

CARACTERIZACION GENERAL DE LA ZONA DE SURGENCIA EN LA GUAJIRA COLOMBIANA

por

Ricardo Alvarez-León¹, Jairo Aguilera-Quiñonez², Carlos A. Andrade-Amaya³
& Patrick Nowak⁴

Resumen

Alvarez-León, R., Aguilera-Quiñonez, J., Andrade-Amaya, C.A. & P. Nowak.: Caracterización general de la zona de surgencia en la Guajira Colombiana. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (75): 679-694, 1995. ISSN 0370-3908.

Este trabajo constituye el primer esfuerzo por analizar toda la información geológica, oceanográfica, biológica y pesquera existente sobre la surgencia frente a la Guajira, a fin de conocer y entender mejor la complejidad y dinámica del sistema. Se analiza integralmente y por primera vez la información obtenida en los cruceros CICAR 2 y 3, OCEANO II y IV y GUAJIRA 85, en el área de estudio.

Palabras clave: Zona de surgencia. Geología. Oceanografía. Guajira. Colombia.

Abstract

This work constitute the first effort to analyze the upwelling outside the Colombian Northeast Caribbean coast all the geological, oceanographical, biological and fisheries information existing, for better explaining and understanding the dynamic complexity of the system. The information obtained in the cruise CICAR 2 and 3, OCEANO II and IV, and GUAJIRA 85 in the area of study was analyzed for the first time.

Key words: Upwelling. Geology. Oceanography. Guajira. Colombia.

Introducción

Las labores de investigación en el Caribe nororiental colombiano han sido de naturaleza y objetivos muy variados, remontándose a 1896 cuando el buque francés Chazalie realizó una serie de colectas y observaciones biológicas (Alvarez-León, 1985). No obstante, es desde 1958 cuando una serie de cruceros oceanográficos, desarrollados en el área comprendida entre Dibulla y Castilletes (Guajira), permitieron detec-

tar y luego confirmar la presencia de la surgencia costera y proporcionar información valiosa para evaluar las particularidades y los efectos que se derivan de los cambios espacio temporales del fenómeno (Tabla 1).

De manera similar deben destacarse los esfuerzos realizados por instituciones e investigadores que trabajando a bordo de la flota camaronera o realizando observaciones en la zona costera, han permitido detectar los efectos generales a lo largo de aproximadamente 20 años. Lamentablemente dichos esfuerzos por razones diversas no se han realizado con la intensidad y continuidad que sería deseable, aunque si permiten tener a la fecha, una serie de organismos que pueden considerarse como posibles indicadores de la surgencia.

Una exhaustiva revisión de la información generada sobre clima, aguas, organismos y sedimentos permite observar que se ha trabajado en: Geología Marina (Du-

¹ Promotora de Fomento Cultural de la Costa Atlántica, PRODECOSTA, A.A. 1820, Cartagena (Bol.) Colombia.

² Escuela Naval Almirante Padilla, ENAP. Fac. de Oceanografía, Cartagena (Bol.) Colombia.

³ Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH, A.A. 982, Cartagena (Bol.) Colombia.

⁴ Institut de Geologie du Bassin d' Aquitania IGBA, Université de Bordeaux I, 33405 Talence, Francia.

Tabla 1. Cruceros explotatorios a la zona de estudio entre 1958 y 1985.

Año	Embarcaciones	Bandera	Actividad desarrollada*	Fuente **
1958	Crawford	EUA	OF	15
1964	Oregon	URSS	PX (92)	5
1964	SRT-R 9029	EUA	PX (J-J64, A-064)	21
1965	Oregon	EUA	PX (104)	6
1965	Thomas G.Thompson 001	EUA	OB	9,25
1966/67	John E. Pillsbury	EUA	OB (P-6602,6606,6701)	19
1967/68		Cuba	PX	26
1968	John E. Pillsbury	EUA	OB (P-6806)	20,22
1968	Oregon II	EUA	OB (P-6806)	20,22
1969	Chocó	Colombia	PX (6901-6905)	3
1970	Oregon II	EUA	PX (22)	16
1970	Chocó	Colombia	PX (7010)	18
1970	Chocó	Colombia	PX (7015)	1
1970/71	Chocó	Colombia	PX (7014,7016,7107,7108)	23
1972	San Andrés	Colombia	OF (Cicar II)	11
1972	San Andrés	Colombia	OF (Cicar III)	12
1973	San Andrés	Colombia	OF (Oceano II Areas 2 y 3)	13
1972	Discoverer	EUA	OB (NOAA-CARIB)	2
1974	Columbus Iselin	EUA	OB (CI-7404)	7
1975	James M. Gillis	EUA	OB (66-7504)	8,9
1975	San Andrés	Colombia	OF (Oceano IV, Areas 2 y 3)	14
1980	Caribbean Star 2	Colombia	PX (0280, 0380, 0580, 0680)	24
1980/81	Caribbean Star 2	Colombia	PX	17
1980	Caribbean Star 2	Colombia	PX (1180, 1681)	17
1985	Providencia	Colombia	GM (Guajira 1985)	10
1985	Malpelo	Colombia	PX(INV-01585)	4

* GM= Geología Marina; OB= Oceanografía Biológica; OF= Oceanografía Física; PX= Pesca Exploratoria.

** 1. Avila de Tabares (1981); 2. Avila de Tabares & Rentería de Monsalve (1981); 3. Ben-Tuvia (1969); 4. Blanco-Racedo (1986); 5. Bullis (1964); 6. Bullis (1965); 7. Corredor (1974); 8. Corredor (1977); 9. Corredor (1979); 10. Cuignon *et al.* (1985); 11. DIMAR (1973 a); 12. DIMAR (1973 b); 13. DIMAR (1976); 14. DIMAR (1979); 15. Gordon (1967); 16. Klima (1970); 17. Mora *et al.* (1980); 18. Min-Agricultura *et al.* (1980); 19. Owre & Foyo (1971); 20. Palacio (1974); 21. Sokolov (1967); 22. Staiger (1969); 23. Testaverde (1972); 24. Ueda *et al.* (1980); 25. UW/DO (1970); 26. Yurov (1969).

que-Caro, 1972; Javelaud, 1984; Cuignon *et al.*, 1985), Oceanografía Física y Química (Wust, 1963; Gordon, 1967; Santacruz, 1969; UW/DO, 1970; Pelroth, 1971; Febres-Ortega, 1972; DIMAR, 1973 a, 1973 b; Corredor, 1974, 1977, 1979; Fajardo, 1978; DIMAR, 1979), Climatología (Lahey, 1973; Lecarpentier *et al.*, 1975); Producción Primaria (Steeman-Nielsen & Jensen, 1957; Curl, 1960; Bogdanov *et al.*, 1968; Margalef, 1971; Corredor, 1979; Rey *et al.*, 1979), Biología Marina (Staiger, 1969; Maduro, 1971; Owre & Foyo, 1971; Alvarez-León, 1972; López-Salgado, 1972; De Nogales, 1974; Palacio, 1974; Saiz, 1974; Baruque, 1978; Avila de Tabares, 1981, Avila de Tabares & Rentería de Monsalve, 1981; Ramírez, 1982), Biología Pesquera (Bullis, 1964, 1965, 1968; Sokolov, 1967; Ben-Tuvia, 1969; Klima, 1970; Maduro 1971; Alvarez-León, 1972; Testaverde, 1972; Saiz, 1974; Ríos, 1975 a, 1975 b; MinAgricultura *et al.*, 1980; Ueda *et al.*, 1980; JICA, 1981; Mora *et al.*, 1981 a, 1981 b; Ríos, 1975, 1981; Riveros & Sarmiento 1985; Blanco-Racedo, 1986).

Los objetivos del presente incluyen el ofrecer conocimiento general del Caribe nororiental colombiano, con base en un análisis retrospectivo, de los trabajos eje-

cutados hasta la fecha en las áreas de meteorología, geología marina, biología y oceanografía en cruceros nacionales en dicha zona y proponer nuevas técnicas para el monitoreo sistemático de la surgencia.

Resultados

1. Aspectos geológicos

Zona de estudio

Tectónicamente la región nororiental de Colombia se caracteriza por el contacto entre la Placa Continental Suramericana y la Placa Oceánica del Caribe. Así, la faja de formación debida a la subducción de la corteza oceánica, se viene desarrollando desde el Oligoceno (Duque-Caro, 1972) (Fig. 1) y el cambio reciente del rumbo de convergencia, puede ser asociado a la formación de las fallas Oca y Santa Marta.

En este contexto general, el CIOH ha efectuado desde 1979 varios cruceros oceanográficos sobre la plataforma continental, con el objeto de conocerla integralmente dado que su cubrimiento por el mar, es re-

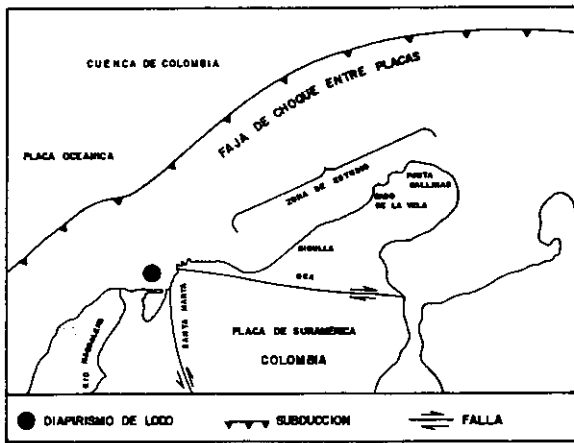


Figura 1. Aspectos geológicos de la zona de estudio: disposición de placas y fallas según Duque-Caro (1972).

ciente. Entre 1984 y 1985 se desarrollaron con asesoría de la Misión Técnica Francesa dos cruceros sedimentológicos sobre la plataforma Guajira, en los cuales se cubrieron dos áreas situadas entre los $72^{\circ} 45' - 74^{\circ} 00' W$, $11^{\circ} 10' - 12^{\circ} 10' N$ el primero y $71^{\circ} 20' - 72^{\circ} 45' W$, $12^{\circ} 05' - 12^{\circ} 45' N$ el segundo.

El área total muestreada corresponde a la zona donde varios autores registraron un fenómeno de surgencia costera (Febres-Ortega, 1972; Fajardo, 1978; Corredor, 1979).

Batimetría y Morfología

Básicamente existe una relación entre la morfología del fondo y el tipo de sedimento encontrado, por esto

se realizaron varios perfiles batimétricos a fin de obtener un mapa lo más cercano posible del relieve submarino (Fig. 2).

La plataforma de la Guajira finaliza alrededor del beril de los 80 m, donde el declive se acrecenta constituyendo el Talud Continental. La plataforma se subdivide en tres zonas:

- Al este el Cabo de la Vela, se estrecha con un ancho máximo de 15 km y frente a Punta Gallinas con sólo 6 km, la pendiente general es fuerte, del orden del 1%.

- Entre Cabo de la Vela y Riohacha, es ancha con 40 km de promedio y pendiente suave de 0.2%. Desde la línea de costa hasta una profundidad de 60 m o zona interna, se evidencian varios cordones y bancos cuya morfología completa se caracteriza por una cresta a los 40 m de profundidad; de los 60 a 80 m o zona externa, tiene muy poca pendiente.

- De Riohacha a Cabo San Agustín, es nuevamente estrecha desapareciendo en los alrededores del Parque Tayrona.

Sedimentología

El tamizaje de 300 muestras permitió separar las fracciones arenosas y lodosas de acuerdo a los valores considerados en la tabla 2, tomando el tamaño de grano para las arenas, aquel mayor de 0.063 mm. Los resultados de este análisis granulométrico permitió dividir la plataforma continental en dos zonas (Fig. 3).

- Al este del Cabo de la Vela, donde los sedimentos son lodosos, con dos sectores de arena lodosa y lodo.

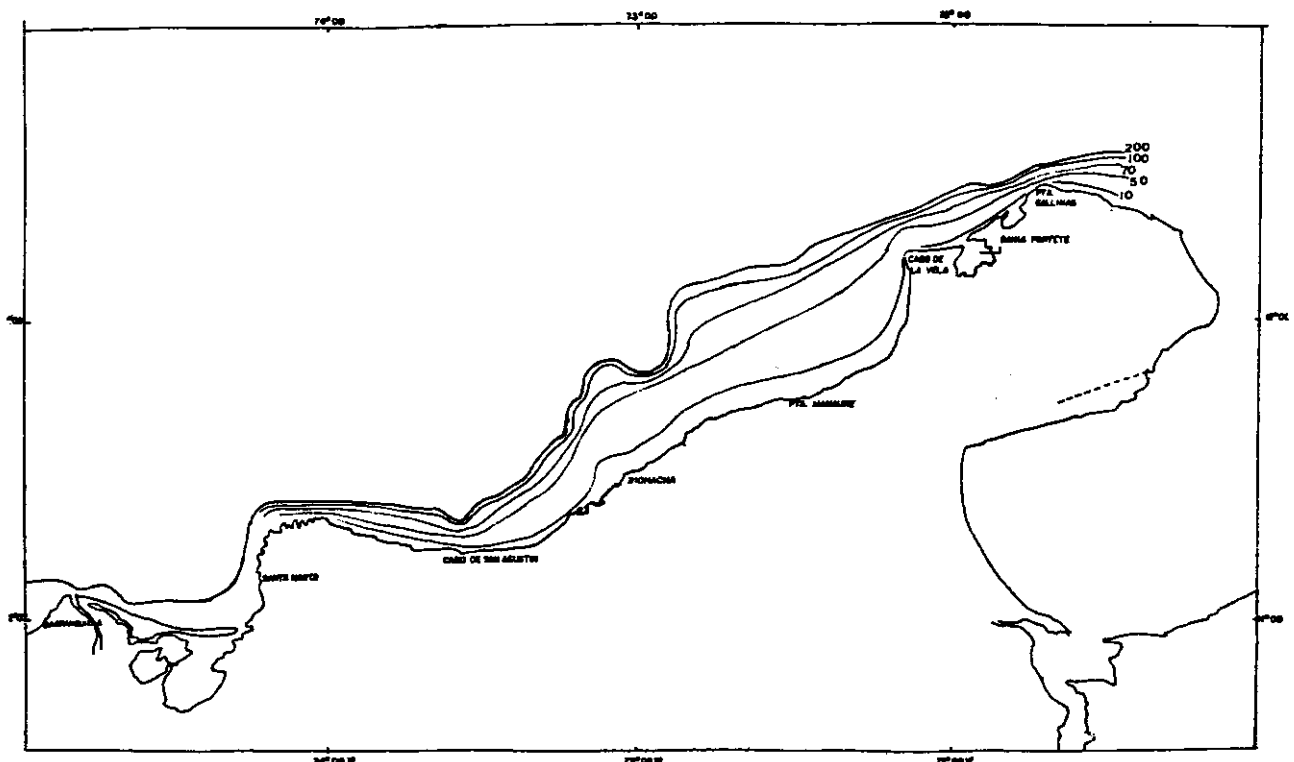


Figura 2. Batimetría de la plataforma continental del noroeste del Caribe colombiano (modificado a partir de Javelaud, 1984 y Cuignon, 1985).

- Entre los Cabo de la Vela y San Agustín donde predominan las arenas blancas y gruesas formadas por algas calcáreas; la fracción mineral está casi siempre ausente y entre los restos bioquímicos sobresalen las algas rojas melobesias.

Teniendo en cuenta la clasificación de los sedimentos por el contenido de carbonatos de la tabla

3, la plataforma de la Guajira se divide en tres zonas (Fig. 4).

- Del Cabo de la Vela hacia el este, predominan los sedimentos bioclásticos.

- Del Cabo de la Vela hasta Riohacha, predominan los sedimentos bioclásticos.

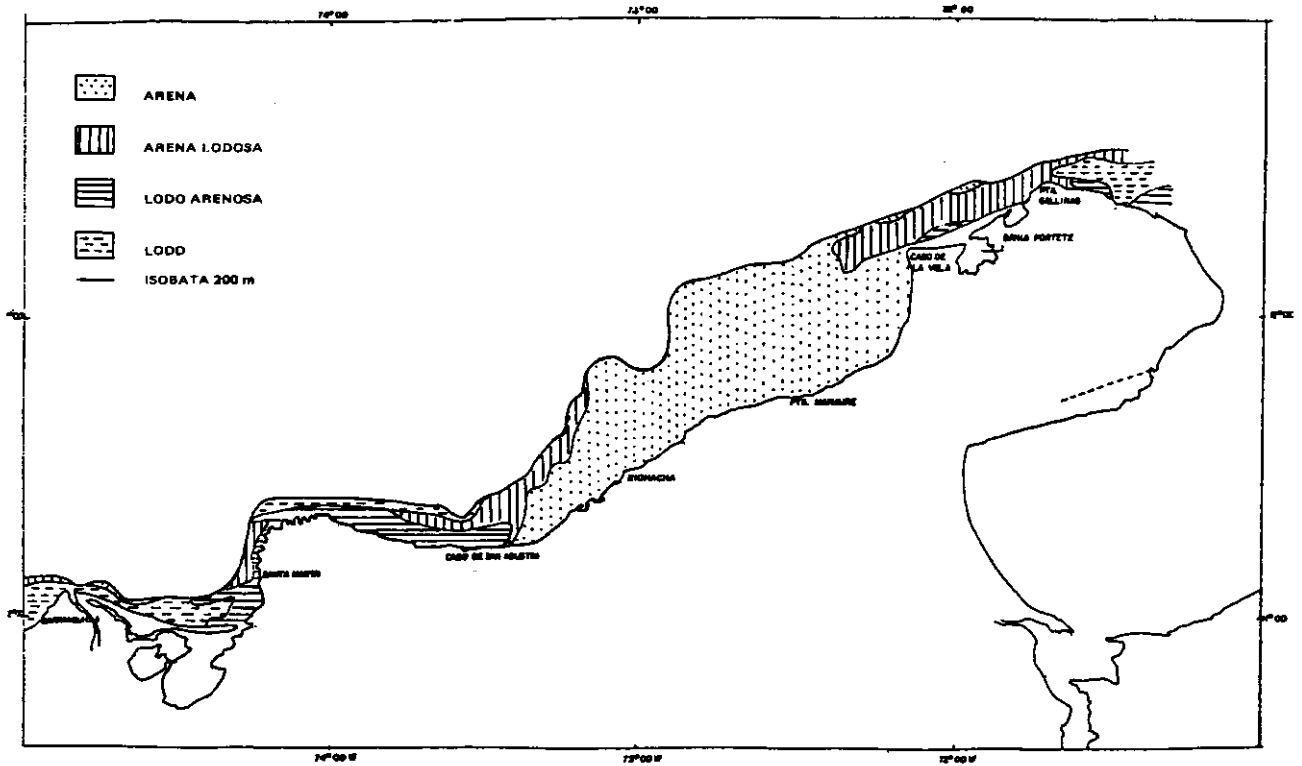


Figura 3. Distribución de los tipos de sedimentos presentes en la plataforma continental al noroeste del Caribe colombiano (modificado a partir de Javelaud, 1984 y Cuignon, 1985).

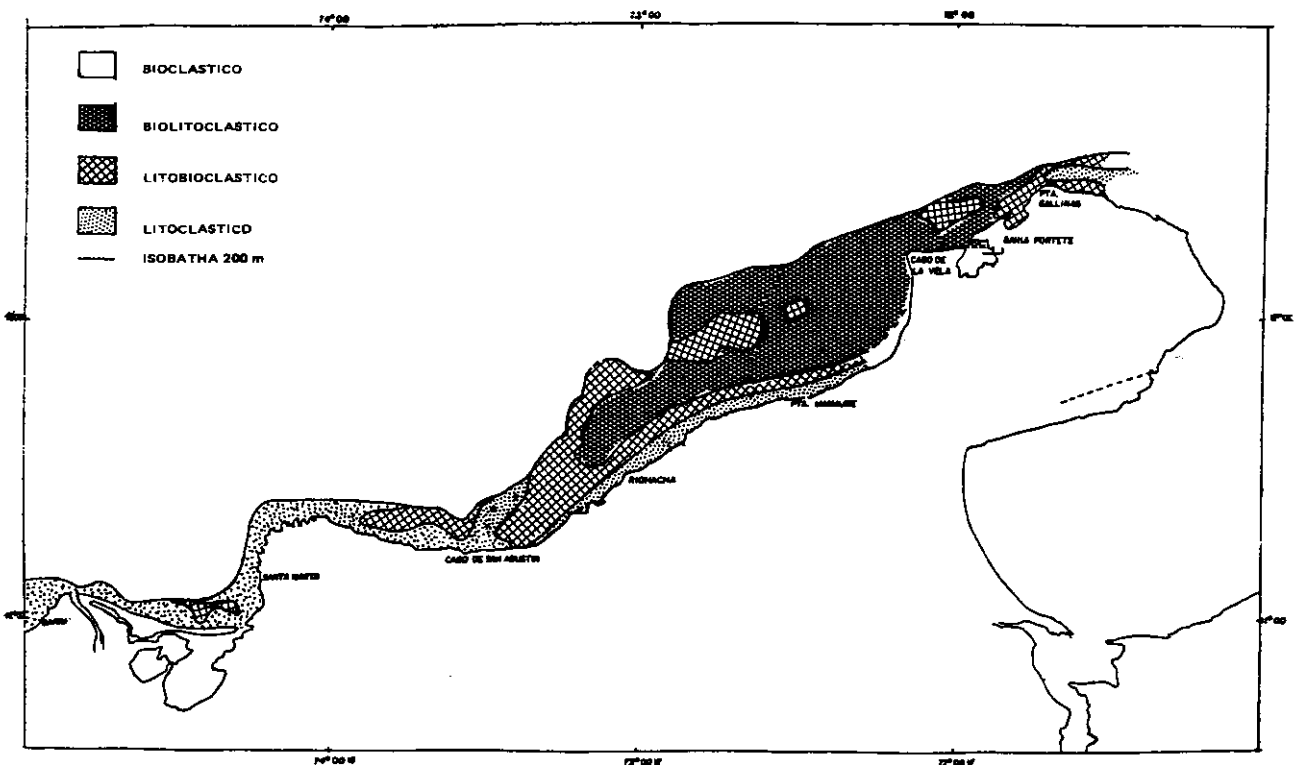


Figura 4. Distribución de los tipos de sedimentos de acuerdo a su porcentaje de carbonato de calcio en la plataforma continental noroeste del Caribe colombiano (modificado a partir de Javelaud, 1984 y Cuignon, 1985).

Tabla 2. Clasificación granulométrica de los sedimentos de la zona de estudio.

% de Arena	% de Limo y Arcilla	Tipo de Sedimento
90	0-10	Arena
50-90	0-50	Areno-Lodoso
10-50	50-90	Lodo-Arenoso
0-10	90 <	Lodo

Tabla 3. Clasificación calcimétrica de los sedimentos de la zona de estudio.

% CaCO ₃	Tipo
0-15	Litoclástico
15-50	Litobioclástico
50-85	Biolitoclástico
85 <	Bioclástico

- De Riohacha hacia el oeste, el carácter carbonatado disminuye gradualmente.

Tomando como referencia la figura 4, se calculó la cantidad de carbonato de calcio (66 x 109 ton) disponible en la plataforma, con base en el área y el espesor de la capa sedimentaria.

Con base en los estudios de los facies sedimentarias y la batimetría la zona de estudio se puede dividir en tres zonas (Javelaud, 1983; Cuignon *et al.*, 1985):

- Al este del Cabo de la Vela, donde la plataforma es estrecha con sedimentos detríticos finos.

- De Riohacha hacia el oeste, la plataforma es estrecha con sedimentación reciente de tipo litoclástico y fino.

2. Aspectos Meteorológicos

Desde el punto de vista climático el área de la península de la Guajira es árido y desértico, lo cual está bien documentado en los trabajos de Lahey (1973) y Lecarpentier *et al.* (1975).

Los datos climáticos en consideración, se refieren a las observaciones obtenidas en la estación del aeropuerto de Riohacha y recopilados por el Instituto Colombiano de Meteorología, Hidrografía y Adecuación de Tierras HIMAT, y los obtenidos durante los cruceros oceanográficos OCEANO IV (abril, mayo, noviembre de 1975).

Utilizando el método de Gausson para la caracterización de clima con base en el índice de aridez (Precipitación media / Temperatura media), en la península de la Guajira: un período seco (P/T menor de 2) se presenta casi todo el año, empezando en diciembre y hasta mediados de septiembre del siguiente año, ya que el período húmedo cubre solamente dos meses: octubre y noviembre (Fig. 5).

La temperatura ambiental es alta, con una media anual de 28.1 °Cy una precipitación media que escasa-

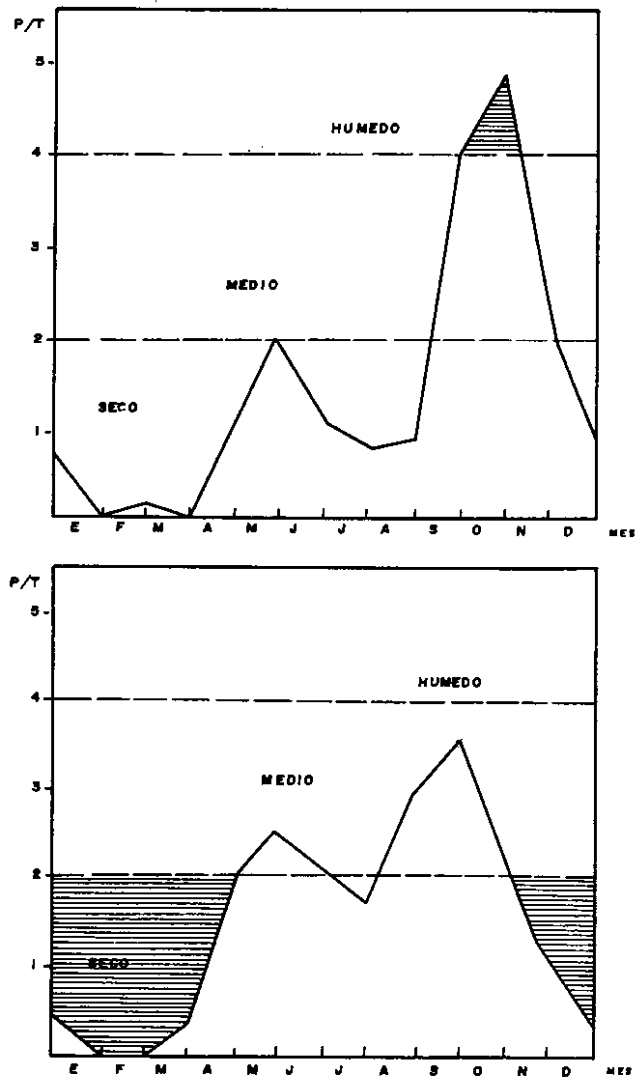


Figura 5. Caracterización del clima según el índice de aridez (pendiente media P/temperatura ambiente media T) de Gausson; con base en los datos de los aeropuertos (a) Almirante Padilla de Riohacha (Gua.) y (b) Simón Bolívar de Santa Marta (Mag.), para 1981-1983 (HIMAT, *com. pers.*).

mente alcanza los 55 mm anuales (HIMAT, *com. pers.*). En la figura 6 aparecen los vientos medios durante las distintas campañas realizadas en el Crucero OCEANO IV (DIMAR, 1979) y en la figura 7, el régimen de vientos registrados en los aeropuertos de Riohacha y Santa Marta (HIMAT, *com. pers.*). Como puede observarse el régimen de vientos no es muy fuerte durante la mayor parte del año, tiene dirección al este, de la posición de la zona de convergencia intertropical y posee una velocidad promedio anual de 7 nudos.

La observación de los totales de precipitación entre 1972 y 1983 así como el análisis de las imágenes obtenidas por el satélite GOES, indican una correspondencia más o menos directa entre el Fenómeno del Niño, el índice de variabilidad interanual de la Oscilación Sur y la ausencia de precipitación en la Guajira. La relación es bastante clara, en épocas conocidas como de "gran sequía", así como las observadas en los bienios 1972-1973, 1976-1977, 1982-1983 (Fig. 8); la señal es igualmente notoria en la estación meteorológica de Santa Marta (Fig. 5,7).

Recientemente y a nivel mundial se acordó la integración del análisis del Niño (EN) con el del índice de la Oscilación del Sur (SO) así, la relación de estos dos

eventos locales, ha permitido una visión más amplia del fenómeno que ahora se denomina ENSO y el análisis del mismo, como un acontecimiento de la interacción oceano-atmósfera (Zea, 1986).

3. Aspectos Oceanográficos

Se denomina surgencia al movimiento ascendente de aguas subsuperficiales que llegan a la superficie por causa del viento o de la divergencia geostrofica. Este fenómeno se detecta en aguas tropicales por la presencia de bajas temperaturas y altas salinidades en la superficie.

En el caso de las aguas adyacentes a la península de la Guajira, el fenómeno de surgencia se produce por acción del viento como ha sido registrado por Wust (1984), Pelroth (1971), Fajardo (1978), Corredor (1979).

La acción del viento sobre la superficie del mar, fue estudiada matemáticamente por Ekman (1905), quien explicó que el transporte de las aguas superficiales era producido por la fricción del viento hacia la derecha de su dirección, cuando éste es paralelo a la línea de costa.

De tal forma, el agua infrayacente rica en nutrientes y oxígeno disuelto asciende con condiciones más propicias para el desarrollo de los organismos vivos.

Para el presente estudio se han utilizado los datos obtenidos por la Armada Nacional (DIMAR, 1973a, 1973b, 1976, 1979) en los cruceros CICAR II (octubre 1972), CICAR III (marzo 1973), OCEANO II (septiembre, noviembre 1972), OCEANO IV (abril, mayo, noviembre 1975) y GUAJIRA 85. En todas las estaciones oceanográficas se hicieron mediciones en la columna de agua en profundidades estándar, utilizando el método clásico de observaciones y cálculos para la profundidad, temperatura, salinidad y densidad.

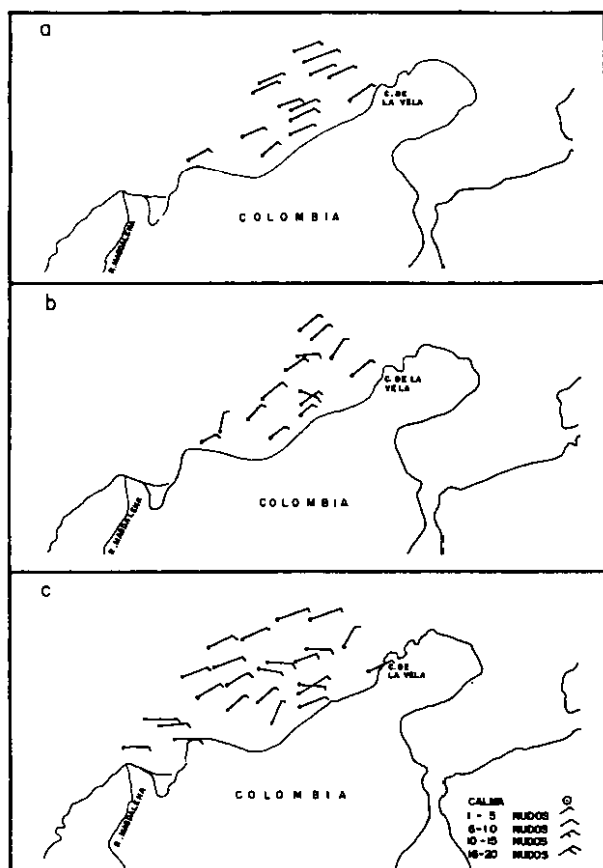


Figura 6. Distribución de los vientos en el área de estudio durante las campañas a (abril), b (mayo), c (noviembre) del crucero OCEANO IV realizado en 1975.

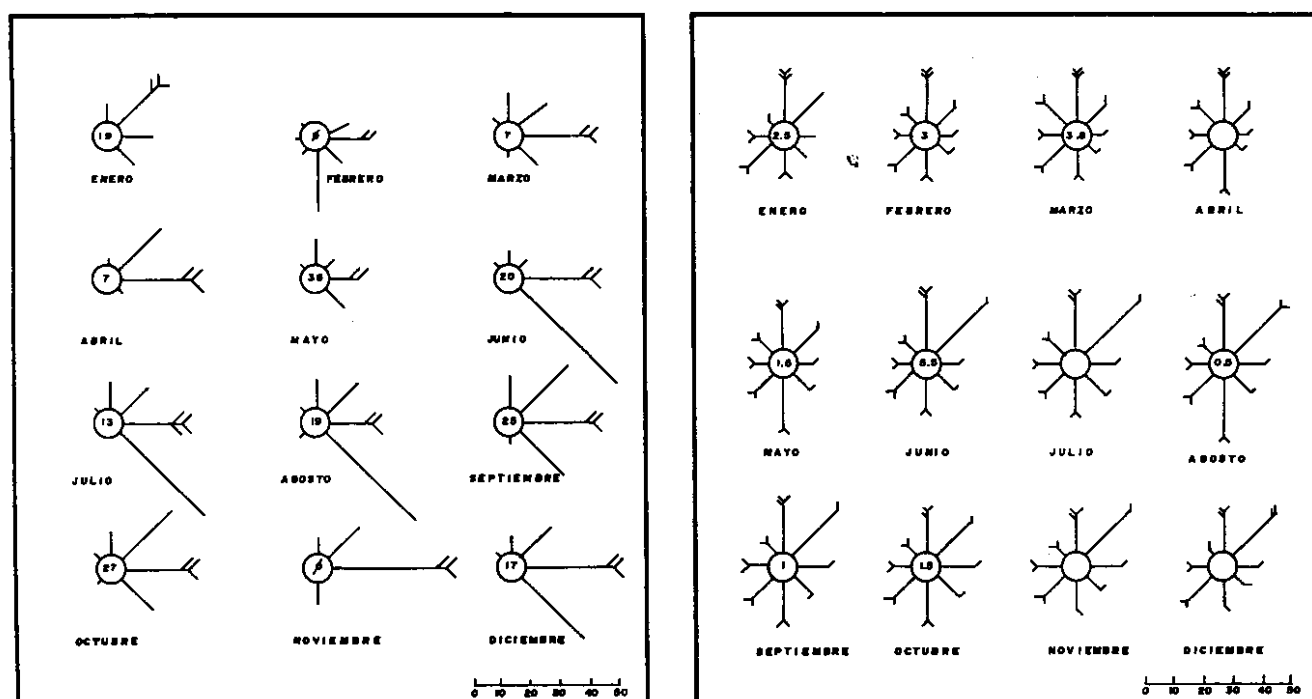


Figura 7. Regimen de vientos en el área de estudio, utilizando la escala de Beaufort, con base en los datos de los aeropuertos (a) Almirante Padilla de Riobacha (Gua.), y (b) Simón Bolívar de Santa Marta (Mag.), para 1981-1983 (HIMAT, com. pers).

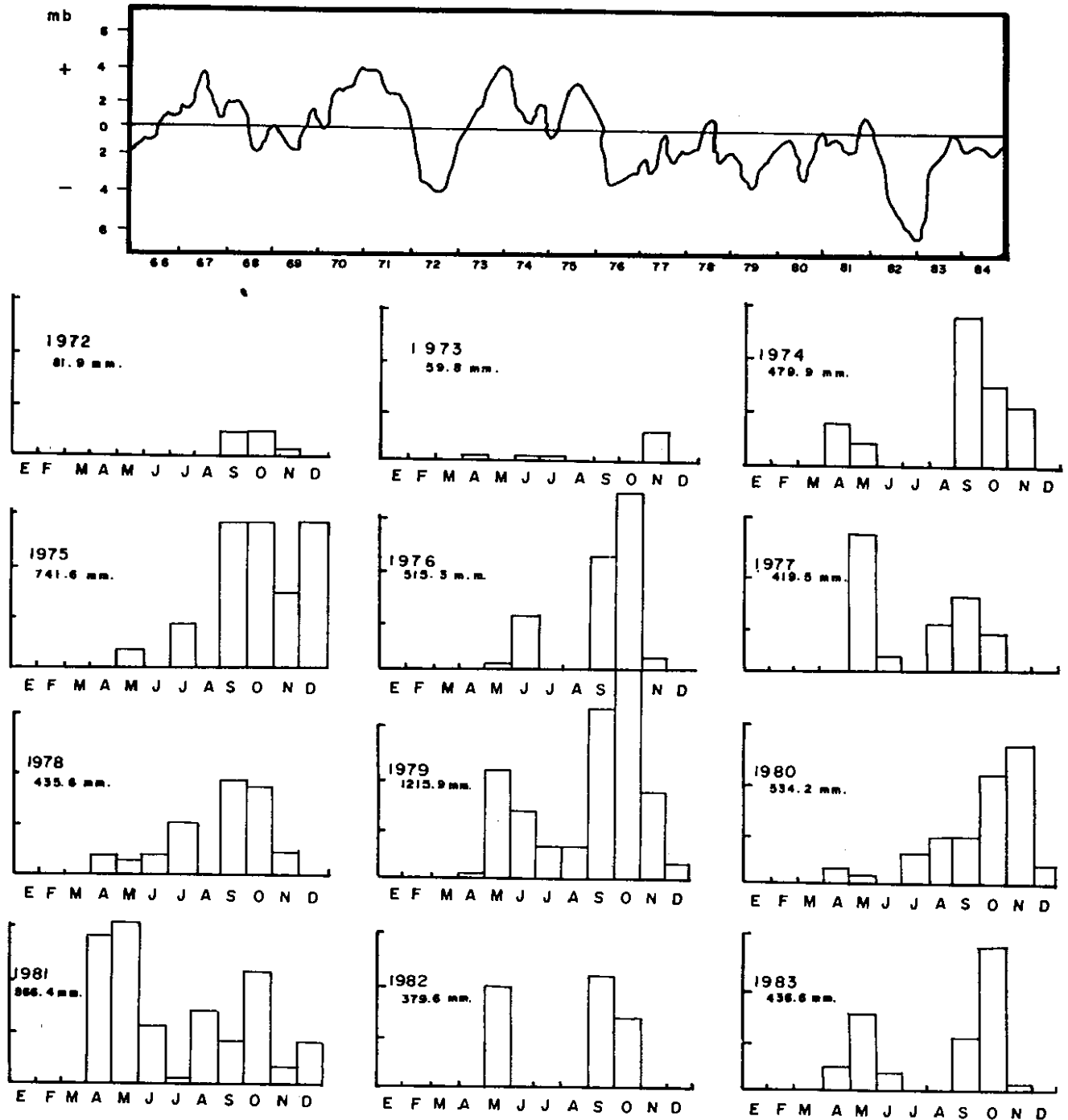


Figura 8. Índice de la Oscilación del Sur (Tahití vs. Darwin) en la parte superior. Precipitación mensual total (mm) con base en los datos del aeropuerto Almirante Padilla de Riohacha (Gua.) para 1972-1983 (HIMAT, *com. pers.*).

El procesamiento y corrección de la información se efectuó en los sistemas de cómputo del CIOH y el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos CECOLDO, utilizando las fórmulas sugeridas por UNESCO y reconocidas para la época.

En la figura 9 y tabla 4, aparecen los transectos analizados para este estudio. En las figuras 10a y 10d se ofrecen los perfiles de temperatura con sus direcciones perpendiculares a la costa cerca del Cabo de la Vela, en diferentes épocas de muestreo. Tal como puede apreciarse en las campañas a y d hubo una fuerte surgencia, mientras que en las campañas b y c, la señal más débil está inhibida.

El comportamiento de la salinidad en los mismos transectos puede observarse en la figura 11a-d; las isohalinas permiten apreciar cuando la surgencia fue intensa (Fig. 11a y 11c) y cuando no (Fig. 11b); así mismo, el ascenso de los nitratos por la acción de la surgencia (Fig. 12).

La distribución superficial de la densidad (T_t) durante septiembre de 1972 (Fig. 13), evidencia la presencia de aguas más densas hacia la costa en la península de la Guajira, asociada a la señal de surgencia detectada anteriormente. En las figuras 14 a-d, se puede observar además, que en las ocasiones en las cuales hubo surgencia, la inclinación de las isopicnas fue mucho mayor

Tabla 4. Situación geográfica de las estaciones utilizadas en el presente estudio y realizadas en el ARC - San Andrés.

Estación	Latitud	Longitud	Crucero	Fecha
C-1	11° 40' N	73° 00' W	Oceano II	01-02-Nov-72
C-2	11° 51'	73° 00'		
C-3	12° 00'	73° 00'		
C-4	12° 19'	73° 00'		
C-5	12° 41' N	73° 00' W	Oceano IV	01-03-Abr-75 26-28-May-75
68	12° 06'	72° 25'		21-24-Nov-75
69	12° 20'	72° 38'		
70	12° 33'	72° 33'		
76	13° 43' N	72° 50' W	Oceano IV	04-30-Abr-72
77	13° 29'	72° 39'		21-24-Nov-75
78	13° 10'	72° 26'		
79	12° 52'	72° 16'		
80	12° 36'	72° 05'		
81	12° 28'	71° 55'		

que en los otros casos y por consiguiente, esta condición baroclínica también es señal del fenómeno.

Las anteriores observaciones tienen su confirmación en el cálculo de las diferencias de nivel del mar por estratificación de masa (nivel estérico). Efectivamente, se pudo evidenciar como en los muestreos en los cuales se observó surgencia, septiembre 1972 y abril 1975, la inclinación del nivel del mar tuvo mayor pendiente, en comparación con las observaciones en las cuales no se presentó el fenómeno (Fig. 15).

4. Aspectos Biológicos

Aunque sólo en contadas ocasiones ha sido posible realizar cruceros y actividades de investigación interdisciplinaria, se ofrece una síntesis de los esfuerzos realizados por instituciones e investigadores.

Ciertamente sus resultados han permitido a través del tiempo, obtener valiosa información de la incidencia que sobre los recursos marinos tiene la surgencia de la Guajira colombiana. No hay duda que la información disponible es insuficiente en diversos campos del conocimiento integral de un fenómeno caracterizado por diferentes componentes, complejas conexiones e interdependencias no bien conocidas, pero se aspira con el presente esfuerzo, ofrecer un marco teórico con una base amplia y completa, para programas futuros de investigación.

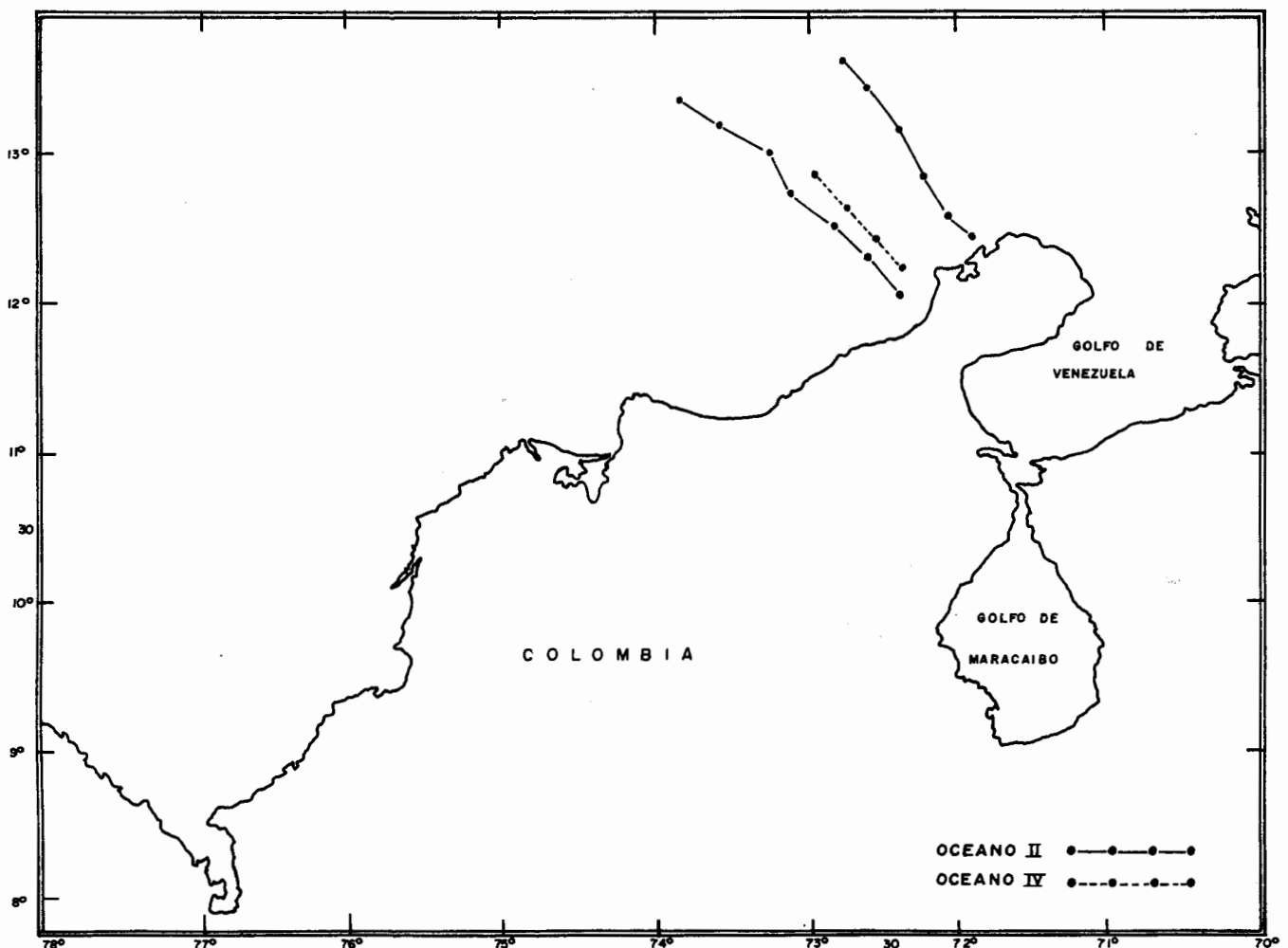


Figura 9. Localización de las estaciones oceanográficas utilizadas para el presente estudio y realizadas por los cruceros OCEANO II Areas 2 y 3 en 1972 y OCEANO IV Areas 2 y 3 en 1975.

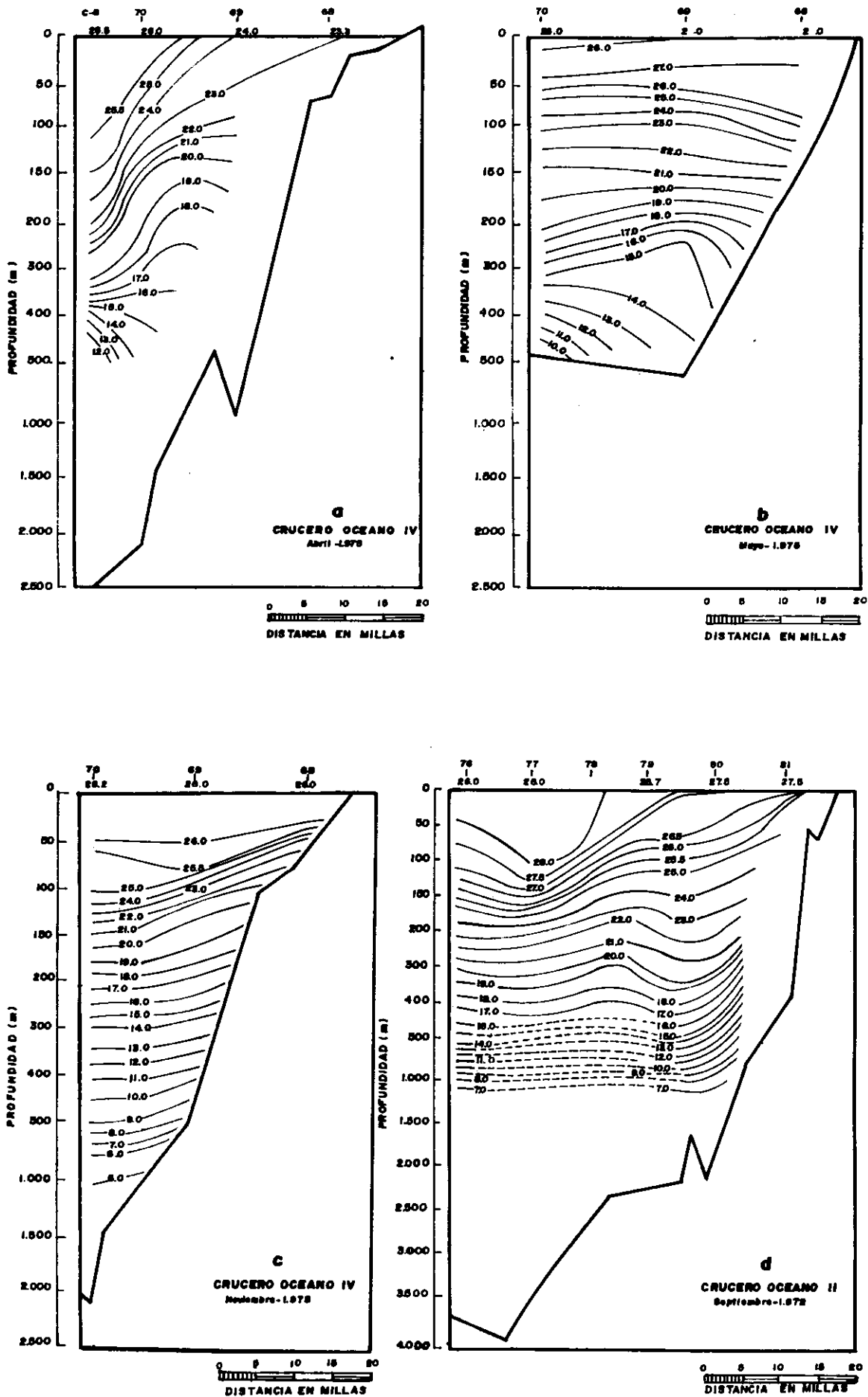


Figura 10. Distribución vertical de la temperatura (°C) en los transectos 68-C5 y 76-81 de las campañas de abril, mayo, noviembre (OCEANO II de 1972), a bordo del B/O San Andrés.

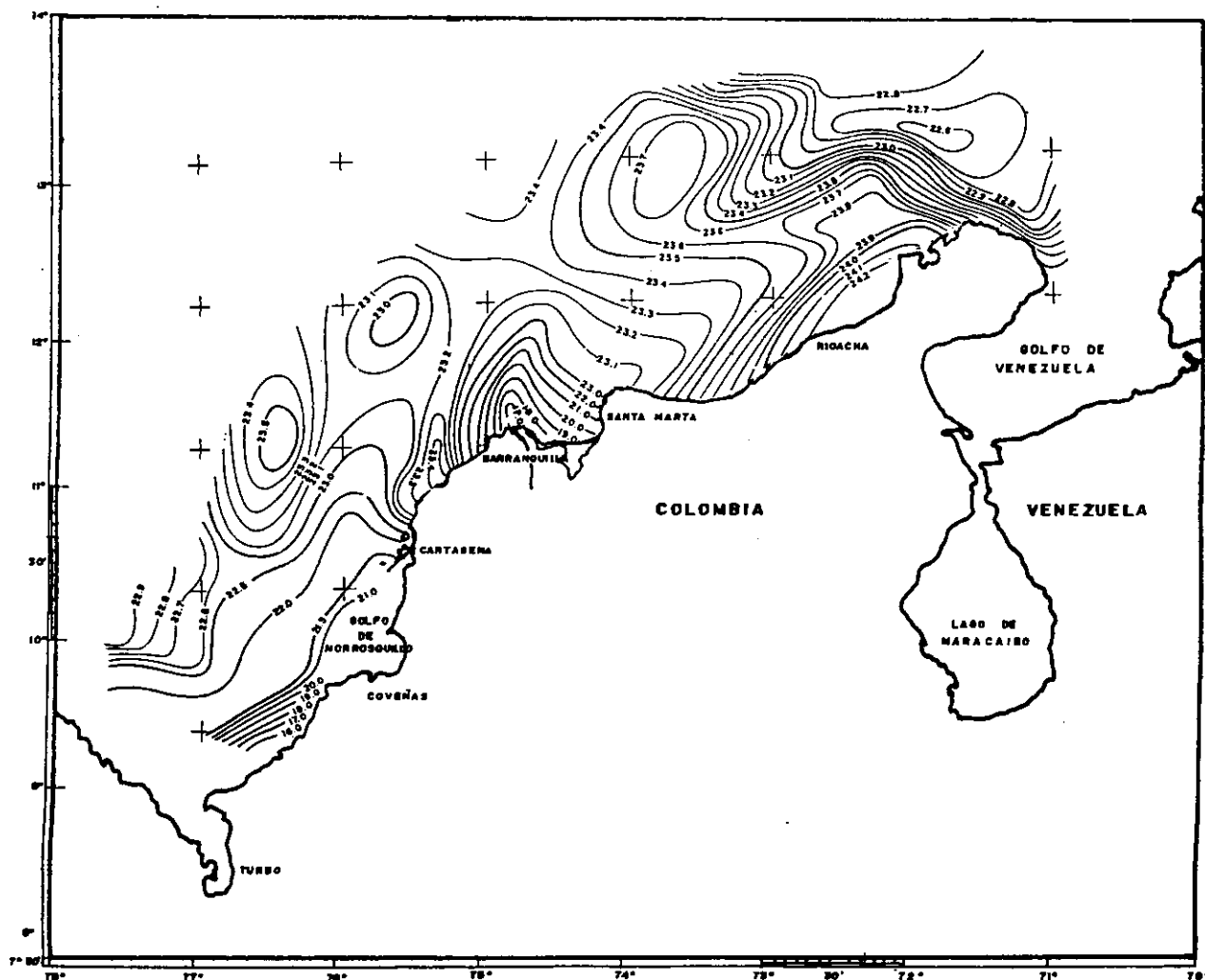


Figura 13. Distribución superficial de sigma-T (T_t) durante septiembre de 1972, en el crucero (OCEANO II), a bordo del B/O San Andrés.

Recursos Demersales

Las evaluaciones efectuadas con redes de media agua a partir de 1964 a bordo del R/V Oregon se han comprobado y precisado a través de los diferentes proyectos internacionales, registrándose una abundancia considerable de pargos y pacoras, especialmente *Lutjanus synagris* y *Micropogonias furnieri*, con capturas máximas frente al Cabo de la Vela, de 1.300/lb/h y 150/lb/h, respectivamente.

López-Salgado (1972) evaluó el potencial de calamares como fauna incidental del camarón de aguas someras y encontró que *Doryteuthis plei* se concentra y alcanza sus mayores tallas en el sector de Carrizal - Punta Castilletes; De Nogales (1974) atribuye las tallas y pesos mayores observados en el pargo chino *L. synagris* al efecto benéfico de la surgencia. Mora et al. (1981a, 1981b), utilizando palangres verticales, obtuvieron capturas de 0.4 - 27 kg/100 anz. de *L. vivanus* 1.9 kg/100 anz. de *Epinephelus* spp. y 10 kg/100 anz. de varias especies de tiburones.

Recursos Bentónicos

Analizando la plataforma, frente a Riohacha, Ramírez (1982) registró dos tipos de asociación entre

foraminíferos: dominio marino encontrando que en este último existen ocho especies típicas del circalitoral, las cuales son indicadoras de la surgencia y de la estrecha relación existente con el cañón submarino adyacente a la plataforma, formado por el antiguo lecho y cauce del río Ranchería.

Tradicionalmente, la pesca en estas áreas se desarrolla a través de las comunidades de pescadores artesanales, los cuales capturan peces, langostas, ostras y tortugas, y de la flota camaronera industrial que captura principalmente *Penaeus brasiliensis*, *P. notialis* y *P. subtilis* así como fauna incidental bastante apreciada. Precisamente con base en esta fauna se han podido evaluar diversos recursos pesqueros de importancia comercial: pargo chino (*L. synagris*), pacora (*M. furnieri*), ojo gordo (*Selar crumenophthalmus*), sierra (*Scomberomorus brasiliensis*), perla (*Lepophidium brevibarbe*), así como detectar su composición y variación estacional.

Las faenas de pesca exploratoria (1964-1981), así como las realizadas a nivel comercial en el corto histórico de la pesca industrial (1975-1987) muestran en la zona un promedio de capturas por unidad de esfuerzo, que supera en peso, tamaño y estado de bienestar, a las obtenidas en suroeste del Caribe Colombiano (Tabla 5).

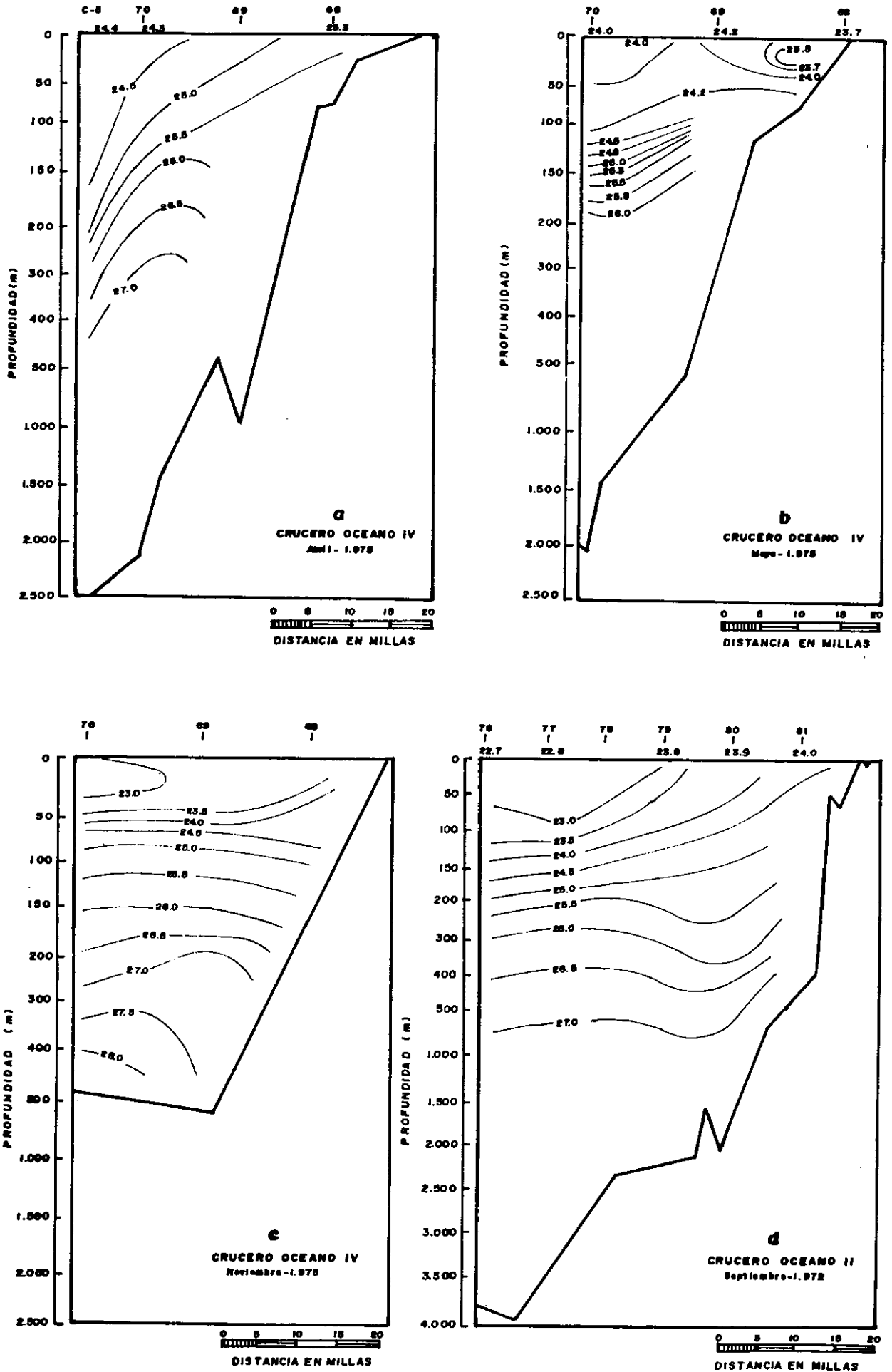


Figura 14. Distribución vertical del sigma-T (Tt) en los transectos 68-C5 y 76-81 de las campañas de abril, mayo, noviembre, (OCEANO IX de 1975) y de septiembre (OCEANO II de 1972), a bordo del B/O San Andrés.

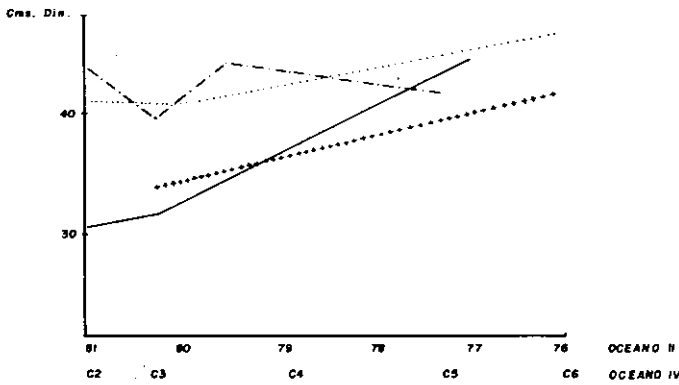


Figura 15. Altura del nivel del mar con referencia a 150 db para cuatro épocas diferentes: septiembre-octubre de 1972 (....), marzo (++++), abril (---) y noviembre (-.-.-) de 1975 (C2-C6, OCEANO II) (transectos 76-81, OCEANO IV), a bordo del B/O San Andrés.

Recursos Pelágicos

Directamente asociados a los afloramientos se encuentran dos grupos de peces: los pelágicos que penetran en las zonas costeras, buscando alimento y en concentraciones altas, principalmente en las horas de la noche (*Thunnus albacares*, *T. atlanticus*, *Scomber colias*, *S. japonicus*, *Euthynnus alleteratus*, *Decapterus macarellus*, *D. punctatus*, *Echeneis naucrates*) y los pelágico-costaneros que permanecen en movimiento en estos dos dominios en respuesta a necesidades reproductivas y alimenticias (*Anchoa spinifer*, *Caranx hippos*, *Opisthonema oglinum*, *Sardinella aurita*, *S. brasiliensis*, *Selar crumenophthalmus*, *Scomberomorus brasiliensis*, *Trachurus luthami*). Varios cruceros de pros-

pección acústica pesquera han encontrado que entre Dibulla-Cabo de la Vela se presenta una alta concentración de especies (101 peces / milla navegada), una menor dispersión de especies y por tanto una pesca potencialmente buena (1.211 kg/h) (MinAgricultura *et al.*, 1980). Así mismo, asociando los sondeos con la temperatura y salinidad, se pudo observar cómo la presencia de la plataforma incide favorablemente en las concentraciones de peces; Blanco-Racedo (1986) registra la penetración de especies pelágicas y pelágico-costaneras precisamente, en la zona mencionada.

Conclusiones

La distribución de los sedimentos en el área de estudio, se caracterizó por la presencia de material bioclástico, asociado al fenómeno de la surgencia; dicho material en su mayoría está constituido por restos de algas calcáreas, estimándose la cantidad de carbonato de calcio disponible en el área en 6.6×10^9 toneladas.

La ocurrencia del Fenómeno del Niño - Oscilación del Sur (ENSO) al parecer coincide con la marcada disminución de la precipitación en la zona de surgencia, por lo menos con base en la información disponible (Fig. 8).

Entre noviembre 1992 y febrero 1983 la mayor parte de las zonas Andina y Caribe presentaron una notable tendencia hacia el déficit de lluvias, teniendo su máxima manifestación en la región de Urabá, donde los valores mensuales solo alcanzan el 5% menos, con relación a las normales (Zea, 1986).

Tabla 5. Desembarques de camarón entero (especies mezcladas) provenientes de las zonas noroeste y suroeste del Caribe colombiano de 1972-1987 (INDERENA, *com.pers.*). Los desembarcos corresponden a la flota camaronera que opera con base en Cartagena y Tolú. Los datos de Pestolu se incluyen desde 1986.

Año	Norte			Año	Sur		
	Captura Tons.	Esfuerzo Km ²	C.P.U.E. Kg./Km ²		Captura Tons.	Esfuerzo Km ²	C.P.U.E.
1972	623.00	5610.06	111.05	1972	1109.60	12344.40	89.89
1973	492.80	4766.04	103.40	1973	1042.80	9021.78	115.59
1974	665.60	6277.50	106.03	1974	1003.00	12535.56	80.01
1975	655.50	7003.26	93.60	1975	992.50	12495.06	79.43
1976	1038.40	6883.36	150.86	1976	853.80	10679.04	79.95
1977	815.60	8289.54	98.39	1977	930.20	12862.80	72.32
1978	518.10	10345.17	50.08	1978	973.90	23506.23	41.43
1979	645.80	8958.73	72.09	1979	949.80	18471.53	51.42
1980	778.50	9907.48	78.56	1980	764.10	9745.56	78.00
1981	1026.60	15407.70	66.63	1981	705.00	13654.41	51.63
1982	1130.40	15316.62	73.80	1982	634.50	11622.82	54.59
1983	815.70	14529.79	56.14	1983	636.20	19149.57	33.22
1984	1004.80	14587.98	68.88	1984	541.40	8774.04	61.70
1985	1302.86	22618.20	57.60	1985	811.52	22838.04	32.50
1986	1275.10	27412.55	46.52	1986	704.17	21834.04	32.25
1987	1118.62	21593.80	51.80	1987	758.56	21057.78	36.02

Tabla 6. Posibles especies indicadoras de la surgencia en la Guajira colombiana.

Taxa	Fuente
Cyanofíceas	
<i>Oscillatoria (Trichodesmium) sp.</i>	6
Celenterados	
<i>Aglaura hemistoma</i> Peron & Lesueur	7
<i>Dymophyes artica</i> (Chum)	7
<i>Muggidea atlantica</i> Cunninham	7
Pteropodos	
<i>Limacina trochiformis</i> (D' Orbigny)	7
Ostracodos	
<i>Cytherella grossmani</i> Benson & Coleman	11
<i>C. pandora</i> Kornicker	11
<i>Cytherelloidea procecipua</i> Bold	11
<i>C. cf. sarci</i> Puri	11
<i>Cytheropteron alatum</i> Sara	11
<i>Eucythere complexa</i> Brady	11
<i>Paracypris contracta</i> (Jones)	11
<i>Phyctocythere pellucida</i> (Muller)	11
Calamares	
<i>Doryteuthis plei</i> Blainville	8
Peces	
<i>Anchoa spinifer</i> (Valenciennes)	2,10
<i>Caranx hippos</i> Linnaeus	12
<i>Decapterus macarellus</i> (Cuvier)	4
<i>D. punctatus</i> (Agassiz)	4
<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus	2
<i>Euthynus alleteratus</i> (Rafinesque)	2,14
<i>Opisthonema oglinum</i> (Le Seur)	9,10,13
<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes	2,3,16
<i>S. brasiliensis</i> (Steindachner)	3,4
<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch)	1,4
<i>Scomber colias</i> Gmelin	2
<i>S. japonicus</i> Houttuyn	4
<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collete,	
Russo & Zavala-Camin	14
<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterpe)	15
<i>T. atlanticus</i> (Lesson)	5
<i>Trachurus luthami</i> Nichols	2

Fuente:

1. Alvarez-León (1972); 2. Baruque (1978);
3. Ben-Tuvia (1964); 4. Blanco-Racedo (1986);
5. Bullis (1965);
6. Corredor (1977);
7. López & Mesa (1983);
8. López Salgado (1972);
9. Maduro (1971);
10. Palacio (1974);
11. Ramírez (1983);
12. Ríos (1975 a);
13. Ríos (1975 b);
14. Ríos (1961);
15. Sokolov (1967);
16. Testaverde (1972).

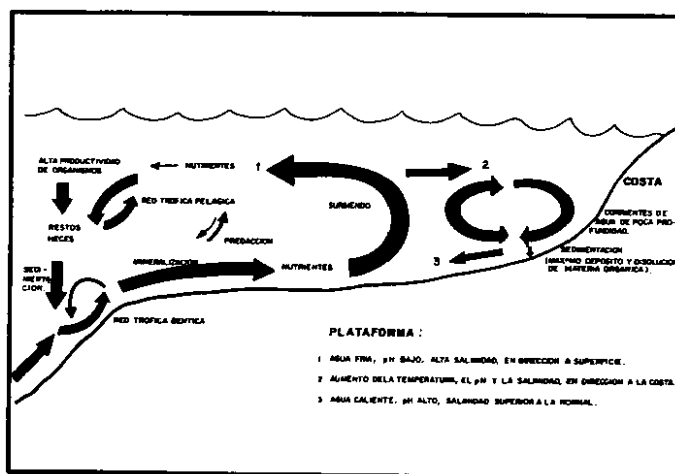


Figura 16. Esquema del área de surgencia, donde se indican las relaciones trofo-dinámicas en los diferentes ecosistemas.

De la revisión bibliográfica y del análisis retrospectivo de la información biológica, se hallaron 30 especies como posibles indicadores del fenómeno de surgencias (Tabla 6) de acuerdo a su distribución, comportamiento y frecuencia en la zona de estudio. Así mismo, se esquematizaron las relaciones trofo-dinámicas que tienen lugar en el área de surgencias (Fig. 16).

El análisis de la fauna de pesca exploratoria (1964-1981) y pesca industrial (1975-1987) demuestra como las condiciones de especial riqueza, generadas por la surgencia, dan lugar a capturas de mayor peso individual total, mayor talla y estado de bienestar promedio, si se les compara con las capturas realizadas en las mismas épocas, al suroeste del Caribe colombiano (Tabla 5).

Recomendaciones

Incentivar los estudios paleontológicos sobre muestras geológicas obtenidas en perforaciones petroleras y/o provenientes de columnas sedimentarias, a fin de poder cuantificar los organismos indicadores.

Aprovechar localmente la abundancia de CaCO_3 en la plataforma puesto que con base en estudios detallados se podría evaluar la factibilidad de constituirse en un recurso potencial de materia prima con fines semindustriales. La baja demanda nacional de este compuesto representaría un limitante natural a cualquier sobreexplotación sobre este recurso.

La probable relación entre la ocurrencia del ENSO y la sequía en la Guajira es un hecho que permitiría la prevención con cuatro meses de anticipación y el poder tomar las medidas preventivas conducentes.

El utilizar altímetros en satélites, en una órbita escogida, permitirá hacer un seguimiento continuo de la surgencia. Misiones espaciales como GEOS, TOPEX y ERS-I (entre otros), sin ningún tipo de interferencia meteorológica, permitirán tener esta información en forma inmediata.

Incentivar los estudios costeros en el área de la Guajira para poder ir contemplando el conocimiento que se tiene del fenómeno de surgencia en esa área.

Organizar cruces interdisciplinarios al núcleo de surgencia de la Guajira permitiría realizar un monitoreo

secuencial en las diferentes épocas para evaluar las fluctuaciones a través del año y predecir sus efectos en los recursos vivos.

No hay duda que la información disponible en muchas disciplinas es todavía insuficiente, pero el desarrollo de nuevos y adecuados programas de investigación, necesariamente deberán tener en cuenta la valiosa información existente. De la correlación de los diferentes aspectos y parámetros deberán surgir las acciones complementarias, con el objetivo de realizar un óptimo aprovechamiento de los recursos vivos.

Agradecimientos

A los organizadores de VI Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar celebrado en Buenaventura entre noviembre 25-29 de 1986, por permitir la exposición y discusión de la presente contribución, primer intento de integración interdisciplinaria de las investigaciones nacionales y extranjeras, en una de las áreas más interesantes de nuestro Mar Caribe. Especial reconocimiento al doctor Fernando Robles Secretario Principal Adjunto de IOCARIBE, por la lectura crítica del manuscrito, las sugerencias y el estímulo para mejorar varios aspectos del manuscrito original.

Bibliografía

- Alvarez-León, R. 1972. Contribución al conocimiento biológico del *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793) (Pisces: Carangidae) en el Caribe Colombiano. Tesis Profesional. Facultad Ciencias del Mar, Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 58p.
- . 1985. Evaluación de los recursos demersales del Caribe colombiano. Cap. 11, pp. 511-570 In: Yañez Arancibia, A (ed.). Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICML/INP/UNAM, México D.F., 748 p.
- Avila de Tabares, G. 1981. Zooplancton de la media y alta Guajira (B/I Chocó, Crucero A-7015). INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera, 15 (1): 1-6.
- & B.C. Rentería de Monsalve. 1981. Zooplancton de la media y alta Guajira (B/O Discoverer, Crucero NOAA CARIB 1972). INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera, 15 (5): 1-17.
- Baruque, E. 1976. Peces colectados en la Península de la Guajira. Tesis Profesional. Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 81 p.
- Ben-Tuvia, A. 1969. Report on the fishery resources investigations in Colombia. Proj. INDERENA-FAO Mar. Fish Develop. Col. 66/522. Bogotá D.E. Tech. Rep., 1: 1-54.
- Blanco-Racedo, J. 1986. Resultados del crucero de prospección acústico-pesquera, pp. 127-150 In: Hernández-Rodríguez, A. (ed.). Informe final proyecto piloto de evaluación para el desarrollo de las pesquerías artesanales en la región de Santa Marta. COLCIENCIAS/CIID/FES. Bogotá D.E., 261 p.
- Bogdanov, D.V., V.A. Sokolov & N.S. Khromov. 1968. Regions of high biological and comercial productivity in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Oceanology, 8 (3): 371-381.
- Bullis, H.R. Jr. 1964. R/V Oregon Cruice Report N°. 92, USDI / FWS / BCF Region II, Pascagoula. Miss., Draft 1: 1-8.
- . 1965. R / V Oregon Cruice 04 (September 14 - October 30). USDI / FWS / BCF Region II, Pascagoula. Miss., Draft 1: 1-3.
- . 1968. R / V Oregon II Cruice 4 (November 12 - December 14). USDI / FWS / BCF Region II, Pascagoula. Miss., Draft 1: 1-3.
- Corredor, J. 1974. Cruice Report R / V Columbus Iselin (C-7404) (April 17-23). RSMAS- Univ. of Miami. Draft, 1: 1-8.
- . 1977. Aspects of phytoplankton dynamics in the Caribbean Sea. FAO. Fish. Rep. 200: 101-114.
- . 1979. Phytoplankton response to low / level / nutrient enrichment throug upwelling in the Colombian Caribbean Bassin. Deep Sea Res. 26A: 731-741.
- Cuignon, R. 1985. Sedimentología de la plataforma continental del Caribe colombiano (Manauere-Punta Gallinas). Proy. COLCIENCIAS-CIOH, Cartagena (Bol.) Inf. Técnico: 1-23.
- Cuignon, R., O. Javelaud, G. Vernet & S. Leble. 1985. Estudio sedimentológico de la plataforma continental del Mar Caribe colombiano. 1°. Congreso Lat. -Amer. sobre Ciencias del Mar. Santa Marta (Mag.). Colombia, Nov. 25-29, 13p.
- Curl, H. Jr. 1960. Primary production measurements in the north coastal waters of South America. Deep. Sea Res., 7: 183-189.
- De Nogales, C. 1974. Contribución al estudio biológico pesquero del pargo chino *Lutjanus synagris* (Linnaeus) en el Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 69p.
- Dimar. 1973a. Informe de datos oceanográficos, CICAR II. Armada Nacional de Colombia. Bogotá D.E. DIVOC-CECOLDO, DO-7: 1-22.
- . 1973b. Informe de datos oceanográficos, CICAR III. Armada Nacional de Colombia. Bogotá D.E. DIVOC-CECOLDO, DO-17: 1-24.
- . 1976. Informe de datos oceanográficos, OCEANO II. Armada Nacional de Colombia. Bogotá D.E. DIVOC-CECOLDO, DO-13: 1-38.
- . 1979. Informe de datos oceanográficos, OCEANO II. Armada Nacional de Colombia. Bogotá D.E. DIVOC-CECOLDO, DO-01: 1-222.
- Duque-Caro, H. 1972. Ciclos tectónicos y sedimentarios en el norte de Colombia y su relación con la paleoecología. Bol. Geol. Invest. Min. 19 (3): 1-23.
- Ekman, J.W. 1905. On the influence of the earth is rotation on ocean currents. Arkiv. F. Matem., Astr. O. Fysik Stockholm, 2: 1-11.
- Fajardo, G. 1978. Surgencia costera en las proximidades de la península de la Guajira. Bol. Cientif. CIOH, 2: 7-19.
- Febres-Ortega G. 1972. Isonosteric analysis of the eastern Caribbean waters during winter. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 11: 19-34.
- Fukuoka, J. 1971. Costal upwelling and sinking in the Caribbean Sea, specially about the existence of the under current, pp. 123-142 In: Costlow, J.D. Jr. (ed.) Fertility of the sea. Gordon & Breach Sci. Publ. Inc. New York; 1, 308 p.
- Gordon, A.L. 1967. Circulation of the Caribbean Sea. J. Geophy. Res., 72: 6207-6223.
- Heald, E.J. & R.C. Griffiths. 1967. Determinación por medio de la lectura de escasas, de la edad de la sardina *Sardinella anchovia* del Golfo de Cariaco, Venezuela oriental. Proy. MAC / PNUD / FAO, Inv. Des. Pesq. Ser. Rec. y Expl. Pesq., 1 (10): 375-446.
- Javelaud, O. 1984. Sedimentología de la plataforma continental del Caribe colombiano (Santa Marta-Cabo de la Vela). Proy. COLCIENCIAS-CIOH. Cartagena (Bol.) Inf. Técnico: 1-32.
- Jica. 1981. Informe de la investigación sobre recursos pesqueros marítimos de la República de Colombia. Proy. INDERENA-JICA para el Desarrollo de la Investigación en Recursos Pesqueros Marítimos. Tokio (Japón) Bogotá D.E. (Colombia). FDI / JR / 81-82: 15-32.
- Klima, E.F. 1970. R / V Oregon II Cruice 22 (October 20-December 4). USDC/NOAA/NMFS. Pascagoula, Miss., Draft 1: 1-7.
- Lahey, J.F. 1973. On the origin of the dry climates in the Northern South American and the Southern Caribbean. Chapter 10 pp. 75-90 In: Amiron, D. & A. Wilson (eds.) Coastal deserts, their human and natural enviroment. Univ. of Arizona Press, Tucson (Ariz).
- Lecarpentier, C., G. Umaña & G. Vega. 1975. Estudio hidroclimático de la región del Caribe. Inst. Geograf. "Agustín Codazzi" Bogotá D.E., 77 p.

- López-Salgado, N. 1972. Loliginidos del Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 79p.
- Maduro, V.E. 1971. Contribución al conocimiento de la biología y merística del machuelo *Opisthonema oglinum* (Lesueur) (Pisces: Clupeidae) del Caribe colombiano. Tesis profesional. Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 30p.
- Margalef, R. 1971. The pelagic ecosystem of the Caribbean Sea. pp. 483-498 In: Symp. CICAR I, Willemstad, Curacao N.A., Nov. 18-26, 1968: Publ. Esp. UNESCO.
- Mora, J.H., S. Ueda, O. Mora & M. Mochizuki. 1981a. Informe preliminar de la evaluación pesquera con palangue vertical en el Caribe colombiano, a bordo de la M/N Caribbean Star 2 (noviembre 1980-febrero 1981). Proy. INDERENA-JICA para el Desarrollo de los Recursos Pesqueros Marítimos. Bogotá D.E. Inf. Técnico (1): 1-18.
- . O. Mora, R. Alvarez-León, M. Mochizuki & S. Ueda. 1981b. Informe preliminar de la pesca con arrastre y palangre vertical en el Caribe colombiano, a bordo de la M/N Caribbean Star 2 (octubre 28-diciembre 26 1980). Proy. INDERENA-JICA para el Desarrollo de los Recursos Pesqueros Marítimos. Bogotá D.E. Inf. Técnico (2): 1-28.
- Minagricultura/Opsa/Inderen. 1980. Recurso acuícola Costa Caribe. Cap. 1 pp. 33-46 In: Hernández-Rodríguez, A., R. Alvarez-León & B. Herazo-Piñeres (eds.). Bases Plan de Desarrollo del Subsector Pesquero Colombiano. Bogotá D.E., 274 p.
- Owre, H.B & M. Foyo. 1971. Studies on the zooplankton of the Caribbean Sea. pp. 503-508 In: Symp. CICAR I Willemstad, Curacao - N.A. Nov. 18-26, 1968: Publ. Esp. UNESCO.
- Palacio, F.J. 1974. Peces colectados en el Caribe colombiano por la Universidad de Miami. UBJTL - Bol. Mus. Mar, 6: 1-137.
- Pelroth, I. 1971. Distribution of mass in the near surface waters of the Caribbean. pp. 147-152 In: Symp. CICAR I, Willemstad, Curacao, Nov. 18-26, 1968: Pub. Esp. UNESCO.
- Ramírez, M.R. 1982. Contribución al conocimiento de los ostrácodos (Arthropoda-Crustacea) actuales de la plataforma continental frente a Riohacha y su relación con factores medio ambientales. Tesis Profesional. Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 135p.
- Ray, G.C., M.G. McCormick-Ray, R.V. Salm, D.G. Campell, J.A. Dobbin, N.E. Dobbin, V.E. Smith, K.R. Miller & A.D. Putney. 1979. Data Atlas (Preliminary): Planning a marine conservation strategy for the Caribbean Region. Critical Marine Habitats of the Wider Caribbean Area. UICN/WWF/UNEP/ECLA Reg. Seas. Prog. Suiza.
- Ríos C.E. 1975a. Contribución al estudio biológico del jurel, *Caranx hippos*. INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera 5 (1): 1-11.
- . 1975 b. Observaciones biológico-pesqueras del machuelo *Opisthonema oglinum* de la Guajira. INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera 5 (2): 1-22.
- . 1981. Contribución al estudio biológico-pesquero de la sierra *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815) en el Caribe colombiano. INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera 16 (10): 1-22.
- Riveros, C.A. & P.E. Sarmiento. 1985. Contribución al conocimiento biológico de la perla *Lepophidium profundorum* (Gill, 1893) en el Litoral del Caribe colombiano. Tesis profesional. Fac. Biología Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 65 p.
- Saiz, E. 1974. Estudio biológico pesquero de la pacora *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1822) (Pisces: Sciaenidae) en el Caribe colombiano. Tesis Profesional Fac. Ciencias del Mar. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 46 p.
- Santacruz, H. 1969. Afloramiento producido en la Guajira. Nem. Presem. Nal. Ciencias del Mar. Cartagena (Bol.) nov.: 101-113.
- Simpson, J.R. & R.C. Griffiths. 1971. Upwelling and biological production in the Gulf of Cariaco, Venezuela. Proy. MAC/PNUD/FAO Inv. Des. Pesquera., Ser. Rec. y Expl. Pesq. 2 (1): 1-27.
- Sokolov, V.A. 1987. Investigaciones sobre el atún en el Golfo de México y el Mar Caribe. pp. 63-79 In: Ramis-Ramos, H., V.A. Sokolov (eds.) Investigaciones Atuneras Cubano-Soviéticas. INPC-Contrib. Centro Invest. Pesqueras 23-26, 79p.
- Staiger, J.C. 1969. Narrative of R/V J. Elliot Pillsbury Cruise P-068 to the southern Caribbean Sea, July 6-August 3, 1968. RSMAS-Univ. of Miami. Preliminary. Rep. 1: 1-72.
- Stemmman-Nielsen, E. & E.A. Jensen. 1957. Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. Galathea Rep. 1: 49-136.
- Testaverde, S.A. 1972. Final report on the fishery resources of both coast (Caribbean and Pacific Ocean) of Colombia. March 1970-July 1972. UNDP (SF) FAO Marine Fisheries Development Project Col/66/522. Bogotá D.E. Final Draft: 1-42.
- Ueda, S., C. Garces, J.H. Mora, M. Mochizuki & O. Mora. 1980. Informe preliminar de la pesca exploratoria de arrastre en el Caribe colombiano, efectuada con la N/N/ Caribbean Star 2 (mayo-octubre 1980). Proy. INDERENA-JICA para el Desarrollo de los Recursos Pesqueros Marítimos, Inf. Técnico (2): 1-35.
- UW/DO. 1970. Physical chemical and productivity from a survey of the Caribbean and Sea and the northeastern tropical Pacific Ocean. Univ. Washington/Dept. Oceanography Tech. Resp. (249): 1-224.
- Wust, G. 1983. On the stratification and the circulation in the cold watersphere of the Antillean-Caribbean basins/ Deep-Sea Res., 10(3): 165-187.
- . 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean Basins. Part I. Spreading and mixing of the water types with an oceanographic atlas. Columbia Univ. Press, New York, 201 p.
- Zea, J.A. 1986. El fenómeno de "EL NIÑO" y sus efectos en Colombia. ARC - Rev. la Cuenca del Pacífico y su Fuerza Naval 3: 21-25.