneos que se extienden a través de toda la túnica, se encuentran bifurcados y terminan en unos bulbillos en forma de "botones", cerca del borde externo de la misma (Lam. I, Fig. 2). Cada vaso posee una capa de células epiteliales, las cuales, en su mayoría, están dispuestas en filas paralelas con respecto al eje mayor del vaso sanguíneo. Estas células presentan un citoplasma vacuolar y un núcleo central grande, elipsoide, con un nucleolo prominente.

Hacia la región más externa de la túnica se encuentran numerosas células pigmentarias, conteniendo gránulos elipsoidales, los cuales también pueden observarse aislados.

Desde el borde externo de la túnica hasta aproximadamente las tres cuartas partes hacia el borde interno se hace notable la presencia de unas células aparentemente vacías. Estas células en cortes transversales se observan de forma oval o circular, siendo de menos diá-

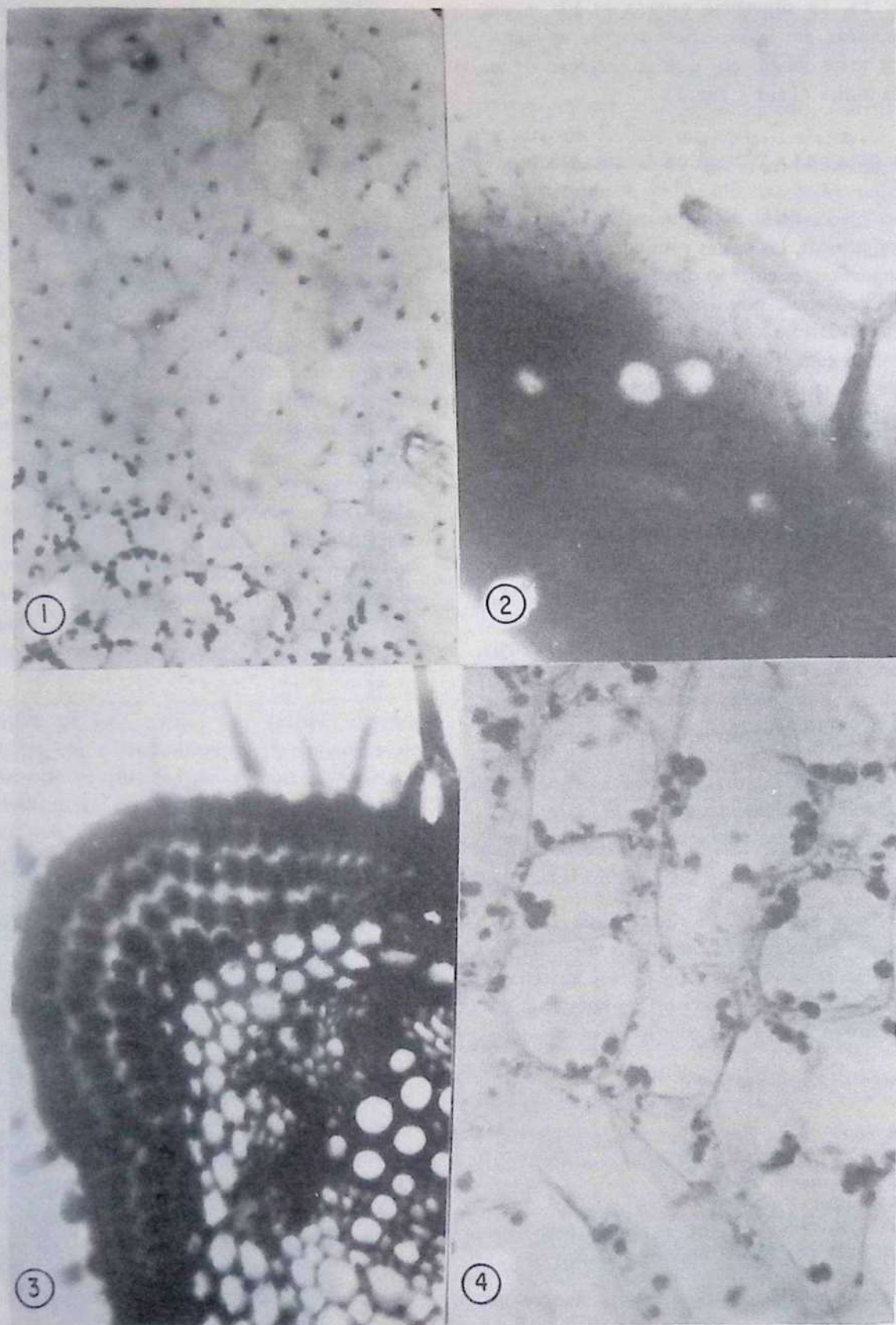
L A M I N A I

Fig. 1. *Ascidia nigra*: Adulto con túnica. Región apical con dos sifones:

- a) Sifón inhalante o bucal.
- b) Sifón exhalante o cloacal.
- c) Región basal formada por un corto estolón que permite la fijación del organismo al substrato.

Fig. 2. *Ascidia nigra*: Corte longitudinal de la túnica mostrando vasos sanguíneos hacia la superficie interna.
a) Vaso sanguíneo.





metro aquellas ubicadas justamente debajo del borde externo. No presentan organelas típicas de las células normales, y por lo tanto, pueden considerarse como "cápsulas" llenas de líquido transparente, posiblemente con gran contenido de agua. Estas células, las cuales descansan unas sobre otras se comprimen mutuamente, probablemente debido a la turgencia que presentan como resultado del líquido que contienen.

A través de la túnica, también se observan numerosas células de formas variadas, con prolongaciones citoplasmáticas y un núcleo ovoide, características que las asemejan a los fibroblastos del tejido conectivo de los vertebrados. Sin embargo, poseen granulaciones gruesas en su citoplasma, las cuales probablemente sean granulaciones pigmentarias constituidas por melanina.

2. — HISTOQUÍMICA DE LA TÚNICA DE ASCIDIA NIGRA

Determinación de carbohidratos. La matriz de la túnica de *A. nigra* da una reacción positiva para la coloración del PAS, siendo más intensa en las células epiteliales de los vasos sanguíneos y en las células parecidas a fibroblastos (Lam. II, Fig. 1). Esto indica que la matriz de la túnica de la especie estudiada está formada por un carbohidrato, el cual posee grupos activos de 1,2-glicol ó 1,2-aminohidroxi, y que dichos grupos son más numerosos en las células epiteliales de los vasos sanguíneos y en las células parecidas a fibroblastos.

Acetilación. La positividad de la reacción del PAS, mostrada por las estructuras de la túnica, en la forma mencionada anteriormente fue eliminada mediante el

tratamiento de los cortes fijados con una solución acetilante (anhídrido acético-piridina), durante 45 minutos. Esta negatividad en la coloración señala la ausencia de los grupos 1,2-glicol ó 1,2-aminohidroxi, los cuales son los que forman los grupos aldehídos al ser oxidados por el ácido peryódico.

Desacetilación. Los cortes de tejidos previamente acetilados y luego saponificados con una base débil (KOH al 0,1% en etanol de 70%), durante 30 minutos, indican la restauración de la coloración para la reacción del PAS; es decir, los grupos O acetil, formados durante la acetilación, fueron eliminados, restaurándose así los grupos 1,2 - glicol y 1,2 - aminohidroxi responsables de la coloración positiva del PAS. De esta manera, se puede decir que, el material que se coloreó con el PAS, tanto en el corte patrón como en el saponificado, pero no el acetilado, es un carbohidrato.

Con la solución de $KI-H_2SO_4$ al 70% se observa que la matriz toma una coloración azul intensa a medida que el ácido sulfúrico difunde desde uno de los bordes del cubreobjetos hacia el centro (Lam. II, Fig. 2). El mismo fenómeno se observa en el tejido vegetal utilizado como control (Lam. II, Fig. 3). Las demás estructuras integrantes de la túnica muestran una reacción negativa para dicha prueba.

La matriz con el azul de Alcian 8GX se colorea de azul turquí, lo que hace suponer que, dentro de esta región está presente un carbohidrato ácido o sea, un mucopolisacárido ácido que posee grupos carboxilos y posiblemente grupos sulfatos (Lam. II, Fig. 4). Con el método del hierro coloidal, la coloración de la matriz es azul intenso. Esto probablemente indica la presencia de un mucopolisacárido ácido que, preferiblemente posee grupos carboxilos en lugar de grupos sulfatos (Lam. III, Fig. 5). Con el azul de Toluidina O al 0,03% la matriz de la túnica se colorea en una forma metacromática o sea que toma una coloración rojo-violeta; mientras que las células parecidas a fibroblastos y las células epiteliales de los vasos sanguíneos lo hacen en una forma ortocromática; es decir, se colorean de azul (Lam. III, Fig. 6).

Los cortes tratados con azul de Alcian y hierro coloidal, cada uno en una forma combinada con la técnica del PAS, muestran diferencias entre las estructuras formadas por polisacáridos neutros (Lam. III, Fig. 7). Cada estructura se colorea de acuerdo a la afinidad para los

LAMINA II

Fig. 1. Corte de túnica de *Ascidia nigra*. Método del PAS (Acido peryódico-Schiff). Presencia de carbohidratos en la matriz de la túnica. 100X.

Fig. 2. Corte de túnica de *A. nigra*. Método del $KI-H_2SO_4$, para determinar la presencia de celulosa en la túnica 100X.

Fig. 3. Control. El método anterior usado en el tallo de *Coleus* sp. para demostrar la celulosa vegetal. 100X.

Fig. 4. Corte de túnica de *A. nigra*. Método del azul de Alcian, para demostrar la positividad de los mucopolisacáridos ácidos presentes en la túnica 100X.



colorantes utilizados. Sin embargo, en la matriz se puede notar la presencia de ambas coloraciones, lo cual indica que en dicha región están presentes los dos tipos de polisacáridos.

Metilación. La metilación de los cortes de túnica de *A. nigra* disminuye la intensidad de la coloración con el azul de Alcian, el hierro coloidal y el azul de Toluidina O, en un tiempo dependiente de la temperatura utilizada. Así se nota que, para la temperatura ambiente (25°C aproximadamente), la exposición de los cortes para la metilación efectiva fue de 16 horas, para la de 37°C, el tiempo de exposición se redujo a 4 horas y para la temperatura de 58°C, sólo 2 horas fueron necesarias para eliminar la coloración, por parte de la solución metilante. Por lo tanto, se nota que el alcohol metílico acidificado bloquea los grupos ácidos responsables de la coloración en forma directamente proporcional a la temperatura utilizada. La metilación señala así, la presencia de grupos ácidos dentro de la matriz de la túnica.

Demetilación. Mediante la demetilación se nota el retorno de la coloración azul de Alcian, hierro coloidal y azul de Toluidina, pero a nivel un poco menor que para los cortes patrones. Esto indicaría que, en la matriz de la túnica pueden estar presentes, tanto grupos carboxilos o fosforilos y grupos sulfatos. Los dos primeros serían responsables de la coloración restaurada mediante la saponificación, y los últimos, una vez eliminados mediante la metilación, no pueden ser restaurados mediante la saponificación. Ello explicaría en parte el retorno parcial de la coloración.

LAMINA III

- Fig. 5. Túnica de *A. nigra*. Método del hierro coloidal para demostración de mucopolisacáridos ácidos. 100X.
- Fig. 6. Túnica de *A. nigra*. Coloración metacromática con azul de toluidina para mucopolisacáridos ácidos, 100X.
- Fig. 7. Corte de túnica de *A. nigra*. Método del azul de Alcian-PAS, para demostrar la presencia de mucopolisacáridos ácidos. 450X.
- Fig. 8. Corte de túnica de *A. nigra*. Método del ferricianuro de potasio para demostrar la positividad de grupos sulfhidrilos en la túnica. 450X.

Determinación de Lípidos. Al utilizar el Sudán IV y Oil red O se puede evidenciar que tanto en los cortes de tejidos en fresco como en los parafinados, hay una ausencia total de lípidos.

Determinación de Proteínas. Con el método del ferricianuro las células pigmentarias, así como las parecidas a fibroblastos muestran la presencia de grupos sulfhidrilos, al tomar una coloración azul, la cual es característica para dicha prueba (Lam. III, Fig. 8). La presencia de estos grupos indica que las estructuras mencionadas anteriormente pueden estar formadas por una proteína en cuya cadena están la cistina o la cisteína. Sin embargo, es de notar que la melanina y la lipofucsina también reaccionan positivamente para esta prueba. Esto indicaría la posibilidad de que ambas estructuras estén formadas por algunos de los dos componentes.

Con el método del HgCl₂/BPB se puede notar que, solamente las células epiteliales de los vasos sanguíneos reaccionan en una forma positiva para dicha prueba. La negatividad por parte de las demás estructuras integrantes de la túnica puede ser debida a una ausencia total de proteínas, o bien a que éstas se encuentren enmascaradas por otros compuestos.

Mediante la reacción de la ninhidrina en solución acuosa al 0.02% ninguna estructura de la túnica mostró positividad para la prueba utilizada. Este hecho hace deducir que en dicha estructura no existen α -aminoácidos libres.

Blanqueamiento de la melanina. Los cortes de tejidos tratados con peróxido de hidrógeno al 10% (30 vol.), pierden su coloración a las 26 horas, después de haberlos sometido a dicha solución. Esta característica es tomada en cuenta para diferenciar las melaninas de las lipofuscinas, ya que éstas últimas se decoloran después de las 48 horas. Específicamente, la decoloración ocurre dentro de las células pigmentarias y en las granulaciones presentes en el citoplasma de las células con características de fibroblastos.

El porcentaje de humedad de la túnica de *Ascidia nigra* fue de 95% aproximadamente.

DISCUSION

La superficie externa de la túnica de *Ascidia nigra* es completamente lisa, otras especies pueden presentar

procesos fibrosos, espinas o estructuras cuticulares (BERRIL, 1950; SMITH, 1970); otras como *Boltenia ovifera* y *Molgula oriffithisi* presentan protusiones en lugar de espinas (MISHRA & COLVIN, 1969).

La estructura homogénea observada en la matriz de la túnica, sin estructuras fibrilares presentes, ha sido reportada también para otras especies (SAINT-HILAIRE, 1931; ENDEAN, 1961; DECK *et al.*, 1966; MISHRA & COLVIN, 1969; SMITH, 1970).

La distribución de los vasos sanguíneos en la túnica de *A. nigra*, concuerda con los resultados reportados para *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1961), la constitución de los mismos y la disposición y estructura de las células que los forman, coinciden con los resultados obtenidos en la túnica de *Pyura stolonifera* y *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1955b; 1961). Las cápsulas llenas de líquido, observadas en la túnica de *A. nigra*, podrían compararse con las "células vesiculares" descritas en la túnica de *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1961).

La túnica de *Ascidia nigra* está constituida por una gran cantidad de líquido, probablemente agua, el cual alcanza el 95% de su peso fresco. Este contenido de humedad puede ser comparado con el de 90% de *Ascidia mentula* y el 65% de *Pyura papilosa* (SAINT-HILAIRE, 1931). *Phallusia mammillata* contiene un 94.5% (ENDEAN 1961) y *Halocynthia aurantium* posee en la túnica un 80% de agua (SMITH & DEHNEL, 1970). En la túnica de *A. nigra* se encuentran células pigmentarias concentradas hacia el borde externo de la misma. Este hecho, quizás sea el responsable de la coloración negro-violácea característica de la especie. Estas células están formadas por un cúmulo de gránulos pigmentarios de forma elipsoidal (ENDEAN, 1955a), los cuales también pueden observarse en forma aislada dentro de la túnica. La pigmentación de las regiones media e interna, probablemente sea debida a las células similares a fibroblastos, ya que contienen éstos en su citoplasma gránulos de pigmentos y porque no existe ninguna otra estructura con características tales que, le confieran la coloración a estas dos regiones.

La positividad de la matriz de la túnica de *A. nigra*, para la prueba histoquímica de polisacáridos neutros (Reacción del PAS), concuerda con los trabajos realizados por otros autores (SAINT-HILAIRE, 1931; RIES, 1937; PERES, 1948a; LISON, 1960; GABE, 1962; DECK *et al.*, 1966).

La positividad que muestra la matriz de la túnica de *A. nigra* para la prueba del KI-H₂SO₄ al 70%, específica para detectar celulosa en tejidos vegetales, indica que dicha región está formada en parte por un carbohidrato semejante a la celulosa vegetal. Por tanto, podemos decir que, sólo la matriz de la túnica posee un carbohidrato similar a la celulosa presente en las plantas, y que fue descrito como tunicina por BERTHELOT (1958).

Las células epiteliales de los vasos sanguíneos de la túnica y las células con características de fibroblastos muestran positividad para la reacción del PAS, indicando ésto la presencia de un carbohidrato dentro de éstas células, el cual no es celulosa, ya que ambas permanecen negativas para la prueba de KI-H₂SO₄ al 70%. La positividad de las células epiteliales de los vasos sanguíneos de la túnica de *A. nigra* para la reacción del PAS concuerda con los resultados obtenidos para las células epiteliales de los vasos sanguíneos de la túnica de *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1961).

Además de los polisacáridos neutros en la túnica de *A. nigra* se detecta la presencia de un mucopolisacárido ácido, el cual ha sido encontrado en *Pyura stolonifera*, *Phallusia mammillata* y *Halocynthia aurantium* (ENDEAN, 1955b; 1961; BIERBAUER & VAGAS 1962; GODEAUX, 1963; SMITH, 1970). Sin embargo, sólo la matriz de la túnica de *A. nigra* muestra la presencia de radicales ácidos, lo cual no concuerda con los datos obtenidos en la matriz de la túnica de *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1961). Las células epiteliales de los vasos sanguíneos de la especie en estudio mostraron positividad para las pruebas del azul de Alcian, del hierro coloidal y del azul de toluidina. Y que el mucopolisacárido ácido de la matriz era producido por el citoplasma vacuolado de las células epiteliales que forman los vasos sanguíneos. La reacción positiva a estas pruebas señala la presencia de grupos sulfatos en el mucopolisacárido ácido que forma parte de la matriz.

La reacción negativa de la matriz de la túnica de *A. nigra*, a todos los métodos empleados en la determinación de proteínas nos llevó a la conclusión de que la matriz carece de ellas; hecho también notado en la matriz de la túnica de *Phallusia mammillata* (ENDEAN, 1961). Sin embargo, se encontró que *Halocynthia aurantium* presenta proteínas en la matriz (SMITH, 1970). La matriz de la túnica de *A. nigra* no posee grupos

α -aminoácidos libres, ni grupos sulfhidrilos. Histoquímicamente, tampoco en la matriz de la túnica de *H. aurantium* se detectó la presencia de éstos últimos grupos (SMITH, 1970). Mediante análisis bioquímico en la túnica de la misma especie (SMITH & DEHNEL, 1970), indicaron la presencia de cisteína y de la cistina dentro del hidrolizado de la túnica. Explicaron este hecho en base a un posible enlace entre los grupos sulfhidrilos y los disulfuros. Por tanto, podría suponerse que en *Ascidia nigra* ocurra algo similar.

Los vasos sanguíneos están formados por un material proteico, el cual, específicamente se encuentra en las células epiteliales de los mismos. De acuerdo a los resultados obtenidos con el método del ferricianuro, tanto las células pigmentarias como las células parecidas a fibroblastos sí presentan grupos sulfhidrilos, lo cual señala que, tales estructuras pueden estar formadas por una proteína en cuya cadena están presentes la cistina o la cisteína, o bien que, ambas están formadas por melanina, ya que dicho componente también reacciona positivamente para la prueba de los grupos sulfhidrilos. Esta última posibilidad es reforzada por el hecho de que ambas estructuras se decoloran con H_2O_2 al 10%, como ocurre con las melaninas, en un tiempo comprendido entre las 24-48 horas.

Tomando en cuenta el contenido lipídico en la túnica de *A. nigra* se puede decir que, ninguna estructura de la misma está formada por dicha sustancia. Esto mismo ha sido reportado en otros trabajos realizados en la túnica de ascidias. Sólo algunas células sanguíneas, específicamente los vanadocitos, mostraron la presencia de lípidos (VERDE DE MILLÁN, 1969).

CONCLUSIONES

Del estudio realizado hemos llegado a lo siguiente:

- 1) La túnica de *Ascidia nigra* está formada por una matriz homogénea que rodea las siguientes estructuras: vasos sanguíneos, cápsulas en forma oval o circular, llenas probablemente de agua y que ocupan las tres cuartas partes de la túnica; células pigmentarias concentradas en la superficie externa y células con características de fibroblastos con granulaciones gruesas posiblemente de melanina.
- 2) El contenido de líquido alcanza un 95% de su peso fresco.

- 3) Histoquímicamente se puede decir que, la túnica de *A. nigra* está constituida por polisacáridos neutros presentes en la matriz, células epiteliales de los vasos sanguíneos y en las células semejantes a fibroblastos. La matriz presenta tunicina, polisacárido semejante a la celulosa y además polisacáridos ácidos.

Proteínas se encontraron únicamente en las células epiteliales de los vasos sanguíneos y grupos sulfhidrilos en las células pigmentarias y en las parecidas a fibroblastos.

Ausencia total de α -amionácidos y lípidos en la túnica.

REFERENCIAS

- AVIS DE SANABRIA, G., 1973. Algunos parámetros sanguíneos de *Ascidia nigra* (Savigny). Trabajo de Ascenso Departamento de Biología, Escuela de Ciencias UDO, Cumaná Venezuela, pp 1-33.
- BENNET, H. S. 1963. Morphological aspects of extracellular polysaccharides. *J. Histochem., Cytochem.*, 11: 14-23.
- BERMÚDEZ, I. R. & G. GRIMALDI DE JIMÉNEZ. 1975. Estudio comparativo de cuatro especies de Ascidias de la Bahía de Mochima, Edo. Sucre. *Lagena* Nos. 35-36; 31-49.
- BERRIL, N. J. 1950. *The tunicata with an account of British species*. London, Roy. Society.
- BERTHELOT, M. 1958. Sur la transformation en Sucre de divers principes immédiats contenus dans les tissus des animaux invertébrés. *Comp. Rend. Soc. Biol.* 47: 227-230.
- BIERBAUER, J., & E. VAGAS. 1952. En: SMITH, M. J. and P. A. DEHNEL, 1970. The chemical and enzymatic analyses of the tunic of the ascidians *Halocynthia aurantium* (Pallas). *Com. Biochem. Physiol.*, 35: 17-30.
- BLANCO, R. A. 1973. Estudio histológico del sistema nervioso en la especie *Ascidia nigra* (Savigny). Tesis de Grado. Dpto. de Biología. Escuela de Ciencias UDO, Cumaná, Venezuela. pp. 1-52.
- BONHAG, P. F. 1955. En: PEARSE, A. G. E. 1968. *Histochemistry*. Theoretical and Applied. 3th. Ed., Vol. I. Little Brown & Comp. Boston. pp. 109-607.
- CAMINO, J. M. 1971. Contribución al estudio bioquímico de la sangre de *Ascidia nigra* (SAVIGNY). Tesis de Grado. Dpto. de Biología. Escuela de Ciencias UDO. Cumaná. Venezuela. pp. 1-42.

- CHEVREMENT, M., & J. FREDERIC. 1943. En: PEARSE, A. G. E. 1968. *Histochemistry Theoretical and Applied*. 3rd. E., Vol. I. Little brown Comp. Boston. pp. 75-465.
- DECK, J. D. E. D. HAY; & J. P. REVEL. 1966. Fine structure and origin of the tunic of *Perophora, viridis*. *J. Morphol.*, 120: 267-280.
- ENDEAN, R. 1955a. Studies of the blood test of some Australian ascidian. I. The blood of *Pyura stolonifera* (Heller). *Austr. J. Mar. Freshw. Res.*, 6 (1): 35-59.
- ENDEAN, R. 1956b. Studies of the blood and test of some Australian ascidians II. The test of *Pyura stolonifera* (Heller). *Ibid.*, 6 (2): 139-156.
- . 1961. The test of *Phallusia mammillata*. *Quart. J. Micr. Sci.*, 102: 107-117.
- GABE, M. 1952. Résultats de l'histochemie des polysaccharides: Invertébrés. In: *Handbuch der Histochemia, Band II Erster Teil* (A. M. Breslau & M. Gabe, Eds.) Stuttgart Gustav Fisher Verlag. 320-322.
- GODEAUX, J. E. 1963. En: SMITH, M. J. and P. S. DEHNEL, 1970. The chemical and enzymatic analyses of the tunica of the ascidian *Halocynthia aurantium* (Pallas). *Comp. Biochem. Physiol.*, 35: 17-30.
- GOMURI, G. 1952. En: GURR E. 1958. *Methods of Analytical Histology and Histochemistry*. Leonard Hill (Books) Limited, London. pp. 1-327.
- GRYDLEY, M. F. 1949. En: *Manual of histologic and special staining technics of the Armed Forces Institute of Pathology*. 2nd. Ed. McGraw Hill Book Comp., New York, Toronto, London, pp. 1-207.
- GUZMÁN, H. G. 1972. Análisis químico de las concreciones de *Ascidia nigra* (Savigny). Tesis de Grado. Dpto. de Biología. Escuela de Ciencias. UDO. Cumaná. Venezuela. pp. 1-31.
- JOHANSEN, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Comp. Inc. New York and London. pp. 189.
- LISON, L. 1960. *Histochimie et Cytochimie Animales. Principes et methods*. 3eme. Ed., Gauthier-Villars, Paris. pp. 1-544.
- MISHRA, A. K. & J. R. COLVIN, 1969. The microscopic and submicroscopic structure of the tunic of two ascidians, *Boltenia* and *Molgula*. *Can. J. Zool.*, 47: 659-668.
- MCMANUS, J. F. & R. W. MOWRY. 1960. *Staining methods. Histological and Histochemical Press*. Paul B. Hoeber Inc. Medical Div. Harper and Brothers, New York. pp. 1-423.
- MONTES M., A. A. & G. GRIMALDI DE JIMÉNEZ. 1975. Embriogénesis de *Ascidia nigra* (Savigny 1916), *Lagena*, Nos. 35-36: 21-29.
- PEARSE, A. G. E. 1960. *Histochemistry. Theoretical and Applied*. 2d. E., Edit. Little Brown Comp. Boston. pp. 1-599.
- PERES, J. M. 1948a. Recherches sur la genesis et régénération de la tunique chez *Clavelina lepadiformis*. *Arch. Anat. Micr. Morph. Exp.*, 37: 230-260.
- . 1948b. Recherches sur la genesis et la régénération de la tunique chez *Ciona intestinalis* L. *Bull. Inst. Oceanogr.* 935: 1-12.
- PRUVOR-FOL, M. 1952. Origine de la tunique des Tuniciers. *Rev. Suisse Zool.*, 58: 605-630.
- RIES, E. 1937. Die Tropfenzenllen und ihre Bedeutung für die Tunicabildung bei *Clavelina*. Wilhelm Roux Arch. *Entwicklungsmech Organism.*, 137: 363-371.
- SAINT-HILAIRE, K. 1931. Morphogenetische untersuchungen des ascidiemantels. *Zool. Jahrbuch. Abt. Anat. Ontog.* 54: 455-606.
- SEELIGER, O. & R. HARTMEYER. 1911. *Tunicata. Bronn's Tierreich. Bd. 3. Supplement*.
- SMITH, M. J. 1970. The blood cells and tunic of the ascidian *Halocynthia aurantium* (Pallas). II. Histochemistry of the blood cells and tunic. *Biol. Bull.*, 138: 379-386.
- SMITH, M. J. & P. A. DEHNEL. 1970. The chemical and enzymatic analyses of the tunic of ascidian *Halocynthia aurantium* (Pallas). *Comp. Biochem. Physiol.*, 35: 17-30.
- SPENCE, J. & O. W. RICHARDS. 1940. Native cellulose in the ascidian *Phallusia nigra*. *Publ. Carnegie Inst.*, 517: 163-167.
- VERDE DE MILLÁN, L. 1969. Estudio sobre el sistema cardiovascular de *Ascidia nigra*. (Savigny). Tesis de Grado Dpto de Biología. Escuela de Ciencias. Cumaná. Sucre. Venezuela. pp. 1-36.
- WINTERSTEIN, E. 1894. Zur kenntnis der thiercellulose oder des tunicins. Hoppe-Seyler's *Z. Physiol. Chem.*, 18: 43-56.

(Manuscrito recibido el 7 de diciembre de 1981).

CEFALOPODOS DEL GENERO *OCTOPUS* EN EL AREA NORORIENTAL DE VENEZUELA

F. AROCHA & L. J. UROSA

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se identifican y estudian siete especies del género *Octopus*, en un total de 134 ejemplares provenientes de las islas orientales de Venezuela y del golfo de Cariaco, la mayoría de ellos obtenidos durante el período comprendido entre junio de 1981 y septiembre de 1982. Se estudia la sistemática, ecología, distribución geográfica y pesquería de los representantes del género encontrados en el área y se discute la taxonomía de las especies, *Octopus vulgaris* CUVIER, 1797; *Octopus defilippi* VERANY, 1851; *Octopus joubini* ROBSON, 1929; *Octopus briareus* ROBSON, 1929; *Octopus hummelincki* ADAM, 1936; *Octopus burryi* VOSS, 1950 y *Octopus zonatus* VOSS, 1968. La especie *O. hummelincki* representa un nuevo registro en Venezuela.

ABSTRACT: Seven species of cephalopods of the genus *Octopus* from Northeastern Venezuela were collected during the period between June 1981 and September 1982. The systematics, ecology, geographic distribution and fisheries of the genus were studied, and the taxonomy of *Octopus vulgaris* CUVIER, 1797; *Octopus defilippi* VERANY, 1851; *Octopus joubini* ROBSON, 1929; *Octopus briareus* ROBSON, 1929; *Octopus hummelincki* ADAM, 1936; *Octopus burryi* VOSS, 1950 and *Octopus zonatus* VOSS, 1968 was discussed. *Octopus hummelincki* represents a new report for Venezuela.

INTRODUCCION

Dentro del género *Octopus* (Cephalopoda, Otopodidae) se encuentran varias especies de interés comercial en Venezuela, algunas de las cuales se obtienen como consecuencia de la pesca de camarones, ya que no existe una actividad dedicada a su pesquería.

En el presente trabajo se trata de obtener un inventario de las especies existentes y un mejor conocimiento de la ecología en las aguas orientales del país.

Actualmente se conocen seis especies en aguas venezolanas, de las nueve que se han registrado en la región del Caribe: *Octopus briareus* ROBSON, 1929 en el archipiélago Los Roques (WORK, 1969); *Octopus burryi* VOSS, 1950 (AROCHA & UROSA, 1983); *Octopus defilippi* VERANY, 1851 (AROCHA *et al*, en prensa); *Octopus joubini* ROBSON, 1929 en el golfo de Cariaco (NESIS, 1975); *Octopus vulgaris* CUVIER, 1797 en el Archipiélago Los Roques (REHDER, 1962) y *Octopus*

zonatus VOSS, 1968 en aguas costeras de la isla Cubagua (NESIS, 1975).

MATERIALES Y METODOS

La mayor parte de los ejemplares se obtuvo entre junio de 1981 y septiembre de 1982, en las zonas costeras de la isla de Margarita, Los Frailes, isla de Cubagua, isla Caribe y golfo de Cariaco.

La obtención de las muestras se hizo con la ayuda de embarcaciones de arrastre de la industria pesquera privada y mediante uso de equipo de buceo autónomo, lo que permitió la observación de los ejemplares en su medio. Algunas veces se usó el sistema arte longanizo (LODEIROS, 1968), principalmente en el golfo de Cariaco. Los ejemplares se fijaron en una solución de formol al 10% y se preservaron en alcohol al 70%. Rádula y penes se dibujaron con cámara clara adaptada a un microscopio estereoscópico Wild M5A.

Se hizo uso de las medidas e índices definidos por VOSS (1963) y PICKFORD (1964).

El material identificado se comparó con la colección de cefalópodos del Museo de Invertebrados de Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science, Miami, a cargo del DR. G. L. VOSS y con la del United States National Museum of Natural History, Washington, a cargo del Dr. C. F. E. ROPER.

Las abreviaturas USNM y UMML se refieren al United States National Museum y a la University of Miami Marine Laboratory, respectivamente.

Las descripciones de cada especie se basan en ejemplares obtenidos en el área de estudio.

La calificación del fondo marino, se hizo mediante la observación directa por buceo, el estudio del material proveniente de las redes de arrastre o por informaciones contenidas en las "Cartas Pesqueras de Venezuela" (GÍNÉS, 1972).

UBICACION SISTEMATICA DE LOS CEFALOPODOS DE VENEZUELA ¹

- Clase CEPALOPODA CUVIER, 1798.
 - Subclase COLEOIDEA BATHER, 1888.
 - Orden Sepioidea NAEF, 1916.
 - Familia Spirulidae OWEN, 1836.
 - Spirula* LAMARCK, 1801.
 - Spirula spirula* (LINNAEUS, 1758).
 - Orden Teuthoidea NAEF, 1916.
 - Suborden Myopsida ORBIGNY, 1845.
 - Familia Loliginidae STEENSTRUP, 1861.
 - Loligo* SCHNEIDER, 1784.
 - Loligo pealei* LESUEUR, 1821.
 - Loligo plei* BLAINVILLE, 1823.
 - Sepioteuthis* BLAINVILLE, 1824.
 - Sepioteuthis sepioidea* (BLAINVILLE, 1823)
 - Lolliguncula* STEENSTRUP, 1881.
 - Lolliguncula brevis* (BLAINVILLE, 1823).
 - Familia Pickfordiateuthidae VOSS, 1953.
 - Pickfordiateuthis* VOSS, 1953.
 - Pickfordiateuthis pulchella* VOSS, 1953.
 - Suborden Oegopsida ORBIGNY, 1845.
 - Familia Ommastrephidae STEENSTRUP, 1857.

Subfamilia Illicinae

Illex STEENSTRUP, 1880.

Illex coindeti (VERANY, 1837).

Subfamilia Ommastrephinae

Ommastrephes, ORBIGNY, 1835.

Ommastrephes pteropus STEENSTRUP, 1855.

Familia Thysanoteuthidae KEFERSTEIN, 1886

Thysanoteuthis TROSCHEL, 1857.

Thysanoteuthis rhombus TROSCHEL, 1857

Orden Octopoda LEACH, 1818.

Suborden Incirrata GRIMPE, 1916.

Familia Octopodidae ORBIGNY, 1845.

Subfamilia Octopodinae GRIMPE, 1921.

Octopus LAMARCK, 1798.

* *Octopus vulgaris* CUVIER, 1797.

* *Octopus defilippi* VERANY, 1851.

* *Octopus joubini* ROBSON, 1929.

* *Octopus briareus* ROBSON, 1929.

* *Octopus hummelincki* ADAM, 1936.

* *Octopus burryi* VOSS, 1950.

* *Octopus zonatus* VOSS, 1968.

Euxoctopus VOSS, 1971.

Euxoctopus pillsburyae VOSS, 1975.

Subfamilia Bathypolypodinae ROBSON

Benthoctopus GRIMPE, 1921.

Benthoctopus januarii (HOYLE, 1885)

Benthoctopus oregonae TOLL, 1981.

Familia Tremoctopodidae BROCK, 1882.

Tremoctopus DELLE CHIAJE, 1829.

Tremoctopus violaceus violaceus DELLE CHIAJE, 1830.

Familia Argonautidae NAEF, 1912.

Argonauta LINNAEUS, 1758.

Argonauta argo LINNAEUS, 1758.

CLAVE PARA LAS ESPECIES DE OCTOPUS DE VENEZUELA

(Basada parcialmente en la desarrollada por VOSS (1968) para las especies de *Octopus* que existen en el Mar Caribe).

- * Especies de *Octopus* estudiadas en detalle en el presente trabajo.

1) Véase también VOSS, G. L. (1977). Classification of recent cephalopods. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 38: 575-579.

1. — Animales con bandas transversales de color marrón oscuro en el manto y brazos, bandas longitudinales en la cabeza y sobre los ojos; 6-7 lamelas por demibranchia; índice de lígula: 5-8; huevos medianos: 5-8.5 mm de longitud *Octopus zonatus*
1. — Animales sin bandas transversales en el manto, cabeza y brazos 2
2. — Animales con ocelos simétricos en la membrana interbraquial, ubicados entre la parte anterior e inferior al ojo, índice de lígula: 1-2; 6-8 lamelas por demibranchia *Octopus hummelincki*
2. — Animales sin ocelos en el cuerpo 3
3. — Animales con el manto, cabeza y brazos cubiertos por papilas con apariencia granulosa; presencia de una banda marrón-púrpura longitudinal extendiéndose a lo largo de la parte interna dorsal de cada brazo; índice de lígula: 3.9; 11-12 lamelas por demibranchia *Octopus burryi*
3. — Animales sin papilas, ni bandas longitudinales en los brazos 4
4. — Animales con brazos desproporcionadamente largos, delgados y asimétricos con líneas transversales oscuras en los brazos; 10-11 lamelas por demibranchia; índice de lígula: 0.5-2.3; huevos pequeños: 2-2.5 mm de longitud. *Octopus defilippi*
4. — Animales sin brazos desproporcionadamente largos, delgados o asimétricos, ni huevos de 2-2.5 mm de longitud 5
5. — Animales con el segundo y tercer par de brazos más gruesos, en su parte media, y largos que los restantes; 7-9 lamelas por demibranchia; índice de lígula: 2-4; huevos grandes: 10-15 mm de longitud *Octopus briareus*
5. — Animales con el segundo y tercer par de brazos iguales a los restantes 6
6. — Animales con brazos cortos, membrana interbraquial poco pronunciada; 5-7 lamelas por demi-

branchia; índice de lígula: 4-8; huevos medianos: 6-10 mm de longitud *Octopus joubini*

6. — Animales con brazos medianamente largos, robustos y la membrana interbraquial pronunciada; 7-9 lamelas por demibranchia; índice de lígula menor a 2; huevos pequeños: 2.5-3 mm de longitud *Octopus vulgaris*

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE *OCTOPUS* DEL AREA ESTUDIADA

Octopus vulgaris CUVIER, 1797
Fig. 1; Tabla I

Octopus vulgaris CUVIER, 1797: 380.—ROBSON, 1929a: 58.—ADAM, 1937b: 71.—PICKFORD, 1945: 708; 1946: 414.—REES, 1950: 109.—VOSS, 1956: 280; 1968: 655.—REHDER, 1962: 136.—CAIRNS, 1976: 257.

Octopus rugosus, ROBSON, 1929a: 63.—GINÉS, 1947: 284.

Material examinado: 8 hembras y 5 machos; ML: 65.2-149.9 mm embarcación de arrastre comercial; 30-36 metros; norte de la isla de Margarita; junio 1981. 11 hembras y 9 machos; ML: 59.0-149.1 mm; embarcación de arrastre comercial; 20-30 metros; este de la isla de Margarita; julio 1981. 7 hembras y 6 machos; ML: 88.0-153.3 mm; embarcación de arrastre comercial; 20-30 metros; este de la isla de Margarita; agosto 1981. 5 hembras y 6 machos; ML: 101.5-131.4 mm; embarcación de arrastre comercial; 25-30 metros; sureste de Los Frailes; septiembre 1981; F. AROCHA. 5 machos; ML: 95.0-124.3 mm; embarcación de arrastre comercial; 20-25 metros; norte de la bahía de Juan Griego, isla de Margarita; septiembre 1981; F. AROCHA. 3 hembras y 4 machos; ML: 120.0-154.4 mm; embarcación de arrastre comercial; 30 metros; sureste de Los Frailes; octubre 1981. 1 macho; ML: 89.4 mm; sistema arte longanizo; 22 metros; Chacopatita, golfo de Cariaco, 13 octubre 1981; J. LODEIROS. 3 hembras y 3 machos; ML: 79.0-121.0 mm; embarcación de arrastre comercial; sureste de Los Frailes; noviembre 1981. 1 hembra y un macho; ML: 83.9-90.0 mm; embarcación de arrastre comercial; 25 metros; sur de la isla de Cubagua; marzo 1982. 2 hembras y 1 macho; ML: 90.0-110.5 mm; embarcación de arrastre comercial; 30 metros; sureste de Los Frailes; mayo 1982.

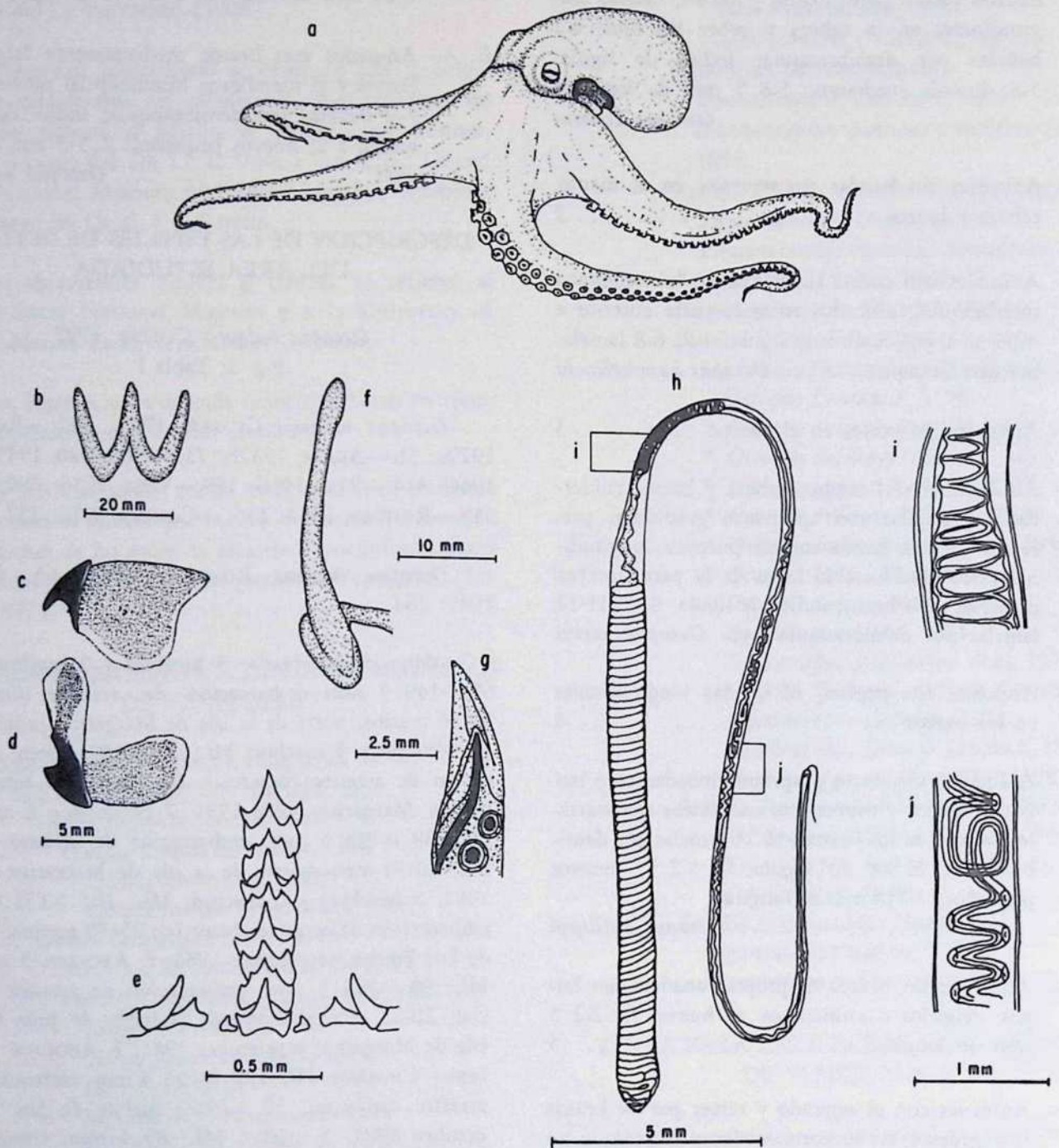


Fig. 1. *Octopus vulgaris*: a, Vista latero-dorsal; b, O:rgano del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rá-dula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo; i, Detalle del saco; j, Detalle del cuerno.

Descripción: Especie de tamaño grande, aspecto robusto, con membrana interbraquial muy pronunciada.

Manto elongado u ovoide, de gran tamaño y medianamente ancho (MWI: 51-79). Cabeza de un tama-

ño mediano (HWI: 20-34) separada del manto por leve constricción del cuello. Ojos no prominentes en varios casos con dos a tres cirros circunoculares, el posterior mayor. Sifón largo y grande, tubular, libre en más de

la mitad de su longitud total. Órgano del sifón en forma típica de W.

Brazos largos (ALI: 71-81), simétricos, robustos y anchos (AWI: 10-16). Brazos segundos y terceros un poco más anchos y robustos en porción media. Ventosas, dispuestas en dos hileras, grandes (SnDI: 5-11), erectas, disminuyendo de tamaño hacia extremo distal del brazo.

En machos adultos dos o tres ventosas desproporcionadamente grandes (SeDI: 9-18) hacia parte media de los brazos segundos y terceros. Membrana interbraquial es profunda (WDI: 9-19), especialmente en sector E, extendiéndose en algunos casos hasta más allá de la mitad de los brazos.

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 28-33), 25% más corto que su simétrico. Una lígula pequeña (LLI: 0.9-1.9), cónica, carente de rugosidades y de láminas copulatorias. Cálamo largo (CLI: 35.2-48.6), erecto con canal en el centro.

Siete a nueve lamelas por demibranchia, siendo ocho más frecuentes.

Picos grandes, de la forma ilustrada. Rádula con simetría del tipo A³⁻⁵ en diente raquídeo, primeros laterales bien desarrollados. Otros dientes con características no distintivas.

Pene largo, tubular, con divertículo pequeño levemente redondeado (PLI: 15-21), sin características especiales salvo en algunos casos, cuando el extremo distal se encuentra inclinado levemente hacia el lado opuesto al septo paleal.

Más de 100 espermátóforos de tamaño medio (SpLI: 20-30) en saco de Needham. Masa espermática dispuesta en forma de espiral compacta, presentando vueltas desordenadas en el cuerno.

Huevos de tamaño pequeño, no mayor de 3 mm de longitud, excluyendo pedúnculo, dispuestos en racimos adheridos por eje común a parte superior del habitáculo. Puesta numerosa, que puede llegar a más de 100.000 huevos.

Una vez preservado presenta tono entre rojo y violeta en superficie dorsal, y más pálido lado ventral.

TABLA I. Índices y medidas de las especies del género *Octopus* Obtenidas en la zona nororiental de Venezuela.

	Octopus vulgaris			Octopus defillippi			Octopus joubini (a)			Octopus joubini (b)			Octopus briareus			Octopus hummelincki			Octopus burryi			Octopus zeaxus															
	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N	MIN	MAX	N													
ML	59.0	154.4	110	81	38.3	85.6	60	4	12.9	35.9	22	7	14.5	21.6	18	0	2	13.6	70.0	43	8	17.8	67.2	52	0	7	34.2	68.4	52	7	13						
MWI	51.4	79.7	53	2	37.6	45.9	41	8	50.9	94.5	64	3	49.6	53.7	51	6	2	53.4	85.3	65	0	57.0	75.7	65	7	50.2	61.0	55	2	44.4	74.5	57	5	13			
MHI	20.9	34.5	27	5	21.2	39.1	29	1	25.0	81.5	47	4	41.2	53.7	51	6	2	37.5	58.2	44	4	34.0	65.4	47	3	7	23.4	45.3	26	2	18.4	49.5	26	2	13		
ALI	71.3	81.0	77	2	82.8	87.8	85	4	70.4	76.0	73	9	68.1	72	70	1	2	82.0	87.0	84	9	71.2	84.1	78	2	6	66.7	71.4	69	0	60.0	74.3	66	3	13		
AWI	20.4	30.2	24	7	13.8	20.7	16	8	31.4	42.0	35	6	38.5	46.7	42	2	0	14.8	21.9	17	4	22.8	40.3	29	6	5	40.0	49.8	44	9	34.5	62.2	47	2	13		
SnDI	10.9	16.9	13	6	7.4	15.6	11	4	8.3	27.9	16	1	13.5	18.5	16	1	2	18.7	29.2	23	9	15.9	28.3	19	3	6	9.7	11.8	10	7	7.0	14.6	9	6	13		
AWI	28.9	33.0	31	7	31.3	40.4	34	7	42.7	59.0	50	1	—	—	—	—	—	17.1	21.9	19	2	23.3	29.0	46.9	34	5	41.6	60.9	72	5	68	1	6	5			
LLI	0.9	1.7	12	4	0.5	2.3	1	4	4.5	8.2	6	9	—	—	—	—	—	2.6	4.1	3	3	3	1	2	3	1	3	5	8	3	6	4	6				
CLI	35.2	48.6	40	4	13.0	31.0	19	4	20.0	36.8	27	1	—	—	—	—	—	15.8	21.6	18	7	3	13.2	62.0	41	2	5	30.0	36.0	29	1	6	2	6			
PLI	15.4	21.1	18	1	15.4	26.1	19	4	11.2	16.7	14	8	—	—	—	—	—	14.2	39.2	29	5	3	15.3	15.3	14	2	6	29.0	14.6	12	2	9.5	20.1	16	9	12	
WDI	9.1	19.6	11	6	3.5	8.0	5	8	7.4	15.7	10	7	11.7	12.9	12	3	4	5.2	9.6	8	1	4	7.1	20.4	14	0	6	29.0	3.1	30.0	2	9.5	20.1	16	9	12	
SpDI	5.5	11.2	7	7	4.9	7.8	6	2	4.7	11.1	7	10	6.8	8.2	8	0	2	10.9	18.7	13	6	4	7.8	16.5	10	6	2	5.4	5.9	5	6	2	7	5	8	3	13
SpDI	9.6	18.1	14	3	—	—	—	—	15.9	19.3	14	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.9	19.2	17	1	3	8.5	—	—	—	—	—	—	—	—	
SpLI	27.0	46.0	41	0	9.6	11.3	10	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57.9	—	—	—	—	11.1	14.9	13	0	2	13.8	***	—	—	—	—	—	—	—	
SpLI	20.0	30.0	23	6	11.2	16.9	14	0	23.9	31.4	27	6	—	—	—	—	—	91.7	—	—	—	—	22.3	23.4	22	8	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Lumetas	7	—	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
ELW	2.5-3.0	—	—	2.0-2.5	—	—	—	—	10-11	0.75-3.9	—	—	100-15.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

* EL LONGITUD DEL HUEVO, EXCLUYENDO EL PEDÚNCULO. EXPRESADO EN MM (PICKFORD, 1946)
 ** LOS HUEVOS PERTENECEN A UNA HEMBRA DE ML 39.5 mm (USNM Nº 730019)
 *** LONGITUD DE UN ESPERMATÓFORO, EXCLUYENDO EL RESERVORIO ESPERMÁTICO

Superficie lisa, rugosa o verrugosa, evidenciándose estas características en superficie dorsal del cuerpo. En su medio ambiente presenta gama variada de colores y de proyecciones en la piel. Al ser molestado adquiere tonalidad rojo ladrillo y, dependiendo del ambiente que lo rodee, puede presentar proyecciones, cirros o verrugas en superficie del cuerpo. En posición de reposo presenta tono pardo rojizo. Cuando nada, la superficie del cuerpo es lisa.

Holotipo: desconocido.

Localidad del holotipo: Mar Mediterráneo (?)

Distribución: Es cosmopolita, se encuentra en todos los mares tropicales y templados del mundo.

Discusión: *O. vulgaris* es una de las especies más estudiadas; ROBSON (1929a) la trató ampliamente en su monografía, PICKFORD (1945) también trata la especie en forma detallada en base a ejemplares pertenecientes al área del Atlántico Occidental, VOSS (1956) da una diagnosis condensada en base a ejemplares colectados en el golfo de México. PICKFORD (1955), en una revisión de los ejemplares de *O. vulgaris* del Museo Británico, resuelve el problema de *O. rugosus* colocándolo en la sinonimia de *O. vulgaris*. Las características de los encontrados en el área de estudio concuerdan con la mayoría de los caracteres enumerados en la literatura para la región del mar Caribe y golfo de México. Los espermatóforos coinciden claramente con los ilustrados por PICKFORD (1945) y el órgano del sifón con el ilustrado por PALACIO (1977).

Como producto de las observaciones hechas en su medio ambiente, se pudo determinar que los ejemplares permanecen en el habitáculo (cauchos, cuevas, latas) durante el día, pero lo abandonan para buscar alimentos durante la noche. Cuando las hembras se encuentran ovadas, permanecen en sus habitáculos hasta que los huevos eclosionen.

Se pudo notar un aumento de la población de *O. vulgaris* entre los meses de julio y septiembre y una ausencia total entre los meses de diciembre y marzo, especialmente en la región del golfo de Cariaco. En los meses de auge se encuentra un mayor número de individuos sexualmente maduros. En septiembre y octubre sólo permanecen en sus habitáculos las hembras con huevos en diferentes estadios de maduración. En un ejemplar observado durante el día sobre un fondo de *Sar-*

gassum se notó la presencia de proyecciones (cirros y verrugas) que salían del cuerpo del animal confundiéndose fácilmente con las ramas de *Sargassum*. Las proyecciones ocurren de igual manera si el fondo es una roca o un coral, observándose que suele variar el color del animal. Se puede considerar que es un animal muy activo y de nado rápido.

En el golfo de Cariaco la especie se encontró en fondo rocoso, entre los 2 y 12 m de profundidad, asociada a los moluscos: *Lima scabra*, *Trachycardium maricatum*, *Asaphis deflorata*, *Anadara notabilis*, *Airina rigida*, *Strombus costatus*, *Chicoreus pomum* y *Fasciolaria tulipa*.

De acuerdo a la distribución de la especie, Fig. 8a, es posible que se encuentre a lo largo de la mayor parte de las costas venezolanas.

Octopus defilippi VERANY, 1851

Fig. 2; Tabla I

Octopus defilippi VERANY, 1851:30.— VOSS, 1964: 554; 1968:654

Octopus vulgaris, PICKFORD, 1945:734.

Material examinado: 1 macho; ML: 38.3 mm; a mano con la ayuda de equipo de buceo; 2 m; isla de Cubagua; 3 noviembre 1979; colección del laboratorio para cultivos de cefalópodos, C.I.-UDO. Nueva Esparta, 2 machos; ML: 66.5-85.6 mm; a mano con la ayuda de equipo de buceo; 2.5 m; playa Quetepe, golfo de Cariaco; 6 junio 1982; F. AROCHA. 1 macho, ML: 49.8 mm; a mano con la ayuda de equipo de buceo; 6 m; punta Quetepe, golfo de Cariaco; 8 agosto 1982; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 39.5 mm; 18 m; S Croix, Islas Vírgenes, 17° 45' N 64° 40' W; 5 septiembre 1978 USNM N° 730019. 1 macho; ML: 25 mm; ¼ milla al sur de Alligator Light, Florida EEUU; 3 julio 1963; H. FEDDERN; UMML N° 1395. 1 hembra; ML: 11 mm; bahía de San Marcos, Haití, UMML N° 1394. 1 macho; ML: 29 mm; rastra de 10 pies; 36 y 47 m; golfo de Los Mosquitos, Panamá; 20 julio 1966; R/V PILLSBURY; UMML N° 31-619. 1 hembra; ML: 13 mm; draga para vieiras; 53 y 59 m; golfo de San Blas, Panamá; 19 julio 1966; R/V PILLSBURY; UMML N° 31-621.

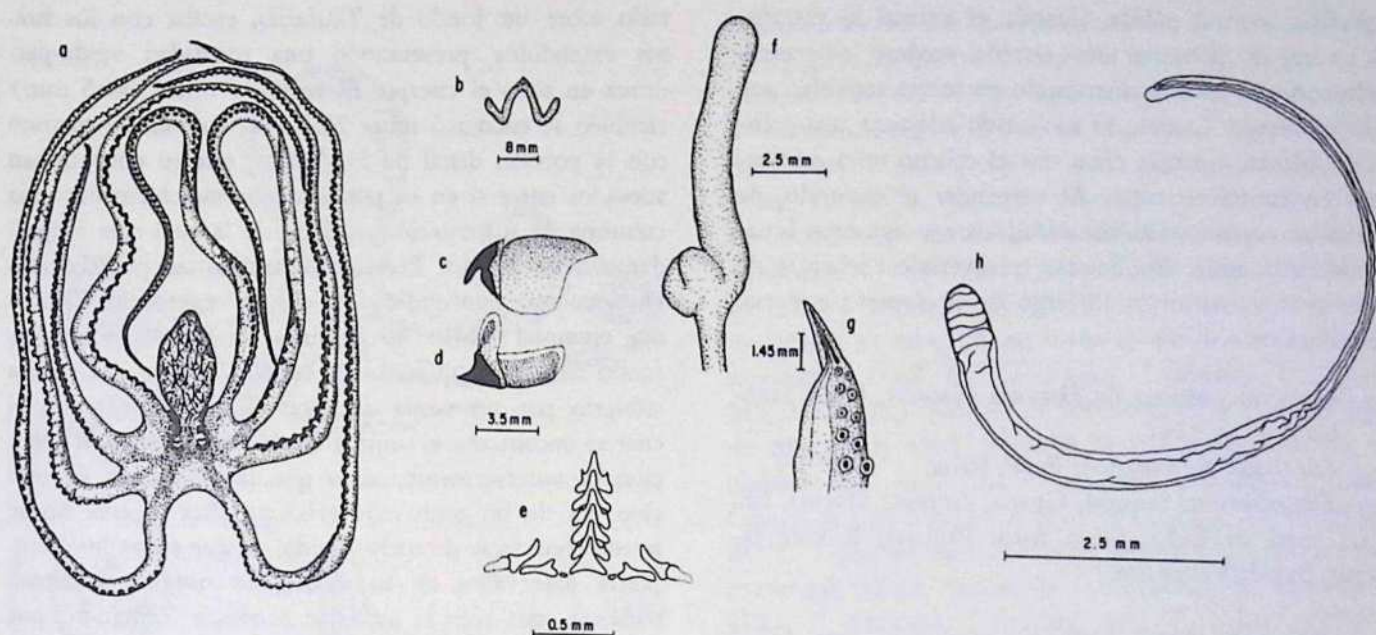


Fig. 2. *Octopus defilippi*: a, Vista dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo.

Descripción: Especie de tamaño mediano con características distintivas de brazos desproporcionadamente largos, delgados y asimétricos.

Manto delgado piriforme u ovoide, pequeño en relación al tamaño del animal (MAI: 13.8-20.7). Cabeza medianamente ancha (HWI: 21.2-39.1), separada del manto por constricción angosta del cuello, espaciada longitudinalmente. Ojos prominentes con círo largo, ancho y aplanado en parte posterior de cada ojo.

Sifón largo, tubular, y libre en su mitad distal; órgano del sifón en forma de W, aspecto general delgado, con lados exteriores más cortos que los de la V invertida.

Brazos largos (ALI: 82-87), delgados (AWI: 7.4-15.6) y asimétricos, estrechándose hacia extremo distal, y terminando en frágiles puntas. Hasta mitad de los brazos ventosas erectas, de tamaño mediano (SnDI: 4.9-7.8). No hay ventosas de gran tamaño en machos adultos. Membrana interbraquial pequeña y poco profunda (WDI: 3.5-8.0), extendiéndose hasta más allá de la mitad de los brazos.

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 31.3-40.4) y casi 50% más corto que su simétrico. Lígula pequeña, (LLI: 0.5-2.3), cónica con láminas copula-

torias, que apenas se pueden observar entre los bordes levemente engrosados. Cálamo también pequeño y cónico (CLI: 13-31).

Once lamelas por demibranchia en especímenes del golfo de Cariaco y diez lamelas en ejemplares de isla de Cubagua.

Picos como en la ilustración. Diente raquideo de rádula simple, con base delgada y ectoconos poco perceptibles, con seriación constante tipo A².

Pene largo (PLI: 15.4-26.1), tubular y delgado, con divertículo basal redondeado y pequeño. Menos de 13 espermatóforos en el saco de Needham, todos de tamaño pequeño (SpLI: 11.2-16.9), con masa espermatofórica compacta en espiral ocupando menos de 1/4 del reservorio espermático.

Los huevos entre 2.0 y 2.5 mm de longitud, excluyendo el pedúnculo que es bastante largo (1.5 mm). Los huevos pertenecieron a una hembra depositada en el U.S. National Museum of Natural History, Washington (USNM N° 730019).

La textura del animal preservado de apariencia rugosa. El color marrón claro, presentando pigmentación marrón oscuro en forma reticular superficie dorsal; la

superficie ventral pálida. Cuando el animal se encuentra en reposo presenta tono marrón verdoso, entremezclado con gris oscuro, distribuido en forma reticular por todo el cuerpo. Cuando es molestado adquiere una coloración blanca o ceniza clara con el mismo tono gris oscuro en forma reticular. Al suspender el estímulo, de nuevo en reposo, toma tonalidad clara y aparecen lunares blancos entre dos bandas transversales delgadas de color marrón oscuro a lo largo de la superficie dorsal de los brazos.

Holotipo: Museo de Historia Natural, Niza, Francia.

Localidad del holotipo: Pegli, Italia.

Distribución: Senegal; Ghana; Angola; Florida, EE.UU.; norte de Cuba; Costa Rica; Panamá; Río de Janeiro, Brasil; Venezuela.

Discusión: VOSS (1964) cita por primera vez a *O. defilippi* para el Atlántico oeste, basado en ejemplares capturados en la zona de Florida, EE.UU.; redescubre y aclara su *status* en el área. PALACIO (1977), presenta ilustraciones de la especie, que concuerdan con las aquí descritas, en cuanto a la forma de los picos, órganos del sifón y lígula, sin embargo, se encontraron diferencias en la seriación del diente raquídeo radular, que en los ejemplares de Venezuela es del tipo A². Los espermatóforos poseen una masa espermática pequeña y un aparato eyaculador recto y liso, distintos a los ilustrados por PALACIO (*op. cit.*) La seriación tipo A² concuerda con la del ejemplar tratado por PICKFORD (1945) y que ella identificara como *O. vulgaris*, en lugar de *O. defilippi*. En general las características concuerdan con las señaladas en la literatura existente y con los especímenes examinados en museos extranjeros. Los especímenes que provienen del área de estudio, así como los trabajados por VOSS (1964) para la zona del Atlántico oeste, se asemejan más a la variedad *dama* propuesta por ROBSON (1929a) que a la forma típica de VERANY (1851). Dos de los ejemplares obtenidos en el área de estudio sobrepasan los límites de longitud de manto hasta ahora conocidos para esta especie. La talla, seriación de la rádula y espermatóforos podrían sugerir la existencia de una variación geográfica entre la población existente en el oriente venezolano y la zona del norte del Caribe.

Se pudo observar cambios en el patrón de coloración en los tres ejemplares capturados en el golfo de Cariaco. El primer ejemplar (ML: 85.6 mm), captu-

rado sobre un fondo de *Thalassia*, estaba con los brazos extendidos, presentando una tonalidad verde-parduzca en todo el cuerpo. El segundo (ML: 66.5 mm) también se encontró sobre *Thalassia*, tocando el sustrato con la porción distal de los brazos, que se encontraban adosados entre sí en su porción proximal formando una columna de sustentación, al lado de la cual caía lánguidamente el manto. Presentaba numerosas proyecciones en el cuerpo, confundiendo con la vegetación. El último ejemplar (ML: 49.8 mm) se obtuvo sobre un fondo de arena con restos de conchas que se presentaba cubierto por un tamiz de algas filamentosas, sobre el cual se encontraba el animal en la misma posición mencionada anteriormente, salvo que la coloración en este caso era de un tono más grisáceo. Esta especie no se puede considerar de nado rápido, ya que todos los ejemplares observados en su medio, en ningún momento nadaron; más bien la huída se producía "reptando" por el fondo. Cuando el ejemplar se liberaba en el seno del agua, extendía los brazos hasta caer al fondo donde huía "reptando".

Los organismos asociados a los ejemplares de esta especie son los típicos de la zona de praderas de *Thalassia*, principalmente equinodermos del género *Oreaster*; moluscos de las especies *Modiolus modiolus* y *Strombus costatus* y crustáceos de los géneros *Calappa* y *Portunus*.

Los ejemplares se encontraron en aguas someras de profundidad inferior a los 6 metros.

La distribución de la especie en la zona de estudio es muy restringida, sólo se conoce en la isla de Cuba y en Punta Quetepe en el golfo de Cariaco (Fig. 8b), sin embargo, por ser una especie de huevos pequeños con una larva planctónica pelágica (NESIS & NIKITINA, 1981), es de suponer que se encuentre ampliamente distribuida.

Ocotpus joubini ROBSON, 1929

Fig. 3; Tabla I

Octopus joubini ROBSON, 1929a: 161.—VOSS, 1956: 160; 1968: 655. NESIS, 1975: 271.—CAIRNS, 1976: 258.

Octopus mercatoris ADAM, 1973b: 76

Paroctopus joubini PICKFORD, 1945: 757; 1946: 427

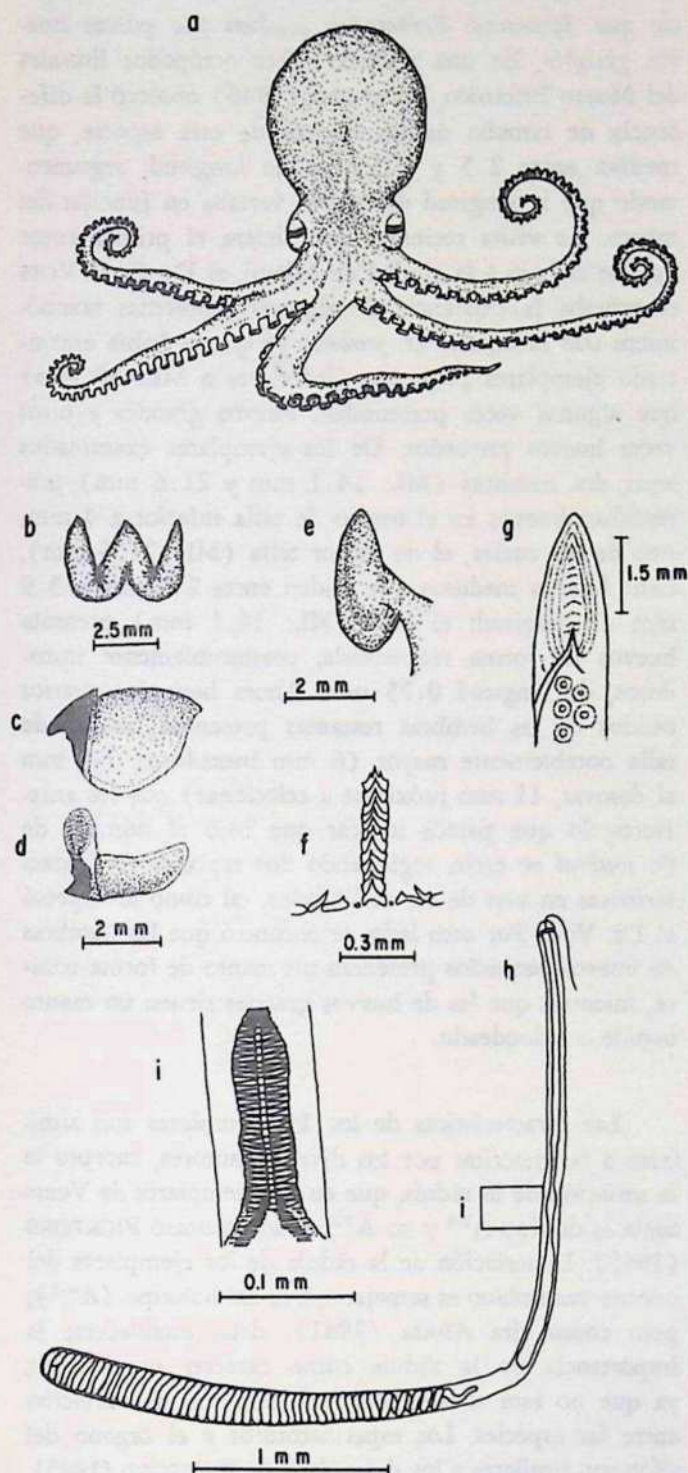


Fig. 3. *Octopus joubini*: a, Vista dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo; i, Detalle del saco.

Material examinado: 1 hembra; ML: 29.6 mm; a mano dentro de una concha de *Anadara*; 0.3 m; Guaracayal, golfo de Cariaco; 16 abril 1981; M. VERGARA. 1 hembra; ML: 26.7 mm; balsa mejillonera ESPÍN, golfo de Cariaco; mayo 1981; L. MARCANO. 1 hembra; ML: 35.9 mm; a mano, con la ayuda de equipo de buceo; 6 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 31 de julio 1981; P. CIURCINA. 1 hembra; ML: 28.8 mm; en concha de *Anadara*; 0.3 m; Guaracayal, golfo de Cariaco; 22 agosto 1982. 1 hembra; ML: 26.0 mm; a mano dentro de un envase de metal; 1 m; bahía de Mochima, Sucre; 15 septiembre 1982; R. MANRIQUE. 1 hembra, 1 macho; ML: 13.7-17.3 mm; 20 m; ensenada de la Guardia, isla de Margarita; abril 1982; B/O "GUAQUERI II". 1 hembra; ML: 26.9 mm; 25 m; norte de la bahía de Juan Griego, isla de Margarita; abril 1982; B/O "GUAQUERI II". 1 macho; ML: 26.6 mm; embarcación de arrastre comercial; 30 m; sureste de Los Frailes; 29 septiembre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 21.5 mm; embarcación de arrastre comercial; 27 m; norte de la ensenada de la Guardia, isla de Margarita; 1 octubre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 27.9 mm; en balsa mejillonera; Boca de Río; isla de Margarita; 1981; colección del laboratorio para cultivos de cefalópodos C.I.C-UDO, Nueva Esparta. 3 machos; 1 hembra; ML: 12.9-20.3 mm; Laguna Grande, golfo de Cariaco; 10 octubre 1967; L. J. UROSA. 1 hembra; ML: 21.6 mm; bahía de Mochima, Sucre; diciembre 1980. 1 macho; ML: 21.3 mm; golfo de México, 26° 30'N, 82° 15' W; 7 diciembre 1935; USNM N° 729150.

Descripción: Es una especie de tamaño pequeño. El manto es ovoide o redondeado, con ancho variable entre uno y otro ejemplar (MWI: 50.9-94.5). En especímenes jóvenes la cabeza es más ancha en relación con la de adultos. No presentaban cirros sobre los ojos.

Sifón pequeño, libre en su mayor parte. Organó del sifón en forma de W, con membrana de apariencia mucilagínosa.

Brazos relativamente cortos (ALI: 70.4-76.0), de igual grosor (AWI: 8.3-27.9), y aproximadamente igual longitud. Ventosas erectas y espaciadas en algunos casos. Las primeras seis dispuestas en una fila y las otras en dos hileras paralelas a lo largo del brazo. En machos adultos se notan una o dos ventosas de mayor diámetro en porción mediana de cada brazo; membrana interbraquial no profunda (WDI: 7.4-12.2).

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 42.7-59.0) y levemente más corto que su simétrico (15% menos). Lígula grande (LLI: 4.5-17.7) con lados engrosados y canal en porción media, presenta láminas copulatorias en algunos casos. Cálamo erecto, de tamaño moderado (CLI: 20.0-36.8). Membrana espermatófórica bien desarrollada.

De cinco a siete lamelas por demibraquia.

Forma de los picos según la ilustración. Rádula con seriación irregular en su diente raquídeo, pudiéndose generalizar en una seriación del tipo A⁴⁻⁶.

Pene corto y ensanchado (PLI: 11.2-16.7), con gran divertículo globoso mayor que la mitad del pene. Espermatóforos escasos, menos de diez en el saco de Needham, de tamaño mediano (SpLI: 23-26) comprendido entre 4 y 6 mm. Masa espermática dispuesta en espiral; saco con anillos que se reducen desde porción cercana a masa espermática hasta la más alejada; cuerno liso. Los huevos, una vez puestos, llegan a medir 11 mm de longitud, y están suspendidos individualmente de la superficie del habitáculo, generalmente concha de bivalvo.

Casi siempre la superficie es lisa, a veces hay papilas puntiagudas y cónicas esparcidas sobre cabeza y cuello. Color del animal preservado es violeta-rojizo, o gris rosado, en parte dorsal del cuerpo; en superficie ventral más pálido con numerosos cromatóforos esparcidos. En vivo presenta tonalidad parecida al fango y cuando se irrita adquiere tonalidad más oscura.

Holotipo: Museo Británico, Londres, Gran Bretaña.

Localidad del holotipo: St. Thomas, Antillas Menores.

Distribución: Florida, EEUU; golfo de México; Colombia; Antillas Menores, Venezuela.

Discusión: NESIS (1975), registró la especie por primera vez para Venezuela, en base a dos ejemplares hembras (ML: 6.5-13.5 mm). Originalmente había sido descrita por ROBSON (1929a), valiéndose de una hembra con huevos maduros en el ovario. PICKFORD (1945) hizo una revisión en ejemplares capturados en

la zona norte del Caribe y colocó a *Octopus mercatoris* ADAM, 1937 dentro de la sinonimia de *O. joubini*, especie que denominó *Paroctopus joubini* por poseer huevos grandes. En una revisión sobre octópodos litorales del Museo Británico, PICKFORD (1946) observó la diferencia de tamaño de los huevos de esta especie, que medían entre 2.5 y 8.5 mm de longitud, argumentando que la longitud del huevo variaba en función del manto. En visita reciente, que hiciera el primer autor de este trabajo a la ciudad de Miami, el Dr. G. L. VOSS comentaba la existencia de algunos problemas taxonómicos con la especie *O. joubini*, ya que el había encontrado ejemplares pequeños (inferiores a ML: 30 mm) que algunas veces presentaban huevos grandes y otras veces huevos pequeños. De los ejemplares examinados aquí, dos hembras (ML: 14.1 mm y 21.6 mm) presentaban huevos en el ovario de talla inferior a 4 mm, uno de los cuales, el de mayor talla (ML: 21.6 mm), tiene huevos maduros que miden entre 2.5 mm y 3.9 mm de longitud; el otro (ML: 14.1 mm) presenta huevos de forma redondeada, presumiblemente inmaduros, de longitud 0.75 mm. Ahora bien, los ovarios ovados de las hembras restantes presentan huevos de talla notablemente mayor (6 mm inmaduros, 7-8 mm al desovar, 11 mm próximos a eclosionar) que los anteriores, lo que parece indicar que bajo el nombre de *O. joubini* se están registrando dos especies con características en vías de ser deslindadas, tal como lo expresó el Dr. Voss. Por otro lado, se encontró que las hembras de huevos pequeños presentan un manto de forma cónica, mientras que las de huevos grandes tienen un manto ovoide o redondeado.

Las características de los 15 ejemplares son similares a las descritas por los diversos autores, excepto la la seriación de la rádula, que en los ejemplares de Venezuela es de tipo A⁴⁻⁶ y no A²⁻³ como encontró PICKFORD (1945). La seriación de la rádula de los ejemplares del oriente venezolano es semejante a la del holotipo (A⁴⁻⁵); pero como cita ADAM (1941), debe establecerse la importancia de la rádula como carácter taxonómico, ya que no está todavía claro el intervalo de variación entre las especies. Los espermatóforos y el órgano del sifón son similares a los ilustrados por PICKFORD (1945), ROBSON (1929a) y ADAM (1937b).

La especie se encontró en fondos arenosos, fangosos y praderas de *Thalassia*, donde la población de bivalvos era notablemente abundante.

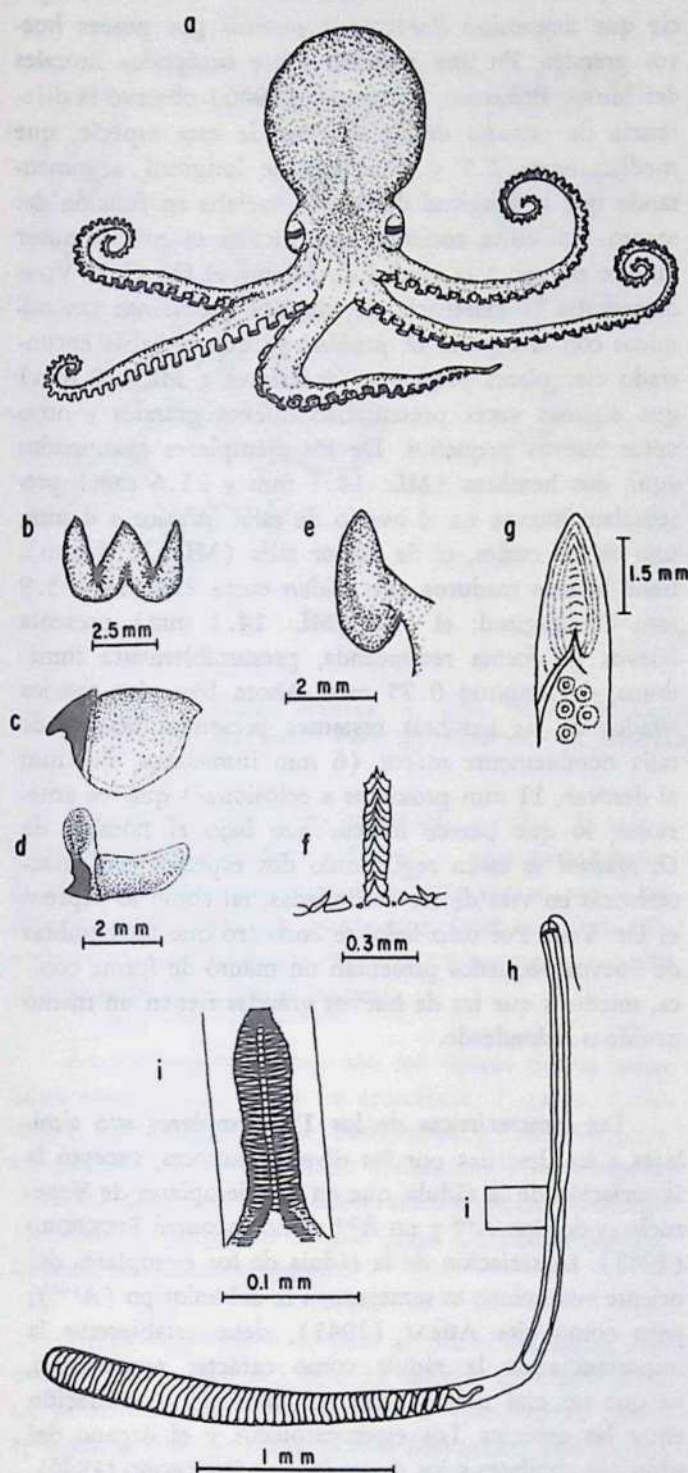


Fig. 3. *Octopus joubini*: a, Vista dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo; i, Detalle del saco.

Material examinado: 1 hembra; ML: 29.6 mm; a mano dentro de una concha de *Anadara*; 0.3 m; Guaracayal, golfo de Cariaco; 16 abril 1981; M. VERGARA. 1 hembra; ML: 26.7 mm; balsa mejillonera ESPÍN, golfo de Cariaco; mayo 1981; L. MARCANO. 1 hembra; ML: 35.9 mm; a mano, con la ayuda de equipo de buceo; 6 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 31 de julio 1981; P. CIURCINA. 1 hembra; ML: 28.8 mm; en concha de *Anadara*; 0.3 m; Guaracayal, golfo de Cariaco; 22 agosto 1982. 1 hembra; ML: 26.0 mm; a mano dentro de un envase de metal; 1 m; bahía de Mochima, Sucre; 15 septiembre 1982; R. MANRIQUE. 1 hembra, 1 macho; ML: 13.7-17.3 mm; 20 m; ensenada de la Guardia, isla de Margarita; abril 1982; B/O "GUAIQUE-RI II". 1 hembra; ML: 26.9 mm; 25 m; norte de la bahía de Juan Griego, isla de Margarita; abril 1982; B/O "GUAIQUE-RI II". 1 macho; ML: 26.6 mm; embarcación de arrastre comercial; 30 m; sureste de Los Frailes; 29 septiembre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 21.5 mm; embarcación de arrastre comercial; 27 m; norte de la ensenada de la Guardia, isla de Margarita; 1 octubre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 27.9 mm; en balsa mejillonera; Boca de Río; isla de Margarita; 1981; colección del laboratorio para cultivos de cefalópodos C.I.C-UDO, Nueva Esparta. 3 machos; 1 hembra; ML: 12.9-20.3 mm; Laguna Grande, golfo de Cariaco; 10 octubre 1967; L. J. UROSA. 1 hembra; ML: 21.6 mm; bahía de Mochima, Sucre; diciembre 1980. 1 macho; ML: 21.3 mm; golfo de México, 26° 30' N, 82° 15' W; 7 diciembre 1935; USNM N° 729150.

Descripción: Es una especie de tamaño pequeño. El manto es ovoide o redondeado, con ancho variable entre uno y otro ejemplar (MWI: 50.9-94.5). En especímenes jóvenes la cabeza es más ancha en relación con la de adultos. No presentaban cirros sobre los ojos.

Sifón pequeño, libre en su mayor parte. Organó del sifón en forma de W, con membrana de apariencia mucilagínosa.

Brazos relativamente cortos (ALI: 70.4-76.0), de igual grosor (AWI: 8.3-27.9), y aproximadamente igual longitud. Ventosas erectas y espaciadas en algunos casos. Las primeras seis dispuestas en una fila y las otras en dos hileras paralelas a lo largo del brazo. En machos adultos se notan una o dos ventosas de mayor diámetro en porción mediana de cada brazo; membrana interbraquial no profunda (WDI: 7.4-12.2).

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 42.7-59.0) y levemente más corto que su simétrico (15% menos). Lígula grande (LLI: 4.5-17.7) con lados engrosados y canal en porción media, presenta láminas copulatorias en algunos casos. Cálamo erecto, de tamaño moderado (CLI: 20.0-36.8). Membrana espermatofo-rica bien desarrollada.

De cinco a siete lamelas por demibraquia.

Forma de los picos según la ilustración. Rádula con seriación irregular en su diente raquídeo, pudiéndose generalizar en una seriación del tipo A⁴⁻⁶.

Pene corto y ensanchado (PLI: 11.2-16.7), con gran divertículo globoso mayor que la mitad del pene. Espermatoforos escasos, menos de diez en el saco de Needham, de tamaño mediano (SpLI: 23-26) comprendido entre 4 y 6 mm. Masa espermática dispuesta en espiral; saco con anillos que se reducen desde porción cercana a masa espermática hasta la más alejada; cuerno liso. Los huevos, una vez puestos, llegan a medir 11 mm de longitud, y están suspendidos individualmente de la superficie del habitáculo, generalmente concha de bivalvo.

Casi siempre la superficie es lisa, a veces hay papilas puntiagudas y cónicas esparcidas sobre cabeza y cuello. Color del animal preservado es violeta-rojizo, o gris rosado, en parte dorsal del cuerpo; en superficie ventral más pálido con numerosos cromatóforos esparcidos. En vivo presenta tonalidad parecida al fango y cuando se irrita adquiere tonalidad más oscura.

Holotipo: Museo Británico, Londres, Gran Bretaña.

Localidad del holotipo: St. Thomas, Antillas Menores.

Distribución: Florida, EEUU; golfo de México; Colombia; Antillas Menores, Venezuela.

Discusión: NESIS (1975), registró la especie por primera vez para Venezuela, en base a dos ejemplares hembras (ML: 6.5-13.5 mm). Originalmente había sido descrita por ROBSON (1929a), valiéndose de una hembra con huevos maduros en el ovario. PICKFORD (1945) hizo una revisión en ejemplares capturados en

la zona norte del Caribe y colocó a *Octopus mercatoris* ADAM, 1937 dentro de la sinonimia de *O. joubini*, especie que denominó *Paroctopus joubini* por poseer huevos grandes. En una revisión sobre octópodos litorales del Museo Británico, PICKFORD (1946) observó la diferencia de tamaño de los huevos de esta especie, que medían entre 2.5 y 8.5 mm de longitud, argumentando que la longitud del huevo variaba en función del manto. En visita reciente, que hiciera el primer autor de este trabajo a la ciudad de Miami, el Dr. G. L. Voss comentaba la existencia de algunos problemas taxonómicos con la especie *O. joubini*, ya que el había encontrado ejemplares pequeños (inferiores a ML: 30 mm) que algunas veces presentaban huevos grandes y otras veces huevos pequeños. De los ejemplares examinados aquí, dos hembras (ML: 14.1 mm y 21.6 mm) presentaban huevos en el ovario de talla inferior a 4 mm, uno de los cuales, el de mayor talla (ML: 21.6 mm), tiene huevos maduros que miden entre 2.5 mm y 3.9 mm de longitud; el otro (ML: 14.1 mm) presenta huevos de forma redondeada, presumiblemente inmaduros, de longitud 0.75 mm. Ahora bien, los ovarios ovados de las hembras restantes presentan huevos de talla notablemente mayor (6 mm inmaduros, 7-8 mm al desovar, 11 mm próximos a eclosionar) que los anteriores, lo que parece indicar que bajo el nombre de *O. joubini* se están registrando dos especies con características en vías de ser deslindadas, tal como lo expresó el Dr. Voss. Por otro lado, se encontró que las hembras de huevos pequeños presentan un manto de forma cónica, mientras que las de huevos grandes tienen un manto ovoide o redondeado.

Las características de los 15 ejemplares son similares a las descritas por los diversos autores, excepto la la seriación de la rádula, que en los ejemplares de Venezuela es de tipo A⁴⁻⁶ y no A²⁻³ como encontró PICKFORD (1945). La seriación de la rádula de los ejemplares del oriente venezolano es semejante a la del holotipo (A⁴⁻⁵); pero como cita ADAM (1941), debe establecerse la importancia de la rádula como carácter taxonómico, ya que no está todavía claro el intervalo de variación entre las especies. Los espermatoforos y el órgano del sifón son similares a los ilustrados por PICKFORD (1945), ROBSON (1929a) y ADAM (1937b).

La especie se encontró en fondos arenosos, fangosos y praderas de *Thalassia*, donde la población de bivalvos era notablemente abundante.

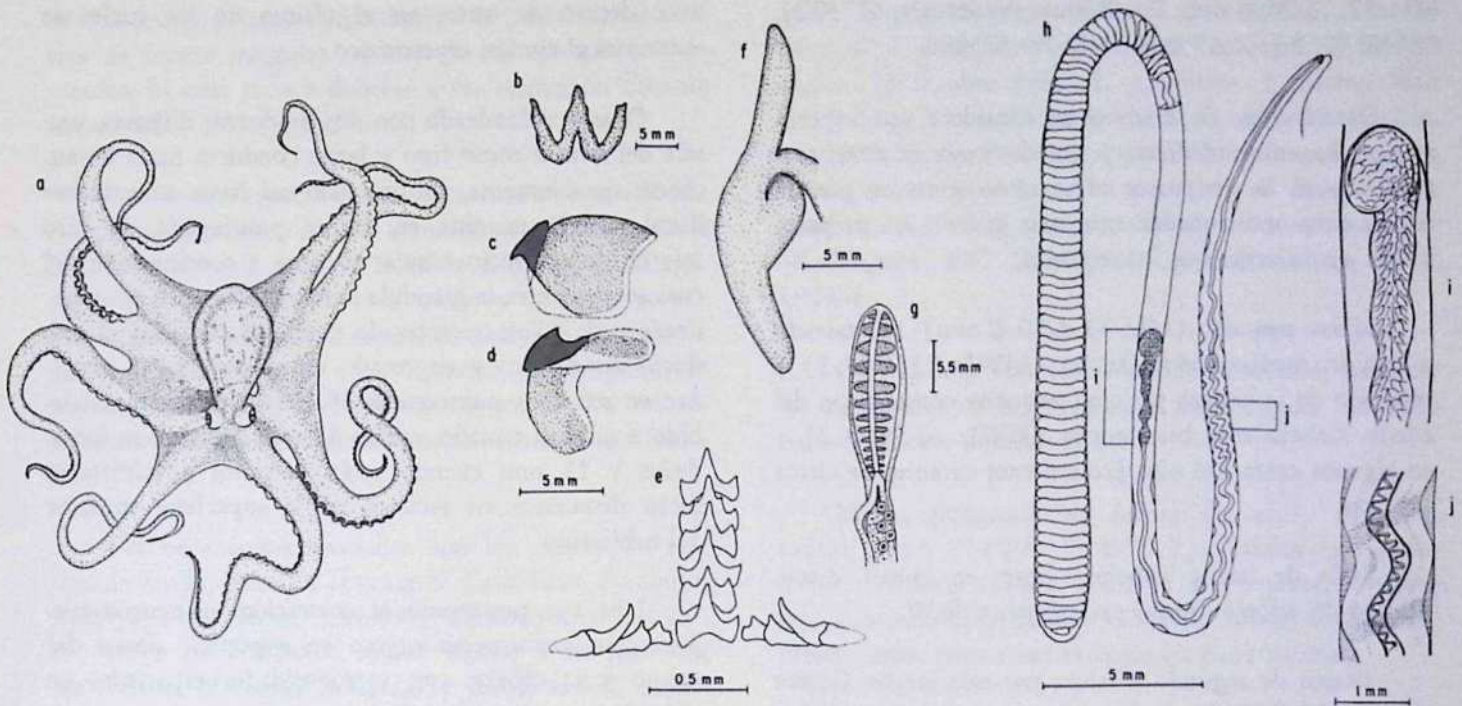


Fig. 4. *Octopus briareus*: a, Vista dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo; i, Detalle del saco; j, Detalle del cuerno.

Esta especie usa como habitáculo conchas de varios bivalvos (*Anadara*, *Arca*, *Atrina* y *Codakia*) aunque puede igualmente encontrarse en latas vacías; nunca en refugios naturales. Se le puede considerar como un animal activo y de nado rápido, así como agresivo cuando es molestado en su medio natural.

Los organismos afines son los típicos de las zonas antes mencionadas, entre los crustáceos: *Pagurus*, *Callinectes*, *Portunus*, *Calappa*, *Parthenope* y *Penaes*; entre los moluscos: *Trachycardium muricatum*, *Atrina rigida*, *Anadara notabilis*, *Arca zebra*, *Pecten ziczac*, *Modiolus modiolus* y *Fasciolaria tulipa*; entre los equinodermos: *Luidia*, *Oreaster* y *Equinaster*.

La profundidad a la cual se suele encontrar esta especie varió entre 0.5 m y 20 metros. La distribución en el área estudiada es amplia; se encontraron cuatro ejemplares al norte de la isla de Margarita, uno en una balsa para cultivo de valvulos al sur de la isla de Margarita, cinco en la costa norte del golfo de Cariaco, cuatro en la costa sur del golfo de Cariaco y dos en la bahía de Mochima (Fig. 8c). Por su amplia distribución en el área del Caribe (VOSS, 1968; CAIRNS, 1976) es de suponer que esta especie se encuentra en todas las cos-

tas venezolanas donde exista una gran población de bivalvos.

Octopus briareus ROBSON, 1929

Fig. 4; Tabla I

Octopus briareus ROBSON, 1929c: 610. REFS, 1950; 109. VOSS, 1956: 161. WORK, 1969: 700.

Octopus rugosus, ROBSON, 1929b: 96.

Paroctopus briareus PICKFORD, 1945: 748; 1946: 425.

Material examinado: 1 hembra; ML: 62.8 mm; a mano con la ayuda de equipo de buceo; 1 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 24 agosto 1982; R. MANRIQUE. 1 hembra; ML: 66.6 mm; a mano, sector de playa; Turpialito, golfo de Cariaco; 7 septiembre 1982. 2 machos, 2 hembras; ML: 20.7-63.2 mm; a mano; 0.5 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 1967; L. J. UROSA. 3 hembras, 1 macho; ML: 13.6-70.0 mm; a mano; sector de playa, Boca de Río, isla de Margarita; 1981; 1 macho; ML: 49.25 mm; Curaçao, 15°N, 69°W; febrero 1884; USNM N° 729136. 1 macho, 1 hembra;

ML: 22.75-24.6 mm; Los Roques, Venezuela, 11°30'N, 66°40' W; 5 julio 1958; USNM Nº 575392.

Descripción: *O. briareus* se considera una especie de tamaño entre mediano y grande, cuya característica resaltante es la de poseer el segundo y tercer par de brazos desproporcionadamente más gruesos en su parte media y más largos que los restantes.

Manto pequeño (ML: 13.6-70.0 mm), redondeado u ovoide, medianamente ancho (MWI: 53.4-85.3) y separado de la cabeza por una pequeña constricción del cuello. Cabeza más bien ancha (HWI: 37.5-58.2) y en algunos casos con ojos prominentes carentes de cirros oculares.

Sifón de forma tubular, libre en mitad distal. Órgano del sifón en forma característica de W.

Brazos de segundo y tercer par más largos. Grosor (AWI: 18.7-29.2) de brazos segundos y terceros desproporcionado, alcanzando su máximo en parte media y presentando ventosas prominentes (SnDI: 10.9-18.7) tanto en machos, como en hembras, que se presentan erectas y dispuestas en dos hileras paralelas. Membrana interbraquial poco profunda (WDI: 5.2-9.6), especialmente en sectores A y E.

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 17.1-21.9), no difiere en longitud de su simétrico. Lígula grande (LLI: 2.6-4.1), bien diferenciada, en forma de paleta o cuchara, con bordes levemente engrosados y un montículo estrecho por el centro desde la base hasta la punta de la lígula, 16 a 17 láminas copulatorias. Cálamo erecto, corto (CLI: 15.8-21.6) con canal en centro.

Siete y nueve lámelas por demibranchia.

Picos como los ilustrados. Rádula con seriación tipo A²⁻³ en diente raquídeo.

Pene largo, tubular (PLI: 14.2-39.2), con divertículo de gran tamaño, algo doblado en parte media. Aspecto general se asemeja al de un boomerang con doblez a la altura de la división entre divertículo y pene. Espermatóforos en número menor de 15 en saco de Needham, notablemente largos (SpLI: 90.92) con 4-5 engrosamientos reticulados en saco y diversos tubos,

unos dentro de otros, en el último de los cuales se encuentra el cordón espermático.

Ovario redondeado con dos oviductos dispares, uno sale del ovario como fino y largo conducto hasta ensancharse notablemente, continuando así hasta su extremo distal, donde termina en forma puntiaguda. El otro sale en un conducto tubular y corto, a continuación del cual se encuentra la glándula del oviducto, que es redondeada y de color cremoso, de donde se continúa el oviducto distal largo y engrosado en su base hasta terminar en extremo puntiagudo. Huevos característicos debido a su gran tamaño, miden 11 mm cuando son inmaduros y 15 mm cuando están cercanos a eclosionar. Están dispuestos en racimos en la superficie superior del habitáculo.

Una vez preservado la coloración es marrón-púrpura con leve aspecto rugoso en superficie dorsal del manto y la cabeza, con verrugosidades espaciadas en todo el cuerpo estando más concentradas en la zona superior de los ojos. En vivo, el animal es de color pardo claro, de coloración azul-verdosa que pasa a blanco rápidamente, cuando es molestado.

Holotipo: Museo Zoológico, Amsterdam, Holanda.

Localidad del holotipo: Curaçao, Antillas Holandesas.

Distribución: Antillas Menores; Antillas Mayores; Florida, EEUU; Colombia; Antillas Holandesas, Venezuela.

Discusión: *Octopus briareus* fue descrito por ROBSON (1929c) en base a ejemplares provenientes de las Antillas Holandesas depositados en el Museo Zoológico de Amsterdam. El análisis de estos animales reveló el primer caso de doble hectocotilización en octópodos (ROBSON, 1929b). Los ejemplares provenientes del área de estudio presentan coincidencias con los descritos por ROBSON, (1929b, c) y PICKFORD (1945), así como con los ejemplares examinados en museos extranjeros. Se observó la irregularidad de la seriación de la rádula, evidenciada por PICKFORD (1945) y se pudo establecer una seriación general que corresponde al tipo A²⁻³. No existen diferencias entre los ejemplares de Venezuela y los citados en la literatura, en cuanto al pene, lígula, órgano del sifón y espermatóforos se refiere, aunque sí en el número de lamelas, que en este caso

de Venezuela es mayor. Se observó la presencia de ovarios de forma irregular en tres de los ejemplares capturados, lo cual parece deberse a malformación durante el desarrollo (VOSS, *com. pers.*).

Esta es una especie que se encuentra en aguas someras. Se capturó sobre fondos areno-fangosos con praderas de *Thalassia* en la zona de Boca de Río, isla de Margarita (ROBAINA & LUGO, *com. pers.*) y en zonas corallinas, como la zona de Turpialito, golfo de Cariaco, a profundidades menores a los 2 metros. Las capturas se realizaron, tanto en la noche, como en el día, encontrándose al animal pastoreando como lo menciona HANLON (1975)

Los organismos asociados son los típicos de este tipo de fondo, entre los crustáceos: *Callinectes*, *Portunus*, *Calappa*, *Petrochirus*, *Mithrax* y *Stenorhynchus seticornis*; entre los moluscos: *Atrina rigida*; *Trachycardium muricatum*, *Modiolus modiolus* y *Lima scabra*; numerosos poliquetos de la familia Sabellidae y Serpulidae; corales pétreos como *Oculina*, *Montastrea* y *Diploria*, así como *Millepora* entre los Hidrozoarios, gran cantidad de anémonas del género *Phymantus*; entre los equinoideos *Luidia*, *Echinaster*, *Eucidaris*, *Diadema Echinometra* y *Stichopus*.

La distribución de esta especie en el área de estudio solamente se conoce de dos localidades que presentan relativa abundancia, la zona de Boca de Río en la isla de Margarita y la zona de Turpialito en la costa sur del golfo de Cariaco (Fig. 8d).

Octopus hummelincki ADAM, 1936

Fig. 5; Tabla I

Octopus hummelincki ADAM, 1936: 1; 1937a: 25.- PICKFORD, 1945: 745; 1946: 424; 1950: 139.— VOSS, 1949: 3; 1953: 73.— REES, 1950: 107.— BURGESS, 1966: 762.— CAIRNS, 1976: 258.

Material examinado: 1 macho; ML: 60.2 mm; 1 m; isla Caribe, Sucre; mayo 1981; B. MARÍN. 1 macho; ML: 67.2 mm; a mano con la ayuda de equipo de buceo; 1 m; Turpialito, golfo de Cariaco; agosto 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 51.7 mm; capturado a mano con equipo de buceo; 1 m; Naiguatá, Sucre; 26 junio 1982; L. GUTIÉRREZ. 1 macho; ML: 56.8 mm; a mano con ayuda de equipo de buceo; 1 m; Nai-

guatá, Sucre; 26 junio 1982; L. GUTIÉRREZ. 1 macho ML: 47.7 mm; rotenona; Punta León, bahía de Mochima, 13 octubre 1967; L. J. UROSA. 1 macho; ML: 62.7 mm; Manzanillo, isla de Margarita; 29 septiembre 1979; Grupo de Malacología, Núcleo Nueva Esparta, UDO. 1 hembra ML: 17.8 mm; isla de Margarita, 1 hembra ML: 45.0 mm; en tienda de animales de Washington, DC. EEUU, con procedencia de Haití; USNM.

Descripción: Especie de tamaño mediano, con ocelos simétricos en la membrana interbraquial, entre la parte anterior e inferior al ojo.

Manto globular o en forma de saco, medianamente ancho (MWI: 57.0-75.7). Cabeza tan ancha como el manto (HWI: 34.0-65.4), separada de éste por constricción robusta del cuello. Ojos pueden ser prominentes, numerosas verrugas en parte superior.

Sifón medianamente cónico y libre en mitad distal. Organismo del sifón en forma de W característica.

Brazos moderadamente largos (ALI: 72.2-84.1) robustos. Primer par de brazos de menor longitud y los restantes con aproximadamente la misma longitud. Ventosas de tamaño mediano (SnDI: 7.8-16.5). En machos hay ventosas de mayor diámetro que las normales. En general las ventosas son robustas y erectas dispuestas en dos hileras paralelas. La membrana interbraquial es de tamaño mediano (WDI: 7.1-20.4). El sector A es más robusto y menos profundo.

Tercer brazo derecho hetocotilizado (HcAI: 29.0-37.3), es más corto (15%) que su simétrico. Lígula entre pequeña y mediana (LLI: 1.1-2.3). Cálamo grande (CLI: 23.6-62.0) canalizado en el centro.

Seis a ocho lamelas por demibranchia.

Forma de picos según la ilustración. Rádula con seriación simétrica tipo A³⁻⁴ en diente raquídeo.

Pene corto y engrosado (PLI: 13.7-15.3) con divertículo grande y globular. Espermatóforos pequeños SpLI: 23.3-23.4), numerosos en saco de Needham, en número mayor a 100. Masa espermática, saco y cuerno bien diferenciados.

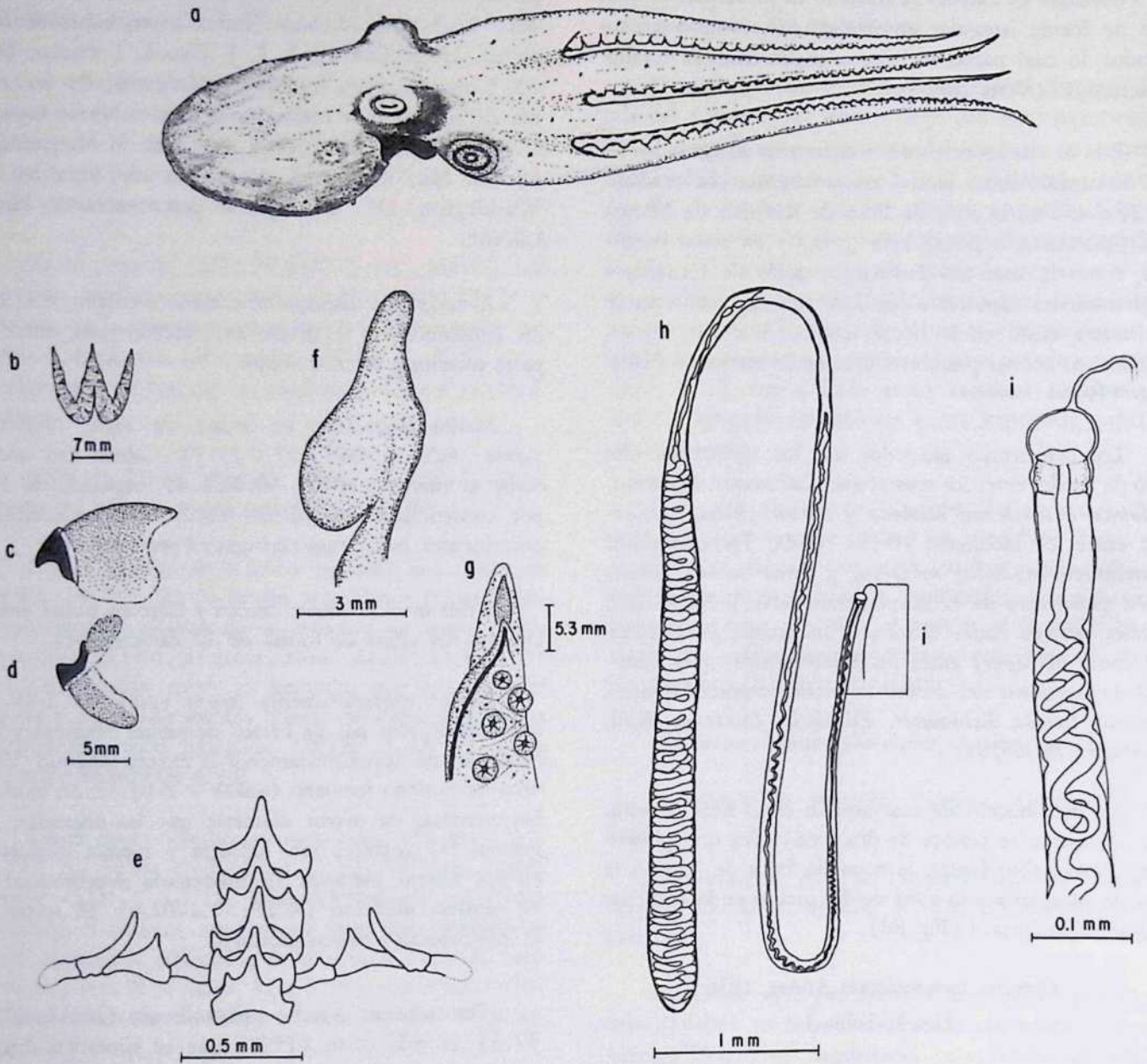


Fig. 5. *Octopus hummelincki*: a, Vista dorso-lateral; b, Órgano del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo; i, Cabeza y cuerno.

Superficie dorsal del animal cubierta por gran número de papilas de aspecto verrugoso. Superficie ventral solo presenta rugosidades. Ocelos en animales preservados en forma de manchas color violeta oscuro. Coloración del animal violeta marrón claro con tonalidades amarillentas. Color del animal, en su ambiente natural, puede presentar tonalidad parda-oscuro reticulada o gris azulado, distinguiéndose los ocelos en ambos casos en forma de anillo grueso de color amarillento con disco

púrpura en centro. Cuando el animal se retira de su ambiente natural adquiere una coloración negra intensa y los ocelos se distinguen como dos anillos de color violeta claro. La superficie siempre es verrugosa.

Sintipo: Museo Zoológico, Amsterdam, Holanda; Museo Real de Historia Natural de Bélgica, Bruselas, Bélgica.

Localidad del sintipo: Bonaire, Antillas Holandesas.

Distribución: Antillas Mayores; Florida, EEUU; Antillas Menores; Antillas Holandesas; Panamá; Costa Rica, Ceará, Río Grande do Norte, Aíagoas, Maranhao y Bahía, Brasil.

Discusión: *O. hummelincki* que se registra por primera vez en Venezuela en este trabajo, constituye también la única especie ocelada en aguas venezolanas. BURGESS (1966) preparó una monografía bastante extensa, que ha servido de base para diagnosticar los ejemplares encontrados. Por otro lado, analizada la descripción de ADAM (1937a), se encontró que el órgano del sifón ilustrado no se corresponde con el de los ejemplares de Venezuela, lo que puede deberse a que él haya ilustrado la cicatriz dejada por la desaparición de la capa mucilaginosa del órgano, la cual persiste en los ejemplares venezolanos, de allí esa apariencia de arruga que se observa en la ilustración. Los espermatóforos de los ejemplares venezolanos son de mayor longitud que los descritos por BURGESS (1966), lo cual puede deberse al mayor tamaño de los ejemplares descritos aquí. Los nudos ilustrados por BURGESS (1966) a la altura del cuerno no se evidencian en los espermatóforos revisados, atribuyéndose a que, como ella misma cita "... were considered as probable artifacts of preservation as the condition did not persist through the series of spermatophores studied". Los índices y el número de lamelas por demibranchia empleados en las claves preparadas por ROPER (1978) no están conformes con los encontrados en ejemplares de Venezuela. ROPER (*op. cit.*) basó sus índices en el trabajo de BURGESS (*op. cit.*). Los ejemplares (machos) tratados por BURGESS (1966) son pequeños en relación a los de Venezuela.

Esta especie se puede considerar de nado veloz y activa, característica que había observado VOSS (1953) y que han constatado los autores, en numerosas ocasiones en aguas venezolanas. Se encuentra en zonas someras donde existe un fondo coralino con gran cantidad de *Millepora* y un fondo arenoso-rocoso con *Sargassum* y *Dictyota* en abundancia. Los ejemplares fueron capturados a profundidades no mayores de 3 m, pero nunca en cuevas o habitáculos.

Los diferentes patrones de coloración descritos en la diagnosis varían según el tipo de fondo sobre el cual

se encuentra la especie, adquiriendo la tonalidad azul-turquesa cuando se encuentra sobre un fondo de arena calcárea y *Millepora*; la tonalidad parda oscura la adquiere al encontrarse sobre un fondo arenoso-rocoso con *Sargassum* y *Dictyota*.

Los organismos afines a la especie son los típicos de estos ambientes, entre los Hidrozoarios: *Macrorhynchia* y *Millepora*; entre los corales pétreos: *Montastrea* y *Dichocoenia*; entre los poliquetos: especies de la familia Sabellidae; entre los moluscos: *Lima scabra*, *Lyropecten nodosa*, *Fasciolaria tulipa* y *Atrina rigida*; entre los crustáceos: *Petrochirus*, *Portunus*, *Mithrax* y *Stenorhynchus seticornis*; entre los equinodermos: *Oreaster*, y entre los tunicados: *Ascidia nigra*.

No obstante el pequeño número de animales capturados, se puede considerar que la especie está distribuida ampliamente en las costas venezolanas, ya que se encontró a lo largo del área costera estudiada, bahía de Mochima, Naiguatá, Camacuey, Turpialito, Isla Caribe e isla de Margarita (Fig. 8e).

Octopus burryi VOSS, 1950

Fig. 6; Tabla I

Octopus burryi, VOSS, 1950: 76; 1951: 231; 1956: 163.

Material examinado: 1 macho; ML 74.5 mm; embarcación de arrastre comercial; 35 m; Norte de Punta Tigre, isla de Margarita; 2 octubre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 67.8 mm; embarcación de arrastre comercial; 35 m; norte de Punta Tigre, isla de Margarita; 2 octubre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 30.0 mm; 182.9 m; sureste de Sombrero Light, Florida, EEUU; L. A. BURRY; USNM Nº 574598 (Holotipo). 1 hembra; ML: 54.0 mm; costa de Surinam, 6°47'N 55°40'W; 26 junio 1957; USNM Nº 575569. 3 machos; ML: 49-61 mm; costas de Surinam; verano de 1960; H. LIJDING, UMML Nº 31271.

Descripción: Especie de tamaño mediano, con banda longitudinal color marrón-púrpura oscuro extendiéndose a lo largo de la superficie dorsal interna de cada brazo.

Manto de forma ovoide y redondeado, moderadamente ancho (MWI: 50.2-61.0). Cabeza de tamaño mediano (HWI: 23.4-28.1), separada del manto por

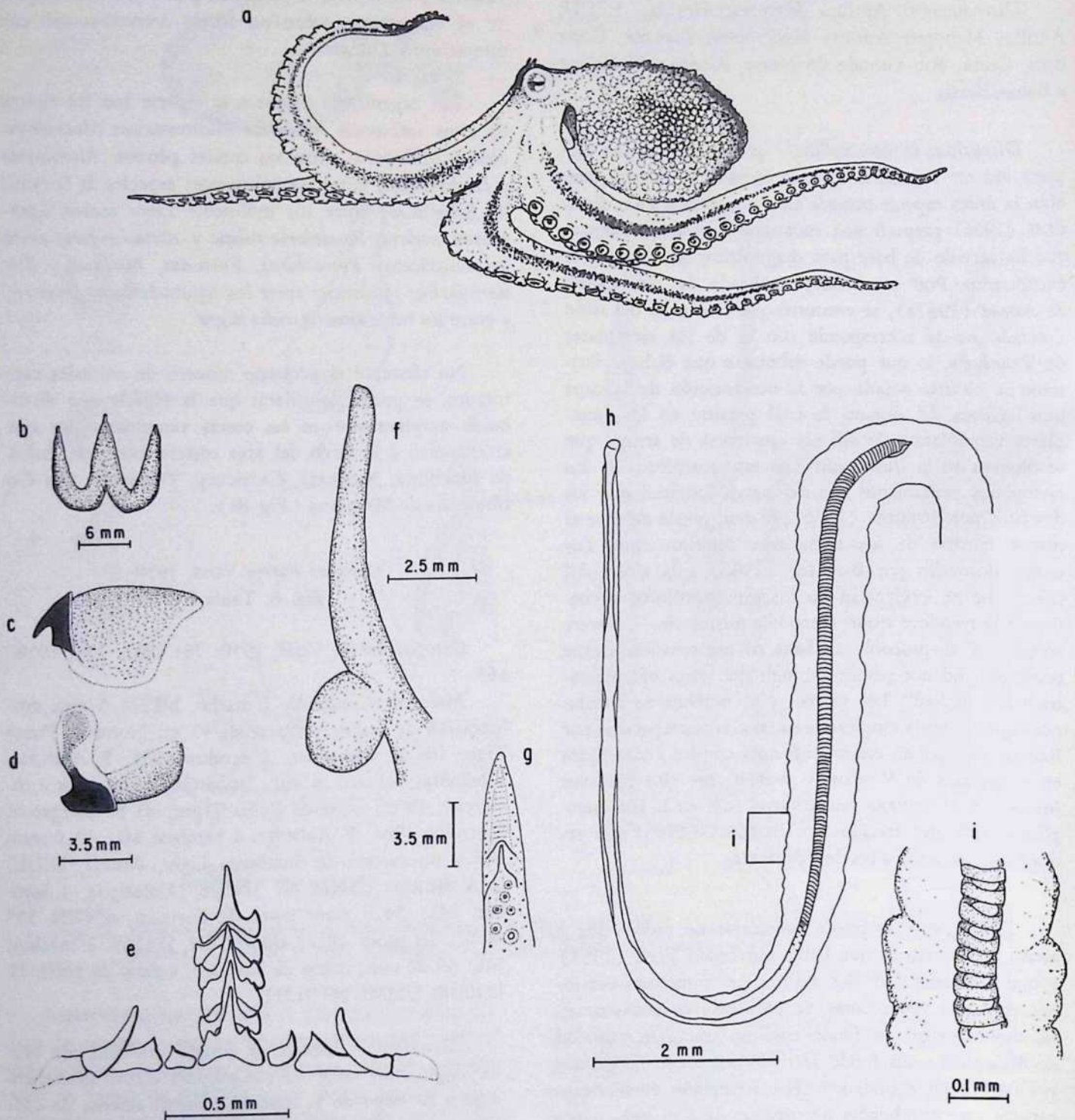


Fig. 6. *Octopus burryi*; a, Vista latero-dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotilo; h, Espermatóforo sin reservorio espermático; i, Detalle del saco.

constricción en el cuello. Ojos prominentes con un cirro retraído sobre parte posterior de cada ojo.

Sifón largo y ligeramente cónico, libre en más de la mitad. Órgano del sifón en forma de W.

Brazos de longitud media (ALI: 66.7-71.4), primer par más corto, segundo y tercero más largos. Ventosas grandes (SnDI: 5.4-5.9), se reducen en tamaño hacia extremo distal del brazo y en general erectas y robustas, en dos hileras paralelas. Macho con ventosas de mayor diámetro que las normales. Membrana interbraquial de profundidad media (WDI: 29.0-31.1), sector A menos profundo y de mayor espesor, sectores D o C más profundos.

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 41.6), casi de misma longitud que su simétrico (13 mm más corto). Lígula de tamaño medio (LLI: 3.9), apariencia cónica y varias láminas copulatorias difíciles de observar en superficie. Cálamo mediano (CLI: 30.0), con canal en el centro.

Doce lamelas por demibranchia en macho y once en hembra.

Picos sin características especiales. Rádula con seriación tipo A² en diente raquídeo que presenta mesocono largo y delgado de base ancha.

Pene largo y delgado hacia parte distal, con divertículo basal redondeado y pequeño (PLI: 20.0).

Espermatóforos en saco de Needham, menor de seis. Se encontraron en mal estado, con masa espermiática completamente desenrollado; sólo se pudo obtener un espermatóforo con cuerno y saco en buen estado, de longitud 13.8 mm, excluyendo la masa espermiática.

Ovario de forma acorazonada, con par de oviducos y par de glándulas redondeadas de color crema. Parte proximal del oviducto corta, parte distal larga con base un poco ancha.

Superficie dorsal del macho cubierta por papilas redondeadas y aplanadas, principalmente en el manto, característica ésta que no se observa en parte ventral, ni en interior de los brazos.

En hembras papilas son menos evidentes. Línea longitudinal de los brazos, comienza al terminar la membrana interbraquial y finaliza antes de terminar el brazo. El animal preservado es marrón-violeta en la superficie dorsal, más pálido en superficie ventral, casi grisáceo y con tono cremoso en parte ventral de los brazos. Al extraerse del agua, la superficie dorsal es verde grisáceo que cambia a color amarillo cremoso; presenta papilas pronunciadas. Las bandas longitudinales presentan color marrón oscuro intenso.

Holotipo: Museo Nacional de Historia Natural, Washington.

Localidad del holotipo: Sureste de Sombrero Light, Florida, EEUU.

Distribución: Carolina del Norte, Florida EEUU; Noroeste del golfo de México; islas Bahamas; islas Vírgenes; Guadalupe y Martinica; Guyana; Surinam; Amapá, Brasil; islas de Cabo Verde; Senegal hasta Angola; Venezuela.

Discusión: Los ejemplares encontrados son los de mayor talla hasta ahora conocidos, teniéndose como límite máximo ML: 66.0 mm de un ejemplar capturado en las costas de Carolina del Norte, EEUU (PALACIO, 1977), lo que confirma el hecho de que esta especie puede considerarse de tamaño mediano, con una media de ML: 44.3 mm en un total de 34 ejemplares referidos en la literatura para el Atlántico Occidental.

En los ejemplares revisados en el U.S. National Museum of Natural History, Washington y en la Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science, Miami, la superficie dorsal del cuerpo está tapizada por papilas redondeadas con un aspecto granuloso, que viene a ser un detalle de carácter diagnóstico para la especie. Esta característica se evidenció al momento de la captura de los ejemplares, aunque desapareció casi en su totalidad después de preservarlos, percibiéndose el aspecto granuloso solamente en forma leve. Esto pudo suceder debido a la congelación de los especímenes antes de preservarlos definitivamente. La lígula de los ejemplares preservados en las colecciones antes mencionadas presenta unas 10-15 láminas copulatorias bien diferenciadas, característica que no es tan notable en el macho descrito; sin embargo el aspecto general de la lígula es igual al de los especímenes en EEUU. Las otras

características concuerdan con lo descrito por VOSS (1950, 1951). El órgano del sifón de los ejemplares venezolanos es similar al ilustrado por PALACIO (1977).

Los ejemplares se encontraron sobre un fondo arenoso limpio, asociados a: *Astropecten*, *Dardanus*, *Strombus pugilis* y *Aequipecten gibbus*. Ambos se obtuvieron al norte de Punta Tigre (Fig. 8f), en diferentes caladas. La escasez de ejemplares limita el estudio de la distribución geográfica de la especie para la zona, pero se conoce que no es una especie de aguas someras (VOSS, 1951; HANLON & HIXON, 1980), hecho que se confirma después de vistos los resultados de este trabajo. Sin embargo, se considera que tiene amplia distribución en el Atlántico (CAIRNS, 1976) aunque presenta la particularidad de ocultarse en la arena en caso de peligro (HANLON & HIXON, *op. cit.*) una de las razones que podría justificar la aparente escasez de la especie en el área.

Octopus zonatus VOSS, 1968

Fig. 7; Tabla I

Octopus zonatus VOSS, 1968: 647.- NESIS, 1975: 271.

Material examinado: 1 hembra; ML: 34.2 mm; a mano con ayuda de equipo de buceo; 8 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 16, abril 1981; F. AROCHA. 1 macho, 1 hembra; ML: 46.7-55.5 mm; a mano con ayuda de equipo de buceo; 7 m; Turpialito, golfo de Cariaco; 31 julio 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 51.0 mm; embarcación de arrastre comercial; entre 20 y 26 m; norte de la isla de Margarita; junio 1981. 2 machos, 3 hembras; ML: 48.5-68.4 mm; embarcación de arrastre comercial; entre 20 y 30 m; este de la isla de Margarita; julio 1981. 2 machos; ML: 43.6-53.7 mm; embarcación de arrastre comercial; norte de la ensenada de La Guardia, isla de Margarita; septiembre 1981; F. AROCHA. 1 hembra; ML: 64.5 mm; embarcación de arrastre comercial; 30 m; sureste de Los Frailes; septiembre 1981; F. AROCHA. 1 macho; ML: 44.9 mm; embarcación comercial; 20 m; noreste de Punta Tigre, isla de Margarita; septiembre, 1981; F. AROCHA. 1 macho; ML: 18.2 mm; rastra de 10 pies; 73 m; Punta Caribana, Colombia, 8°51'N, 77°01'36"W; 17 julio 1966; R/V Pillsbury; USNM N° 576513 (Holotipo).

Descripción: Especie de tamaño pequeño con bandas transversales gruesas de color marrón oscuro en

manto y longitudinales en cabeza y ojos. En brazos las bandas son transversales y gruesas en parte dorsal.

Manto medianamente ancho (MWI: 44.4-74.5), grande ovoide y redondeado. Cabeza separada del manto por cuello largo, es grande (HWI: 18.4-45.3) con ojos prominentes presentando un cirro anterior y otro posterior sobre cada ojo, ambos de igual longitud.

Sifón largo y tubular, libre en mitad distal. Órgano del sifón en forma de W, con la abertura de V invertida profunda y con dos pequeñas proyecciones en el extremo.

Brazos medianamente largos (ALI: 60.0-74.3), de casi la misma longitud, robustos en su parte media. Ventosas erectas (SnDI: 2.7-5.8) y esparcidas, formando dos hileras paralelas. En machos no se observan ventosas de mayor diámetro. Membrana interbraquial de profundidad media (WDI: 9.5-20.1); sector A siempre menos profundo y más robusto.

Tercer brazo derecho hectocotilizado (HcAI: 60.9-72.5), levemente más corto que su simétrico (15%). Lígula característica por presentar un canal profundo en eje central; bordes engrosados. Apariencia general delgada y puntiaguda (LLI: 5.5-8.3). Cálamo de tamaño medio y algo cónico con canal en el centro (CLI: 21.8-36.0).

Entre seis y siete lamelas por demibranchia, además de lamela terminal no bien desarrollada.

Picos como aparecen en ilustración. Rádula de seriación simétrica tipo A²⁻³, en diente raquídeo, primeros laterales poco desarrollados, los demás dientes no presentan características resaltantes.

Pene corto y globular, con divertículo redondeado, casi doble de grande que el pene (PLI: 9.2-14.7). Menos de diez espermátóforos de gran tamaño (SpLI: 41-49), en saco de Needham con ornamentación en zona del cuerno. Masa espermática dispuesta en forma irregular.

En general, superficie del animal es completamente lisa, sin proyecciones, salvo cirros oculares. Color del animal preservado entre gris pálido y ocre oscuro, con las bandas más oscuras. En parte ventral hay líneas irregulares a lo largo de los brazos. Cuando el animal está agitado en ambiente natural, es blanco cremoso con

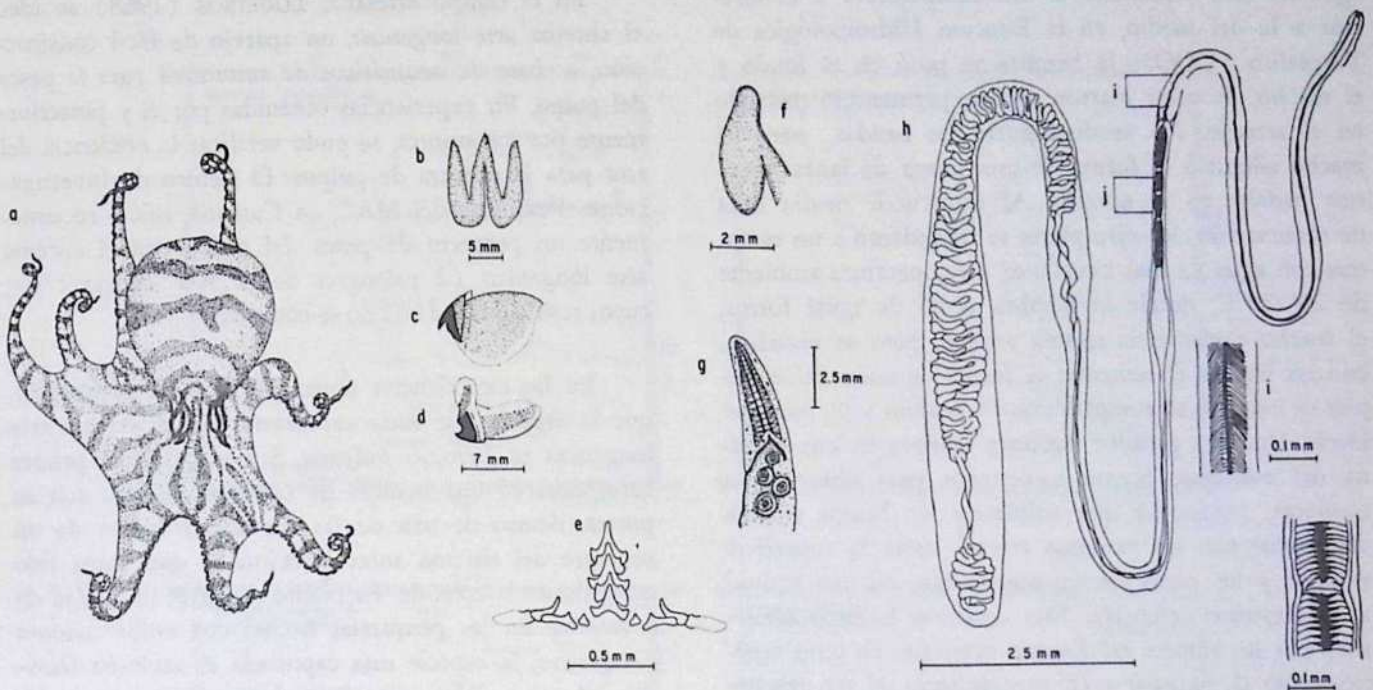


Fig. 7. *Octopus zonatus*: a, Vista dorsal; b, Organo del sifón; c, Mandíbula superior; d, Mandíbula inferior; e, Rádula; f, Pene; g, Hectocotile; h, Espermatóforo; i, Detalle del cuerno; j, Detalle del saco.

bandas transversales gruesas marrón oscuro y longitudinales en cabeza y ojos. En reposo adquiere tonalidad rojiza-ocre con bandas más oscuras, con lunares diminutos de color blanco dispersos en superficie dorsal.

Holotipo: Museo Nacional de Historia Natural, Washington, EE.UU.

Localidad del holotipo: Punta Caribana, Colombia; 8°51'N, 77°01'36"W.

Distribución: Panamá; Colombia; Venezuela.

Discusión: Esta especie fue descrita por primera vez por VOSS (1968) en base a dos ejemplares machos y tres hembras (ML: 14.0-30.0 mm). NESIS (1975) encuentra dos ejemplares machos (ML: 23.0-29.0 mm) en la zona cercana a la isla de Cubagua, donde solo menciona los cambios de coloración una vez capturados. La colección analizada en el presente estudio contiene ejemplares de mayor talla que los mencionados en la literatura, lo que probablemente explica la gran diferencia entre los índices obtenidos por los autores y los de la descripción original.

Se extrajeron huevos inmaduros del ovario de una hembra, proveniente de Margarita, que medían 5.3

mm de longitud, sin incluir el pedúnculo. Sin embargo, huevos provenientes de una hembra capturada en 1967 por el segundo autor, de la cual solamente se tienen fotografías que la identifican con *O. zonatus*, miden entre 6.6 y 8.2 mm; y no presentan las estrías mencionadas por VOSS (1968). ROBAINA (com. pers.) tampoco encuentra estrías en huevos de *O. zonatus* obtenidos en acuarios.

En el ambiente natural se observó una hembra que tenía como abitáculo una concha vacía de *Trachycardium* con sus dos valvas, las que podía abrir o cerrar. El animal sujetaba la valva superior con las ventosas al extremo de los brazos y la inferior con las ventosas en la base de los brazos. Lo único que sobresalía por la abertura entre las valvas era la cabeza con ojos, notándose que al momento de verse en peligro cerraba las valvas. La coloración era de un tono ocre-rojizo con las bandas de un tono más oscuro observándose después de algunos segundos la aparición de una serie de lunares diminutos de color blanco en la superficie del cuerpo. Los otros dos ejemplares observados en el campo se encontraron también en conchas vacías de *Trachycardium* y mostraban la misma conducta descrita anteriormente. Cuando los ejemplares se trasladaron a un acuario con

agua de mar circulante, a una temperatura 2°C inferior a la del medio, en la Estación Hidrobiológica de Turpialito (UDO), la hembra se posó en el fondo y el macho, de color marrón oscuro, permaneció nadando en el acuario. No se distinguían las bandas, pero el macho adquirió la forma de una punta de lanza mientras nadaba en el acuario. Al transcurrir media hora de observación, los ejemplares se trasladaron a un estanque con agua de mar circulante, a temperatura ambiente de 26°-28°C, donde la hembra actuó de igual forma, el macho mantuvo la misma actitud, pero se visualizaban las bandas claramente; la forma de nado del ejemplar es lenta, si se compara con *O. joubini* y *O. hummelincki*. Una vez posados macho y hembra en una esquina del estanque, fueron molestados para observar su conducta, notándose que colocaron los brazos encima del manto con las ventosas erectas hacia la superficie exterior y los picos claramente visibles en una actitud aparentemente defensiva. Esta conducta ha sido observada por los autores en diversas ocasiones en otras especies como *O. vulgaris* y *O. hummelincki*, al ser desprovistos de su hábitaculo y molestados continuamente.

Los organismos afines en el área de la isla de Margarita y Los Frailes son los típicos encontrados en zonas de arena gruesa con restos de concha, principalmente bivalvos de los géneros *Arca* y *Trachycardium*. Los ejemplares obtenidos en la zona mencionada provenían de profundidades comprendidas entre 18 y 33 metros. Los ejemplares de la zona sur del golfo de Cariaco (Turpialito) provenían de un fondo de arena gruesa con gran cantidad de restos de bivalvos y gasterópodos a una profundidad de 6-8 m. La especie está ampliamente distribuida en la zona de estudio, al sur del golfo de Cariaco, norte, este y sur de la isla de Margarita (Fig. 8f). Esta especie puede ser endémica del sur del Mar Caribe ya que solo se conocen ejemplares de esta zona.

SECCIÓN PESQUERA:

Al término de un año de observaciones se pudo verificar la inexistencia de una pesquería importante de cefalópodos (calamares y pulpos) en el área de estudio. La mayoría de las capturas realizadas en la zona nor-oriental del país se produjo como consecuencia de las pesquerías de camarones realizadas por los barcos de arrastre del tipo Florida con redes en popa.

En el campo artesanal LODEIROS (1968) se ideó el sistema arte longanizo, un aparejo de fácil construcción, a base de neumáticos de automóvil para la pesca del pulpo. En experiencias obtenidas por él y posteriormente por los autores, se pudo verificar la eficiencia del arte para la captura de pulpos. El Centro de Investigaciones Pesqueras del MAC, en Cumaná, inició recientemente un proyecto de pesca del pulpo con el sistema arte longanizo (2 palangres de 1.500 cuevas c/u), cuyos resultados todavía no se conocen.

En las experiencias obtenidas se pudo comprobar, que la especie que suele capturarse con el sistema arte longanizo es *Octopus vulgaris*. Sin embargo el primer autor observó una hembra de *Octopus briareus* con su puesta, dentro de una de las cuevas artificiales de un palangre del sistema antes mencionado que había sido colocado en la zona de Turpialito a una profundidad de 6 metros. En las pesquerías hechas con embarcaciones de arrastre, la especie más capturada es también *Octopus vulgaris* y pocas veces *O. joubini* y *O. zonatus*, especies que son regresadas al mar por no poseer talla comercial.

Las capturas de calamares corresponden generalmente a ejemplares de la familia Loliginidae, especialmente *Loligo pealei* y *Loligo plei*, ya que las pesquerías se realizan habitualmente en zonas cercanas a la costa.

Las capturas de *Octopus vulgaris* en el área de Margarita se realizan principalmente durante los meses de junio a octubre, observándose que, en los meses de marzo a mayo la pesca es escasa y la mayoría de los ejemplares capturados son juveniles. Durante los meses de diciembre a febrero las capturas son casi nulas y así lo confirman las estadísticas del Centro de Investigaciones Pesqueras de Cumaná desde el año 1980 (MARCANO & URBANEJA, *com. pers.*).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. GILBERT L. VOSS la revisión del manuscrito y su contribución por sus sugerencias. A los Profs. M. A. OLIVARES, L. MARCANO, y Sra. N. A. VOSS, al Dr. C. F. E. ROPER y Sr. M. SWEENEY, al Lic. G. ROBAINA y Sr. J. L. LUGO; por sus sugerencias y aportes científicos en la realización del trabajo. A los Sres. F. GASTÓN, B. MARÍN, A.

Cefalópodos del género *Octopus*

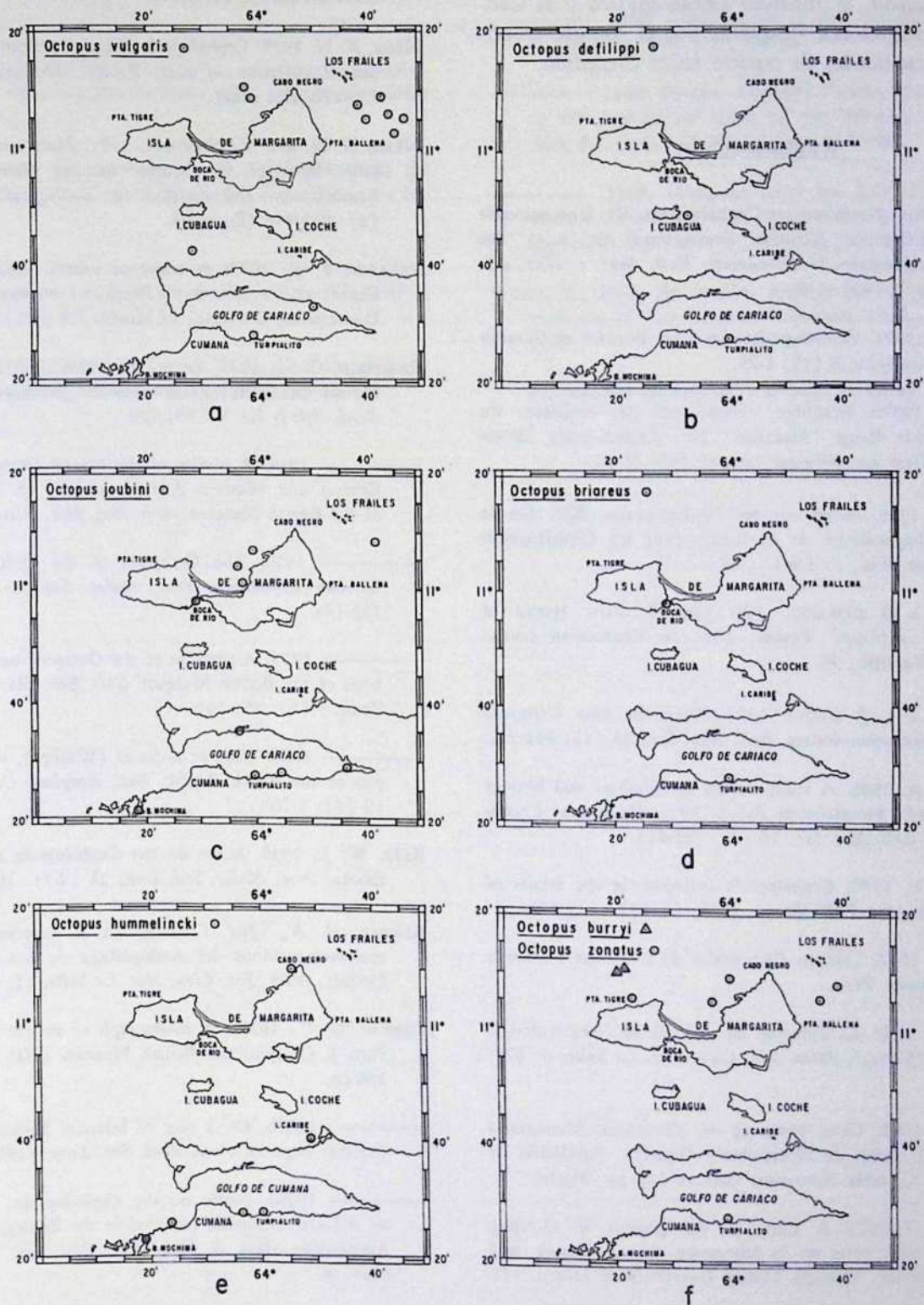


Fig. 8. Distribución geográfica del género *Octopus* en el área nororiental de Venezuela; a, Distribución geográfica de *O. vulgaris*; b, Distribución geográfica de

O. defilippi; c, Distribución geográfica de *O. joubini*; d, Distribución geográfica de *O. hummelincki*; e, Distribución geográfica de *O. burryi* y *O. zonatus*.

PERNÍA, M. VERGARA y Lic. R. MANRIQUE por el apoyo técnico brindado; al Instituto Oceanográfico y al Centro de Investigaciones Pesqueras por el soporte económico y las facilidades de espacio físico concedido.

REFERENCIAS

- ADAM, W. 1936. Notes sur les Céphalopodes. VI. Une nouvelle espèce d'*Octopus* (*Octopus hummelincki* sp. nov) des Indes Occidentales Néerlandaises. *Bull. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, 12 (40): 1-3.
- 1937a. Cephalopodes des Isles Bonaire et Curacao. *Capita Zoologica*, 8 (3): 1-29.
- 1937b. Résultats scientifiques des croisières du navier-école Belge "Mercator" IV. Cephalopoda. *Mem. Mus. r. Hist. nat. Belgique*, Ser. 12 (9): 43-82.
- 1941. Notes sur les Céphalopodes. XV. Sur la valeur diagnostique de la radule chez les Céphalopodes Octopodes. *Ibid.*, 17 (38): 1-19.
- ARROCHA, F. & G. ROBAINA. (En prensa). First record of *Octopus defilippi* Verany, 1851 in Venezuelan coastal waters. *Nautilus*, 98.
- ARROCHA, F. & L. J. UROSA. 1983. Notes on two Octopoda from Venezuelan waters. *Bull. Mar. Sci.*, 33 (4): 941-942.
- BURGESS, L. A. 1966. A study of the morphology and biology of *Octopus hummelincki* Adam, 1936 (Mollusca: Cephalopoda). *Bull. Mar. Sci.*, 16 (4): 762-813.
- CAIRNS, S. D., 1976. Cephalopods collected in the straits of Florida by the R/V Gerda. *Ibid.*, 26 (2): 233-272.
- CURVIER, G. 1797. Tableau élémentaire de L'histoire Naturelle des Animaux. Paris.
- GINES, HNO. 1947. La comisión de zoología en la extensión al golfo de Cariaco. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*. 6: 279-291.
- 1972. Carta Pesquera de Venezuela. Monografía N° 16. 1. Areas de Nororiente y Guayana. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas 328 pp. Mapas.
- HANLON, R. T. 1975. A study of the growth in *Octopus briareus* with notes on its laboratory rearing, mating, and field behavior. Master's Thesis, University of Miami. 111 pp.
- HANLON, R. T. & R. F. HIXON. 1980. Body patterning and field observations of *Octopus burryi* Voss, 1950. *Bull. Mar. Sci.*, 30 (4): 749-755.
- LODEIROS, J. 1968. Pesca de Pulpos. Sistema Arte Longanizo. *Carta del MAC.*, 41: 3.
- NESIS, K. N. 1975. Cephalopods of the American Mediterranean Sea. *Transaction of the "P. P. Shirshov"*, Vol. 100: 259-288. (En ruso).
- NESIS, K. N. & I. V. NIKITINA, 1981. *Macrotritopus*, a planktonic larva of the benthic octopus *Octopus defilippi*: Identification and distribution. *Zoological Magazine*, 60 (6): 835-846 (En ruso).
- PALACIO, F. J., 1977. A study of coastal cephalopods from Brazil with a review of Brazilian zoogeography. Ph. D. Dissertation, University of Miami. 311 pp.
- PICKFORD, G. E., 1945. Le poulpe americaine: a study of the littoral Octopoda of the Western Atlantic *Trans. Conn. Acad. Arts & Sci.* 36: 701-811.
- 1946. A review of the littoral Octopoda from the Central and Western Atlantic stations on the collections of the British Museum. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 13: 412-429.
- 1950. The Octopoda of the Oxford University Cayman Expedition. *Proc. Malac. Soc. Lond.*, 28(4-5): 139-144.
- 1955. A revision of the Octopodinae in the collections of the British Museum. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zool.*, 3 (3): 151-167.
- 1964. *Octopus dofleini* (Wülker), the giant octopus of the North Pacific. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.* 19 (1): 1-70.
- REES, W. J., 1950. Notes on the Cephalopoda from the Caribbean. *Proc. Malac. Soc. Lon.*, 28 (2-3): 107-114.
- REHDER, H. A., 1962. Contribución al conocimiento de los moluscos marinos del Archipiélago de Los Roques y La Orchila. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 11: 116-138.
- ROBSON, G. C., 1929a. A monograph of recent Cephalopoda. Part. J. Octopodinae. British Museum (Nat. Hist.) Lond. 236 pp.
- 1929b. On a case of bilateral hectocotylization in *Octopus rugosus*. *Proc. Zool. Soc. Lom.* (1929): 95-97.
- 1929c. Notes on the Cephalopoda. IX. Remarks on Atlantic Octopoda included in the Zoologisch Museum, Amsterdam. *Ann. & Mag. Nat. Hist. Ser.* 10, 3 (18): 609-618.
- ROPER, C. F. E., 1978. Cephalopods. In: Fischer, W. (Ed). FAO Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic. (Fishing area 31). FAO, Roma, Vol. VI.

Cefalópodos del género *Octopus*

- VERANY, J. B., 1851. Mollusques méditerranéennes observés, décrits, figurés et chromolithographiés d'après le vivants. Premier partie. Céphalopodes de la Méditerranée. Genes, xvi 132 pp. pls. 1-41.
- VOSS, G. L., 1949. Notes on a specimen of *Octopus hummelincki* Adam from the Florida Keys. *Rev. Soc. Malac. Carlos de la Torre*, 7: 3-5.
- 1950. Two new species of cephalopods from the Florida Keys. *Rev. Soc. Malac. Carlos de la Torre*, 7 (2): 73-79.
- 1951. Further description of *Octopus burryi* Voss, with a note on his distribution. *Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib.*, 1 (3): 231-240.
- 1953. Observations on a living specimen of *Octopus hummelincki* Adam. *Nautilus*, 66 (3): 73-76.
- 1956. A review of the cephalopods from the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib.*, 6: 85-177.
- 1963. Cephalopods of the Philippine Islands. *U. S. Nat. Mus. Bull.* 234. 180 pp.
- 1964. *Octopus defilippi* Verany, 1851. An addition to the cephalopod fauna of the Western Atlantic. *Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib.*, 14 (3): 554-560.
- 1968. Octopods from the R/V Pillsbury Southwestern Caribbean Cruise, 1966, with a description of a new species, *Octopus zonatus*. *Ibid.*, 18 (3): 645-659.
- WORK, R., 1969. Systematics, ecology and distribution of the mollusks of Los Roques, Venezuela. *Ibid.*, 19 (3): 614-711.

(Manuscrito recibido el 11 de julio de 1983).