

An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betán	17	3-14	Santa Marta Colombia, 1987	ISSN 0120-3959
---------------------------------------	----	------	-------------------------------	-------------------

PIGMENTOS CLOROFILICOS E HIDROGRAFIA EN LA REGION NOROCCIDENTAL DE VENEZUELA CON ENFASIS EN EL GOLFO DE VENEZUELA

César Rodríguez y Ramón Varela

RESUMEN

Se realizaron 4 campañas oceanográficas en las aguas de la plataforma continental de la región noroccidental del Caribe venezolano, durante los años 1982, 83 y 84, evaluando las concentraciones de clorofila a y feopigmentos en superficie. Estos datos se acompañaron con medidas físico-químicas del agua para determinar áreas de surgencia y zonas de mezcla inducidas por el Lago de Maracaibo. Cada 20 millas náuticas (36 km aprox.) se recogieron muestras superficiales. Los análisis se realizaron de acuerdo al método descrito por Lorenzen (1967). Se estudiaron 424 muestras colectadas durante las 4 campañas, obteniéndose rangos de clorofila a y feopigmentos comprendidos entre menos de 0.1 mg/m³ y 5.2 mg/m³. Durante las tres primeras campañas, se observó un comportamiento normal de los alisios que soplaron de este a oeste aunque con cierta variabilidad, provocando fuertes surgencias en la costa occidental de la Península de Paraguaná y Golfete de Coro con altas concentraciones de clorofila. En la Bahía de Calabozo, al sur de la Guajira, se originaron mezclas de agua del Golfo de Venezuela con las provenientes del Lago de Maracaibo que presentaron bajas concentraciones. Sin embargo, entre octubre y noviembre de 1984 el viento varió considerablemente, disminuyó su velocidad y cambió su dirección en 180°, induciendo una alteración en la dinámica del agua, tanto en la zona de surgencia, como en el área de mezcla. Las concentraciones de clorofila fueron muy bajas en esta última campaña.

ABSTRACT

Four oceanographic expeditions were carried out from 1982 to 1984. These surveys evaluated chlorophyll - a and pheopigments concentrations in surface waters of the "Golfo de Venezuela" and adjacent regions. Also, physical and chemical parameters were measured in order to locate the upwelling zones and the area where mixing with "Lago de Maracaibo" water is occurring. A total 424 surface samples taken every 20

miles (36 km aprox.) were analysed by Lorenzen's (1967) method, obtaining values of chlorophyll-a and pheopigments ranging from less than 0.1 mg/m³ up to 5.2 mg/m³. During the first three surveys, a normal behavior of the Trade winds was observed; they blew from east to west, although they showed occasional variability. The winds induced strong upwellings on the western coast of the "Península de Paraguaná" and in the "Golfete de Coro", both areas showing high chlorophyll concentrations. Mixing of "Golfo de Venezuela" with "Lago de Maracaibo" waters, which had low concentration values, was observed in the "Bahía de Calabozo", South of the "Península de la Guajira". Otherwise, the wind changed considerably during October and November of 1984; its speed decreased and its direction changed 180° bringing about an alteration of water dynamics in the upwelling zone as well as in the mixing area. During this period chlorophyll values were low.

INTRODUCCION

A pesar de la importancia económica que el Golfo de Venezuela representa para Venezuela ha sido poco estudiado desde el punto de vista oceanográfico y pesquero. Los aspectos mejor conocidos son la batimetría e hidrografía, elaborados durante la década de los años 50 y 60 por intermedio de las compañías petroleras.

El Golfo de Venezuela está ubicado entre los 11° 00' a 12° 30' N y 70° 20' a 71° 50' W. Se presenta como un ancho estuario influenciado fuertemente por el Lago de Maracaibo y el Mar Caribe, creándose condiciones geomorfológicas e hidrográficas relativamente independientes separando las condiciones que influyen sobre la productividad de sus aguas (Fundación La Salle, 1984). Está constituido por un umbral sedimentario poco profundo en la Bahía de Calabozo al suroeste, y un área abierta en comunicación directa con el Mar Caribe, más profunda, que representa al Golfo propiamente dicho (Redfield, 1955).

En la Bahía de Calabozo, se producen fenómenos de mezcla de las aguas provenientes del Lago de Maracaibo con las del resto del Golfo, originando una recirculación y giro de las masas de agua, que le otorga características particulares a sus aspectos físico-químicos y biológicos.

El Golfo de Venezuela es influenciado por los vientos alisios del nordeste, que generan un fenómeno de surgencia frente a la costa occidental de la Península de Paraguaná (Redfield, 1955; Zeigler, 1964; Fundación La Salle, 1984).

Fajardo (1979) establece para la costa occidental de la Península de La Guajira, en mares colombianos, áreas de surgencia análogas a las de la Península de Paraguaná considerando su latitud y longitud, y con valores de temperaturas superficiales entre 25.5 y 27°C.

Redfield (1955) y Zeigler (1964) registran salinidades en superficie entre 12.9‰ y 23.8‰ en la Bahía de Calabozo y más de 35‰ en el resto del Golfo de Venezuela; mientras que la temperatura y el oxígeno disuelto varía entre 27.5°C y 4.74 ml/l y 26°C y 4.8 ml/l respectivamente.

En cuanto a datos hidrobiológicos, tales como la cantidad de clorofila *a* y de sus derivados de degradación, no se tiene información alguna publicada. Sin embargo, La Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, a través del buque oceanográfico M/N La Salle, ha venido realizando estudios hidrográficos y pesqueros en toda el área del Golfo de Venezuela y aguas adyacentes, a fin de determinar áreas de surgencia y de mayor producción pesquera.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron cuatro campañas oceanográficas al Golfo de Venezuela y aguas adyacentes al Estado Falcón, a bordo del buque M/N La Salle, durante julio de 1982, mayo de 1983 y febrero y noviembre de 1984 (Fig. 1).

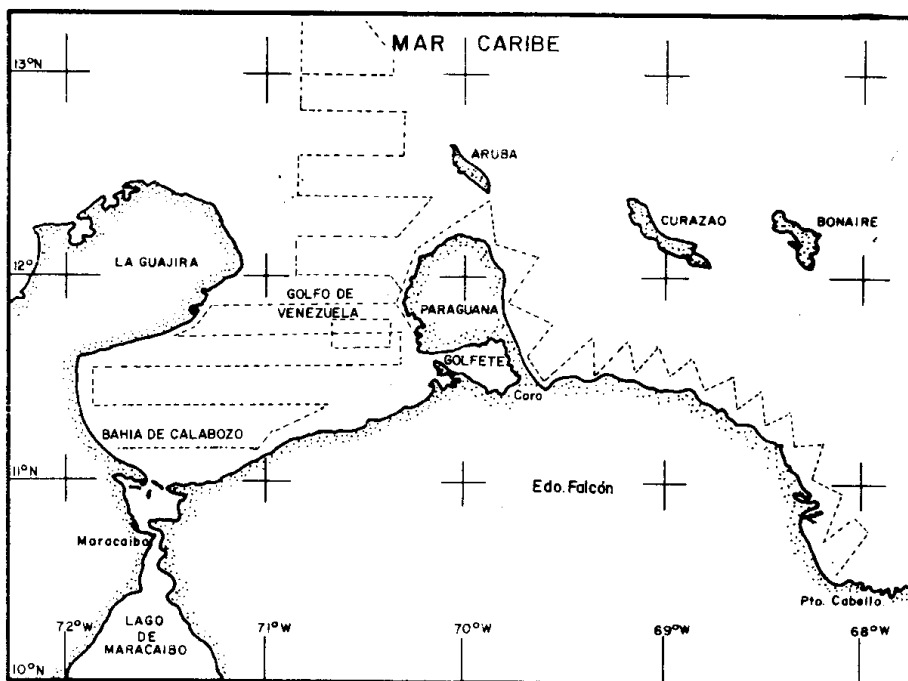


Figura 1. Ruta seguida por la M/N La Salle durante las campañas Falcón I, II, III, IV, para la evaluación hidroacústica e hidrográfica en la plataforma continental del occidente de Venezuela, al sur del Mar Caribe.

Las muestras de agua se extrajeron de la superficie cada 20 millas náuticas (36 km aproximadamente) y se midió su temperatura, salinidad y concentración de pigmentos clorofílicos. Se evaluó de ese modo el comportamiento de los indicadores de productividad en la masa de agua durante unos 20 días consecutivos a cada campaña.

El filtrado de las muestras fue inmediato y se realizó con filtros de fibra de vidrio tipo GF/C (Whatman). Los filtros usados se mantuvieron congelados (-10°C) hasta finalizar la campaña. Para el análisis de clorofila se siguió el método descrito por Lorenzen (1967) con la variación DMSO- acetona en la extracción propuesta por Burninson (1980).

Los datos de temperatura y salinidad fueron considerados en las campañas II y III, para determinar Sigma-t y elaborar las figuras que se presentan.

RESULTADOS

Se obtuvo un total de 424 medidas de clorofila *a* y feopigmentos, y más de 800 de temperatura y salinidad durante las cuatro campañas.

Campaña Falcón I. Julio 1982

El área estudiada se limitó al Golfo de Venezuela, sin considerar en esta oportunidad las aguas al este de Paraguaná. Se obtuvieron 73 mediciones de pigmentos, que oscilaron entre $< 0.1 \text{ mg/m}^3$ y 3.74 mg/m^3 para la clorofila *a* y $< 0.1 \text{ mg/m}^3$ y 2.11 mg/m^3 para los feopigmentos (Fig. 2).

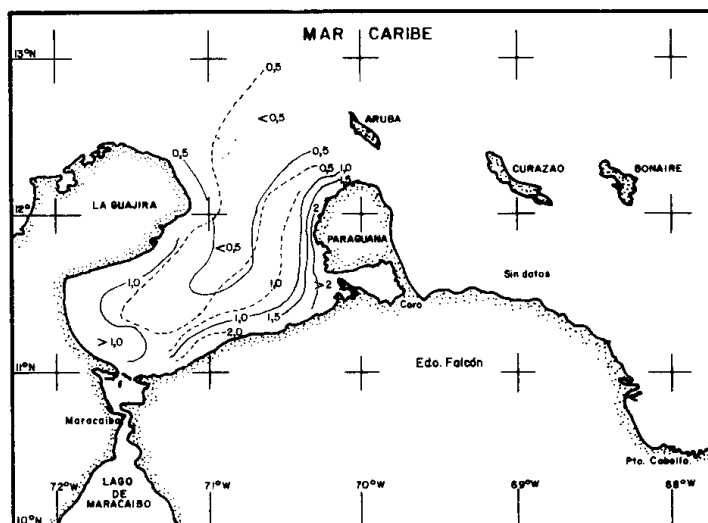


Figura 2. Distribución superficial de la clorofila *a* (mg/m^3 , línea continua) y feopigmentos (mg/m^3 , línea a trazos) en el Golfo de Venezuela. Campaña Falcón I, julio 1982.

Las mayores concentraciones se localizaron a lo largo de la costa oeste de Paraguaná. Las aguas costeras de la Bahía de Calabozo y del Estado Falcón mostraron concentraciones algo superiores a 1 mg/m^3 . El centro del Golfo presentó concentraciones bajas. Los feopigmentos siguen un patrón de distribución semejante al de clorofila pero con valores más bajos.

La salinidad en superficie varió entre 30‰ en la desembocadura del Lago de Maracaibo y 37‰ en el área central del Golfo de Venezuela. La temperatura se mantuvo entre 22°C y 27°C , representa la primera cerca del área costera externa del Golfete de Coro y la segunda, dentro de la Bahía de Calabozo al sur de la Guajira (Fig. 3).

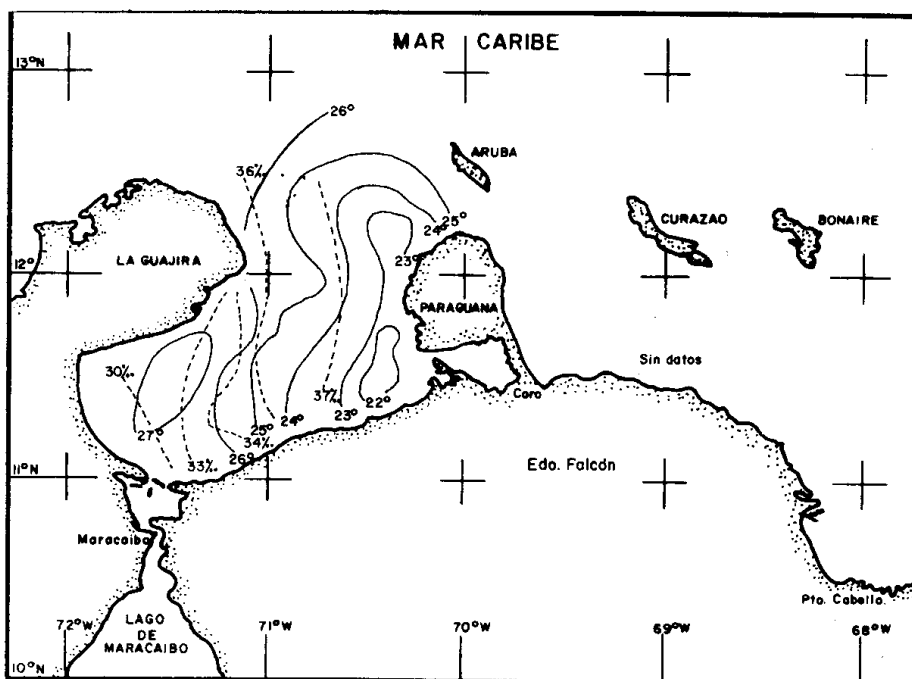


Figura 3. Distribución superficial de la temperatura ($^\circ\text{C}$) y de la salinidad (‰) en el Golfo de Venezuela. Campaña Falcón I, julio de 1982.

Campaña Falcón II. Mayo 1983

De un total de 125 muestras, la clorofila *a* se detectó a concentraciones mayores a 3.0 mg/m^3 en el sector sur de la costa occidental de Paraguaná y superiores a 2.0 mg/m^3 en la desembocadura del Lago de Maracaibo. En la Bahía de Calabozo las concentraciones superaron a 1 mg/m^3 en las áreas más costeras. Concentraciones inferiores a 0.5 mg/m^3 se distribuyeron en toda el área central del Golfo de Venezuela y al oriente de Paraguaná. Los feopigmentos presentaron

una distribución similar al de la clorofila *a*, pero en concentraciones menores, manteniendo siempre una relación directa con la clorofila activa (Fig. 4).

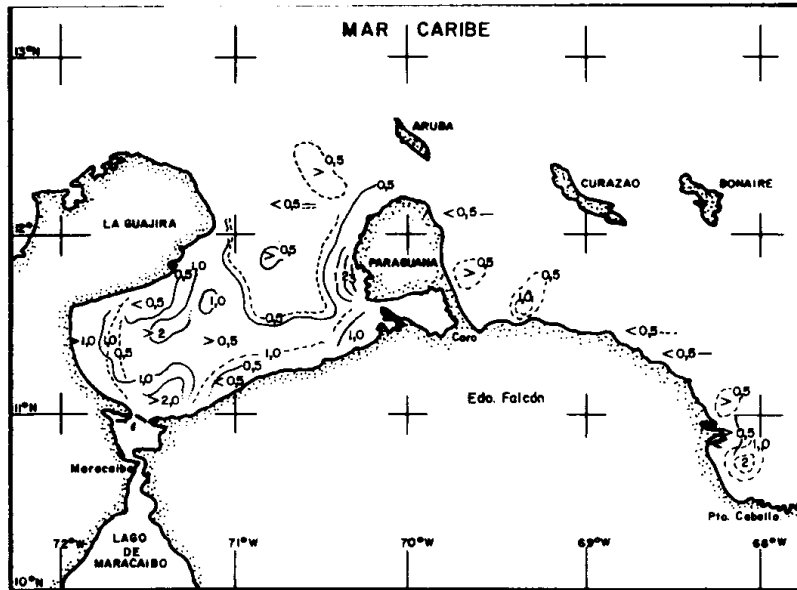


Figura 4. Distribución superficial de la clorofila *a* (mg/m^3 , línea continua) y feopigmentos (mg/m^3 , línea a trazos) en la plataforma continental del occidente de Venezuela. Campaña Falcón II, mayo de 1983.

Los valores de Sigma-t, variaron entre 23 en toda el área sur de la Península de La Guajira y 26 en la costa noroccidental de la Península de Paraguaná. El resto del área central del Golfo y región costera oriental del Estado Falcón se mantuvo en 24 (Fig. 5).

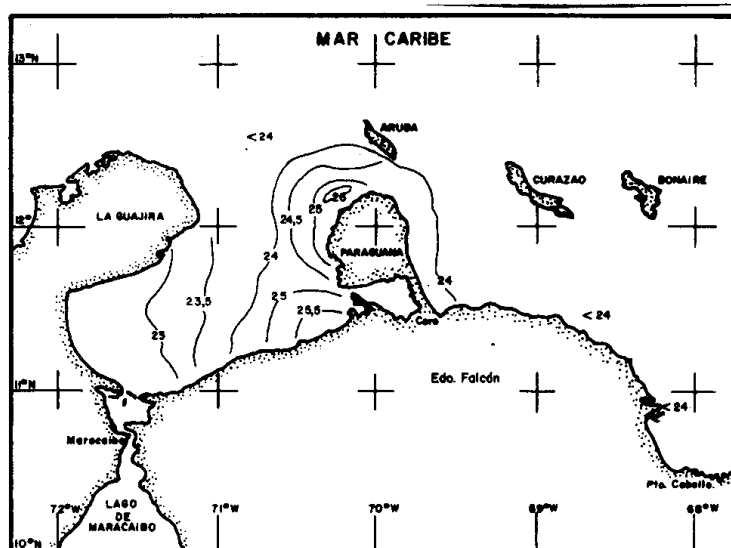


Figura 5. Valores en superficie de Sigma-t, en la plataforma continental del occidente de Venezuela. Campaña Falcón II, mayo de 1983.

Para esta última campaña sólo se disponen procesados los datos de temperatura (Fig. 9). Se observa una distribución superficial más complicada y con diferencias menos pronunciadas que en las otras oportunidades, entre el sector oriental y el sector occidental del Golfo de Venezuela.

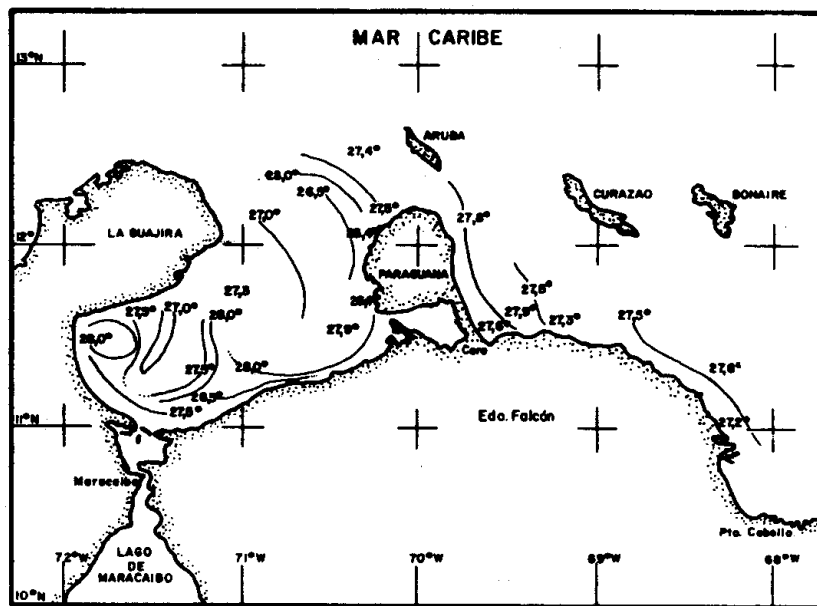


Figura 9. Distribución superficial de la temperatura (°C), en la plataforma continental del occidente de Venezuela. Campaña Falcón IV, noviembre de 1984.

DISCUSION

Considerando al Golfo de Venezuela como un estuario donde convergen grandes masas de agua provenientes del Mar Caribe y del Lago de Maracaibo, pudieron establecerse dos áreas bien definidas. La primera ubicada en la región occidental costera de la Península de Paraguaná, que presenta características de aguas altamente productivas, debido a la surgencia generada por los vientos alisios y la segunda, al sur de la Península de la Guajira, que muestra un sistema de mezcla de las aguas provenientes del Lago de Maracaibo y del resto del Golfo. Redfield (1955) ya señaló que el Golfo de Venezuela presenta características particulares en su hidrología, dada su condición estuarina y oceánica.

A pesar que no se publican aquí datos sobre cambios en la hidrografía y pigmentos clorofílicos a corto plazo, la información obtenida durante las campañas, incluyó la evaluación de cada área muestreada durante horas diurnas y nocturnas. Los resultados presentaron una

variabilidad escasamente significativa cuando ambos períodos fueron correlacionados (Fundación La Salle, 1984).

En los muestreos realizados se observó una clara diferencia entre la época de mayor incidencia de los vientos, con respecto a la de menor incidencia; siendo la primera, la que corresponde a la estación seca, manifestándose durante los primeros seis meses del año. Una estación húmeda se extiende durante el segundo semestre del año.

No se tienen trabajos anteriores que muestren datos sobre indicadores de la biomasa del fitoplancton en el Golfo de Venezuela. Sin embargo existen estudios recientes en el Africa tropical, Herbland *et al.* (1983) señalan máximos valores de productividad primaria y clorofila *a* frente a las costas de Senegal, también inducidos por los vientos alisios.

La campaña realizada en julio de 1982, presentó valores hidrográficos y clorofílicos propios de aguas alteradas por afloramientos y por mezclas de densidades variables. Se observaron concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos mayores de 2.0 mg/m^3 , salinidades próximas a 37‰ y temperatura superficial mínima de 22°C , en el área occidental de la Península de Paraguaná. Mientras que en el área de mezcla de la Bahía de Calabozo, se registraron salinidades de 30‰ y una temperatura superficial de 27°C . Las concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos de la Bahía de Calabozo se mantuvieron relativamente bajas, con respecto a la zona de afloramiento, tal vez por la elevada turbidez de origen terrígeno en el área de la desembocadura del Lago de Maracaibo.

Durante la campaña realizada en mayo de 1983, se observaron concentraciones de clorofila *a* inferiores a las de feopigmentos en el área de afloramiento. Estos valores de clorofila detrítica (feopigmentos) en algunas ocasiones vienen asociadas a un envejecimiento del fitoplancton y en otros, al fenómeno de pastoreo del zooplancton. Valores de Sigma-t de 25 y 26 en la región occidental y noroccidental de la Península de Paraguaná, indicaron que las aguas más densas y profundas, están asociadas a las altas concentraciones de clorofila activa.

En la Bahía de Calabozo, la concentración de pigmentos se mantuvo entre 1 y 2 mg/m^3 , valores relativamente altos considerando el aporte de sedimentos del Lago de Maracaibo, mientras que el valor de Sigma-t, se presentó como indicador de aguas de bajas densidades.

En la campaña de Falcón III, realizada en febrero de 1984, se observó que las concentraciones de clorofila *a* fueron bastante bajas, a pesar de la fuerte influencia de los alisios sobre toda el área del Golfo.

Áltas densidades de zooplancton, detectadas a través del equipo de eointegración, justifica valores elevados de feopigmentos, a cambio de una disminución de la clorofila activa dentro del área (Fundación La Salle, 1984).

Valores de Sigma-t, entre 19 en la zona de mezcla con el Lago de Maracaibo y 25 en el área costera occidental de la Península de Paraguaná señalaron una clara estratificación de dos cuerpos de agua diferentes. Fajardo (1979) presentó valores de sigma-t al occidente de La Guajira similares a los de la costa occidental de la Península de Paraguaná, cuya posición latitudinal es análoga. Dicha similitud es clara en la época seca.

La campaña realizada en noviembre de 1984, indicó un cambio fuerte en la estructura hidrográfica del Golfo. Una perturbación prolongada de los alisios dirigió un flujo inverso de la corriente de marea, introduciendo masas de agua de alta temperaturas y baja densidad, provenientes del área de desembocadura del Lago de Maracaibo, al área costera occidental de la Península de Paraguaná, considerada como zona de afloramiento.

En general, el área central y norte del Golfo de Venezuela y toda la región costera oriental del Estado Falcón, presentó valores casi semejantes de Sigma-t y concentraciones de los pigmentos clorofílicos bajos, indicando aguas de muy baja productividad.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. José Antonio Monente, jefe de misión de las campañas a Falcón y a la Lic. Yrene Astor por facilitar los datos físicos-químicos por ellos procesados. También queremos manifestar la encomiable labor de campo de los técnicos que participaron en las salidas, muy en especial al Sr. Juan Luis Rodríguez, Sr. Fresdo Velásquez y Sr. Efigenio Gil.

Las campañas que se mencionan en este trabajo han sido subvencionadas en parte por la "Organización de Estados Americanos (O.E.A.)" y el Fondo de Inversiones de Venezuela" dentro del proyecto: "Evaluación de los Recursos Pesqueros del Estado Falcón y zona occidental".

Contribución No. 133 de la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle.

BIBLIOGRAFIA

- Burninson, B.K. 1980. Modified dimetil sulfoxide (DMSO) extraction for chlorophyll analysis of phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 729-733.
- Fajardo, G. 1979. Surgencia costera en las proximidades de la península colombiana de la Guajira. *Boletín Científico CIOH*, 2: 7-11.
- Fundación La Salle. 1984. Estudio y evaluación de los recursos pesqueros en aguas del Estado Falcón y región occidental. *Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, Informe de avance, 2, 36 p.
- Herbland, A., R. Le Borgne, A. Le Bouteiller y B. Voituriez. 1983. Structure hydrologique et production primaire dans l'Atlantique tropical oriental. *Oceanogr. Trop.*, 18: 249-293.
- Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.
- Redfield, A.C. 1955. The hidrography of the Gulf of Venezuela. *Deep Sea Res. Supl.*, 3: 115-133.
- Zeigler, J. M. 1964. The hidrography and sediments of the Gulf of Venezuela. *Limnol. Oceanogr.*, 9(3): 397-411.

Manuscrito aceptado para publicación en septiembre 4 de 1986

Dirección de los autores:
Estación de Investigaciones Marinas de Margarita
Fundación La Salle de Ciencias Naturales
Apartado 144. Porlamar 6301
Venezuela