

WALTON T. L. Jr. BIRKEMEIER W. A., WEGGEL J. R. Hand held calculator algorithms for coastal engineering. C.E.T.A. 82-1, Army, Corps of Eng., C.E.R.C., Fort Belvoir, 1982. 71 p.

WEBER O. Transits sédimentaires et évolution saisonnière de la zone littorale de la Salie. Thèse 3ème cycle, Bordeaux, 1978. no. 1457. 126 p., 70 fig., 6 tabl.

Bol. Cient. CIOH	Cartagena (Colombia)	No. 7	p. g. 37 - 52	Mayo 1.987	ISSN 0120-0542
------------------	-------------------------	-------	---------------	------------	----------------

EL ARCHIPIELAGO DE LAS ISLAS DEL ROSARIO, ESTUDIO MORFOLOGICO, HIDRODINAMICO Y SEDIMENTOLÓGICO.

Por SERGE LEBLE * y RENE CUIGNON **

RESUMEN

El análisis de los sedimentos recogidos en el área del archipiélago de las Islas del Rosario, permitió evidenciar la invasión de una facie carbonácea por una facie terrígena resultante de la progresión del prodelta del delta del Dique.

La acción combinada de la contra-corriente de Panamá con las corrientes superficiales, favorece durante ciertas épocas del año el transporte de las partículas en suspensión y acrecienta el fenómeno de invasión del archipiélago por las facies terrígenas.

Además, el análisis morfológico permitió encontrar trampas de sedimentos en el archipiélago.

ABSTRACT

The analysis of the sediments gathered in the area of the Rosario Islands showed clearly the invasion of a calcareous facies by a terrigenous facies resulting of the delta of the Dique prodelta progradation.

The interaction of the Panama Counter-Current with the superficial currents supports, some times in the year, the particles transport by suspension, and thus, increases the invasion phenomenon of the archipelago by the terrigenous facies.

Furthermore, the morphological analysis allowed to find sedimental traps in the archipelago.

INTRODUCCION

El proyecto de investigación sobre las islas del Rosario se incluye en el programa "Estudio Geológico del Litoral Caribe" desarrollado por la Misión Técnica Francesa desde 1979 en las instalaciones del CIOH. Dicho proyecto pretende conocer el transporte sedimentario y los procesos de sedimentación, y finalmente evaluar los efectos de la sedimentación sobre formaciones arrecifales.

* Serge Leble, desarrolló su tesis de grado para obtener el Doctorado en Oceanología de la Universidad de Bordeaux - Francia.
** René Cuignon, Doctorando en Oceanología de la Universidad de Bordeaux y auxiliar del Profesor Vignessier.

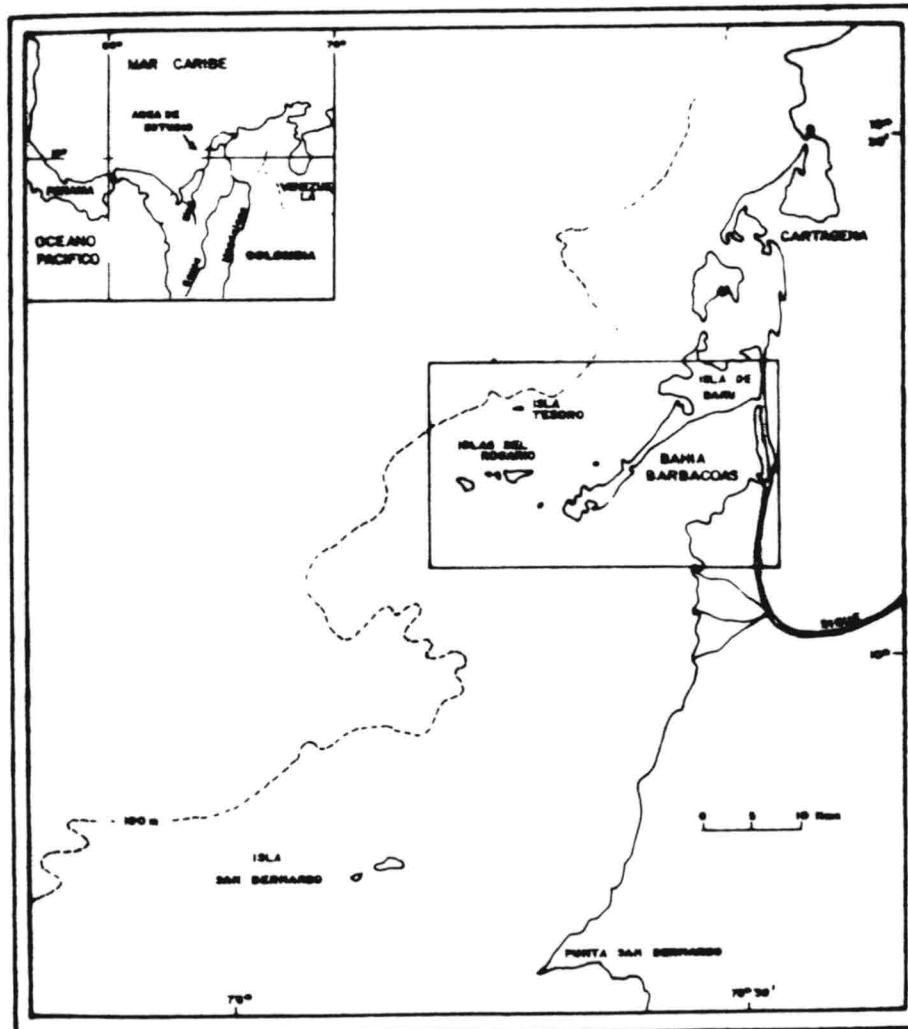


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

I. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El archipiélago de las islas del Rosario, está localizado en un área comprendida entre los $10^{\circ} 08' 00''$ y los $10^{\circ} 15' 00''$ de latitud norte y entre los $75^{\circ} 40' 00''$ y los $75^{\circ} 48' 00''$ de longitud oeste (figura 1). Situado frente a isla Barú a unas 28 millas al suroeste de Cartagena, el archipiélago se divide en 28 islas de tamaño variable.

II. MATERIAL Y METODOLOGIA

Varios cruceros realizados durante 1985 a bordo de los buques de la Armada Nacional, permitieron obtener numerosas muestras de fondo y registros batimétricos. La presencia de una ecosonda de 12 KHZ nos permitió su utilización para el sondeo de los sedimentos (Mud penetrator).

Además, mensualmente se estudiaron parámetros hidrológicos como temperatura, salinidad, corrientes y turbidez con el fin de ver como evolucionan dichos parámetros durante el año.

III. CUADRO GEOLOGICO

Las islas del Rosario se pueden considerar como un complejo arrecifal, es decir un grupo de formaciones arrecifales (arrecifes costeros barreras y atolones y parrecifales (islas emergidas, manglares, ciénagas) que pertenecen a una misma área sedimentológica.

A nivel geológico las islas corresponden a antiguos arrecifes, actualmente situados por encima del nivel marino (2 a 3 m), que se han formado durante la última transgresión marina. Como las terrazas arrecifales del cuaternario, se presentan horizontalmente a una altura constante, podemos decir que no fueron afectadas por la tectónica actual, bastante activa sobre la plataforma.

IV. CUADRO CLIMATICO

De acuerdo con varios autores el clima en la región de Cartagena es tropical caliente sub-húmedo y se puede dividir en tres épocas, una época seca que corresponde a los meses de diciembre hasta abril dominada por los vientos Alisios; una época intermedia, los meses de mayo, junio, julio, una época de lluvia correspondiente a los meses de agosto hasta noviembre caracterizada por mucha lluvia y los vientos en su mayoría de dirección suroeste.

V. LOS PARAMETROS HIDRODINAMICOS GENERALES.

El régimen general del oleaje figura 2 nos indica que las olas del norte-noroeste son las más frecuentes y las más fuertes, pero en caso excepcional pueden llegar del suroeste olas destructivas llamadas "mar de leva".

Por otro lado, la marea sobre la costa Caribe es de tipo semi-diurna con un rango muy corto, con una variación promedio de 17 a 42 cm. Por su situación lejos de la costa y su sistema abierto, las islas del Rosario están más influenciadas por las mareas meteorológicas, es decir, la acción del viento sobre la superficie del mar, que por las mareas astronómicas.

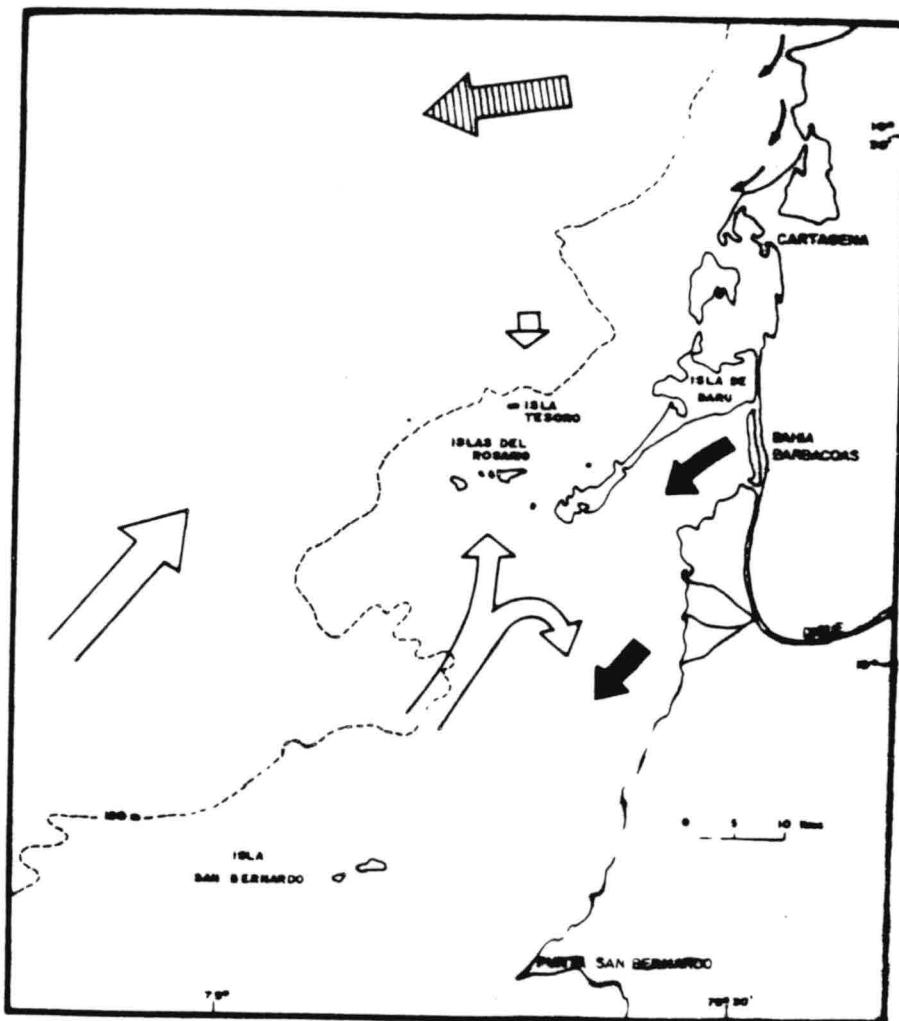
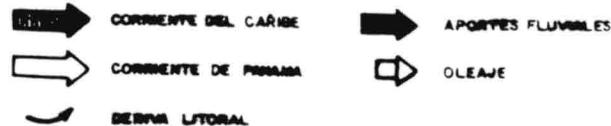


FIGURA 2. Esquematización de los parámetros hidrodinámicos generales.



A lo largo de la costa colombiana se nota la presencia de la corriente del Caribe y de la contra-corriente de Panamá (figura 2). Estas dos corrientes, resultantes de la circulación atmosférica, se mantienen por la acción de los vientos.

Los aportes fluviales corresponden a las aguas que salen del delta del Dique (figura 2). El Canal del Dique fué construido hace mucho tiempo, pero en 1958 se abrieron las desembocaduras Norte de Lequerica y Matunilla desviando una parte de las aguas del canal hacia la bahía de Barbacoas. Todos los datos obtenidos por MITCH (1973) y LEH (1983) sobre el caudal de estas dos desembocaduras tienen que ser reevaluados y ampliados debido a los nuevos trabajos de dragado de este año.

VI. EL ESTUDIO BATIMETRICO

La primera impresión que produce la observación de los perfiles batimétricos de la plataforma, es de monotonía sin accidentes mayores. En el siguiente perfil (figura 3), se puede observar de este a oeste una suave pendiente correspondiente a la plataforma, el banco de isla Tesoro, la ruptura de pendiente situada a la isobata 80 m colonizada por arrecifes, y el principio del talud continental.

En el interior del archipiélago la morfología se presenta de la manera siguiente: Se observan cuatro zonas o sectores elevados en los cuales ciertos puntos salen de la superficie. Del norte al sur encontramos:

- Isla Tesoro,
- La plataforma de isla Grande,
- Isla Rosario,
- Isla Arena y el bajo Medio.

Estos conjuntos están relativamente bien separados los unos de los otros por corales o depresiones en donde se registran profundidades de 40 m. Adelante veremos la importancia que tienen, de una parte, los cañones sobre la acción canalizadora de la corriente y de otra parte, esas fosas como trampas de sedimentos.

VII. EL ESTUDIO HIDRODINAMICO

Se realizaron salidas de campo mensuales para seguir la evolución de los parámetros hidrodinámicos durante un año completo. Las indicaciones suministradas por el estudio de las corrientes en relación con los caudales líquidos del Canal del Dique nos permiten dividir el año básicamente en cuatro períodos (figura 4).

- o Durante el período 1, el caudal del Canal del Dique es importante y la corriente tiene una dirección general hacia el suroeste. El agua que sale de las desembocaduras se encuentra pegada a la isla Barú debido a un posible movimiento circular en el interior de la bahía de Barbacoas. Al llegar a la extremidad de Punta Barú esta agua salobre y turbia no puede subir en dirección de las islas por el desplazamiento de las masas de agua hacia el suroeste empujadas por los Alisios.
- o Durante el período 2, el caudal del Dique se encuentra en su cantidad mínima y el movimiento global de las masas de agua tiende hacia el sur.

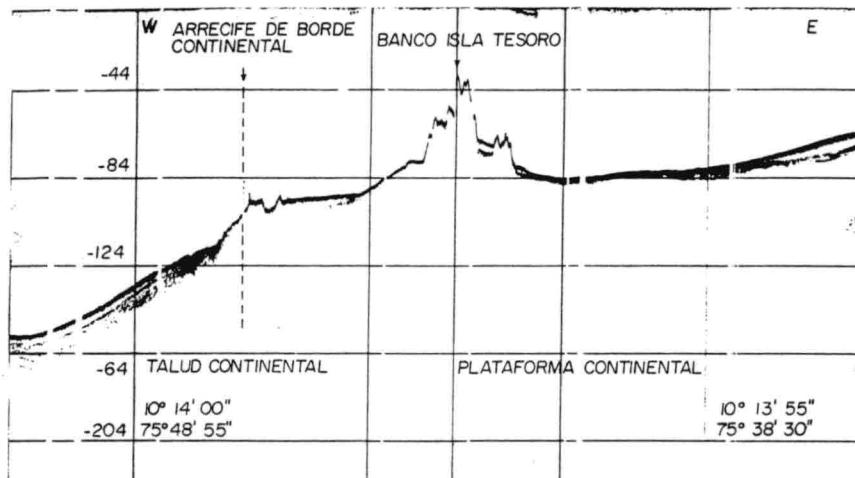


FIGURA 3. Perfil batimétrico con ecosonda de 12 KHZ.

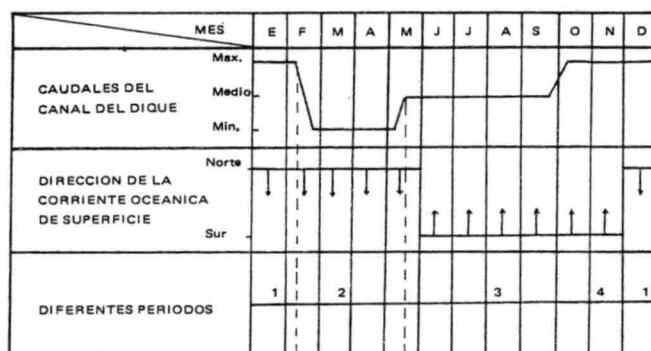


FIGURA 4. Síntesis de las observaciones hidrodinámicas.

oeste, es decir, que la poca agua salobre que sale de los brazos del delta representan una zona muy "restringida" y pegada a las desembocaduras debido a la penetración de agua oceánica en la bahía. La acción del Dique sobre las islas es casi nulo.

o Durante el período 3, el caudal del Canal del Dique aumenta progresivamente. Y la corriente general de superficie, debido a la contra-corriente de Panamá, se encuentra en dirección norte-noreste. Las aguas dulces del canal pueden subir hasta las islas, y empujadas por esta contracorriente

y utilizando los caños, cruzan el archipiélago cortando la morfología de las islas.

o Durante el período 4, el caudal del Canal del Dique se encuentra en su máximo nivel, mientras que las corrientes van en dirección norte en superficie.

El esquema hidrodinámico se puede explicar así: las aguas que salen del Canal del Dique por las bocas de Lequerica y Matunilla se orillan sobre isla Barú y se remontan entre las islas bastante hacia el norte; pero no demasiado al oeste porque encuentran otro tipo de agua menos salobre que proviene de la mezcla del agua del Dique saliendo de la boca sur y se disuelve con el agua oceánica que viene con la contra-corriente. En profundidad (-20) las aguas más frías y más saladas provienen del norte, pasan debajo de estas capas más calientes y menos saladas tomando la dirección sur.

Otro fenómeno muy interesante es la penetración del agua oceánica dentro de la bahía de Barbacoas. Durante los períodos 1 y 2 (figura 5 B)), aguas más frías y más saladas penetran en la superficie y el fondo de la bahía, y pegan a la costa la poca agua dulce proveniente de la desembocadura. Durante los períodos 3 y 4 (figura A) las aguas oceánicas entran por el fondo hacia el interior de la bahía, y luego regresan en dirección opuesta con las aguas dulces que salen del delta del Dique.

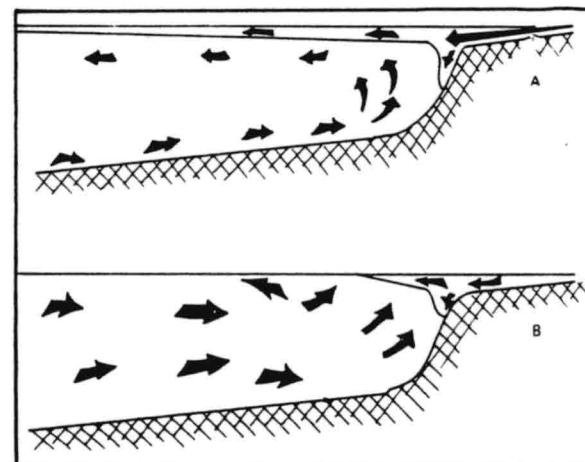


FIGURA 5. Modelo de circulación de las aguas en la bahía de Barbacoas.

A. Período 3-4
B. Período 1-2

VIII. EL ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO

Después de un análisis clásico de las muestras, los sedimentos se clasificaron de acuerdo con 2 parámetros básicos:

A. PORCENTAJE RELATIVO DE ARENA Y LODO

El índice arenoso cuya repartición demarca cuatro zonas diferentes en el archipiélago (Plano 1).

1. Al centro, una zona en su mayor parte "arenosa" correspondiente al arrecife y sus alrededores directos, con una forma de "T" invertida en la cual la rama vertical corresponderá al eje isla Tesoro - isla Grande - isla Arena - isla Periquito.
2. Al noroeste, una región "lodosa" seguida de una zona "lodosa arenosa" que llega al arrecife al nivel de la isóbata 60 m, con ligera penetración en una especie de trampa de sedimento situado al otro lado de la primera barrera arrecifal.
3. Al norte, una región del mismo tipo se adhiere más o menos sobre isla Barú penetrando en el cañón situado entre isla Grande e isla Periquito.
4. Al sur, una zona muy "lodosa" correspondiente a la suave pendiente de la plataforma continental frente al delta del Dique presenta tendencia a subir en las islas, penetrando por el cañón que separa isla Rosario e isla Arena y se detiene con un contacto bastante profundo con el bajo exterior sur de isla Grande.

B. PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO

La distribución horizontal de valores de carbonato de calcio nos indica la presencia de dos tipos de sedimento, un tipo bioclástico y bioclastoclastico de una parte y un tipo litoclástico y litobioclastico de otra parte (Plano 2).

- La provincia bioclástica - bioclastoclastica está concentrada en los arrecifes, formando una banda horizontal que tiene como límite norte isla Tesoro y como límite sur, isla Arena.
- Esta provincia está rodeada al norte por una zona litoclástica y al sur por una zona litobioclastica.

Hay que resaltar una vez más que los cañones se comportan como canales que permiten la penetración del sedimento menos calcáreo dentro del complejo arrecifal de las islas; en efecto, entre isla Rosario e isla Arena una zona litobioclastica penetra hasta el límite con el bioclástico, mientras que entre isla Grande e isla Periquito una zona menos calcárea, proveniente del norte, invade el cañón.

DISCUSIÓN

El análisis de la distribución de los depósitos sedimentarios y de las condiciones hidrodinámicas, precedido por el estudio del cuadro morfológico y

climático, nos permite proponer una interpretación de fenómenos de recubrimiento sedimentario del archipiélago de las islas del Rosario.

Podemos resumir el estudio sedimentario así:

- Las diversas facies sedimentarias encontradas son:

- La arena gruesa bioclástica que constituye los accesos directos de los arrecifes.
- Las arenas lodosas bioclastoclasticas encontradas en la parte delantera de los arrecifes (isóbata 40 al pie del talud exterior).
- Los lodos arenosos litobioclasticos de las zonas profundas (- 60 m).

- Las facies sedimentarias se dividen en tres zonas:

- Los altos fondos arrecifales.
- Las zonas profundas de sedimentos lodosos del norte.
- El prodelta del Dique y su extensión hacia alta mar.

El estudio hidrológico y climático nos permite distinguir muchos períodos cuyas separaciones están basadas en dos (2) parámetros principales, el viento y las corrientes de una parte, y de otra parte el caudal del Dique (figura 4).

Período 1

A pesar del fuerte caudal del Canal del Dique, la corriente arrastra las suspensiones hacia el sur.

Período 2

Aunque la corriente lleva siempre las suspensiones hacia el sur, éstas son mínimas debido al débil caudal del canal.

Período 3

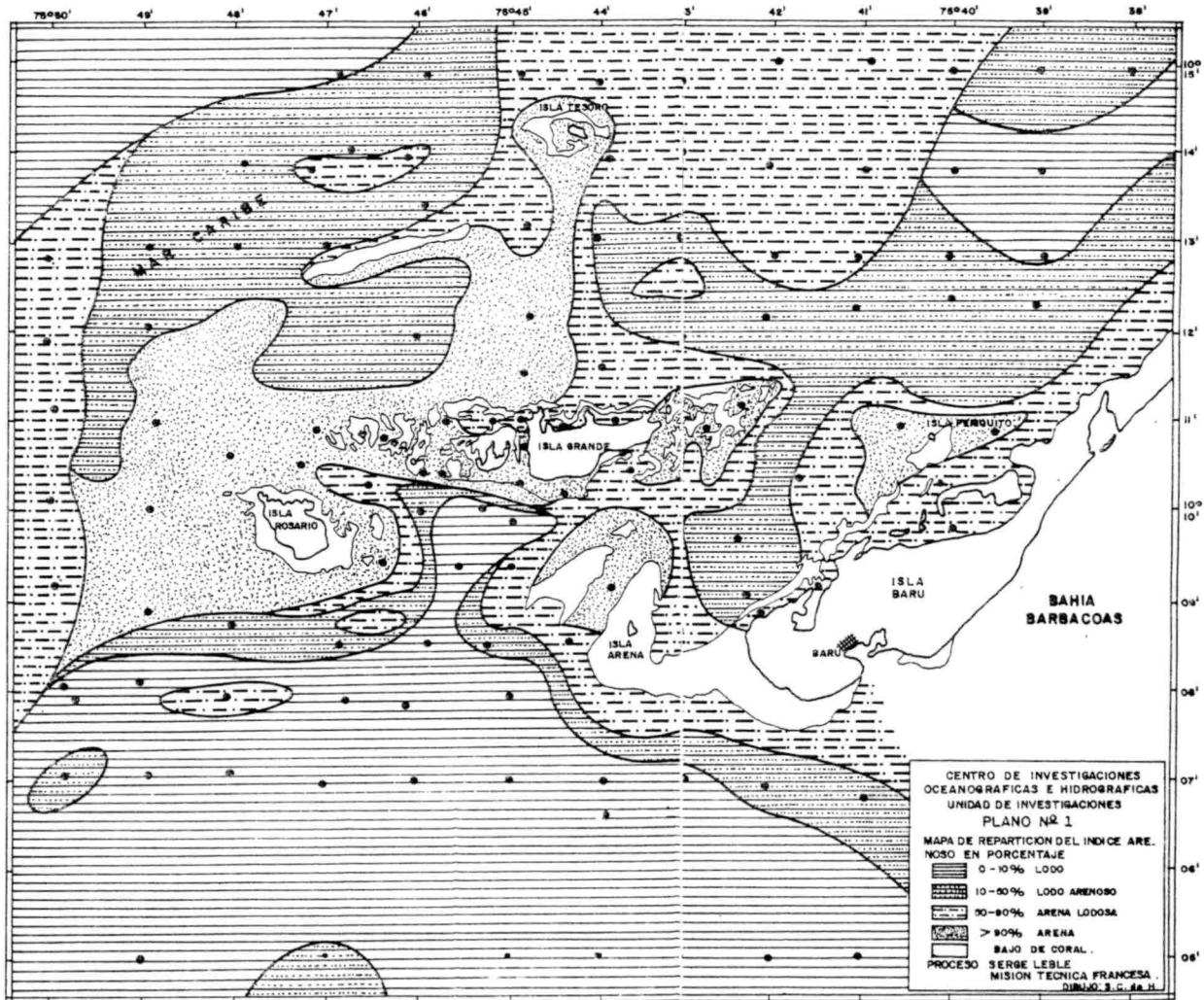
El caudal aumenta progresivamente y la corriente desplaza las suspensiones rápidamente hacia el norte.

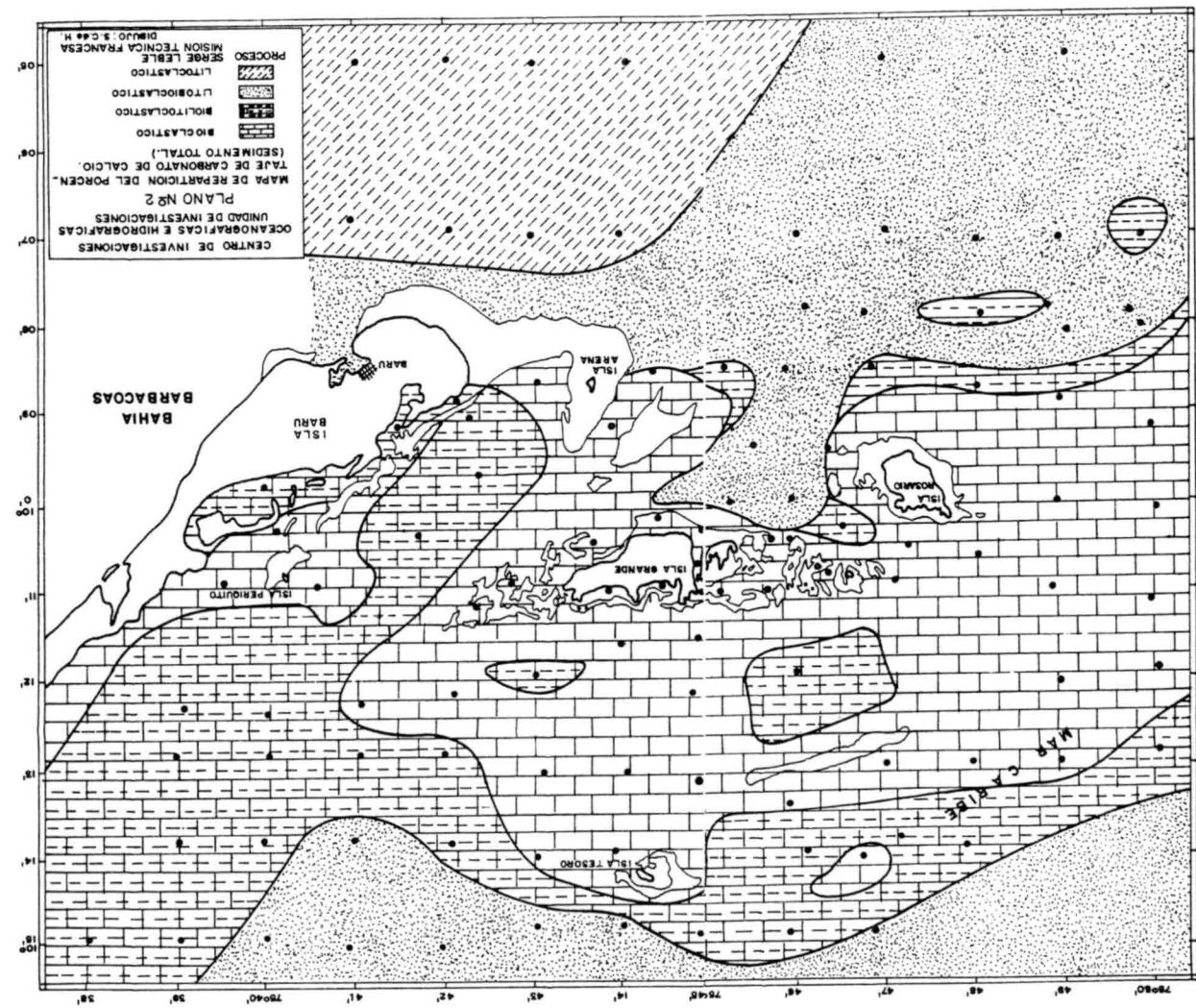
Período 4

Con un caudal máximo, la corriente baña las islas del Rosario con las aguas del Dique.

Podemos deducir las modalidades de sedimentación:

- Los sedimentos autóctonos en su mayoría coralinos, provienen del desmantelamiento de los arrecifes de corales y de los altos fondos bajo la acción del oleaje y del chapoteo. La distribución de esos sedimentos se produce por doble transferencia: una parte hacia el interior de los lagos y de figuras morfológicas típicas de los arrecifes, donde los sedimentos son bioclásticos a





100%, y otra parte, hacia el pie del talud extremo del arrecife, donde se mezcla con los lodos terrígenos para dar como resultado arena lodoso biolitoclástica.

- Los sedimentos de origen marino se encuentran al noroeste e invaden poco a poco el arrecife durante los períodos 1 y 2, transportados por la corriente. Según la morfología del fondo, se desplazan en los caños y trampas de sedimentos, estableciéndose en general al pie del talud.
- Los sedimentos de origen continental provenientes del Canal del Dique se depositan de dos maneras:

Por floculación, es decir, el contacto agua dulce - agua marina deposita la mayor parte de su carga en las desembocaduras, participando en la construcción del delta.

Y por decantación, cuando los sedimentos que se encuentran en suspensión son transportados hacia los bajos arrecifales de las islas del Rosario, depositándose particularmente en la fosa que separa isla Rosario, isla Grande e isla Arena, y penetrando en algunos caños.

En conclusión, podemos considerar las islas del Rosario como un complejo arrecife activo presente, en el cual la biocenosis arrecifal aparece como una abundante fuente de arena gruesa calcárea, pero cuya dispersión sobre la plataforma queda relativamente baja desbordando un poco el arrecife.

Por el contrario, la abundancia de los depósitos terrígenos provenientes del Canal del Dique podría ser la causa de la fosilización de este arrecife, como tué el caso de los arrecifes fósiles que encontramos más cerca de la orilla en frente del delta del Dique (figura 6).

Las condiciones hidrodinámicas (corrientes, contra-corriente), más el nuevo estado del canal (dragado, espolones, etc) arriesgan mucho al acelerar el proceso de recubrimiento de algunos bajos arrecifales de las islas del Rosario, empezando por los arrecifes sur.

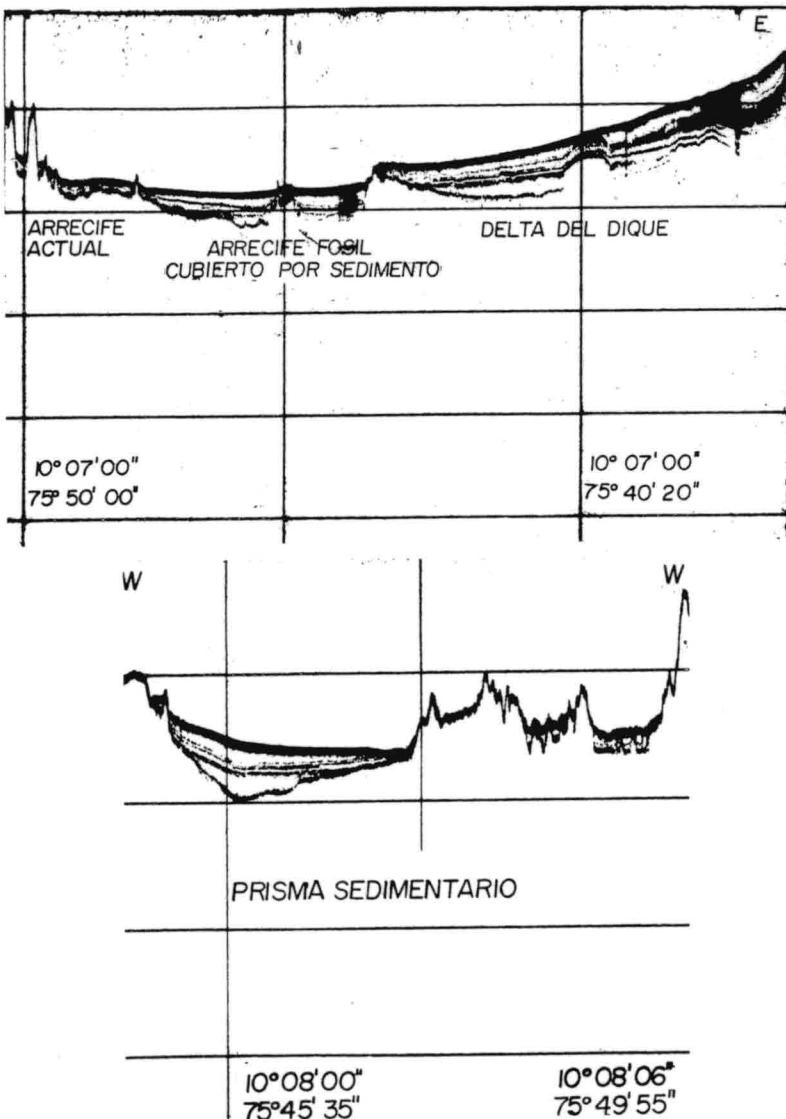


FIGURA 6. Perfil batimétrico con ecosonda 12 KHZ.

BIBLIOGRAFIA

- BATTISTINI R. et al. Elements de terminologie récifale indo-pacifique *Tethys*, 7 (1), 1975, p 1-111.
- BLANC J. J. Sedimentation des marges continentales. Masson édit., Paris, 1982. 159 p.
- BUREL th. Caractérisation des modalités d'évolution récente de la marge continentale nord-colombienne.
- BUREL th. KLINGEBIEL A., VERNETTE G. Indice d'une ligne de rivage émergée dans la région de Cartagena (Colombie). *Bull. I.G.B.A.*, Bordeaux, 1981. no. 21, p. 161 - 166.
- BUREL th., VERNETTE G. Evidencias de cambios de nivel del mar en el Quaternario de la región de Cartagena. Primer Seminario sobre el Quaternario de Colombia, Bogotá, 1980. In. *Revista C.I.A.F.*, Vol. 6 (1-3), p. 77-92.
- CLAUSADE M., GRAVIER N. et al. Morphologie des récif Coralliens de la région de Tuléar (Madagascar) éléments de Terminologie récifale. *Tethys Supl.* (2) 1971. p. 74.
- DUQUE-CARO H., PAGE W. D., CUELLAR J. General geology, geomorphology and neotectonics of northwestern Colombia. Field trip C. 10^e Conférence Géologique des Caraïbes, Cartagena, août 1983.
- GOREAU T. F., LAND L. S. Fore-reef morphology and processes, North Jamaica. Spécial publ. Econ. Pal. Miner., no. 18. 1974. p. 77-89.
- LEBLANC F. Approche morphologique et Sedimentologique du delta del Dique, Côte Caraïbe de la Colombie. Thèse 3^e cycle Univ. de Bordeaux I. 1985. p. 243.
- LE BLE S. El archipiélago de las islas del Rosario. Informe final "Estudio Geológico Litoral Caribe-fase IV, etapa 1. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 1985. 75 p.
- LESUEUR P. Sédiments et milieux sédimentaires dans la baie de Cartagena (Colombie). Thèse 3^e cycle, Univ. Bordeaux I. 1979. p. 144.
- MARTINEZ S. VERNETTE G. El complejo arrecifal de las islas del Rosario. Zonación coralina, sedimentos y foraminíferos bentónicos. Primer Seminario sobre el Quaternario de Colombia, Bogotá, 1980. In *Revista C.I.A.F.* Vol. 6 (1-3), p. 329-345.
- PAGLIARDINI J. L. Conditions hidrodynamiques et mécanismes sédimentaires sur la plateforme côtière de Cartagena et le cordon littoral de La Boquilla. Thèse 3^e Cycle, Univ. Bordeaux I, 1983. p. 186.
- PFAFF. R. Las scleratinas y milleporia de las islas del Rosario. MiH. Inst, Col Allem. Inv. Cient. no. 3. 1969. p. 17 - 24.

RIVIERE A. Méthodes granulométriques. Techniques et interprétation. Masson éd., Paris, 1977. p. 170.

STODDCART D. R. Structure and ecology of Caribbean coral reefs. CICAR II Symposium, Caracas, Julio 1976 FAO Fisheries Report no. 200, 1976. p. 427-448.

VANNEY J. R. Géomorphologie des plates-formes continentales. Doin éd., 1977. p. 300.

VERNETTE G. Estandarización de los criterios sedimentológicos para la cartografía de la plataforma continental. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Boletín Científico no 4 Cartagena. CIOH. 1982. pp. 3 - 13.

VERNETTE G. La plateforme continentale Caraïbe de Colombie du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo. Importance du Diapirisme Argileux sur la Morphologie et la Sedimentation. Thèse Doctorat d'état Univ. Bordeaux I. 1985 p. 387.