

DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL NORTE Y NORDESTE DEL BRASIL ⁽¹⁾

Paulo da Nóbrega Coutinho

Laboratório de Ciências do Mar
Universidade Federal de Pernambuco
Recife — Pernambuco — Brasil

Jáder Onofre de Moraes

Laboratório de Ciências do Mar
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza — Ceará — Brasil

Este trabajo trata esencialmente de la distribución de las facies sedimentarias en la plataforma continental norte y nordeste del Brasil. Se han estudiado también, la topografía submarina, descripción preliminar de la microfauna, la relación carbono-nitrógeno en los sedimentos y descripción de las muestras.

Las muestras fueron recogidas durante la "Operação N-NE I", que se realizó de octubre a diciembre de 1967 en el buque oceanográfico Almirante Saldanha de la Marina del Brasil, en el trecho comprendido entre el Cabo Orange (Territorio Federal de Amapá) y la ciudad de Recife, en el Estado de Pernambuco (figura 1).

Para hacerse comparación, se han consultado datos de la Expedición Oceanográfica hecha por el barco pesquero "Canopus", de la Superintendencia del Desarrollo del Nordeste, en enero y febrero de 1966 (figura 2).

La localización de las estaciones, datos de profundidad y texturas de los sedimentos se encuentran en la tabla I. Los valores de carbono orgánico, fósforo, nitrógeno y materia orgánica son expresados en la tabla II.

GENERALIDADES SOBRE EL AREA

I — Características del litoral

Considerando las características geomorfológicas y climáticas del área estudiada, podemos dividirla en los siguientes tipos de litoral:

1 — Litoral Amazónico — está caracterizado por un clima tropical húmedo, con elevadas temperaturas y altos índices pluviométricos. En función del tipo de costa y dinámica marina (Silveira *in* Azevedo, 1968) se subdivide el litoral Amazónico en:

a) Costa de las Guayanas — desde Cabo Orange hasta Cabo Norte. La sedimentación del Río Amazonas provoca la formación de bajas "falésias" arcillosas, cuya fijación es favorecida por la vegetación. Este material se dispone en líneas de restingas de fango, favoreciendo la expansión de los manglares.

b) Golfão Amazónico — presenta una línea de costa extremadamente inestable. Las mareas causan una floculación del material fino en suspensión.

c) Costa Este-Amazónica — en conjunto es una costa que presenta el aspecto de submersión. La idea de una transgresión reciente que habría hecho desaparecer la parte baja de los drenajes, corresponde bien al aspecto del litoral. La naturaleza arenosa y el viento fuerte causan la acumulación de dunas.

2 — Litoral de las Barreiras

a) Litoral semi-árido — en la costa del Estado del Ceará se presentan muchas dunas móviles, en virtud de que los bajos índices pluviométricos no propician el desarrollo de vegetación capaz de fijar los depósitos. En este litoral y parte del Estado de Rio Grande do Norte, el suelo está constituido de una mezcla de arcilla y conchas calcáreas cementadas con ayuda de agua salada, que es impermeable, lo que unido a condiciones climáticas favorables condiciona la industria extractiva de la sal.

b) Litoral Nordeste-Oriental — después del Cabo São Roque sobresalen los sedimentos

(1) — Trabajo presentado en el "Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions", Curaçao, 1968.

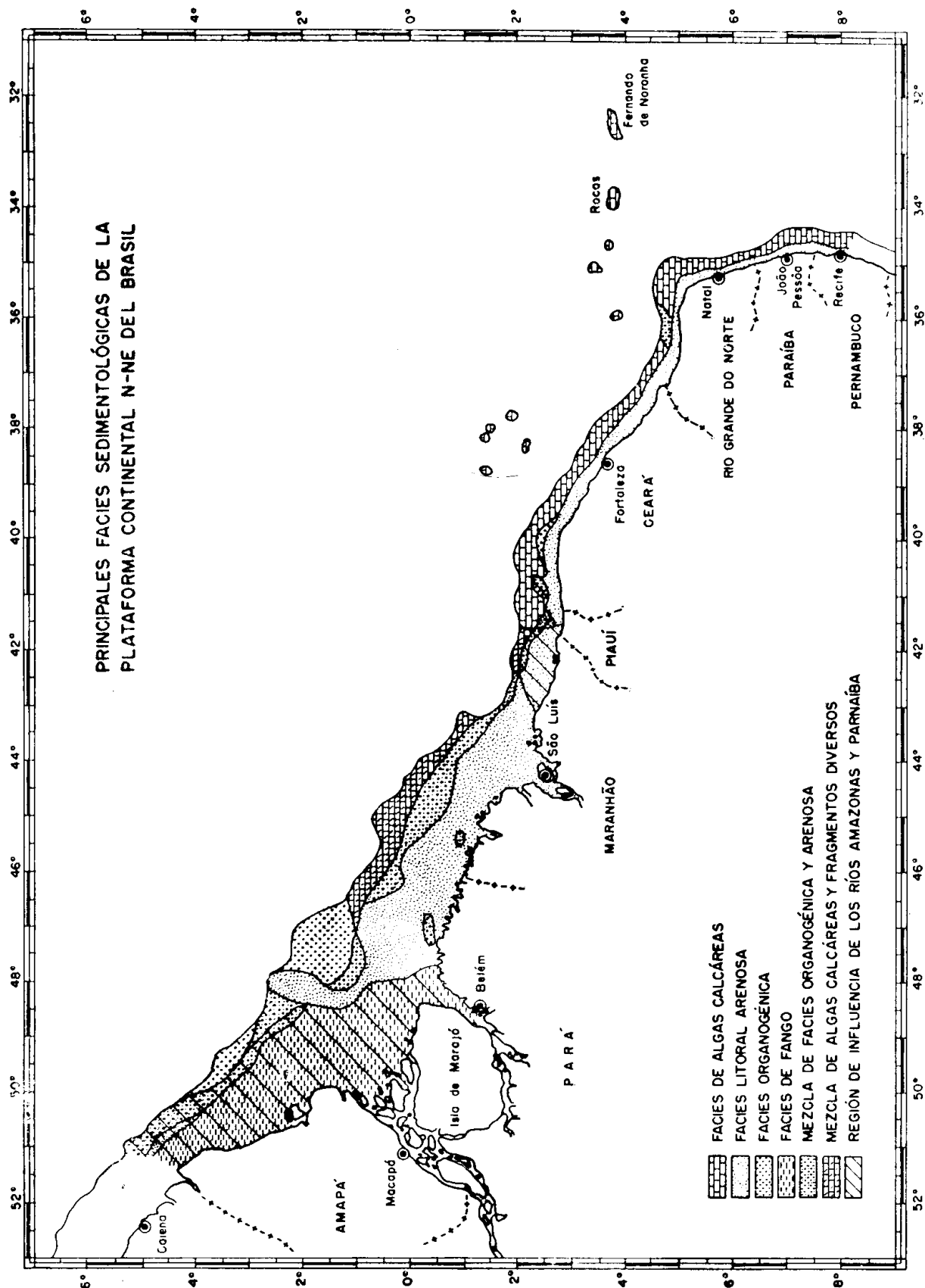


Figura 1 — Distribución de las facies sedimentológicas en la plataforma continental del norte y nordeste del Brasil.

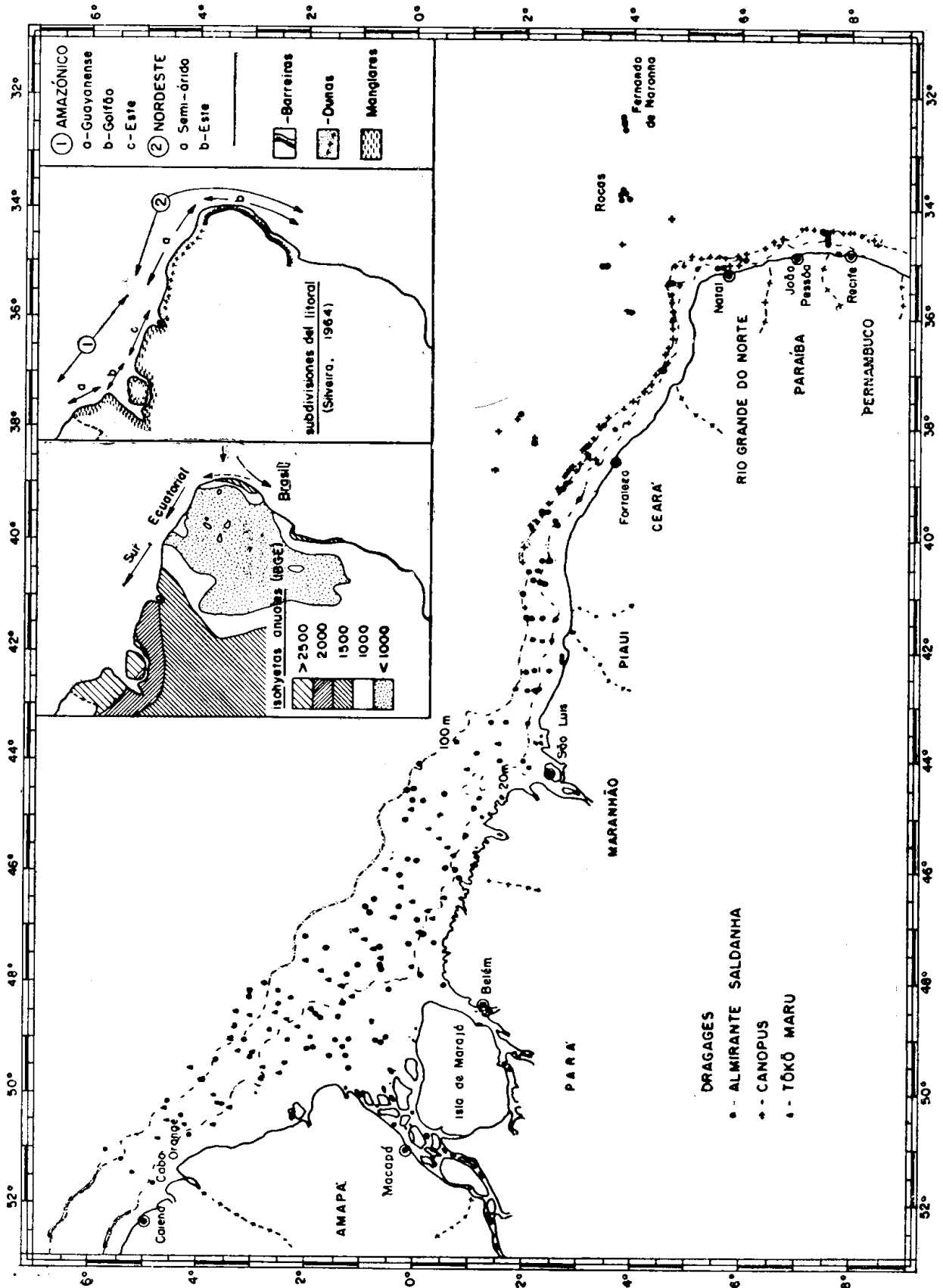


Figura 2 — Localización de las dragages efectuadas por los buques Almirante Saldanha, Canopus y Toku-Maru.

T A B L A I

Datos sobre las estaciones oceanográficas efetuadas. Convenciones: La = facies litoranea arenosa, AC = facies de algas calcáreas, O = facies organogénica, F = facies de fango, F (A) = facies de fango con arena, O/AC = facies organogénica con algas calcáreas, La/AC = facies litoral arenosa y facies organogénica, La/Lm = facies litoral arenosa con mucho fango, (Ag) = arena gruesa, (Am) = arena média, (Af) = arena fina, (G) = grava gruesa y bloques, (AgG) = grava gruesa y bloques.

Estaciones	Latitud	Longitud (W)	Profundidad (metros)	Naturaleza del fondo	Fracciones (%)		Calcáreo (%)
					gruesa	fina	
1647	07°30'0 S	34°40'3	19	AC (Ag)	98,3	1,7	86,0
1647-A	07°30'0 S	34°34'7	37	AC (Ag)	91,0	8,9	85,0
1648	07°30'0 S	34°32'0	37	AC (Ag)	92,0	8,0	92,1
1649	07°26'0 S	34°30'0	51	AC (Ag)	83,5	16,5	95,0
1654	06°06'7 S	34°50'7	77	AC (G)	98,5	11,5	93,3
1655	06°04'7 S	34°59'0	25	AC (Ag)	85,4	15,0	94,5
1656	05°41'5 S	35°05'6	23	AC (AgG)	92,3	7,0	92,3
1657	05°33'4 S	35°00'2	53	AC (AgG)	91,4	9,6	82,8
1662-A	03°53'8 S	33°46'6	25	AC (G)	98,9	1,1	81,4
1662-B	03°50'3 S	33°45'6	47	AC (AgG)	98,8	0,2	93,7
1663-A	03°49'6 S	33°49'2	53	AC (AgG)	90,0	10,0	83,4
1663-B	03°52'2 S	33°50'8	95	O (Am)	91,7	8,3	90,6
1663-C	03°50'7 S	33°46'4	60	AC (Ag)	95,7	4,3	90,5
1667-A	03°54'8 S	32°28'1	65	AC (Ag)	93,5	6,5	82,0
1667-B	03°50'7 S	32°27'5	55	AC (Ag)	92,4	7,6	85,3
1667-C	03°50'0 S	32°24'3	26	La (Ag)	89,0	11,0	96,5
1668	03°53'0 S	32°37'2	60	AC (AgG)	93,4	6,6	80,9
1668-A	—	—	90	AC/O (Am)	79,8	20,2	85,4
1675-A	05°11'0 S	35°09'7	35	AC (Ag)	91,0	9,0	83,2
1675	04°51'8 S	35°23'0	38	La (Am)	94,5	5,5	67,5
1676-A	04°46'0 S	35°24'0	39	AC (Ag)	88,7	10,5	84,3
1677	04°41'0 S	35°24'5	65	O (Ag)	94,2	5,8	82,1
1682	03°28'0 S	35°06'5	61	AC (Ag)	91,3	8,7	93,2
1682-A	—	—	61	AC (Ag)	99,5	0,5	85,1
1684	03°59'5 S	35°53'7	75	AC (G)	93,8	6,2	83,2
1684-A	—	—	140	AC/O (Ag)	74,5	25,5	88,9
1684-B	—	—	73	AC (Ag)	96,4	3,6	81,4
1687	04°44'0 S	36°03'0	73	O (Am)	97,5	2,5	56,4
1688	04°33'5 S	36°58'0	49	La (Am)	75,0	25,0	35,6
1692	03°42'0 S	38°02'0	21	La (Am)	94,2	5,8	38,9
1693	03°30'0 S	37°58'5	49	AC/O (Ag)	85,5	10,5	82,3
1701	01°57'0 S	37°46'0	57	AC (Ag)	99,2	0,8	95,0
1701-A	—	—	—	AC (G)	90,0	10,0	92,8
1701-B	—	—	81	AC (G)	94,3	5,2	92,5
1708	02°44'0 S	39°01'5	66	AC (Ag)	92,3	6,7	88,5
1708-A	02°44'3 S	39°04'0	54	AC (Ag)	92,0	7,0	87,2
1709	03°02'0 S	39°16'5	20	La (Am)	94,3	5,2	54,5
1710	02°39'5 S	39°46'0	17	La (Ag)	93,5	6,7	53,5
1710-A	02°33'0 S	39°41'5	31	La (Ag)	93,4	6,6	38,3
1711	02°25'0 S	39°30'5	49	La (Ag)	92,3	7,7	35,4
1711-A	02°22'0 S	39°30'0	75	O (Af)	—	—	78,4
1718	02°07'0 S	40°36'0	71	AC/O (Ag)	91,5	9,5	87,9
1719	02°15'0 S	40°33'5	55	O (Ag)	—	—	—
1719-A	02°21'5 S	40°29'5	37	La (Ag)	95,5	4,5	72,3
1720	02°31'0 S	40°22'0	23	La (Ag)	96,7	3,6	68,9
1721	02°25'3 S	40°50'5	24	La (Ag)	98,2	1,8	75,5
1721-A	02°20'0 S	40°47'0	35	AC (Ag)	99,5	0,5	59,9
1722	02°13'5 S	40°43'5	53	AC (AgG)	99,2	0,8	86,0
1723	02°00'0 S	41°01'0	73	AC/O (Ag)	93,5	6,5	81,0
1728-A	02°05'0 S	41°27'0	63	AC/O (Ag)	99,3	7,7	86,3
1729	02°10'5 S	41°27'0	53	La (Am)	93,3	6,5	18,5
1729-A	02°22'0 S	41°28'0	35	La (Am)	94,0	6,0	25,5
1730	02°37'0 S	41°27'5	21	AC (Ag)	93,2	6,8	93,2
1731	02°30'0 S	41°51'0	24	La (Ag)	92,4	7,6	43,2
1731-A	02°22'0 S	41°51'5	37	La (Ag)	91,0	9,0	68,4
1732	02°15'0 S	41°51'0	52	La (Am)	92,4	7,6	55,0
1732-A	02°13'0 S	41°51'0	69	AC/O (Ag)	94,5	5,5	88,4
1738-A	01°55'5 S	42°45'0	75	La/O (Am)	28,0	2,0	79,5
1739	02°05'0 S	42°44'0	49	La (Af)	91,0	8,0	33,8
1739-A	02°14'8 S	42°43'0	35	La (Af)	92,4	6,6	9,2
1740	02°17'5 S	42°42'5	25	La (Af)	95,8	4,2	8,1
1741	02°09'2 S	44°10'1	29	La (Af)	92,5	7,5	6,4
1742	01°36'0 S	44°01'0	31	La (Af)	90,0	10,0	6,0

1743	01°12'0 S	43°54'5	55	La (Af)	98,2	1,8	78,9
1743-A	00°51'0 S	43°41'4	75	AC/O (Ag)	95,4	4,6	83,4
1749-A	00°03'0 N	44°32'3	63	AC/O (Ag)	96,8	3,2	85,2
1750	00°04'0 S	44°35'5	52	AC/O (Ag)	99,2	0,8	92,3
1751	00°37'0 S	44°40'0	44	La/Ag (Ag)	99,8	0,2	84,6
1751-A	00°58'5 S	44°50'0	40	La (Am)	89,2	10,8	14,0
1752	01°10'0 S	44°54'0	15	La (Am)	85,6	14,4	4,3
1753	00°48'0 S	46°01'0	28	La (Af)	92,3	7,7	3,2
1753-A	00°28'0 S	45°58'0	32	La (Af)	91,2	8,8	—
1754	00°06'0 S	45°50'0	51	La (Ag)	95,3	4,7	—
1754-A	00°02'0 N	45°48'0	75	La (Af)	93,2	6,8	—
1755	00°37'5 N	45°38'5	80	AG (Ag)	94,5	5,5	—
1760-A	01°17'7 N	46°32'5	100	AC/O (Ag)	91,3	8,7	—
1761	00°51'0 N	46°40'0	51	La (Am)	94,8	5,2	—
1762	00°13'0 N	46°40'0	36	La/F (Af)	35,6	64,4	—
1762-A	—	—	—	La/F (Af)	29,8	70,2	—
1763	00°25'0 S	47°17'0	23	La/F (Af)	38,2	61,8	11,6
1764	00°12'7 S	47°55'0	28	La/F (Af)	63,7	36,3	11,8
1765	00°31'0 N	47°49'0	39	F (A)	10,2	89,8	10,5
1766	00°59'0 N	47°41'0	53	La (AC)	95,5	4,5	36,5
1767	01°32'5 N	47°24'5	63	O (Ag)	97,5	2,5	25,4
1767-A	01°57'5 N	47°15'5	93	AC/O (AgG)	100,0	—	83,0
1773	02°40'5 N	48°03'0	103	La/O (Ag)	99,5	0,5	75,0
1773-A	02°28'0 N	48°13'5	85	La (Af)	92,5	7,5	25,8
1774	02°09'2 N	48°15'0	59	La (Af)	2,8	97,2	14,0
1774-A	01°45'0 N	48°36'0	29	F	—	98,9	1,0
1775	01°39'0 N	48°41'0	20	F	—	99,5	2,0
1776	02°15'0 N	49°05'0	20	F	0,4	96,2	1,5
1777	02°38'0 N	48°54'0	76	F	4,0	96,0	3,0
1778	03°00'0 N	48°20'0	117	La (Af)	98,3	1,7	1,0
1783-A	03°22'0 N	48°55'0	105	O (Ag)	99,5	0,5	42,5
1784	03°08'5 N	48°07'0	85	La/O (Am)	90,7	9,3	38,5
1785	03°02'0 N	49°27'5	45	F	—	96,7	0
1786	02°44'0 N	49°48'0	21	F	—	99,8	0
1787	02°27'0 N	50°15'0	60	F	—	99,2	0
1787-A	03°31'5 N	50°11'0	75	F	—	99,6	0
1793-A	04°23'5 N	50°12'0	103	La (Af)	97,3	2,7	25,6
1793-B	04°30'5 N	50°26'0	75	F (Af)	06,0	94,0	0
1794	04°03'0 N	50°35'5	52	F	1,4	98,6	0
1795	04°01'4 N	50°50'0	21	F	0,7	99,3	0
1796	04°41'0 N	51°37'0	35	F	2,9	97,1	0
1797	05°09'0 N	51°28'0	65	La/F (Af)	87,3	12,7	5,5
1797-A	05°20'0 N	51°14'5	100	La (Am)	97,7	2,3	23,2
1797-B	03°02'0 N	49°27'5	45	—	—	—	—
1801	02°21'0 N	49°30'0	23	F	1,1	98,9	0
1802	01°49'0 N	49°02'5	15	F	0,2	99,8	0
1803	01°14'0 N	48°25'0	27	F	1,4	98,6	0
1804	00°24'0 N	48°10'0	19	F	11,6	88,4	0
1804-A	00°01'5 N	47°20'0	27	La (Am)	79,8	20,2	20,0
1804-B	00°09'5 S	46°55'5	24	La (AgG)	89,8	10,2	25,0
1805	01°00'6 S	45°21'0	21	La (Af)	85,3	14,7	23,5
1806	00°32'5 S	45°00'5	51	La (Am)	91,8	8,2	24,8
1807	00°13'0 S	44°46'0	54	La/AC (AgG)	89,8	10,2	55,6
1807-A	00°01'5 S	44°35'0	72	AC (Ag)	95,7	7,3	75,6
1813	01°29'0 S	43°19'0	83	O/AC (Ag)	97,2	2,8	82,5
1814	01°45'5 S	43°21'7	53	La (Am)	93,0	7,0	8,3
1815	02°05'0 S	43°24'3	38	La (Ag)	97,2	2,8	15,4
1816	02°33'0 S	42°23'0	23	La (Am)	90,8	9,2	11,2
1817	02°12'7 S	42°25'5	60	La/O (Am)	97,8	2,2	13,4
1817-A	02°07'8 S	42°26'2	73	La/O (Ag)	85,6	14,4	82,1

terciarios areno-arcillosos que constituyen la Formación Barreiras. Se presentan en la forma de "tabuleiros". En las playas ocurren las areniscas calcáreas y de hierro.

II — Hidrología

Tanto el litoral norte como nordeste están bajo la influencia de la corriente sur-ecuatorial, que se bifurca en la parte septentrional del litoral este. La rama norte va a formar la corriente de las Guayanas y la del sur, la

llamada corriente del Brasil. De una manera general, la amplitud máxima de la marea aumenta hacia el norte. En Recife és de 3,1 metros, 7,8 metros en São Luís, y en la Isla de Maracá alcanza 11,8 metros.

Haciendo excepción de la región Amazónica la masa líquida de toda el área es muy homogénea con temperatura y salinidad elevadas.

Las aguas superficiales muy pobres en sales nutritivas dan lugar a la ausencia total de fitoplancton.

T A B L A I I

Análisis químicos de las muestras recogidas en la expedición oceanográfica N-NE-I del buque Almirante Saldanha de la Marina del Brasil.

Muestras	Matéria orgánica (%)	Carbono orgánico (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
1774	5,55	3,08	0,144	0,039
1775	5,15	2,86	0,120	0,029
1776	2,30	1,27	0,078	0,014
1777	—	—	0,171	0,038
1785	4,84	2,69	0,116	0,057
1786	4,55	2,52	0,129	0,036
1787	5,80	3,22	0,113	0,018
1792	3,85	2,13	0,142	0,019
1794	5,77	3,20	0,149	0,037
1801	3,16	1,75	0,429	0,039
1802	4,02	2,23	0,075	0,043
1803	4,80	2,66	0,117	0,025

TOPOGRAFIA DE LA PLATAFORMA

En la región Amazónica la plataforma és muy ancha, alcanzando una extensión de 150 millas. La anchura va disminuyendo hacia el Este y no sobrepasa las 20 millas en la costa de la ciudad de Recife, en el Estado de Pernambuco. La extensión de la plataforma está bien reflejada por la isóbata de 20 metros, que en el Cabo Orange está a 60 millas de la costa. y a menos de cinco millas frente a la ciudad de Recife.

En el norte la plataforma tiene una pendiente suave, y en el nordeste la pendiente és abrupta. A lo largo del litoral de los Estados del Rio Grande do Norte y Ceará el relieve submarino es muy accidentado y está relacionado con los fenómenos volcánicos, lo que da lugar a una série de picos, de los cuales Rocas y Fernando de Noronha són los únicos testigos visibles. Los altos fondos más superficiales forman bancos que presentan una grán analogía con la parte externa de la plataforma continental, tanto en la topografía como en la naturaleza del fondo.

Un aspecto interesante en la morfología del fondo son las ondulaciones encontradas a partir de São Luís, Estado del Maranhão, en dirección noroeste. Son crestas de arenas cuarzosas que llegan a presentar un desnível de 10 metros.

DESCRIPCION DE LOS PERFILES

1 — Perfil Isla de Maracá

Está comprendido en el trecho detectado entre las estaciones 1782 y 1786. La estación 1786, más cerca de la costa, está a una profundidad de 23 metros y dista 65 millas del continente. El perfil se presenta accidentado topograficamente por lo que se puede pensar

en un sistema de fallamiento paralelo y procesos de acumulación.

No se encuentra un escarpe que indique claramente la transición de la plataforma continental y talúd. El talúd es una pendiente suave hasta la última estación detectada, en una profundidad de 800 metros (figura 3).

2 — Perfil Río Pará

Está localizado en la desembocadura del Río Pará, en el Estado del mismo nombre. La plataforma es muy extensa y de descenso muy suave, sin accidentes microtopográficos, y desciende hasta el talúd con una pendiente suave.

El talúd es también de pendiente suave, pero con una inclinación más grande. Este perfil fué detectado entre las estaciones 1764 y 1767. La estación 1764 dista 18 millas de la costa y está a una profundidad de 28 metros.

3 — Perfil Tutóia

En el litoral del Estado del Maranhão. La estación más cerca de la costa fué la 1786, con una profundidad de 23 metros, y 30 millas alejadas del continente. Plataforma de descenso muy suave, pero a la profundidad de 53 metros muestra una típica terraza, lo que puede ser interpretada como consecuencia de descenso del nivel del mar en épocas pasadas.

Esas superficies quizás puedan ser correlacionadas con las superficies de más o menos 50 metros de profundidad, encontradas en los bancos, aunque todavía no tenemos información suficiente para comprobarlo.

El talud tiene una pendiente brusca, después de 100 metros de profundidad, con inclinación casi vertical.

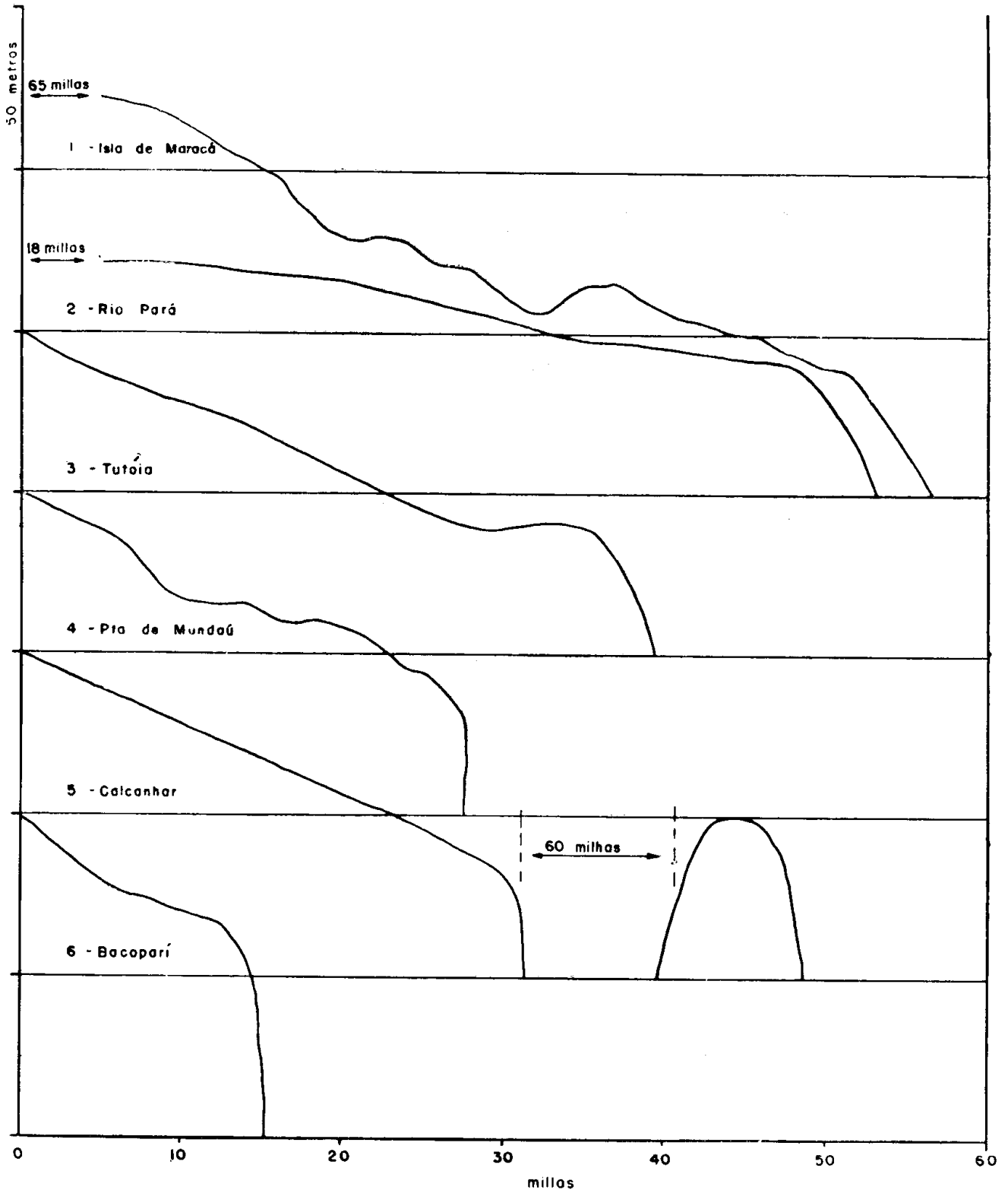


Figura 3 — Los perfiles que mejor representan la morfología de la plataforma en el norte y nordeste del Brasil.

4 — Perfil Punta de Mundaú

En el litoral del Estado del Ceará entre las estaciones 1708 y 1709.

Presenta una topografía bastante acci-

dentada, probablemente debido a los fenómenos volcánicos en esta región, siendo Rocas y Fernando de Noronha los únicos testigos visibles.

El talúd tiene una caída brusca vertical.

5 — Perfil Calcanhar

Trecho detectado en el Estado del Rio Grande do Norte, entre las estaciones 1676 y 1677 donde la plataforma empieza a estrecharse.

Pendiente suave hasta la profundidad de 70 metros, donde hay una caída brusca y se forma el talud abrupto con una pared vertical. En la misma dirección está un banco a la profundidad de 50 metros.

6 — Perfil Bacopari

Plataforma del litoral del Estado de Paraíba. En esta región, hasta el Estado de Pernambuco, la plataforma alcanza su mínima extensión. Presenta una pendiente suave, sin accidentes microtopográficos, con talud vertical a la profundidad de 77 metros.

PRINCIPALES FACIES SEDIMENTARIAS

El análisis al microscópio permitió la determinación de los tipos de fondo, y el conocimiento cuantitativo-relativo de los componentes biológicos asociados a la fracción arenosa. El tamizaje húmedo permitió la separación en tres fracciones: grava o cascajo (mayor que 2 mm), arena (2mm — 0,053mm) y fango (menor que 0,053mm). En la tabla I, los dos primeros componentes están reunidos bajo la denominación de fracción gruesa, mientras que el fango corresponde a la fracción fina. El contenido de carbonato cálcico fué determinado por esas fracciones, así como el contenido de fracción insoluble está representado esencialmente por el cuarzo.

Por los análisis granulométricos simplificados de los sedimentos se les ha clasificado en cuatro tipos principales de facies:

1 — Facies litoral arenosa

Facies cerca de la playa, constituida por material clástico, tal como arena cuarzosa, variando desde gruesa e incoherente hasta fina y compactada, cuya distribución está en relación al alejamiento de la costa. Además posee un alto contenido de organismos y localmente presenta fango. En el litoral éste la faja arenosa es muy reducida, probablemente debido al intenso desarrollo de algas calcáreas a partir de 20 metros de profundidad. En ésta región el sedimento está representado sólo por la fracción gruesa, asociada frecuentemente a pequeños bloques de algas calcáreas.

En la costa norte el substrato arenoso es cada vez más ancho y alcanza su extensión máxima cerca del meridiano 44°W, en el Estado del Pará, donde presenta un grado de

selección proporcional al alejamiento de la costa.

En ésta área las algas calcáreas asociadas a arena són muy raras, tendiendo a desaparecer en la dirección oeste. Ocurre lo mismo en las algas blandas, permaneciendo las rastreas (género *Caulerpa* Lamouroux).

La profundidad de ésta facies no es superior a 20 metros, y el cuarzo domina sobre la fracción biógena. Los granos de cuarzo angulosos en la mayoría poseen un aspecto vítreo y muy raramente se presentan granos desgastados e hoscós.

La presencia de los foraminíferos está en dependencia con el tamaño de los granos: cuando la arena es gruesa predominan la especie *Archaias angulatus* Fichtel et Moll y géneros de la familia Miliolidae.

En ésta facies hay también enclaves locales de fango, como depósitos de limo y arcilla, cuya cantidad de arena alcanza un 30%. Se encuentra cerca de la desembocadura de pequeños ríos y entre arrecifes.

La fracción arcilla es generalmente de origen terrígeno. Su composición mineralógica muestra un dominio de kaolinita y montmorillonita. El intemperismo en el área de origen y la sedimentación relativamente rápida, no han permitido la neoformación de otros minerales de arcilla.

Los organismos, principalmente foraminíferos están representados por especies muy pequeñas y conchas muy finas. Domínan las especies de las familias Miliolidae, Rotalidae, Elphididae y Boliviniidae.

También cabe señalar en ésta facies la presencia de areniscas calcáreas, y areniscas ferruginosas asociadas a formaciones pliopleistocénicas continentales.

2 — Facies de algas calcáreas

Ocurre a continuación de la facies arenosa, recubriendo toda la plataforma continental, desde Recife hasta el Estado del Piauí.

Recubre también la plataforma continental del Archipiélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, y todos los bancos inmersos, encontrados a menos de 100 metros, a lo largo de la costa. Aunque pertenezca a la facies organogénica su abundancia y extensión permiten separarla como una facies en particular.

Se caracteriza por un sedimento formado predominantemente por algas calcáreas de la sub-familia Melobesiae (Rhodophyceae) presentes bajo la forma de pequeños tallos ramificados, y de bloques de tamaños variables. Existe también una fracción arenosa, de proporciones variables en el sedimento, que proviene de la desagregación del referido material, y pequeño porcentaje de fango calcáreo,

generalmente inferior a 5%. Como era de esperarse, el contenido de carbonato de calcio en éste sedimento es muy elevado, siempre superior a 80%.

En la costa de Pernambuco, Paraíba y parte del Rio Grande do Norte, éste fondo de algas ocupa la mayor parte de la plataforma, a partir de la isóbata de 20 metros. La microfauna de foraminíferos de esta facies se presenta muy rica en *Archias angulatus*, *Amphistegina radiata* formas *typica* y *tumida*, y las familias Miliolidae y Textularidae. La familia Rotalidae es muy rara, pero las siguientes especies están siempre presentes: *Poroeponides lateralis* Terquem y *Discorbis mira* Cushman. Los foraminíferos planctónicos son raros y esporádicos en las muestras de mayor profundidad.

En la costa del Rio Grande do Norte y Piauí, sobre los bancos sumergidos y la plataforma de las islas, *Amphistegina radiata* forma *tumida* es dominante y algunas muestras constituyen una verdadera "harina de *Amphistegina*".

En el fondo se presentan frecuentemente agregados de bloques de algas, que a veces predominan y constituyen una costra que ni siempre puede ser quebrada por los procesos de muestreos comunes.

El género *Halymeda* Lamouroux es muy delicado en su forma. Habita hoy en día mares cálidos de aguas tranquilas, especialmente lagunas con profundidades entre cero y 50 metros.

Los tallos de algas calcáreas desaparecen generalmente dentro de las fracciones finas, por su rápida desintegración. Pero, en algunos sitios, bajo condiciones favorables, estos tallos permanecen como sedimento grueso lo que constituye arena de *Halymeda*. La presencia frecuente de tales depósitos en la plataforma N-NE del Brasil sugiere que esta área es de deposición tranquila.

El material fino retenido en los espacios abiertos está constituido por organismos comunes del área, por ejemplo, foraminíferos del género *Archaias*. El material del tamaño arcilla está formado de fino polvo calcáreo, posiblemente fragmentos del mismo residuo de algas.

3 — Facies organogénica

Está representada por sedimentos cuya fracción arenosa está constituida por fragmentos orgánicos diversos (moluscos, corales, bryozoos, etc), desapareciendo las algas y aumentando el porcentaje de fango en el sedimento.

Este fango calcáreo se ha formado principalmente por la desagregación bioquímica del material calcáreo. También se encuentran

finas agujas de aragonito. La alta salinidad de las aguas que favorece su supersaturación en carbonato de calcio, puede también causar una precipitación química.

Este sedimento se sitúa a continuación del fondo de algas calcáreas, tanto en la plataforma continental como en los bancos, haciendo muchas veces difícil su delimitación. Constituye verdaderas islas, ocupando la extensión más grande en la plataforma externa del Estado del Piauí hasta el Territorio del Amapá. La microfauna está constituida por los mismos elementos de las facies descritas anteriormente, pero hay más diversidad en el número de especies.

4 — Facies de fango

Está constituida por arcilla terrígena con cierta cantidad de arena fina cuarzosa biodegradable con materia orgánica dispersa, lo que le da un color oscuro. Domina en la mayor parte del litoral amazónico al oeste del Río Pará.

Las estaciones más cerca de la costa contienen un fango muy fluido con un porcentaje de arena inferior a 5% y 5% de carbonato de calcio.

La mayor parte del fango está constituido de arcilla, aunque ocurre limo en las aguas de más baja salinidad.

Con el aumento de la profundidad aumenta el porcentaje de arena en el sedimento, lo que da lugar a la aparición de fondo mezclado de arena y fango.

En la distinción entre arena y fango, se ha considerado el valor de 80% del componente principal que da nombre al sedimento. El fondo mixto de arena y fango presenta aproximadamente 50% para cada componente.

La ausencia de carbonato de calcio indica un medio rico en sílice, poco favorable al desarrollo de la vida marina, especialmente de los foraminíferos y organismos calcáreos. Esa pobreza en carbonatos proviene de los iones silícicos traídos por el Río Amazonas, cuya gran descarga influye sobre los componentes del agua del mar en la desembocadura.

Esta región es estéril respecto de la microfauna. Solo se encuentran escasas espículas de esponjas silíceas, sin ningún detrito de organismos calcáreos.

La fracción más fina está formada esencialmente de arcillas, limos, micas y óxidos de hierro. Hacia la plataforma externa, donde aumenta el contenido en arena, se presentan granos de cuarzo redondeados y brillantes en su mayoría, lo que prueba la existencia de corrientes de fondo en el estuario. También hay granos ferruginosos recubiertos por una película de óxido de hierro. Muchas veces esta película es tan espesa que los granos de cuarzo

quedan completamente opacos al microscopio. Este hierro, según Ottman (1959), no es explicable por la deposición "in situ" en el mar, pero proviene de la decomposición de rocas ferruginosas que en la región amazónica se presentan con frecuencia bajo la forma de costras ferruginosas antiguas, verdaderos lateritos fósiles.

Fuera de la región amazónica el fango está representado por manchas aisladas, de pequeña extensión, bajo la influencia directa de los ríos costeros, por ejemplo en Pernambuco, debido a la descarga del Río Barra de Jangadas. Se presenta como un barro f. arcilloso, con 25% de arena, donde los granos de cuarzo son pequeños y pulidos con una microfaua de foraminíferos de especies pequeñas y frágiles de las familias Rotalídeos, Bolivínídeos, Miliolídeos, y donde la especie *Ammonia beccarii* es dominante.

MICROFAUNA

Para el estudio de la microfaua de las facies sedimentarias, fueran consideradas como componentes principales, los foraminíferos, fragmentos calcáreos, fragmentos diversos de moluscos, briozoarios, ostracodes, que son estudiados bajo el punto de vista de conteo de los individuos para efecto del estudio cuantitativo relativo asociado a la fracción arenosa. Para los foraminíferos considerose la categoría de la familia, determinandose apenas la especie dominante en cada facies.

Facies de algas calcáreas: los fragmentos de algas calcáreas son los propios constituyentes granulométricos del sedimento, ya que dominan sobre la fracción abiótica. Entre las algas calcáreas domina el género *Halymeda* Lamouroux en forma de partículas disociadas o bloques. La presencia de éste género es tal que en un estudio hecho con más detalle se podría separar una facies de *Halymeda*, considerandose la frecuencia con que ocurre. Los bloques ocurren en una mayor profundidad, cerca del borde de la plataforma y donde no hay algas calcáreas en gran cantidad como acontece en la plataforma del Estado del Pará. Los otros géneros también presentes son *Lithophyllum* Philippi y *Lithothamnium* Philippi.

Entre los foraminíferos domina la especie *Archaias angulatus* seguida de *Amphistegina radiata* formas *typica* y *tumida*, pero en la plataforma del Estado del Río Grande do Norte hasta Piauí, la especie *Amphistegina radiata* forma *tumida* es dominante, llegando a constituir el 95% de la fracción arena fina, o sea, que está comprendido entre los diámetros de granos 0.053 mm y 1,190 mm. Las familias Miliolidae y Textularidae tienen su presencia en 2% de la fracción total del sedimento. La

familia Rotalidae está representada por las especies *Poroeponides lateralis* Terquem y *Discorbis mira* Cushman, mientras que los foraminíferos planctónicos son muy raros.

Facies litoranea arenosa: la presencia de los foraminíferos está asociada a la granulometría; si los granos son gruesos, dominan las especies *Archaias angulatus* (Fichtel et Moll) con individuos grandes, mientras que si la granulometría es fina los de la familia Miliolidae, tal es *Triloculina* sp. y *Quinquenloculina* spp.

Facies de fango del litoral amazónico al norte de la desembocadura del Río Amazonas, que a primera vista parece estéril, todavía tiene algunos individuos aunque muy escasamente y muy pequeños. *Ammonia beccarii* Linnaeus, muy desgastado, fué identificado, pero cerca de la plataforma externa. También fragmentos de moluscos, briozoarios, presentandose morfológicamente desgastados. Eso prueba la ocurrencia de fuertes corrientes en el fondo, lo que ya había sido reflejado por los granos brillantes de cuarzo en el sedimento. La corriente no es capaz de transportar el material de fango que se encuentra sedimentado, porque la erosión en el fondo se hace con mayor facilidad en los sedimentos de granulometría entre 0,01 y 1,00 mm.

La presencia de fósforo expresada en la tabla II puede reflejar la presencia de detritos de organismos vertebrados.

En la facies organogénica, hay dominio de los fragmentos biodetríticos sobre la fracción abiótica. Presenta una variedad más grande de especies de foraminíferos, pero domina *Amphistegina radiata* forma *tumida* seguido de *Archaias angulatus* (Fichtel et Moll) y la familia Miliolidae.

Como se puede observar la especie *Amphistegina radiata* forma *tumida* (Fichtel et Moll), la más común y abundante en el norte y nordeste del Brasil, comprueba la determinación de la subprovincia sur-brasilera constituida de foraminíferos subtropicales de aguas cálidas, propuesta por Boltvskoy (1965), pues, según Tinoco (comunicación verbal), *Amphistegina radiata* forma *tumida* falta completamente al norte del paralelo de 23°S.

Cabe señalar que toda la región comprendida desde el Golfo de México hasta el paralelo 33°S, por la identidad de la microfaua de foraminíferos es considerada como una misma provincia biogeográfica, llamada de Indias Occidentales, y comprende más precisamente las costas atlánticas de América del Sur hasta el paralelo 33°S y las costas del Océano Pacífico y Mar del Caribe en América Central.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Marina del Brasil y a la Superintendencia del Desarrollo del Nordeste (SUDENE), bien como a todos que en los Laboratorios de Ciencias del Mar, de las Universidades Federales de Ceará y Pernambuco, ayudaron en la elaboración de éste trabajo. Al Dr. Manuel de Miró Orell, de la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita (Venezuela), la colaboración prestada.

CONCLUSIONES

1 — En el nordeste del Brasil la plataforma es relativamente ancha, del tipo normal, apareciendo en algunos perfiles típicas terrazas, a la profundidad de 50 metros, que pueden ser relacionadas con la superficie de aplanamiento de los bancos. Esta plataforma termina por una ruptura de declive muy abrupto, resultante de las fallas paralelas a la costa, constituyendo el talúd continental. La plataforma se hace más ancha en el norte, alcanzando un máximo de 150 millas en el Territorio del Amapá, con pendiente suave.

2 — La facies de algas calcáreas características de la región nordeste, empieza ya al norte del Río São Francisco con una extensión relativamente reducida; va alargándose al norte y alcanza su plenitud en las costas de los Estados del Rio Grande do Norte y Ceará. La distribución de esta facies debe estar íntimamente relacionada a la ausencia de ríos importantes en la región, existiendo por lo tanto, aguas limpias, sin material fino en suspensión y consecuentemente propicias al desarrollo de algas calcáreas y corales.

3 — Las aguas que recubren la plataforma nordeste no son muy ricas en foraminíferos planctónicos. El Archipiélago de Fernando de Noronha y "Atol das Rocas" desvían las corrientes ricas en foraminíferos planctónicos. Lo mismo se puede decir respecto de los bancos. Sin embargo, éstos foraminíferos están representados por los géneros *Globigerina*, *Globigerinoides* y *Orbulina*, en casi todo el trecho estudiado. Entre los foraminíferos bentónicos la especie dominante es *Amphistegina radiata* forma *tumida* (Fichtel et Moll) frecuente y abundante en casi todas las muestras, lo que permite clasificar ésta región en una subprovincia distinta dentro de la provincia biogeográfica Caribeana. Los fragmentos de *Halymeda* son dominantes en el nordeste del Brasil, lo que constituye la llamada facies algal.

4 — La costa nordeste presenta un contenido en carbonato de calcio superior a 80% en virtud del alto desarrollo de algas calcáreas en la región. En contraste el litoral amazónico, principalmente en la zona de la desembocadura tal contenido es inferior a 5% , lo que

condiciona la ausencia de algas y vegetales (macro y microorganismos) que prefieren esencialmente las aguas limpias. Así llegan solamente los vegetales traídos por los ríos, los cuales son esparcidos por las corrientes siempre fuertes en aquella región, impidiendo su acumulación. Este escaso desarrollo de la vida animal y del plancton especialmente, revelan la pobreza de nitrógeno en dichas zonas.

SUMMARY

This paper is the result of a study of the sediments of the continental shelf of north and northeastern of Brazil.

Off the Territory of Amapá and the state of Pará the shelf is very wide, attaining a width of 150 miles, with gentle slope. Towards the States of Pernambuco and Paraíba the shelf becomes narrower, attaining a width of not more than 25 miles with a steeper slope.

Four sedimentary facies were distinguished:

1) Sandy litoral facies — this facies is under the influence of tides and other coastal phenomena. It's represented by sandy beaches, and local occurrence of mud. Rounded to angular quartz grains with a vitrous to glossy surface dominate, whereas pitted and frosted grains are more rare.

2) Algal facies — almost entirely composed of calcareous algae such as *Lithothamnium* Philippi, *Lithophilum* Philippi and *Halymeda* Lamouroux, as a mixture of pebble sized, ramificated and smaller fragments.

3) Organogenous facies — it's composed dominantly of fragments of organisms such as bryozoans, ostracodes, foraminifera and more rarely pelecypoda and gastropoda, besides not more recognizable fragments.

4) Mud facies — it occurs from the Marajó Island along the Amapá continental shelf. Mixtures of organogenous facies with the surrounding ones are found in an extensive area where the shelf is wide.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Boltovskoy, E. — 1965 — *Los Foraminíferos Recientes*. Eudeba, 510 pp., 114 figs., Buenos Aires.
- Kempf, M.; Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M. — MS — Estudo da plataforma continental da área de Recife. I — Generalidades sobre o fundo.
- Laborel, J. & Kempf, M. — 1967 — Formações de vermetos e algas calcáreas nas costas do Brasil. *Trabs. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, Recife, 7/8 : 33-50, 4 figs.
- Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M. — 1967 — Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil). 2. Geology. *Trabs. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, Recife, 7/8 : 151-185, 10 figs.,
- Nakamura, H. et al. — 1958 — Survey report on the Brazilian fishing grounds. Japanese Fisheries Agency, Ministry of Agriculture and Forestry, 297 pp. (in Japanese).

Ottman, F. — 1959 — Estudo das amostras de fundo recolhidas pelo Navio Oceanográfico Almirante Saldanha, na região da embocadura do Rio Amazonas. *Trabs. I.B.M.O.-UR*, Recife, 1 (1) : 77-106, 5 figs.

Ottman, F. — 1964 — L'Atol das Rocas dans l'Atlantique Sud Tropical. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynam.*, 5/2 : 101-107.

Petri, S. — 1954 — Foraminíferos fósseis da bacia de Marajó. *Fac. Fil. Ciênc. Letras Univ. São Paulo, Bol. Geol.*, São Paulo (176) : 11-170.

Silveira, J. D. — 1968 — O Litoral e o Atlântico Sul. In: A. Azevedo, *Brasil a Terra e o Homem*, 2.^a ed., vol. 1, 607 pp., 78 figs., 148 pls., São Paulo. Capítulo citado: pp. 253-305, 6 figs.

Tinoco, I. M. — 1969 — Classificação Sistemática dos Foraminíferos dos testemunhos das Sondas submarinas efetuadas pelo Navio Escola Almirante Saldanha na embocadura do Rio Amazonas. *Trabs. I.B.M.O.-UR*, Recife, 1 (1) : 107-112.