

03084

1

2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PROYECTO ACADEMICO DE ESPECIALIZACION, MAESTRIA Y DOCTORADO  
EN CIENCIAS DEL MAR

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

**MORFOSEDIMENTOLOGIA DEL DELTA SUBMARINO  
DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
**DOCTOR EN CIENCIAS DEL MAR**  
(Especialidad en Oceanografía Geológica)

P R E S E N T A

**MARIO ALFONSO GUTIERREZ ESTRADA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1 9 9 0



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	pág
RESUMEN	1
INTRODUCCION	4
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	6
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	7
DATOS OCEANOGRAFICOS	8
ANTECEDENTES	9
METODOS Y EQUIPO DE INVESTIGACION	15
RESULTADOS Y DISCUSION	18
BATIMETRIA Y MORFOLOGIA	18
SEDIMENTOS	21
TEXTURA Y CLASIFICACION TEXTURAL	21
RELACIONES MASA/VOLUMEN	51
LIMITES DE PLASTICIDAD	59
ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO	65
MADUREZ TEXTURAL Y MINERALOGICA DE LAS ARENAS	67
CARBON ORGANICO	70
Eh y pH	71
SISMOLOGIA SUBSUPERFICIAL	72
CONCLUSIONES	79
AGRADECIMIENTOS	99
LITERATURA CITADA	100
APENDICE 1. FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS	114
APENDICE 2. INFORMACION TABULAR	131
APENDICE 3. CUADROS SINOPTICOS ESTADISTICOS	204

1.	Posición y profundidad de las estaciones oceanográficas en el delta submarino del Río Balsas.	131
2.	Tipo de muestreo y análisis realizados en los sedimentos del delta submarino del Río Balsas.	134
3.	Contenido porcentual de arena, limo y arcilla, en los sedimentos superficiales del delta submarino del Río Balsas.	137
4.	Parámetros granulométricos estadísticos de los sedimentos superficiales del delta submarino del Río Balsas.	140
5.	Contenido porcentual de arena, limo y arcilla, en los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	143
6.	Parámetros granulométricos estadísticos de los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	155
7.	Parámetros geotécnicos de masa/volumen en los sedimentos superficiales del delta submarino del Río Balsas.	167
8.	Parámetros geotécnicos de masa/volumen en los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	169
9.	Límites de plasticidad de los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	180
10.	Esfuerzos cortante y compresivo en los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	188
11.	Factores de correlación, media aritmética y desviación estándar de algunos parámetros geotécnicos; ecuación de la línea recta que mejor representó a cada par de valores.	193
12.	Esfuerzos cortante y compresivo máximos en los sedimentos subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.	198
13.	Madurez textural de la fracción arenosa ( $A > 20\%$ ), en los sedimentos superficiales del delta submarino del Río Balsas.	199

14. Contenido mineralógico, madurez y clasificación mineralógica de la fracción arenosa ( $A > 20\%$ ), en los sedimentos superficiales del delta submarino del Río Balsas. 200
15. Carbono orgánico en los sedimentos superficiales, potencial óxido-reducción y concentración del ión hidrógeno en el agua intersticial, delta submarino del Río Balsas. 201
16. Carbono orgánico en los sedimentos subsuperficiales, potencial óxido-reducción y concentración del ión hidrógeno en el agua intersticial, delta submarino del Río Balsas. 202

Cuadros	página
1. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos de los sedimentos superficiales.	204
2. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo arenoso superficial.	204
3. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo areno limoso superficial.	205
4. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo limo arenoso superficial.	205
5. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo limo arcilloso superficial.	205
6. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo arcillo limoso superficial.	206
7. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo areno limo arcilloso superficial.	206
8. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo II superficial.	206
9. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo III superficial.	206
10. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo IV superficial.	207
11. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos en los sedimentos subsuperficiales.	207
12. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo arenoso subsuperficial.	208
13. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo limo arenoso subsuperficial.	208
14. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo limoso subsuperficial.	208
15. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo limo arcilloso subsuperficial.	209
16. Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo arcillo limoso subsuperficial.	209
17. Parámetros granulométricos del Grupo areno limo arcilloso subsuperficial.	209

18.	Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo I subsuperficial.	210
19.	Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo II subsuperficial.	210
20.	Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo III subsuperficial.	210
21.	Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo IV subsuperficial.	211
22.	Contenido de arena, limo y arcilla y parámetros granulométricos del Grupo V subsuperficial.	211
23.	Parámetros geotécnicos de los sedimentos superficiales.	211
24.	Matriz de correlación de los parámetros geotécnicos de los sedimentos superficiales.	212
25.	Parámetros geotécnicos de los sedimentos subsuperficiales.	212
26.	Matriz de correlación de los parámetros geotécnicos de los sedimentos subsuperficiales.	213
27.	Límites de plasticidad de los sedimentos subsuperficiales.	213
28.	Matriz de correlación de los límites de plasticidad de los sedimentos subsuperficiales.	213
29.	Esfuerzos cortante y compresivo y cohesión, en los sedimentos subsuperficiales.	213
30.	Esfuerzos cortante y compresivo y cohesión, en los sedimentos subsuperficiales arenosos.	214
31.	Clasificación mineralógica e índice de madurez de la fracción arenosa de los sedimentos superficiales.	214
32.	Potencial de oxidación-reducción y concentración del ión hidrógeno en el agua intersticial de los sedimentos superficiales.	215
33.	Potencial de oxidación-reducción y concentración del ion hidrógeno en el agua intersticial de los sedimentos. Contenido de arena, limo y arcilla en los sedimentos.	215

Figuras	entre páginas
1. Localización del Delta del Río Balsas, Michoacán, México.	4 y 5
2a. Fotografía aérea de la presa El Infiernillo.	4 y 5
2b. Fotografía aérea de la presa José María Morelos y Pavón (La Villita).	4 y 5
2c. Vista aérea del litoral de las islas de Enmedio y Cayacal, al que se ha procurado proteger de la erosión marina con la construcción de espigones. Obsérvese el grado de eficiencia logrado en la inhibición de la erosión y en la retención de arena. (Agosto, 1985).	5 y 6
2d. Detalle de la batería de espigones con los que se pretende protegerlo de la erosión del oleaje. (Agosto, 1985).	5 y 6
2e. Extremo inferior del Ramal Burras, con la desembocadura cegada artificialmente para acceder a la Isla de Enmedio. Obsérvese las obras de ingeniería realizadas; entre ellas a las del ferrocarril, los espigones y la escollera. (Agosto, 1985).	5 y 6
2f. Barra de San Francisco, actualmente el ramal más oriental del Río Balsas, y los remanentes de Barra Vieja, antigua desembocadura del Ramal San Francisco, hoy erosionada por la compactación de los sedimentos y el consiguiente retroceso del litoral. (Agosto, 1985).	5 y 6
2g. Panorámica aérea de la orografía de la Sierra Madre del Sur, aguas arriba de la presa El Infiernillo, Michoacán.	7 y 8
2h. Visión aérea del puerto fluvial Lázaro Cárdenas, visto hacia el N, con los ramales La Necesidad (acceso al puerto) y Burras (cegado), que limitan a la Isla de Enmedio. La Punta Burras, inflexión del litoral, motiva la concentración de energía del oleaje incidente. (Agosto, 1985).	7 y 8
2i. Vista aérea de la Punta Las Piedras, Guerrero, extremo sureste del delta. Obsérvese la ausencia de playas y a los afloramientos litorales de rocas terciarias (areniscas y areniscas conglomeráticas); hacia el horizonte, se observan lomeríos formados por conglomerados, areniscas hematizadas y aglomerados del Terciario. (Agosto, 1985).	8 y 9

2j. Fotografía aérea de la Punta Las Peñas, Michoacán, extremo noroeste del delta. Nótese la Sierra Madre del Sur, dispuesta hasta el litoral. (Agosto, 1985)	8 y 9
3. Regiones geoeconómicas en la cuenca del Río Balsas, Michoacán, México.	8 y 9
4. Cuenca de drenaje del Río Balsas.	8 y 9
5. Delta subaéreo del Río Balsas.	9 y 10
6. Localización de las secciones geológico oceanográficas.	15 y 16
7. Localización de las estaciones oceanográficas de muestreo.	15 y 16
8. Batimetría del delta submarino del Río Balsas.	16 y 17
9. Localización de los perfiles morfo-batimétricos en el delta submarino del Río Balsas, Michoacán, México.	19 y 20
10. Perfiles morfo-batimétricos transversales al delta submarino del Río Balsas, Michoacán, México.	19 y 20
11. Perfiles morfo-batimétricos longitudinales al delta submarino del Río Balsas, Michoacán, México.	19 y 20
12. Perfiles morfo-batimétricos transversales al eje de los cañones submarinos del Río Balsas, Michoacán, México.	20 y 21
13. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de arena, limo y arcilla, en el conjunto de sedimentos deltáicos superficiales.	21 y 22
14. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico, $M_z$ ( $\phi$ ); b) el índice de clasificación, $\sigma_1$ ; c) el índice de asimetría, $Sk_1$ ; y d) la curtosis transformada, $K'_1$ , en los sedimentos superficiales.	21 y 22
15. Grupos texturales identificados al correlacionar al contenido porcentual de arena, limo y arcilla, en los sedimentos deltáicos superficiales.	23 y 24
16. Clasificación de los sedimentos deltáicos superficiales, de acuerdo a Folk (1954).	23 y 24

17. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , de los sedimentos arenosos; b) índice de clasificación,  $\sigma_1$ , de los sedimentos arenosos; c) diámetro promedio gráfico de los sedimentos areno limosos; y d) índice de clasificación de los sedimentos areno limosos. 23 y 24
18. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas de sedimentos deltáicos superficiales. 24 y 25
19. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , en los sedimentos areno limosos; b) la curtosis transformada,  $K'_0$ , en los sedimentos areno limosos; y c) del contenido porcentual de arena, limo y arcilla en los limos arcillosos. 25 y 26
20. Diagrama de correlación entre el diámetro promedio gráfico de los sedimentos superficiales y su contenido de arena, limo y arcilla. 26 y 27
21. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada; en los sedimentos limo arcillosos superficiales. 27 y 28
22. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de arena, limo y arcilla, en los sedimentos: a) arcillo limosos; y b) areno limo arcillosos. 27 y 28
23. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas de sedimentos superficiales arenosos, areno limo arcillosos, limo arcillosos y arcillo limosos. 28 y 29
24. Grupos texturales establecidos en los sedimentos superficiales al correlacionar al diámetro promedio gráfico con los índices de clasificación y de asimetría, así como con la curtosis transformada. 29 y 30
25. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) contenido de arena y limo; y b) índice de clasificación; en los sedimentos superficiales del grupo textural II.30 y 31
26. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) la arena, limo y arcilla; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada; en los sedimentos superficiales del grupo textural III. 30 y 31
27. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) contenido de arena, limo y arcilla; b) diámetro promedio gráfico; y c) índice de clasificación; en los sedimentos superficiales del grupo textural IV. 31 y 32

28. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de:  
a) el índice de asimetría; y b) la curtosis transformada;  
en los sedimentos superficiales del grupo textural IV. 32 y 33
29. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas  
de sedimentos deltáicos superficiales. 33 y 34
30. Posición de los sedimentos deltáicos subsuperficiales en  
el diagrama ternario propuesto por Folk (1954). 34 y 35
31. Grupos texturales establecidos en los sedimentos deltáicos  
subsuperficiales, según el criterio de Shepard (1954).  
Núcleos: 1, 2, 8, 9, 10, 11, 27 y 30. 34 y 35
32. Grupos texturales establecidos en los sedimentos deltáicos  
subsuperficiales (Shepard, 1954). Núcleos: 31, 32, 37, 39,  
40, 42, 50, 53, 54 y 55. 34 y 35
33. Grupos texturales establecidos en los sedimentos deltáicos  
subsuperficiales (Shepard, 1954). Núcleos: 56, 61, 62, 63,  
64, 65, 67 y 71. 34 y 35
34. Grupos texturales establecidos en los sedimentos deltáicos  
subsuperficiales (Shepard, 1954). Núcleos: 80, 81, 82, 92,  
94, 95, 96, 97, 107 y 108. 34 y 35
35. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del  
contenido porcentual de arena, limo y arcilla, en los  
sedimentos subsuperficiales. 34 y 35
36. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el  
diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c)  
el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada en los  
sedimentos subsuperficiales. 35 y 36
37. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas  
de sedimentos arenosos subsuperficiales. 35 y 36
38. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas  
de sedimentos limo arenosos subsuperficiales. 36 y 37
39. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas  
de sedimentos limosos subsuperficiales. 36 y 37
40. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de los  
sedimentos limo arcillosos subsuperficiales: a) contenido de  
limo y arcilla; b) diámetro promedio gráfico; y c) índice de  
clasificación. 37 y 38
41. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de los  
sedimentos limo arcillosos subsuperficiales: a) el índice de  
asimetría; y b) la curtosis transformada. 38 y 39

42. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas de sedimentos limo arcillosos subsuperficiales. 38 y 39
43. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de arena, limo y arcilla en el grupo de los sedimentos subsuperficiales arcillo limosos. 39 y 40
44. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas arcillo limosas, en los sedimentos subsuperficiales. 39 y 40
45. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; d) la curtosis transformada; y e) el 5% más grueso de la distribución, en los sedimentos arcillo limosos subsuperficiales. 39 y 40
46. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de arena, limo y arcilla en el grupo arenoso limo arcilloso de sedimentos subsuperficiales. 41 y 42
47. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; d) la curtosis transformada; y e) el 5% más grueso de la distribución; en el grupo arenoso limo arcilloso de los sedimentos subsuperficiales. 41 y 42
48. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas arenoso limo arcillosas en los sedimentos subsuperficiales. 42 y 43
49. Grupos texturales establecidos en los sedimentos deltáicos subsuperficiales, de acuerdo al criterio de Inman (1952). 42 y 43
50. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada; en el grupo textural II de los sedimentos subsuperficiales. 43 y 44
51. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) 2% más grueso de la distribución, en el grupo II; y b) contenido de arena, limo y arcilla, en el grupo III; en los sedimentos deltáicos subsuperficiales. 44 y 45
52. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) diámetro promedio gráfico; b) índice de clasificación; y c) índice de asimetría; en el grupo III de los sedimentos subsuperficiales. 45 y 46
53. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de: a) arena; b) limo; y c) arcilla; en los sedimentos del grupo IV en el conjunto subsuperficial. 46 y 47

54. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada; en el grupo IV de los sedimentos subsuperficiales. 46 y 47
55. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de: a) arena; b) limo; y c) arcilla; en el grupo V de los sedimentos subsuperficiales. 47 y 48
56. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) el diámetro promedio gráfico; b) el índice de clasificación; c) el índice de asimetría; y d) la curtosis transformada; en el grupo V de los sedimentos subsuperficiales. 48 y 49
57. Curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas del grupo V en los sedimentos subsuperficiales. 48 y 49
58. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de la: a) densidad húmeda total,  $\tau$ ; b) porosidad,  $n$ ; c) densidad específica de sólidos,  $G_s$ ; y d) relación o índice de vacíos,  $e_{sat}$ ; en los sedimentos deltáicos superficiales. 51 y 52
59. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido porcentual de: a) arcilla,  $Mz \leq 2 \mu$ ; y b) de agua,  $WC$  y  $W$ ; en los sedimentos deltáicos superficiales. 52 y 53
60. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) grado de saturación; b) volumen de vacíos,  $V_v$ ; y c) diámetro promedio gráfico; en los sedimentos superficiales del delta submarino. 52 y 53
61. Relación de: a) la porosidad con el diámetro promedio gráfico; y b) la porosidad con la densidad específica de sólidos; en los sedimentos superficiales. 52 y 53
62. Relación lineal entre los valores de la densidad húmeda total o peso unitario y la porosidad, en los sedimentos superficiales. 54 y 55
63. Relación entre la fracción arcillosa de diámetro promedio gráfico menor de 2 micras y la porosidad, en los sedimentos superficiales del delta. 55 y 55
64. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de: a) la densidad húmeda total; b) la porosidad; c) la densidad específica de sólidos; y d) el índice de vacíos; en los sedimentos subsuperficiales del delta submarino. 55 y 56

65. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del contenido de: a) arcilla; y b) de humedad y del peso húmedo; en los sedimentos deltáicos subsuperficiales. 56 y 57
66. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) grado de saturación; b) volumen de vacíos; y c) diámetro promedio gráfico en los sedimentos subsuperficiales. 57 y 58
67. Relación entre: a) la porosidad y el diámetro promedio gráfico de los granos; y b) densidad específica de sólidos y la porosidad en los sedimentos subsuperficiales. 58 y 59
68. Relación lineal entre la densidad húmeda total o peso unitario y la porosidad de los sedimentos subsuperficiales. 58 y 59
69. Relación entre el índice de vacíos y el diámetro promedio gráfico en los sedimentos subsuperficiales. 59 y 60
70. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) contenido de agua, W; b) límite líquido; c) límite plástico; y d) índice de plasticidad; en los sedimentos subsuperficiales. 60 y 61
71. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de los índices de: a) fluidez,  $F_c$ ; b) tenacidad,  $T_c$ ; c) liquidez, B; y d) actividad,  $A_c$ ; en los sedimentos subsuperficiales. 61 y 62
72. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del: a) contenido de arcilla; b) diámetro promedio gráfico; y c) relación entre el diámetro promedio gráfico y el índice de plasticidad; en los sedimentos subsuperficiales. 62 y 63
73. Relación entre: a) los límites líquido y plástico; y b) el límite líquido y el índice de plasticidad (carta de plasticidad); en los sedimentos subsuperficiales. 63 y 64
74. Relación entre el diámetro promedio gráfico y los límites plástico y líquido; en los sedimentos subsuperficiales. 64 y 65
75. Curvas de distribución acumulativa y de frecuencia de los esfuerzos: a) al corte tangencial,  $T_t$ ; y b) compresivo,  $25 \leq P_c \leq 350 \text{ gr/cm}^2$ . 65 y 66
76. a) curvas de distribución acumulativa y de frecuencia del esfuerzo compresivo,  $P_c \geq 750 \text{ gr/cm}^2$ ; b) relación entre la cohesión,  $c \leq 170 \text{ gr/cm}^2$ , y la porosidad; y c) relación entre la cohesión,  $400 \leq c \leq 630$ , y la porosidad. 65 y 66

77. Clasificación mineralógica de la fracción arenosa de los sedimentos deltáicos superficiales, según el criterio de Folk (1968). 69 y 70
78. Relación entre el Eh y el pH del agua intersticial en los sedimentos deltáicos superficiales. 72 y 73
79. Relación entre el contenido de carbón orgánico en los sedimentos deltáicos superficiales y el potencial de óxido-reducción del agua intersticial. 72 y 73
80. Localización de las secciones sísmicas (3.5 KHz), obtenidas en el delta submarino del Río Balsas. 73 y 74
81. Sección sísmica 1, paralela a la coordenada 102° 00'W, comprendida entre las marcas 0 y 6 de control terrestre, a partir de los 18° 00'N. 73 y 74
82. Sección sísmica 6, paralela a la coordenada 102° 25' W, a partir de la latitud 18° 47'N, limitada por las marcas 46 y 50 de control terrestre. 74 y 75
83. Sección sísmica 7, obtenida a los 109° 24' W, orientada hacia el S, y comprendida entre las marcas 54 y 57 de control terrestre. 74 y 75
84. Sección sísmica 8', dispuesta en el meridiano 102° 22' W, entre las marcas 72 y 77 de control terrestre. 75 y 76
85. Sección sísmica 12, correspondiente al meridiano 102° 19'W y controlada por las marcas 101 a 104 de control terrestre. 75 y 76
86. Sección sísmica 17, obtenida en el meridiano 102° 14' W y controlada por la marca 140 de control terrestre. 75 y 76
87. Sección sísmica 21, paralela al meridiano 102° 10' W, orientada hacia el S y controlada por las marcas 173-176. 76 y 77
88. Sección sísmica 27, concordante en parte con la latitud 102° 04' W; se orienta hacia el SW hasta los 102° 05' y controla mediante las marcas 220 y 222. 77 y 78
89. Sección sísmica 29, próxima a la latitud 102° 03', orientada hacia el S y comprendida entre las marcas 238 y 240 de control terrestre. 77 y 78
90. Sección sísmica 32, cercana al meridiano 101° 59'W y se controla mediante la marca 274. 78 y 79
91. Mapa de localización de las fallas o fracturas, en el delta submarino del Río Balsas. 78 y 79

92. Modificaciones verticales de las propiedades texturales y geotécnicas en el Núcleo 10. 93 y 94
93. Modificaciones verticales de las propiedades texturales y geotécnicas en el Núcleo 31. 93 y 94
94. Modificaciones verticales de las propiedades texturales y geotécnicas en el Núcleo 55. 93 y 94
95. Modificaciones verticales de las propiedades texturales y geotécnicas en el Núcleo 108. 93 y 94
96. Fotografía del núcleo 10 (140-160). 95 y 96
97. Fotografía del núcleo 31 (0-20). 96 y 97
98. Fotografía del núcleo 54 (50-70). 97 y 98
99. Fotografía del núcleo 55 (110-130). 98 y 99
100. Modificaciones verticales de las propiedades texturales y geotécnicas en el Núcleo 11. 98 y 99

## MORFOSEDIMENTOLOGIA DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

### RESUMEN

La investigación concerniente con la morfología del delta submarino del Río Balsas, particularmente con el sistema de cañones submarinos que lo caracterizan, y con los sedimentos que forman al fondo y subfondo deltáicos, se realizó mediante el apoyo económico del CONACyT haciendo uso del B/O El Puma de la UNAM y consistió en la obtención de 32 perfiles oceanográficos de batimetría y sismología de escasa penetración, dispuestos sensiblemente N-S y separados 1.0 m.n. entre sí, utilizando el perfilador sísmico (10 KW), instalado a bordo, a frecuencia de 3.5 KHz y pulsos de 0.1 ms. El posicionamiento del buque se logró mediante el uso de equipos dinámicos (Trisponder) y de satélite. El muestro de los sedimentos superficiales y subsuperficiales se efectuó con dragas de almeja, en las áreas someras de la plataforma, y de nucleadores de gravedad, en las zonas profundas.

La información geológico-oceanográfica así obtenida fue procesada en el Laboratorio de Geología Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Geología, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El Río Balsas es el elemento principal de un complejo y vasto sistema que, en conjunto, forma una unidad geográfica con caracteres de muy diferente índole entre los que destaca la planicie aluvial formada en su confluencia con el Océano Pacífico y desarrollada sobre el margen continental; la configuración de esa planicie es lobulada y su estructura deltáica, en una costa caracterizada por importante actividad tectónica y por tener muy próximo al litoral el parteaguas de la Sierra Madre del Sur.

El delta progradó sobre la plataforma continental por el desarrollo de cuatro canales distributarios, con el depósito de arenas y gravas en las proximidades de sus desembocaduras y de limos y arcillas en la plataforma y el talud continental, formando secuencias sedimentarias prodeltáicas frontales y dorsales.

Como resultado del carácter tectónico de la costa en la que se emplaza y de los procesos externos a que está sometida, la zona costera es angosta y ha recibido gran aporte de sedimentos desde el Cenozoico; la planicie deltáica submarina se acrecentó y progradó particularmente desde la estabilización del mar en su nivel actual, hasta el año 1974; las condiciones morfodinámicas cambiaron y el desarrollo deltáico se invirtió variando de ser deposicional a degradante debido a la disminución de su caudal fluvial y al abandono de los depocentros originales. Se propició artificialmente el predominio de los efectos erosivos del oleaje, la marea y las corrientes oceánicas.

La plataforma continental es más angosta y somera que el promedio mundial y sus dimensiones se han modificado en los últimos 22 años. Frente a la Punta Las Peñas, extremo noroeste del delta, su amplitud ha disminuido de 19 a 10 Km y en la Punta Peñitas, su límite sureste, la anchura actual es de 900 m. El borde de la plataforma se determinó a profundidades de 120 a 150 m, con gradiente comprendido entre 21° y 3°. Esta región submarina se une a la del talud continental con cambios morfológicos relacionados con fracturamientos y erosión remontante.

El talud continental se inclina hacia la llanura abisal, con gradiente de hasta 15° y valor medio de 6°. Su extensión superficial se afecta por varias incisiones que la dividen, desarrolladas sobre la plataforma y el talud continental llegando unas hasta la trinchera, y por hondonadas y lomeríos. Aquellas son, al menos, siete cañones submarinos y constituyen los rasgos morfométricos dominantes; los de mayor extensión e importancia son La Necesidad y Petacalco.

Los estudios batimétricos y sísmicos de reflexión, mostraron varios procesos tectónicos, sedimentarios y erosivos, habiendo sido posible la identificación, aunque parcial, del control estructural del delta submarino y la subdivisión de éste en cinco subprovincias morfosedimentarias.

El desarrollo reciente del delta submarino ha estado normado por los procesos de fracturamiento, deslizamientos lentos de grandes masas de sedimentos, la formación penecontemporánea de los cañones submarinos y el retroceso del talud continental. Se han reactivado y conformando antiguos valles o cañones submarinos que, por el ascenso post holocénico del nivel marino, quedaron alejados del litoral e inactivos; estos rasgos morfométricos no habían sido reportados y en esta investigación se les han nombrado como Eréndira, Playa Azul y Calabazas desarrollado éste preferentemente en el talud continental e incidente en la plataforma continental exterior.

El patrón estructural de fracturas corticales se manifestó en las inflexiones axiales en los cañones Petacalco y La Necesidad. Fracturamientos dispuestos hacia el NW-SE y SW-NE, interceptados en ángulos cercanos a los 90°, han conferido características meándricas al eje del Cañón Playa Azul y norman al Cañón Burras y al talud continental aledaño, definiendo lomeríos de 200 a 300 m de altura, asimétricos y separados entre sí por depresiones orientadas al E-W.

Los procesos de abrasión, relacionados con estadios prolongados del nivel del mar durante la transgresión marina se tuvieron en la plataforma exterior, a profundidades de 100 m, dando lugar a superficies de nivelación o terrazas marinas casi horizontales, sin relieve y de 2.0 Km de ancho.

Los depósitos sedimentarios de la planicie aluvial submarina se consideraron como sigue: 1) secuencias de estratos paralelos entre sí, bien definidos, de espesor variable que se inclinan y adelgazan hacia el S, ocasionalmente fracturados y con signos de compactación diferencial, correspondientes a la facies prodeltática superficial, yacen sobre una antigua superficie de erosión de la plataforma, con rasgos topográficos labrados en condiciones subaéreas; y 2) sedimentos colapsados, acústicamente amorfos, característicos de los flujos gravitacionales de lodos, deslizamientos gravitacionales de masas y corrientes de turbidez, depositados frecuentemente en el piso y los flancos de los cañones submarinos, en condiciones de flocculación y relacionados con los procesos de tixotropía o licuefacción.

La característica textural más conspicua de los sedimentos fue su naturaleza lodosa. Se les clasificó en siete grupos texturales y formaron depósitos no consolidados de mezclas sedimentarias no homogéneas comprendidas desde las arenas y arcillas a las arcillas limosas y los limos arcillosos, siendo escasas las primeras y abundantes los últimos.

En los sedimentos superficiales el limo fue el componente granulométrico dominante en el 71% de los sedimentos; la arena y la arcilla lo fueron en el 17 y 12%, respectivamente. El contenido de arena varió ampliamente desde casi cero hasta 92%; el del limo osciló entre 4 y 75% y el de la arcilla de 2 a 62%. El diámetro promedio gráfico del conjunto,  $M_z$ , fluctuó entre 2.87 y 8.62  $\phi$ , con media aritmética igual a 6.62  $\phi$ , equivalente al limo de grano fino. La distribución de frecuencia fue muy asimétrica hacia los granos gruesos, mesocúrtica y muy mal clasificada.

La distribución lateral de los sedimentos arenosos fue esporádica desde el litoral hasta 75 m de profundidad, frente a la Bahía de Petacalco, Playa Azul, Eréndira y Calabazas y puntas Las Peñas y Peñitas. Los materiales limo arenosos se identificaron en lentes pequeños dispuestos a profundidades de 20 a 470 m en la Bahía y Cañón Petacalco y frente a la Barra de San Francisco. Los limos arcillosos fueron los más abundantes, comprendieron casi el 80% de la superficie deltática; las arcillas limosas se distribuyeron a profundidades de 200 a 500 m en gran parte de la planicie.

Por su composición mineralógica, las arenas fueron sedimentos submaduros cuarzo feldespáticos y variaron de cuarzarenitas a arcosas líticas.

Al correlacionar el contenido porcentual de arena, limo y arcilla con el diámetro promedio gráfico del conjunto sedimentario y del grupo textural más abundante, se notó en ambos fuerte correlación positiva con la arcilla (0.90 y 0.94 respectivamente).

En las columnas sedimentarias, el 85% de los sedimentos tuvieron arena en porcentajes inferiores al 10%, solo

en tres muestras fue superior al 50%. Los materiales con porcentajes superiores al 75% de limo o arcilla representaron el 9 y 1% del conjunto. Destacó el dominio de los limos arcillosos, 56%, y de las arcillas limosas, 38%; las arenas limosas y los limos arenosos representaron el 4% de la población.

Por su textura, las columnas sedimentarias fueron clasificadas como: a) muy homogéneas, formadas por limos arcillosos no estratificados; b) homogéneas, constituidas por secuencias limo arcillosas y arcillo limosas, con algunas intercalaciones delgadas de limo o arcilla; c) heterogéneas, formadas por capas limo arcillosas y arcillo limosas, interstratificadas con limos arenosos y arenas limosas; y d) muy heterogéneas, de gran variedad litológica, comprendida desde las arenas limosas y arenas arcillo limosas hasta los limos areno arcillosos y limos arcillo arenosos, intercalados en sedimentos primordialmente arcillo limosos. Las primeras, escasas, se identificaron en los flancos del Cañón Burras. Las segundas, de amplia distribución, en la plataforma y en el talud continental. Las dos últimas, fueron los depósitos colapsados o turbidíticos en los cañones La Necesidad, Petacalco, Burras y Eréndira.

Las relaciones de masa/volumen de los sedimentos superficiales fueron muy similares a las de los subsuperficiales. La densidad húmeda total estuvo comprendida en el rango 1.30 a 1.84  $\text{g}/\text{cm}^3$ ; la porosidad osciló entre 47 y 81%; la densidad específica de sólidos fluctuó desde 2.37 a 3.00  $\text{g}/\text{cm}^3$ ; el peso húmedo total varió de 24 a 62%; y el índice de vacíos fue de 0.90 a 4.30, por lo que el 99% de los sedimentos estuvo sujeto a ceder por tixotropía o licuefacción instantánea.

Los sedimentos con más del 75% de arena, tuvieron los valores altos en la densidad húmeda total,  $\tau > 1.70 \text{ g}/\text{cm}^3$ , y en la densidad específica de sólidos,  $G_s > 2.8 \text{ g}/\text{cm}^3$ ; así como los más bajos en la porosidad,  $n < 56\%$ , y contenido de humedad,  $W < 31\%$ . Las porosidades más elevadas,  $n > 75\%$ , se tuvieron en los limos arcillosos. Los valores intermedios de estos parámetros fueron determinados en las arenas limosas y los limos arenosos.

Los valores anteriores, a excepción del grado de saturación y de la densidad de granos, se incrementaron con la profundidad de sepultamiento; el primero disminuyó gradualmente de 100 a 81% y el segundo fue función directa de la textura de los sedimentos.

Relaciones inversas, cercanas a la unidad, se tuvieron entre la densidad húmeda total y la porosidad, el peso húmedo total y el índice de vacíos. La porosidad mostró relación positiva con la cantidad de agua y el índice de vacíos.

Los sedimentos de grano fino con más del 20% de arcilla, fueron arcillas inorgánicas de alta plasticidad y arcillas orgánicas de plasticidad moderada a alta, con los valores de consistencia siguientes: a) límite líquido: 45-107%; b) índice de plasticidad: 11-67%; c) índice de fluidez: 6-53; d) índice de tenacidad: 0.2-8.0; e) índice de liquidez: 0.2-2.0; y f) actividad coloidal: 0.2-9.0. Los valores mínimos del límite líquido, LL < 50%, y del índice de fluidez,  $F_w < 1.0$ , así como los máximos del índice de plasticidad,  $55\% < IP$ , correspondieron a los limos arcillosos de baja plasticidad.

La resistencia de los sedimentos al esfuerzo cortante,  $T_f$ , fue baja, con el 68% de los valores inferiores a 60  $\text{g}/\text{cm}^2$ ; los materiales más resistentes,  $T_f > 100 \text{ g}/\text{cm}^2$ , fueron primordialmente limos arcillosos compactos, en capas de 30 a 50 cm de espesor aproximado. La relación de  $T_f$  con la profundidad fue directa, con  $r^2 > 0.90$  en el 75% de los núcleos. El esfuerzo compresivo,  $P_c$ , osciló entre 15 y 350  $\text{g}/\text{cm}^2$  en la mayoría de los sedimentos de grano fino. En los materiales arenosos y en algunas arcillas limosas y limos arcillosos varió de 800 a 1250  $\text{g}/\text{cm}^2$ .

La cohesión de los sedimentos limosos y arcillosos osciló entre 10 y 175  $\text{g}/\text{cm}^2$ ; en los arenosos el rango de variación fue de 400 a 625  $\text{g}/\text{cm}^2$ . Su relación con la profundidad de sepultamiento fue directa en el 93% de las columnas sedimentarias y así mismo respecto al  $T_f$ , con  $r^2 > 0.87$  en el 75% de los análisis.

## INTRODUCCION

El Río Balsas, uno de los de mayor importancia ecológica, económica y social en México, vierte su caudal hacia el Océano Pacífico Mexicano y en su curso bajo sirve de límite a los estados de Michoacán y Guerrero (Fig. 1). Se caracteriza por ser de tipo super impuesto, al cortar los principales ejes de las estructuras tectónicas y por haber acrecentado una angosta planicie aluvial subaérea sobre la plataforma continental, también angosta, y el talud continental, en un margen activo caracterizado por una costa de colisión.

En la planicie aluvial submarina hay varios rasgos morfológicos relacionados con: 1) la actividad tectónica regional; 2) los movimientos glacio eustáticos habidos desde el Pleistoceno al Reciente; 3) las migraciones laterales del río; 4) el aporte líquido y sólido fluvial; y 5) la acción del oleaje, la marea y las corrientes marinas. De aquellos, los más distintivos son varios valles submarinos que, por su forma y dimensiones, han podido ser considerados como cañones submarinos (Reimnitz, 1968). Estas formas subacuáticas se tienen principalmente frente a las diferentes desembocaduras adoptadas por el Río Balsas; su origen y evolución se relacionan también con algunas fracturas, algunas de las cuales parecen estar activas, y han sido labradas en sedimentos no consolidados, cohesivos en gran proporción. El basamento es presumiblemente granítico.

Al ser modificado el Río Balsas en su curso medio e inferior por la construcción de las presas El Infiernillo y José María Morelos y Pavón, denominada La Villita (Fig. 2 a,b), se motivó la disminución del aporte sedimentario hacia el ambiente marino, al quedar retenidas las partículas gruesas en los respectivos vasos de captación y se alteró la evolución deltáica de acuerdo a la energía de los agentes modeladores del relieve (Gutiérrez-Estrada, 1971).

Con anterioridad a la construcción de esas presas, la planicie se modificaba naturalmente debido a la interacción de los diversos procesos que influyen en la formación deltáica y que han sido descritos por Coleman (1976); a partir de la construcción de la presa El Infiernillo (Fig. 2 a), se modificaron los procesos actuantes en las desembocaduras La Necesidad, San Francisco o Barra Vieja, y Burras, en relación directa con la magnitud de las alteraciones artificiales de la descarga fluvial. El aporte de sedimentos hacia el delta, en sus porciones subaérea y submarina, disminuyó drásticamente al retenerse, como ya se indicó, las gravas y arenas así como cantidades importantes de limos. Para efectos del equilibrio fluvial y la estabilidad deltáica, el área de la cuenca ha sido intensamente reducida.

La geometría de las bocas fluviales, la distribución de los depósitos arenosos dispuestos frente a ellas y la dinámica del río, están íntimamente relacionadas entre sí por lo que al haberse modificado artificialmente a la boca La Necesidad y cegarse la de

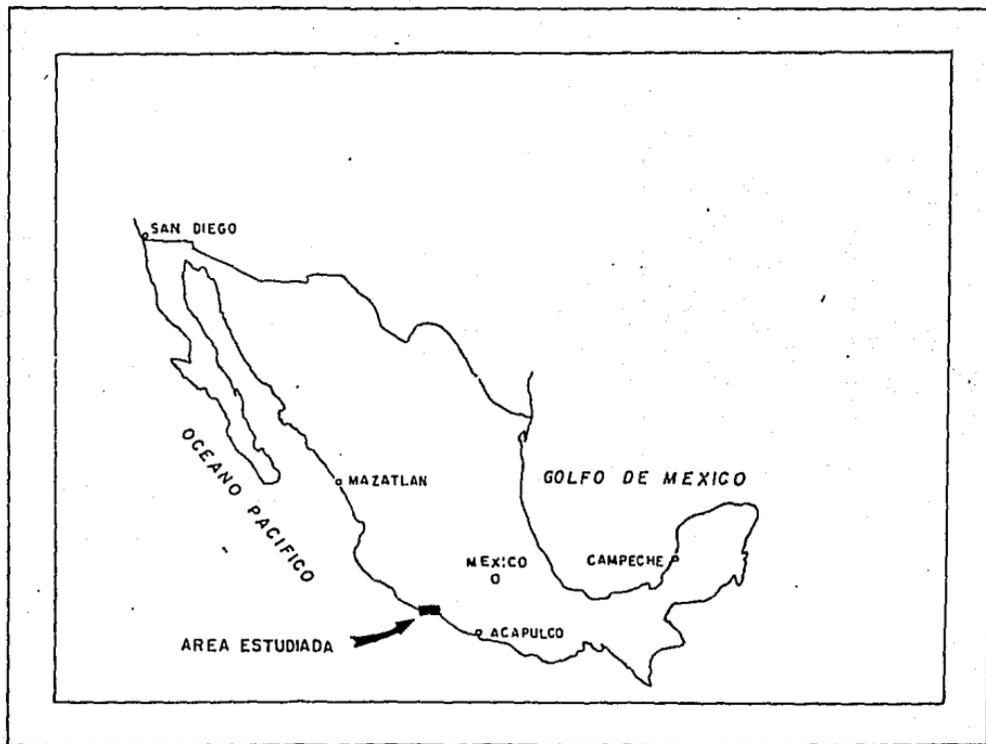


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.



Figura 2a. Fotografía aérea de la Presa El Infiernillo, Mich.



Figura 2b. Fotografía aérea de la presa J. M. Morelos y Pavón.

Burras (Fig. 2 c,d), se modificaron las áreas de diseminación de los materiales que propiciaban la progradación deltáica, con el agravante que el volumen de esos fue reducido apreciablemente y el río no aporta sedimentos de grano grueso desde el año 1968.

Los sucesos que se involucran durante el desarrollo normal de los depósitos deltáicos, señalados por Scruton (1960) y Coleman (1982), han sido alterados, así como los procesos de construcción de las secuencias sedimentarias, en forma semejante a la indicada por Curtis (1986).

De lo anterior se tiene que, desde hace poco más de dos décadas, los procesos marinos erosivos han sido preponderantes y han causado el retroceso de importantes sectores del litoral por la remoción de las arenas de las playas (Fig. 2 e,f) y de las arenas y gravas de la plataforma continental; el oleaje, especialmente el de tormenta, ha sido el agente más activo y energético en la conformación deltáica, habiendo dominado a la acción fluvial.

En la planicie aluvial subaérea esos cambios y los agentes que los ocasionan, son conocidos, habiéndoseles evaluado con relativa facilidad. En la porción submarina del delta, específicamente en las áreas de la plataforma y del talud continental ocupadas por los cañones submarinos se les conoce poco; se sabe que la cabecera de un cañón estaba siendo rellenada (Reimnitz y Gutiérrez-Estrada, 1970), y que en la de otros la erosión remontante causaba rápido retroceso hacia el litoral. Por los cambios morfológicos habidos en el litoral se infiere razonablemente que la erosión en la plataforma y en el talud continental ha continuado actuando.

La erosión del delta involucra varios problemas de ingeniería geológica que comprenden desde la resistencia de los sedimentos y su respuesta a la erosión, a la sedimentación y a las modificaciones diagenéticas, entre las que se distinguen la compactación y la cohesión de las partículas de grano fino (limos y arcillas), hasta los procesos de licuefacción o soliflujión de los sedimentos que provocan deslizamientos y flujos de materiales, con la consecuente inestabilidad de taludes, en los flancos de los cañones, en la plataforma y en el mismo talud continental.

Lo anterior está íntimamente relacionado con el comportamiento de los suelos y así mismo con el ambiente de sedimentación que determina la calidad del material acumulado, con la estratigrafía del depósito y, de acuerdo con Lambert (1982), con la diagénesis de los sedimentos. La conformación de los sedimentos deltáicos por el concurso de los agentes meteorológicos, oceanográficos, sedimentológicos y tectónicos, dá lugar a rasgos morfológicos de gran interés geológico.

La erosión del delta ha continuado y pudiera mantenerse hasta que el relieve haya sido reducido y se adopte un nuevo perfil de equilibrio. De las mediciones y observaciones realizadas en el área deltáica por Gutiérrez-Estrada et al., (1986) y por Montaña-Ley et al., (1988), se tiene que la tasa de erosión es muy importante, al



FIGURA 2c. Vista aérea del litoral e islas Enmedio y Cayacal



Figura 2d. Fotografía aérea de algunos espigones con los que se pretende proteger al litoral deltáico del Río Balsas.



Figura 2e. Vista aérea del Ramal Burras y de la Isla de Enmedio.



Figura 2f. Fotografía aérea de la Barra de San Francisco y de los emanentes de Barra Vieja.

menos, en los sectores centrales del delta. A fin de proteger, al menos, a las zonas central y norte-occidental del litoral deltáico, se han realizado diversas obras de ingeniería consistentes en la construcción de escolleras y espigones (Fig. 2 c, d). Esta medida no ha sido del todo eficaz (Galaviz-Solís y Gutiérrez-Estrada, 1989; Sánchez y Lara, 1989) y los procesos erosivos colocan en posición de riesgo a las instalaciones portuarias e industriales (Fig. 2 e, f).

#### OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

La presente investigación morfosedimentológica en el delta submarino del Río Balsas, tuvo los objetivos siguientes:

1) Conocer el estado actual de las características batimétricas de la región, identificando los rasgos morfológicos distintivos, relacionándolos con las formas sepultadas, con los procesos de erosión y sedimentación que hayan actuado en tiempos recientes, con la naturaleza de los sedimentos que los formen, y con descripciones previas que de ellos se haya hecho; 2) Identificar los rasgos estratigráficos y estructurales de la morfoestructura deltáica; 3) Analizar a los sedimentos superficiales y subsuperficiales, según los criterios sedimentológicos y geotécnicos, a fin de conocer y evaluar los diferentes parámetros que norman al comportamiento de esos materiales; y 4) Contribuir al conocimiento científico de los cañones submarinos y de los ambientes deltáicos, en un margen continental activo, bajo condiciones artificiales en cuanto al régimen fluvial.

Mediante los estudios sedimentológico y geotécnico, se determinaron las variaciones horizontales y verticales de aquellos parámetros estadísticos de importancia en la evolución de la sedimentología y de la morfología deltáica, determinando el significado geológico de medidas tales como el índice de asimetría y la curtosis en las distribuciones de frecuencia.

Para dar cumplimiento a lo anterior se elaboró un programa detallado de estudio que comprendió las etapas de gabinete, de trabajo de mar y de laboratorio. Del 19 de febrero al 4 de marzo de 1986, se efectuó la campaña oceanográfica GEOBAL, a bordo del B/O El Puma, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La estrategia de la investigación partió de las hipótesis de trabajo siguientes: 1) La evolución morfosedimentológica del delta submarino del Río Balsas no puede ser atribuida únicamente a los cambios, naturales o provocados, del régimen hidráulico fluvial; a las fluctuaciones del nivel del mar, periódicas o no; o a los procesos de compactación de los sedimentos. La actividad tectónica ha sido de relevancia en el origen y desarrollo de esa morfoestructura; y 2) La actividad antropogénica ha motivado cambios importantes en la evolución y desarrollo de las secuencias sedimentarias, alterando el equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación naturales. La construcción de presas en el cauce medio y bajo del río a originado la supresión del suministro

de materiales de grano grueso hacia el ámbito marino, con ello el régimen deltáico ha sido modificado de fluvial a marino.

#### GENERALIDADES

Descripción del área. El Río Balsas se origina, según Tamayo (1962), al S de la Cordillera Neovolcánica. Las condiciones estructurales de su cuenca lo ubican en un amplio geosinclinal orientado hacia el EW, que fue obturado en su extremo occidental por materiales ígneos, formándose un amplio vaso lacustre (Tamayo y West, 1964; Consejo de Recursos Naturales No Renovables, 1965; Fries, 1956). Una corriente fluvial se abrió paso en aquellos materiales y utilizando un punto débil cruzó la Sierra Madre del Sur para desaguar en el Océano Pacífico.

La cuenca de este río comprende porciones importantes de las regiones geoeconómicas del Pacífico Sur, Centro-Occidental y Centro-Sur de México, entre los paralelos 17° 00' y 20° 00' de latitud norte y los meridianos 97° 30' y 103° 15' de longitud oeste (Fig. 3). Sus límites son los siguientes: al N el Eje Neovolcánico, desde el Cerro La Malinche hasta los estados de Michoacán y Jalisco; hacia el E, la Sierra Madre de Oaxaca; y al S y W la Sierra Madre del Sur. Orografía que circunda a la depresión Austral o de El Balsas (Fig. 2 g).

La cuenca de drenaje (Fig. 4), tiene una extensión aproximada de 112 320 Km<sup>2</sup> y se caracteriza por ser una región montañosa con pocas superficies planas. El recorrido de la corriente principal es de 771 Km, comprendidos entre la confluencia de los ríos Atoyac y Mixteco en Puebla y la desembocadura fluvial en el Océano Pacífico; sirve como límite natural a los estados de Michoacán y Guerrero, a partir de Ciudad Altamirano, Gro. (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1970 a).

Por su comportamiento tectónico, la costa en la que se ha acrecentado la planicie aluvial del Río Balsas y en la que se ha desarrollado el puerto fluvial Lázaro Cárdenas (Fig. 2 h), es de tipo tectónico de acuerdo a la clasificación de Inman y Nordstrom (1971); por su carácter geomorfológico y genético, puede ser considerada como primaria, debida a movimientos diastróficos, y secundaria, por la acción del mar.

El delta se ubica en la unidad morfotectónica VIII, propuesta por Gutiérrez-Estrada (1972) y Carranza-Edwards et al. (1975), y se sitúa en la región geomórfica denominada Planicie Costera Sudoccidental, dispuesta entre las estribaciones de la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico, desde la Bahía de Banderas, al N, hasta el Río Tehuantepec, hacia el S. Esta posición corresponde con la provincia fisiográfica llamada Planicie Costera del Pacífico por Alvarez (1962) y Raisz (1964) y que se extiende entre los ríos Balsas y Verde de Oaxaca (Zavala, 1979).

El delta ha adoptado la clásica forma triangular y su desarrollo

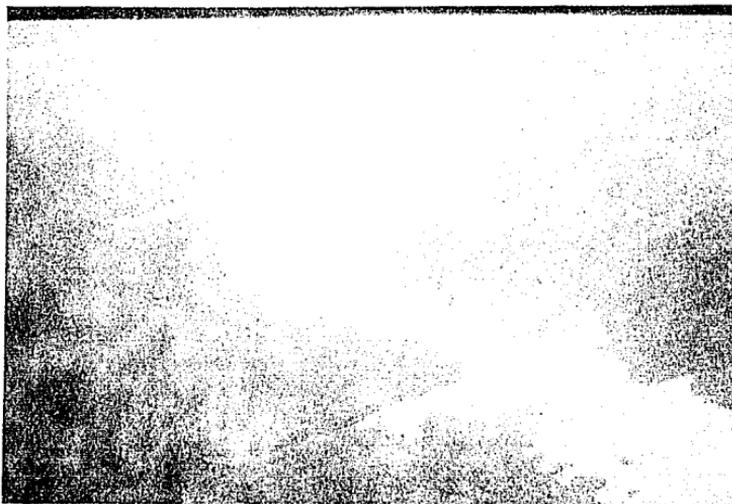


Figura 2g. Panorámica aérea de la Sierra Madre del Sur, aguas arriba de la Presa El Infiernillo.



Figura 2h. Visión aérea hacia el N del puerto Lázaro Cárdenas y de los ramales La Necesidad y Burras.

subaéreo comprende 60 Km<sup>2</sup> aproximadamente. El Océano Pacífico constituye su extremo suroeste y sus límites hacia el NW y SE son los esteros El Manglito y Petacalco, respectivamente, remanentes de los antiguos emplazamientos adoptados por el Río Balsas durante los movimientos laterales a que ha estado sometido. Como límites extremos de la planicie deltáica se tiene, al NW, a la Punta Las Peñas o Las Piedras y hacia el SE a la Punta Peñitas (Figs. 21 y 5). El delta submarino de este río tiene su desarrollo principalmente en la plataforma y en el talud continental de Michoacán y Guerrero, entre las coordenadas 17° 45'.0 , 18° 00'.0 de latitud norte y 102° 00'.0 , 102° 30'.0 de longitud oeste.

Por los movimientos corticales verticales y por los efectos glacio-eustáticos del Pleistoceno al Reciente, hay frecuentes rasgos morfológicos de deposición y erosión marina en el litoral y en la planicie costera como, por ejemplo, en Playa Azul. Con relación a los sismos de Septiembre de 1985, se originaron desplazamientos verticales en el área deltáica (Corona-Esquivel et al., 1986; Anderson et al., 1985).

#### Datos oceanográficos.

Las mareas son mixtas y semi diurnas, con rangos promedio y máximo de 28 y 65 cm, respectivamente (Brand, 1958; Instituto de Geofísica, 1988). Las amplitudes máximas de hasta 82 cm, fueron registradas por Sánchez y Lara (1989) durante el mes de agosto del mismo año. La energía del oleaje frente al área de estudio varía de moderada a alta, superando probablemente al valor medio de 10 erg/seg, propuesto por Coleman (1976) para el Delta del Río Nilo.

La acción del oleaje es estacional, con huracanes y ciclones durante los meses de mayo a octubre (Fernández y Sánchez, 1989) y Secretaría de Programación y Presupuesto (1979) La incidencia de estas perturbaciones meteorológicas en el litoral Pacífico ha sido intensa . Entre los años 1960 y 1985, se tuvieron 161, de las cuales en la zona de estudio incidieron las siguientes: Tara, 11 y 12 de noviembre, 1961; Agatha, 21 a 24 mayo, 1971; Berenice, 19 a 23 junio, 1973; Madeline, 28 septiembre a 8 octubre, 1976; Andrés, 31 mayo a 4 junio, 1979; y Odile, 17 a 22 septiembre, 1984. La frecuencia anual de oleaje ciclónico, con período de 14 segundos ha sido la siguiente: 24%, procedente del W; 13% del S; y 10% del SW (Secretaría de Marina, 1954). La velocidad máxima inducida durante el ciclón Odile ( con período y altura del oleaje de 14 segundos y 7.90 m de altura, respectivamente), fue de 3.64 m/seg (Fernández y Sánchez, 1989). Oleaje del SE, con período de 12 a 14 segundos fue observado por Gutiérrez-Estrada (1969). La altura del oleaje varía de 2 a 8 m y es función del tipo de oleaje, de la configuración del litoral, del relieve submarino y de las estructuras artificiales (Gutiérrez-Estrada et al., 1987; Montañón-Ley et al., 1988). La alternancia de grupos de olas altas y bajas motiva oleaje oscilante en la zona de rompiente (Munk, 1949). La sobre elevación del nivel del mar motivada por la marea astronómica ha sido de 54 cm durante los meses de mayor actividad ciclónica (Sánchez y Lara, 1989).

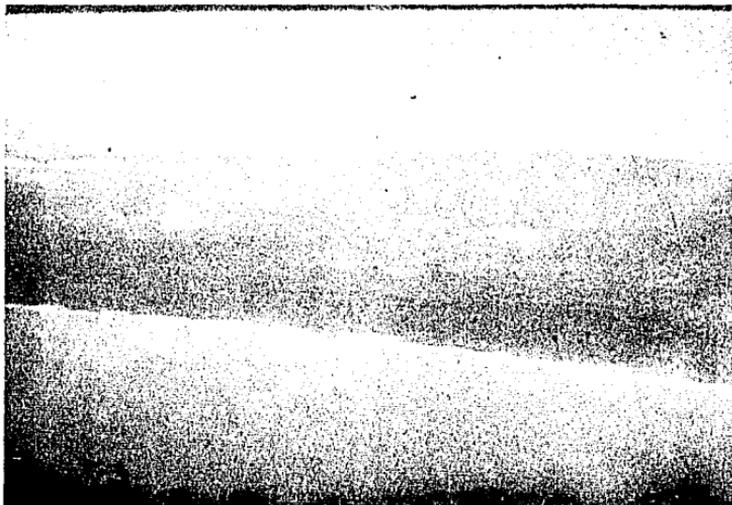


Figura 2i. Vista aérea de Punta Las Piedras, Guerrero, extremo sureste del Delta del Río Balsas.



Figura 2j. Fotografía aérea de Punta Las Peñas, Michoacán, extremo noroeste del Delta del Río Balsas.

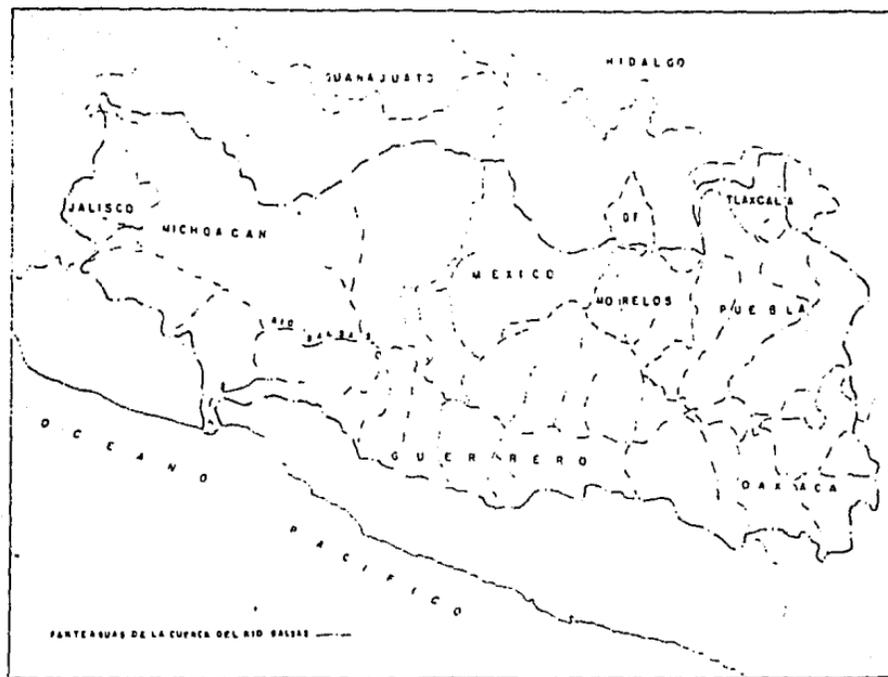


FIGURA 3. REGIONES GEOECONOMICAS EN LA CUENCA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

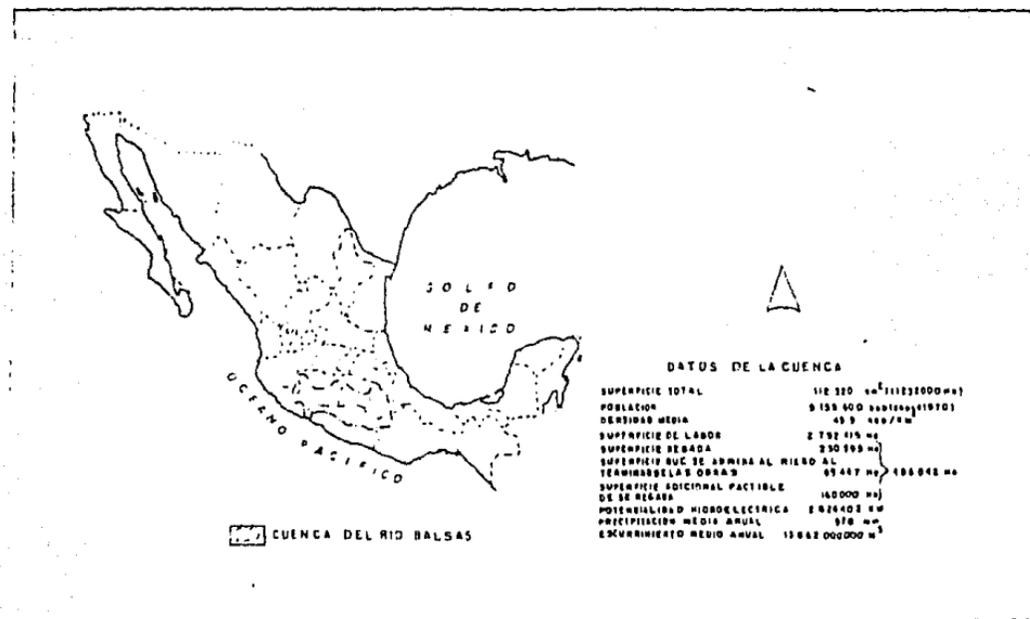


FIGURA 4. CUENCA DE DRENAGE DEL RIO BALSAS.

Aún cuando la trayectoria de las tormentas tropicales se aleje de del continente y no incida en el litoral, la acción del oleaje originado es de interés en el desarrollo de las formas costeras mediante los procesos de erosión, transporte y depósito.

De acuerdo con Shepard (1973), el mantenimiento y conservación de las playas así como el efecto de las obras de ingeniería civil construídas en ellas y en los puertos debe ser interpretado a través del conocimiento firme de los mecanismos del oleaje y de las condiciones hidráulicas de las corrientes.

Considerando las mediciones realizadas por Sánchez y Lara (1989) frente a la entrada del puerto, se tiene que la corriente de superficie y fondo (5.0 m) es hacia el NE, fluyendo preferentemente hacia la Bahía de Petacalco y el balance anual del transporte del litoral frente al puerto Lázaro Cárdenas es de aproximadamente 238 146 m<sup>3</sup>/año (Sánchez-Lara, 1989). Lo anterior confirma las observaciones de Reimnitz (1968) y Reimnitz y Gutiérrez-Estrada (1970), efectuadas durante los meses de abril a mayo de 1967, mediante el uso de trazadores fluorescentes a profundidades de 10 m en las inmediaciones de los cañones La Necesidad y Petacalco.

Las observaciones de Brand (1958) indican que el desplazamiento de las corrientes de litoral es hacia el NW durante el verano; no se tiene conocimiento del lugar preciso de las mediciones y se estima que su información pueda estar relacionada con las corrientes de retorno, frecuentes en la región en especial frente a las puntas Cayacal y Burras.

Las inflexiones del litoral modifican localmente, por convergencia y divergencia, la incidencia del oleaje en el litoral por lo que se originan corrientes paralelas al litoral, con desplazamiento opuesto entre sí, y perpendiculares a ése dando lugar a la formación a las corrientes de retorno mencionadas en el párrafo anterior.

#### ANTECEDENTES

El delta del Río Balsas ha sido estudiado desde el siglo pasado con fines de navegación y por la riqueza mineral de la zona. Se han elaborado programas que incluyen desde el proyecto de un canal navegable que comunicara la desembocadura fluvial con el centro del país, hasta la construcción de las presas El Infiernillo y La Villita con fines de generación de energía eléctrica (Fig. 2 a,b), la planta siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, fábricas de cemento para aprovechar la roca calcárea de la región, un puerto fluvio-marítimo y un ramal de los Ferrocarriles Nacionales de México hacia la costa de Guerrero y Michoacán, para complementar el sistema de comunicación terrestre.

Los estudios realizados desde 1926 en la desembocadura del río han sido compilados por la Secretaría de Marina (1963) y comprenden aquellos cuyos objetivos fueron determinar las posibilidades de navegación fluvial y el emplazamiento de un puerto en la fosa de

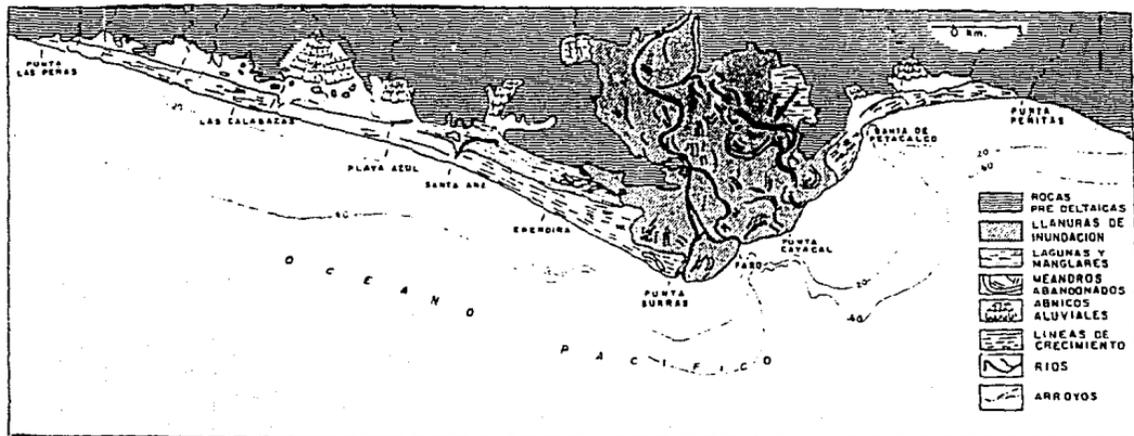


FIGURA 5. DELTA SUBAEREO DEL RIO BALSAS.

Petalcalco, descrita por Martín (1938). El levantamiento topohidrográfico de la zona frontal al Estero El Pichi y el primer análisis del oleaje y del régimen costero fueron realizados por la Secretaría de Marina en 1954, habiéndose determinado la localización aproximada del futuro puerto en la "ensenada" de Petalcalco. Las investigaciones geológicas e hidroeléctricas de la cuenca fluvial fueron iniciadas por Herrera y Alvarez (1954) y la elaboración del primer mapa topográfico de la cuenca de la cuenca fue elaborado por Veytia (1956) analizando además las características geológicas y económicas de los yacimientos de cobre alojados en ella.

Brand (1958), publicó un estudio de la costa suroeste de México, incluyendo el análisis mineralógico de las arenas de Michoacán. Tamayo (1962), en su investigación geográfica de México, incluyó algunas observaciones referentes al Río Balsas.

La Secretaría de Marina efectuó una serie de estudios físicos en la zona del bajo Río Balsas (1963) e hidráulicos del canal de navegación (1964 a,b). Asimismo, desarrolló un modelo reducido del río (1965 a,b) y efectuó sondeos geológicos en el eje del canal principal (1965 c).

Yañez (1965), hizo el reconocimiento morfológico preliminar del delta subaéreo, con el propósito de ratificar o apoyar las propuestas de la Secretaría de Marina.

La primera fotointerpretación del delta subaéreo del Río Balsas fue elaborada por Guerra-Peña en 1966, habiendo sido publicada por L'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs.

El estudio de los procesos y origen de los cañones submarinos del Río Balsas fue realizado en 1967, por el Instituto de Geología de la UNAM (Reimnitz, 1968; Gutiérrez-Estrada, 1971). Esta institución, en coordinación con el U. S. Geological Survey, realizaron el estudio de las zonas de rizaduras, relacionándolas con la circulación costera (Reimnitz et al., 1975).

El estudio del régimen fluvial del Río Balsas, así como de la geología regional entre las poblaciones Mezcala y Ciudad Altamirano, fue hecho en 1970 por Pantoja-Alor, del Instituto de Geología de la UNAM.

La existencia de los valles submarinos y su importancia como vías de flujo de sedimentos hacia las cuencas oceánicas, ha sido conocida desde hace más de un siglo. De los diferentes tipos de valles submarinos se tiene a los cañones submarinos, ya descritos por varios autores, entre los que destacan los siguientes: Davidson (1887); Dana (1890); Le Compte (1891); Milne (1897); Spencer (1898); Davis (1934); Daly (1936); Statson (1936); Revelle y Shepard (1939); Boucart (1950); Shepard (1951, 1966, 1967, 1973); Shepard y Emery (1941); Shepard, Nino y Chamberlain (1964); Shepard y Dill (1966); Martín y Emery (1967); Normak y Curray (1968); Shepard et al. (1969); Dill (1969); Dillon y Zimmerman (1970);

Warme et al. (1971); Reimnitz (1971); Bouma et al. (1985); Ferentinos et al. (1985); y Gardner y Karl (1986).

Los sedimentos yacientes en los márgenes continentales pasivos o activos, han sido estudiados como un intento por identificar la relación existente entre los procesos tectónicos y los sedimentológicos (Winkler y Edward, 1983; Hubbard et al., 1985). La asociación entre las propiedades físicas de los sedimentos y los procesos activos en el talud y en la trinchera mesoamericana, ha sido estimada por Taylor y Bryant (1985); Shepard (1981) relacionó a aquellas propiedades con el patrón de subducción cortical. A la fecha es escasa la información relacionada con estos tópicos, aplicados a los sedimentos de cañones submarinos situados en márgenes continentales activos.

El campo de la geotécnica marina concierne esencialmente, de acuerdo con Keller y Bennett (1970), a las propiedades físicas de masa de los sedimentos y a su correspondencia con la aplicación de fuerzas dinámicas o estáticas. Los estudios realizados por Hamilton y Menard (1956) y por Richards (1961, 1962), han sido contribuciones importantes para el uso de las técnicas utilizadas en el análisis de las propiedades mecánicas de los suelos, para el estudio geotécnico de los depósitos sedimentarios marinos; tópico de investigación que aporta información útil para el entendimiento de problemas relacionados con la estabilidad de taludes, flujos de masa y diagénesis de los sedimentos (Dingle y Robson (1985).

Aún es escaso el conocimiento geotécnico marino obtenido del análisis de sedimentos profundos. Importantes avances se han tenido con los estudios de Hamilton y Menard (1956); Fisk y McClelland (1959); Nafe y Drake (1957); Moore (1962); Keller (1967); Richards (1961, 1962); Richards y Keller (1967); Morgenstern (1967); Hamilton (1969); Bennett et al. (1970); Keller y Bennett (1970); Bennett y Lambert (1971); Beard y Weyl (1973); Boyce (1973); Both (1979); Bryant et al. (1981); Fass (1982); Gutiérrez-Estrada y Salisbury (1983); Taylor y Bryant (1985); Lambert et al. (1985); Gutiérrez-Estrada et al. (1988); y Gutiérrez-Estrada y Galaviz-Solis (1989).

Los límites de Atterberg, de consistencia o plasticidad, proporcionan las bases para una clasificación sencilla y efectiva de los sedimentos no consolidados (Keller y Bennett, 1970). Estos límites se relacionan básicamente con el contenido de agua requerido para que el estado del sedimento cambie de semi sólido a plástico y de éste a líquido. La obtención de los límites de plasticidad, de liquidez, de tenacidad y de fluidez, permite relacionar a los materiales con ambientes de depósito y con los mecanismos físicos de sedimentación y su respuesta a los de erosión.

El interés del Gobierno Federal por el cabal aprovechamiento de la Cuenca del Río Balsas de acuerdo al potencial económico de la región, motivó que en el año 1960 se creara, por decreto del

Congreso de la Unión, la Comisión del Río Balsas, organismo técnico y administrativo que desde el inicio de sus actividades en 1962 se ha avocado principalmente a la realización de obras de ingeniería hidráulica, industrial y de comunicación. Para tal efecto se ha coordinado con diversas Secretarías de Estado, entre las que cabe citar a las de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Hacienda y Crédito Público, Presidencia, y Patrimonio Nacional. De los organismos descentralizados del estado con los que se ha vinculado se tiene a la Universidad Nacional Autónoma de México, por medio de sus institutos de Geología y de Ciencias del Mar y Limnología.

Un factor de primordial importancia en el desarrollo económico y social de la cuenca ha sido la construcción a partir de 1964, de aproximadamente 85 presas almacenadoras, derivadoras y de uso múltiple; de éstas destacan las presas El Infiernillo y José María Morelos y Pavón (La Villita) (Fig. 2 a,b), construidas en las porciones baja y media del Río Balsas y distantes 13 y 73 Km, respectivamente, de la desembocadura fluvial.

La presa El Infiernillo (Fig.2 a), fue inaugurada en 1966, su capacidad de generación eléctrica es de 672 000 Kw; forma un embalse de 120 Km de longitud y ocupa un área de 40 000 Ha; el volumen de almacenamiento máximo es de  $12\ 000 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

La construcción de la presa La Villita (Fig. 2 b), se inició en 1964 y finalizó en 1968; el volumen de agua acumulado,  $710 \times 10^6 \text{ m}^3$ , permite el riego de 18 000 Ha de la zona costera de Guerrero y Michoacán y la generación de energía en una planta hidroeléctrica de 304 000 Kw de capacidad que abastece a la planta siderúrgica establecida en Las Truchas. La cortina de la presa y el puente sobre el vertedor permiten el paso de la carretera costera del Pacífico y de igual forma del ramal a la costa de Guerrero del Ferrocarril al puerto Lázaro Cárdenas, construido en la desembocadura del Río Balsas por la Secretaría de Marina (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1970).

El aprovechamiento hidráulico de la cuenca del Río Balsas ha motivado variaciones substanciales en el régimen fluvial. Las presas han suspendido, por retención, los aportes de materiales sólidos hacia el ambiente marino. En 1961 el aforo de sedimentos aportados por el río fue de  $38\ 708\ 800 \text{ m}^3$  (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1970 a); actualmente se desconoce su magnitud pero es bien sabido que el vaso de las presas ha modificado ampliamente su capacidad por la importante acumulación sedimentaria que ha permitido. Sería deseable realizar estudios tendientes a conocer los aforos actuales y el grado de sedimentación alcanzado en cada cuenca receptora.

Del análisis de la información existente, se sabe que el litoral deltáico se acrecentaba paulatinamente (Ortiz-Pérez, 1985); su conducta se modificó al iniciarse las contrucciones civiles en las porciones media e inferior del río, habiéndose tornado regresivo por erosión, con la desventaja que las medidas adoptadas para mitigar ese proceso no han sido del todo favorables.

La acción erosiva se presenta también por los flujos extremos que se motivan por el control artificial que se ejerce mediante el manejo de las presas durante las épocas de intensa lluvia cuando se prevee un gasto máximo de hasta 13 800 m<sup>3</sup> en los vertedores, con lo que se motivarían corrientes erosivas con velocidad superior a 3.0 nudos (1.50 m<sup>3</sup>/seg). Las velocidades promedio calculadas por la Dirección General de Obras Marítimas (Sánchez y Lara, 1989), son del orden de 0.76 m<sup>3</sup>/seg, aprovechando un canal que restableciera las condiciones hidráulicas del ramal de San Francisco y que no ha sido construido.

De las industrias en cuya promoción e instalación ha participado la Comisión del Río Balsas, se tiene a las del aprovechamiento del cobre en una planta en el Medio Balsas, así como fábricas de cemento en la región de La Villita, plantas extractoras de aceite y esenciales de cítricos y de beneficio de la copra, cooperativas pesqueras y plantas productoras de harina de pescado en la desembocadura fluvial.

Conforme al acuerdo presidencial de octubre 1968, se constituyó la empresa de participación estatal denominada Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas (SICARTSA). La construcción de las instalaciones fue autorizada por el presidente de la república en 1971, con una inversión de 6 200 millones de pesos. El proyecto incluyó a: 1) el complejo siderúrgico Lázaro Cárdenas-Las Truchas; 2) la nueva ciudad Lázaro Cárdenas, planeada para 250 000 habitantes para fines de siglo; y 3) el puerto marítimo Lázaro Cárdenas con capacidad para recibir embarcaciones de hasta 80 000 toneladas.

La planta siderúrgica está instalada entre el puerto y los depósitos minerales a 20 Km del yacimiento Las Truchas cuyo mineral, con 50% de hierro, se encuentra en Ferrotepec, El Volcán, El Mango, Acalpican y la Guayabera, en el estado de Michoacán, y en Plutón y Tibor, en Guerrero. Las reservas positivas probables llegan a 172 millones de toneladas, suficientes hasta 1996. Las actividades de este organismo se iniciaron en 1976 y se estima que la producción de SICARTSA sea de 10 millones de toneladas de acero durante el presente año.

De los 240 depósitos de hierro que se conocen en el país, solo nueve se han explorado sistemática y satisfactoriamente, siendo los de Plutón, en el municipio de La Unión, Gro., y Las Truchas, municipio de Lázaro Cárdenas, Mich., los cuales junto a los yacimientos del Cerro del Mercado, en el municipio de Durango, Dgo., representan el 65% de las reservas totales.

La construcción del puerto marítimo Lázaro Cárdenas, en la desembocadura del Río Balsas, fue iniciada en 1975, y forma parte como ha quedado dicho, del proyecto de la planta siderúrgica Lázaro Cárdenas. La inversión prevista en 1971 fue de 253 millones de pesos. Durante las obras se han dragado, en el canal y en la dársena de maniobras, 12 millones de metros cúbicos de sedimentos. Además, se modificó el trazo natural del ramal La Necesidad (cauce

principal del río) y se clausuró permanentemente el ramal de Burras. El canal principal, dragado hasta los 16 m de profundidad, es la vía de acceso al puerto y se comunica directamente con las aguas profundas del cañón submarino de La Necesidad.

A partir de 1984, la Comisión Federal de Electricidad inició una serie de mediciones oceanográficas para determinar la ubicación de una planta termoeléctrica que constará de seis unidades de 350 Mw cada una y que proporcionará agua a temperatura 6°C superior a la natural, con gasto de 102 m<sup>3</sup>/seg. Las características topográficas y batimétricas de la Bahía Petacalco favorecen la instalación de esa planta generadora que aprovechará el gradiente térmico del agua oceánica ya que, según Fernández y Sánchez (1989), a 1.0 Km del litoral hay 200 m de profundidad, con gradiente térmico de 10 a 15 °C .

## MÉTODOS Y EQUIPO DE INVESTIGACION

La investigación oceanográfica del delta submarino se realizó haciendo uso del B/O "El Puma" de la Universidad Nacional Autónoma de México y consistió en la obtención de perfiles batimétricos y sismológicos de escasa penetración, y de muestras de sedimentos superficiales y del subfondo durante la campaña oceanográfica GEOBAL, realizada del 19 de febrero al 4 de marzo de 1986.

La batimetría y la morfología, así como la estratigrafía del subfondo, fueron determinadas mediante la interpretación de los registros continuos obtenidos a lo largo de los perfiles oceanográficos dispuestos desde la Punta Las Peñas, Michoacán, hasta la Punta Piedras, Guerrero, espaciados un minuto de longitud entre sí y orientados sensiblemente hacia el N-S y comprendidos entre los 40 y 1000 m de profundidad (Fig.6). Los métodos y equipos científicos utilizados durante el desarrollo de las siguientes etapas de la investigación, fueron:

### Etapa I. De Gabinete.

Comprendió las actividades que a continuación se citan: 1) establecimiento de la hipótesis de investigación y del programa de trabajo; 2) prospección bibliográfica haciendo uso de las facilidades del Centro de Información Científica y Humanística de la Universidad Nacional Autónoma de México; 3) elaboración del mapa base a escala 1:60 000 y 1:240 000, utilizando el material gráfico de la Secretaría de Marina (1972), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1980), y de Gutiérrez-Estrada (1969); 4) disponer el plan de campaña para hacer uso del B/O El Puma, de acuerdo a los lineamientos del ICMYL para el uso de los buques oceanográficos.

### Etapa II. De Mar.

Ejecución de la campaña oceanográfica Geobal, que comprendió el recorrido, a velocidad aproximada de 8 nudos, obteniéndose los 32 perfiles continuos del fondo y subfondo oceánico (Fig. 6). A continuación se procedió al muestreo de los materiales en 120 estaciones oceanográficas (Fig. 7), determinadas en base a la morfología de la planicie deltáica submarina (Fig. 8).

La navegación y el posicionamiento del buque y de las estaciones oceanográficas de muestreo y observación se realizaron por medio de los sistemas automáticos Plath y de satélite Navsat Magnavox; se utilizaron además un radar Plath con pantalla e impresora y una giroscópica, integrados ambos equipos a un miniprocesador digital Minc con impresora. Se usó así mismo una corredera Plath para el registro de la distancia navegada, que fue igual a 1559 millas náuticas. En forma simultánea se utilizó el sistema dinámico Trisponder, habiendo establecido cuatro puntos de control terrestre, situados respectivamente en la Punta Las Peñas, Playa Azul, barra La Necesidad y Petacalco. Su funcionamiento no fue del todo eficaz en la zona frontal del delta debido, principalmente, al



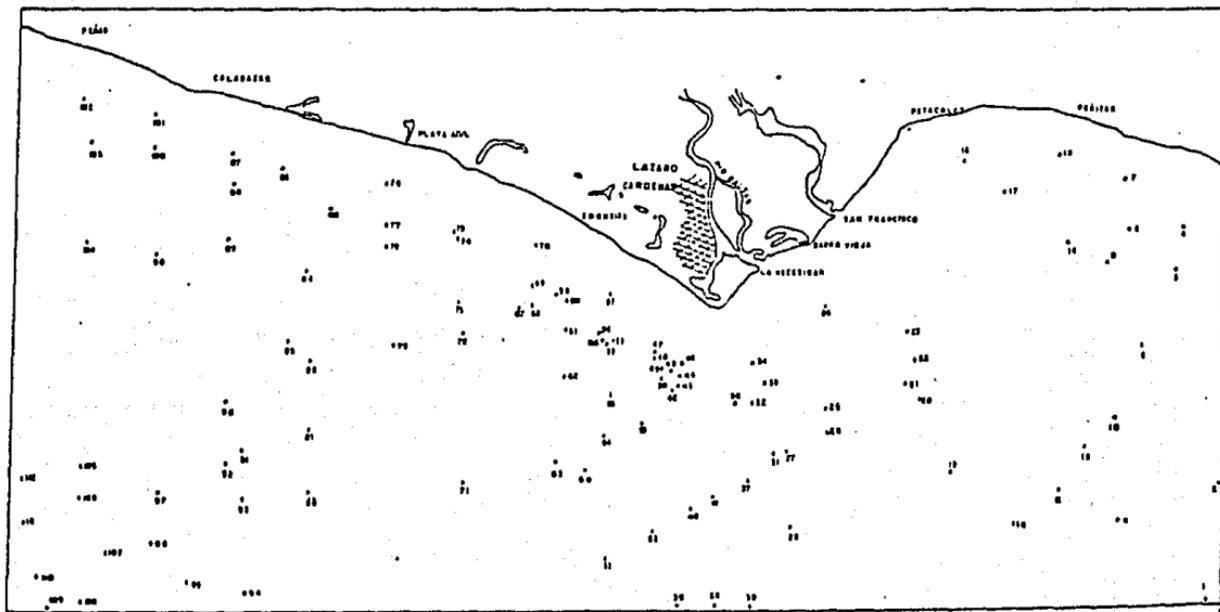


FIGURA 7 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES OCEANOGRAFICAS

grado de contaminación del aire por la actividad industrial, seguido por deficiencias técnicas.

La información morfológica superficial, batimétrica y de geofísica somera, se obtuvo por medio de un perfilador sísmico de fuerte resolución y escasa penetración; utilizado a frecuencias de 3.5 y 7.0 Kh. Se hicieron observaciones eventuales del relieve submarino y del desplazamiento de los equipos de muestreo mediante la pantalla de vídeo del sonar.

El muestreo de los sedimentos superficiales y subsuperficiales se llevó a cabo por medio de dragas de almeja tipos van-Veen y Shipect y de nucleadores de gravedad de 10 cm de diámetro interior y peso variable. La información relativa a cada estación de muestreo (Fig.7), se tiene en las Tablas 1 y 2. Los materiales obtenidos se conservaron en refrigeración, debidamente sellados y rotulados, en bolsas de plástico y en tubos de plástico PVC, a excepción de aquellos utilizados para la determinación del potencial de oxidación-reducción y de la concentración del ión hidrógeno, que fueron procesados a bordo del buque. Al término de la campaña, los sedimentos fueron consignados a los Institutos de Ciencias del Mar y Limnología y de Geología, de la UNAM, para su análisis.

### Etapas III. De Laboratorio.

Se procesó y se corrigió la información proporcionada por los equipos de navegación, usando el método triangular (Emilsson, comunicación personal). El control batimétrico se obtuvo a cada décimo de milla marina y las líneas de igual profundidad se trazaron manualmente por interpolación directa; con la información así obtenida se elaboró el mapa batimétrico de la figura 8.

Los núcleos sedimentarios obtenidos durante la campaña fueron cortados longitudinalmente y pre-procesados según la secuela siguiente: a) descripción megascópica del sedimento según el color, la textura, la estructura y contenido faunístico; b) fotografía de la superficie expuesta del núcleo; c) medición de los esfuerzos cortante y compresivo a intervalos de 10 cm, usando penetrometros y torsímetros; y d) toma de alicuotas para los análisis textural, composicional y geotécnico.

A los sedimentos superficiales extraídos mediante dragas, se les analizó únicamente en cuanto al color, la textura, composición y límites de plasticidad.

Los métodos y equipos de laboratorio utilizados fueron aquellos sugeridos por Stokes (1851), Krumbein (1932), Wadell (1934 a,b), Emery (1938), Krumbein y Pettijohn (1938), Folk (1965), Galehouse (1971), Ingram (1971) y la American Society for Testing Materials (1963), para la textura. Graham (1955) y Nelin (1985), para el análisis mineralógico de las arenas. Cervantes y Monroy (1987) y Nwachukwu y Chukwura (1986), para la determinación del contenido de materia orgánica en los sedimentos, en términos de carbón orgánico. Casagrande (1932, 1948), American Society of Testing Materials

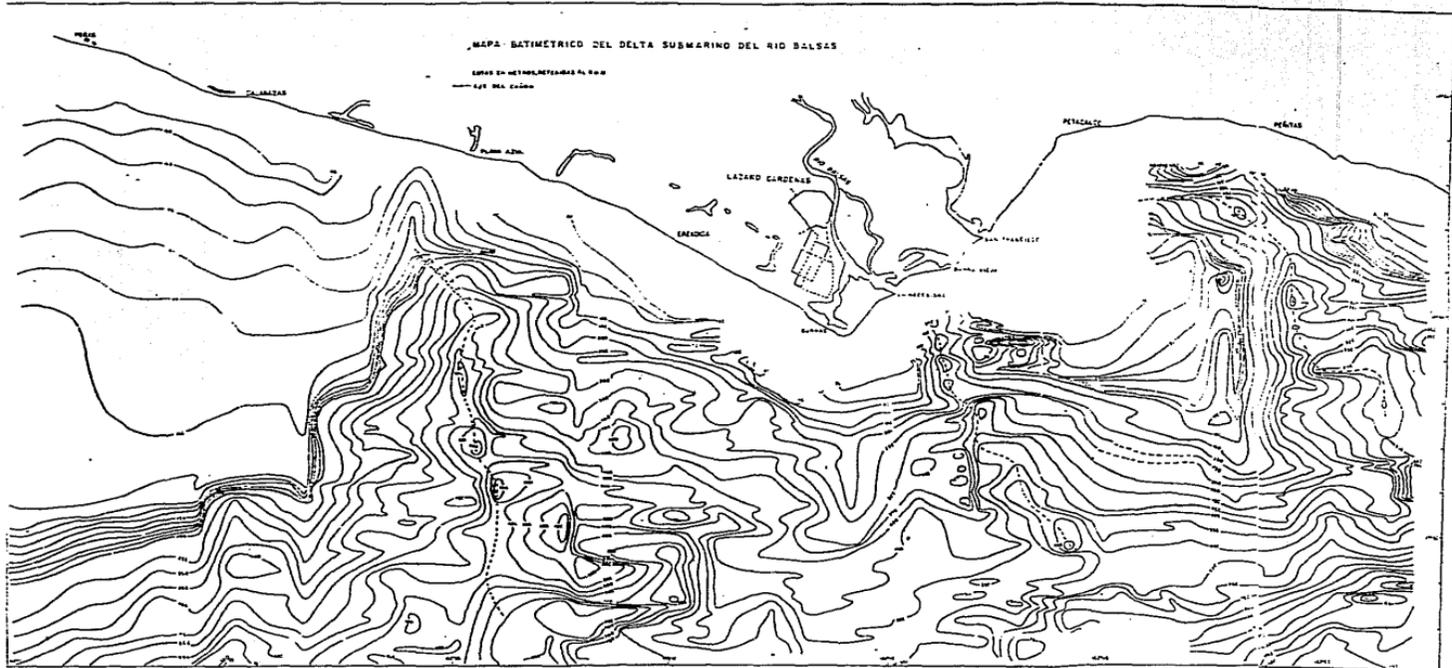


FIGURA 8 BATIMETRÍA DEL DELTA DEL RIO BALSAS

(1958), Richards (1961, 1962), Hamilton (1969), Keller y Bennett (1970), Secretaría de Recursos Hidráulicos (1970 b), Boyce (1973), Juarez-Badillo y Rico-Rodríguez (1975), para el análisis geotécnico

#### Etapa IV. De Gabinete.

Durante la interpretación de la información de campo y la obtenida en el laboratorio, se procedió como a continuación se indica: El derrotero del buque y la posición de las estaciones oceanográficas se consignaron en mapas base elaborados a diversas escalas, haciendo uso de la información proporcionada por Fernández-Eguiarte del Laboratorio de Oceanografía Física del ICMyL, (comunicación personal), Reimnitz et al (1975), Secretaría de Marina (1976), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1980). El posicionamiento obtenido mediante el uso de los métodos dinámico y de satélite, aunados al uso ocasional del sextante de ángulos horizontales, fue sometido a un análisis sistemático y estricto a fin de evitar en lo posible el uso de ubicaciones erróneas, habiéndose cancelado el 3%, aproximadamente, de la información.

La calidad (consistencia) obtenida en la posición de cada perfil y estación fue consistente, aún cuando el método de campo aplicado fue diferente (satélite en la totalidad del área, dinámico entre la Punta Las Peñas y Santa Ana y desde Petacalco a Punta Piedras, sextante entre Eréndira y Petacalco). La precisión en el posicionamiento fue de media milla. La calidad (consistencia) obtenida en la posición de cada perfil y estación fue consistente, aún cuando el método de campo aplicado fue diferente (satélite en la totalidad del área, dinámico entre la Punta Las Peñas y Santa Ana y desde Petacalco y Punta Piedras, sextante entre Eréndira y Petacalco). La precisión en el posicionamiento fue de media milla.

Para la interpretación de la información obtenida de los análisis de laboratorio, se siguieron los criterios de Wentworth (1922), Krumbein (1934), Krumbein y Pettijohn (1938), Brotherhood y Griffiths (1947), Folk y Ward (1957), McCammon (1962), Folk (1962, 1965, 1966), Irani y Calli (1963), y Mc Bride (1971), para la textura; Bourdousky (1965) y Watty (1982), para el carbón orgánico; Blatt et al. (1980) y Paez-Osuna (1984), para la información geoquímica; Graham (1955), Hsú (1960) y Nelín (1985), para la mineralogía de las arenas; American Society of Testing Materials (1958), Hamilton y Menard (1956), Nafe y Drake (1957), Boyce (1973), Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (1977), Fass (1982) y Taylor y Bryant (1985), para la geotecnia.

Las ecuaciones usadas para el cálculo de los parámetros determinados en cada fase del estudio, se han incluido en el Apéndice 1.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El margen continental del pacífico mexicano coincide con una zona de esfuerzo a lo largo de la cual se ha desarrollado una importante fosa submarina denominada Trinchera Mesoamericana.

A escala regional, ese rasgo tectónico es casi rectilíneo y angosto pero localmente tiene importantes variaciones morfológicas debidas, particularmente, a la distribución de cañones submarinos y de otras irregularidades sobre el talud continental.

Flemming (1981) ha mostrado que la cabecera de los cañones son normativas en cuanto a la distribución de los sedimentos de la plataforma continental ya que son vías naturales que facilitan la transferencia de los materiales propios de los ambientes someros hacia las cuencas profundas.

La distribución local y regional de esos rasgos morfológicos de la plataforma y del talud continental ha ejercido gran influencia en la historia sedimentaria reciente, haciéndose necesario obtener mayor información relacionada con su localización, edad y morfología para así lograr un mejor entendimiento de los patrones neógenos de sedimentación y de sus procesos

### BATIMETRIA Y MORFOLOGIA

El Delta del Río Balsas se ha acrecentado sobre la zona del relieve submarino que Lugo-Hubp (1986) denominó Marginal Submarina del Continente o Continental Submarina y cubre a las estructuras Plataforma Continental y Talud Continental aún cuando algunos rasgos morfológicos relacionados a él alcanzan a la Trinchera Mesoamericana, a 3 000 m de profundidad, aproximadamente (Reimnitz, 1968, 1970; Gutiérrez-Estrada, 1971).

La forma deltáica submarina es sensiblemente triangular y ha adoptado una disposición en abanico con desarrollo preferencial hacia el SE, hasta la coordenada 101° 55' de longitud oeste (Fig. 8).

La plataforma continental es angosta; su amplitud se modificó de 19 Km frente a la Punta Las Peñas y a Calabazas, a 1.0 Km frente a la Punta Peñitas o Piedras, extremo oriental del litoral deltáico. En el área frontal del delta llega a ser casi inexistente, así como en la Bahía de Petacalco. Su límite exterior se tuvo a los 120 m de profundidad frente a Playa Azul, Punta Burras y Petacalco, y a 150 m de profundidad en Punta Peñas (Fig. 8).

En el área de estudio la plataforma continental es una planicie aluvial de amplio desarrollo longitudinal, paralelo al litoral, con hendiduras que son evidentes signos de actividad fluvio-tectónica y es la continuación de la planicie costera, angosta desde la Punta Las Peñas hasta Playa Eréndira y entre el extremo occidental de la

Bahía de Petacalco y la Punta Las Piedras o Peñitas, y amplia en la zona frontal del delta. La pendiente de la plataforma se modificó de suave a moderada, comprendida entre 21' frente a la Punta Las Peñas y 3° en Playa Azul, Punta Burras y Punta Peñitas (Figs. 9, 10).

El Talud Continental, como estructura tectónica relacionada con el margen continental activo del Pacífico, es angosto y en su extremo externo se une a la llanura abisal o bien a la Trinchera Mesoamericana. Es una planicie moderadamente inclinada y frecuentemente interrumpida por intensas incisiones que la dividen y por frecuentes hondonadas, de dimensiones pequeñas, y escarpes de erosión, de moderado relieve. Su pendiente varió de 3 a 15°, habiendo sido comunes valores de 6° (Fig. 8).

Los rasgos incisivos en la plataforma y en el talud continental son valles que por su forma y dimensiones han sido considerados como cañones submarinos (Reimnitz, 1968; Gutiérrez-Estrada, 1971); son formas características de la zona continental submarina (Lugo-Hubp, 1986) y en gran medida influyen en la configuración del litoral como puede observarse fácilmente en la Bahía de Petacalco (Fig. 11).

A partir de 1938 cuando Martín realizó algunos estudios topohidrográficos en la Fosa de Petacalco y hasta Cervantes y Monroy (1987), se ha estimado que los cañones submarinos en el delta submarino del Río Balsas son los denominados como La Necesidad, Petacalco, Manglito y Gasolinos. En su conjunto forman un sistema originado por los cambios en el patrón de descarga fluvial (Reimnitz y Gutiérrez-Estrada, 1970). Las cabeceras de estos cañones yacen a poca distancia del litoral pero únicamente las de los cañones La Necesidad y Petacalco han incidido en la zona de rompiente del oleaje.

De los resultados batimétricos y morfológicos obtenidos a partir de los 40 m de profundidad, durante la campaña oceanográfica GEOBAL, se identificaron cambios substanciales en la morfología de los cañones, preferentemente en La Necesidad, Gasolinos y El Manglito. La erosión de tipo remontante ha modificado fuertemente el relieve de la plataforma continental y del talud continental frente a Playa Azul y el Estero El Pichi, originando varios rasgos morfológicos identificados como cañones a los que se les dió la denominación siguiente: Eréndira, Playa Azul y Calabazas; éste último desarrollado en el límite entre la plataforma y el talud continental, a partir de los 100 m de profundidad.

Los cañones submarinos, según Leontiev y Richagov (1979), citados por Lugo-Hubp (1986), son característicos del talud continental y la descripción que de ellos hacen se asemeja considerablemente al estado geomórfico actual de los cañones submarinos del Río Balsas, en los cuales la pendiente axial fluctuó ampliamente desde ser casi horizontal como en algunos sectores del Cañón Petacalco, hasta 30° en la cabecera de los cañones La Necesidad y Calabazas; el perfil longitudinal se modificó conforme se incrementó la profundidad,

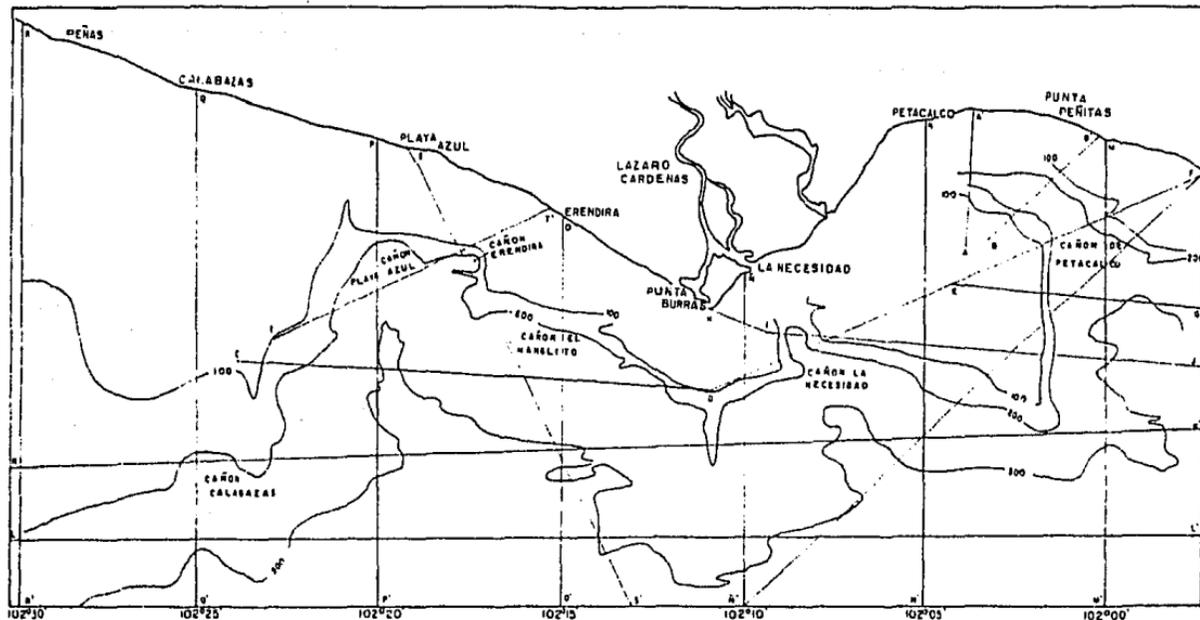


FIGURA 9. LOCALIZACION DE LOS PERFILES MORFO-BATIMETRICOS EN EL DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

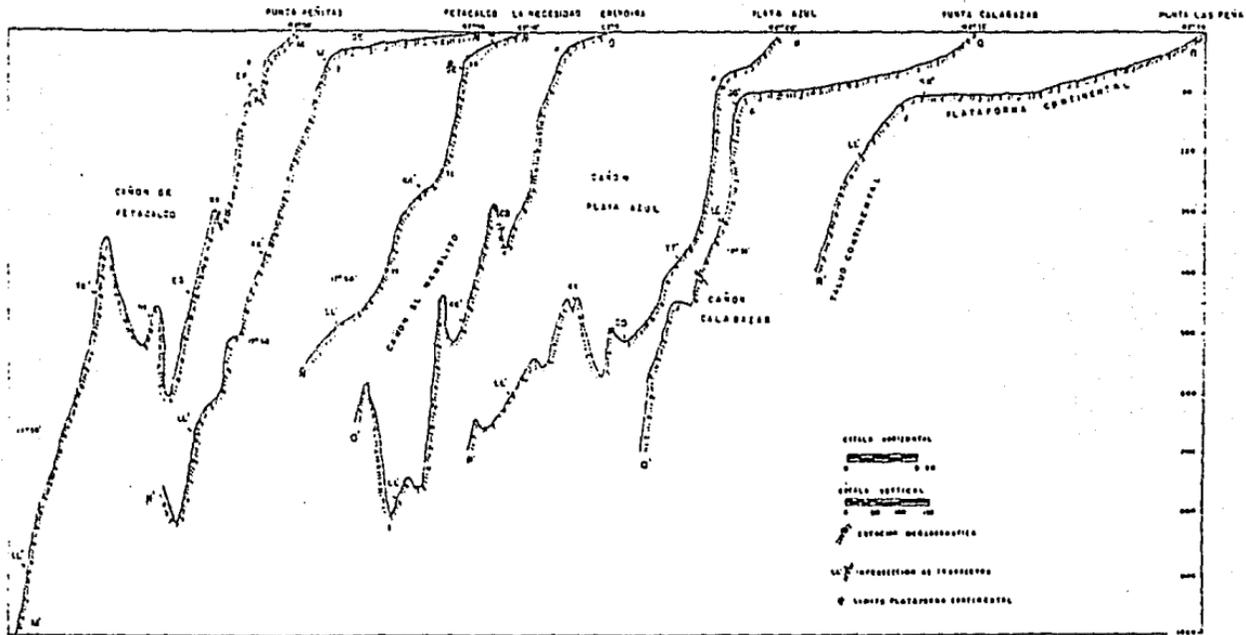


FIGURA 10. PERFILES MORFO-BATIMÉTRICOS TRANSVERSALES AL DELTA DEL RÍO BALSAS, NICHUACÁN, MÉXICO.

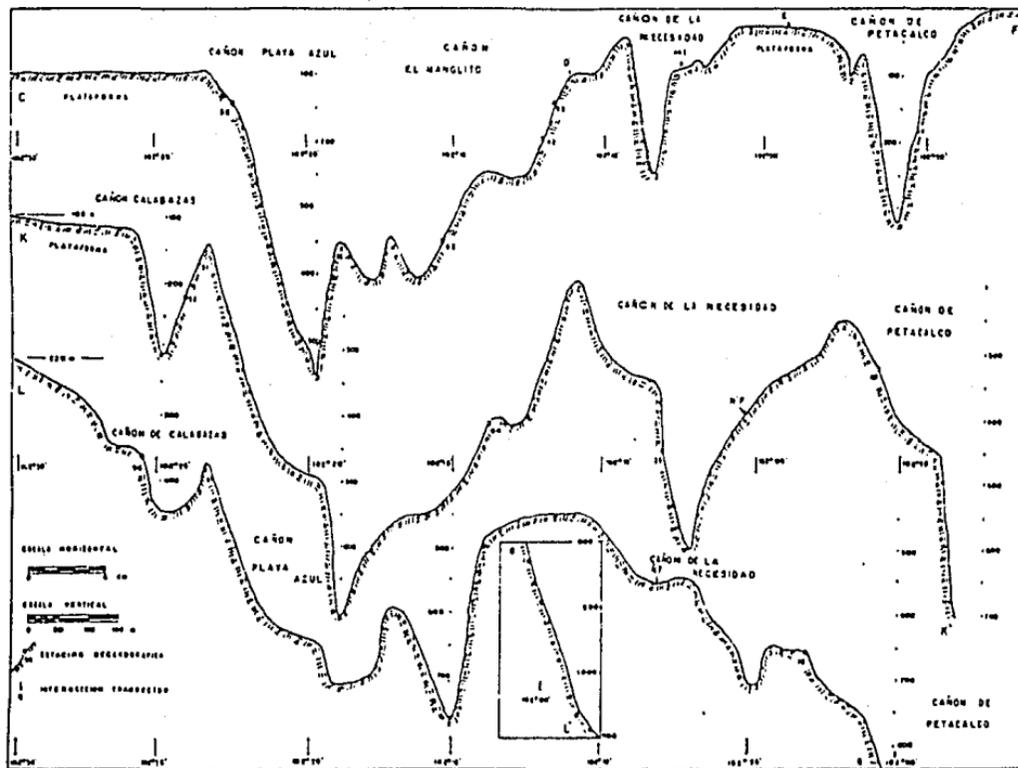


FIGURA 11. PERFILES MORFO-BATIMETRICOS LONGITUDINALES AL DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

siendo de 3 a 5 m/Km en las cabeceras y de 20 m/Km a profundidades de 200 m.

El eje del Cañón Petacalco mostró varias inflexiones, que parecen estar controladas tectónicamente, y su orientación general fue al SE, con modificaciones al E y S según se incrementó la profundidad. Para el Cañón Playa Azul su cabecera se tuvo a 30 m de profundidad y distante 2 Km del litoral (Fig. 8), su eje meándrico sensiblemente orientado al SSE se unió al Cañón Eréndira que, procedente del NE, es de eje pequeño y curvo con disposición hacia el SW y de 5 Km de longitud aproximada hasta su cabecera, distante 3 Km del litoral y a 50 m de profundidad.

En el Cañón La Necesidad su eje es casi rectilíneo y continuación de la orientación general del cauce bajo del Río Balsas, por lo que parece lícito aceptar cierto control tectónico que ha normado el origen y el desarrollo del cauce fluvial y del cañón. Su valle se amplía a profundidad y en sus paredes hay varios tributarios escalonados que desaparecen a los 500 m de profundidad aproximada (Figs. 8, 10, 11).

El perfil transversal de los cañones, obtenido a partir de los registros continuos del perfilador sísmicos, del mapa batimétrico (Fig. 8) y de las secciones indicadas en la figura 9, fue pronunciado con paredes que forman valles en V, a excepción de la porción terminal de algunos cañones en los cuales la sección transversal fue en forma de U (Figs. 11, 12).

Se identificaron terrazas de erosión a 60-70 y 100-110 m de profundidad en el Cañón Petacalco y a 200 m en el Cañón Playa Azul (Fig. 9). La inclinación de las paredes fue de 10 a 40 grados y el relieve más pronunciado se tuvo en el Cañón Petacalco, con altura de hasta 650 m (Figs. 10, 11).

El Cañón Calabazas se ha desarrollado por erosión remontante preferentemente en la porción superior del talud continental. Su cabecera es amplia, 4 Km, y de 50 m de relieve ( Figs. 8, 9). El eje axial de este cañón es casi recto y orientado al S, estando dispuesto hasta los 750 m de profundidad; la pendiente de sus flancos fue de 5°, cerca de la cabecera, a 9°, en su porción media superior, con valores mínimos de 2° en su extremo distal. La sección transversal varió de amplia y en forma de U en la cabecera y a los 500-600 m de profundidad, a angosta y en V en la porción media (Figs. 10, 11).

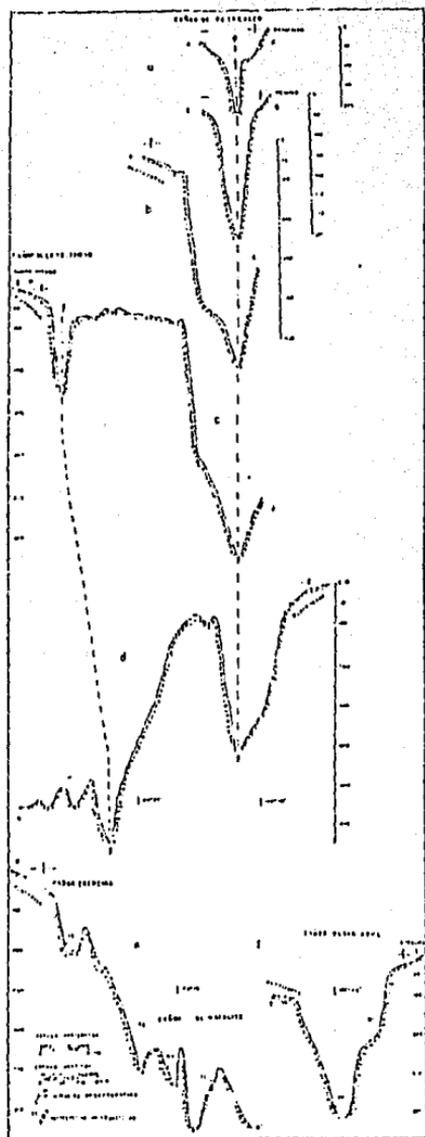


FIGURA 12. PERFILES MORFO-BATIMÉTRICOS TRANSVERSALES AL EJE DE LOS CAÑONES SUBMARINOS DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, MICHOACÁN, MÉXICO.

## SEDIMENTOS

TEXTURA Y DISTRIBUCION TEXTURAL.

Mediante el uso y aplicación de los métodos y equipos de investigación citados en el capítulo correspondiente, se investigó la textura de los sedimentos deltáicos superficiales y subsuperficiales. Los resultados obtenidos se describen a continuación.

## SEDIMENTOS SUPERFICIALES

Se analizaron noventa muestras de materiales superficiales colectados en las estaciones oceanográficas de la figura 7. Correspondieron con depósitos no consolidados constituidos por mezclas sedimentarias no homogéneas formadas por granos de arena, limo y arcilla. De estos constituyentes granulométricos, el limo fue el dominante en la mayoría de los sedimentos, 71%; la arena y la arcilla lo fueron en el 17 y 12%, respectivamente (Tabla 3). El contenido de arena varió ampliamente habiendo estado comprendido entre casi cero y 92%, con media aritmética,  $\bar{x}$ , de 18% (Cuadro 1). La distribución de frecuencia de este componente (Fig. 13 a) estuvo muy mal clasificada ( $\sigma_n$ : 23.22%), muy asimétrica hacia los valores porcentuales superiores al 25% de arena ( $Sk_1$ : 0.73) y leptocúrtica,  $K'_g$ : 0.60.

El porcentaje de limo osciló entre 4 y 75%; el valor medio aritmético fue cercano al 50% y la distribución de frecuencia estuvo muy mal clasificada,  $\sigma_n$ : 14%, siendo asimétrica hacia los porcentajes de limo menores del 50% ( $Sk_1$ : -0.27), y leptocúrtica,  $K'_g$ : 0.59 (Fig. 13 b, Cuadro 1). La arcilla fue el componente que mostró el menor rango de variación, 60%, habiendo estado comprendido entre 2 y 62%. El valor medio fue igual a 32% y el de la desviación estándar 15%, por lo que la distribución de frecuencia de la arcilla en los sedimentos mostró muy mala clasificación. El índice de asimetría,  $\sigma_n$ , y la curtosis,  $K'_g$ , de esa distribución fueron iguales a -0.05 y 0.48, casi simétrica y mesocúrtica. La distribución de frecuencia fue casi normal Fig. 13 b), con las dos terceras partes del conjunto comprendidas entre 17 y 47%.

El diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , del conjunto fluctuó entre 2.87 y 8.62  $\phi$  (136.8 y 2.54 micras) y la media aritmética fue 6.62  $\phi$  (10 micras) (Cuadro 1). La distribución de frecuencia fue muy asimétrica hacia los tamaños gruesos,  $Sk_1$ : -0.42; mesocúrtica,  $K'_g$ : 0.53, y estuvo muy mal clasificada,  $\sigma_n$ : 1.40  $\phi$  (379 micras) (Fig. 14 a). Al correlacionar al  $M_z$  con el contenido de arcilla se observó una fuerte inter relación positiva y cercana a la unidad (factor de correlación: 0.94) y representada por la siguiente ecuación:

$$y = 0.105x + 3.50$$

donde:  $x$  = contenido de arcilla

$y$  = diámetro promedio gráfico

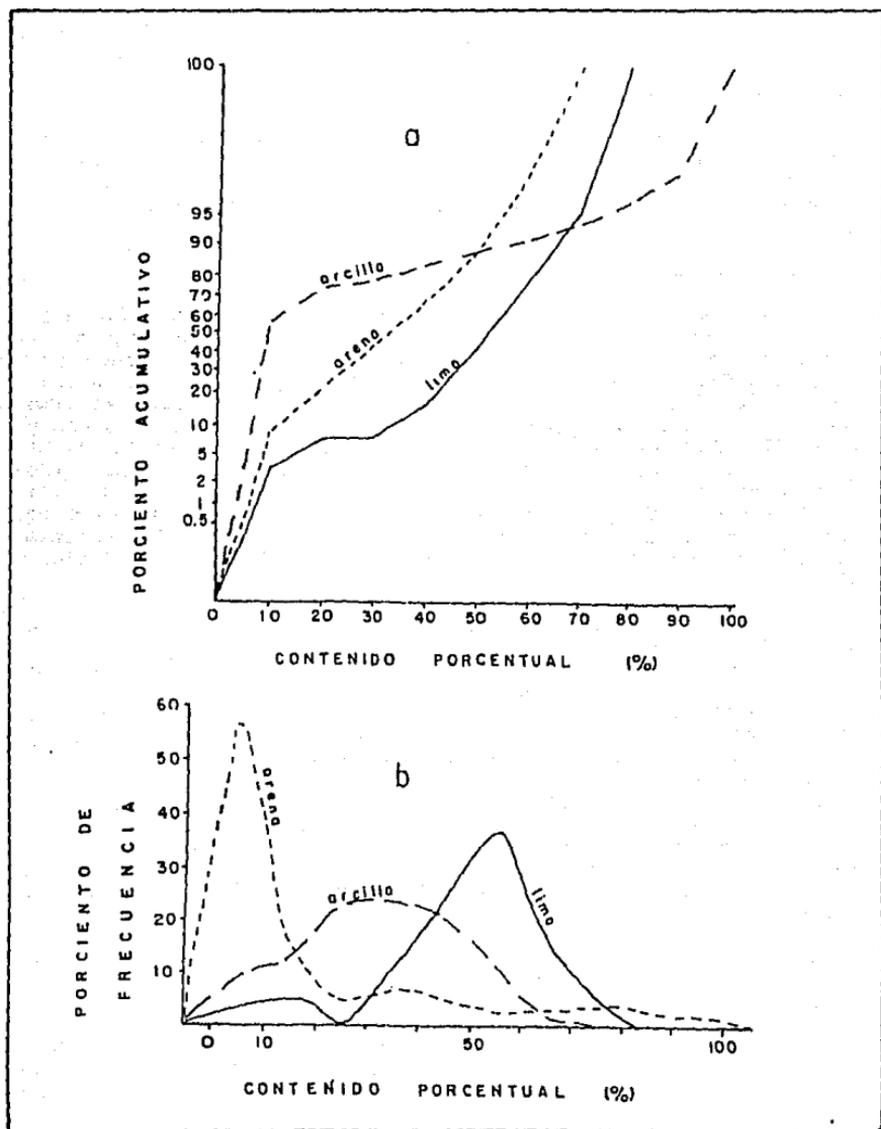


FIGURA 13. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE ARENA, LIMO Y ARCILLA, EN EL CONJUNTO DE SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES

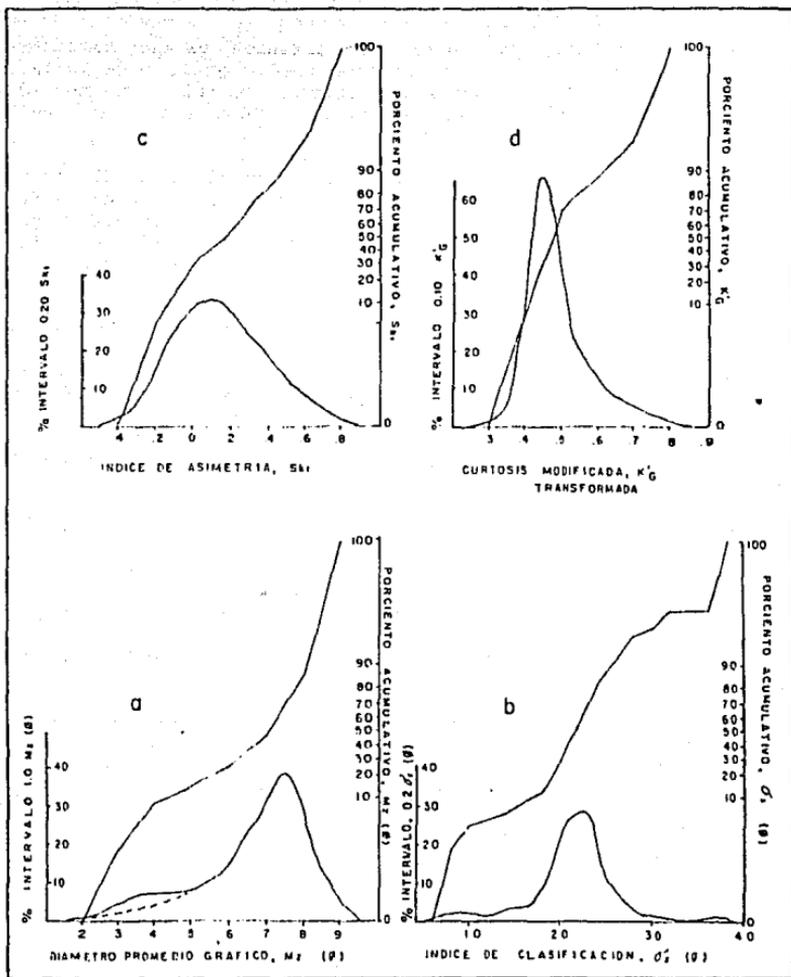


FIGURA 14. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, EL INDICE DE CLASIFICACION, EL INDICE DE ASIMETRIA Y LA CURTOSIS TRANSFORMADA, EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

El resultado anterior reviste gran importancia ya que demuestra que, en estos sedimentos, el diámetro promedio gráfico de la masa sedimentaria y por tanto su clasificación textural, está normada por el contenido de arcilla; demostrando además la casi nula influencia que ejercen las arenas.

El índice de asimetría,  $\sigma_1$ , del conjunto sedimentario osciló entre 0.2 y 3.74  $\phi$  (61 mm y 75 micras); el valor medio aritmético fue 2.14  $\phi$  (227 micras) y 0.44  $\phi$  (0.73 mm) de desviación estandar por lo que la distribución de frecuencia estuvo bien clasificada (Fig. 14 b, Cuadro 1) y asimétrica hacia los valores de  $\sigma_1$  menores de 2  $\phi$  (250 micras) ( $Sk_1$ : -0.18) y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.53.

La distribución de frecuencia de los valores del índice de clasificación,  $SK_1$ , fue casi normal (Fig. 14 c), fluctuó entre -0.28 y 0.73; el valor medio aritmético,  $x$ , del conjunto fue 0.15, con desviación estandar,  $\sigma_n$ , igual a 0.23, muy bien clasificada (Cuadro 1). El índice de asimetría y la curtosis de la distribución fueron 0.02 y 0.48, respectivamente, por lo que ésta fue casi simétrica y mesocúrtica. El 66% de los valores del índice de clasificación estuvieron comprendidos entre 0.08-0.38.

El rango de variación de la curtosis transformada,  $K'_0$ , del conjunto osciló desde 0.38 hasta 0.75. La distribución de frecuencia fue casi normal (Fig. 14 d), con los dos tercios de los valores comprendidos entre 0.42 y 0.58. La media aritmética,  $x$ , y la desviación estandar,  $\sigma_n$ , de este parámetro fueron iguales a 0.50 y 0.08, respectivamente (Cuadro 1). La distribución fue muy asimétrica hacia los sedimentos leptocúrticos (0.67) y muy leptocúrtica (0.61).

Al correlacionar el contenido porcentual de arena, limo y arcilla, según el método propuesto por Shepard (1954), se identificaron grupos texturales (Fig. 15), comprendidos desde las mezclas sedimentarias casi homogéneas en las que la arena fue el componente dominante hasta las heterogéneas formadas por dos elementos principales, arena o limo, y otro subordinado, arcilla en la mayoría de los materiales.

El grupo textural más conspicuo fue el formado por los limos arcillosos, con porcentajes de arena inferiores al 20%. Los limos y las arenas arcillosas fueron raras habiendo estado representados por una muestra cada uno (Tabla 3). El resultado anterior no es extraño porque, primero, las arenas fueron colectadas en las áreas próximas al litoral, hacia donde son aportadas por el oleaje y las corrientes de deriva litoral después de haber sido removidas de la playa subaérea o submarina; segundo, los limos puros o casi puros son raros en la naturaleza y, tercero, las arenas arcillosas fueron escasas debido a la pérdida por remoción de los granos con  $Mz < 4.0 \phi$ ; parece lícito aceptar que, conforme continúen actuando los agentes erosivos en el ambiente marino, este tipo de sedimento modificará paulatinamente su textura hacia los sedimentos arcillosos, de arcilla arenosa a arcilla. A continuación se describen las características texturales de los grupos establecidos.

### Grupo Arenoso.

Incluyó a los tipos litológicos siguientes: arenas, arenas limosas y arenas arcillosas (Fig. 15). Estos sedimentos fueron escasos y representaron el 13% del total de las muestras colectadas y analizadas. En este conjunto, el componente textural dominante fue la arena que varió desde 92%, en las arenas (Cuadro 2), hasta 46% en las arenas limosas (Cuadro 3), por lo que siguiendo el criterio de Folk (1954) pudieron ser considerados como arenas limosas (Fig. 16), a excepción de dos materiales que se les clasificó como arena (muestra 69) y arena lodosa (muestra 111), ésta por el contenido de arcilla, 20% (Tabla 3).

La distribución de estos depósitos fue esporádica e irregular; se presentó en extensiones pequeñas a profundidades no mayores de 60 m para las arenas y de 75 m para las arenas limosas. La muestra arenosa arcillosa correspondió con una acumulación sedimentaria aislada y alojada en el talud continental a 180 m de profundidad aproximada.

El diámetro promedio en los sedimentos constituidos por el 75% o más de granos de arena,  $Mz \leq 4.0 \phi$  (62.5 micras), varió de  $2.87$  a  $3.52 \phi$  (137 a 87 micras) por lo que fueron arenas de grano fino a muy fino, con una media aritmética de  $3.32 \phi$  (100 micras). La distribución de frecuencia, elaborada a intervalos de  $1/4 \phi$  (Fig. 16 a) fue bimodal; muy bien clasificada,  $\sigma_n$ :  $0.22 \phi$  (0.86 mm); muy asimétrica hacia los fragmentos gruesos,  $Sk_i$ :  $-0.44$ ; y leptocúrtica,  $K'_0$ :  $0.58$ .

El índice de clasificación varió apreciablemente (Cuadro 2), pudiéndose distinguir las arenas moderadamente clasificadas,  $\sigma_n$ :  $0.72$  a  $0.85 \phi$  (0.61 a 0.55 mm), de Petacalco (muestra 16), Eréndira (muestra 58) y Las Peñas (muestra 103), de las mal clasificadas,  $\sigma_n$ :  $1.01$  a  $2.00 \phi$  (496 a 250 m) de Eréndira (muestra 69), Calabazas (muestra 87) y Las Peñas (muestra 101) (Fig. 6, Tabla 4). La distribución de frecuencia del índice de clasificación de las arenas (Fig. 17 b) fue muy asimétrica hacia las arenas mal y muy mal clasificadas  $Sk_i$ :  $(0.42)$  y platicúrtica ( $K'_0$ :  $0.42$ ). Las arenas con predominio de partículas gruesas ( $Sk_i$  negativo) fueron las colectadas frente a la playa Eréndira y la Punta Las Peñas, a 45 m de profundidad (Tabla 3). La distribución de frecuencia de la curtosis transformada,  $K'_0$ , (Cuadro 2), fue muy leptocúrtica ( $x$ :  $0.68$ ), muy bien clasificada ( $\sigma_n$ :  $0.07$ ), con la mayoría de los valores de  $K'_0$  comprendidos entre  $0.60$  y  $0.75$  (leptocúrticos) y únicamente la muestra 101 (Las Peñas) fue leptocúrtica (Fig. 17, Tabla 4).

En las arenas limosas, con porcentajes de arena comprendidos entre 46 y 62% aproximadamente (Cuadro 3, Tabla 3), el diámetro promedio gráfico,  $Mz$ , osciló entre  $4.13$  y  $4.97 \phi$  (57 y 32 micras) con valor medio aritmético igual a  $4.58 \phi$  (42 micras) y su distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ :  $0.35 \phi$  (0.78 mm); fue muy asimétrica hacia los diámetros gruesos ( $Sk_i$ :  $-0.39$ ) y muy platicúrtica,  $K'_0$ :  $0.34$  (Fig. 17 c).

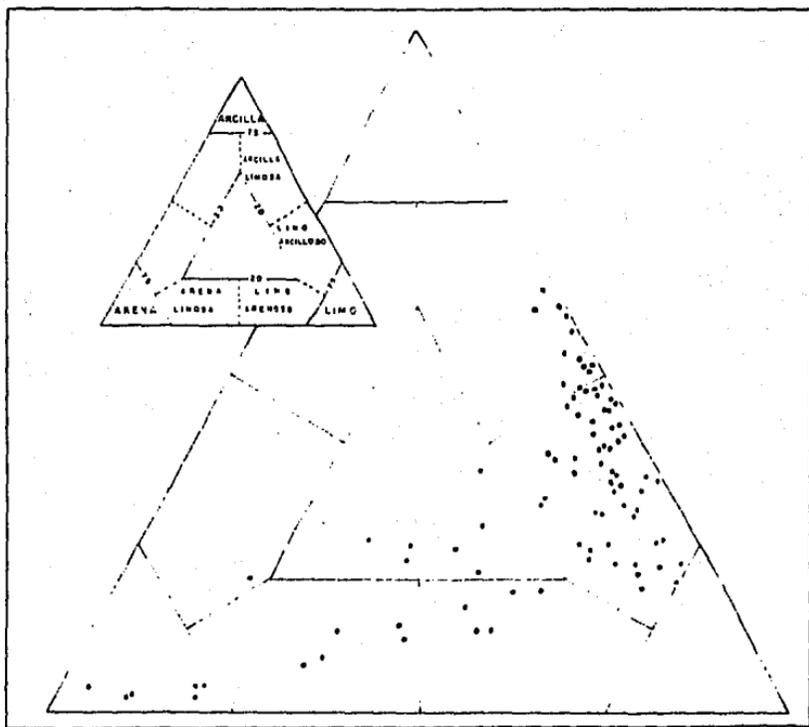


FIGURA 15. GRUPOS TEXTURALES IDENTIFICADOS AL CORRELACIONAR AL CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA, EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES

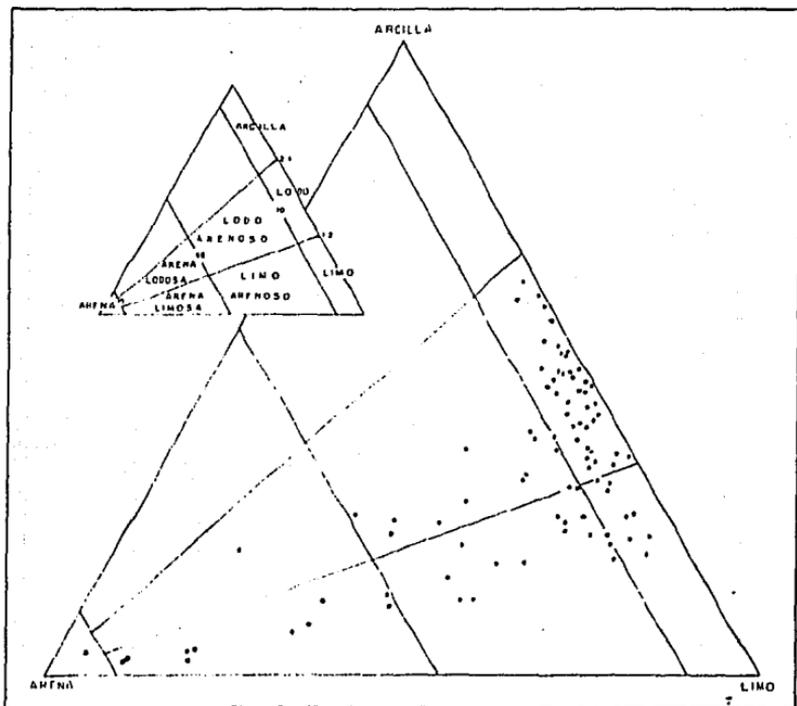


FIGURA 16. CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES UPERFICIALES, DE ACUERPO AL CRITERIO DE FOLK (1954)

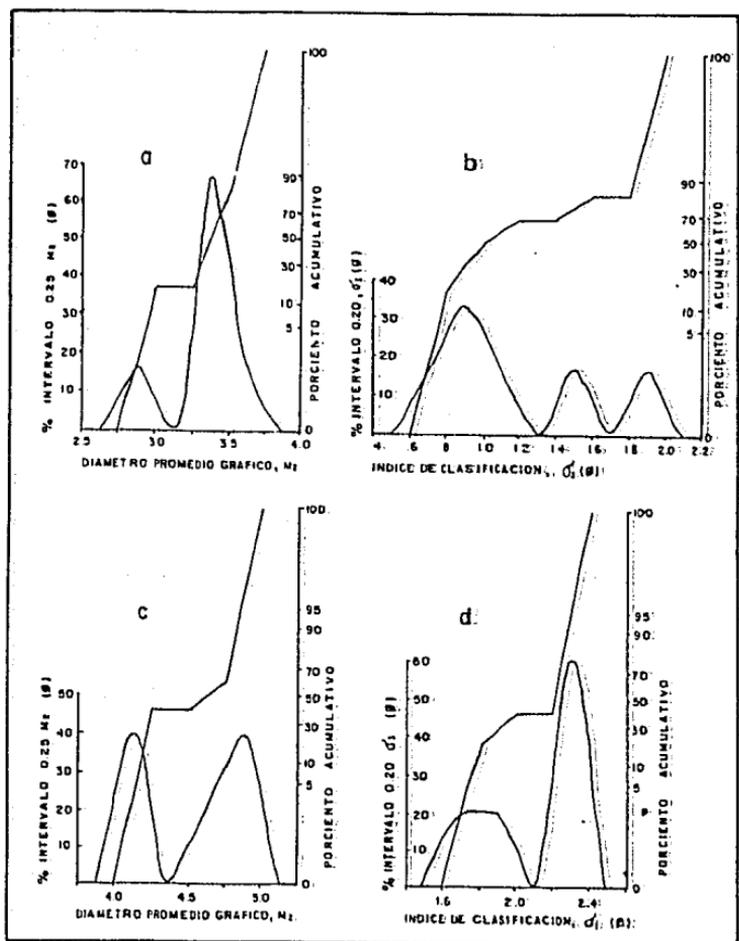


FIGURA 17. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO E INDICE DE CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTOS ARENOSOS (A Y B) Y DE LOS SEDIMENTOS ARENO LIMOSOS (C Y D)

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , de las arenas limosas fluctuó de 1.61 a 2.30  $\phi$  (328 a 203 micras), con  $x = 2.07 \phi$  (238 micras) y  $\sigma_n = 0.06 \phi$  (0.96 mm) (Cuadro 3). La distribución de frecuencia de  $\sigma_1$  (Fig. 17 d), se indicó muy bien clasificada, muy asimétrica hacia los sedimentos mal clasificados ( $Sk_1: -0.69$ ). Las arenas limosas mal clasificadas se tuvieron hacia el E de la Bahía de Petacalco (muestra 4) y frente a Calabazas (muestra 88); las muy mal clasificadas se colectaron al SW de Punta Burras (muestra 48) y frente a Playa Azul y Las Peñas (muestras 85 y 100).

El índice de asimetría,  $Sk_1$ , de las arenas limosas (Cuadro 3, Tabla 4), indicó que la distribución de frecuencia fue muy asimétrica hacia los sedimentos asimétricos, habiendo estado muy bien clasificada y comprendida entre 0.39 y 0.53, con valor medio aritmético igual a 0.47.

La curtosis transformada,  $K'_0$ , fluctuó entre 0.57 y 0.70 (de leptocúrtica a muy leptocúrtica). El valor medio aritmético fue muy leptocúrtico ( $K'_0: 0.62$ ) y la distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_n: 0.05$ ). Los sedimentos arenos limosos leptocúrticos se obtuvieron de las estaciones oceanográficas 48, 85 y 100, localizadas al SW de Punta Burras y frente a Playa Azul y Las Peñas. En la figura 17 a, se mostró la distribución de frecuencia del sedimento arenoso limoso de la muestra 4, que fue muy leptocúrtica y estuvo mal clasificada y muy asimétrica hacia los fragmentos finos.

Constituyendo a este grupo textural arenoso se tuvo además a las arenas arcillosas, el único ejemplar obtenido fue la muestra 111 (Tablas 3 y 4, Fig. 15 y 17 a). Este material se colectó a los 180 m de profundidad al W del área de estudio (Fig. 5) y resultó, de acuerdo a sus parámetros granulométricos, equivalente a la arena de grano muy fino, Mz: 3.08  $\phi$  (118 micras), muy mal clasificada,  $\sigma_1: 3.74 \phi$  (75 micras); muy asimétrica hacia las fracciones finas,  $Sk_1: 0.64$ ; platocúrtica,  $K'_g: 0.41$ , con el 5% más grueso de la distribución igual a  $-0.75 \phi$  (1.68 mm), correspondiente a los granos de arena muy gruesa de acuerdo a los límites de clase propuestos por Wentworth (1922). Su distribución de frecuencia fue polimodal, con el modo principal entre cero y 1.0  $\phi$  (1.0 y 0.5 mm) (Fig. 18 a).

#### Grupo limo arenoso.

Formado por sedimentos con porcentajes de limo y arena comprendidos entre 24 y 36%, respectivamente. El valor medio aritmético de cada constituyente fue: arena, 31.5%; limo, 53.52%; y arcilla, 14.96% (Cuadro 4). Estos materiales fueron de escasa distribución, representaron el 5.5% del muestreo y se les identificó en cinco zonas de pequeña extensión situadas a profundidades muy variadas comprendidas entre 20 y 470 m.

Se les colectó en la Bahía de Petacalco (muestra 17), frente a la Barra San Francisco y a Punta Burras cerca del talud continental

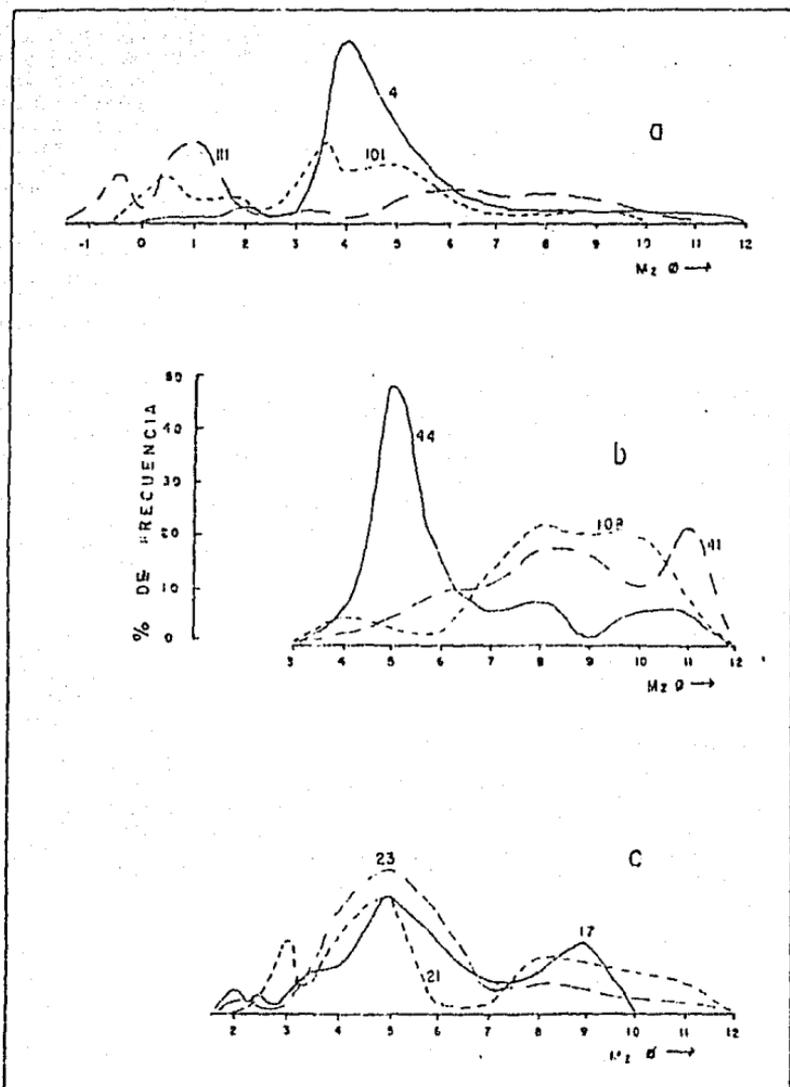


FIGURA 18. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES

(muestras 23, 46 y 64) y al SE de Playa Azul (muestra 74) (Fig. 7). Del análisis realizado se tuvo que el contenido de arena en estos materiales se incrementó hacia el E del área alcanzando los valores mayores, 36%, frente a Punta Burras y en el piso del Cañón Petacalco. Lo anterior es resultado de: a) el transporte sólido ejercido por las corrientes de litoral, que fluyen en igual dirección; b) la erosión a que está sometida esa punta por la convergencia del oleaje, que incrementa la energía costera; y c) los cañones submarinos, en este caso el Petacalco, actúan como ductos naturales por los cuales los sedimentos gruesos son llevados hacia zonas más profundas, en igual forma que la propuesta por Flemming (1981).

La media aritmética,  $\bar{x}$ , del diámetro promedio de los sedimentos fue  $5.27 \phi$  (26 micras), equivalente al limo de grano medio (Cuadro 4). La distribución de frecuencia de Mz (Fig. 19 a), comprendida entre  $4.92$  y  $5.55 \phi$  (33 y 21 micras), se indicó muy bien clasificada,  $\sigma_n$ :  $0.23 \phi$  (0.85 mm) con rango de variación menor de  $1.0 \phi$  (0.50 mm), asimétrica hacia los tamaños finos,  $Sk_1$ : 0.24, y muy platocúrtica,  $K'_a$ : 0.36.

El índice de clasificación,  $\sigma_n$ , osciló entre  $2.10$  y  $2.38 \phi$  (233 y 192 micras), por lo que la distribución de frecuencia estuvo muy mal clasificada de  $0.28 \phi$  (0.82 mm). Los valores de los parámetros estadísticos de esta distribución de frecuencia fueron los siguientes: media aritmética,  $\bar{x}$ :  $2.25 \phi$  (210 micras); desviación estándar,  $\sigma_n$ :  $0.10 \phi$  (0.93 mm), muy bien clasificada; índice de asimetría,  $Sk_1$ : -0.10, casi simétrica; curtosis transformada,  $K'_a$ : 0.42, platocúrtica. La distribución fue unimodal, con el modo principal o moda ( $M_o$ ) entre los valores  $2.2$  y  $2.4 \phi$  ( 218 y 190 micras).

El índice de asimetría,  $Sk_1$ , del conjunto limo arenoso osciló desde 0.10 a 0.44, por lo que los sedimentos fueron asimétricos y muy asimétricos hacia los tamaños menores de  $Sk_1$ . El valor de  $\bar{x}$  fue 0.30 (asimetría hacia los finos) y  $\sigma_n$  fue igual al  $0.12 \phi$  por lo que la distribución de frecuencia de este parámetro estuvo muy bien clasificada. La mayoría de los valores de  $Sk_1$  estuvieron comprendidos entre 0.10 y 0.30, mostrando asimetría hacia los tamaños finos en relación con el incremento porcentual de arena fina y muy fina en los limos arenosos frente a la: a) Barra San Francisco, 40 m de profundidad (Fig. 18, estación 23); b) Punta Burras, a los 21 y 470 m de profundidad (estaciones 46 y 64); c) Playa Azul, 62 m de profundidad (Fig. 18, estación 74) (Tabla 2).

La distribución de frecuencia de la curtosis transformada,  $K'_a$ , estuvo comprendida entre 0.46 y 0.63 y los sedimentos fueron platocúrticos (muestra 17), mesocúrticos (Fig. 18, estación 74) y leptocúrticos (Fig. 18, estación 23). El valor medio aritmético fue  $0.55$  (leptocúrtico) con desviación estándar  $\sigma_n$  igual a  $0.06$  (Cuadro 4), indicando que la distribución de frecuencia de  $K'_a$  fue muy buena y además muy asimétrica hacia los sedimentos platocúrticos y mesocúrticos (Fig. 19 b).

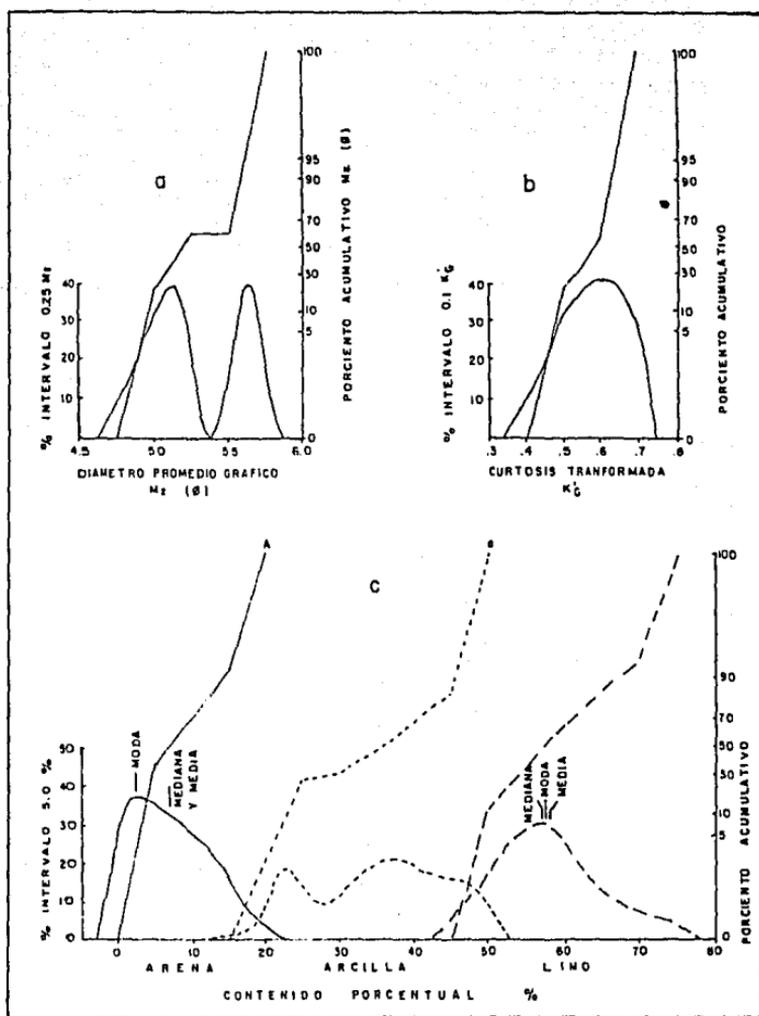


FIGURA 19. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO Y DE LA CURTOSIS TRANSFORMADA EN LOS SEDIMENTOS ARENO LIMOSOS (A Y B) Y DEL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS LIMO ARCILLOSOS (C)

### Grupo Limoso.

Constituido por sedimentos con porcentaje de limo igual o superior al 75% (Fig. 15, 16, Tabla 3). Únicamente la muestra 44, colectada a 60 m de profundidad frente a Punta Burras (Fig. 7), fue clasificada como limo; fue de grano fino, Mz:  $6.23 \phi$  (13 micras), muy mal clasificado,  $\sigma_s$ :  $2.34 \phi$  (198 micras), muy asimétrico hacia los tamaños finos,  $Sk_s$ : 0.73; mesocúrtico,  $K'_o$ : 0.52; con el 5% más grueso de la distribución equivalente con las arenas de grano muy fino,  $\phi_5$ :  $3.90 \phi$  (67 micras) (Fig. 18, estación 44). Esto no es raro ya que, como ha quedado indicado, la existencia de sedimentos naturales de textura equivalente al limo, no son frecuentes.

### Grupo Limo arcilloso.

Los sedimentos de este grupo textural representaron el 59% del muestreo. Se analizaron 53 muestras que, según el criterio de Folk (1954), fueron clasificadas como lodos, lodos arenosos y limo (Fig. 16).

Estuvo formado por materiales cuyo porcentaje de limo osciló entre 74 y 47.7% y el de arcilla comprendido desde 18.6 hasta 48.4 % (Cuadro 5).

La distribución de frecuencia del contenido de arena osciló entre 0.5 y 17.4% y estuvo muy mal clasificada,  $\sigma_a$ : 4.52% , con 7.08% como valor medio aritmético. Fue asimétrica hacia los sedimentos con porcentaje de arena superior a 10% ( $Sk_I$ : 0.30) y leptocúrtica ( $K'_o$ : 0.56) (Fig. 19 c). La distribución del limo fluctuó desde 48 a 74%; estuvo extremadamente mal clasificada ( $\sigma_l$ : 6.84%), asimétrica hacia los limos arcillosos con mayor cantidad de limo ( $Sk_l$ : 0.13) y fue mesocúrtica ( $K'_o$ : 0.50) (Fig. 19 c). En la arcilla, la distribución de frecuencia estuvo mal clasificada ( $\sigma_c$ : 8.51%); fue asimétrica hacia los limos arcillosos con menor cantidad de arcilla ( $Sk_c$ : -0.14) y muy platicúrtica ( $K'_o$ : 0.37), con tres modos poco significativos (Fig. 18 c).

Al correlacionar al contenido de arena, limo y arcilla de estos sedimentos con el diámetro promedio gráfico de los granos que los constituyen (Fig. 20), se obtuvieron los resultados siguientes: 1) el diámetro promedio gráfico fue una función dependiente e inversa de la cantidad de limo y arena, pero directa de la arcilla; 2) el factor de correlación fue bueno en la arcilla (0.90) y moderado en la arena y el limo (0.75 y 0.61, respectivamente). Este resultado es bastante similar al obtenido al correlacionar a ese diámetro con el contenido de arcilla en la población sedimentaria total.

La ecuación que mejor representó a cada conjunto de datos fue:

$$\begin{aligned} y &= -0.092x + 7.79 && \text{para la arena} \\ y &= -0.050x + 10.00 && \text{para el limo} \\ y &= 0.058x + 5.13 && \text{para la arcilla} \end{aligned}$$

donde:  $y$  = diámetro promedio gráfico

$x$  = contenido porcentual de cada componente

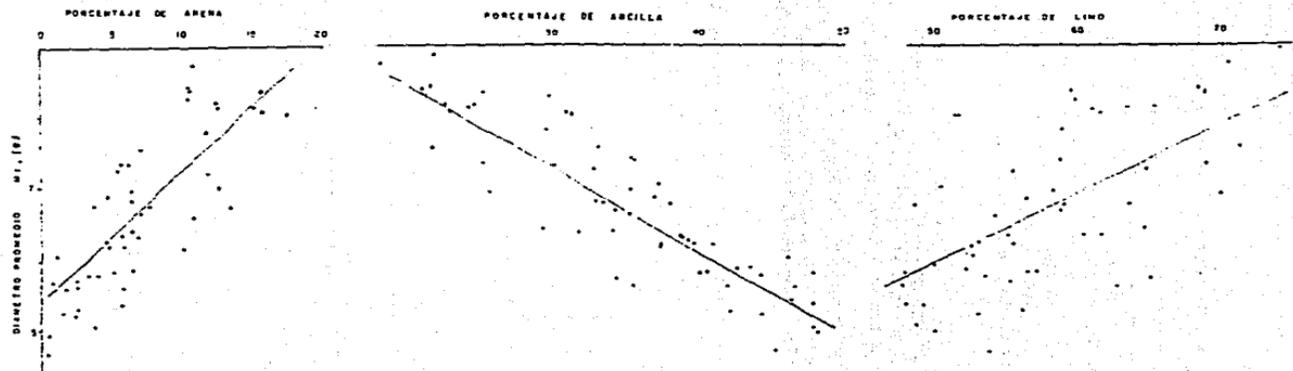


FIGURA 20. DIAGRAMA DE CORRELACION DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES Y SU CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA

El conjunto tuvo un valor medio aritmético igual a  $7.14 \phi$  (7 micras) y la distribución de frecuencia estuvo moderadamente clasificada ( $\sigma_n$ :  $0.55 \phi$  (0.68 mm)).

La distribución de frecuencia del diámetro gráfico promedio, Mz, se tuvo entre  $6.06$  y  $8.17 \phi$  (15 y 3.5 micras); fue casi normal, moderadamente clasificada ( $\sigma_n$ :  $0.55 \phi$ ), con valor medio aritmético igual a  $7.14 \phi$  (7.1 micras) (Cuadro 5); asimétrica hacia los fragmentos gruesos ( $Sk_1$ :  $-0.12$ ) y mesocúrtica ( $K'_c$ :  $0.49$ ). Con la mayoría de los valores del conjunto Mz comprendidos entre  $6.6$  y  $7.7 \phi$  (10 y 5 micras) (Fig. 21 a).

El índice de clasificación de los limos arcillosos estuvo comprendido entre  $1.38$  y  $2.69 \phi$  (384 y 155 micras) por los que éstos estuvieron mal y muy mal clasificados, con valor medio aritmético,  $x$ , igual a  $2.17 \phi$  (222 micras) (Cuadro 5). La distribución de frecuencia (Fig. 21 b) estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ :  $0.28 \phi$  (0.82 mm) y fue asimétrica hacia los limos arcillosos mejor clasificados ( $Sk_1$ :  $-0.19$ ) y leptocúrtica ( $K'_c$ :  $0.58$ ).

El rango de variación del índice de asimetría,  $Sk_1$ , fue amplio y comprendido desde  $-0.25$  hasta  $0.73$ . El valor medio aritmético fue  $0.19$  (casi simétrico), con el 37% de los valores de  $Sk_1$  dispuestos entre  $-0.1$  y  $1.0$  (Cuadro 5). La distribución de frecuencia fue casi normal (Fig. 21 c), asimétrica hacia los sedimentos con índice de asimetría positiva,  $Sk_1$ :  $0.16$ , y leptocúrtica,  $K'_c$ :  $0.59$ . Los valores negativos del índice de asimetría representaron el 25% del conjunto.

La distribución de frecuencia de la curtosis transformada, comprendida entre  $0.40$  y  $0.61$  y con valor medio aritmético igual a  $0.47$ , estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_n$ :  $0.04$ ) (Cuadro 5) y fue asimétrica hacia los sedimentos leptocúrticos,  $Sk_1$ :  $0.2$ ). Esta distribución de frecuencia fue leptocúrtica (Fig. 21 d).

#### Grupo Arcillo limoso.

Representó al 13% del muestreo realizado (Fig. 15, Tablas 3 y 4). Se analizaron doce muestras que, siguiendo la clasificación de Folk (1954), fueron lodos (Fig. 16). El contenido de arcilla varió de 49 a 62%, aproximadamente, con la mayoría de estos valores comprendidos entre 51 y 59%, con valor medio aritmético igual a 43%. La cantidad de arena en los sedimentos de este grupo textural fue mínima, 1.0 a 6.0%. El porcentaje de limo osciló desde 36 hasta 48%, con 43% como valor promedio (Cuadro 6, Fig. 22 a).

La distribución de frecuencia de la cantidad de arena, limo y arcilla, en los sedimentos de este grupo textural, dió los resultados siguientes: a) moderadamente clasificada ( $\sigma_n$ :  $1.60\%$ ), simétrica ( $Sk_1$ : cero) y leptocúrtica ( $K'_c$ :  $0.54$ ), en la arena; b) muy mal clasificada ( $\sigma_n$ :  $3.97\%$ ), asimétrica hacia las arcillas con menor cantidad de limo ( $Sk_1$ :  $-0.25$ ) y platicúrtica ( $K'_c$ :  $0.40$ ), en el limo; y c) muy mal clasificada ( $\sigma_n$ :  $4.09\%$ ), simétrica ( $Sk_1$ : cero) y mesocúrtica ( $K'_c$ :  $0.48$ ).

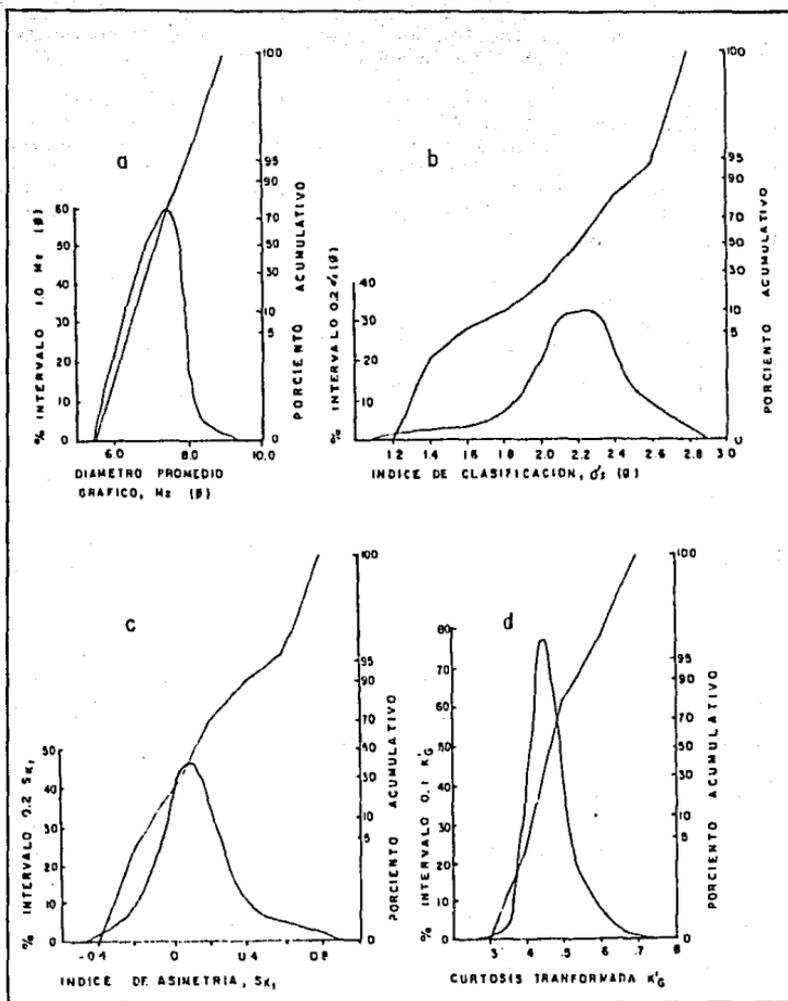


FIGURA 21. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, INDICES DE CLASIFICACION Y ASIMETRIA Y DE LA CURTOSIS TRANSFORMADA, EN LOS LIMOS ARCILLOSOS SUPERFICIALES

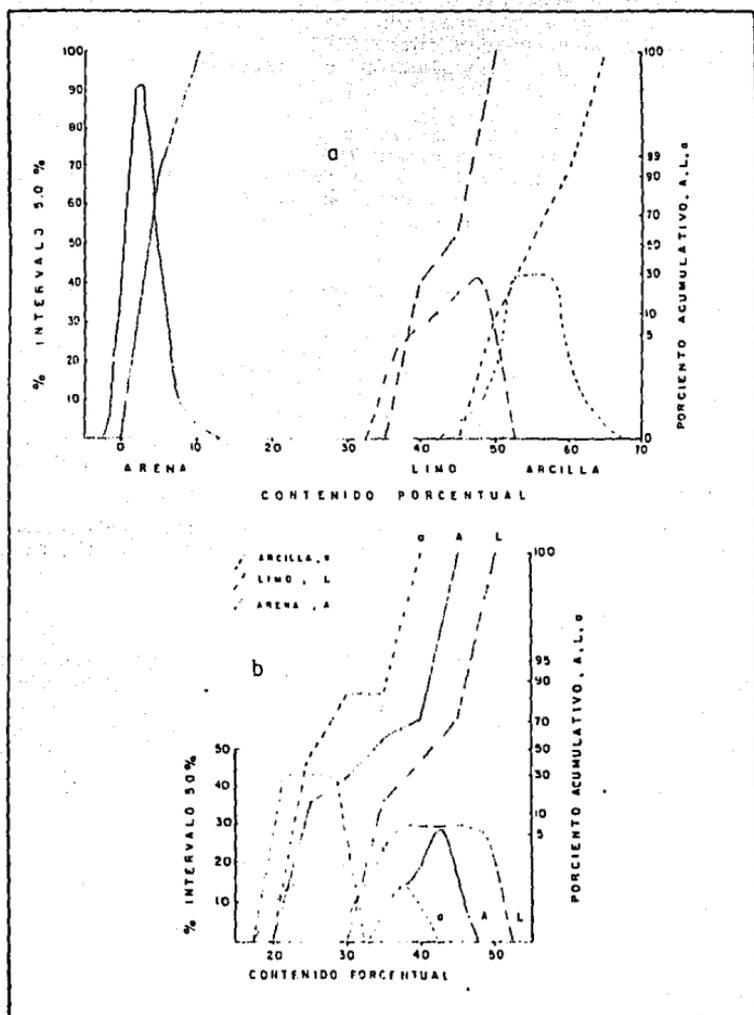


FIGURA 22. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS ARCILLO LIMOSOS (a) Y ARENO LIMOSOS (b)

En la arena y la arcilla, la distribución de frecuencia fue unimodal y se aproximó a la normalidad con las dos terceras partes de cada conjunto comprendidas entre 0.65 - 3.85% y 50.60 - 58.80%, respectivamente. La distribución de frecuencia del limo fue bimodal.

Los sedimentos de este grupo textural fueron colectados a profundidades comprendidas entre 200 y 500 m, a excepción de la muestra 76 que obtuvo a los 40 m frente a la Punta Burras; la distribución de estos sedimentos se tuvo en gran parte de la llanura deltática comprendiendo a la plataforma y al talud continental.

El valor medio aritmético de los parámetros granulométricos (Cuadro 6), mostró que los sedimentos arcillo limosos estuvieron muy mal clasificados, fueron casi simétricos, mesocúrticos y con el 5% más grueso de la distribución correspondiente a los limos de grano grueso. La mayoría de estos materiales fueron arcillas de grano grueso, Mz mayor de 8.0  $\phi$  (3.9 micras) y únicamente en las muestras 76 y 80 este diámetro fue más grueso por lo que se les clasificó como limos de grano muy fino con diámetro igual a 7.30 y 7.98  $\phi$ , respectivamente (6.3 y 4.0 micras), según los límites de clase propuestos por Wentworth (1922).

El 66% de estos sedimentos fueron simétricos o casi simétricos, con valores para Sk, comprendidos entre cero y -0.10 (Fig. 18, muestra 41; Fig. 23, muestras 108).

#### Grupo Areno-limo-arcilloso.

Este grupo textural representó el 8% del muestreo realizado y estuvo formado por mezclas sedimentarias no homogéneas con dos componentes dominantes. Comprendió a los grupos texturales siguientes, identificados de acuerdo al criterio de Shepard (1954): a) areno-limo-arcilloso, muestras 3, 21, 47, Fig. 23; b) limo areno arcilloso, muestras 38, 57, 97; c) limo-arcillo-arenoso, muestra 105 (Figs. 7 y 15, Tabla 3).

Fueron lodos arenosos (Folk, 1954) excepto la muestra 97, limo arenosa (Fig. 16). La mayoría de estos sedimentos se colectaron en el talud continental y en los flancos de los cañones submarinos La Necesidad y Petacalco, a profundidades superiores a 200 m. Las muestras 47 y 57 se obtuvieron de la plataforma continental a 45 m de profundidad (Fig. 7, Tabla 1).

El contenido de arena varió entre 23 y 43%, con valor promedio aritmético igual a 34%, aproximadamente (Cuadro 7). Los porcentajes menores de este componente correspondieron con los sedimentos limo arcillo arenosos y los mayores con los areno limo arcillosos. El limo fluctuó entre 31 y 48% y la arcilla estuvo comprendida desde 20 a 35%. Debido a la variedad de tipos litológicos incluidos en este grupo textural, el valor medio aritmético de cada componente granulométrico y parámetro estadístico exhibió gran desviación estandar.

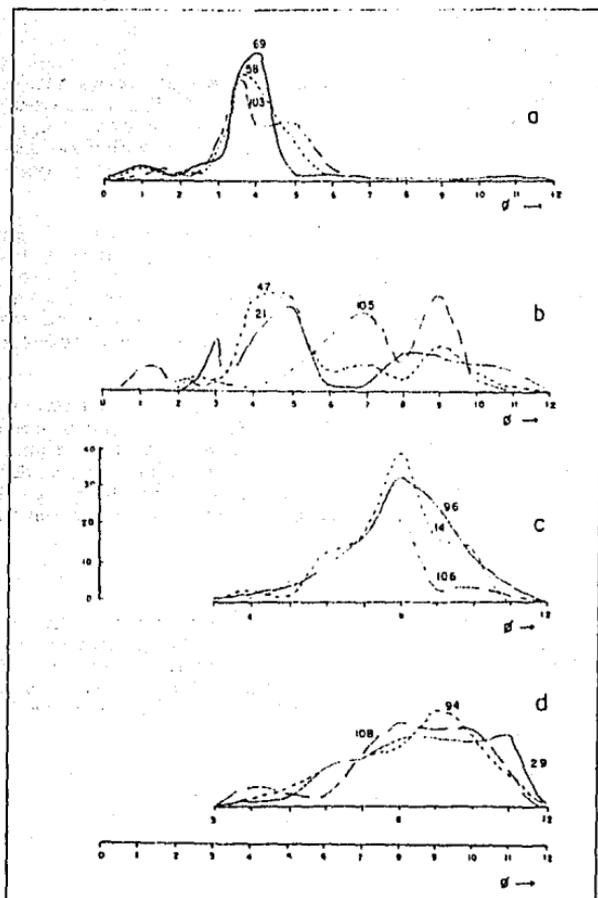


FIGURA 23. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES ARENOSOS, ARENO LIMO ARCILLOSOS, LIMO ARCILLOSOS Y ARCILLO LIMOSOS

La distribución de frecuencia del contenido de arena (Fig. 22 b), estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 6.77% ; fue asimétrica hacia los sedimentos con menor cantidad de arena ( $Sk_1$ : -0.11), platicúrtica ( $K'_0$ : 0.40) y polimodal, con tres modos de los cuales dos fueron de igual frecuencia, 28% y un tercero, con 14% de frecuencia.

La distribución de frecuencia del limo (Fig. 22 b) fue unimodal, extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 5.50%), asimétrica hacia los materiales menos limosos ( $Sk_1$ : -0.19), y platicúrtica. En el contenido de arcilla, la distribución de frecuencia estuvo extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 4.83%), asimétrica hacia los porcentajes mayores de arcilla ( $Sk_1$ : 0.13), muy leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.64) y bimodal (Fig. 22 b).

Para la identificación de grupos texturales, Inman (1952) sugirió correlacionar al diámetro promedio gráfico de los granos con los índices de clasificación y de asimetría. En la figura 24 se mostraron los resultados tenidos al aplicar este criterio, modificado al incluir a la curtosis transformada y al 5% más grueso de cada distribución. Se distinguieron los siguientes grupos texturales:

#### Grupo I.

Correspondió con las arenas de grano fino y muy fino. Se analizaron dos muestras con diámetro promedio gráfico comprendido entre 2.87 y 3.08  $\phi$  (137 y 118 micras). Fueron sedimentos mal clasificados,  $\sigma_n$ : 2.00 a 3.74  $\phi$  (250 a 75 micras), casi simétricos y asimétricos hacia los tamaños finos ( $Sk_1$ : -0.03 y 0.64), platicúrticos y leptocúrticos ( $K'_0$ : 0.41 y 0.57).

De acuerdo a las sugerencias de Shepard (1954) y Folk (1953), los sedimentos de este grupo textural fueron identificados como arenas limosas y arenas lodosas, respectivamente (Figs. 15, 16). Su distribución de frecuencia fue polimodal con mala clasificación (Fig. 18 a, muestras 101, 111).

#### Grupo II.

Incluyó cinco muestras de arena de grano muy fino, Mz: 3.27 a 3.52  $\phi$  (104 a 87 micras), mal y muy mal clasificadas,  $\sigma_n$ : 0.72 a 1.52  $\phi$  (0.61 mm a 349 micras), que variaron desde asimétricas hacia los tamaños gruesos hasta asimétricas hacia los tamaños finos ( $Sk_1$ : -0.18 a 0.47) y fueron muy leptocúrticas ( $K'_0$ : 0.64 a 0.75) (Fig. 24). La posición de estos sedimentos en los diagramas de las figuras 15 y 16 correspondió con la región de las arenas (Tabla 3).

La distribución de frecuencia de los componentes granulométricos de los sedimentos en este grupo textural, presentó las características siguientes:

En la arena fue bimodal, extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 6.08%), asimétrica hacia los porcentajes inferiores de arena ( $Sk_1$ :

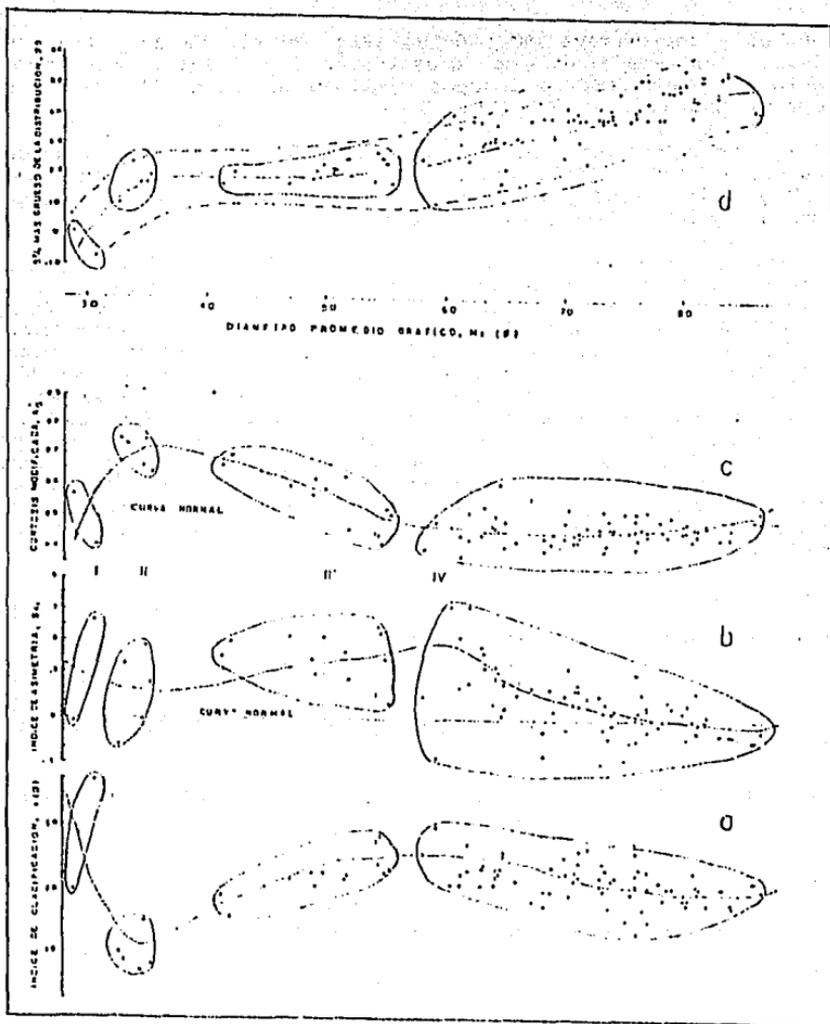


FIGURA 24. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES AL CORRELACIONAR AL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO CON LOS INDICES DE CLASIFICACION Y ASIMETRIA ASI COMO CON LA CURTOSIS TRANSFORMADA

:-0.20) y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.58) (Fig. 25 a). La del limo fue bimodal, extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 6.13%), asimétrica hacia los sedimentos con mayor cantidad de limo ( $Sk_1$ : 0.21) y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.57) (Fig. 25 a).

El diámetro promedio gráfico,  $Mz$ , tuvo un rango de variación pequeño e igual a  $\frac{1}{2} \phi$  (0.84 mm), habiendo estado comprendido entre 3.27 y 3.52  $\phi$  (104 y 87 micras). Su distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.10  $\phi$  (0.93 mm).

La distribución de frecuencia del índice de clasificación,  $\sigma$ , estuvo comprendida entre 0.72 y 1.52  $\phi$  (61 mm y 349 micras), con valor medio aritmético igual a 0.99  $\phi$  (0.50 mm) y estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.31  $\phi$  (0.81 mm) (Cuadro 8). Fue muy asimétrica hacia los sedimentos mal clasificados ( $Sk_1$ : 0.42) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.50). Tuvo dos modos bien diferenciados; el primero, con 40% de frecuencia, correspondió con las arenas moderadamente clasificadas y, el segundo, con las mal clasificadas (Fig. 25 b). Las curvas de distribución de frecuencia de tres muestras selectas de arena (Fig. 23 a, estaciones 58, 69 y 103), mostraron las características texturales siguientes: a) asimetría negativa en las dos primeras y positiva en la tercera; b) moderadamente clasificadas la primera y la última y mal clasificada la segunda; y c) muy leptocúrticas.

### Grupo III.

Representado por trece muestras de limo de grano grueso a medio,  $Mz$ : 4.13 a 5.55  $\phi$  (57 a 21 micras), mal y muy mal clasificado,  $\sigma$ : 1.61 a 2.89  $\phi$  (328 a 135 micras), asimétrico y muy asimétrico hacia los tamaños finos ( $Sk_1$ : 0.10 a 0.60) y que variaron de platicúrticos a muy leptocúrticos ( $K'_0$ : 0.42 a 0.70) (Fig. 23, Cuadro 9).

Por su contenido de arena, limo y arcilla, estos sedimentos oscilaron entre las arenas limosas y los limos areno arcillosos de la figura 15 y de la Tabla 3.

La distribución de frecuencia del contenido de arena, comprendida entre 24 y 62 %, con valor medio aritmético igual a 41.68% y desviación estandar,  $\sigma_n$ : 11.85%, estuvo extremadamente mal clasificada y fue casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.10) y muy platicúrtica ( $K'_0$ : 0.38) (Cuadro 9, Fig. 26 a).

En el limo, la distribución de frecuencia estuvo mal clasificada,  $\sigma_n$ : 9.87%; fue casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.06) y platicúrtica ( $K'_0$ : 0.40). Por último, la distribución de frecuencia del contenido de arcilla en los limos de grano grueso a medio estuvo extremadamente clasificada ( $\sigma_n$ : 5.56%); fue asimétrica hacia los sedimentos más arcillosos ( $Sk_1$ : 0.20) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.48) (Fig. 26 a, Cuadro 9).

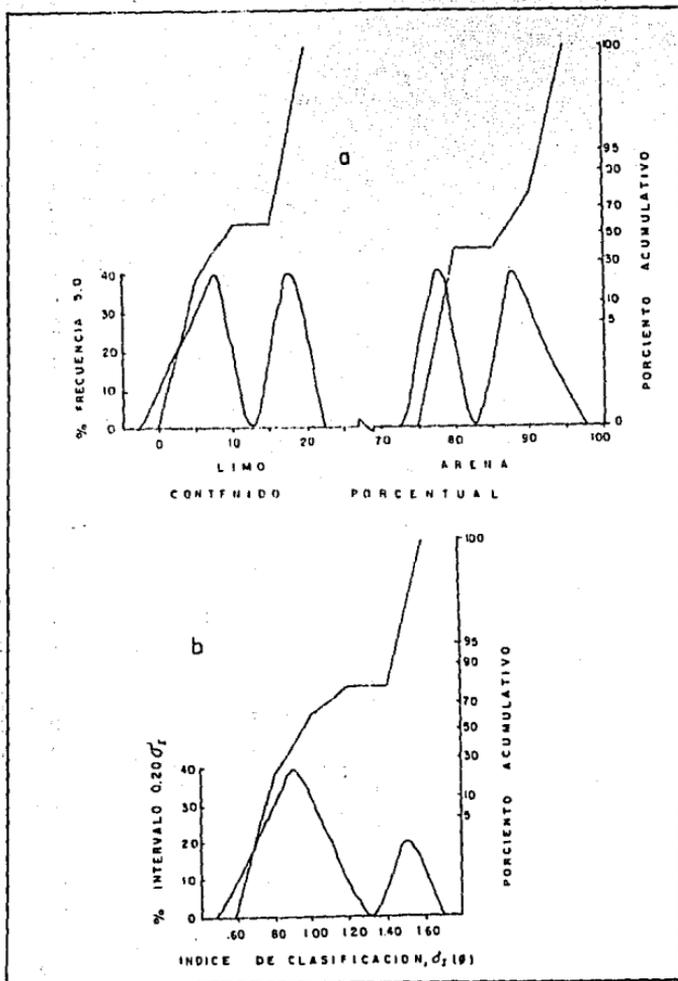


FIGURA 25. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL CONTENIDO DE ARENA Y LIMO (a) Y DEL INDICE DE CLASIFICACION (b), EN EL GRUPO TEXTURAL II

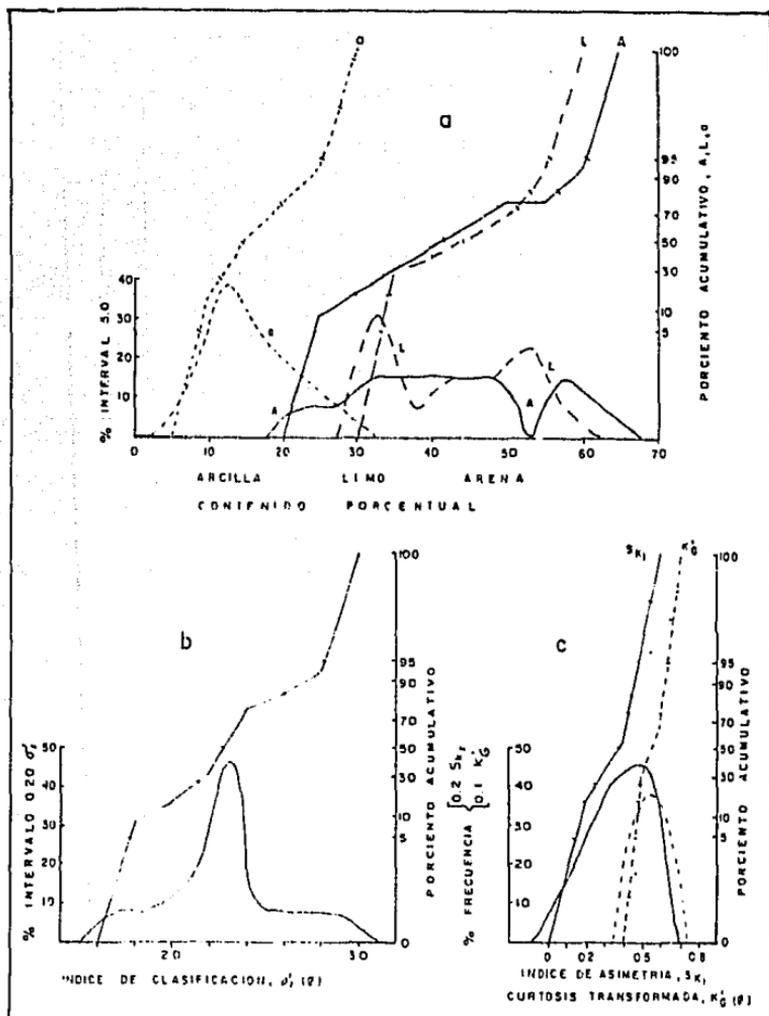


FIGURA 26. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE: a) EL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA; b) INDICE DE CLASIFICACION; y c) INDICE DE ASIMETRIA Y CURTOSIS TRANSFORMADA, EN EL GRUPO TEXTURAL III

En los sedimentos de este grupo textural, el diámetro promedio gráfico osciló entre 4.13 y 5.55  $\phi$  (57 y 21 micras) y tuvo un valor medio aritmético igual a 5.04  $\phi$  (30 micras) que correspondió con los limos de grano medio. Su distribución de frecuencia estuvo bien clasificada,  $\sigma_n: 0.48$  (0.72 mm) (Cuadro 9).

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , comprendido entre 1.61 y 2.89  $\phi$  (328 y 135 micras), con la mayoría de los valores dispuestos entre 1.95 y 2.60  $\phi$  (259 y 165 micras), varió de mal a muy mal clasificado con valor medio aritmético de 2.28  $\phi$  (206 micras) (Cuadro 9). Su distribución de frecuencia (Fig. 26 b), tuvo muy buena clasificación,  $\sigma_n: 0.33$   $\phi$  (0.80 mm), fue casi simétrica ( $Sk_1: 0.08$ ), muy leptocúrtica ( $K'_c: 0.62$ ) y polimodal con el modo principal (Mo) dispuesto entre 2.20 y 2.40  $\phi$  (218 y 190 micras). El índice de asimetría,  $Sk_1$ , de los limos de grano grueso a fino, fluctuó entre 0.10 y 0.60, con valor medio aritmético igual a 0.40 y desviación estándar de 0.15 (Cuadro 9). La distribución de frecuencia del  $Sk_1$  (Fig. 26 c) estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n < 0.35$ ; fue muy asimétrica hacia los valores de  $Sk_1$  menores de 0.4 y leptocúrtica ( $K'_c: 0.67$ ). La curva de frecuencia tuvo un modo entre 0.40 y 0.60 de  $Sk_1$ , con 46% de frecuencia, que fue igual al de la media aritmética y al de la mediana.

La distribución de frecuencia de  $K'_c$  (Fig. 26 c), estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n: 0.09$ ; fue simétrica ( $Sk_1$ : cero) y muy leptocúrtica ( $K'_c: 0.62$ ). La curva de frecuencia fue unimodal y casi normal, con 70% de los valores entre 0.47 y 0.65.

#### Grupo IV.

Representó a los limos de grano medio, fino y muy fino, así como a las arcillas de grano grueso, con diámetro promedio gráfico comprendido entre 5.81 y 8.62  $\phi$  (18 y 2.5 micras), mal y muy mal clasificados,  $\sigma_1: 1.38$  a 3.02  $\phi$  (384 a 123 micras), muy asimétricos hacia los tamaños gruesos y finos ( $Sk_1: -0.28$  a 0.73) y que variaron de muy platocúrticos a muy leptocúrticos. Correspondieron principalmente con los limos arcillosos, 76%, y con las arcillas limosas, 17% (Fig. 15) y con los lodos y los lodos arenosos de la figura 16. Fue el grupo de mayor distribución en la superficie deltáica submarina y estuvo formado por 70 muestras sedimentarias que significaron el 78% del muestreo (Tabla 3).

El contenido de arena osciló entre 0.5 y 39% (Cuadro 10), con los valores para la media aritmética y la desviación estándar,  $\sigma_n$ , siguientes: 7.53 y 7.31 % respectivamente. La distribución de frecuencia (Fig. 27 a) estuvo extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n > 4.0$ ), fue simétrica ( $Sk_1$ : cero) y platocúrtica ( $K'_c: 0.46$ ).

El limo varió desde 36 hasta 75% y el valor medio aritmético fue igual a 54.76%. La distribución de frecuencia (Fig. 27 a) se mostró extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n: 9.25\%$ ), casi simétrica ( $Sk_1: 0.02$ ) y mesocúrtica ( $K'_c: 0.51$ ).

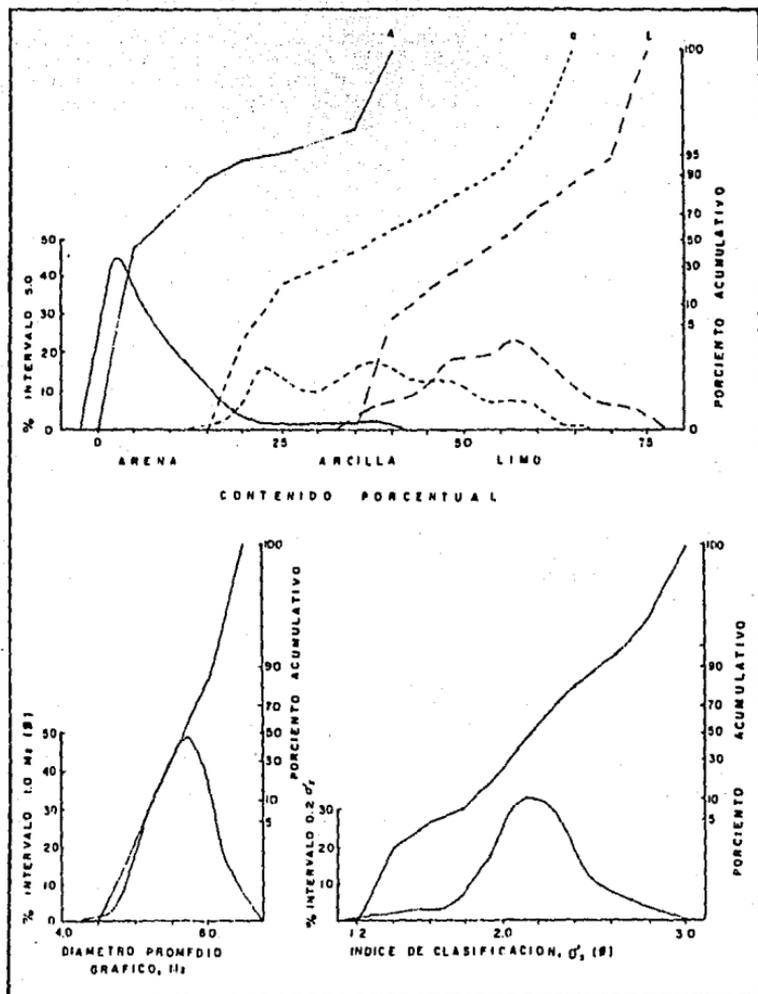


FIGURA 27. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE: a) EL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA; b) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; y c) INDICE DE CLASIFICACION, EN EL GRUPO TEXTURAL IV

La distribución de frecuencia de la arcilla (Fig. 27 a), estuvo extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 11.75%); fue simétrica ( $Sk_1$ : cero) y leptocúrtica ( $K'_g$ : 0.46) (Cuadro 10).

El rango de variación del diámetro promedio gráfico fue de casi tres unidades  $\phi$  (125 micras), habiendo estado comprendido entre 5.81 y 8.62  $\phi$  (18 y 2.5 micras), con media aritmética igual a 7.25  $\phi$  (6.6 micras) y que correspondió con los granos de limo muy fino, según Wentworth (1922) (Cuadro 10). La distribución de frecuencia del Mz (Fig. 27 b) mostró que el conjunto de valores estuvo moderadamente clasificado,  $\sigma_n$ : 0.71  $\phi$  (0.61 mm), que fue simétrico ( $Sk_1$ : -0.02) y leptocúrtica ( $K'_g$ : 0.56). La curva de frecuencia fue unimodal y se aproximó a la normal por lo que dos terceras partes de los datos se localizaron entre 6.55 y 7.95  $\phi$  (10.5 y 4.0 micras), con el modo igual a 7.27  $\phi$  (6.5 micras); esta posición del modo fue casi simétrica respecto a los valores de la media y la mediana: 7.25 y 7.30  $\phi$  (6.57 y 6.35 micras), respectivamente.

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , estuvo comprendido entre 1.38 y 3.00  $\phi$  (384 y 125 micras), con media aritmética de 2.18  $\phi$  (221 micras) y con desviación estandar,  $\sigma_n$ , igual a 0.29  $\phi$  (0.82 mm), por lo que los valores del índice de clasificación en el conjunto estuvieron muy bien clasificados (Cuadro 10). La distribución de frecuencia (Fig. 27 c), fue simétrica ( $Sk_1$ : cero), mesocúrtica ( $K'_g$ : 0.48) y casi normal, con el modo principal o moda igual a 2.21  $\phi$  (216 micras), con el 66% de los valores situados entre 1.90 y 2.50  $\phi$  (268 y 177 micras).

El índice de asimetría,  $Sk_1$ , osciló entre -0.28 y 0.73; el valor medio aritmético fue 0.10, con 0.21 de desviación estandar, por lo que los valores de  $Sk_1$  estuvieron muy bien clasificados (Cuadro 10). La distribución de frecuencia fue asimétrica hacia los valores positivos ( $Sk_1$ : 0.24), leptocúrtica ( $K'_g$ : 0.58) y unimodal con la moda ubicada a 0.07 de  $SK_1$ , hacia la izquierda de la media aritmética y de la mediana (Fig. 28 a). El 33% de la información tuvo asimetría negativa, comprendida desde 0.02 a 0.28, con el 56% casi simétrico ( $Sk_1$ : -0.1) (Tabla 4). El 67% de los datos mostró asimetría positiva, que varió de cero a 0.73 y que, con valor medio aritmético igual a 0.20, tuvo una muy buena clasificación,  $\sigma_n$ : 0.16.

La curtosis transformada,  $K'_g$ , en el grupo textural IV, tuvo un rango de variación de 0.23, entre los límites 0.38 y 0.61, con la mayoría de los valores comprendidos desde 0.43 hasta 0.51 y media aritmética igual a 0.47 (Cuadro 10). La distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_n$ : 0.04), fue casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.07), muy leptocúrtica ( $K'_g$ : 0.60) y unimodal con la moda igual a 0.46 (Fig. 28 b).

Las curvas de distribución de frecuencia de muestras selectas de los sedimentos limo arcillosos (Fig. 23 c; Fig. 29 a,b,c), mostraron diferencias texturales substanciales. Las primeras fueron polimodales, con el modo principal igual a 8.0  $\phi$  y dos modos secundarios correspondientes a 6.0 y 10  $\phi$ , con tendencia a ser

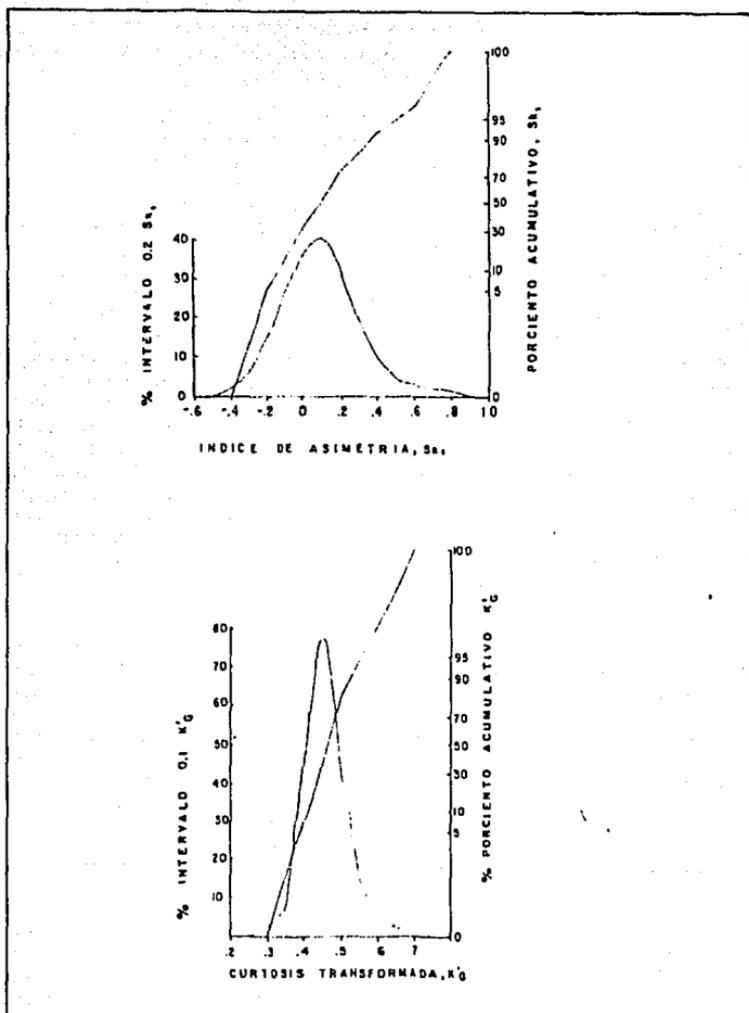


FIGURA 28. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE: a) EL INDICE DE ASIMETRIA; y b) LA CURTOSIS TRANSFORMADA, EN EL GRUPO TEXTURAL IV

leptocúrticas. Las segundas fueron mesocúrticas o platicúrticas; preferentemente bimodales, con los dos modos semejantes entre sí, situados en el rango de los limos de grano medio y de las arcillas de grano grueso. Los sedimentos arcillo limosos (Fig. 23 d, estaciones 29, 94 y 108; Fig. 29 c, estación 76), fueron polimodales, con el modo principal dispuesto hacia las arcillas de grano grueso (Fig. 29 d), mesocúrticas y muy asimétricas hacia la fracción más gruesa de la distribución que, hacia el Cañón Calabazas, fue francamente arenosa (muestra 108).

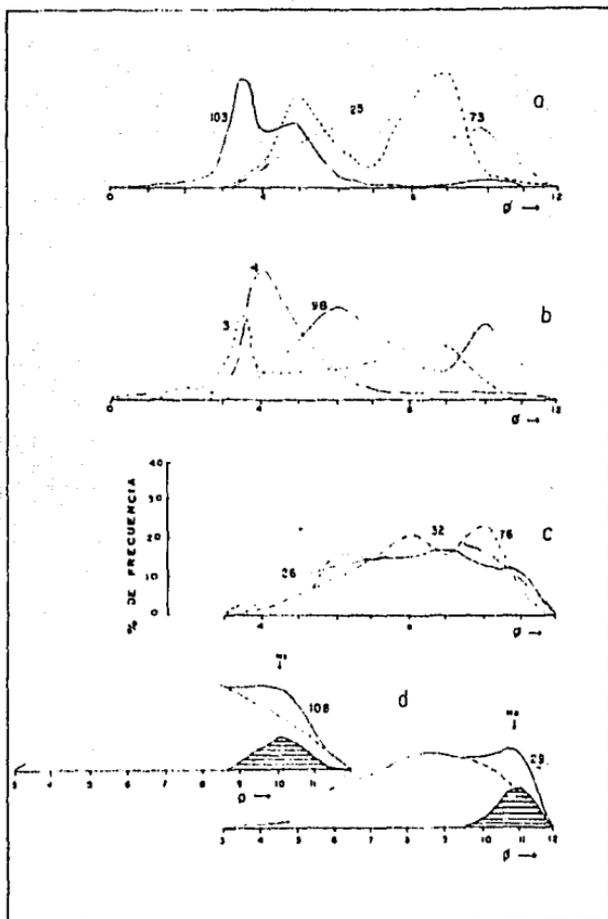


FIGURA 29. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES

### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES.

Se analizaron 408 muestras de materiales obtenidos de los núcleos colectados a profundidades de 20 a 930 m, en las estaciones oceanográficas de la figura 7. La característica textural distintiva de las muestras analizadas fue su naturaleza lodosa. El 85% de los sedimentos tuvieron arena en porcentajes inferiores al 10%, solo en tres muestras fue superior al 50%. Los sedimentos con porcentajes superiores al 75% de limo o arcilla fueron escasos y representaron el 9 y 1% del muestreo, respectivamente (Fig. 30, Tabla 5). En los diagramas ternarios de las figuras 31 a 34, elaborados de acuerdo a Shepard (1954), se determinaron siete grupos texturales que variaron desde las arenas limosas hasta las arcillas. Destacó el predominio de los limos arcillosos, 56%, y de las arcillas limosas, 38%, así como la ausencia de arenas (sedimentos con 75% o más de granos de arena) (Fig. 31). Las arenas limosas y los limos arenosos representaron el 4% de la población. Los materiales con dos componentes dominantes y otro subordinado, oscilaron entre las arenas limo arcillosas y las arenas arcillo limosas, constituyeron el 2% del muestreo efectuado (Tabla 5). La mayor variedad textural se tuvo en los núcleos 11 y 67 (Figs. 31 y 33), colectados frente a la Bahía de Petacalco y la Playa Eréndira, a 770 y 175 m de profundidad, respectivamente.

En los núcleos analizados, el contenido de arena varió apreciablemente desde casi cero hasta 59% (Tabla 5), con valor medio aritmético igual a 22.75%. La desviación estandar, 8.60%, indicó que el contenido de arena estuvo extremadamente mal clasificado (Cuadro 11). La distribución de frecuencia (Fig. 35), fue muy asimétrica, con sesgo positivo hacia los sedimentos con porcentajes de arena superiores al 10% ( $Sk_1$ : 0.73) y fue muy leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.71), con el 70% de los elementos del conjunto comprendidos entre 0.1 y 5.0%.

La distribución de frecuencia del contenido de limo fue unimodal y osciló entre 17.4 y 86%, el valor medio aritmético fue 50.41% (Cuadro 11); estuvo extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 11.05%), fue casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.07) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.48). El 70% de los elementos del conjunto se tuvo entre 40 y 60% de limo (Fig. 35).

La arcilla fue el constituyente que mostró el mayor rango de variación, 72%, habiendo fluctuado desde 4 hasta 76% (Cuadro 11). Su distribución de frecuencia estuvo mal clasificada,  $\sigma_n$ : 13.74%; fue asimétrica hacia los sedimentos con menor contenido de arcilla ( $Sk_1$ : -0.21) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.48) (Fig. 35). La curva de frecuencia fue polimodal, con tres modos bien diferenciados entre 25-30, 45-50 y 55-60%.

El diámetro promedio,  $M_z$ , varió de 3.66 a 9.44  $\phi$  (79 a 1.4 micras) (Cuadro 11, Tabla 3), con la mayoría de los valores comprendidos entre 6.3 y 2.2  $\phi$  (13 y 3.4 micras). La distribución de frecuencia fue unimodal (Fig. 36 a), con valor medio aritmético de 7.30  $\phi$  (6.4

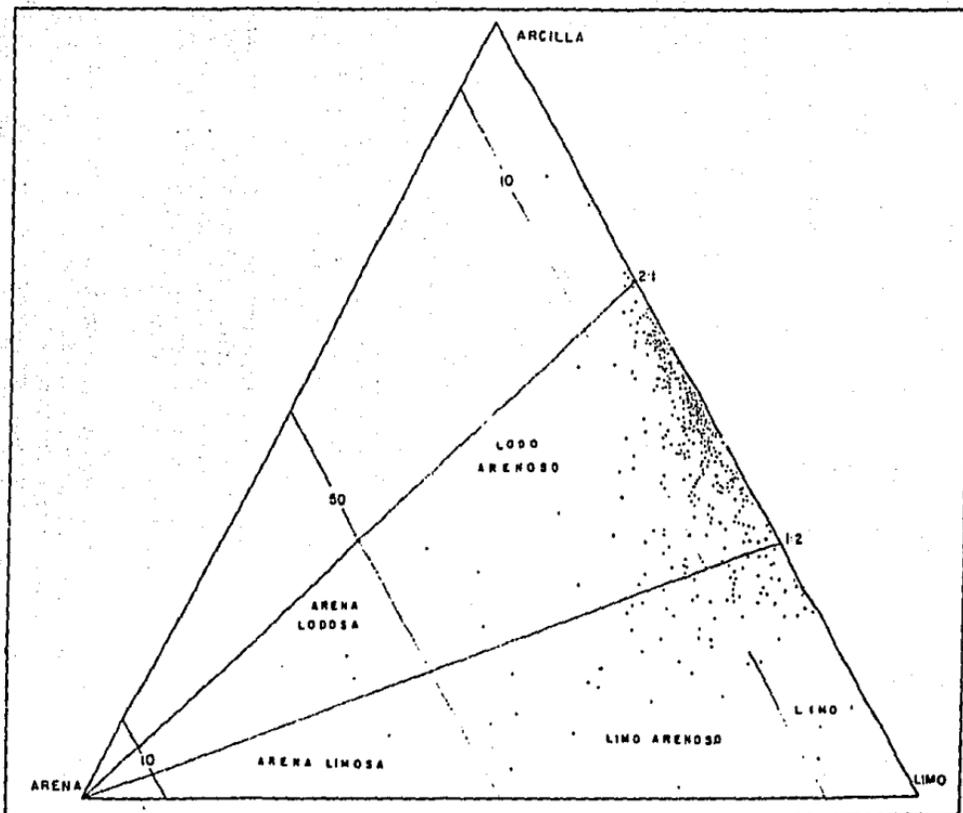


FIGURA 30. POSICION DE LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES EN EL DIAGRAMA TERNARIO PROPLESTO POR FOLK (1954)

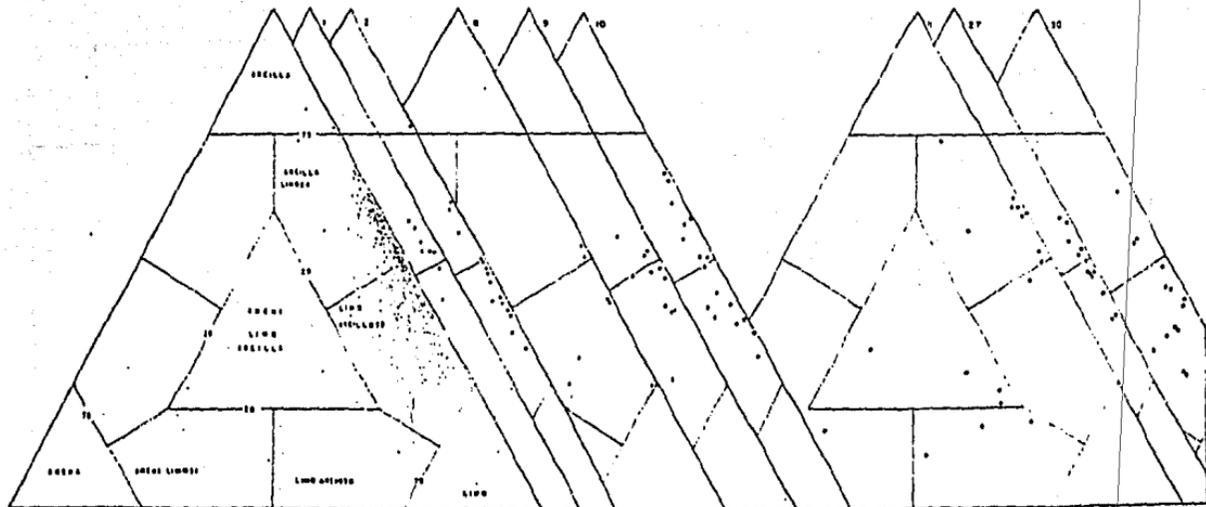


FIGURA 31. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES, SEGUN EL CRITERIO DE SHEPARD (1954). NUCLEOS: 1, 2, 8, 9, 10, 11, 27 y 30

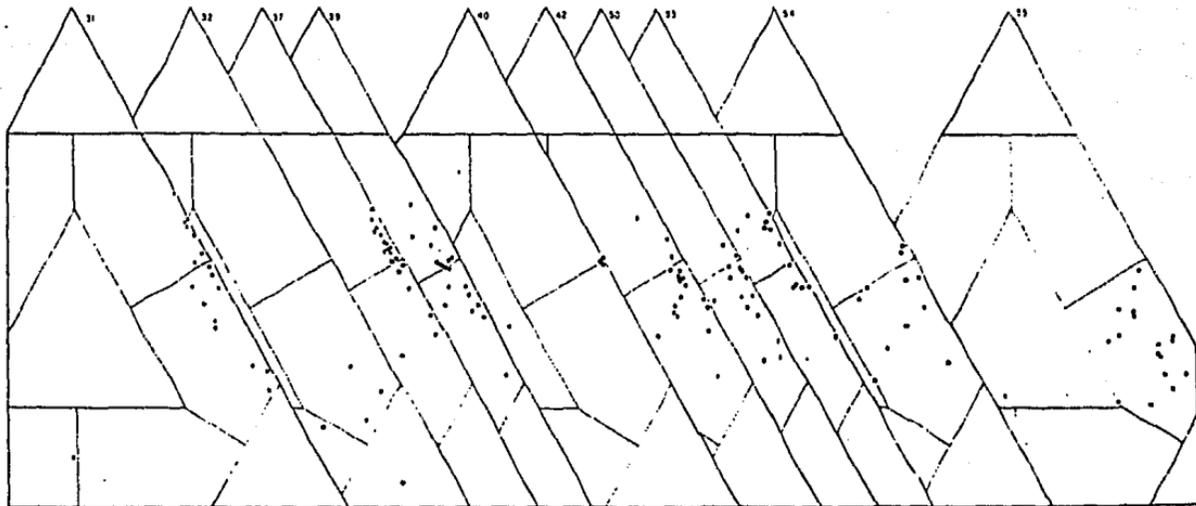


FIGURA 32. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES, SEGUN EL CRITERIO DE SHEPARD (1954). NUCLEOS: 31, 32, 37, 39, 40, 42, 50, 53, 54 Y 55

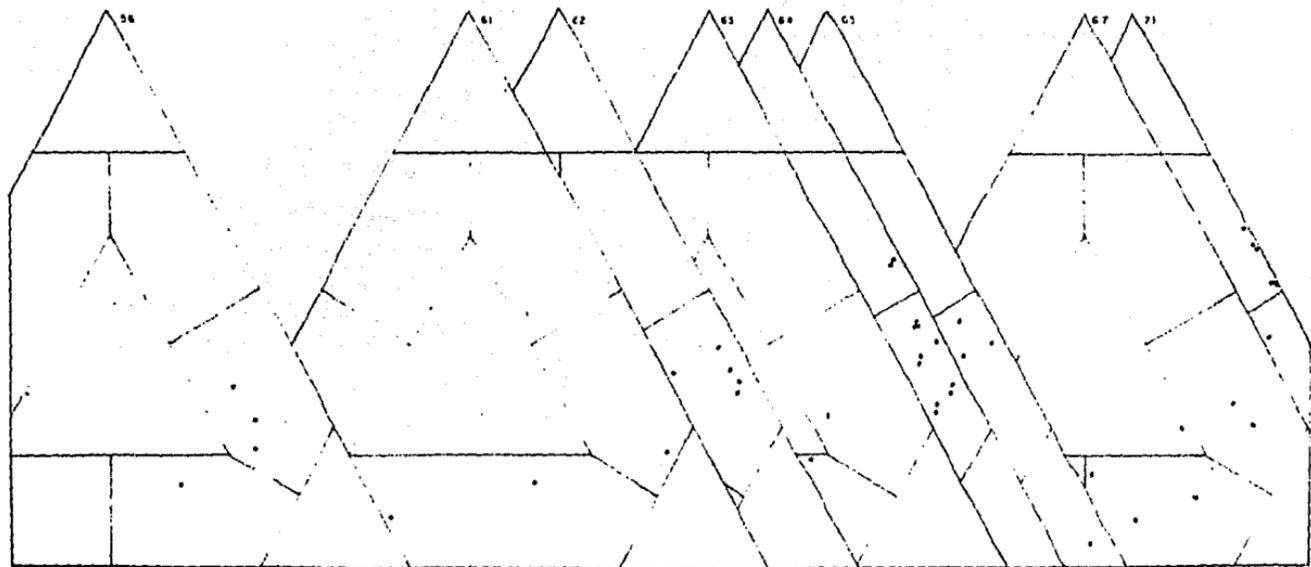


FIGURA 33. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES, SEGUN EL CRITERIO DE SHEPARD (1954). NUCLEOS: 56, 61, 62, 63, 64, 65, 67 Y 71

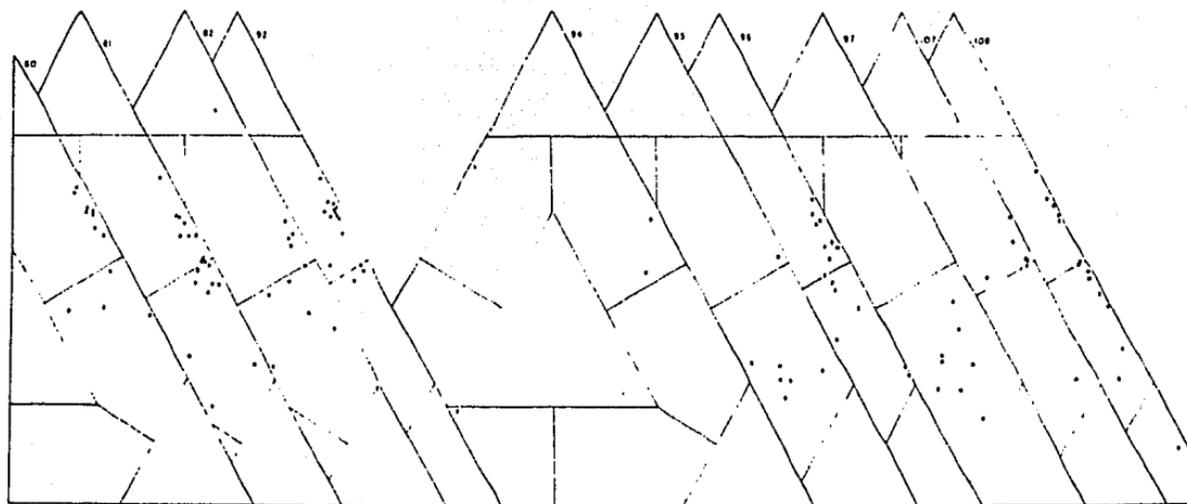


FIGURA 34. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES, SEGUN EL CRITERIO DE SHEPARD (1954). NUCLEOS: 80, 81, 82, 92, 94, 95, 96, 97, 107 Y 108

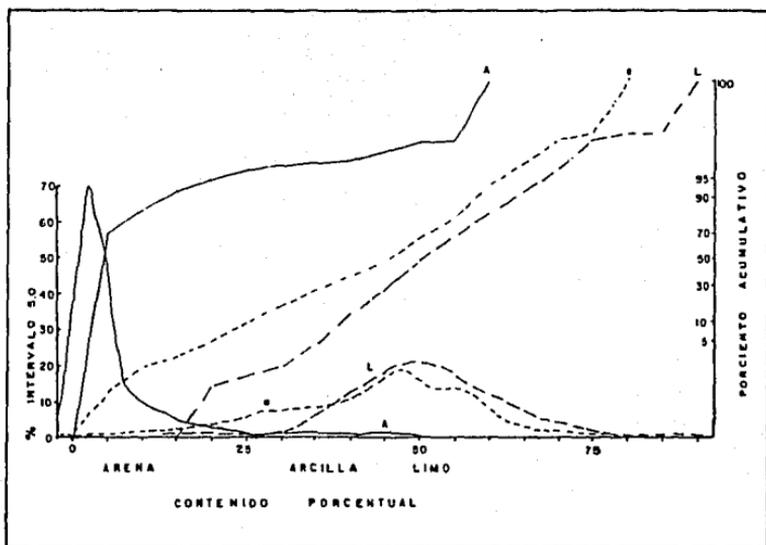


FIGURA 35. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES.

micras); moderadamente clasificada,  $\sigma_n$  0.96  $\phi$  (0.51 mm) y asimétrica hacia los tamaños gruesos ( $Sk_1$ : -0.16) y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.58).

El índice de clasificación osciló desde 1.23 hasta 4.12  $\phi$  (426 a 57 micras), por lo que en conjunto los sedimentos variaron de mal a muy mal clasificados, con el 55% de los valores comprendidos entre 1.80 y 2.35  $\phi$  (287 y 196 micras). La distribución de frecuencia (Fig. 36 b) fue unimodal, casi normal, con valor medio aritmético igual a 2.07  $\phi$  (238 micras), muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.28  $\phi$  (0.82 mm), casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.04) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.50).

El índice de asimetría osciló entre -0.56 y 0.57 (Tabla 3); su distribución fue casi normal (Fig. 36 c), con valor medio aritmético igual a -0.06 e índice de clasificación,  $\sigma_n$ , de 0.18 (Cuadro 11). La distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada, fue casi simétrica ( $Sk_1$ : -0.08) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.53), con 78% de los elementos del conjunto comprendidos entre -0.20 y 0.20. El 33% de los sedimentos tuvieron simetría comprendida entre -0.01 y -0.56, con la mayor parte de los valores, 80%, no mayores de -0.20; su distribución de frecuencia fue muy leptocúrtica, asimétrica y moderadamente clasificada.

La distribución de frecuencia de la curtosis transformada,  $K'_0$ , en el conjunto de los sedimentos subsuperficiales, fue casi normal (Fig. 36 d), comprendida entre 0.33 y 0.69 (Cuadro 11, Tabla 6), con valor medio aritmético,  $\bar{x}$ , de 0.41; estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_n$ : 0.06), casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.08) y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.57). La mayor parte del conjunto, 56%, estuvo comprendida entre 0.35 y 0.47, formada por sedimentos platicúrticos y muy platicúrticos; los materiales mesocúrticos representaron el 31% y los leptocúrticos o muy leptocúrticos formaron al 13% restante.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico de los grupos texturales establecidos al correlacionar al contenido porcentual de arena, limo y arcilla, fueron los siguientes (Figs. 30, 31):

#### Grupo Arenoso.

Los escasos materiales cuyo componente dominante fue la arena, 1.5% del conjunto muestreado (Tabla 5), comprendieron a los sedimentos areno limosos, areno limo arcillosos y areno arcillo limosos (Figs. 31 a 34 y 37), de naturaleza areno lodosa o areno limosa (Fig. 30). El contenido de arena fue de 40 a 59% (Cuadro 12, Tabla 5). Se les identificó en los núcleos 31, 55, 61 y 94 (Fig. 7), en los que formaron capas delgadas, de 1 a 3 cm de espesor, intercaladas en sedimentos de grano fino o constituyendo secuencias de mayor espesor como en el núcleo 11.

El valor medio de cada parámetro estadístico fue el siguiente:  $M_1$ : 4.94  $\phi$  (32 micras);  $\sigma_1$ : 2.77  $\phi$  (15 micras);  $Sk_1$ : 0.32;  $K'_0$ : 0.47; y  $\phi_5$ : 1.36  $\phi$ . De lo anterior, el conjunto se formó por limos de grano grueso, muy mal clasificados, asimétricos hacia las partículas gruesas y platicúrticos (Fig. 37), con el valor medio

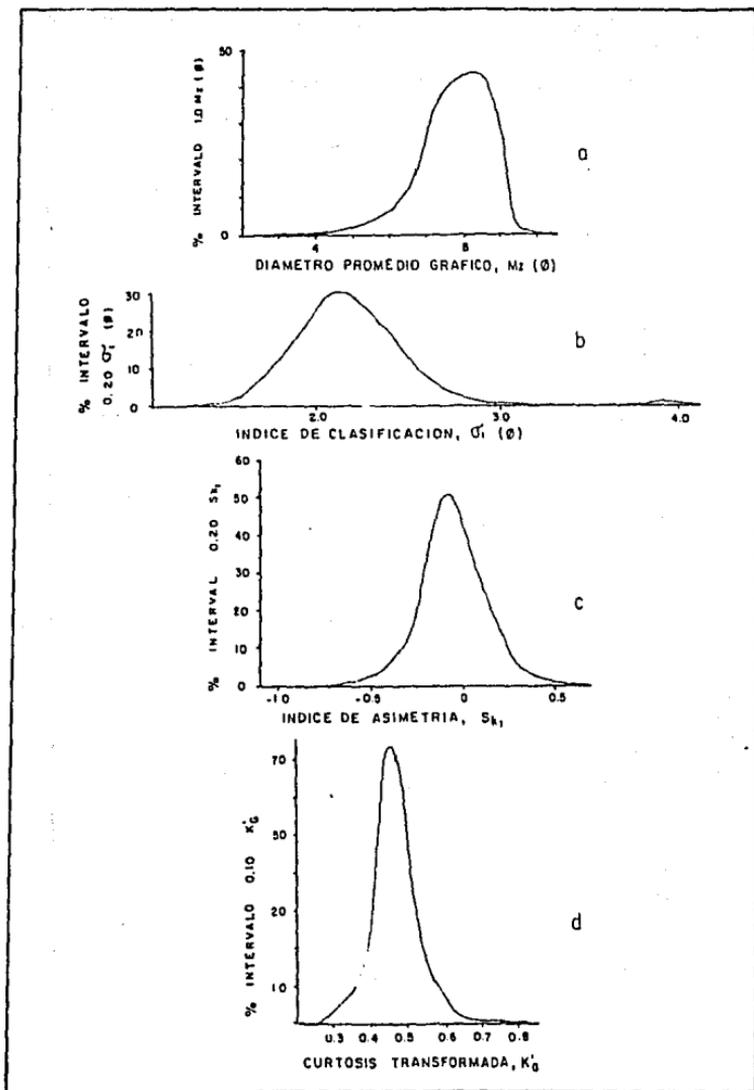


FIGURA 36. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, DE LOS INDICES DE CLASIFICACION Y ASIMETRIA Y LA CURTOSIS TRANSFORMADA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

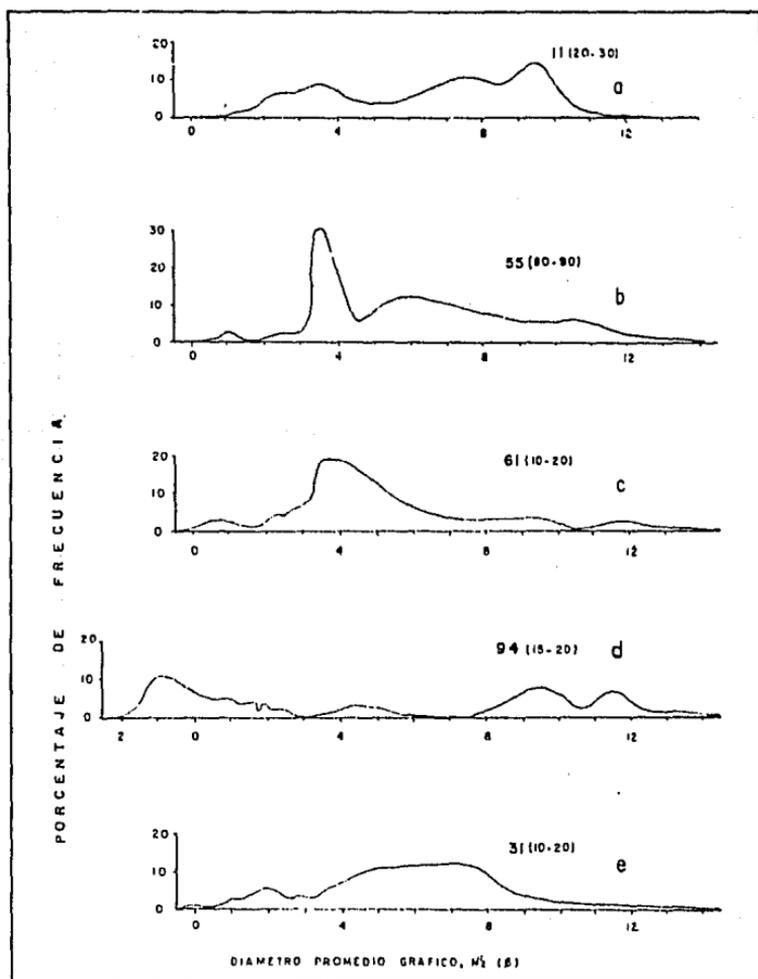


FIGURA 37. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS ARENOSOS SUBSUPERFICIALES

del 5% más grueso de la distribución igual a  $1.36 \phi$  (39 micras), equivalente a la arena de grano medio.

#### Grupo Limo Arenoso.

Los sedimentos limo arenosos representaron el 3% del muestreo realizado. Se les identificó en 11 muestras de los núcleos 11, 32, 56, 61, 63 y 67 (Figs. 31 a 34, Tabla 3). Los resultados obtenidos del valor medio de cada parámetro estadístico fueron los siguientes (Cuadro 13): a) diámetro promedio gráfico equivalente al de los limos de grano medio,  $M_z$ :  $5.30 \phi$  (25 micras); b) fueron sedimentos muy mal clasificados,  $\sigma_s$ :  $2.30 \phi$  (20 micras); c) predominio de partículas finas,  $Sk_i$ : 0.17; y d) leptocúrticos,  $K'_c$ : 0.54.

La distribución de frecuencia mostró amplia variabilidad en este grupo textural (Fig. 38). Se identificó un modo principal comprendido entre 5 y  $6 \phi$  (31 y 15 micras) que correspondió con el modo de los limos. La mayoría de los sedimentos ilustrados en esta figura fueron: a) asimétricos hacia los tamaños finos, exceptuando al de la figura 38 b, que fue simétrico; b) muy mal clasificados, omitiendo al sedimento de la figura 38 f, mejor clasificado; y c) limos de grano medio,  $M_z$ : 5.35 a  $5.70 \phi$  (24.5 a 19 micras).

#### Grupo Limoso.

Los sedimentos limosos casi puros fueron escasos (Figs. 31 a 34), y el contenido porcentual promedio de limo varió de 75 a 86%, se les identificó en tres muestras de los núcleos 32, 82 y 108 (Fig. 7), a las siguientes profundidades de sepultamiento: 20-30, 5-10 y 140-150 cm, respectivamente, donde constituyeron delgadas capas de hasta 1.0 cm de espesor inter estratificados en sedimentos limo arcillosos. Fueron sedimentos mal clasificados ( $\sigma_s$ : 1.23 a  $1.98 \phi$ ), muy asimétricos hacia los tamaños gruesos ( $Sk_i$ : 0.28 a 0.52) y muy leptocúrticos (Fig. 39), a excepción de la muestra del núcleo 108 que fue leptocúrtica (Fig. 39 h).

El diámetro promedio gráfico varió ampliamente, habiendo estado comprendido entre  $4.93$  y  $7.40 \phi$  (33 y 6 micras) (Tabla 6), con valor medio igual a  $6.28 \phi$  (13 micras). El 5% más grueso de la distribución varió de  $2.65$  a  $4.88 \phi$  (159 a 34 micras).

Los limos de grano muy fino (Fig. 39 a) fueron los más arcillosos, con 24% (núcleo 82, intervalo 5-10 cm) y la distribución de frecuencia fue bimodal y muy leptocúrtica (Cuadro 14). En este grupo textural el modo principal correspondiente a los limos osciló entre 5 y  $7 \phi$  (31 y 7.8 micras) y el de las arcillas se ubicó a  $10 \phi$ , aproximadamente. La variabilidad en el contenido porcentual de limo fue amplia, habiendo sido de hasta el 13% del valor máximo de este componente.

Los valores obtenidos mostraron valores óptimos para la desviación estandar de los índices de clasificación y asimetría y de la curtosis transformada (Cuadro 14). La mayor amplitud en la variación de los valores respecto a la media aritmética se observó

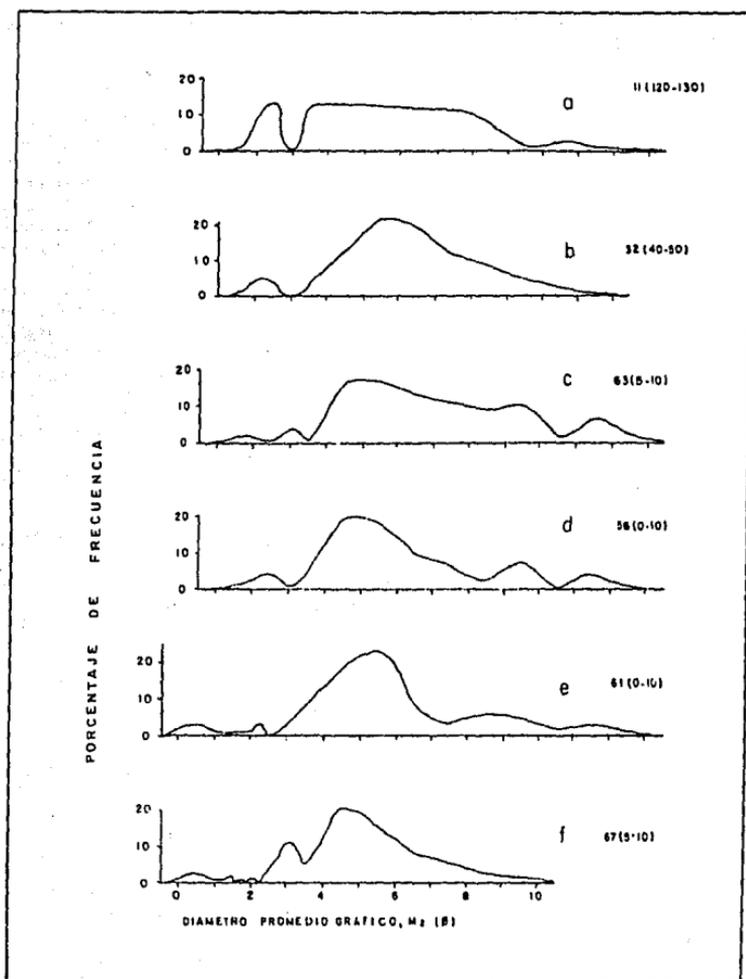


FIGURA 38. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS LIMO ARENOSOS SUBSUPERFICIALES

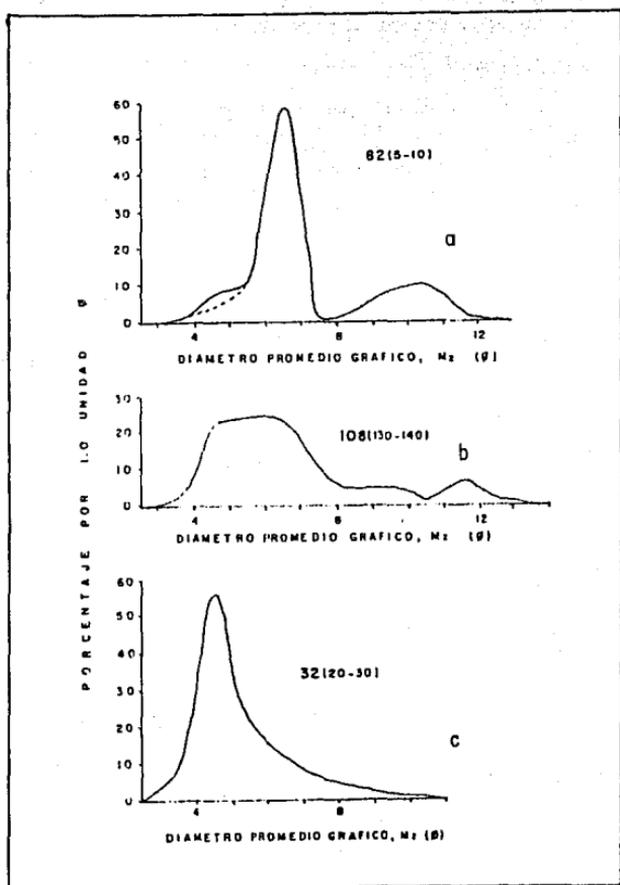


FIGURA 39. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS LIMOSO SUBSUPERFICIALES

en la arcilla, seguida por el limo y la arena.

#### Grupo Limo arcilloso.

Los limos arcillosos constituyeron el grupo textural de mayor distribución, habiéndose identificado en el 55% de las muestras analizadas (Figs. 31, Tabla 5). Fueron los lodos, limos y limos arenosos de la figura 30. En el 43% de los núcleos formaron a los materiales distintivos (Fig. 31: estaciones 2, 8, 9, 30; Fig. 32: estaciones 32, 42, 50, 54, 55; Fig. 33: 56, 62, 63, 64; Fig. 34: 95, 97). Su distribución comprendió preferentemente a la porción central del delta submarino.

Un rasgo textural característico en este grupo sedimentario fue el escaso contenido de arena (Cuadro 15); el 84% de las muestras tuvieron menos del 10% (Tabla 5). La distribución de frecuencia de la arena no fue normal, la mayoría de los valores estuvieron comprendidos entre 1.5 y 3.0%.

Los sedimentos limo arcillosos formaron depósitos importantes en los cuales el valor medio aritmético del limo y de la arcilla promedió 57 y 38%, respectivamente (Cuadro 15). La distribución de frecuencia del contenido porcentual del limo fue unimodal y asimétrico hacia los porcentajes mayores, con la mayoría de los valores comprendidos entre 50 y 62% (Fig. 40 a). El porcentaje de arcilla osciló entre 17 y 50%, aproximadamente, con valor medio de 38% (Cuadro 15); la distribución de frecuencia no fue normal y se identificaron dos modos distintivos a 25-30% y 42-47%.

El diámetro promedio gráfico de este grupo textural fluctuó desde 6.05 hasta 8.54  $\phi$  (151 a 2.7 micras), con valor medio aritmético de 7.49  $\phi$  (5.6 micras). La distribución de frecuencia del Mz fue casi normal (Fig. 40 b), unimodal con el modo principal igual a 7.75  $\phi$  (4.6 micras), asimétrica hacia las partículas gruesas (índice de asimetría igual a 0.62), moderadamente clasificada,  $\sigma_n$ : 0.62  $\phi$  (65 mm) y mesocúrtica ( $K'_s$ : 0.51), con las dos terceras partes de sus valores comprendidos entre 6.6 y 7.8  $\phi$  (10 y 4.5 micras). Los valores obtenidos para la desviación estandar y la varianza de la distribución de frecuencia del Mz, 0.55  $\phi$  y 0.30 respectivamente, fueron indicativos de la escasa dispersión de los valores con respecto al valor medio aritmético.

El rango de variación del índice de clasificación,  $\sigma_i$ , fue 1.42  $\phi$  (373 micras), habiendo oscilado entre 1.56 y 2.98  $\phi$  (340 y 126 micras), con valor medio igual a 2.20  $\phi$  (218 micras), por lo que los sedimentos variaron de mal a muy mal clasificados. La distribución de frecuencia del índice de clasificación fue casi normal (Fig. 40 c), unimodal ( $M_o$ : 2.3 a 2.5  $\sigma_i$ ), simétrica, bien clasificada (índice de clasificación: 0.28), y mesocúrtica ( $K'_s$ : 0.52). La dispersión de los valores de  $\sigma_i$ , con respecto a la media aritmética fue pequeña y se reflejó en los valores de la desviación estandar y la varianza: 0.27 y 0.07, respectivamente.

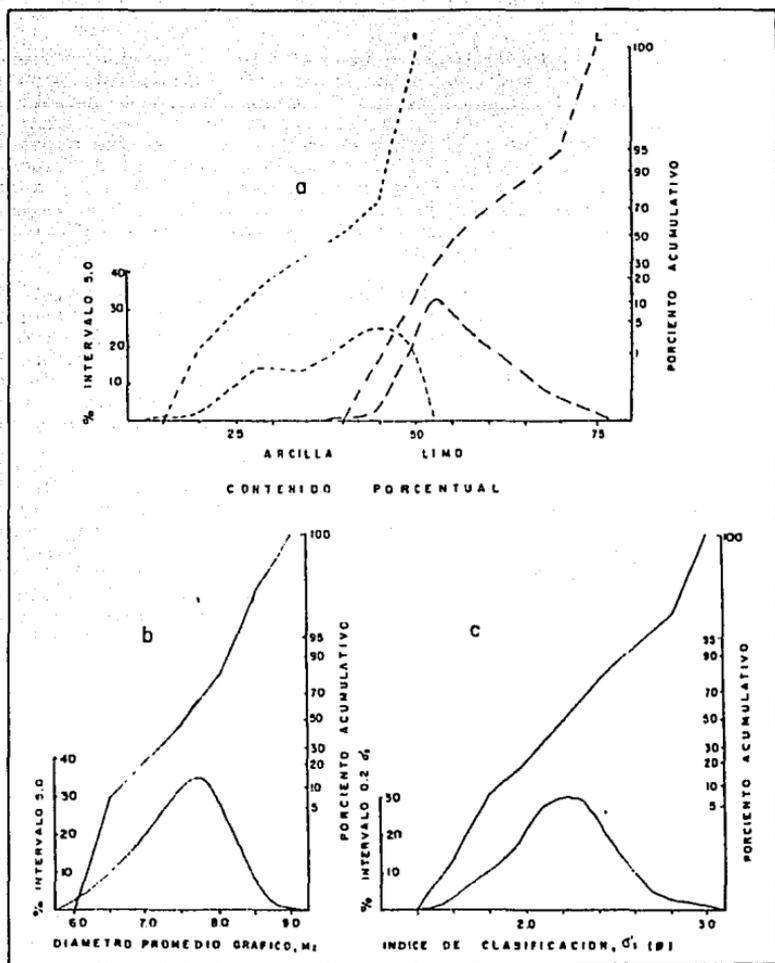


FIGURA 40. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE LOS SEDIMENTOS LIMO ARCILLOSOS SUBSUPERFICIALES; a) CONTENIDO DE LIMO Y ARCILLA; b) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; y c) INDICE DE CLASIFICACION

El valor de  $S_k$ , varió de -0.22 a 0.86 (Tabla 6), es decir, desde asimétrico hacia los sedimentos con mayor índice de asimetría hasta muy asimétrico hacia los sedimentos con menor índice de asimetría; la media aritmética fue 0.12. En el 84% de estos sedimentos el índice de asimetría fue positivo y en el 16% restante fue negativo con valor medio igual a -0.07 (casi simétrico), con desviación estándar de 0.06. La distribución de frecuencia del  $S_k$ , fue muy cercana a la normal, simétrica y muy bien clasificada, con la moda igual a 0.1 (Fig. 41 a). La mayoría de los valores estuvieron comprendidos entre 0.27 y -0.03.

Los sedimentos limo arcillosos fueron preponderantemente platicúrticos (53%) y mesocúrticos (32%). La curtosis transformada varió de 0.34 a 0.58 (Tabla 6), con valor medio igual a 0.46 (Cuadro 15). La distribución de frecuencia de la curtosis fue cercana a la normalidad, con un modo bien definido a 0.45 y con los dos tercios de los valores de  $K'$ , comprendidos entre 0.41 y 0.51 (Fig. 41 b). La curva de distribución fue casi simétrica y muy leptocúrtica: 0.02 y 0.61, respectivamente.

El 5% más grueso de la distribución de frecuencia fluctuó ampliamente entre 1.60 y 5.70  $\phi$  (330 a 19 micras). El valor medio fue 4.17  $\phi$  (55.5 micras). La distribución de frecuencia (Fig. 41 c) se alejó de la normalidad, fue casi simétrica con ligera asimetría hacia los tamaños gruesos (-0.06), leptocúrtica ( $K'_g$ : 0.59), con desviación estándar de 0.81 (moderadamente clasificada) (Cuadro 15). Se identificó un modo principal a 3.9  $\phi$  (67 micras) y otros secundarios entre los que destacaron los correspondientes a 4.4 y 5.15  $\phi$  (47 y 28 micras).

La distribución de frecuencia de cinco muestras selectas de sedimentos de este grupo textural limo arcilloso (Fig. 42), se caracterizó por ser polimodal y de mala clasificación. Se identificaron tres modos distintivos entre 5-6  $\phi$  y 11-12  $\phi$ , de los cuales el principal osciló entre 6 y 11  $\phi$  (15.6 y 0.49 micras). Los limos arcillosos leptocúrticos fueron raros, únicamente el 7% tuvo valores de  $K'_g$  superiores a 0.53. En la figura 42 se ilustró la curva de distribución de frecuencia más característica; fue casi simétrica aún cuando tuvo 15% de arena de grano medio ( $\phi$ 5: 1.60  $\phi$ ) (330 micras), muestra 55 (40-50). Las curvas restantes correspondieron con sedimentos que oscilaron entre los limos finos y los muy finos. La muestra de arcilla de grano grueso, se mostró en la figura 42 b.

#### Grupo Arcillo limoso.

El grupo textural formado por las arcillas limosas (Figs. 31 a 34, Tabla 5), fue el segundo en importancia dada su abundancia en los depósitos deltáicos. Se le identificó en el 38% de las muestras y en el 19 de los núcleos fue el principal componente textural. El 95% de estos materiales fueron los lodos de la figura 30; el 5% restante fueron las arcillas y los lodos arenosos, ambos con menos del 20% de arena. Los sedimentos de este grupo textural no formaron parte de las secuencias sedimentarias colectadas del Cañón Burras,

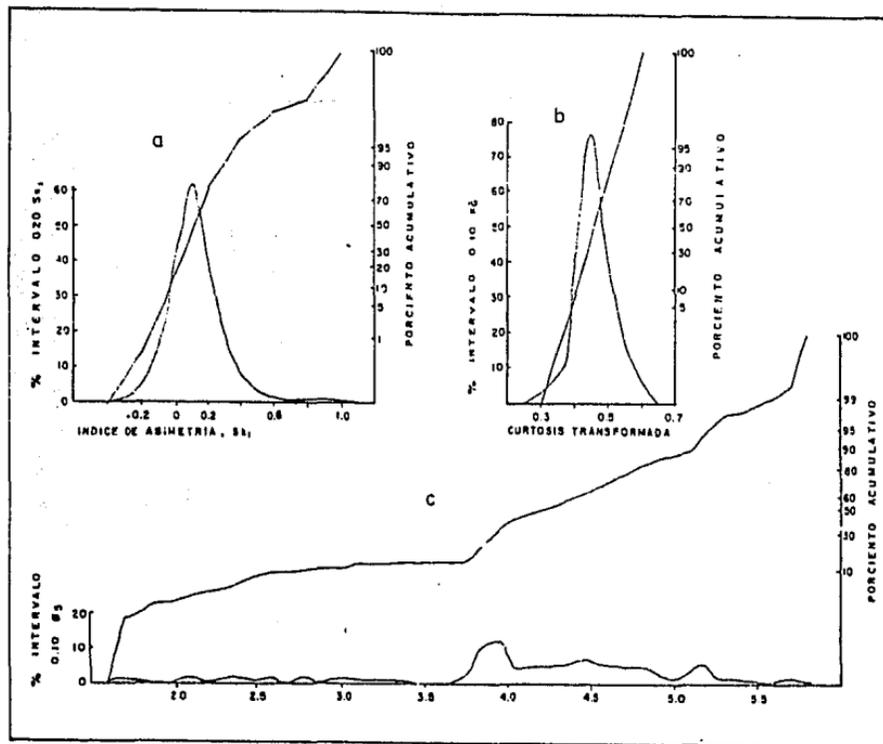


FIGURA 41. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE LOS SEDIMENTOS LIMO ARCILLOSOS SUBSUPERFICIALES; a) INDICE DE ASIMETRÍA; b) CURTOSIS TRANSFORMADA; y c) 5% MAS GUESO DE LA DISTRIBUCION

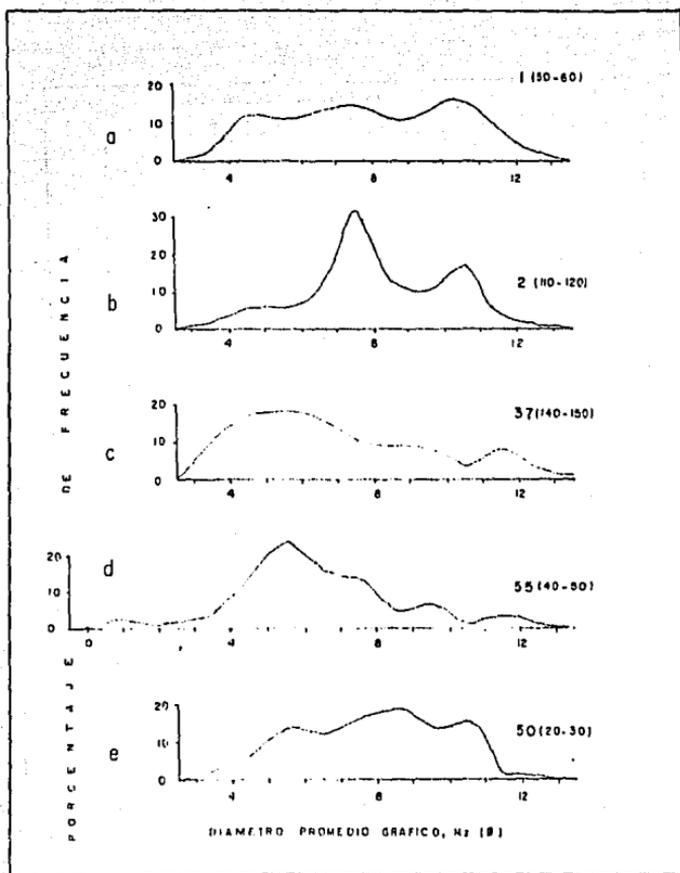


FIGURA 42. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DE SEDIMENTOS LIMO ARCILLOSOS SUBSUPERFICIALES

o bien su presencia fue poco significativa (Figs. 7, 32 a 34, Tabla 5). La característica textural más conspicua de este grupo fue la presencia de las partículas gruesas; el 61% de las muestras analizadas tuvieron asimetría negativa y el 5% más grueso de la distribución textural osciló preferentemente en el rango de las arenas. El contenido de arena fue escaso y comprendido entre 0.2 y 12.7% (Cuadro 16); habiendo sido igual o inferior al 5% en el 93% de los sedimentos arcillo limosos. La fracción arenosa fue de grano fino, con diámetro promedio gráfico igual a  $3.80 \phi$  (72 micras). Su distribución de frecuencia (Fig. 43 a) no fue normal y mostró mala clasificación ( $\sigma_n$ :  $2.08 \phi$ ), fuerte asimetría hacia los tamaños finos ( $Sk_1$ :  $0.43$ ) y fue muy leptocúrtica ( $K'_g$ :  $0.61$ )

El rango de variación del limo fue amplio y comprendido desde 17 hasta 49%, con valor medio de 42% y con la mayoría de los valores entre 40 y 49%. La dispersión de los valores respecto al valor medio dió por resultado que la desviación estandar del conjunto fuera igual a 4.88%. La distribución de frecuencia de estos sedimentos no fue normal (Fig. 43 b), mostró sesgo pronunciado hacia la izquierda por la presencia del ejemplar pobre en limo en el núcleo 11 (Tabla 5).

El contenido de arcilla osciló entre 44.4 y 73.7% con valor medio igual a 55%. La distribución de frecuencia fue casi normal (Fig. 43 c), con las dos terceras partes del conjunto localizadas entre 50 y 60%. El modo principal se tuvo al 55%, con frecuencia de 35%. En muestras individuales de sedimentos arcillo limosos, la distribución de frecuencia fue polimodal (Fig. 44), con tres modos distintivos de rango 4.75-6.0, 8.0-10.0 y 11-12  $\phi$ . Los sedimentos ilustrados en esa figura fueron arcillas limosas de diámetro promedio gráfico equivalente al limo de grano muy fino, muy mal clasificadas, asimétricas hacia las partículas gruesas y platicúrticas (Tabla 6). En la figura 44 f, h, se ilustró la distribución de frecuencia de los sedimentos con diámetro promedio gráfico igual al de las arcillas de grano grueso, mal y muy mal clasificadas, casi simétricas o asimétricas hacia los tamaños finos, y mesocúrticas o platicúrticas; en la figura 44 g, se ilustró a la muestra arcillo limosa mal clasificada, leptocúrtica, y con asimetría negativa. En las figuras anteriores se observó la ausencia de partículas con diámetro promedio gráfico igual a 5.0, 9.0 y 10.0  $\phi$ .

En este grupo textural, el diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , estuvo comprendido entre 6.85 y 9.04  $\phi$  (8.7 y 1.9 micras); y el valor medio aritmético fue 8.32  $\phi$  (3.1 micras). La distribución de frecuencia de  $M_z$  se aproximó a la normal (Fig. 45 a), con dos tercios del conjunto dispuestos entre 8.0 y 8.6  $\phi$  (3.9 y 2.6 micras); estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_n$ :  $0.31 \phi$ ), ligeramente asimétrica hacia la izquierda ( $Sk_1$ :  $-0.21$ ) y leptocúrtica ( $K'_g$ :  $0.53$ ).

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , fluctuó entre 1.56 y 2.65  $\phi$  (339 y 159 micras), con valor medio de 2.10  $\phi$  (233 micras). El 32% de las muestras estuvieron mal clasificadas y el 68% restante muy mal

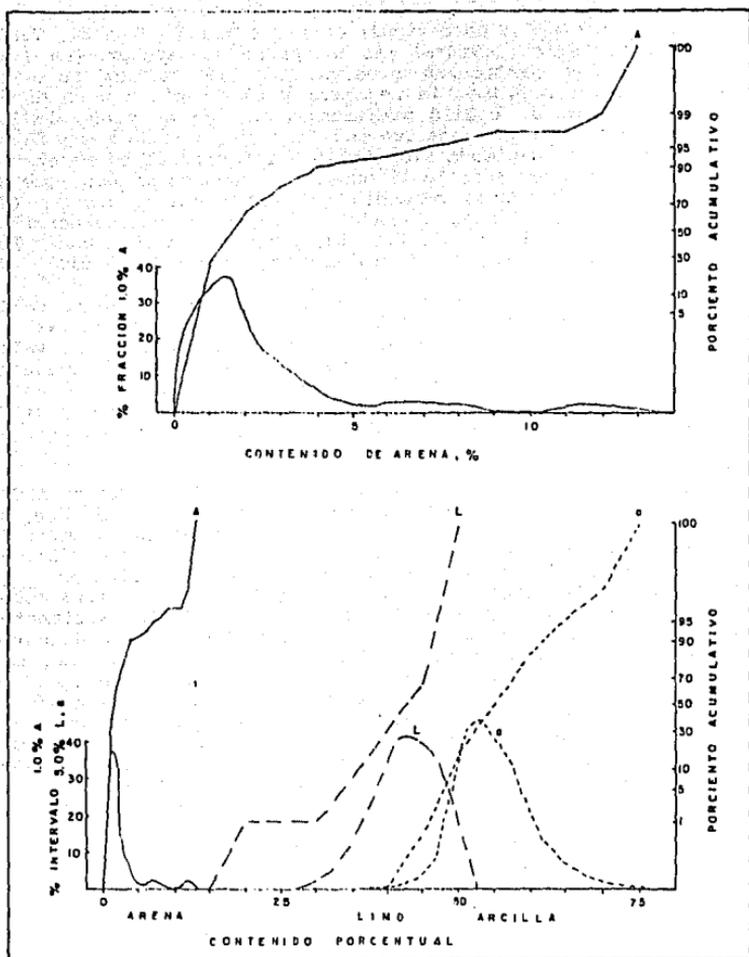


FIGURA 43. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS ARCILLO LIMOSOS SUBSUPERFICIALES

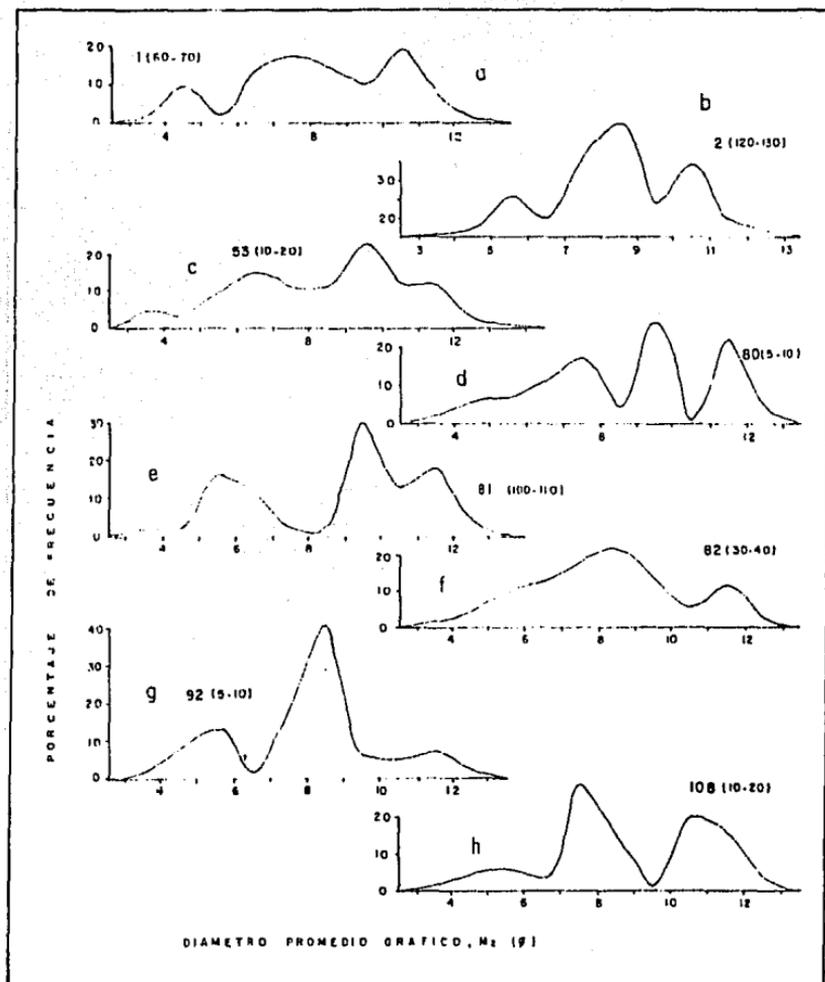


FIGURA 44. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS ARCILLO LIMOSAS EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

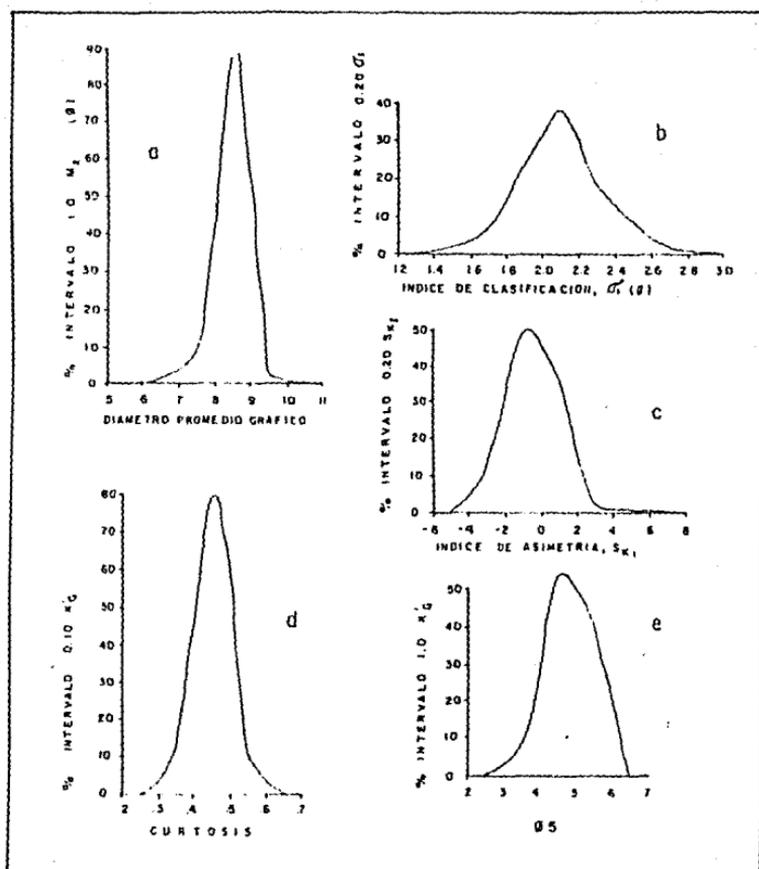


FIGURA 45. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS ARCILLO LIMOSOS SUBSUPERFICIALES : a) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; b) INDICE DE CLASIFICACION; c) INDICE DE ASIMETRIA; d) CURTOSIS TRANSFORMADA; y e). 5% MAS GUESO DE LA DISTRIBUCION

clasificadas. La distribución de frecuencia fue casi normal (Fig. 45 b), con las dos terceras partes comprendidas entre 1.90 y 2.30  $\phi$  (268 y 203 micras), estuvo bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.22  $\phi$  (0.86 mm) y fue simétrica ( $Sk_s$ : 0.07) y mesocúrtica ( $K'_s$ : 0.53).

El índice de asimetría,  $Sk_s$ , del grupo arcillo limoso osciló entre -0.40 y 0.40, con valor medio de -0.05 (Cuadro 16). La distribución de frecuencia de este parámetro (Fig. 45 c), fue casi normal; la moda se tuvo a -0.10 y los dos tercios de la población estuvieron desde -0.20 hasta 0.10. Fue notable el contenido de partículas gruesas que correspondieron con el modo principal de los limos de grano grueso a medio y con el de las arenas de grano muy fino,  $Mo$ : 3.80 a 6.0  $\phi$  (72 a 15.6 micras). Los sedimentos con sesgo negativo ( $Sk_s$ : -0.01 a -0.40), fueron identificados en el 90% de los núcleos con sedimentos arcillosos, representando el 62% del muestreo. Los materiales con mayor asimetría negativa ( $Sk_s$ , <-0.20), fueron identificados en los núcleos 2, 10, 11, 42, 53, 80, 81 y 92 (Tabla 6). A su vez, los sedimentos con sesgo positivo formaron el 38% del conjunto. La media aritmética en esta fracción fue 0.07, con 0.08 de desviación estandar.

La curtosis transformada,  $K'_s$ , en los sedimentos arcillo limosos, estuvo comprendida entre 0.33 y 0.60 (Cuadro 16). El 59% de los sedimentos fueron platicúrticos, 24% mesocúrticos, 12% muy platicúrticos y 5% leptocúrticos (Fig. 45 d; Tabla 6). La distribución de frecuencia de  $K'_s$ , fue muy aproximada a la normalidad, con una media de 0.44 y con 0.4 de desviación estandar (Cuadro 16). La curva de frecuencia, unimodal y leptocúrtica ( $K'_s$ : 0.54), mostró 79% de predominio en el máximo para la curtosis de 0.45. Las dos terceras partes del conjunto estuvieron dispuestas entre 0.40 y 0.48 (Fig. 45 d).

El 5% más grueso de la distribución estuvo comprendido por partículas de arena muy fina y limo de grano grueso a medio. Los límites de este parámetro fueron 3.05 y 5.80  $\phi$  (121 y 18 micras) y el valor medio fue 4.83  $\phi$  (35 micras). La distribución de frecuencia de  $\phi_5$  (Fig. 45 e) fue casi normal, con el 66% de los datos entre 4.35 y 5.31  $\phi$  (49 y 25 micras). La curva de frecuencia fue casi simétrica con índice de asimetría igual a 0.01; además fue mesocúrtica y estuvo bien clasificada.

#### Grupo Areno-limo-arcilloso.

Los sedimentos de este grupo textural se localizaron en el área central del diagrama ternario de la figura 31. Fueron mezclas sedimentarias no homogéneas que variaron desde las arenas limo arcillosas y las arenas arcillo limosas, hasta los limos areno arcillosos y los limos arcillo arenosos; correspondieron con los lodos arenosos y los limos arenosos de la figura 30.

Se les identificó en los núcleos 11, 40, 55 y 67. En el primero formaron, al menos, una secuencia sedimentaria junto con los materiales areno limosos y limo arenosos (Tabla 5). No obstante la diversidad litológica de este grupo textural, los parámetros

granulométricos mostraron rangos de variación pequeños (Cuadro 17); no así en cuanto al contenido porcentual de la arena, el limo o la arcilla, en los que ese rango fue de hasta el 75% del valor de la media aritmética.

La distribución de frecuencia del contenido de arena (Fig. 46 a), fue bimodal con el modo principal localizado entre el 20 y 25%, con porcentaje de frecuencia igual a 62%. Un rasgo distintivo lo fue la ausencia de arena en los porcentajes de 30 a 40%. La distribución estuvo muy mal clasificada ( $\sigma_n$ : 7.8%), fue muy asimétrica hacia los sedimentos con menor cantidad de arena ( $Sk_1$ : -0.73) y leptocúrtica ( $K'_c$ : 0.54).

El contenido de limo mostró el mayor rango de variación (Cuadro 17) y representó el 63% del valor medio aritmético. La distribución de frecuencia fue polimodal (Fig. 46 b), con modos situados entre 25-30, 35-40 y 50-55%, siendo el último el principal con 50% de frecuencia. Se notó la ausencia de limo en las clases comprendidas entre 30-35 y 40-45%. La distribución de frecuencia estuvo muy mal clasificada ( $\sigma_n$ : 9.94%); fue asimétrica hacia los porcentajes menores ( $Sk_1$ : -0.64) y platicúrtica ( $K'_c$ : 0.43).

La arcilla osciló 15%, desde los limos arenos arcillosos hasta los limos arcillo arenosos (Tabla 5). La distribución de frecuencia fue bimodal con el modo principal entre 20-25% y el secundario entre 35-40%; estuvo muy mal clasificada ( $\sigma_n$ : 4.86%); asimétrica hacia los porcentajes mayores ( $Sk_1$ : 0.60) y leptocúrtica ( $K'_c$ : 0.55) (Fig. 46 c).

El diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , tuvo un rango de variación menor a la unidad (Tabla 6, Cuadro 17), habiendo oscilado entre los limos de grano medio y los limos de grano fino. Por lo pequeño del rango, la curva de frecuencia se elaboró a intervalos de 0.25  $\phi$  (Fig. 47 a). La distribución de frecuencia fue casi normal, con valor medio de 5.97  $\phi$  (16 micras) y con desviación estandar igual a 0.19  $\phi$  (88 mm). Los dos tercios de la población se tuvieron entre 5.78 y 6.16  $\phi$  (18 y 14 micras). El índice de asimetría mostró sesgo positivo hacia los tamaños finos ( $Sk_1$ : 0.23)

Los sedimentos de este grupo textural estuvieron muy mal clasificados; con  $\sigma_1$  oscilando entre 2.23 y 3.27  $\phi$  (213 y 104 micras) (Cuadro 17); la distribución de frecuencia fue bimodal (Fig. 47 b), con el modo secundario identificado a 2.5  $\phi$  (177 micras) de  $\sigma_1$ , y un secundario entre 3.1 y 3.3  $\phi$  (117 y 102 micras). La curva de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_1$ : 0.29  $\phi$  (82 mm); fue muy asimétrica hacia los sedimentos mal clasificados ( $Sk_1$ : 0.46) y leptocúrtica ( $K'_c$ : 0.56).

El índice de asimetría osciló entre 0.28 y -0.13 (Cuadro 17). El 50% de los sedimentos arenos limo arcillosos estuvo comprendido entre 0.08 y 0.28 (Tabla 6). La distribución de frecuencia de este parámetro (Fig. 47 c), indicó muy buena clasificación del conjunto ( $\sigma_n$ : 0.13) y la curva de frecuencia fue casi simétrica ( $Sk_1$ : -0.02) y mesocúrtica ( $K'_c$ : 0.49).

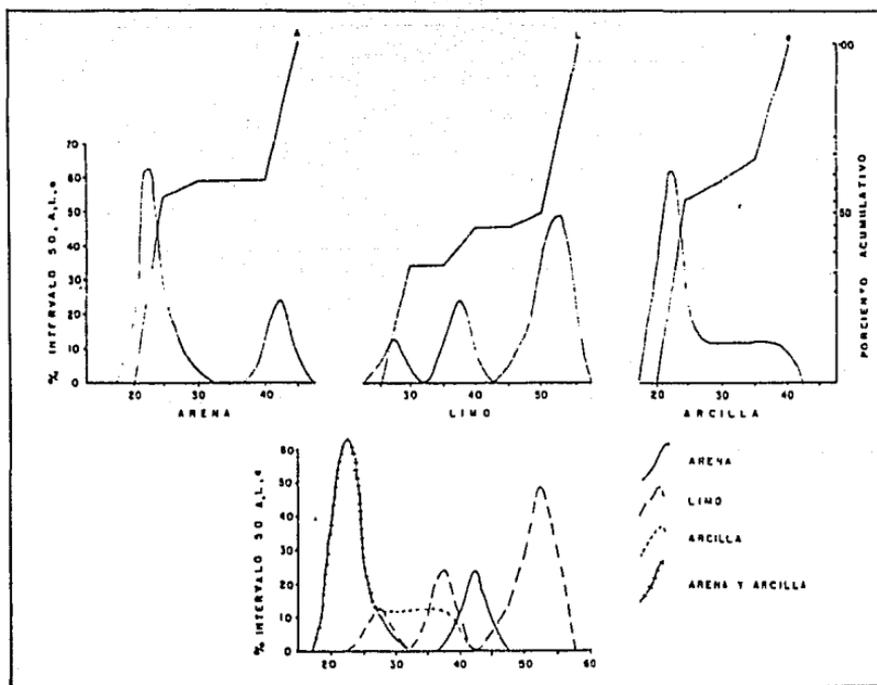


FIGURA 46. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS ARENO LIMO ARCILLOSOS SUBSUPERFICIALES

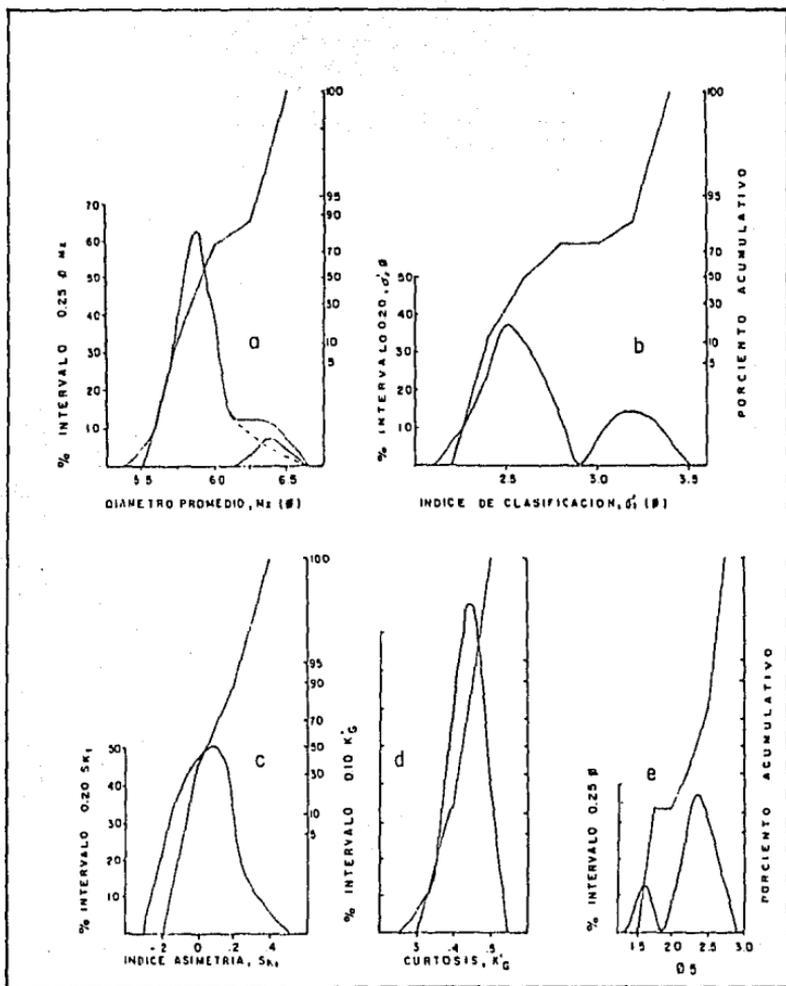


FIGURA 47. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS ARENO LIMO ARCILLOSOS SUBSUPERFICIALES: a) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; b) INDICE DE CLASIFICACION; c) INDICE DE ASIMETRIA; d) CURTOSIS TRANSFORMADA; y d) 5% MAS GRUESO DE LA DISTRIBUCION

Los sedimentos que formaron a este grupo fueron primordialmente platicúrticos o mesocúrticos. Únicamente la muestra 11(20-30), de textura, areno arcillo limosa fue muy platicúrtica (Fig. 47 d, Tabla 6). El valor medio aritmético de la curtosis ( $K'_c$ : 0.45), fue correspondiente con los sedimentos platicúrticos. La distribución de frecuencia de este parámetro estuvo muy bien clasificada ( $\sigma_c$ : 0.04); fue asimétrica hacia los valores muy platicúrticos y leptocúrticos ( $Sk_1$ : -0.21).

El 5% más grueso de la distribución osciló entre la arena de grano medio y fino ( $\phi_5$ : 1.55 a 2.55  $\phi$ ). La distribución de frecuencia fue bimodal (Fig. 47 e), asimétrica hacia las arenas de grano fino (sesgo negativo), con valor para  $Sk_1$  igual a 0.15, y leptocúrtica ( $K'_c$ : 0.53). El modo principal se determinó entre 2.25 y 2.50  $\phi$  (210 y 177 micras), con frecuencia de 38%; el modo secundario se identificó con las arenas de grano medio ( $\phi_5$ : 1.50 y 1.75  $\phi$ ) (350 y 300 micras), con 12.5% de frecuencia. La dispersión de los datos respecto al valor medio aritmético ( $x$ : 2.25  $\phi$  ó 210 micras), fue escasa e igual a 1.0  $\phi$  (500 micras) (Cuadro 17).

Se han ejemplificado varias curvas de frecuencia (Fig. 48), de las cuales se mencionan sus características distintivas: a) arena arcillo limosa, muy platicúrtica; b) limo areno arcilloso, casi simétrico, con ligero sesgo negativo hacia las partículas gruesas; c) limo arcillo arenoso, con diámetro promedio gráfico igual a 6.40  $\phi$  (12 micras), el mayor del conjunto; d) arena limo arcillosa, con el valor numérico de  $\phi_5 < 2 \phi$ , (250 micras); y e) limo arcillo arenoso, con el menor valor del diámetro promedio gráfico,  $M_z$ : 5.68  $\phi$  (19.5 micras), equivalente al de los limos de grano medio. Las curvas de frecuencia respectivas fueron polimodales, habiéndose identificado tres modos distintivos que, en la mayoría de los sedimentos, se localizaron a 3-4  $\phi$ , 7-8  $\phi$ , y 9-10  $\phi$ , respectivamente.

Al correlacionar al diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , con los índices de clasificación,  $\sigma_1$ , y de asimetría,  $Sk_1$ , con la curtosis transformada,  $K'_c$ , y el 5% más grueso de la distribución, se identificaron los siguientes seis grupos texturales (Fig. 49).

#### Grupo I.

Correspondió con las arenas de grano fino y con los limos de grano grueso de diámetro promedio gráfico comprendido entre 3.66 y 4.68  $\phi$  (79 a 39 micras) (Fig. 49, Cuadro 18), que variaron de mal a extremadamente mal clasificadas,  $\sigma_1$ : 1.69 a 4.12  $\phi$  (310 a 58 micras) (Fig. 49 a), asimétricas y muy asimétricas hacia las partículas finas,  $Sk_1$ : 0.14 a 0.46 (Fig. 49 b) y que oscilaron desde muy platicúrticas hasta leptocúrticas (Fig. 49 c). Este grupo se formó por cuatro muestras de amplia variación en su composición textural. El limo fue el componente de mayor fluctuación; su rango de variación representó el 71% del valor de la media aritmética.

Desde el punto de vista textural los sedimentos de este grupo fueron las arenas limosas y los limos arenosos de las figuras 31 a

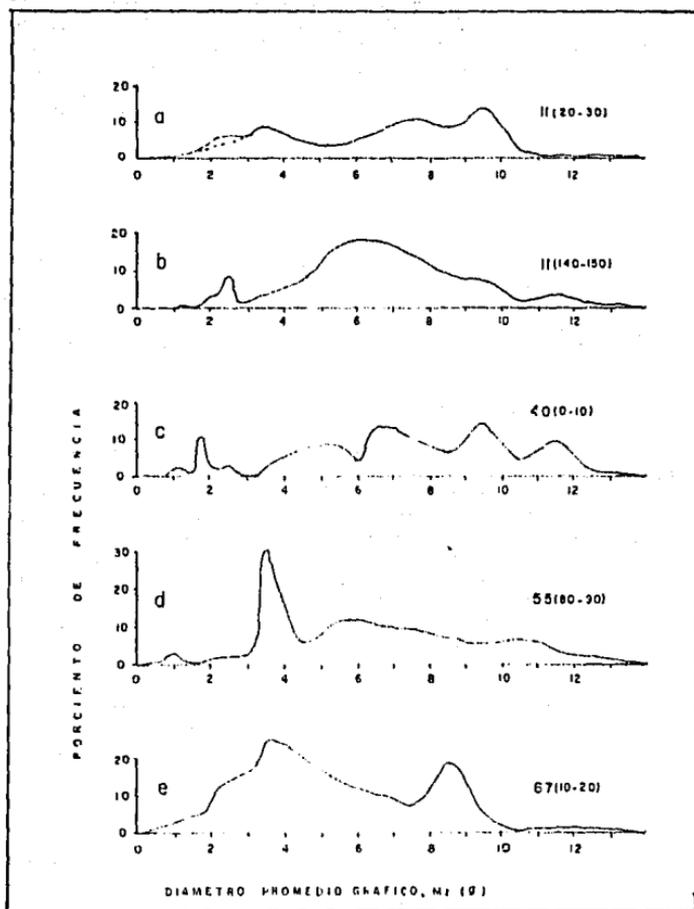


FIGURA 48. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS ARENO LIMO ARCILLOSAS SUBSUPERFICIALES

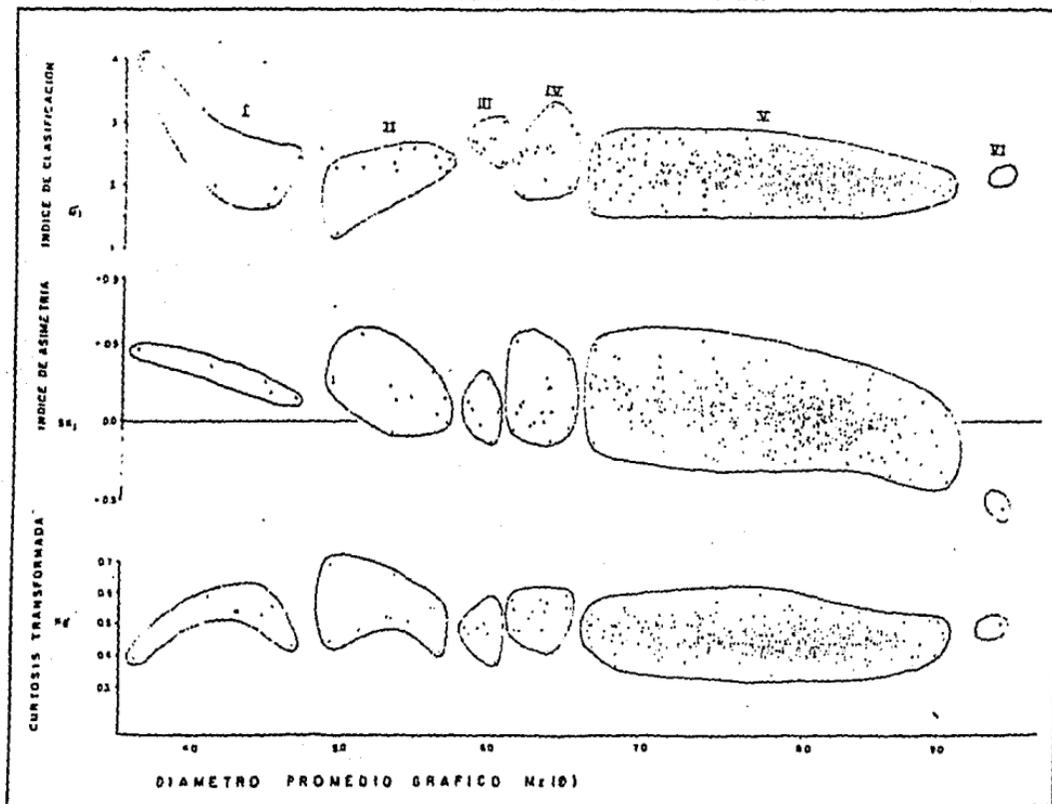


FIGURA 49. GRUPOS TEXTURALES ESTABLECIDOS EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUBSUPERFICIALES, SEGUN INMAN (1952)

34. La distribución de frecuencia de cada muestra fue polimodal, con el modo principal situado, en los sedimentos areno limosos, a - 0.25, 4.0 y 8.0  $\phi$  (1.19 mm, 62.5 y 3.9 micras) (Fig. 43 c,d,e), y a 5.0  $\phi$  en los sedimentos limo arenosos (Fig.43 f). La posición de este modo se relacionó con la abundancia relativa de arena.

#### Grupo II.

Fueron los limos de grano grueso a medio, Mz: 4.93 a 5.70  $\phi$  (33 a 19 micras) (Fig. 49), mal y muy mal clasificados,  $\sigma_1$ : 1.23  $\phi$  a 2.58  $\phi$  (43 a 17 micras) (Fig. 49 a); asimétricos y muy asimétricos hacia las partículas finas  $Sk_1$ : -0.07 a 0.57 (Fig. 49 b) y que fluctuaron de platicúrticos a muy leptocúrticos,  $K'_0$ : 0.41 a 0.69 (Fig. 49 c, Cuadro 19). Estos materiales correspondieron con los grupos areno limoso, limo arenoso, limoso y limo-areno-arcilloso, de los diagramas ternarios de las figuras 31 a 34 y con la mayoría de los limos y limos arenosos de la figura 30.

La distribución de frecuencia del diámetro promedio gráfico, Mz, fue bimodal (Fig. 50 a), con media aritmética igual a 5.36  $\phi$  (24 micras) (Cuadro 19); la desviación estandar tuvo un valor de 0.27  $\phi$  (0.82 mm). La curva de frecuencia tuvo sesgo negativo, fue asimétrica hacia las partículas gruesas,  $Sk_1$ : -0.28, y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.49. El modo principal se localizó entre 5.37 y 5.62  $\phi$  (24 y 20 micras) y el secundario a 4.87  $\phi$  (34 micras), con porcentajes de frecuencia de 36 y 18%, respectivamente.

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , del conjunto sedimentario tuvo distribución bimodal (Fig. 50 b); la media aritmética fue 2.26  $\phi$  (Cuadro 19); con desviación estandar de 0.35 (0.84 mm), por lo que la distribución de estuvo muy bien clasificada. La curva de frecuencia fue asimétrica hacia las partículas mal clasificadas, sesgo negativo, con valor igual a 0.27 y muy leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.71. De los modos identificados en la curva de frecuencia, la moda se tuvo a 2.3  $\phi$  (203 micras) y el secundario a 1.3  $\phi$  (406 micras), con frecuencia de 55 y 9%, respectivamente. Fue apreciable la falta de valores comprendidos entre 1.40 y 2.20  $\phi$  (379 y 218 micras).

La distribución de frecuencia del índice de asimetría,  $Sk_1$ , fue casi normal (Fig. 50 c), con los dos tercios de los elementos del conjunto comprendidos entre los valores de  $Sk_1$ : 0.02 y 0.36. La media aritmética fue igual a 0.19 (Cuadro 19), con desviación estandar igual a 0.17, muy bien clasificada. La distribución de frecuencia fue casi simétrica, con índice de asimetría aproximado a 0.1 y ligero sesgo hacia las partículas finas. La curva de distribución de frecuencia fue mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.49, y unimodal con 45% de predominio en el máximo, en 0.1 de  $Sk_1$ .

La curtosis transformada osciló entre 0.41 y 0.69, con valor medio de 0.54 (Cuadro 19) y desviación estandar igual a 0.08. La distribución de frecuencia (Fig. 50 d), fue casi normal, simétrica (índice igual a cero), muy bien clasificada ( $\sigma_1$ : 0.08) y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.52. El predominio en el máximo se tuvo a  $K'_0$ : 0.56, con 54% de frecuencia.

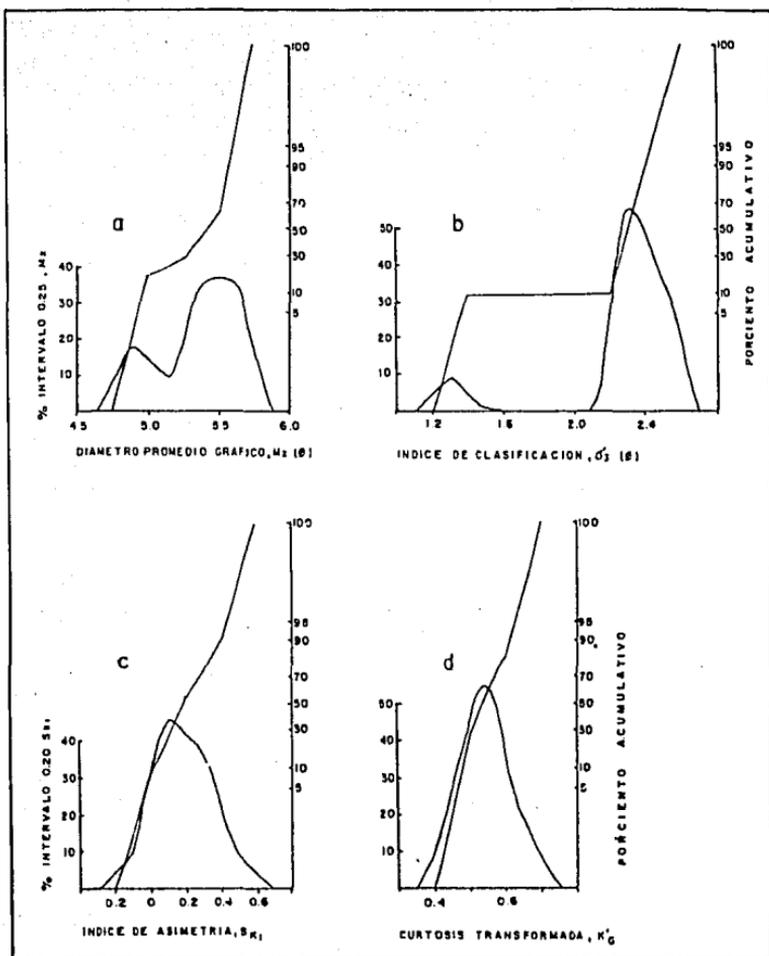


FIGURA 50. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL GRUPO TEXTURAL II; a) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; b) INDICE DE CLASIFICACION; c) INDICE DE ASIMETRIA; y d) CURTOSIS TRANSFORMADA

El 5% más grueso de la distribución varió de 0.65 a 2.70  $\phi$  (0.64 mm a 154 micras), con valor medio aritmético igual a 2.14  $\phi$  (227 micras) (Cuadro 19). La distribución de frecuencia no fue normal, mostró dos modos bien definidos a 0.63 y 2.38  $\phi$  (0.65 mm y 192 micras) (Fig. 51 a), con frecuencia de 9 y 36% respectivamente. Fue notoria la ausencia de partículas arenosas de grano grueso y medio comprendidas entre 0.0 y 1.90  $\phi$  (1.0 mm y 268 micras), así como la presencia de sedimentos limosos de grano medio con 32% de arena gruesa,  $\phi_5$ : 0.65  $\phi$  (0.64 mm), en el núcleo 61 (5-10) (Figs. 37 e, 50 a; Tabla 3).

La distribución de frecuencia de  $\phi$  5 estuvo moderadamente bien clasificada,  $\sigma_a$ : 0.53 0 (0.70 mm), muy asimétrica hacia los fragmentos gruesos ( $Sk_a$ : -0.38) y muy leptocúrtica ( $K'_a$ : 0.68).

En las figuras 38, 39 y 48, se mostraron las curvas de frecuencia de las siguientes seis muestras pertenecientes a este grupo textural: a) limo arenoso platicúrtico, con diámetro promedio gráfico equivalente al limo grueso, con porcentajes similares de arena y limo (Fig. 38 a; Tabla 5); b) limo arenoso con índice de simetría igual a cero y con porcentajes similares de arena y limo (Fig. 38 b); c) limo arenoso, con diámetro promedio gráfico aproximado al del valor medio aritmético de Mz en el conjunto (Fig. 38 d; Tabla 3; Cuadro 19); d) limo arenoso muy leptocúrtico,  $K'_a$ : 0.66, con el mayor valor de  $\phi_5$ , equivalente al de los granos de arena gruesa (Fig. 38 e); e) limo de grano grueso, Mz: 4.93  $\phi$  (33 micras), con 10% aproximadamente de arena de grano fino, muy leptocúrtica (Fig. 39 c, Tabla 6); y f) limo areno arcilloso, de diámetro promedio gráfico equivalente al de las partículas de grano medio, Mz: 5.68  $\phi$  (19.5 micras) y platicúrtico,  $K'_a$ : 0.41 (Fig. 48 e).

Las curvas de frecuencia respectivas fueron polimodales, habiéndose identificado los tres modos siguientes: a) arenoso, de 3.0 a 4.0  $\phi$  (12.5 a 62.5 micras); b) limoso, de 4.75 a 5.0  $\phi$  (37 a 31 micras); y c) arcilloso, de 9.0 a 10.0  $\phi$  (2 y 0.9 micras).

### Grupo III.

Formado por los sedimentos limosos de grano medio con diámetro promedio gráfico comprendido entre 5.85 y 6.06  $\phi$  (18 y 15 micras) (Fig. 49), muy mal clasificados,  $\sigma_a$ : 2.36 a 3.02  $\phi$  (160 a 125 micras), que variaron desde asimétricos hacia los tamaños gruesos hasta asimétricos hacia los tamaños finos ( $Sk_a$ : -0.13 a + 0.28), oscilando de muy platicúrticos a leptocúrticos ( $K'_a$ : 0.38 a 0.87) (Cuadro 20.)

El contenido de arena, limo y arcilla osciló ampliamente. En la arena el rango de variación fue ligeramente superior a la media aritmética, en el limo y en la arcilla fue igual al 89 y 63%. La distribución de frecuencia de estos componentes resultó: a) polimodal, con porcentajes de frecuencia en el máximo igual a 43, 28 y 57%, respectivamente; b) extremadamente mal clasificada, con valores para  $\sigma_a$  comprendidos entre 4.46 y 13% (Cuadro 20); c) muy

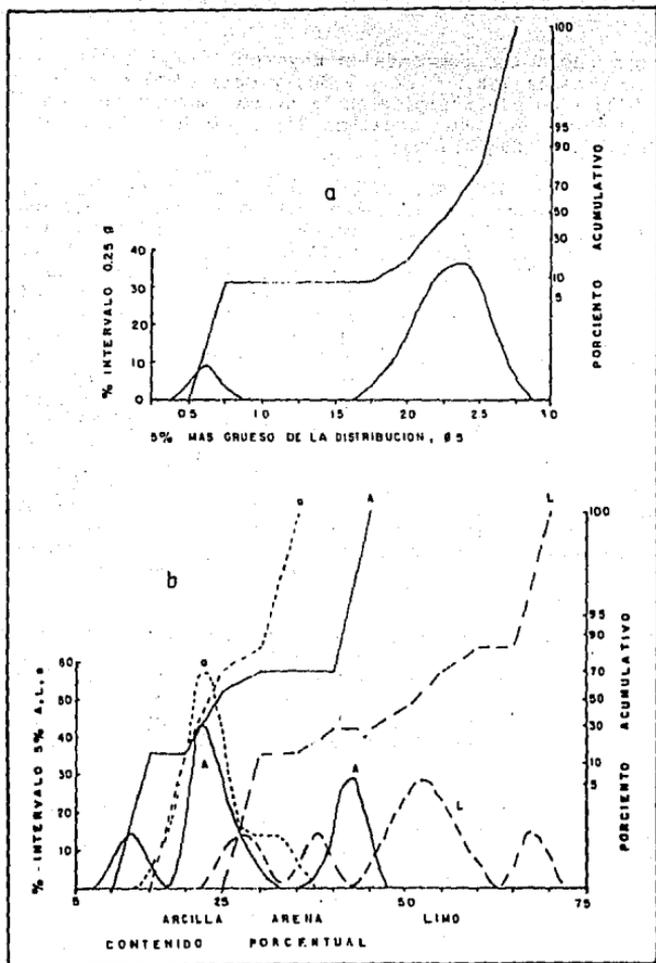


FIGURA 51. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL: a) 5% MAS GRUESO DE LA DISTRIBUCION EN EL GRUPO TEXTURAL II; y b) CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA, EN EL GRUPO TEXTURAL III

asimétricas hacia los porcentajes mayores, sesgo positivo, en la arena y la arcilla ( $Sk_1$ : 0.42 y 0.30) y casi simétrica en el limo ( $Sk_1$ : -0.09); y d) platicúrtica en la arena, mesocúrtica en el limo y leptocúrtica en la arcilla ( $K'_0$ : 0.40, 0.49 y 0.55, respectivamente) (Fig. 51 b).

En las figuras 37, 42 y 48, se indicaron las curvas de frecuencia de las cinco muestras siguientes: a) arena-limo-arcillosa, muy platicúrtica ( $K'_0$ : 0.38), con diámetro promedio gráfico equivalente al limo de grano fino,  $Mz$ : 6.06  $\phi$  (15 micras), muy mal clasificada,  $\sigma_n$ : 3.02  $\phi$  (123 micras), casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.08), con ligero sesgo hacia los finos (Fig. 37 a); b) limo arcilloso, con diámetro promedio gráfico de 6.06  $\phi$  (15 micras), leptocúrtico ( $K'_0$ : 0.58), muy mal clasificado ( $\sigma_n$ : 0.07) (Fig. 42 d); c) limo areno arcilloso, con  $Mz$  igual a 5.93  $\phi$  (16.4 micras), muy mal clasificado ( $\sigma_n$ : 2.57  $\phi$ ) (168 micras), casi simétrico ( $Sk_1$ : -0.02) y mesocúrtico ( $K'_0$ : 0.49), polimodal con el modo principal bien diferenciado a 8.0  $\phi$  (3.9 micras) y con 32% de frecuencia (Fig. 48 b); d) arena-limo-arcillosa, con diámetro promedio gráfico de 5.98  $\phi$  (15.8 micras), muy mal clasificada,  $\sigma_n$ : 2.76  $\phi$  (148 micras), asimétrica hacia los fragmentos finos ( $Sk_1$ : 0.28), mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.50) y polimodal (Fig. 48 d); y e) limo-arcillo-arenoso, de diámetro promedio gráfico igual a 5.85  $\phi$  (17 micras), correspondió con un limo de grano medio, muy mal clasificado,  $\sigma_n$ : 2.74  $\phi$  (150 micras), asimétrico hacia los finos ( $Sk_1$ : 0.13) y mesocúrtico ( $K'_0$ : 0.49) (núcleo 67, intervalo 70-80; Tabla 6).

La distribución de frecuencia del diámetro promedio gráfico se analizó a intervalos de frecuencia de 0.10  $\phi$  debido al escaso rango de variación (Fig. 52 a, Cuadro 20). El resultado obtenido fue una curva normal y simétrica ( $Sk_1$ : cero), muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.07  $\phi$  (0.95 mm) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.64), con las dos terceras partes de las muestras comprendidas entre 5.9 y 6.0  $\phi$  (16.7 y 15.6 micras).

El índice de clasificación,  $\sigma_n$ , de este grupo textural, osciló entre 2.36 y 3.02  $\phi$  (195 y 123 micras). El valor de la media aritmética y de la desviación estándar fueron 2.68  $\phi$  y 0.19  $\phi$  (156 y 0.88 micras, respectivamente). La distribución de frecuencia fue bimodal (Fig. 52 b), muy asimétrica hacia los sedimentos muy mal clasificados ( $Sk_1$ : 0.61) y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.56). El modo principal de la distribución se tuvo a 2.70  $\phi$  (154 micras), con 43% de frecuencia.

El índice de asimetría,  $Sk_1$ , tuvo una distribución muy aproximada a la normalidad (Fig. 52 c), varió desde -0.13 a 0.28; el valor medio aritmético fue igual a 0.07 y el de la desviación estándar 0.12 (Cuadro 20), con las dos terceras partes de los datos comprendidos entre -0.05 y 0.19. La curva de distribución fue simétrica ( $Sk_1$ : cero) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.51).

Grupo IV.

Comprendió a los limos de grano fino (Cuadro 21) con diámetro promedio gráfico de 6.16 a 6.55  $\phi$  (14 a 10.6 micras), muy mal clasificados,  $\sigma_1$ : 1.85 a 3.27  $\phi$  (250 a 104 micras) (Fig. 39 a), que variaron desde asimétricos hacia los tamaños gruesos hasta muy asimétricos hacia los finos,  $Sk_1$ : -0.12 a 0.52 (Fig. 39 b), oscilando de platicúrticos a leptocúrticos,  $K'_0$ : 0.42 a 0.58 (Fig. 39 c). Por su posición en los diagramas ternarios de las figuras 31 a 34, correspondieron con los limos arcillosos, limos-arcillo-arenosos y los limos. El contenido porcentual de los componentes granulométricos varió ampliamente; el rango de variación en la arena y en la arcilla fue superior al valor medio aritmético y en el limo igualó al 76% (Cuadro 21).

La distribución de frecuencia del contenido de arena mostró un modo distintivo a 17.5%, con 47% de frecuencia, y otro secundario a 2.5% de arena y 7% de frecuencia. El valor medio aritmético de esta distribución fue igual a 15.25%, con desviación estandar de 4.82%, extremadamente mal clasificado; la asimetría fue hacia los sedimentos con menor cantidad de arena ( $Sk_1$ : -0.26) y la curtosis transformada mostró que el conjunto de las arenas fue algo leptocúrtico (Fig. 53 a).

El porcentaje de limo en los sedimentos de este grupo textural tuvo una distribución de frecuencia polimodal (Fig. 53 b), con tres modos bien determinados a 37.5, 60, y 87.5% de los cuales el del centro fue el principal con 27% de frecuencia. La media aritmética fue igual a 61.47% y la desviación estandar tuvo un valor de 9.65% (Cuadro 21). La distribución de frecuencia estuvo extremadamente mal clasificada, fue casi simétrica ( $Sk_1$ : 0.08) y muy leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.67).

El porcentaje de arcilla contenida en los sedimentos de este conjunto textural varió apreciablemente y el rango resultante fue similar al valor de la media aritmética (Cuadro 21). La distribución de frecuencia fue polimodal (Fig. 53 c), extremadamente mal clasificada ( $\sigma_1$ : 5.42 %), casi simétrica ( $Sk_1$ : -0.06), con ligero sesgo hacia los sedimentos con menor cantidad de arcilla y leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.60).

El diámetro promedio gráfico en estos sedimentos osciló entre 6.16 y 6.55  $\phi$  (14 y 10.6 micras); el rango de variación fue pequeño, 0.39  $\phi$  (0.76 mm) (Cuadro 21). La curva de frecuencia (Fig. 54 a), elaborada a intervalos de 0.25  $\phi$  (0.84 mm) fue normal, con diámetro promedio gráfico de 6.36  $\phi$  (12 micras) y desviación estandar de 0.13  $\phi$  (0.91 mm), muy bien clasificada y simétrica. Las dos terceras partes del conjunto Mz estuvieron entre 6.20 y 6.50  $\phi$  (13.6 y 11.0 micras); la distribución de frecuencia fue unimodal y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.48).

El índice de clasificación,  $\sigma_1$ , osciló entre 2.00 y 3.27  $\phi$  (250 y 104 micras), con valor para la media aritmética y la desviación estandar iguales a 2.58 y 0.31  $\phi$  (167 micras y 0.80 mm),

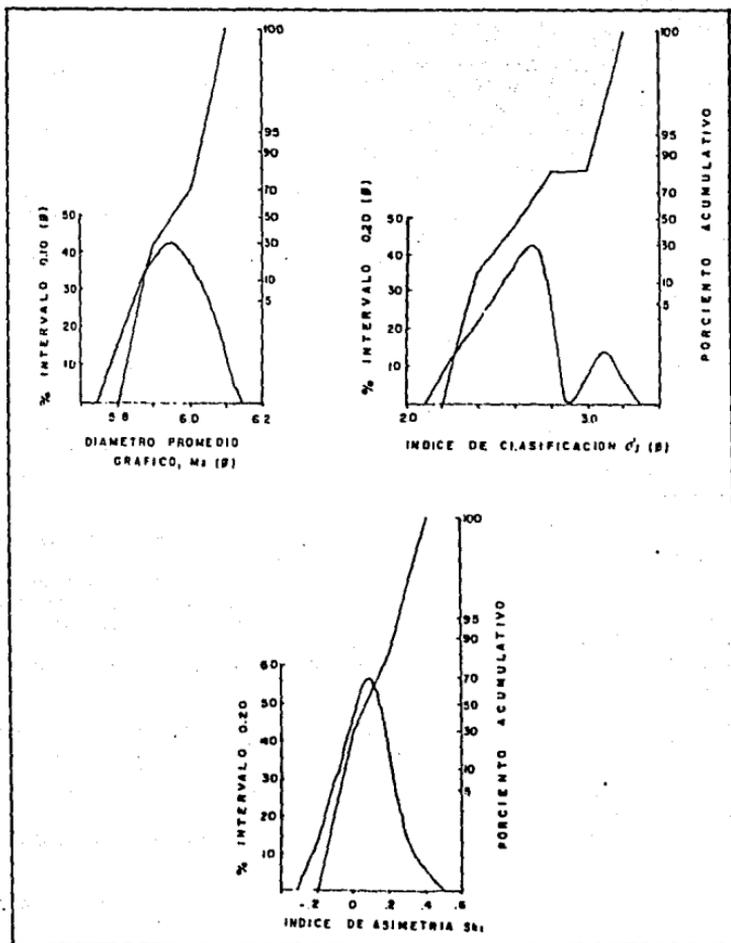


FIGURA 52. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL GRUPO TEXTURAL III, DEL: a) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; b) INDICE DE CLASIFICACION; y c) INDICE DE ASIMETRIA

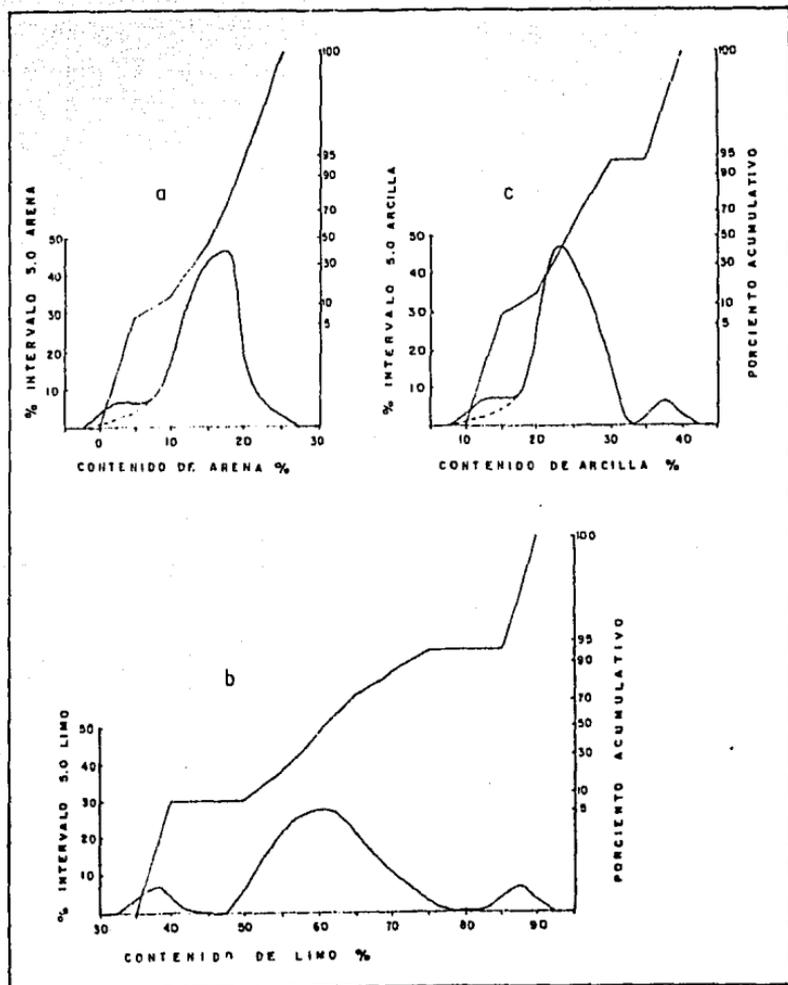


FIGURA 53. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL GRUPO TEXTURAL IV, DEL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA

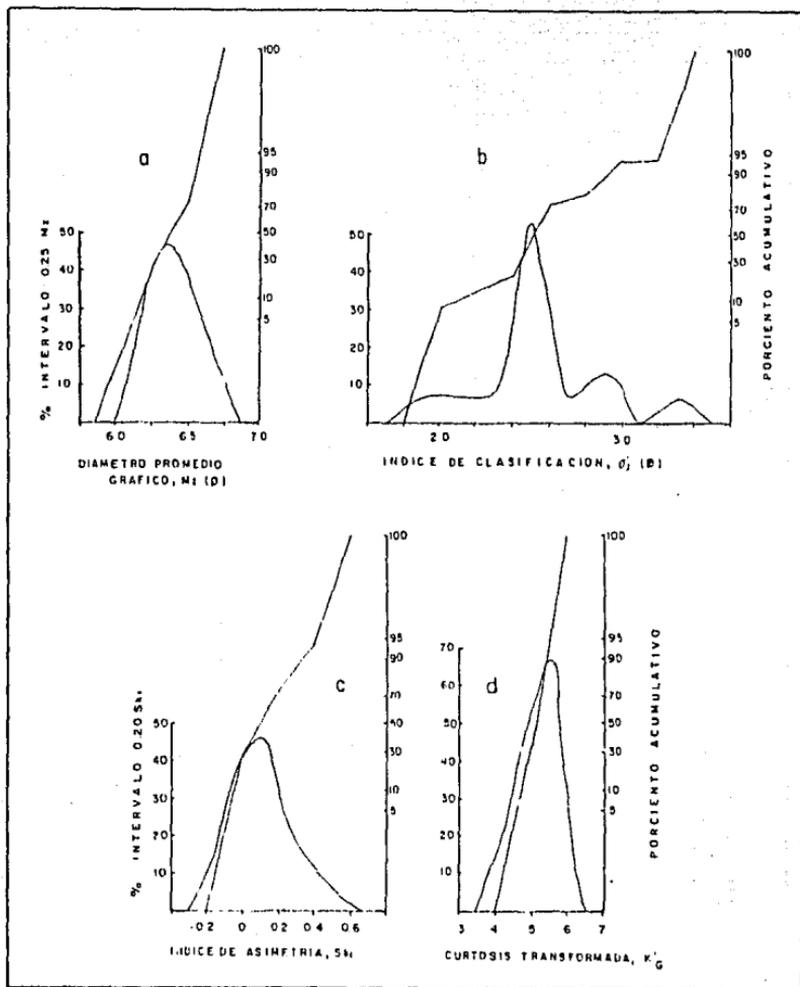


FIGURA 54. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL GRUPO TEXTURAL IV: a) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO; b) INDICE DE CLASIFICACION; c) INDICE DE ASIMETRIA; y d) CURTOSIS TRANSFORMADA

respectivamente (Cuadro 21). La distribución de frecuencia de este índice (Fig. 54 b), fue polimodal, muy asimétrica hacia los sedimentos con mejor clasificación ( $SK_1$ : 0.14), muy bien clasificada,  $\sigma_1$ : 0.31  $\phi$  (0.81 mm) y muy leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.69). El modo principal se localizó en el intervalo de  $\sigma_1$  comprendido entre 2.4 y 2.6  $\phi$  (189 a 165 micras), con 53% de frecuencia. La distribución de frecuencia del índice de asimetría,  $SK_1$ , fue normal y muy bien clasificada (Fig. 54 c), comprendida entre -0.12 y 0.52; el valor medio aritmético y la desviación estandar fueron 0.11 y 0.18, respectivamente (Cuadro 21). Las dos terceras partes del conjunto estuvieron comprendidas desde -0.07 hasta 0.30. La curva de frecuencia fue casi simétrica, con ligero sesgo positivo hacia los valores numéricos más elevados  $SK_1$ .

El 70% de los sedimentos de este grupo tuvieron valores de  $SK_1$  positivos que oscilaron entre cero y 0.52, con valor medio aritmético de 0.18. La distribución de frecuencia fue normal, bien clasificada ( $\sigma_1$ : 0.17), muy asimétrica hacia  $SK_1 > 0.20$ , mesocúrtica y unimodal, con la moda igual a 0.1 y 64% de frecuencia. El 30% restante de la población estuvo integrado por valores del índice de asimetría negativos y comprendidos entre -0.04 y -0.12, con valor medio aritmético de -0.06.

La distribución de frecuencia de la curtosis transformada fue normal (Fig. 54 d), con rango de variación pequeño, 0.16, comprendido entre 0.42 y 0.58. El valor medio aritmético, 0.52, correspondió con los sedimentos mesocúrticos, muy bien clasificados según el valor de la desviación estandar ( $K'_0$ : 0.05) (Cuadro 21). Dos tercios de la población se ubicaron entre los siguientes valores de  $K'_0$ : 0.47 y 0.57; el índice de asimetría de la distribución de  $K'_0$  fue negativo, -0.21, por lo que fue asimétrica hacia los sedimentos mesocúrticos y platicúrticos. La distribución de la curtosis transformada fue extremadamente leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.96).

#### Grupo V.

Constituido por el 90% de los materiales analizados, representó a los limos de grano fino y muy fino y a las arcillas de grano grueso, con diámetro promedio gráfico comprendido entre 6.67 y 9.04  $\phi$  (9.8 y 1.9 micras) (Fig. 49). Estos sedimentos estuvieron mal y muy mal clasificados,  $\sigma_1$ : 1.53 a 2.87  $\phi$  (346 a 137 micras) (Fig. 49 a), oscilando desde muy asimétricos hacia las partículas gruesas hasta muy asimétricos hacia las finas ( $SK_1$ : -0.40 a 0.52) (Fig. 49 c; Cuadro 22).

Por el contenido de arena, limo y arcilla, representaron a la mayoría de los grupos texturales de las figuras 31 y 34, a excepción del grupo areno limoso. No obstante la diversidad de tipos litológicos incluidos en este grupo textural, no se observaron diferencias importantes en la correlación de sus parámetros granulométricos.

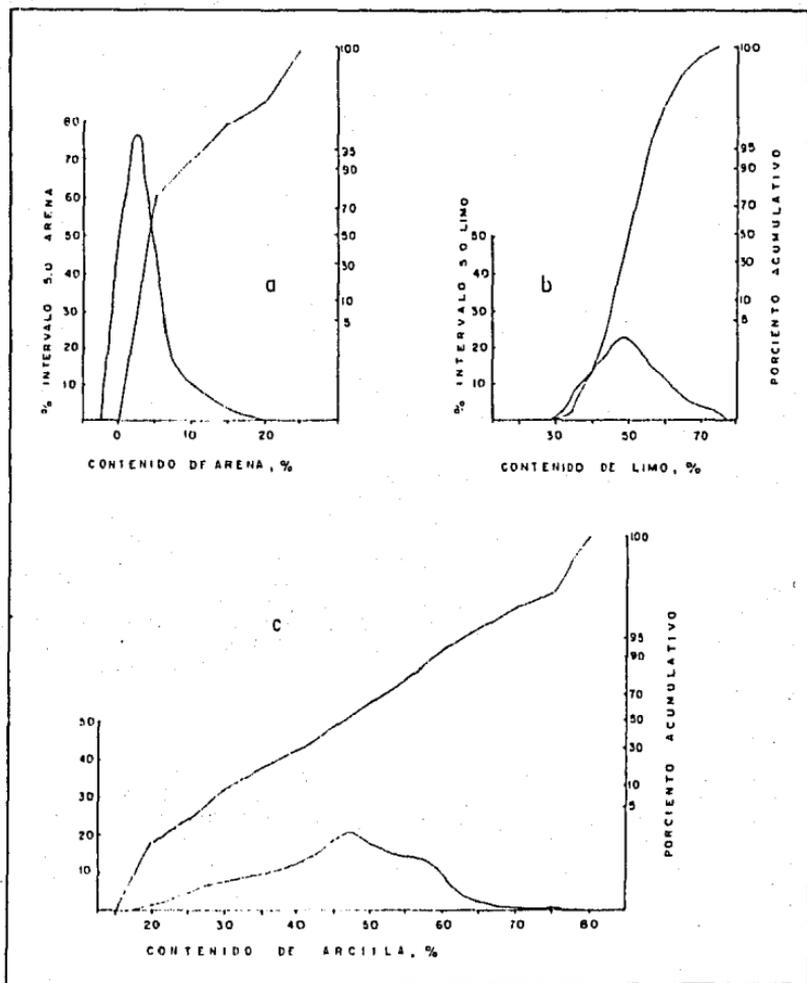


FIGURA 55. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL GRUPO TEXTURAL V

La mayor dispersión de la información se tuvo en la distribución de frecuencia del diámetro promedio gráfico y del índice de asimetría (Fig. 49 b). Fue notorio el amplio rango de variación del limo y de la arcilla, que superó en 13 y 30 % a la media aritmética respectiva (Cuadro 22).

La distribución de frecuencia del contenido porcentual de arena fue casi normal (Fig. 55 a), estuvo comprendida entre cero y 23%. El valor de la media aritmética y de la desviación estándar,  $\sigma_n$ , del conjunto fue 3.55% para la primera y 3.53% para la segunda. La dos terceras partes de los datos de localizaron entre cero y 7%. La distribución fue muy asimétrica hacia los sedimentos cuyo contenido de arena fue superior al 5% ( $\sigma_n$ : 0.39) y extremadamente leptocúrtica ( $K'_0$ : 0.91).

El contenido de limo osciló entre 17 y 75%, con valor medio de casi 51% (Cuadro 22). La distribución de frecuencia fue extremadamente mal clasificada ( $\sigma_n$ : 9.02%), casi simétrica ( $Sk_s$ : 0.09), mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.49), casi normal y con dos terceras partes del conjunto situadas entre 42 y 60% (Fig. 55 b).

La distribución de frecuencia de la arcilla (Fig. 55 c), extremadamente clasificada ( $\sigma_n$ : 11.19%), fue asimétrica hacia los sedimentos menos arcillosos ( $Sk_s$ : -0.14) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.49); la media aritmética fue igual a 45.25%. La curva de distribución de frecuencia fue polimodal; la moda tuvo un valor igual a 48.58% con 21% de frecuencia y los dos modos secundarios tuvieron valores de 25 y 30%, respectivamente.

El diámetro promedio gráfico de los sedimentos de este grupo textural, fluctuó entre 6.67 y 9.04  $\phi$  (9.6 y 1.9 micras), con media aritmética y modo principal iguales a 7.89 y 8.50  $\phi$  (4.22 y 2.76 micras), respectivamente (Cuadro 22). La distribución de frecuencia de Mz (Fig. 56 a), fue casi normal y moderadamente clasificada,  $\sigma_n$ : 0.54 (0.60 mm). El índice de asimetría y la curtosis en la distribución de Mz fueron, respectivamente, -0.04 y 0.88, señalando que la curva de frecuencia fue casi simétrica con ligero sesgo hacia los sedimentos gruesos y extremadamente leptocúrtica. El 68% de la población estuvo comprendida entre 7.35 y 8.43  $\phi$  (6 y 3 micras).

La distribución de frecuencia del índice de clasificación,  $\sigma_n$ , fue casi normal (Fig. 56 b); habiendo estado comprendida entre 1.53 y 2.87  $\phi$  (346 y 137 micras) y la media aritmética fue igual a 2.14  $\phi$  (227 micras) (Cuadro 22). Las dos terceras partes del conjunto se distribuyeron entre 1.90 y 2.36  $\phi$  (268 y 189 micras).

El índice de asimetría,  $Sk_s$ , del grupo osciló entre -0.40 y 0.52; la media aritmética fue 0.05 y la desviación estándar del conjunto fue 0.17 (Cuadro 22). La distribución de frecuencia de este parámetro fue casi normal, muy bien clasificada, casi simétrica ( $Sk_s$ : -0.02) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.52). Las dos terceras partes del

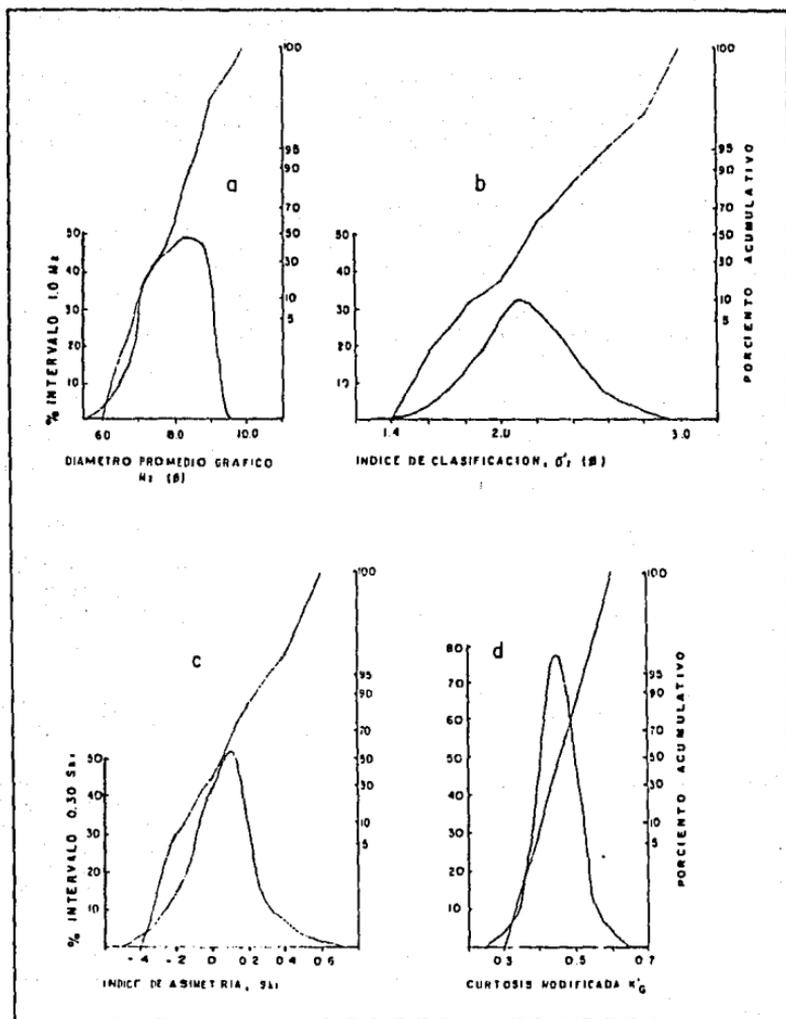


FIGURA 56. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, INDICE DE CLASIFICACION, INDICE DE ASIMETRIA Y LA CURTOSIS TRANSFORMADA, EN EL GRUPO TEXTURAL V

conjunto de valores estuvieron comprendidas entre -0.12 y 0.22; el 44% de los valores fueron casi simétricos, con el índice comprendido entre -0.1 y 0.1 (Fig. 56 c).

La distribución de frecuencia de la curtosis transformada,  $K'_c$ , en este grupo textural osciló desde muy platicúrtica hasta leptocúrtica (0.33 a 0.60), con la mayoría de los valores comprendidos entre 0.41 y 0.49. El valor numérico de la media aritmética fue 0.45 (platicúrtica) con desviación estandar igual a 0.04, muy bien clasificada (Cuadro 22). La asimetría y la curtosis transformada de la distribución de  $K'_c$  fueron iguales a 0.07 y 0.58 (casi simétrica y leptocúrtica), respectivamente. El modo, la mediana y la mediana de esta distribución coincidieron y su valor fue igual a 0.45 (Fig. 56 d).

El 5% más grueso de la distribución de frecuencia se distribuyó casi normalmente entre 1.85 y 5.80  $\phi$  (28 y 18 micras), con valor medio aritmético de 4.52  $\phi$  (43.6 micras). La desviación estandar fue igual a 0.66  $\phi$  (0.63 mm) y la distribución de frecuencia de  $\phi$  estuvo moderadamente clasificada (Cuadro 22); fue muy asimétrica hacia los fragmentos gruesos ( $Sk_1$  : -0.52) y extremadamente leptocúrtica ( $K'_c$ : 0.76).

La distribución de frecuencia de muestras selectas de este grupo textural se ha indicado en las figuras 39, 42 y 44, al haber descrito las características texturales de los limos, limos arcillosos y de las arcillas limosas, identificados según el criterio de Shepard (1954). En la figura 57 se tienen las curvas de frecuencia de los sedimentos que, por sus parámetros granulométricos, fueron los límites de este grupo en la figura 49. A continuación se describen sus características mas distintivas:

1. muestra 10(5-10): arcilla limosa, con el grano más fino del grupo, Mz: 9.04  $\phi$  (1.9 micras), equivalente al de las arcillas de grano grueso; mal clasificada,  $\sigma_1$ : 2.10  $\phi$  (233 micras); muy asimétrica hacia los fragmentos gruesos,  $Sk_1$  : -0.37; y platicúrtica,  $K'_c$ : 0.45.

2. muestra 56(20-30): limo arcilloso, el de grano más grueso, Mz: 6.67  $\phi$  (15.7 micras), que correspondió con los limos de grano fino mal clasificados,  $\sigma_1$ : 1.64  $\phi$  (321 micras), asimétricos hacia las partículas finas,  $Sk_1$ : 0.23, y mesocúrticos,  $K'_c$ : 0.48.

3. muestra 107(60-70): arcilla limosa, con Mz igual a 8.40  $\phi$  (2.96 micras), equivalente al de las arcillas de grano grueso y cuyo índice de clasificación fue el menor del conjunto,  $\sigma_1$ : 1.53  $\phi$  (346 micras), habiendo estado mal clasificado y asimétrico hacia los fragmentos finos,  $Sk_1$ : 0.18, y mesocúrtico,  $K'_c$ : 0.49.

4. muestra 54(50-60): limo arcilloso, con diámetro promedio gráfico igual a 7.40  $\phi$  (5.92 micras), correspondiente con el del limo de grano muy fino; estuvo muy mal clasificado, con el valor de  $\sigma_1$  mayor del conjunto e igual a 2.87  $\phi$  (137 micras); fue simétrico, con ligero sesgo hacia las partículas gruesas ( $Sk_1$ : 0.06) y

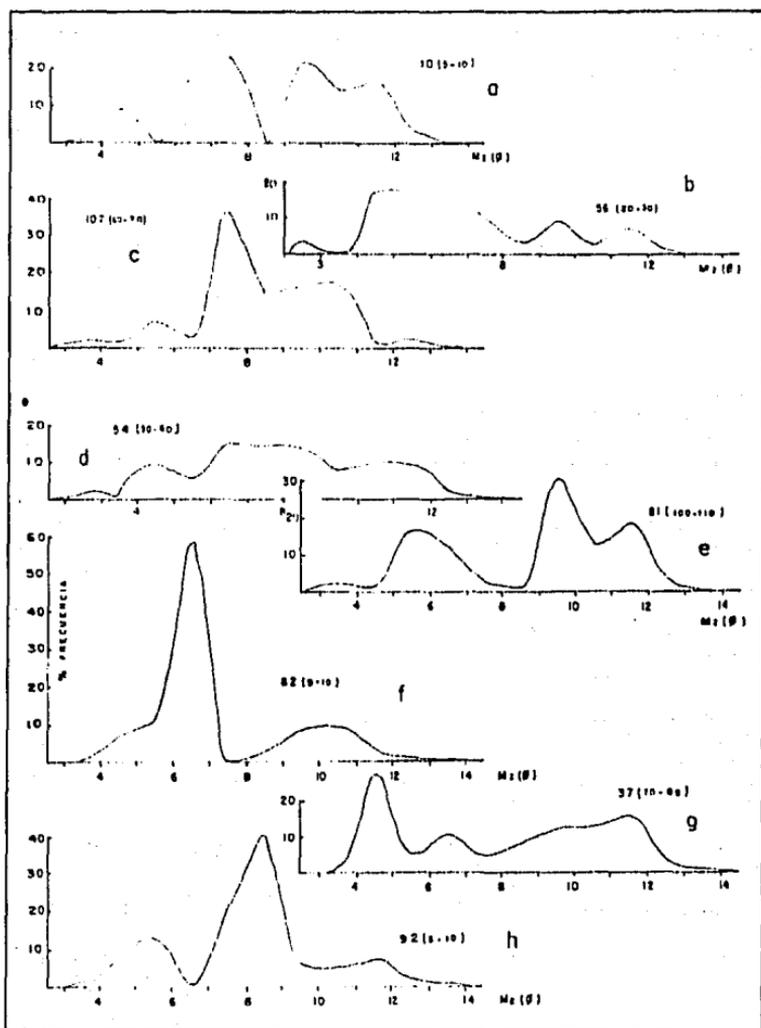


FIGURA 57. CURVAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE MUESTRAS SELECTAS DEL GRUPO TEXTURAL V, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

platicúrtico.

5. muestra 81 (100-110): arcilla limosa de diámetro promedio gráfico equivalente a la arcilla de grano grueso, Mz: 8.83  $\phi$  (2.2 micras), muy mal clasificada,  $\sigma_1$ : 2.22  $\phi$  (215 micras), asimétrica hacia los tamaños gruesos,  $Sk_1$ : -0.40, siendo el índice de asimetría negativo mayor del conjunto, y muy leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.37.

6. muestra 82(5-10): limo de grano muy fino, Mz: 7.40  $\phi$  (5.92 micras), equivalente al del limo de grano muy fino; mal clasificado,  $\sigma_1$ : 1.83  $\phi$  (281 micras), muy asimétrico hacia las partículas finas,  $Sk_1$ : 0.52, el mayor índice de asimetría positiva, y leptocúrtico,  $K'_0$ : 0.54.

7. muestra 37 (70-80): arcilla limosa de diámetro promedio gráfico, Mz: 8.08  $\phi$  (3.7 micras), igual al de la arcilla de grano muy grueso; muy mal clasificada,  $\sigma_1$ : 2.59  $\phi$  (166 micras), asimétrica hacia los fragmentos gruesos,  $Sk_1$ : -0.15, y muy platicúrtica, con la curtosis menor del grupo,  $K'_0$ : 0.33.

8. muestra 92(5-10): arcilla limosa con Mz igual a 7.82  $\phi$  (4.42 micras), igual al del limo de grano muy fino; mal clasificada,  $\sigma_1$ : 1.98  $\phi$  (253 micras), asimétrica hacia los fragmentos gruesos,  $Sk_1$ : -0.22, y leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.60, el mayor valor numérico de este parámetro en el conjunto.

La mayoría de las curvas de distribución de frecuencia de estos sedimentos fueron polimodales (Fig. 57), con modos distintivos, en las arcillas limosas, localizados entre 7.0 y 9.0  $\phi$  (7.8 y 1.95 micras) y desde 4.0 a 9.0  $\phi$  ( 62.5 a 1.95 micras) en los limos arcillosos.

#### Grupo VI.

Únicamente la muestra 82 (100-110), de naturaleza arcillosa, formó parte de este grupo. Sus parámetros granulométricos fueron los siguientes (Tabla 5, 6; Fig. 48): diámetro promedio gráfico Mz: 9.4  $\phi$  (1.5 micras); índice de clasificación  $\sigma_1$ : 2.10  $\phi$  (233 micras), muy mal clasificada; muy asimétrica hacia los tamaños gruesos,  $Sk_1$ : -0.56; mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.50; con el 5% más grueso de la distribución correspondiendo con los limos de grano grueso,  $\phi_5$ : 4.45  $\phi$  (46 micras). Su composición granulométrica estuvo formada por: arena 4.0 %, limo 23.8% y arcilla 76.2% .

**RELACIONES MASA/DENSIDAD.****SEDIMENTOS SUPERFICIALES**

Se analizaron 56 muestras de sedimentos superficiales no litificados del delta submarino del Río Balsas (Tabla 7), colectados en las estaciones oceanográficas de la figura 7. Correspondieron con depósitos terrígenos que por su textura variaron desde las arenas hasta los limos arcillosos. La mayoría, 77%, fueron cohesivos y comprendieron a los limos arcillosos y a las arcillas limosas de la figura 14. Los restantes pertenecieron a los grupos texturales siguientes: arenoso (arena, arena limosa y arena arcillosa), 16%; limo arenoso, 5%; arena limo arcilloso, 2%. Sus características texturales han sido ya descritas anteriormente (Tablas 3 y 4, Cuadros 1 a 10).

Al considerar a estos sedimentos de acuerdo al criterio del Joides Panel on Sedimentary Petrology and Physical Properties y el Joides Planning Committee (Lewis *et al.*, 1983), se obtuvieron los siguientes resultados, por la: a) abundancia de arcilla,  $\%$ , el 88% de las muestras se relacionaron con el grupo II ( $10 < \text{arcilla} < 90$ ), y el 12% al grupo III (arcilla  $< 10$ ); y b) relación arena/limo, el 6% de los sedimentos fueron incluidos en el grupo V (arena/limo  $> 10$ ).

En el análisis de las relaciones de masa-densidad, se utilizaron términos y símbolos que concordaron con los propuestos en 1958 por la Joint Committee on Glossary of Terms and Definitions de la American Society of Civil Engineers y la American Society for Testing Materials y con el vocabulario sugerido por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (1977). En la Tabla 7 se resumen los resultados numéricos obtenidos para las propiedades físicas de masa, siguientes: 1) densidad húmeda total,  $\tau$ , en  $\text{g/cm}^3$ ; 2) porosidad,  $n$ , en  $\%$ ; 3) contenido de agua,  $W$ , en  $\%$ ; 4) contenido de agua como porcentaje del peso húmedo total,  $WC$ ; 5) densidad o gravedad específica de sólidos,  $G_s$ ; 6) índice de vacíos,  $e_{sat}$ , calculado a 100% de saturación; 7) grado de saturación,  $S$ , en  $\%$ ; y 8) volumen de espacios vacíos,  $V_v$ , en  $\%$ .

**Densidad húmeda total.**

Conocida también como peso unitario húmedo,  $\tau$ , se le determinó a temperatura y presión ambientales por medio de la técnica del cilindro (Boyce, 1973), osciló entre 1.31 y 1.84  $\text{gr/cm}^3$  (Cuadro 23); el valor medio aritmético fue 1.59  $\text{gr/cm}^3$ , con desviación estandar,  $\sigma_n$ , igual a 0.12  $\text{gr/cm}^3$ , por lo que el conjunto de valores estuvo muy bien clasificado.

La distribución de frecuencia, elaborada a intervalos de 0.10% de (Fig. 58 a), fue bimodal, simétrica ( $Sk_1$ : cero) y platicúrtica ( $Kg_1$ : 0.45). El modo principal,  $Mo$ , fue igual a 1.58  $\text{gr/cm}^3$ , con 32% de frecuencia.

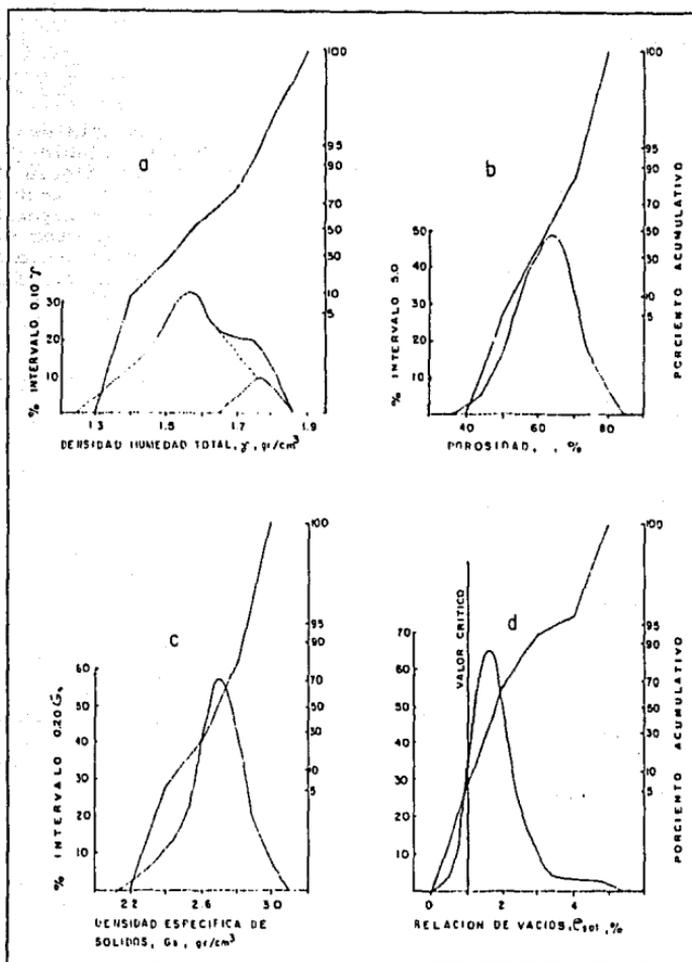


FIGURA 58. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DE LA DENSIDAD HUMEDA TOTAL, POROSIDAD, DENSIDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS, E INDICE DE VACIOS

### Porosidad.

La relación porcentual,  $n$ , del volumen de espacios vacíos con respecto al volumen total de la muestra sedimentaria, osciló entre 47 y 80%, con valor medio aritmético igual a 63% (Cuadro 23). La distribución de frecuencia (Fig. 58 b) estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 7.88%; fue unimodal, simétrica, con ligero sesgo hacia los sedimentos con menor porosidad  $Sk_1$ : -0.10, y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.49. La moda en la curva de frecuencia se tuvo al 63% de la porosidad, con 48% de frecuencia; el 69% de los elementos del conjunto estuvieron comprendidos entre 55 y 71%.

### Densidad específica de sólidos.

La densidad, peso o gravedad específica de los sólidos,  $G_s$ , que forman a la masa sedimentaria, varió de 2.37 a 2.95 gr/cm<sup>3</sup> (Cuadro 23). La distribución de frecuencia (Fig. 58 c) estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.14 gr/cm<sup>3</sup>; fue unimodal, casi normal, asimétrica hacia los sedimentos de menor densidad ( $Sk_1$ : -0.21) y mesocúrtica ( $K'_0$ : 0.52). La moda de la distribución de frecuencia fue igual a 2.69 gr/cm<sup>3</sup>, con 57% de frecuencia y coincidió con la media aritmética y la mediana.

### Índice de vacíos.

La razón entre el volumen de espacios vacíos y el volumen de las partículas sólidas,  $e_{rel}$ , estuvo comprendido entre 0.90 y 4.12 (Cuadro 23). La distribución de frecuencia se mostró moderadamente clasificada,  $\sigma_n$ : 0.72; fue muy asimétrica hacia los sedimentos con mayor índice de vacíos.  $Sk_1$ : 0.34, y leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.59 (Fig. 58 d). La moda de la distribución se tuvo a 1.76 de  $e_{rel}$ , con 64% de frecuencia. El valor medio aritmético fue igual a 2.85 y el 96% de los valores fueron superiores al valor crítico ( $e_{rel}$ : 1.06).

### Contenido de arcilla.

La fracción arcillosa de diámetro promedio gráfico menor de 2 micras ( $9.0 \phi$ ), varió desde 1.21 a 39.96%. La distribución de frecuencia (Fig. 59a), a intervalos del 5% de arcilla, fue polimodal, extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 10.95% (Cuadro 23); casi simétrica,  $Sk_1$ : -0.04, y platicúrtica,  $K'_0$ : 0.44. El valor medio aritmético de la distribución fue 18.90%, con valores para la mediana y el modo principal iguales a 19.25% y 19.95%, respectivamente.

### Peso húmedo total.

El contenido porcentual de agua, WC, considerado como el peso húmedo total de la muestra, estuvo comprendido entre 24.54 y 62.16%, con valor medio aritmético igual a 39.59% (Cuadro 23). La distribución de frecuencia fue unimodal, extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 8.66%, simétrica,  $Sk_1$ : 0.06, y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.51. El modo de la curva de frecuencia fue amplio y comprendido



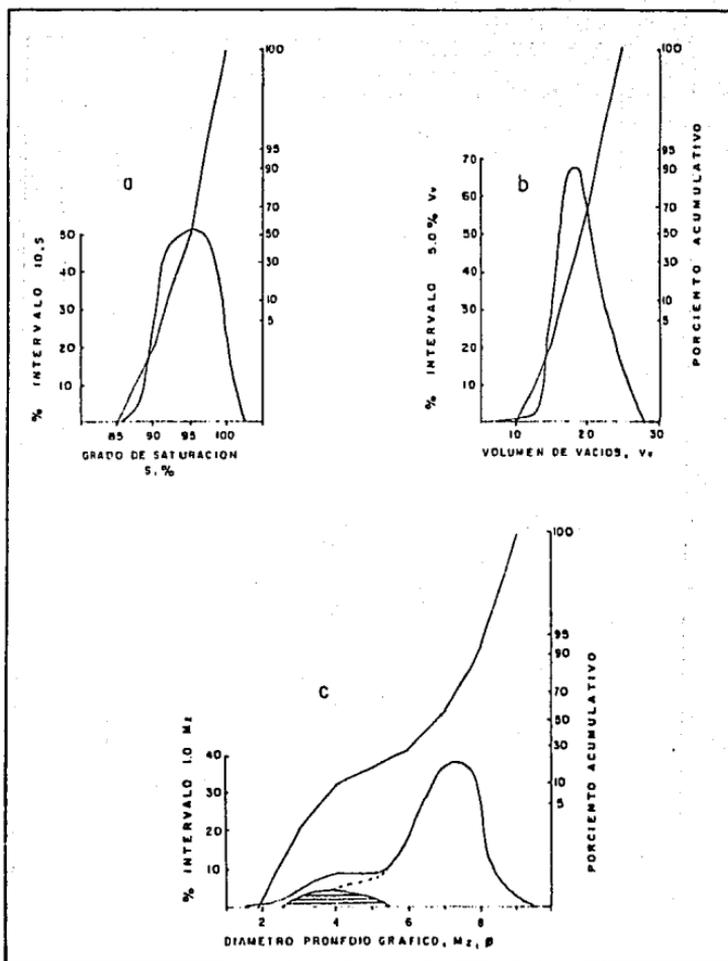


FIGURA 60. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DEL: a) GRADO DE SATURACION; b) VOLUMEN DE VACIOS; y c) DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO

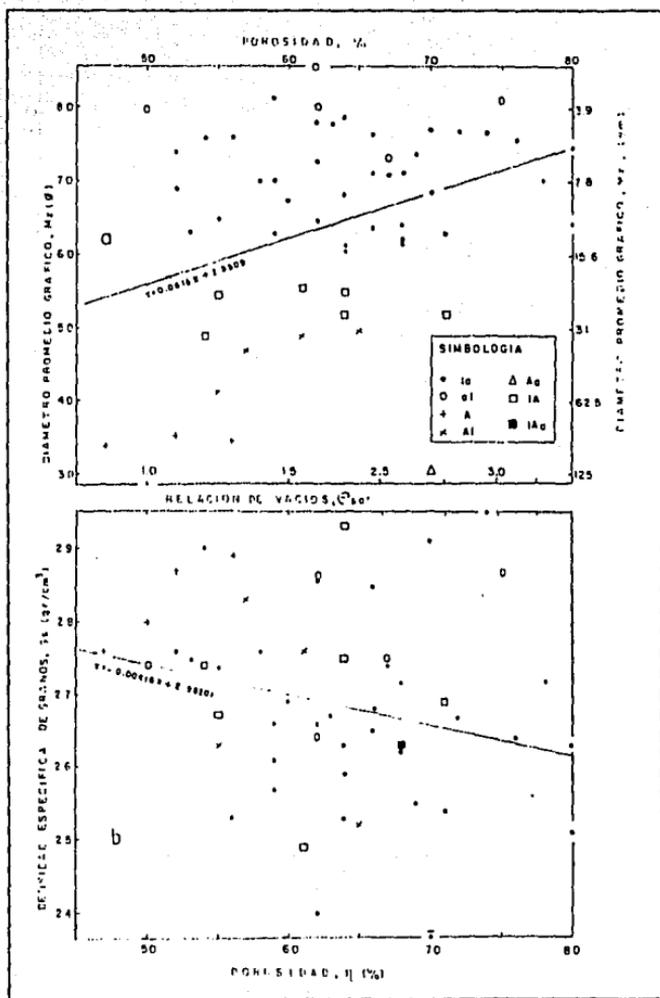


FIGURA 61. RELACION ENTRE LA POROSIDAD Y EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO (a) Y LA DENSIDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (b), EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

entre 30 y 50% de WC, con predominio en el máximo igual a 39.82% de WC, con intensidad de frecuencia igual a 37.50% (Fig. 59 b).

#### Humedad natural.

El contenido de agua, expresado como humedad natural, W, varió de 32.5 a 164.3%; la media aritmética fue igual a 69.3%, con desviación estandar de 27.79% por lo que la distribución de frecuencia estuvo extremadamente mal clasificada (Cuadro 23). Esta distribución fue muy asimétrica hacia los sedimentos con gran contenido de humedad,  $Sk_1$ : 0.40, platocúrtica,  $K'_1$ : 0.47, y polimodal, con el modo principal,  $Mo$ , igual a 56% (Fig. 59 c).

#### Grado de saturación.

El grado de saturación, S, osciló entre 89.70 y 100 % (Cuadro 23; Tabla 7); el valor de la media aritmética fue 94.80% y el de la desviación estandar,  $\sigma_n$ : 2.88%, indicando que la distribución de frecuencia del conjunto de los valores de este parámetro estuvo muy mal clasificada (Fig. 60 a). Esta distribución fue simétrica hacia sedimentos de menor saturación,  $Sk_1$ : -0.20; fue mesocúrtica,  $K'_1$ : 0.51, y unimodal, con  $Mo$  igual a 95.40 % de S y con el 68% de los datos comprendidos entre 91.90 y 97.70% de saturación.

#### Volumen de espacios vacios.

El volumen de espacios o intersticios vacios,  $V_v$ , fluctuó desde 14.5 a 24.38%, con valor medio aritmético igual a 19.14% (Cuadro 23, Tabla 7). La distribución de frecuencia estuvo muy mal clasificada,  $\sigma_n$ : 2.35%; fue casi simétrica,  $Sk_1$ : 0.08, y mesocúrtica,  $K'_1$ : 0.51. La curva de frecuencia fue unimodal con  $Mo$  igual a 19.15% y con el 61 de los elementos del conjunto comprendido entre 16.80 y 21.50% (Fig. 60' b).

#### Diámetro promedio gráfico.

El diámetro promedio gráfico,  $Mz$ , de los sedimentos estuvo comprendido entre 2.87 y 8.58  $\phi$  (137 y 2.6 micras) y fue equivalente al de las arenas de grano fino y muy fino y al de los limos de grano El valor medio aritmético fue igual a 6.44  $\phi$  (11.5 micras), habiendo estado comprendido entre los límites de clase de los limos de grano fino (Wentworth, 1922). La distribución de frecuencia (Fig. 60c) estuvo mal clasificada,  $\sigma_n$ : 1.42  $\phi$  (373 micras); fue asimétrica hacia los granos gruesos,  $Sk_1$ : -0.42, y leptocúrtica,  $K'_1$ : 0.56. La curva de frecuencia fue bimodal, con el modo principal igual a 7.67  $\phi$  (5 micras) y el secundario a 3.5  $\phi$  (88 micras). El 64% de la información se tuvo entre 6.1 y 8.1  $\phi$  (14.5 y 3.6 micras).

Al relacionar a los valores de la porosidad de la masa sedimentaria con el diámetro promedio gráfico de las partículas que la constituyen (Fig. 61 a), el resultado obtenido mostró que la porosidad fue una función directa del valor, en unidades  $\phi$ , del

diámetro promedio gráfico. El incremento de la porosidad se acentuó hacia los sedimentos de grano fino y disminuyó, consecuentemente, en los de grano más grueso (arenas, arenas limosas y arenas arcillosas), como se observó en el desarrollo de la línea que mejor representó la relación de ambos parámetros y cuya ecuación fue:

$$y = 0.062x + 2.55$$

donde:

x= diámetro promedio gráfico, Mz,  $\phi$ .

y= porosidad, n, %

El resultado anterior se relaciona con las condiciones de depósito normadas por los procesos de floculación de las partículas de grano fino.

#### Densidad específica de sólidos.

La densidad específica de sólidos,  $G_s$ , tendió a disminuir con el incremento de la porosidad, n; la correlación entre estos parámetros fue baja, como pudo determinarse de la figura 61 b y del factor respectivo,  $r^2 = -0.24$  (Cuadro 24) y la curva que mejor ilustró su comportamiento fue la recta de ecuación:

$$y = -0.004x + 2.95$$

donde:

y= densidad específica de sólidos,  $G_s$ , gr/cm<sup>3</sup>

x= porosidad, n, %

El resultado anterior está muy relacionado con lo mencionado al comentar la relación entre el Mz y la arcilla.

#### Índice de saturación.

El índice de saturación,  $\epsilon_{sat}$ , mostró una relación directa con el diámetro promedio gráfico, Mz, e inversa con la densidad de sólidos,  $G_s$  (Fig. 61 a,b); los coeficientes de correlación respectivos fueron 0.29 y -0.19 (Cuadro 24).

Los valores obtenidos para la densidad húmeda total o peso unitario,  $\tau$ , fluctuaron desde un máximo de 1.84 gr/cm<sup>3</sup>, a 47% de porosidad, a un mínimo de 1.31 gr/cm<sup>3</sup>, a 80% de porosidad (Fig. 62), valores que fueron los de las muestras 16 y 22 (Fig. 7; Tabla 7). En la figura 62 se ha mostrado la relación lineal para la cual la densidad húmeda total disminuyó con el aumento de la porosidad, entre los límites del contenido de agua iguales a cero y 100% para cualquier densidad de grano. Las líneas de igual densidad 2.5 y 2.6 gr/cm<sup>3</sup> tuvieron por origen los valores siguientes: 1.025 gr/cm<sup>3</sup> (densidad del agua de mar) y 100% de porosidad. El factor de correlación de estos dos parámetros fue óptimo e igual a -1.0 (Cuadro 24) y la línea que representó al conjunto fue la recta de ecuación:

$$y = -62.89x + 163.03$$

donde:

y= porosidad, n, %.

x= densidad húmeda total,  $\tau$ , gr/cm<sup>3</sup>

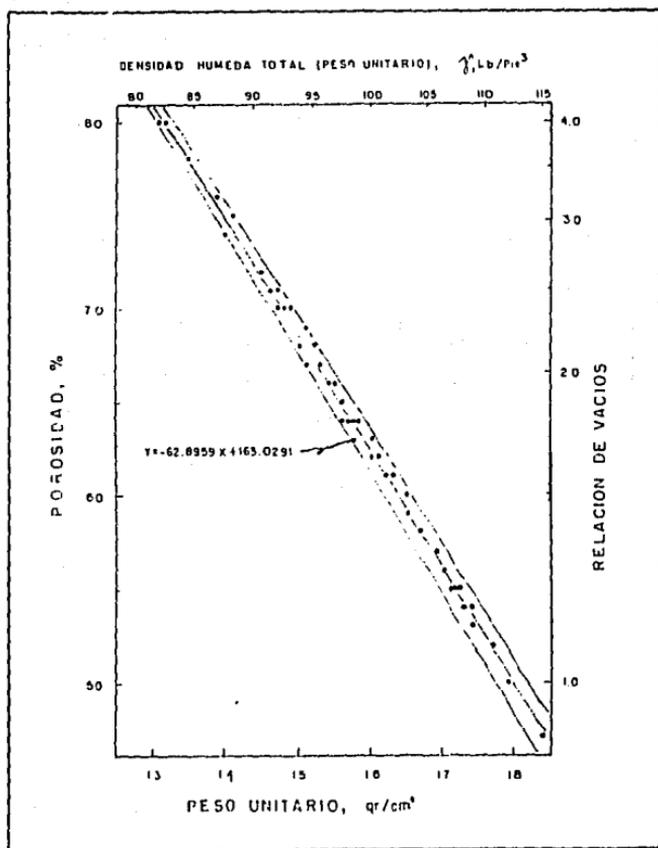


FIGURA 62. RELACION LINEAL ENTRE LA DENSIDAD HUMEDAD TOTAL Y LA POROSIDAD EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

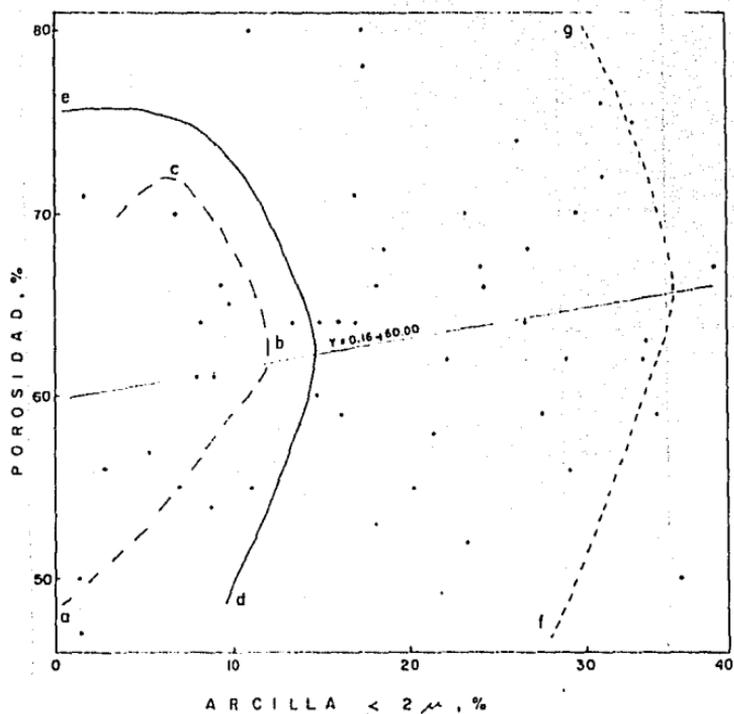


FIGURA 63. RELACION ENTRE LA FRACCION ARCILLOSA, DE DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO MENOR DE 2 MICRAS, Y LA POROSIDAD, EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

La relación entre la fracción arcillosa de diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , menor de 2 micras ( $9 \phi$ ) y la porosidad se muestra en la figura 63. El coeficiente de correlación no fue significativo,  $r^2$ : 0.20 (Cuadro 24); habiéndose determinado que a medida que el sedimento se torna más fino se tiende al incremento de la porosidad en la masa sedimentaria.

En los sedimentos arenosos con porcentajes de arcilla comprendidos entre cero y 3%, la porosidad fue cercana al 50%, conforme se incrementó el contenido de partículas finas, la porosidad aumentó apreciablemente hasta alcanzar valores de hasta 70%, con un valor empírico máximo de 12% para la arcilla, como puede observarse en el desarrollo del segmento ab de la línea de trazos de la figura 63. El incremento de porosidad modificó posteriormente su comportamiento al estar inversamente relacionado con la cantidad de partículas de grano fino (segmento bc). Al disminuir más aún el porcentaje de finos, su relación con la porosidad se tornó directa. Las líneas curvas de y fg son los límites texturales que normaron el comportamiento de la porosidad en base al contenido de limos y arcillas en la masa sedimentaria.

#### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

Se investigaron los materiales contenidos en 35 núcleos colectados en las estaciones oceanográficas de la figura 7; las columnas sedimentarias variaron en longitud de 30 a 190 cm y fueron submuestreadas a cada 10 cm para conocer el comportamiento geotécnico de los sedimentos que las constituyeron. Los resultados obtenidos se consignaron en la Tabla 8.

El 95% de los sedimentos fueron cohesivos y por su textura variaron desde las arcillas hasta los limos; el 56% fueron limos arcillosos, el 39% arcillas limosas y el 5% restante representó a los sedimentos arenosos que oscilaron entre las arenas limosas y los limos arcillosos, con cantidades pequeñas y variadas de arcilla (Figs. 30 y 31, Tabla 5).

Por la abundancia de arcilla, el 96% de las muestras analizadas se incluyeron en el Grupo II del Joides Panel on Sedimentary Petrology and Physical Properties y del Joides Planning Committee (Lewis et al., 1983)

#### Densidad húmeda total.

La densidad húmeda total,  $\tau$ , varió de 1.302 a 1.786  $\text{gr/cm}^3$ , con valor medio aritmético de 1.537  $\text{gr/cm}^3$  (Fig. 64 a). La distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_s$ : 0.08  $\text{gr/cm}^3$  (Cuadro 25); fue asimétrica hacia las mayores densidades,  $Sk_s$ : 0.14, y mesocúrtica.  $K'g$ : 0.50. La curva de frecuencia se aproximó a la normal, fue unimodal con el modo igual a 1.50 de y 37% de frecuencia. El 68% de los valores estuvieron comprendidos entre 1.429 y 1.615  $\text{gr/cm}^3$ . Los sedimentos que tuvieron mayor densidad,  $\tau > 1.70 \text{ gr/cm}^3$ , fueron los limos arcillosos y las arcillas limosas, en especial aquellos de los núcleos 9, 50, 55, 56, 61 y

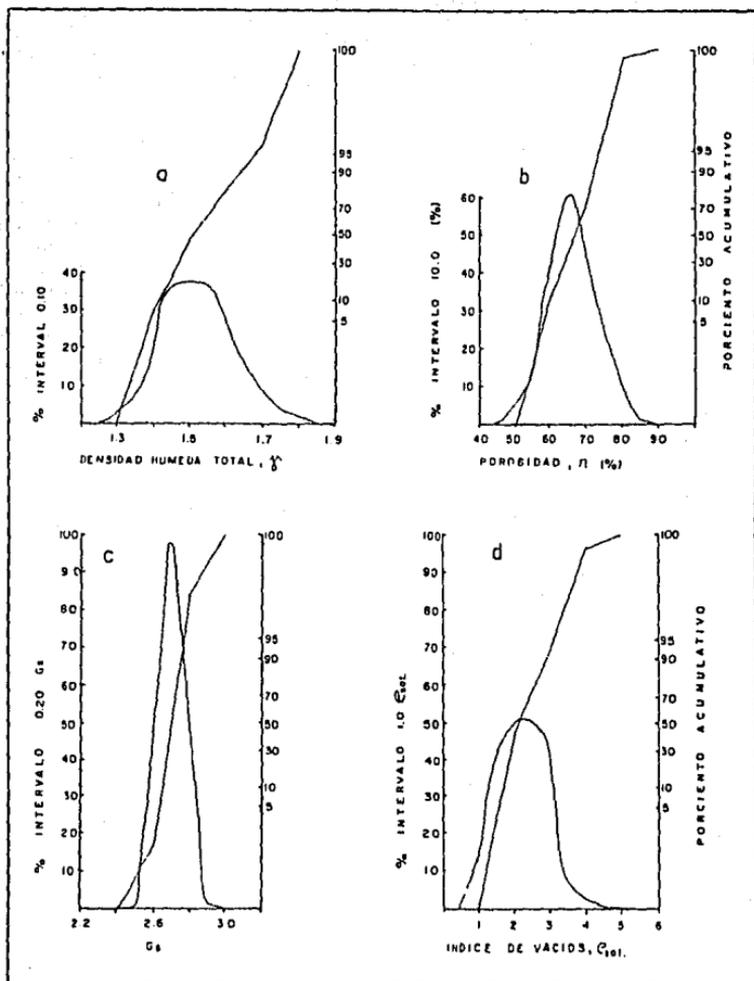


FIGURA 64. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DE: a) DENSIDAD HUMEDA TOTAL; b) POROSIDAD; c) DENSIDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS; y d) INDICE DE VACIOS

67, a profundidades de sepultamiento comprendida entre 5 y 80 cm. Los sedimentos limo arenosos y limo arcillo arenosos del núcleo 67 también tuvieron alta densidad (Tabla 8). Las densidades más bajas,  $\tau < 1.40 \text{ gr/cm}^3$ , se determinaron en las arcillas limosas y los limos arcillosos de los núcleos 10, 92, y 108 (Fig. 7).

#### Porosidad.

La porosidad de los sedimentos,  $n$ , fluctuó entre 50.8 y 81.15 %, con valor medio aritmético de 67% (Cuadro 25). La distribución de frecuencia (Fig. 64 b), estuvo mal clasificada,  $\sigma_n$ : 5.47%; fue casi simétrica,  $Sk_1$ : -0.10, y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.48. La curva de frecuencia fue casi normal con el 68% de los valores comprendidos entre 61 y 72; así mismo, fue unimodal con el modo igual a 67% y frecuencia de 72%.

#### Densidad específica de sólidos.

La densidad específica de sólidos,  $G_s$ , tuvo un rango de variación pequeño, 0.46  $\text{gr/cm}^3$ , con valor medio aritmético de 2.77  $\text{gr/cm}^3$  (Cuadro 25). La distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.03  $\text{gr/cm}^3$ ; fue simétrica,  $Sk_1$ : cero, y extremadamente leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.97. La curva de distribución de frecuencia (Fig. 64 c) fue unimodal, con el modo, la media y la mediana iguales a 2.70  $\text{gr/cm}^3$ . El predominio en el máximo fue igual al 97% de los valores y estuvo comprendido entre 2.68 y 2.89  $\text{gr/cm}^3$ . Los sedimentos con densidades bajas,  $G_s < 2.68 \text{ gr/cm}^3$ , se identificaron en las muestras 1 (60-70), 9 (5-20) y 32 (20-30); fueron arcillas limosas, limos arcillosos y limos (Tabla 8). Los materiales con densidad superior a 2.89  $\text{gr/cm}^3$  fueron: a) las arcillas limosas de los núcleos 2 y 31 en el intervalo 140-170; b) los limos arcillosos en los núcleos 8(5-10) y 82 (100-110); y c) la arcilla 2 (130-140).

#### Índice de vacíos.

El índice o relación de vacíos,  $e_{\text{rel}}$ , osciló entre 1.034 y 4.292, con valor medio de 2.08 (Cuadro 25). La distribución de frecuencia (Fig. 64 d), estuvo bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.47, fue unimodal, asimétrica hacia los sedimentos con  $e_{\text{rel}} > 3.0$  (índice de asimetría,  $Sk_1$ : 0.19) y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.49. La moda de la curva de frecuencia fue igual a 2.18, con 51% de frecuencia. El 100% de los sedimentos tuvieron valores superiores al índice crítico de vacíos ( $e_{\text{rel}}$ : 1.06), a excepción de los limos arcillosos de los núcleos 56 (30-40) y 61 (20-30) (Tabla 8).

#### Contenido de arcilla.

El conjunto de granos de diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , inferior a 9.0  $\phi$  (2 micras), estuvo comprendido entre 1.34 y 73.63% con valor medio aritmético de 29.14% (Cuadro 25). La distribución de frecuencia (Fig. 65 a), elaborada a intervalos de 10% debido al amplio rango de variación, estuvo extremadamente mal clasificada,

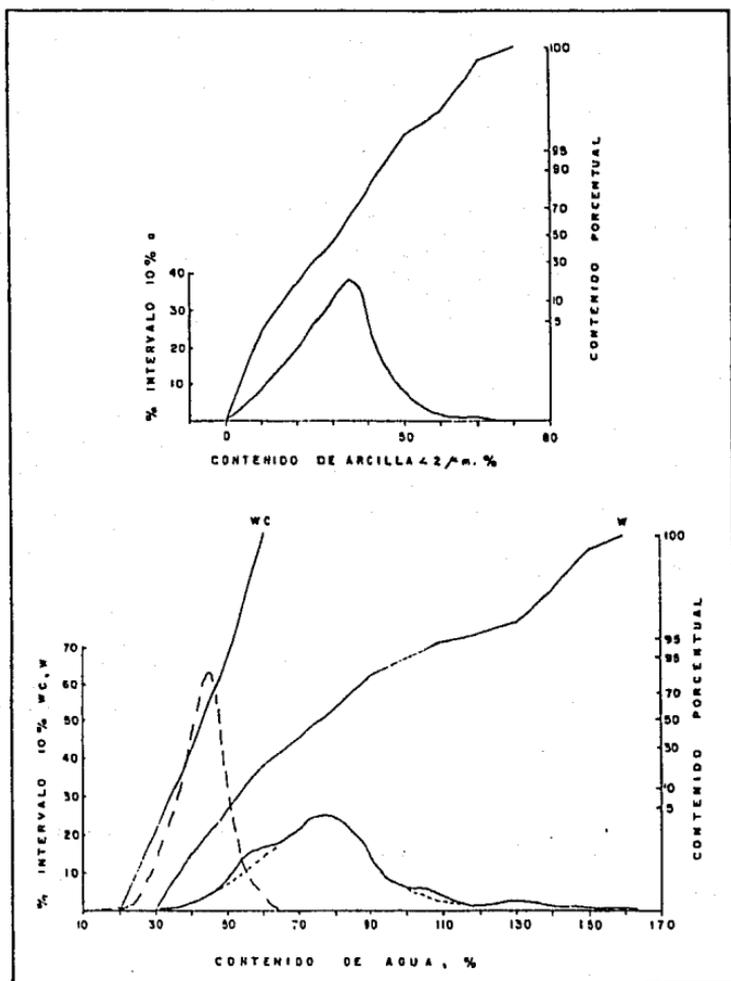


FIGURA 65. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DEL CONTENIDO DE ARCILLA, HUMEDAD TOTAL Y PESO HUMEDO

$\alpha_n$ : 8.50%; fue asimétrica hacia los sedimentos más arcillosos,  $Sk_1$ : 0.16, y mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.51. La curva de frecuencia fue unimodal, con la moda igual al 34% de arcilla y 38% de frecuencia. Los elementos del conjunto cuyo porcentaje de arcilla fue menor del 10% representaron el 3% y fueron los sedimentos limo arenosos y arenosos de los núcleos 11, 31, 61 y 67, así como los limos del núcleo 32 y los limos arcillosos del núcleo 81 (Fig. 7; Tablas 5 y 6).

#### Humedad natural.

El contenido de agua o humedad de la muestra,  $W$ , fluctuó entre 38 y 152%, aproximadamente, con valor medio aritmético igual a 73.23% (Cuadro 25). La distribución de frecuencia (Fig. 65 b), estuvo extremadamente mal clasificada,  $\alpha_n$ : 15%, fue casi simétrica,  $Sk_1$ : 0.08, y platicúrtica,  $K'_0$ : 0.46. La curva de distribución de frecuencia fue polimodal, con el modo principal situado a 76.7% de  $W$  y 25% de frecuencia. Los sedimentos con menos del 50% del contenido de agua fueron los limos arcillosos y las arcillas limosas de los núcleos 9, 42, 54, 55, 61, 64 y 92; así como los limos arenosos, limos arena arcillosos y los limos arcillo arenosos del núcleo 67 (Fig. 7, Tablas 5 y 6). El 58% de los sedimentos estuvieron comprendidos entre 65 y 95% de  $W$ .

#### Peso húmedo total.

Los valores de  $WC$  mostraron poca dispersión (Fig. 65 b), a diferencia de los correspondientes de  $W$  (Fig. 65 c; Cuadro 25). La distribución de los valores de  $WC$  tuvo una clasificación extremadamente mala,  $\alpha_n$ : 5.30% y estuvo comprendida entre 26.23 y 60.35%, con media aritmética igual a 41.90%; fue casi simétrica,  $Sk_1$ : -0.05, mesocúrtica,  $K'_0$ : 0.49 y unimodal, con el 68% de los datos comprendidos entre 37.4 y 48.6 de  $WC$ . El modo, la mediana y la media fueron coincidentes.

#### Grado de saturación.

El grado de saturación,  $S$ , varió desde 80.96 a 99.82% (Tabla 8, Cuadro 25), el valor medio aritmético fue igual al 92.87% y coincidió con el de la moda. La distribución de frecuencia (Fig. 66 a), estuvo muy mal clasificada,  $\alpha_n$ : 2.19%; fue simétrica,  $Sk_1$ : cero, extremadamente leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.97, y unimodal. El 92% de los valores estuvieron comprendidos entre 90 y 95% de saturación. Del 8% restante, los sedimentos con  $S > 95\%$  fueron los limos arcillosos y las arcillas limosas de los núcleos 2, 9, 10, 32, 40, 55 y 92, identificados en los intervalos comprendidos entre 5 y 150 cm de sepultamiento. El menor grado de saturación se tuvo en los materiales de grano fino de los núcleos 10, 31 y 37.

#### Volumen de espacios vacíos.

El volumen de espacios vacíos o intersticios,  $V_v$ , mostró un rango pequeño de variación; los límites de este parámetro fueron 15.25 y 24.59% (Cuadro 25; Tabla 8), con valor medio aritmético igual a

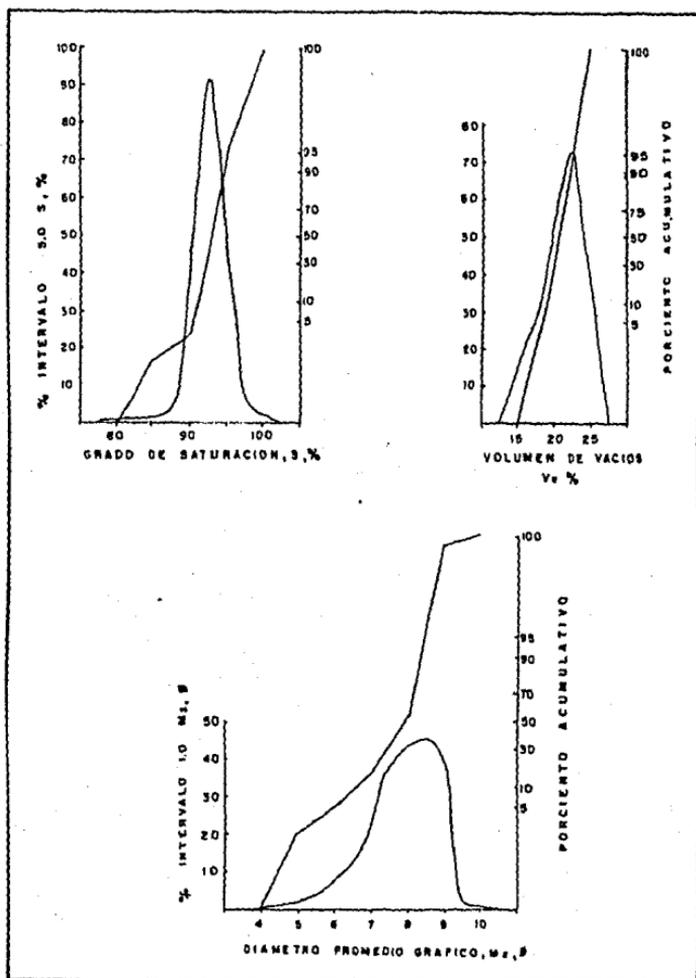


FIGURA 66. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DEL GRADO DE SATURACION, DEL VOLUMEN DE VACIOS, Y DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO

20.53%. La distribución de frecuencia (Fig. 66 b), estuvo mal clasificada,  $\sigma_n$ : 1.52%; fue casi simétrica,  $Sk$ : -0.09, con ligero sesgo hacia los sedimentos con mayor volumen de vacíos, leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.54, y unimodal, con el modo principal igual a 20.75% y con 73% de frecuencia.

#### Diámetro promedio gráfico.

El diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , de los sedimentos estuvo comprendido entre 4.12 y 9.44  $\phi$  (57.5 y 1.5 micras). Por su textura variaron desde los limos de grano grueso hasta las arcillas de grano grueso, de acuerdo a los límites de clase de Wentworth (1922), modificados para los limos y las arcillas por el Massachusetts Institute of Technology (Glossop y Skempton, 1945). El valor medio aritmético correspondió con los limos de grano muy fino,  $M_z$ : 7.55  $\phi$  (5.3 micras). La distribución de frecuencia estuvo moderadamente bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.72  $\phi$  (0.61 mm); fue muy asimétrica hacia los fragmentos gruesos,  $Sk$ : -0.42, leptocúrtica,  $K'_0$ : 0.57, y unimodal con la moda igual a 5.07  $\phi$  (30 micras) (limo de grano grueso). El diámetro promedio gráfico del 65% de los elementos del conjunto estuvo comprendido entre 6.80 y 8.30  $\phi$  (9 y 3 micras), desde los limos de grano fino hasta las arcillas de grano grueso (Fig. 66 c).

Al correlacionar a la porosidad del sedimento con el diámetro promedio gráfico de los granos (Fig. 67 a), resultó una función inversa. En los sedimentos de grano fino, limos arcillosos y arcillas limosas, con diámetro promedio gráfico comprendido entre 6.0 y 9.5  $\phi$  (15.6 y 1.4 micras), la porosidad varió de 50 a 81%, con la mayoría de los datos ubicados entre 65 y 72%. El coeficiente de correlación entre estos sedimentos y la porosidad fue buena, con coeficiente de correlación igual a 0.72 (Cuadro 26) y la curva que mejor representó al conjunto fue la línea recta de ecuación:

$$y = 0.054x + 4.055$$

donde:

$y$  = diámetro promedio gráfico,  $M_z$ ,  $\phi$ .

$x$  = porosidad,  $n$ , %

#### Densidad específica de sólidos.

La densidad específica de sólidos,  $G_s$ , tuvo ligera tendencia a aumentar con el incremento de la porosidad (Fig. 67 b). La relación no se mostró obvia y el factor de correlación fue igual a 0.42 (Cuadro 26). Mejor correlación se obtuvo entre 65 y 71% de porosidad y de 2.72 a 2.76  $gr/cm^3$  de densidad específica de los granos; la curva que mejor representó al conjunto fue la línea recta de ecuación:

$$y = 0.003x + 2.59$$

donde:

$y$  = densidad específica de sólidos,  $G_s$ ,  $gr/cm^3$

$x$  = porosidad,  $n$ , %

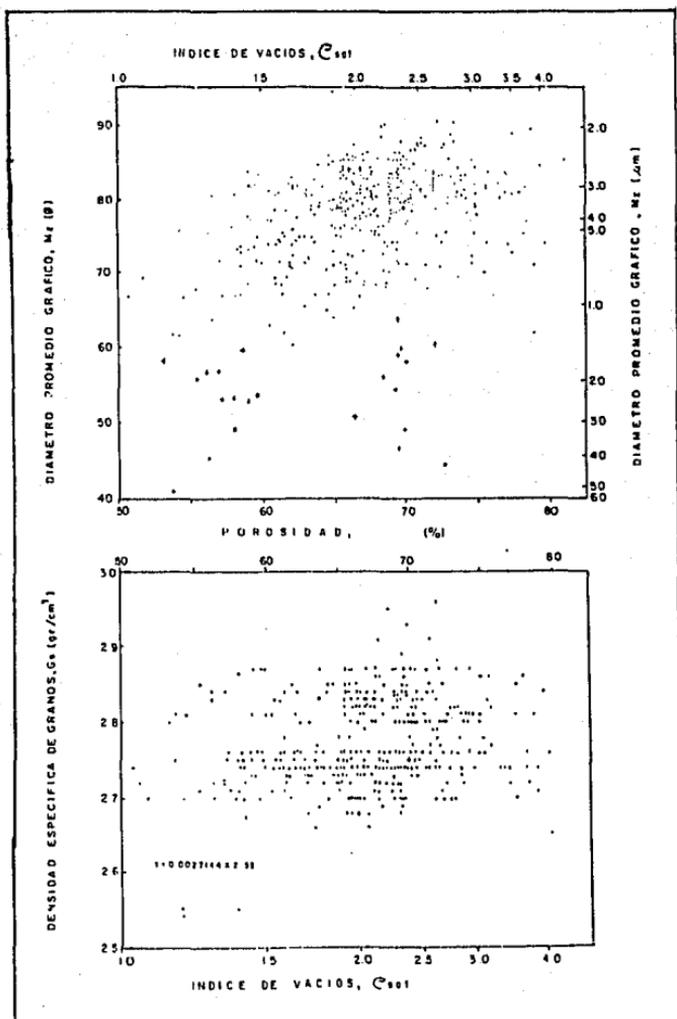


FIGURA 67. RELACION ENTRE LA POROSIDAD Y EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO (a) y LA DENSIDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

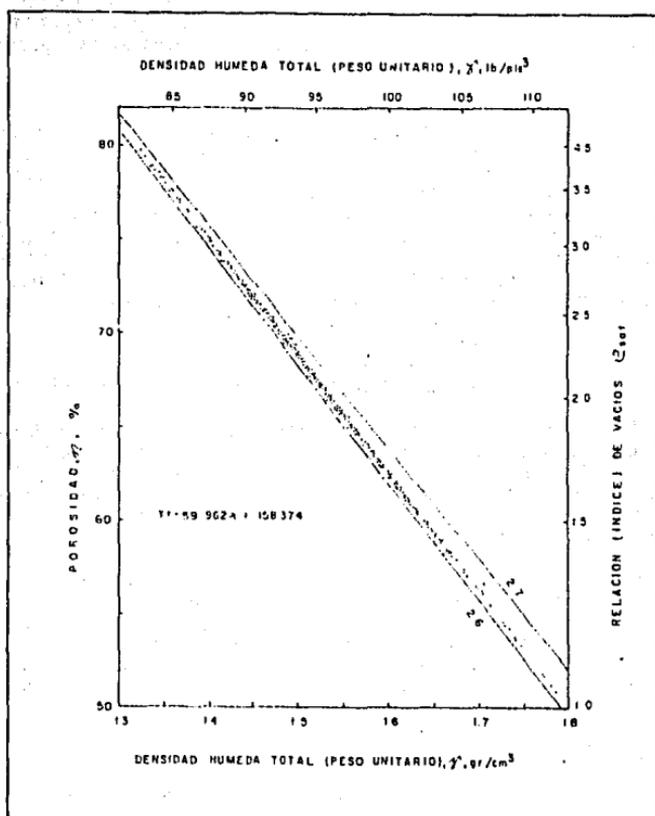


FIGURA 68. RELACION LINEAL ENTRE LA DENSIDAD HUMEDA TOTAL Y LA POROSIDAD, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

El índice de vacíos,  $e_{sat}$ , tuvo una relación directa con respecto al diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , y con la densidad específica de sólidos (Fig. 67 a, b); los coeficientes de correlación fueron 0.57 y 0.35, respectivamente (Cuadro 26).

La densidad húmeda total o peso unitario,  $\tau$ , se modificó de 1.302 gr/cm<sup>3</sup>, con 81.1% de porosidad, a 1.786 gr/cm<sup>3</sup>, a 50.8% de porosidad (Tabla 8). La relación lineal que representó la disminución de la densidad húmeda total respecto al aumento en la porosidad del sedimento, entre los límites de cero y 100% del contenido de agua y para cualquier densidad de grano, se muestra en la figura 68. Las líneas de densidad 2.6 y 2.7 gr/cm<sup>3</sup> se originaron en el punto de coordenadas 1.025 gr/cm<sup>3</sup> y 100%. La correlación fue óptima y el factor de correlación fue igual a -1.0 (Cuadro 26). La línea recta que representó al conjunto tuvo la siguiente ecuación:

$$y = -0.59.96x + 158.37$$

donde:

y = porosidad, n, %

x = densidad húmeda total,  $\tau$ , gr/cm<sup>3</sup>

La relación entre el diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , y el índice de vacíos,  $e_{sat}$ , mostró que la mayoría de los sedimentos se agruparon entre los valores siguientes del índice de vacíos: 1.7 y 2.7%; y del diámetro promedio: 7.8 y 8.6  $\phi$  (4.5 y 2.5 micras). La relación entre estos parámetros no fue buena y su variación fue directa con factor de correlación igual a 0.57 (Cuadro 26).

En la figura 69 se le esquematizó según una banda o franja, con línea media, que dió los siguientes resultados: a) el índice de vacíos se incrementó en los sedimentos de grano fino, arcillas y arcillas limosas ( $M_z > 7.7 \phi$ ), conforme el diámetro de los granos se tornó más fino; y b) la relación entre estos parámetros tendió a ser inversa en los sedimentos arenos limosos y limo arenosos,  $M_z < 6.0 \phi$  (15.5 micras).

#### LIMITES DE PLASTICIDAD.

Los límites de plasticidad, también denominados de Atterberg o de consistencia, son campo de la mecánica de suelos y casi nula ha sido su aplicación en el entendimiento del comportamiento de los sedimentos marinos, considerados como suelos; sujetos a cargas o a esfuerzos relacionados con los procesos sedimentarios de sedimentación o erosión y aún menos se ha procurado relacionar los resultados de su aplicación con aquellos derivados del análisis textural y de la relación entre la masa y el volumen de los materiales cohesivos no litificados sujetos, además a cargas hidrostáticas.

#### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

Los límites de plasticidad fueron investigados en los sedimentos mostrados en la Tabla 9, colectados en las estaciones oceanográficas de la figura 7. Los materiales por analizar fueron colectados, preparados y analizados siguiendo los métodos y

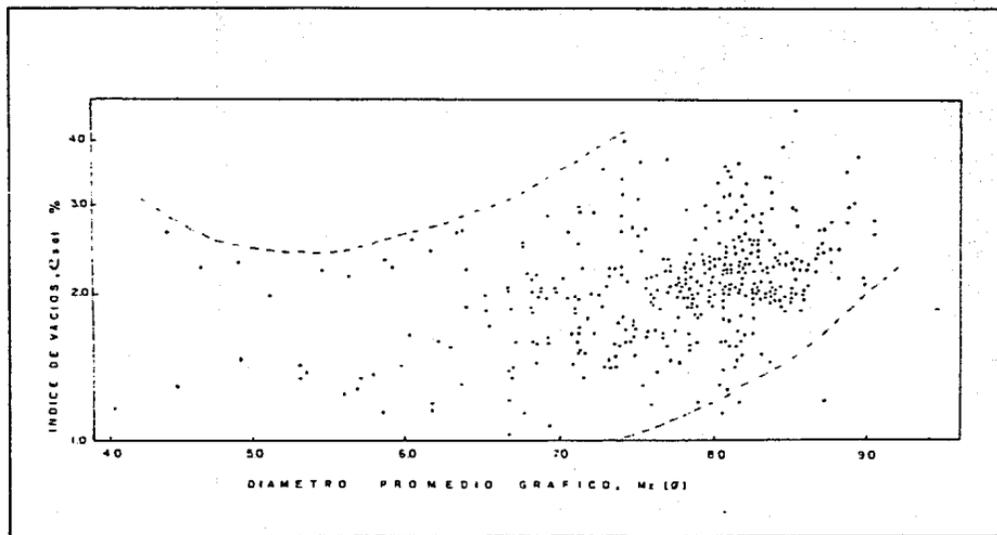


FIGURA 69. RELACION ENTRE EL INDICE DE VACIOS Y EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

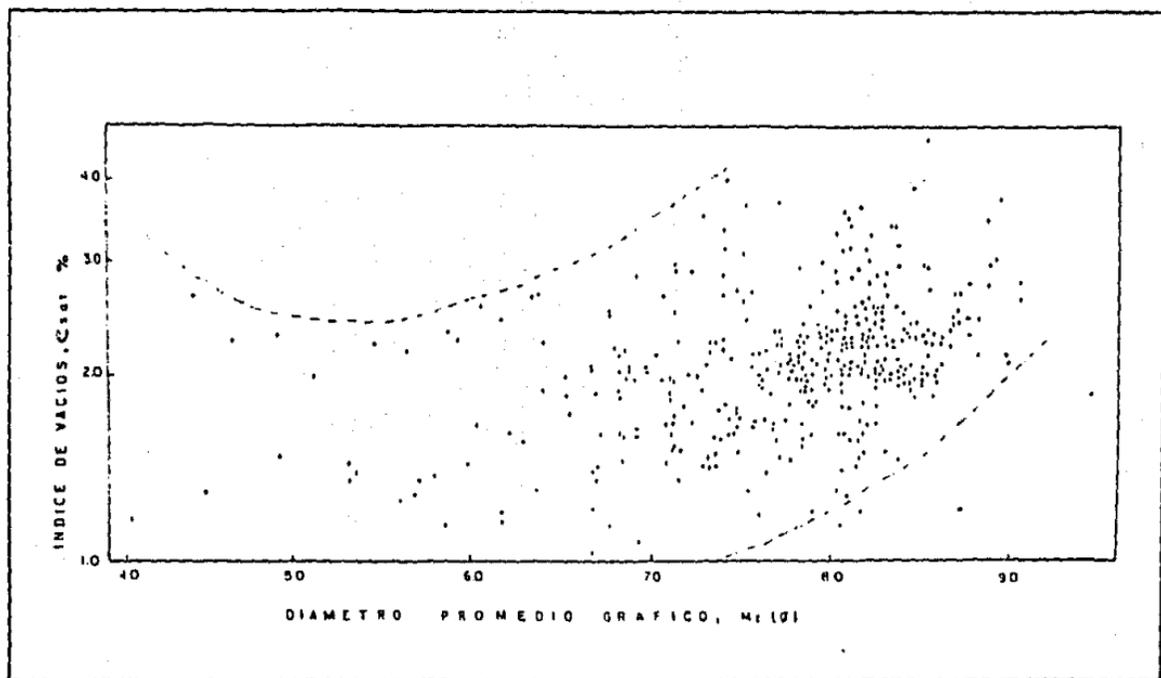


FIGURA 69. RELACION ENTRE EL INDICE DE VACIOS Y EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

procedimientos descritos en el capítulo correspondiente.

Los parámetros evaluados fueron los siguientes: a) contenido de agua, W; b) límites líquido, LL, y plástico, LP; y c) índices de plasticidad, IP; de tenacidad,  $T_v$ ; de fluidez,  $F_v$ ; de liquidez, B; y de actividad,  $A_c$ . A continuación se describen los resultados obtenidos:

#### Humedad natural.

El contenido de agua, W, en la masa sedimentaria fue de 38 a 116%, aproximadamente, con una media aritmética de 69.55% (Cuadro 27). La desviación estandar de la distribución fue igual a 7.86% por lo que el contenido de agua en el conjunto de los sedimentos analizados estuvo extremadamente mal clasificado. La curva de distribución de frecuencia (Fig. 70 a), fue casi simétrica, con sesgo pequeño hacia los sedimentos con menor contenido de agua,  $Sk_1$ : -0.05; fue mesocúrtica,  $K'_g$ : 0.51, y bimodal, con el modo principal igual a 71% e intensidad de frecuencia de 30%; el modo secundario, pequeño, se tuvo a valores de W iguales al 120%.

El sedimento con mayor contenido de agua,  $W > 110\%$ , fue la arcilla limosa del núcleo 10(5-10); los valores de  $W < 40\%$  fueron correspondientes con los limos arcillosos de los núcleos 30(30-40) y 55 (170-180) (Tablas 5 y 6).

#### Límite líquido.

El límite líquido varió entre 44.6 y 107.4%, con valor medio aritmético igual a 71.3%, y con desviación estandar,  $\sigma_n$ , de 8.88% (Cuadro 27)

#### Límite plástico.

El límite plástico, LP, de los sedimentos del conjunto analizado osciló entre 20 y 57%, aproximadamente, con media aritmética de 34.0 % (Cuadro 27). La distribución de frecuencia (Fig. 70 c) estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 5.55% ; fue asimétrica hacia los sedimentos con mayor límite plástico,  $Sk_1$ : 0.11; mesocúrtica,  $K'_g$ : 0.47 y unimodal con la moda igual a 34%, coincidente con la media y la mediana; la intensidad de frecuencia en el máximo fue 56%. Los valores de LP  $> 50\%$  se determinaron en los limos arcillosos y en las arcillas limosas del núcleo 108 (Tablas 5 y 6).

#### Índice de plasticidad.

El índice de plasticidad, IP, fluctuó desde 10.6 a 66.9% (Cuadro 27). La distribución de frecuencia (Fig. 70 d), estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 5.88%, con valor medio aritmético igual a 37.28%; fue asimétrica hacia los sedimentos de menor índice de plasticidad,  $Sk_1$ : -0.21; mesocúrtica,  $K'_g$ : 0.48, y unimodal, con el modo igual al 36.40% del IP y con 50% de intensidad de frecuencia. El índice de plasticidad del 66% de los

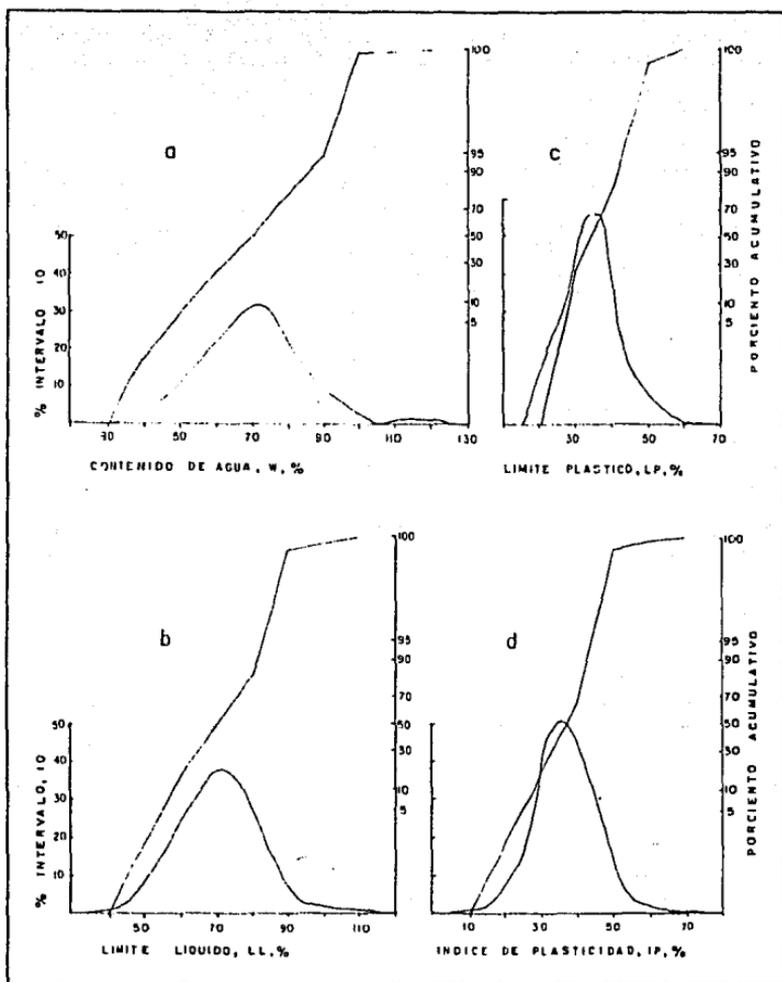


FIGURA 70. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DEL: a) CONTENIDO DE AGUA; b) LIMITE LIQUIDO; c) LIMITE PLASTICO; y d) INDICE DE PLASTICIDAD

sedimentos estuvo comprendido entre 30 y 45%. Los valores mayores de este índice,  $IP > 50\%$  se tuvieron en el núcleo 108 (Tabla 6).

#### Índice de fluidez.

El índice de fluidez,  $F_w$ , varió ampliamente desde 4.8 a 70.2%, con valor medio aritmético igual a 25.55% y desviación estandar de 8.51% (Fig. 71 a; Cuadro 27; Tabla 9). La distribución de frecuencia, por tanto, estuvo extremadamente mal clasificada y, además, fue asimétrica hacia los sedimentos con mayor índice de fluidez ( $Sk_1 : 0.38$ ), mesocúrtica ( $K'_s : 0.53$ ), y unimodal con la moda igual al 185% de  $F_w$  y 30% de intensidad de frecuencia. En el 67% de los sedimentos analizados este índice osciló entre 15 y 35%; los valores superiores al 50%, fueron determinados en las arcillas limosas de los núcleos 80, 81 y 108, así como en los limos arcillosos del núcleo 82 (Fig. 7; Tablas 5 y 6).

#### Índice de tenacidad.

El índice de tenacidad,  $T_v$ , estuvo comprendido entre 0.2 y 8.0%, con media aritmética de 1.87% (Cuadro 27). La distribución de frecuencia (Fig. 71 b), estuvo moderadamente clasificada ( $\sigma_n : 0.86\%$ ), fue muy asimétrica hacia los valores mayores de  $T_v$  ( $Sk_1 : 0.45$ ), leptocúrtica ( $K'_s : 0.53$ ) y bimodal, con el modo principal igual a 1.12% y el secundario a 7.5%. El 71% de los valores del conjunto se tuvieron entre 0.2 y 2.05.

#### Índice de liquidez.

Este índice mostró un rango de variación pequeño e igual a 1.9%, a diferencia del correspondiente a los parámetros anteriores que lo tuvieron de más amplitud; estuvo comprendido entre 0.3 y 2.22%, con media aritmética de 0.96% (Cuadro 27). Las curvas de distribución de frecuencia y acumulativa (Fig. 71 c), fueron elaboradas a intervalos de 0.5% y los resultados obtenidos fueron los siguientes: a) desviación estandar,  $\sigma_n : 0.17\%$ ; b) varianza: 0.03%; c) índice de asimetría,  $Sk_1 : 0.72$ ; d) curtosis transformada,  $K'_s : 0.49$ . De lo anterior, la distribución estuvo muy bien clasificada, fue asimétrica hacia los sedimentos con mayor liquidez y mesocúrtica. La curva de distribución de frecuencia fue unimodal, con la moda igual a 0.78% e intensidad de frecuencia igual a 61%.

El 91% de los valores se ubicaron entre 0.51 y 1.50% de B; los sedimentos con  $B > 2.0\%$  fueron las arcillas limosas del núcleo 27 (30-40).

#### Índice de actividad.

La relación lineal entre el índice de plasticidad y la fracción arcillosa de diámetro promedio gráfico mayor de  $9.0 \phi$ ,  $A_c$ , osciló entre 0.20 y 2.90%, con valor medio aritmético de 1.10% y desviación estandar,  $\sigma_n : 0.17\%$ . El índice de clasificación y la curtosis tuvieron los valores siguientes: 0.16 y 0.52, respectivamente. Los valores de  $A_c$  estuvieron muy bien

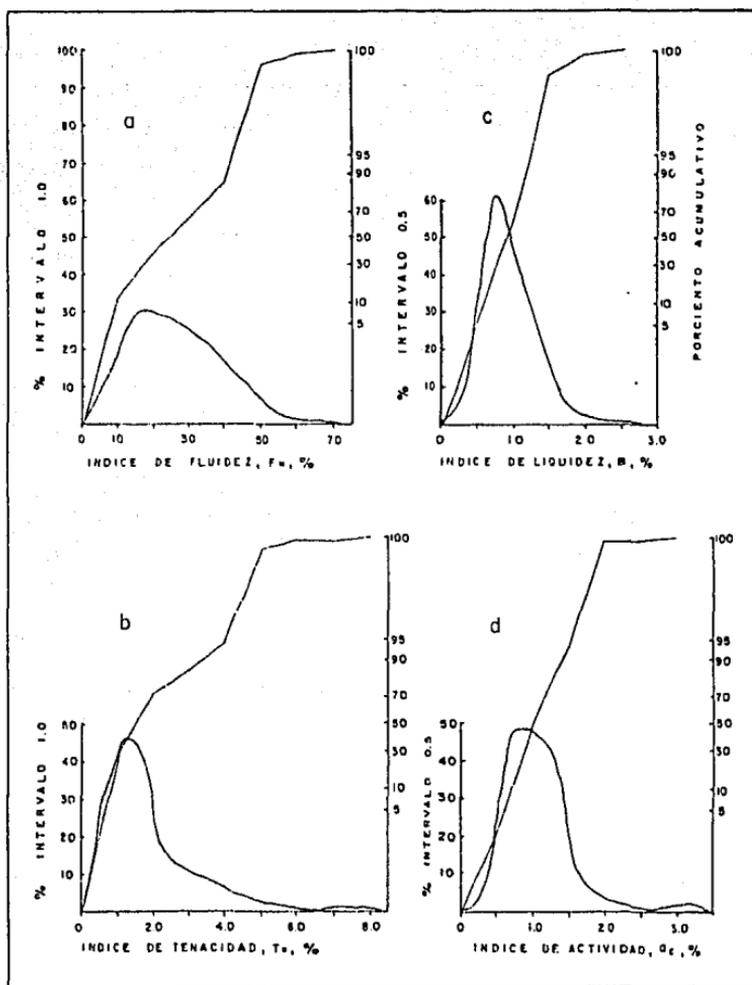


FIGURA 71. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DE LOS INDICES DE: a) FLUIDEZ; b) TENACIDAD; c) LIQUIDEZ; y d) ACTIVIDAD

clasificados; su distribución de frecuencia (Fig. 71 d) fue asimétrica hacia los sedimentos de mayor actividad y, además, mesocúrtica y bimodal, con el modo principal igual a 0.8% y el secundario a 0.4% de  $A_c$ . El 90% de los datos estuvieron entre 0.51 y 1.50%; los valores de  $A_c > 2.0\%$  pertenecieron a los sedimentos arcillo limosos del núcleo 31 (20-90) y los materiales con  $A_c < 0.50\%$  fueron los limos arcillosos de los núcleos 50(50-60) y 54(50-60), y las arcillas limosas 9(110-120) y 27(30-40) (Tablas 5 y 6). De acuerdo con la clasificación de los sedimentos según el valor del índice de actividad, propuesta por Skempton (1948), el 7% de los sedimentos pudieron ser considerados como arcillas inactivas; el 67% como arcillas normales y el 26% como activas.

#### Contenido de arcilla.

El contenido porcentual de la fracción arcillosa, a, de diámetro promedio gráfico mayor de  $9.0 \phi$  (2 micras), varió entre 20 y 74% (Cuadro 27). La distribución de frecuencia (Fig. 72 a), con media aritmética de 34.5%, estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 4.38%, fue muy asimétrica hacia los sedimentos más arcillosos, a  $> 50\%$ , con índice de asimetría ( $Sk_n$ ) igual a 0.84, mesocúrtica ( $K'_n$ : 0.47) y unimodal con la moda igual a 32.80% y 51% de intensidad de frecuencia. El 75% de los sedimentos tuvieron porcentajes de arcillas comprendidos entre 20 y 40%. Los materiales más arcillosos, a  $> 60\%$ , fueron las arcillas de los núcleos 2 (130-140) y 82 (110-120), así como la arcilla limosa 81 (100-110) (Tablas 5 y 6).

#### Diámetro promedio gráfico.

Este parámetro, Mz, fluctuó entre 6.38 y 9.44  $\phi$  (12.0 y 1.44 micras) (Cuadro 27). La distribución de frecuencia estuvo muy bien clasificada,  $\sigma_n$ : 0.27  $\phi$  (0.83 mm); fue asimétrica hacia los sedimentos más gruesos ( $Sk_n$ : -0.27), leptocúrtica ( $K'_n$ : 0.53) y unimodal, con  $Mo = 8.11 \phi$  (3.62 micras) (Fig. 72 b). Sedimentos con Mz  $> 9.0 \phi$  (1.95 micras) fueron las arcillas limosas de los núcleos 10 (5-10), 96(20-30), el limo arcilloso 82 (100-110) y la arcilla 2 (130-140) (Tablas 5 y 6). Los sedimentos de grano más grueso, Mz  $< 7.0 \phi$  (7.8 micras) fueron los limos arcillosos en los núcleos 8(10-20), 42(160-170) y el limo arcillo arenoso 40(5-10).

La relación entre el diámetro promedio gráfico y el índice de plasticidad fue directa (Fig. 72 c), con factor de correlación no muy significativo e igual a 0.54 (Cuadro 28) e índice de uniformidad de 4.65. Los elementos del conjunto mostraron gran dispersión del IP cuando Mz osciló entre 7.8 y 8.6  $\phi$  (4.5 y 2.6 micras). La curva que mejor representó al conjunto Mz-IP fue la línea recta de ecuación:

$$y = 11.907x + 58.171$$

donde:

y = índice de plasticidad, IP, %

x = límite plástico, Mz,  $\phi$ .

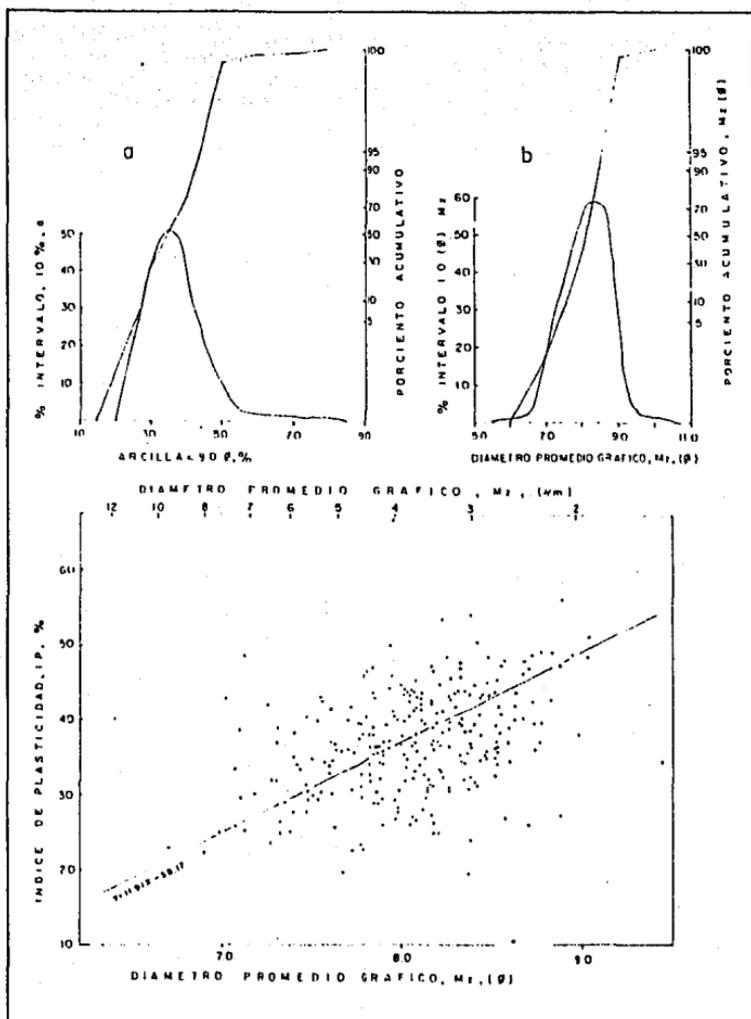


FIGURA 71. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, DEL CONTENIDO DE ARCILLA Y DEL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO (a,b). RELACION ENTRE EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO Y EL INDICE DE PLASTICIDAD (c)

La relación entre los límites líquido, LL, y plástico, LP, fue buena y cercana a la unidad ( $r_s$ : 0.82) (Cuadro 28). La mayoría de los sedimentos se agruparon entre 40 y 85% de LL para valores de LP de 20 a 44%. Destacaron los materiales del núcleo 108, al situarse en el ángulo superior derecho del diagrama (Fig. 73 a). La relación entre estos parámetros fue directa y estuvo representada por la ecuación siguiente:

$$y = 0.513x + 2.578$$

donde:

y = límite líquido LL, %

x = límite plástico, LP, %

#### Carta de plasticidad.

La carta de plasticidad (Casagrande, 1948), aplicada a los sedimentos analizados y elaborada al relacionar al índice de plasticidad, IP, con el límite líquido, LL, (Fig. 73 b), dió los resultados siguientes: La línea A fue el límite empírico entre las arcillas típicamente inorgánicas y los sedimentos plásticos con coloides orgánicos y los limos y arcillas limosas inorgánicas. La mayoría de los sedimentos se alojaron en una amplia banda cuyo centro coincidió con la línea A, a excepción de los materiales del núcleo 108 que adoptaron diferente posición.

Los limos arcillosos de los núcleos 8 (10-20), 30 (40-50) y 42 (90-100), con porcentajes de arcilla comprendidos entre 20 y 30%, se alojaron hacia la izquierda de la línea B. El sedimento que tuvo los valores más bajos de IP y LL, localizada en las cercanías de la línea B, fue la arcilla limosa del núcleo 27 (30-40). El mayor índice de plasticidad fue determinado en los limos arcillosos del núcleo 10(10-20). No hubo sedimentos finos de baja plasticidad.

El factor de correlación entre el LL y el IP fue moderado e igual a 0.76 (Cuadro 28), con índice de uniformidad de 0.52 y la ecuación de la línea que representó al conjunto tuvo la expresión siguiente:

$$y = 0.504x + 1.446$$

donde:

y = índice de plasticidad, IP, %

x = límite líquido, LL, %

La relación de los límites plástico, LP, y líquido, LL, con el diámetro promedio gráfico fue directa (Fig. 74). La dispersión de los valores fue mayor en el límite líquido habiéndose acentuado en los sedimentos de diámetro promedio gráfico comprendido entre 7.8 y 8.3  $\phi$  (4.5 y 3.2 micras), con LL variando desde 50 hasta 98%. En gran medida, la amplitud de la dispersión fue motivada por los sedimentos del núcleo 108, mostrados con círculos negros y por cruces en la figura 108. Los índices de uniformidad y de correlación para Mz vs LL, fueron 8.89 y 0.58, respectivamente, y 4.24, 0.35 para Mz vs LP.

De acuerdo con el criterio de Rominger (1953), se realizaron las regresiones siguientes haciendo uso de escalas semi logarítmicas; habiendo obtenido los resultados siguientes:

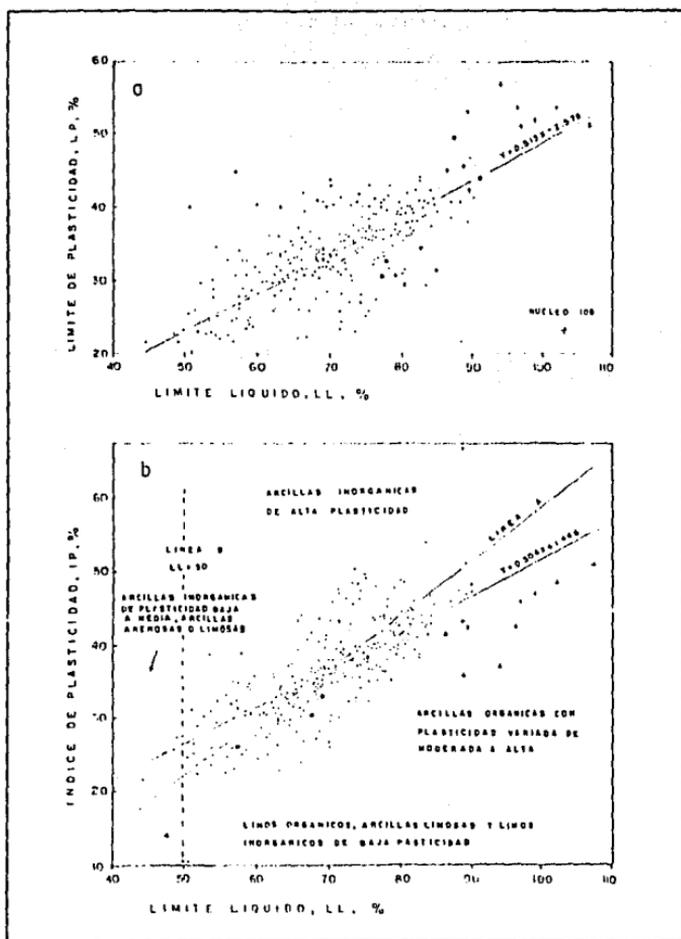


FIGURA 73. RELACION ENTRE: a) LOS LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO; y b) EL LIMITE LIQUIDO Y EL INDICE DE PLASTICIDAD (Carta de Plasticidad), EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

a) ecuación que mejor representó al conjunto:

$$\log LL = 0.1188 Mz + 0.897$$

$$\log LP = 0.0902 Mz + 0.803$$

b) índices de uniformidad:

$$Mz \text{ vs } \log LL = 0.23$$

$$Mz \text{ vs } \log LP = 0.19$$

c) conjuntos de correlación:

$$(Mz, \log LL) = 0.58$$

$$(Mz, \log LP) = 0.35$$

d) media aritmética y desviación estandar:

$$x \text{ del } \log LL = 1.85\% \sigma_n \text{ del } \log LL = 0.05$$

$$x \text{ del } \log LP = 1.53\% \sigma_n \text{ del } \log LP = 0.07$$

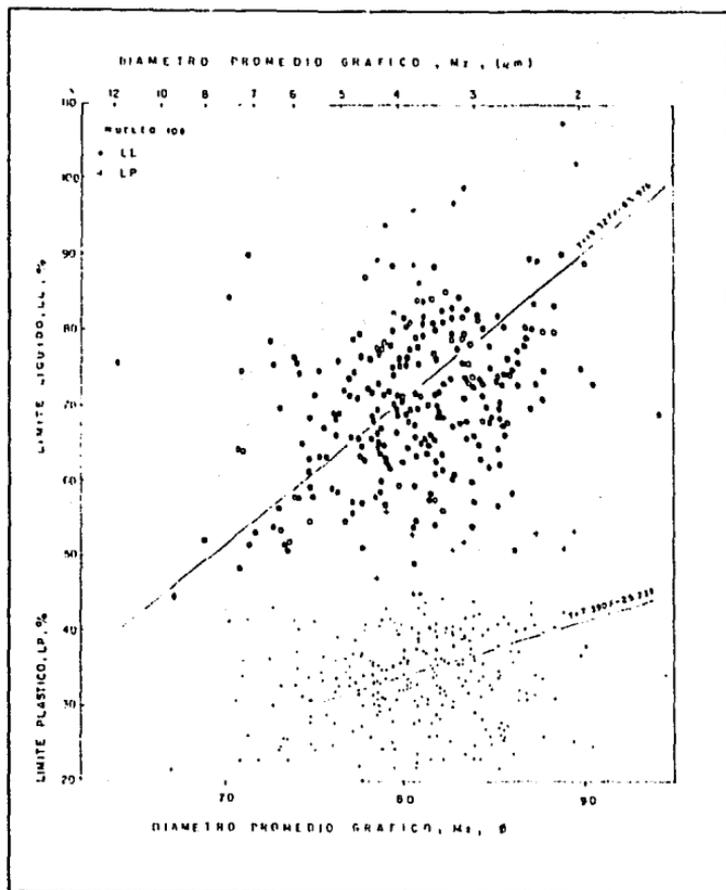


FIGURA 74. RELACION ENTRE EL DIAMETRO PROMEDIO GRAFICO Y LOS LIMITES PLASTICO Y LIQUIDO, EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

## ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO.

### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

La resistencia de los sedimentos a los esfuerzos al corte tangencial o cortante y compresivo, fueron determinados en las columnas sedimentarias obtenidas en las estaciones oceanográficas de la figura 7. Los métodos y equipos utilizados en esta fase de la investigación son aquellos descritos en el capítulo correspondiente. Los resultados obtenidos se han consignado en la Tabla 10 y a continuación se describen los de mayor relevancia.

#### Esfuerzo cortante.

La resistencia al esfuerzo cortante,  $T_c$ , varió de 4.0 a 2.50 gr/cm, (Cuadro 29). La distribución de frecuencia (Fig. 75 a), estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 38.91 gr/cm<sup>2</sup>; fue muy asimétrica hacia los sedimentos con mayor resistencia al esfuerzo cortante,  $Sk_s$ : 1.0; leptocúrtica,  $K'_g$ : 0.57; y unimodal, con el modo principal igual a 46.25 gr/cm<sup>2</sup>. El 68% de los materiales tuvieron valores de  $T_c$  comprendidos entre 11 y 60 gr/cm<sup>2</sup>. Los sedimentos con mayor resistencia a este tipo de esfuerzo,  $T_c > 100$  gr/cm<sup>2</sup> se determinaron en los núcleos 10(5-170), 31(120-130), 39(70-180), 64(20-100), 81(40-50, 60-90, 100-170), 82(90-130), 96(20-30, 40-80) y 108(40-50, 70-160) (Tabla 10). La relación entre  $T_c$  y la profundidad de sepultamiento,  $z$ , fue directa con factor de correlación,  $r^2$ , comprendido entre 0.40 (núcleo 8) y 0.99 (núcleo 95) (Tabla 11), con valor medio aritmético para este factor igual a 0.86 y con el 75% de los mayores de 0.90. Únicamente en los núcleos 61 y 96 esa relación fue inversa e igual -0.98 y -0.33, respectivamente.

#### Esfuerzo compresivo.

En los limos, limos arcillosos, arcillas limosas y arcillas, este esfuerzo osciló entre 15 y 350 gr/cm<sup>2</sup>, con valor medio aritmético de 176.91 gr/cm<sup>2</sup> (Cuadro 29). La distribución de frecuencia (Fig. 75 b), estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_n$ : 80.19 gr/cm<sup>2</sup>; fue muy asimétrica hacia los sedimentos con mayor resistencia a este esfuerzo,  $Sk_s$ : 0.66; platicúrtica,  $K'_g$ : 0.45; y polimodal, con el modo principal,  $Mo$ , igual a 145 gr/cm<sup>2</sup> y dos secundarios a 75 y 300 gr/cm<sup>2</sup>, con 43, 23 y 27% de los elementos del conjunto, respectivamente.

En los sedimentos arenosos y en algunas arcillas limosas y limos arcillosos de los núcleos 11, 61 y 72, la resistencia al esfuerzo compresivo fue mayor habiendo estado comprendida entre 800 y 1250 gr/cm<sup>2</sup> (Tabla 12). La distribución de frecuencia (Fig. 76 a) tuvo una media aritmética de 1011 gr/cm<sup>2</sup> (Cuadro 30); fue casi simétrica,  $Sk_s$ : 0.01, y platicúrtica,  $K'_g$ : 0.44. La curva de frecuencia fue polimodal, con el  $Mo$ = 986 gr/cm<sup>2</sup> y dos modos secundarios con valores de  $P_c$  igual a 825 y 1225 gr/cm<sup>2</sup>.

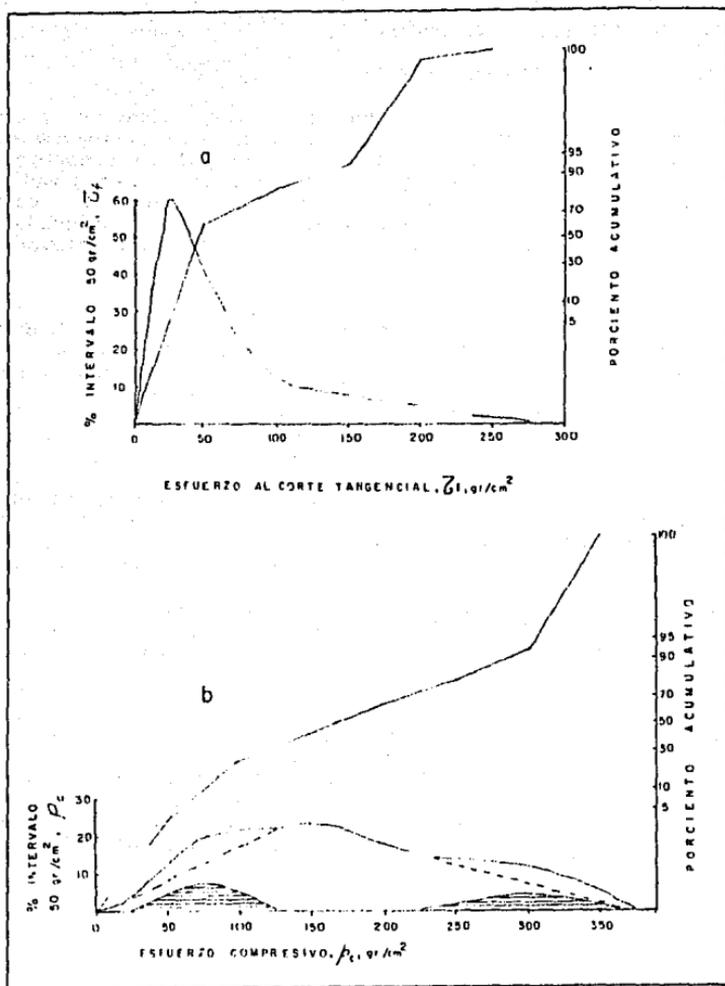


FIGURA 75. CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DE LOS ESFUERZOS: a) CORTANTE; y b) COMPRESIVO, 25  $P_c$  350 gr/cm<sup>2</sup>

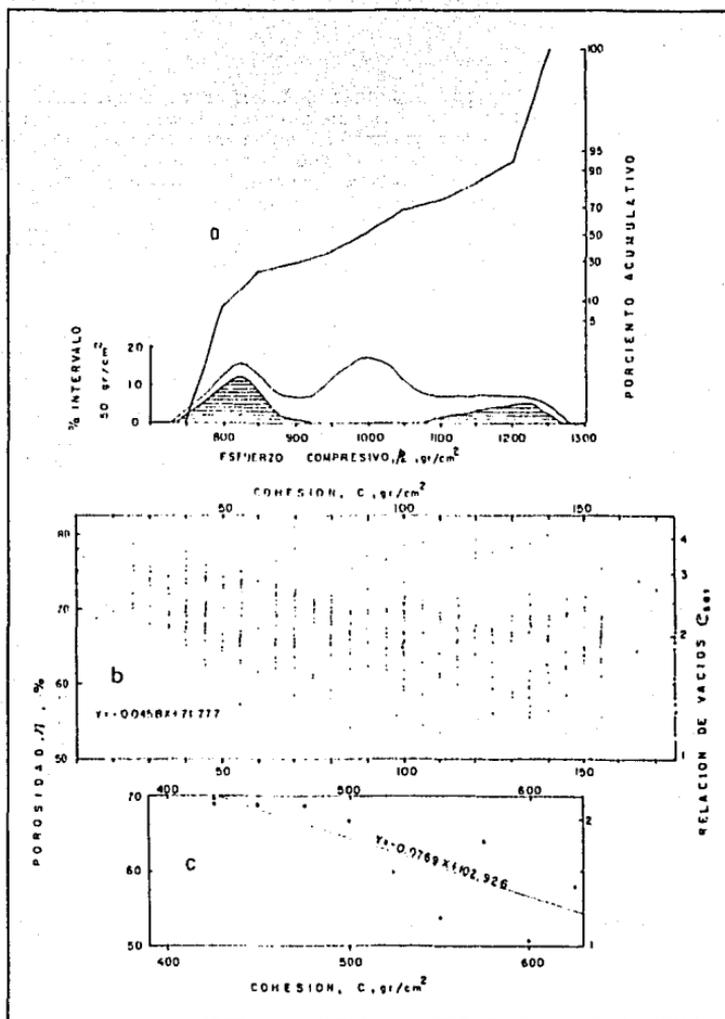


FIGURA 76. a) CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA Y DE FRECUENCIA DEL ESFUERZO COMPRESIVO,  $P_c$   
 b) RELACION ENTRE LA COHESION,  $c$  170 gr/cm<sup>2</sup> Y LA POROSIDAD  
 c) RELACION ENTRE LA COHESION, 400  $c$  630 gr/cm<sup>2</sup> Y LA POROSIDAD

### Cohesión.

La cohesión,  $c$ , calculada a partir del esfuerzo compresivo osciló entre 10 y 175 gr/cm<sup>2</sup> en los sedimentos limosos y arcillosos (Cuadro 29) y de 400 a 625 gr/cm<sup>2</sup> en las arenas (Cuadro 30). En los primeros, la media aritmética fue igual a 88 gr/cm<sup>2</sup> y la distribución de frecuencia estuvo extremadamente clasificada,  $\sigma_n$ : 40 gr/cm<sup>2</sup>; fue asimétrica hacia los sedimentos de mayor cohesión,  $Sk_1$ : 0.65, y platicúrtica,  $K'_0$ : 0.44. En los segundos, la distribución tuvo un valor medio aritmético,  $x$ , de 504 gr/cm<sup>2</sup>, fue extremadamente clasificada,  $\sigma_n$ : 73 gr/cm<sup>2</sup>, casi simétrica,  $Sk_1$ : 0.01 y platicúrtica,  $K'_0$ : 0.44.

En los sedimentos limosos y arcillosos, al correlacionar al valor de la cohesión,  $c$ , con la porosidad (Fig. 76 b), se tuvo una relación inversa en el 80% de los núcleos sedimentarios analizados y directa en los núcleos 10, 53, 61, 64 y 97. El factor de correlación varió de -0.96 en el núcleo 108 a -0.04 en el núcleo 31 y de 0.83 a 0.13 en los núcleos 10 y 64, respectivamente (Tabla 11). La línea que representó al conjunto de los 29 núcleos analizados fue la recta de ecuación:

$$y = -0.046x + 71.78$$

donde:

$y$  = porosidad,  $n$ , %

$x$  = cohesión,  $c$ , gr/cm<sup>2</sup>

En los sedimentos arenosos (Tablas 11 y 12, Cuadro 30), la relación entre la porosidad y la cohesión varió de inversa a directa. Fue inversa en el 83 % de los núcleos, de los cuales en el 21% el factor de correlación,  $r^2$ , fue mayor de -0.80 y en el 62% estuvo comprendido entre -0.50 y -0.80; el rango de variación estuvo comprendido entre -0.04 y -0.96 (Tabla 11). Este factor fue positivo, relación directa entre los parámetros, en el 17% de los núcleos y osciló desde 0.13 hasta 0.83. La ecuación de la línea recta que representó al conjunto, con  $r^2$ : -0.81 (Fig. 76c), fue la siguiente:

$$y = -0.077x + 102.93$$

donde:

$y$  = porosidad,  $n$ , %

$x$  = cohesión,  $c$ , gr/cm<sup>2</sup>

La cohesión fue una función directa de la profundidad de sepultamiento,  $z$ , exceptuando a los núcleos 8 y 51 en los cuales la variación fue inversa. La relación directa se tuvo en el 93% de los núcleos analizados (Tabla 11). De este porcentaje,  $r^2$ , fue mayor a 0.80 en el 61.5% ; en el 27% estuvo comprendido entre 0.58 y 0.77 y en el 11.5% restante fue menor de 0.44.

La porosidad de los sedimentos fue una función inversa de la profundidad; disminuyó conforme se incrementó el valor de  $z$ , a excepción de los núcleos 8, 10, 50, 53 y 64 en los cuales fue directa, con factor de correlación comprendido entre 0.12 y 0.82. El factor de correlación varió de -0.58 a -0.99 en el 69% de los núcleos.

Al relacionar a la cohesión,  $c$ , con la resistencia al esfuerzo cortante,  $T_c$ , resultó una importante dependencia positiva en el 93% de los núcleos; el factor de correlación estuvo comprendido entre 0.87 y 0.99 en el 75% de ellos. Únicamente en los núcleos 43 y 97 ese factor fue negativo (Tabla 11).

La resistencia al esfuerzo cortante fue, así mismo, directamente dependiente de la profundidad de sepultamiento,  $z$ , en el 93% de los núcleos, con los valores más bajos en la interfase océano-sedimento y los mayores hacia la base de la columna sedimentaria. Solo en los núcleos 61 y 96 esta relación fue inversa (Tabla 11). En el 85% de los casos, el factor de correlación estuvo osciló entre 0.80 y 0.99.

Siguiendo las recomendaciones de Rominger (1953), al índice de plasticidad se le consideró según su logaritmo base 10 y así se le correlacionó con la cohesión (Tabla 11), habiéndose obtenido los resultados siguientes, en cuanto al comportamiento del factor de correlación: a) el 25% de los valores obtenidos variaron de 0.06 a 0.62; b) en el 75% restante el rango de variación de  $r^2$  estuvo comprendido entre -0.10 -0.95; en éstos, el 17% osciló entre -0.82 y -0.95, el 28% varió de -0.72 a -0.53 y en el restante 55% fue menor de -0.50 .

## MADUREZ TEXTURAL Y MINERALOGICA DE LAS ARENAS.

### SEDIMENTOS SUPERFICIALES

#### Madurez textural.

##### Textura.

Se analizaron 24 muestras de sedimentos superficiales cuyo contenido de arena fue igual o superior al 20%; texturalmente, estos materiales variaron desde las arenas hasta los limos arcillo arenosos (Tablas 3, 13). La fracción arenosa, formada por granos de diámetro promedio gráfico menor de 4.0  $\phi$ , osciló desde 23 hasta 92% y por su textura varió desde arena de grano medio hasta arena de grano muy fino, con  $M_z$  comprendido entre 1.03 y 3.47  $\phi$  (0.49 y 0.09 mm), con predominio de partículas gruesas, y que fluctuaron desde bien a mal clasificadas, con valor promedio de los índices de asimetría y de clasificación igual a -0.43 y 0.64  $\phi$ , respectivamente.

#### Morfoscopia.

##### Forma y grado de redondez de los granos.

Fueron determinados en los granos de cuarzo mediante el uso de los métodos de comparación visual de imágenes propuestos por Zingg (1935) y Powers (1953), respectivamente. La escala logarítmica,  $\rho$ , sugerida por Folk (1955) y Powers (1953), se utilizó para los límites y clases de la redondez.

La forma varió de ser casi equidimensional, CE, en las arenas de grano medio (Mz: de 1.0 a 2.0  $\phi$ ) a equidimensional, E, en las arenas de grano fino y muy fino (Mz: 2.0 a 4.0  $\phi$ ) (Tabla 13). El grado de redondez fue: a) angular ( $\rho < 2$ ), en el 12% de los análisis; b) subangular,  $2 < \rho < 3$ , en el 54%; y c) subredondeada ( $\rho > 3$ ), en el 29% de las muestras restantes (Tabla 13).

La madurez textural fue determinada en base a la relación existente entre la forma y redondeamiento de los granos y el índice de clasificación de la fracción arenosa (Tabla 13), siguiendo el procedimiento propuesto por Folk (1965).

Los resultados obtenidos indicaron que la forma de los granos de cuarzo fue equidimensional en el 92% de las muestras y casi equidimensionales en el 8% restante. El redondeamiento o grado de redondez fue: a) mayor de 3 en el 29% de las arenas; b) mayor de 2 y menor de 3, en el 58%; y c) mayor de 3, en el 13% de las muestras. En cuanto al índice clasificación,  $Q_c$ , el 29% de las arenas estuvieron bien clasificadas; moderadamente bien clasificadas en el 42%; moderadamente clasificadas en el 25%; y mal clasificadas en el 4% (Tabla 13).

De los resultados anteriores se tuvo que el 29% de las arenas fueron inmaduras, 42% submaduras y 29% maduras.

#### Madurez Mineralógica.

##### Mineralogía

Los minerales identificados, siguiendo los métodos y procedimientos descritos en el capítulo correspondiente, fueron los siguientes: cuarzo, Q, transparente o translúcido; feldespatos, F, potásicos y sódico cálcicos; micas, m, muscovita y biotita; fragmentos de roca, FR; minerales oscuros (óxidos, O, y sulfuros, S); y calcita, c. (Tabla 14).

Las arenas fueron terrígenas cuarzo-feldespáticas, con porcentajes de cuarzo y de feldespatos comprendidos entre 74-94% y 2-16%, respectivamente. Los granos transparentes de cuarzo fueron los más conspicuos, predominando sobre los translúcidos en porcentajes de 60 a 70%, sin haber diferencia significativa alguna en cuanto a su forma y redondeamiento. Los feldespatos sódico cálcicos dominaron, en todas las muestras, a los potásicos, en razón de 3:1; los granos variaron de subredondeados a redondeados, con valores de rho comprendidos entre 3 y 5 y fueron de forma casi equidimensional y equidimensional.

Las micas fueron escasas; su rango de variación estuvo limitado por los valores cero y 12%. Se les determinó en el 67% de las muestras y su mayor abundancia se tuvo en las arenas de grano fino de la muestra 97 así como en las arenas de grano medio de la muestra 105 (Fig. 7; Tabla 14). Fueron laminillas angulares o subangulares, rho: 1 a 3, incoloras o de coloración café en tonos claros; se les

identificó como muscovitas a las primeras y como biotitas, con diversos grados de lexivación, a las segundas.

La cantidad de fragmentos de roca en las arenas varió desde cero hasta 13%; únicamente en tres muestras no se les tuvo y en las demás el promedio de ocurrencia fue de 5.5%, con la mayoría de los valores comprendidos entre 1.6 y 9.2%. Los valores porcentuales mayores al 8%, coincidieron con el predominio de fragmentos ígneos respecto a los metamórficos, escasos, y algunos derivados de rocas sedimentarias carbonatadas.

Los minerales opacos, estuvieron presentes en porcentajes de cero a 9% (Tabla 14); se alojaron preferentemente en las arenas de grano fino y muy fino. Entre ellos se tuvieron los siguientes: magnetita, 0-3%; ilmenita, 2-3%; hematita, 0-2%; y pirita, 0-4%. Fueron granos redondeados ( $\rho$ : 4 a 5), casi equidimensionales, en su gran mayoría.

La calcita se reconoció en el 58% de las arenas en porcentajes de hasta 5%, con la mayoría de los valores comprendidos entre 2 y 6%. Los fragmentos de este mineral fueron equivalentes a las arenas de grano fino y medio; estuvieron subredondeadas o redondeadas ( $\rho$ : 4 a 5), y de forma casi equidimensional.

Con los resultados anteriores, la clasificación y madurez mineralógica de las arenas se obtuvieron siguiendo el criterio de Folk (1965), relacionando su contenido de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.

En la figura 77 se muestra la posición de las muestras en el diagrama triangular propuesto por ese autor en 1968, habiéndose podido clasificar a las arenas como sigue (Tabla 11): a) subarcosas, 50%; b) sublitarenitas, 29%; c) cuarzarenitas, 17%; y d) arcosa lítica, 4%.

Mediante la relación F/Q (Tabla 14), se obtuvieron los índices de madurez mostrados en el Cuadro 31.

De la figura 77a se observó la tendencia de las arenas a distribuirse según una franja casi recta, dispuesta en gran medida en el umbral de las sublitarenitas y las subarcosas. En la figura 77b se mostró gráficamente la relación entre los porcentajes de cuarzo, Q, y de feldespatos, F, normalizados al 100% junto con los fragmentos de roca, FR. El índice de correlación,  $r^2$ , para Q y F fue -0.84, indicando buena relación inversa entre ellos por lo que, a mayor cantidad de granos de cuarzo disminuyó el número de granos de feldespatos. Estos resultados concordaron con los obtenidos del análisis del grado de redondez de los clastos: a mayor redondez de los granos de cuarzo, mayor dominio de éste en la arena. Lo anterior puede ser indicativo de la intensidad o duración de la abrasión.

La curva que mejor representó al conjunto fue la siguiente:

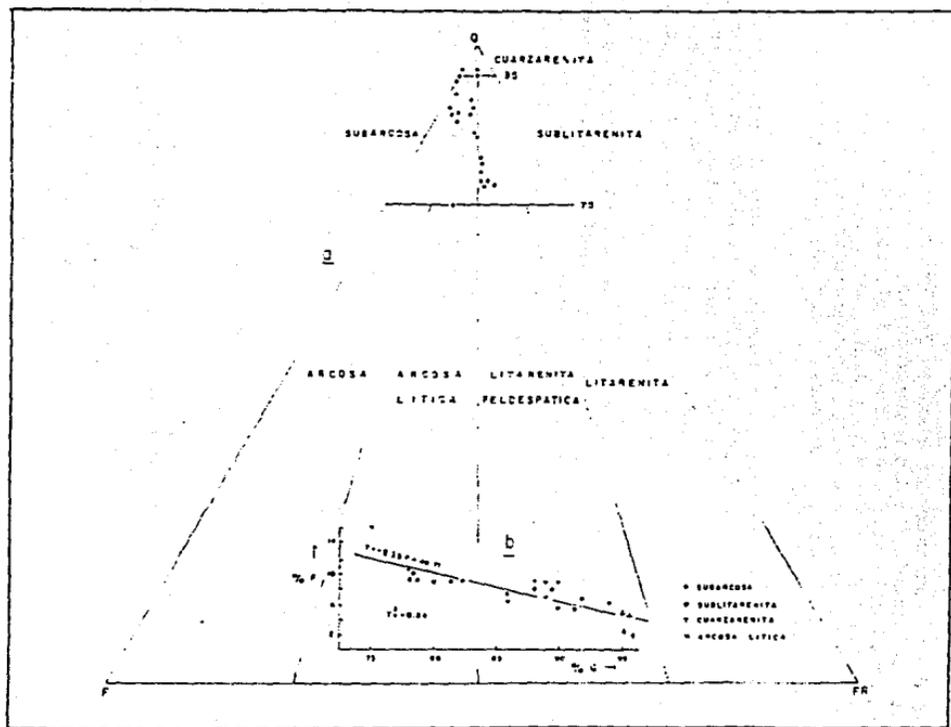


FIGURA 77. CLASIFICACION MINERALOGICA DE LA FRACCION ARENOSA DE LOS GEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES (FOLK, 1969).

$$y = -0.38x + 40.71$$

donde:

y = contenido de feldespatos, F, %

x = contenido de cuarzo, Q, %

## CARBON ORGANICO.

### SEDIMENTOS SUPERFICIALES

Se analizó el contenido de materia orgánica, considerada como carbón orgánico, de treinta muestras de sedimentos superficiales, no litificados, colectados en las estaciones oceanográficas de la figura 7. Los resultados obtenidos se tienen en la Tabla 15. Los materiales analizaron, en cuanto a su textura, desde las arenas de grano fino y muy fino hasta los limos y las arcillas limosas.

El contenido de carbón orgánico osciló desde 0.06 hasta 3.04%, con la mayoría de los datos comprendidos entre 0.10 y 0.60%, el valor medio fue igual a 0.51%, con desviación estandard de 0.67%, por lo que el conjunto estuvo moderadamente bien clasificado. La acumulación orgánica en los sedimentos investigados no estuvo relacionada con la textura ni con la profundidad del depósito. En los sedimentos arenos limosos el rango de variación fue pequeño e igual a 0.04%, con  $\sigma_n$ : 0.02%, y que en los limos arcillosos fue mayor, 2.98%, con  $\sigma_n$ : 0.74%. La clasificación más mala se tuvo en los sedimentos limo arenosos,  $\sigma_n$ : 0.87, con rango de variación del carbón orgánico igual a 1.99%.

### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

El carbón orgánico se determinó en las columnas sedimentarias de los núcleos 25, 29, 38 y 52 (Fig. 7, Tabla 16). La medición se realizó en los sedimentos colectados a intervalos de 5 ó 10 cm a lo largo de los núcleos analizados.

Este constituyente varió ampliamente, habiendo oscilado entre 0.08 y 4.27%, con la mayoría de los valores comprendidos desde 0.08 hasta 1.06% (Tabla 13). El contenido orgánico se diferenció ampliamente en cada núcleo y el valor medio aritmético varió de 0.51% en el núcleo 29 a 1.78% en el núcleo 38; con desviación estandard fluctuando de 0.17% (núcleo 29) a 1.67% (núcleo 25). Los sedimentos con mayor contenido orgánico fueron los colectados en el talud continental entre los cañones Burras y La Necesidad (Fig. 7), a profundidades mayores de 470 m. Las variaciones del índice de clasificación fueron atribuidas a la influencia ejercida por los materiales propios de ambientes reductores como, por ejemplo, en el núcleo 38, intervalo 80-130.

## AGUA INTERSTICIAL.

### Eh y pH.

#### SEDIMENTOS SUPERFICIALES

La determinación del potencial de óxido reducción y de la concentración del ión hidrógeno, se realizó en treinta muestras de agua contenida en los sedimentos superficiales (Tabla 15).

#### Potencial de oxidación-reducción.

El Eh del agua intersticial analizada fue de -8 a 111 mV, con la mayoría de los datos, 68%, comprendida entre 31 y 85 mV; el valor medio del conjunto fue 58 mV y su distribución de frecuencia estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_p$ : 26.4 mV (Cuadro 32). El Eh en la muestra 67, colectada a los 175 m de profundidad en el área de influencia del Cañón Eréndira, fue negativo y se le relacionó con los ambientes reductores de depósito.

#### Concentración del ión hidrógeno.

El pH del agua intersticial en los sedimentos superficiales analizados fue, por lo general, ácido y comprendido entre 6.9 y 7.6 (Tabla 15), con valor medio igual a 7.26 y desviación estandar igual a 0.22, con ligero predominio de los valores comprendidos entre 7.3 y 7.4 (Cuadro 32).

#### SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

El potencial de oxidación-reducción, Eh, y la concentración del ión hidrógeno, pH, fueron medidos en los núcleos 25, 29, 38 y 52 (Fig. 7; Tabla 16).

#### Potencial de oxidación-reducción.

El Eh en el agua contenida en los sedimentos de los núcleos analizados varió de -103 a 89 mV (Tabla 16); el valor medio aritmético del conjunto fue 25.87 mV y la distribución de frecuencia estuvo extremadamente mal clasificada,  $\sigma_p$ : 39.29 mV (Cuadro 33). El 14% de la información obtenida correspondió con ambientes reductores (Eh: -5 a -103 mV). El mayor rango de variación se tuvo en los núcleos 25 y 38 por la presencia de varias capas de sedimentos euxínicos, principalmente en el núcleo 38(45-50, 80-130), colectado a los 580 m de profundidad en el flanco occidental del Cañón La Necesidad. En el mismo flanco, a 490 m de profundidad, el Eh fue más uniforme y osciló entre 38 y 57 mV, con la mayor parte de los valores comprendidos entre 42 y 48 mV. Estos resultados concordaron con aquellos obtenidos al analizar al carbono orgánico (Tabla 13).

Los sedimentos propios de los ambientes reductores, con valores negativos para el Eh, fueron de coloración oscura y comprendida entre el rojo (HUE 10R, 2.5/2), café (HUE 7.5R, 3/4) y negro (HUE

2.5Y, 2/0), de acuerdo a la carta de colores Munsell (Soil Test, 1975).

#### Concentración del ión hidrógeno.

El pH fue casi siempre menor de 7.0. Los valores determinados oscilaron entre 6.7 y 7.7, con valor medio aritmético igual a 6.85 y desviación estandard de 0.22 (buena clasificación) (Cuadro 33). En los núcleos 25, 29 y 38, superiores a 7.0; en el primero los valores fueron máximos, 7.5 y 7.7 (Tabla 16). La mayor parte de la información, 94%, estuvo comprendida entre 6.6 y 7.1.

En la figura 78 se ha mostrado el diagrama Eh-pH propuesto por Bass-Becking *et al.* (1964) para delimitar ambientes naturales en función del Eh y del pH del agua. De su análisis se tiene que los sedimentos superficiales del delta submarino correspondieron con los ambientes transicionales aislados de la atmósfera.

Debido a que el Eh y el pH no son variables independientes (Blatt *et al.*, 1980), su comportamiento está normado por reacciones tales como, por ejemplo, la oxidación del hierro, la alteración de las plagioclasas o la descomposición de la materia orgánica, en el agua o en los sedimentos que la contienen. De lo anterior, se optó por conocer la relación existente entre el contenido de materia orgánica (carbón orgánico) en los sedimentos y el potencial de óxido-reducción del agua (Tabla 15). El conjunto tuvo un valor medio aritmético de 58 mV para el Eh, con desviación estandard,  $\sigma_n$ , igual a 26.4 mV (extremadamente mal clasificada) (Cuadro 32); la media aritmética del carbón orgánico fue 0.51%, con la distribución de frecuencia moderadamente bien clasificada ( $\sigma_n$ : 0.67%). La relación entre estos parámetros fue inversa, con índice de correlación igual a -0.83 (Fig. 79).

#### SISMOLOGIA SUBSUPERFICIAL.

La interpretación de los registros continuos subsuperficiales, de sismología somera, 3.5 KHz, (velocidad promedio del sonido en el agua: 1450 m/seg; velocidad del sonido en los sedimentos subsuperficiales se estimó comprendida entre 1500 y 1700 m/seg) obtenidos en los perfiles oceanográficos de la figura 80, puso en evidencia los procesos de erosión y de sedimentación relacionados con el desarrollo de la planicie deltáica subacuática del Río Balsas y en especial del sistema de cañones que la caracterizan. El análisis de los procesos se basó en la identificación de los rasgos morfológicos subsuperficiales, comprendidos desde la interfase océano-sedimento hasta los 20 ó 40 m de profundidad de sepultamiento, z, según hayan sido las características acústicas de los sedimentos.

Los resultados obtenidos evidenciaron el movimiento vertical de carácter neotectónico que ha provocado fallamiento vertical y la generación de flujos sedimentarios. El movimiento de los sedimentos por gravedad ha sido favorecido por la actividad sísmica. Se identificaron secuencias sedimentarias de poco espesor cuya edad probable sea del Pleistoceno al Reciente. Fue notoria la presencia

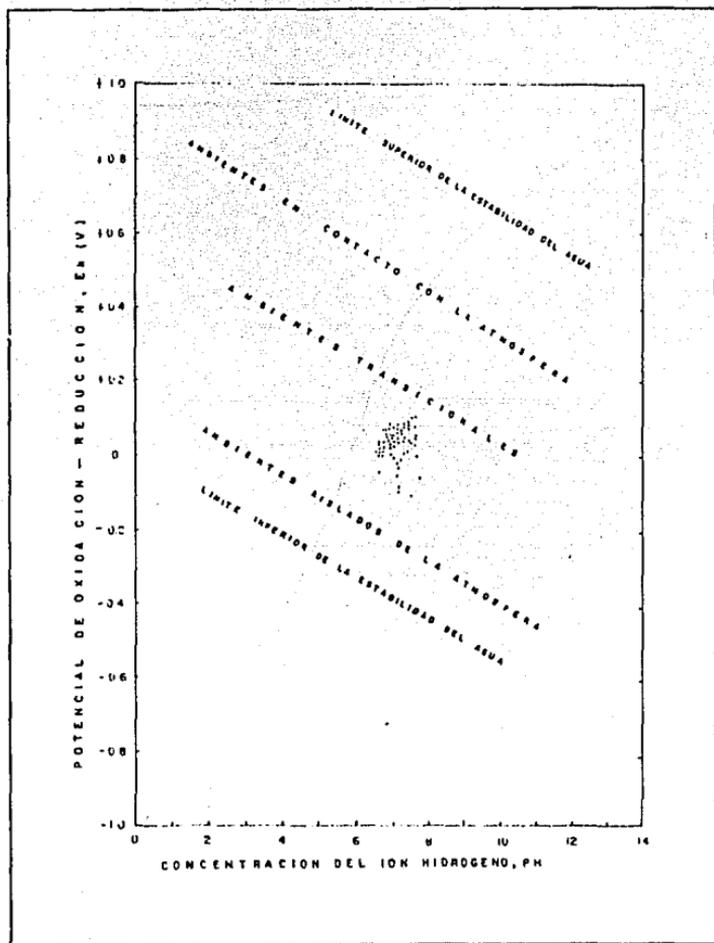


FIGURA 78. RELACION ENTRE EL Eh Y EL pH DEL AGUA INTERSTICIAL DE LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES

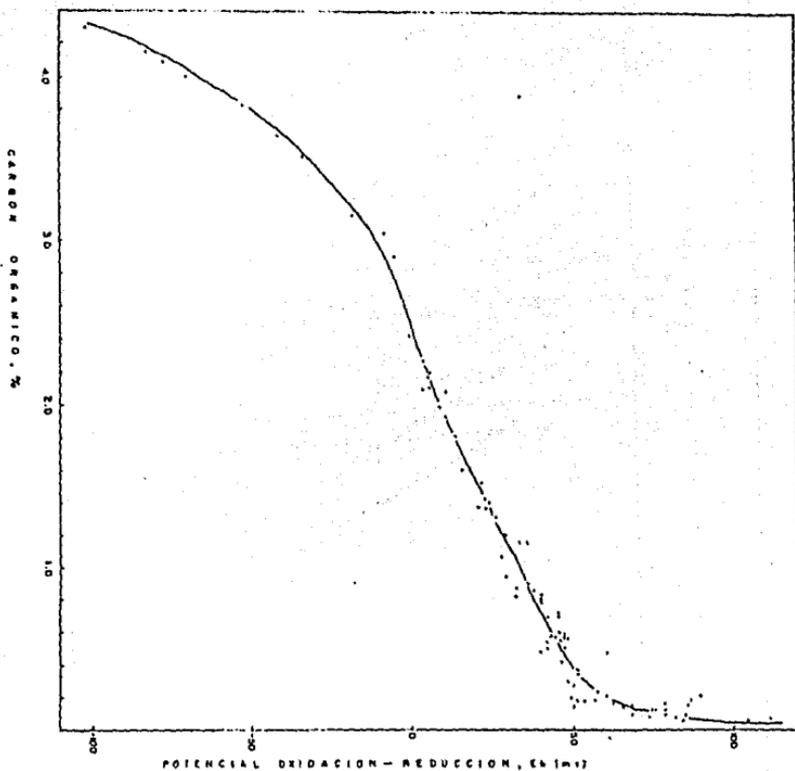


FIGURA 79. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE CARBON ORGANICO EN LOS SEDIMENTOS DELTAICOS SUPERFICIALES Y EL POTENCIAL DE OKIDO - REDUCCION DEL AGUA INTERSTICIAL

de varias superficies de nivelación que parecieron coincidir con los niveles adoptados por el mar durante la última transgresión. A continuación se presentan y discuten brevemente los resultados obtenidos, más distintivos.

#### Sección 1.

Sección sísmica obtenida a lo largo de la coordenada 102° 00' de longitud oeste, a partir de los 18° 00' hasta los 18° 47' de latitud norte (Fig. 80). En la figura 81 se ha indicado la porción de la sección comprendida entre las marcas de control terrestre números 0 a 6. Hacia el N de la sección se observó una secuencia de sedimentos no consolidados, saturados de agua, identificados a partir de varios horizontes reflectores bien definidos, paralelos entre sí, casi horizontales con ligera inclinación hacia el S. Correspondieron con capas frontales del delta (marcas 0 a 3), dispuestas sobre una paleo superficie, sensiblemente paralela a la de la plataforma continental, que mostró rasgos de erosión por procesos presumiblemente subaéreos (horizonte reflector A). Este conjunto sedimentario se ha acumulado en las inflexiones del relieve, que son remanentes de erosión.

En las porciones media y externa de la plataforma, el horizonte reflector se ha cubierto por una delgada y continua capa de materiales que evidencia la escasa tasa de sedimentación. Hacia el S, en las porciones profundas de la plataforma superior del talud continental, se identificaron depósitos relacionados posiblemente con deslizamientos por gravedad. Guardan gran semejanza con aquellos descritos por Huson y Fortuin (1985) y por Siegenthaler y Buhler (1985); son acumulaciones sedimentarias relacionadas con los procesos de licuefacción o trixotropía favorecidos por movimientos telúricos, principalmente. Las secuencias observadas hacia el extremo sur de la sección, formadas por capas muy inclinadas, bien pudieran ser consideradas como depósitos de talud formados por corrientes turbulentas, como lo han sugerido Almagor y Garfukel (1979) y Dingle y Robson (1985).

#### Sección 6.

Sección sísmica coincidente con la coordenada 102° 25' W, obtenida a partir del paralelo 18° 47' y dispuesta hacia el N. La porción de la sección que se muestra en la figura 82 se localizó entre las marcas de control terrestre números 46 y 50 (Fig. 80). Comprendió a la amplia plataforma continental hasta su límite con el talud; en ella se identificó nuevamente el horizonte reflector A, que determinó a la antigua superficie de erosión descrita con anterioridad. Fueron observados rasgos de erosión y de depósito y estuvo cubierta por secuencias sedimentarias inclinadas al S, de acuerdo con la disposición de la plataforma, que tendieron a disminuir de espesor hacia sus extremos (marcas 48-50).

Los materiales que formaron a esos depósitos fueron limos y arcillas extremadamente escasos de arena; estuvieron muy mal clasificados y variaron de mesocúrticos a leptocúrticos (Tablas 3

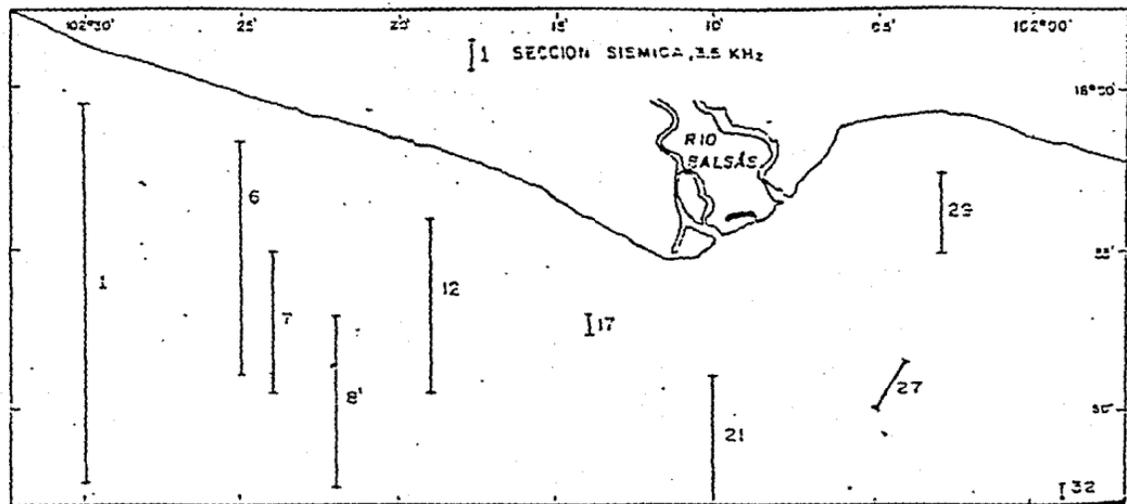


FIGURA 80 LOCALIZACION DE LAS SECCIONES SISMICAS OCEANOGRAFICAS (3.5 KHz)

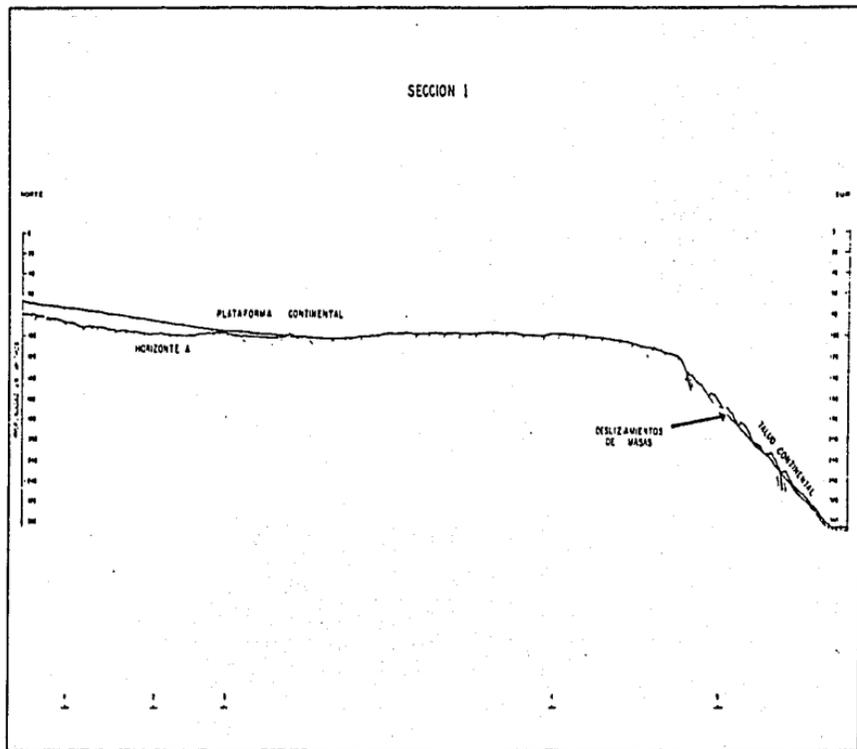


FIGURA 81. SECCION SIGMICA 1. COMPREDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 59.6'N, 102 30.0'W , y 17 47.5'N, 102 30.0'W

a 6, estación 92); la porosidad de estos materiales fue de hasta 81%, con grado de saturación superior al 90% e índice de vacíos mayor al valor crítico (Tablas 7, 8). La resistencia a los esfuerzos cortante y compresivo fue escasa (Tabla 10)

En la porción media de la plataforma fueron identificados algunos rasgos morfológicos superficiales que fueron interpretados como fallamientos activos causantes del desplazamiento vertical descendente de una porción pequeña de la plataforma, de aproximadamente 1.0 km de longitud (Fig. 82, marca 48). En el borde del talud continental hay fallas de deslizamiento casi vertical (marca 46); actividad neotectónica que favorece el desarrollo del Cañón Calabazas (Figs. 11, 12) por erosión remontante de su cabecera.

#### Sección 7.

Sección sísmica obtenida de norte a sur a los 109° 24' W. El fragmento del registro en la figura 83 correspondió con las porciones media y distal de la plataforma y el extremo superior del talud continental (Fig. 80, marcas 54 a 57). Se observó la topografía relictas (horizonte sísmico reflectos A), intensamente erosionada por procesos presumiblemente subaéreos, cubierta por secuencias sedimentarias de procedencia terrígena cuyo espesor disminuyó hacia el S y finalizó en una superficie de nivelación desarrollada por erosión a los 100 m de profundidad, que limitó al S con el borde abrupto del talud continental caracterizado por fallamiento distensivo (marca 57).

Los sedimentos fueron eminentemente arcillo limosos (Fig. 7, estaciones 90, 91 y 92), mal y muy mal clasificados, asimétricos hacia las partículas finas y mesocúrticos (Tablas 3 a 6), con porosidad moderada que tendió a moderada conforme se incrementó la profundidad de sepultamiento; el grado de saturación fue siempre superior al 90% y el índice de vacíos mayor de 1.93 con valores máximos de hasta 4.30 (Tabla 8, núcleo 92). La actividad de las arcillas osciló entre 0.9 y 1.7 por lo que su capacidad de intercambio iónico y de adsorción varió de normal a activa (Tabla 9).

#### Sección 8'.

Sección sísmica dispuesta en el meridiano 102° 22' W, comprendió al extremo de la angosta plataforma continental, así como al flanco occidental del Cañón Playa Azul (Figs. 11, 12), y al talud continental (Fig. 84), entre las marcas de control terrestre números 72 a 77 (Fig. 80). La superficie del fondo oceánico, de relieve muy irregular e intensamente disectada por la erosión vertical y remontante, se caracterizó por el Cañón Playa Azul y sus tributarios que, escalonados hacia el N y S del parteaguas y de sección en V, se sitúan preferentemente en la traza de fallas normales de desplazamiento casi vertical.

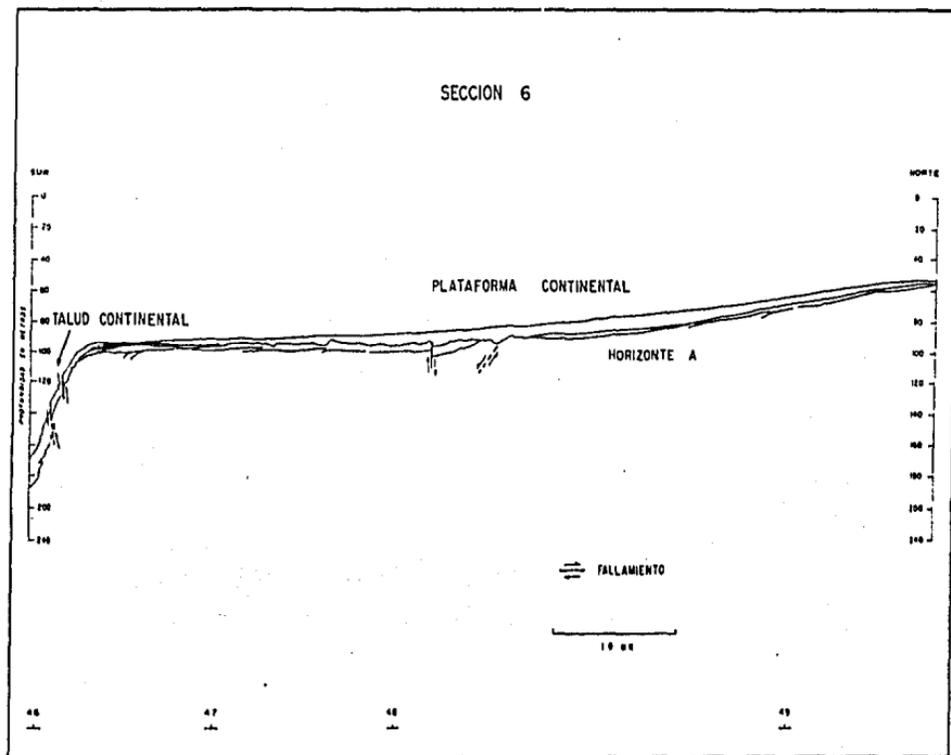


FIGURA 82. SECCION SISMICA 6. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 51.0'N, 102 25.0'W y 17 58.5'N, 102 25.0'W

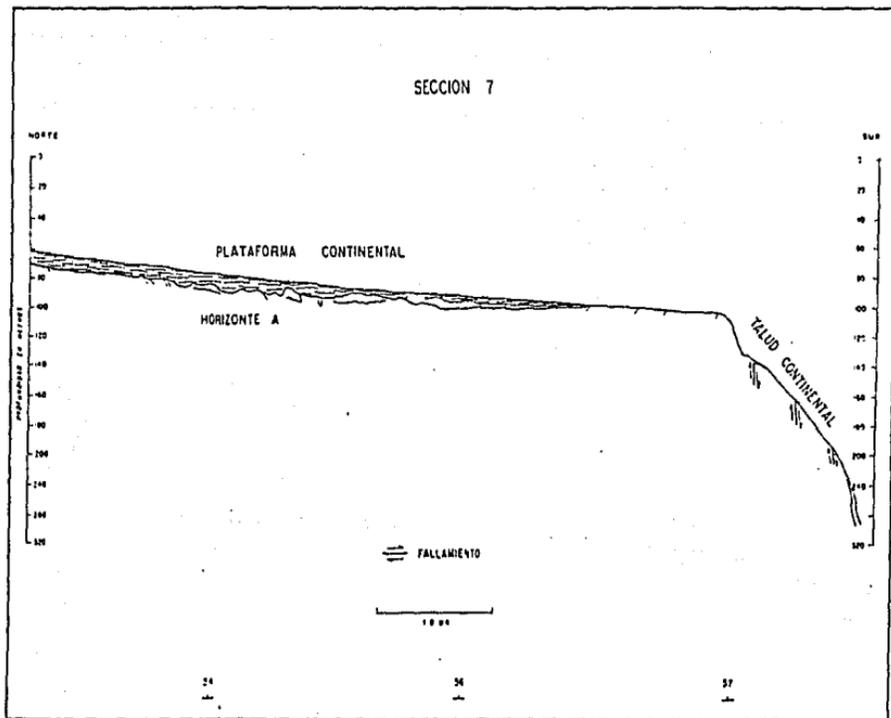


FIGURA 83. SECCION SISMICA 7. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
17 55.5'N, 102 24.0'W y 17 51.0'N, 102 24.0'W

La cobertura sedimentaria, de espesor importante y mayor de 20 m, permitió el paso de la señal acústica por estar formada con sedimentos limo arcillosos y arcillo limosos no consolidados, saturados de humedad, con porosidad moderada, inestables, con baja resistencia a los esfuerzos cortante y compresivo y de reducida cohesión (Tablas 3 a 10, estaciones 80 a 82).

La morfología de los flancos del cañón, con paredes de pendiente más acentuada hacia el piso reflejó desgaste por actividad de las corrientes marinas relacionadas, posiblemente, con el periodo de marea como lo han sugerido Reimnitz (1971) y Shepard (1976) y que al desplazarse a lo largo de los cañones a velocidades superiores a los dos nudos (1.0 m/seg, aproximadamente), han causado intensa erosión. Frente a la marca 76 (Fig 84), se observaron rasgos topográficos relictos, a 560-600 m de profundidad, que evidencian la acción erosiva de los agentes marinos.

#### Sección 12.

La sección sísmica correspondiente al meridiano 102° 19, entre las marcas de control terrestre números 101 y 104 (Figs. 80 y 85), mostró al amplio piso del Cañón Playa Azul y a sus flancos norte y sur; en éste se identificó a una pequeña terraza casi horizontal labrada, posiblemente, por las corrientes oceánicas que han motivado la erosión lateral del cañón. El talud continental, entre los 160 y los 720 m de profundidad, ha sido intensamente escindido por el desarrollo de los cañones Playa Azul y Eréndira.

La cobertura sedimentaria, sin estratificación observable y de su espesor variable, fue delgada en el flanco norte del Cañón Playa Azul y gruesa en el sur. Estuvo formada por materiales mesocúrticos de naturaleza limo arenosa y arcillo limosa (Fig. 7, estaciones 74, 76); muy asimétricos hacia las partículas finas y casi simétricos, respectivamente (Tablas 3 a 6). Fueron materiales de porosidad moderada y muy saturados de agua; susceptibles de fallar por licuefacción o trixotropía, los primeros, y estables los segundos (Tabla 7).

Una serie de fracturas han controlado la disposición de los cañones y el piso del Cañón Playa Azul parece ser una estructura tectónica tipo graben (marcas 101-102), limitada hacia el S y E por el flanco occidental de un montículo, remanente de erosión, de aproximadamente 150 m de relieve situado a los 17° 50' N y 102° 17'.6 W (Fig. 8) y que forma parte de la zona de transición ubicada entre los cañones Playa Azul, Eréndira y Burras.

#### Sección 17.

Sección sísmica obtenida en el meridiano 102° 14'.0; el fragmento que de ella se presentó en la figura 86 correspondió con la marca 140 de control terrestre (Fig. 80). Comprendió la parte externa de la muy angosta plataforma continental, reducida en amplitud por el desarrollo de la cabecera o nariz del Cañón Burras, del que se

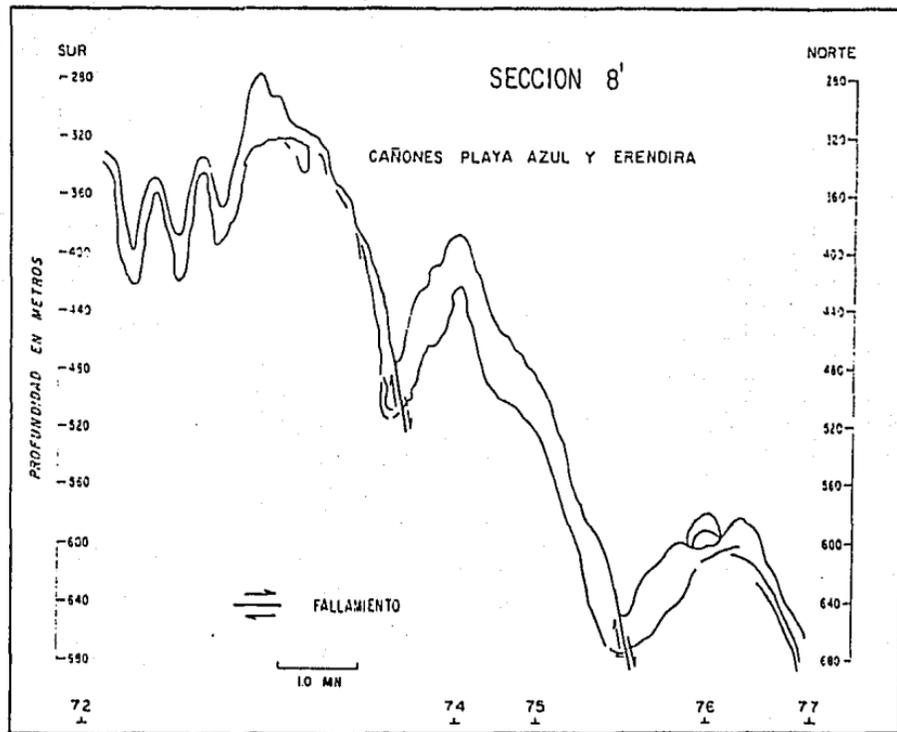


FIGURA 84. SECCION SISMICA 8'. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
17 53.0'N, 102 22.0'W y 17 47.5'N, 102 22.0'W

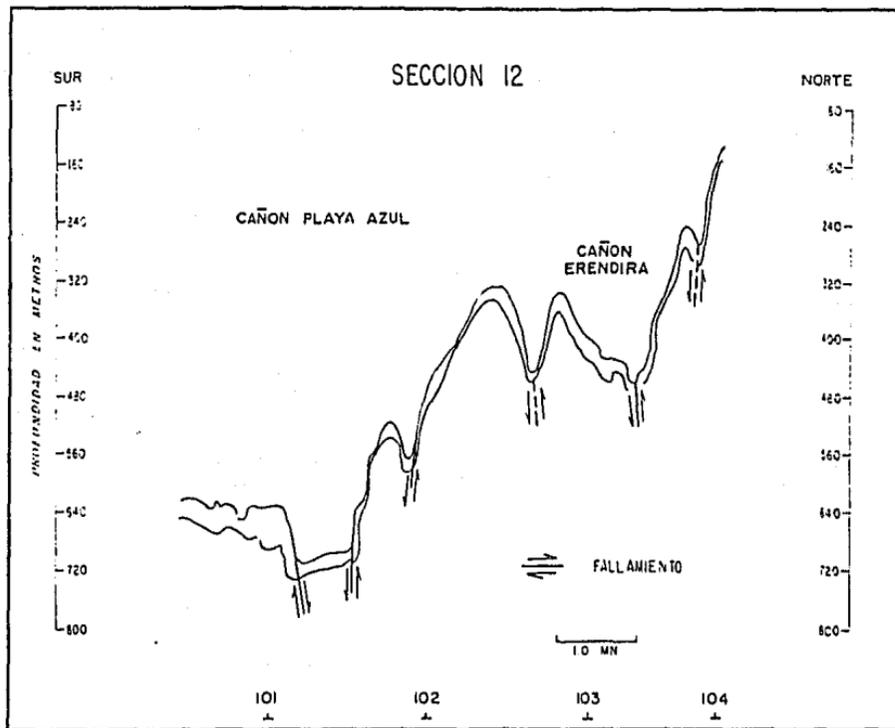


FIGURA 85. SECCION SISMICA 12. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
17 50.4'N, 102 19.0'W y 17 56.0'N, 102 19.0'W

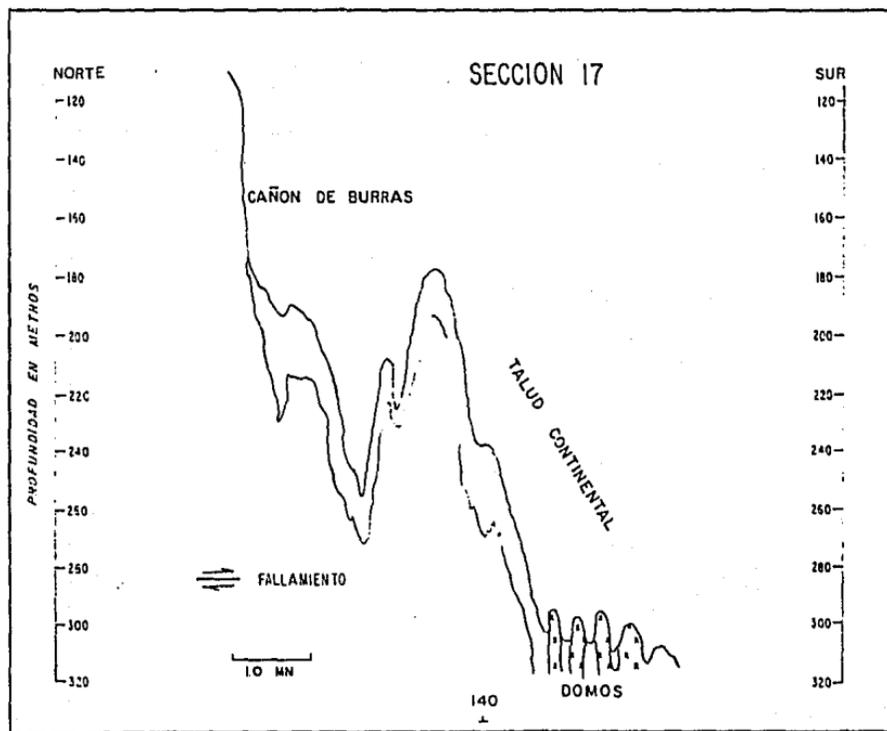


FIGURA 86. SECCION SISMICA 17. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 52.3'N, 102 14.0'W y 17 53.0'N, 102 14.0'W

presenta su flanco sur-oriental. La morfología, bastante irregular, ha sido motivada por el desarrollo erosivo del cauce del cañón en forma de V bastante acentuada.

No se apreciaron signos de algún control tectónico, aunque es probable que en el eje del cañón haya alguna fractura. Hacia los 300 m de profundidad, la pendiente del relieve se modificó a horizontal, caracterizada por varios domos diapíricos que inciden en la superficie a la que ondulan.

El diapirismo es fenómeno común debido a la compactación diferencial, por gravedad, de los sedimentos cohesivos y saturados de agua que por compresión adquieren propiedades plásticas. Los materiales superficiales y subsuperficiales hasta  $z = 1.80$  m (Fig. 7, estación 65), fueron limos arcillosos muy mal clasificados, casi simétricos o con asimetría positiva, platicúrticos y mesocúrticos (Tablas 5 y 6); con índice de saturación superior al 90% e inestables ( $\epsilon_{sat} \geq 1.85$ ) (Tabla 8). El valor medio de los límites de consistencia fueron los siguientes: 32, para el límite plástico; 35 para el índice de plasticidad; 32 para el índice de fluidez; 1.1 para los índices de tenacidad y de liquidez; y 1.3 para el índice de actividad de las arcillas (Tabla 9).

#### Sección 21.

Sección sísmica paralela al meridiano  $102^{\circ} 10'$  y orientada de norte a sur (Fig. 80); en la figura 87, la porción del registro geofísico se controló mediante las marcas 173 a 176 y comprendió a la sección noroeste del talud continental limitada por los cañones Burras y La Necesidad, a profundidades de 320 a 660 m. Un amplio valle de suave pendiente hacia el S y de relieve irregular, se ha desarrollado a 480 m de profundidad y está controlado en sus extremos por fallas normales. No se tuvieron horizontes sísmicos reflectores bien definidos.

En la porción superior del talud continental, el espesor de la cubierta sedimentaria fue considerable y tendió a engrosar hacia la plataforma continental y a disminuir en la zona de fracturamiento. En el valle se apreciaron varias secuencias formadas por los sedimentos arcillo limosos, limo arcillosos y areno limosos, no consolidados, saturados de agua de las estaciones 30, 31 y 38 (Tablas 3 y 5) y que posiblemente correspondan con materiales turbidíticos de grano muy fino que han sido deslizados por gravedad hacia zonas profundas; cubren a una paleo superficie cuyo relieve parece ser el resultado de varias fracturas, en especial hacia la parte más profunda del valle entre 550 y 600 m de profundidad. Esos materiales estuvieron mal clasificados, casi simétricos o con ligera asimetría positiva, mesocúrticos, platicúrticos con algunos leptocúrticos (Tablas 5 y 6). Fueron materiales de porosidad moderadamente alta y comprendida entre 60 y 76%, con peso unitario promedio fue de  $1.55 \text{ gr/cm}^3$ , humedad natural de hasta 108%, grado de saturación comprendido entre 80 y 95% e índice de vacíos siempre superior al valor crítico ( $\epsilon_{sat}$ : 1.06) (Tabla 8).

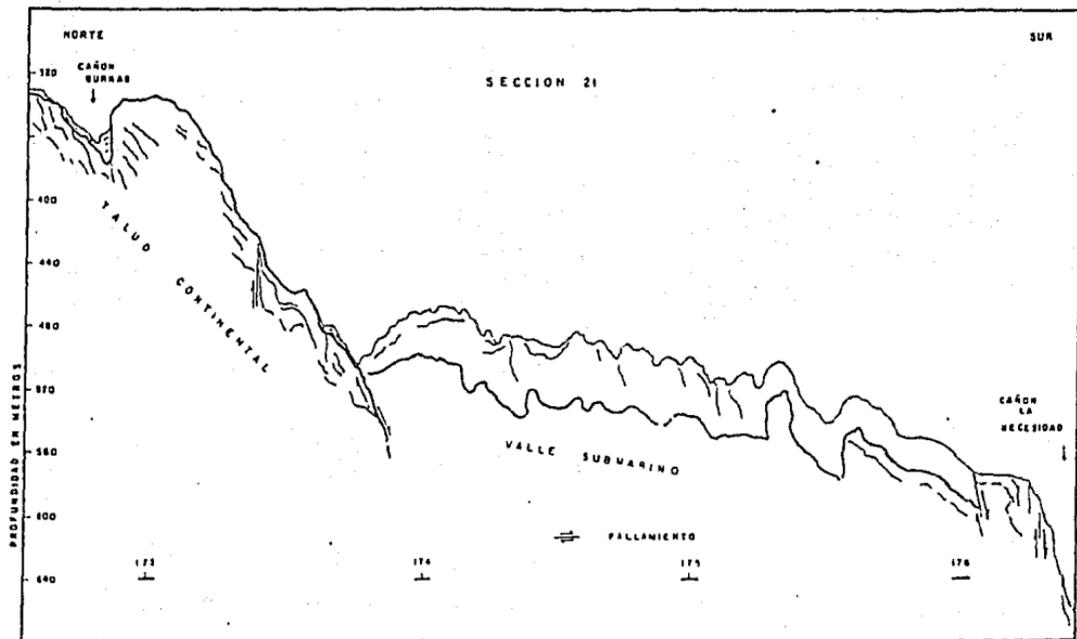


FIGURA 07. SECCION SISMICA 21. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 51.0'N, 102 10.0'W y 17 47.2'N, 102 10.0'W

Los límites de consistencia o de plasticidad, la resistencia a los esfuerzos cortante y compresivo, fueron mayores en los sedimentos del núcleo 31 (Tablas 9 y 10). La fracción arenosa en el material superficial de la estación 38 fue cuarzarenítica e inmadura (Tabla 14).

#### Sección 27.

Sección sísmica concordante, en su mayor parte, con el meridiano  $102^{\circ} 04'.0$  de longitud oeste (Fig. 80). El fragmento que se tiene en la figura 87 se orientó al SW hasta los  $102^{\circ} 05'.0$  (marcas de control terrestre 220-222). Incluyó al talud continental y al flanco noreste del Cañón La Necesidad con, al menos, tres de sus distributarios, a profundidades de 320 a 640 m; el relieve es abrupto y escindió hasta los 480 m de profundidad, a mayor profundidad la superficie del talud es cóncava, con desarrollo de pequeños canales, y gradiente acentuado hacia abajo (marca 222), hasta alcanzar el piso del cañón (no indicado en la figura). La posición de los tributarios estuvo normada por fracturas normales (marca 220).

La secuencia sedimentaria, observada sobre un horizonte reflector escasamente diferenciado, fue delgada y disminuyó hacia el SW. Estuvo formada por sedimentos limo arcillosos mal clasificados, con escasa cantidad de arena, casi simétricos y mesocúrticos (Tablas 3 y 4, estación 19),

#### Sección 29.

Sección sísmica casi paralela al meridiano  $102^{\circ} 03'$  e iniciada en la cabecera de un pequeño tributario del Cañón Petacalco (marca 238), frente a la Punta Peñitas (Figs. 8 y 80); el rasgo morfológico dominante en la figura 89 fue el Cañón Petacalco, con sus flancos bien diferenciados entre sí y caracterizados por varias fracturas normales que les confieren características topográficas irregulares en asociación, también, con intensa actividad erosiva, especialmente en el flanco sur (marca 240). El piso del cañón es angosto y en su porción axial presenta forma en V, con escarpe de falla en la pared norte (marca 239).

Se evidenció intensa depositación de sedimentos limo arcillosos muy mal clasificados, con el 5% más grueso de la distribución formado por arena de grano muy fino (estación 15; Tablas 3 y 4), aportados por flujos de gravedad y que reposan sobre una pequeña superficie casi horizontal causada por erosión lateral y por el desplazamiento de una falla; fueron materiales con 95% de grado de saturación e índice de vacíos superior a 1.06 (Tabla 7).

#### Sección 32.

Sección sísmica próxima al meridiano  $101^{\circ} 59'.0$  y comprendida desde la porción distal del talud continental a 1100 m de profundidad (marca 274), hasta los 50 m de profundidad, en la plataforma continental y en las cercanías de un canal orientado hacia el SW y

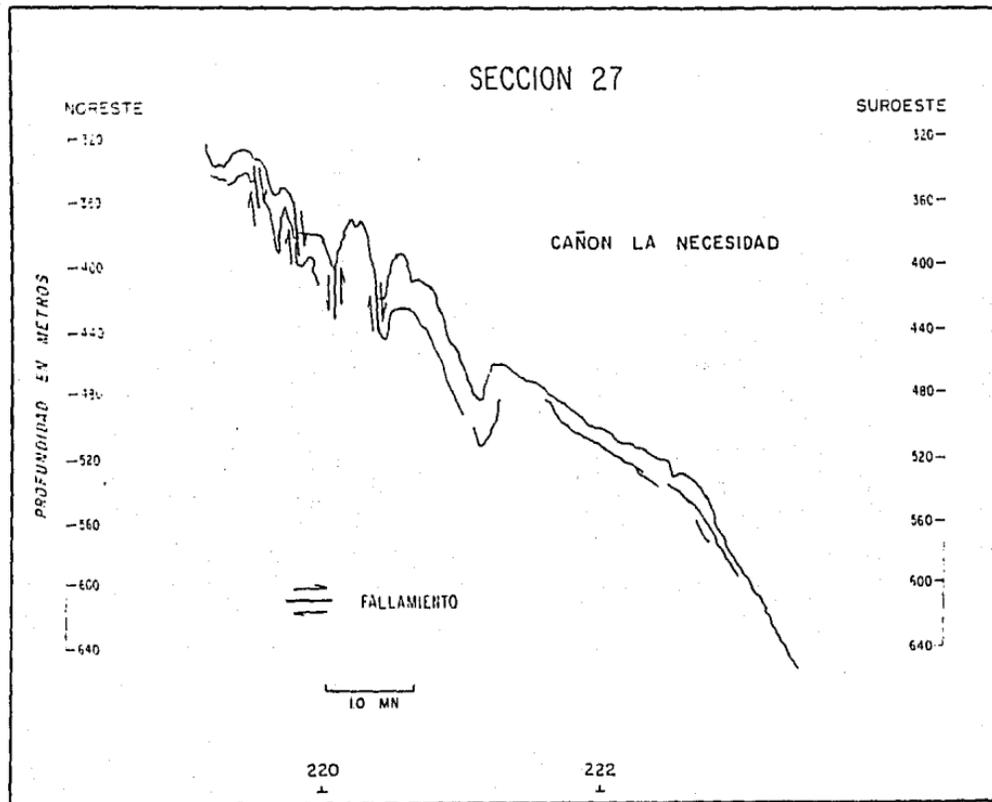


FIGURA 88. SECCION SISMICA 27. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
17 51.5'N, 102 04.0'W y 17 50.0'N, 102 05.0'W

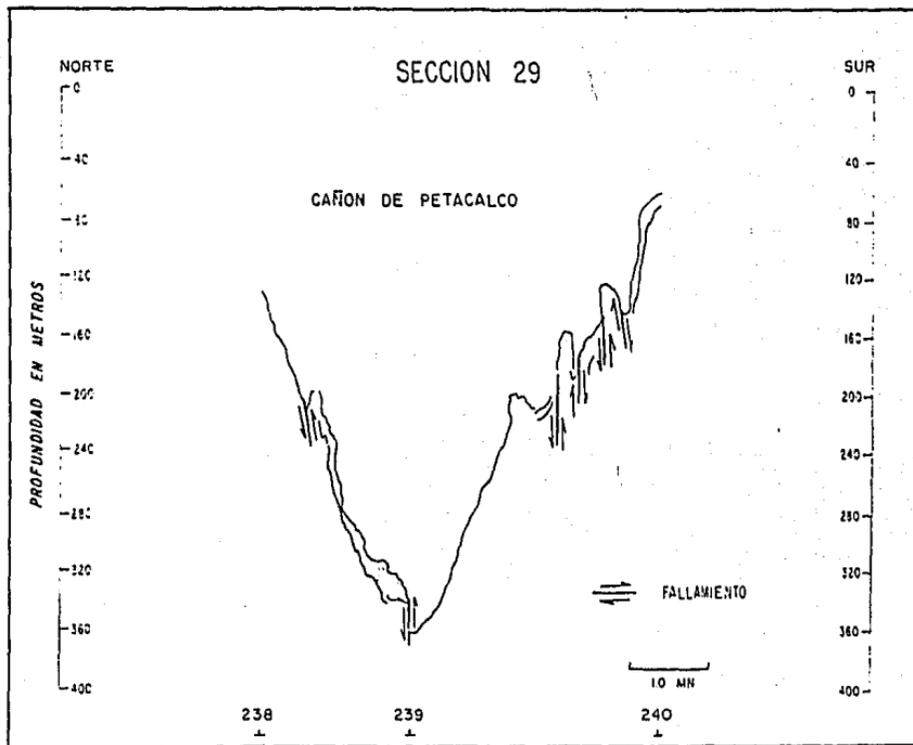


FIGURA 89. SECCION SISMICA 29. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 57.5'N, 102 03.0'W y 17 55.0'N, 102 03.0'W

que es tributario del Cañón Petacalco (Figs. 8 y 80). El fragmento del sismograma en la figura 90 mostró, hacia el S, la porción del talud continental comprendida entre los flancos oriental y occidental de los cañones La Necesidad y Petacalco, respectivamente, y que limita además con el piso del Cañón Petacalco mediante una fractura de desplazamiento vertical. Hacia el N, el relieve del talud ha estado normado por los procesos de erosión y sedimentación relacionados con el desarrollo del cañón y particularmente de su flanco norte. En él se apreciaron, a profundidades de 300 a 400 m, algunos canales de erosión orientados hacia el E-W, así como signos de deslizamiento de sedimentos dispuestos a 440 m de profundidad. Este flanco se une al piso del cañón por medio de una fractura normal que le confiere un desarrollo pronunciado a la pared. El piso del cañón es amplio y como ha quedado dicho está limitado por fracturas de desplazamiento vertical que le dan el carácter de una fosa tectónica.

La sedimentación de limos y de arcillas ha sido importante (Tablas 3 a 6, estación 1), habiendo dado lugar a los materiales limo arcillosos superficiales que a profundidad se modificaron hacia los arcillo limosos con porosidad media de 67%, con porcentajes de saturación próximos al 100% e inestables, con índice de vacíos siempre superior a 1.06 (Tablas 7,8). No fue el espesor de la secuencia por no haberse tenido un horizonte sísmico reflector.

En la figura 91 se muestra el control estructural, consistente en un sistema de fracturas o fallas de desplazamiento vertical y que se alinean de acuerdo a la configuración del litoral o le son ortogonales, y que parecen ser responsables del desarrollo del sistema de cañones submarinos.

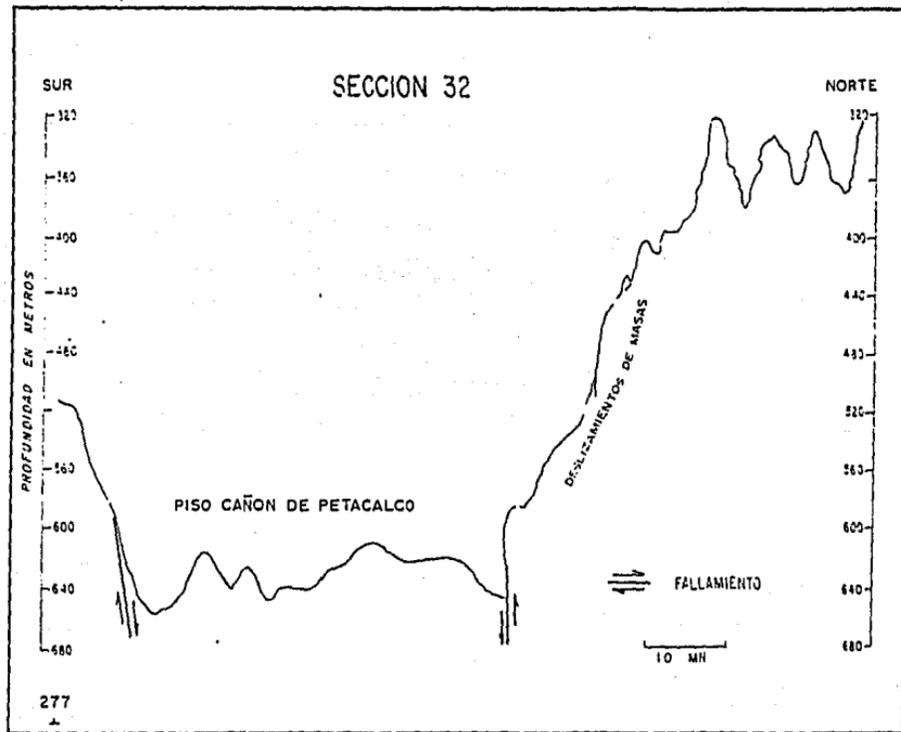


FIGURA 90. SECCION SISMICA 32. COMPRENDIDA ENTRE LAS COORDENADAS  
 17 47.0'N, 101 59.0'W y 17 47.5'N, 101 59.0'W

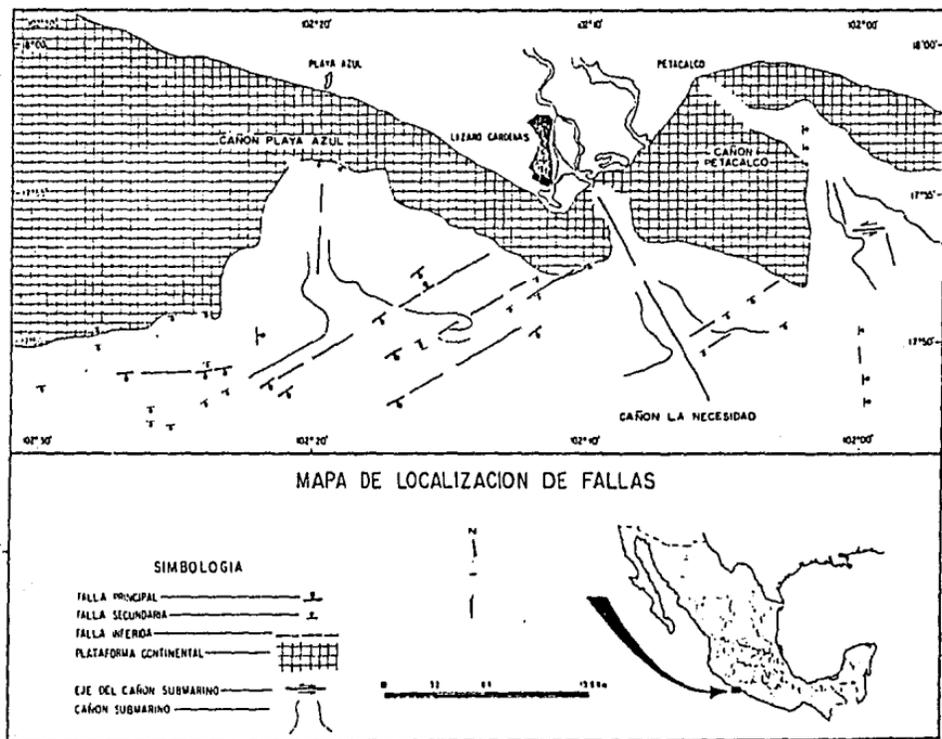


FIGURA 91. MAPA DE LOCALIZACION DE LAS FALLAS O FRACTURAS, EN EL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

## CONCLUSIONES

Con anterioridad al inicio de las obras de irrigación ejecutadas en la Cuenca del Río Balsas, el río aportaba casi  $39 \times 10^6 \text{ m}^3$  al año, con gastos máximo de 11 mil  $\text{m}^3/\text{seg}$  y medio de 500  $\text{m}^3/\text{seg}$ , con escurrimiento anual aproximado a  $14 \times 10^9 \text{ m}^3$  (Sánchez y Lara, 1989); a partir de 1964, año en que se cerraron las compuertas de la presa El Infiernillo, se aforó un gasto medio igual a 263  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

Actualmente el régimen hidráulico del río, aguas abajo de las dos presas es artificial y los gastos medio y máximo están controlados a 400 y 2 000  $\text{m}^3/\text{seg}$ , respectivamente. De acuerdo con la información publicada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1970 a), la cuenca fluvial, de 112 320  $\text{Km}^2$  ha sido reducida 80%, lo que ha motivado importantes variaciones en la planicie costera y esencialmente en la deltáica.

De los principales requerimientos ambientales para que haya acumulación sedimentaria que de lugar al desarrollo de una planicie deltáica es que la cuenca de drenaje sea amplia, que en ella se tenga abundante precipitación pluvial y que el sistema fluvial suministre hacia la costa cantidades substanciales de materiales clásticos para que la tasa de depósito sea más elevada que la de remoción por los agentes marinos, como son el oleaje, la marea y las corrientes generadas por ellos.

Las condiciones anteriores fueron las que prevalecieron durante la etapa de formación y progradación de la llanura aluvial, en una costa en la cual la actividad tectónica es considerable y, además, el parteaguas de la Sierra Madre del Sur está próximo al mar.

La posición geográfica y el comportamiento tectónico del área en que se ha desarrollado la morfoestructura deltáica del Río Balsas, aunados a la extensión de su cuenca, la convierten en una de las pocas originadas en costas de colisión.

La planicie deltáica ha estado influenciada por movimientos verticales relacionados con los procesos de compactación diferencial de los sedimentos terrígenos depositados en medios acuáticos y por ende con gran contenido de agua; y por la actividad subductiva de la Placa de Cocos, que motiva sismos, como los acaecidos en 1911, 1975, 1979, 1981 y, más recientemente, en el mes de septiembre de 1985 y durante los meses de marzo y junio de 1990, con epicentro en Petatlán, Acapulco, Playa Azul y Lázaro Cárdenas (Miranda-Marrón, 1914; Valdez *et al.*, 1982; Havskov *et al.*, 1983; Anderson *et al.*, 1985; Corona-Esquivel *et al.*, 1986; UNAM, Seismology Group, 1986; Beck y Hall, 1986).

Las terrazas marinas son frecuentes, se les tiene a diferentes alturas sobre el nivel del mar y demuestran que los movimientos verticales han afectado al área. Algunas, como en Playa Azul, han sido originadas por procesos sísmicos; otras se relacionan con los movimientos glacio-eustáticos habidos durante la transgresión holocénica; de ellas, se cita a las de las puntas Las Peñas y Las

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Piedras, labradas en rocas volcánicas y que en la actualidad están a 10 m de elevación respecto al nivel del mar.

Las modificaciones del nivel del mar han tenido gran importancia en el desarrollo sedimentológico y morfológico del delta; los ascensos y descensos de este nivel han afectado los rangos de erosión, transporte y depósito, principalmente en la zona costera; como resultado de tales fluctuaciones, la costa muestra evidencias de varios episodios de sumersión.

De los rasgos morfológicos superficiales de la plataforma continental deltáica se tiene a varias series de ondulaciones que fueron interpretada por Gutiérrez-Estrada (1969), como remanentes de antiguas líneas de costa y terrazas marinas sumergidas, formadas durante épocas estables o ascensos intermitentes del nivel marino durante la última transgresión. Evidencian, por tanto, el carácter transgresivo del mar durante los últimos 18 000 años.

Otros rasgos relevantes son los valles o cañones submarinos. Son características morfométricas distintivas del talud continental que comunican a la plataforma con las regiones oceánicas profundas y actúan como conductos por los cuales se realiza el transporte de sedimentos.

Como consecuencia de las fluctuaciones del mar, la plataforma continental ha estado expuesta a hundimiento isostático por deformación hidrostática y de acuerdo con Higgins (1964) y Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada (1990), el rango de deformación puede ser función de la pendiente y amplitud de la plataforma, así como de la configuración de la línea de costa. En cuanto a ésta, la zona montañosa de la Sierra Madre del Sur está, como ha quedado indicado, cercana al litoral por lo que el drenaje superficial ha sido importante durante el desarrollo y evolución de la llanura aluvial costera. El delta es, así, el resultado de la actividad geológica del sistema fluvial erosivo y de la sedimentación concomitante (Ortiz-Pérez, 1985).

La configuración de la llanura costera aluvial, lobulada con desarrollo en abanico, manifiesta el carácter deltáico de la región, singularizado por el relieve llano que desciende escalonadamente hacia el mar (Yañez, 1965), por las llanuras arenolodas con abundantes meandros abandonados o activos, y por las playas arenosas interceptadas por las desembocaduras del río.

Los procesos sedimentarios guardan íntima relación también con los regímenes meteorológicos e hidrodinámicos. En el área de estudio, el factor energético que controla la distribución de los sedimentos sobre la plataforma, en el talud continental y aún a mayores profundidades, es el oleaje estacional con huracanes y ciclones durante el verano y parte del otoño. Las corrientes oceánicas y de litoral asociadas al viento motivan la remoción de los sedimentos del litoral y de la plataforma y en condiciones de tormenta la zona de disturbio comprende a la totalidad de ésta.

El carácter fuertemente energético de la costa ha motivado que, frente al puerto Lázaro Cárdenas, el balance anual del transporte de litoral sea de aproximadamente 230 000 m<sup>3</sup>/año (Sánchez y Lara, 1989), volumen muy importante si se considera que el Río Balsas no aporta sedimentos de grano grueso (gravas y arenas) desde 1968 año en que finalizó la construcción de la presa José María Morelos y Pavón, conocida como La Villita; con anterioridad, en 1966, había entrado en operaciones la presa El Infiernillo con lo que se aislaban del resto de la cuenca 73 Km del curso medio y bajo del Río Balsas.

Al Río Balsas se le ha considerado como el elemento principal de un complejo y vasto sistema fluvial que en conjunto forma una unidad geográfica con caracteres de muy diferente índole debido a la diversidad de regiones que drena. Las observaciones realizadas por Ortiz-Pérez (1985), confirman los resultados obtenidos en esta investigación, en cuanto a que la evolución natural del delta se vio alterada con la actividad antropogénica en la cuenca del río y en particular en sus porciones media e inferior. De sus investigaciones se desprende que durante enero de 1974 hubo intensa movilidad en el litoral que motivó cambios drásticos en la fisonomía deltáica. Se invirtieron las condiciones morfodinámicas y se pasó de una costa dominada por los procesos de deposición marina a otra de erosión marina o degradación. Estos cambios coincidieron con las modificaciones del régimen hidráulico causadas por la construcción de las presas.

La migración lateral de los diferentes cauces distributarios del río ha sido un factor decisivo en las modificaciones morfológicas del delta en sus porciones sub aérea y sub acuática. De acuerdo con Ortiz-Pérez (1985), a la dinámica litoral es conveniente agregar la influencia ejercida por tales movimientos en las condiciones sedimentarias locales y, en particular, las del ramal La Necesidad, de curso sinuoso y del que se desprendió un distributario, ramal Burras, de 2 Km de longitud; estos cambios han motivado alteraciones en los patrones de descarga y de distribución de los sedimentos aportados al océano.

El haber propiciado recientemente el cierre de la boca de Burras, motivó la interrupción del ritmo de la secuencia regular de depósito en el sector de la costa que estuvo bajo su influencia; se nulificó la sedimentación y así se dió origen a la erosión en el litoral de la Isla De Enmedio que culmina, hacia el mar en la Punta Burras, zona en la que por convergencia del oleaje se incrementa la energía de la costa.

El delta progradó hacia la plataforma continental por el desarrollo de los canales distributarios Burras, La Necesidad, San Francisco y Petacalco, así como por el depósito de arenas y gravas en las cercanías de cada desembocadura fluvial y de lodos (limos y arcillas) en la plataforma y aún en el talud continental, formando secuencias prodeltáicas, superficiales y frontales, al igual que las descritas por varios autores entre los que cabe citar a Blatt et al., (1980).

A partir de la interpretación de fotografías aéreas de los años 1943-1959, se determinó que durante ese lapso la llanura deltáica fue progradante, con un crecimiento de hasta 1340 m en el frente deltáico que se acrecentaba anualmente 100 m aproximadamente (Ortiz-Pérez, 1985).

Por tanto, un aspecto importante en los procesos de sedimentación en el delta ha sido la relación entre las etapas constructivas y destructivas. Las primeras, previas a la realización de los obras de ingeniería civil en la cuenca del río, fueron fluviales y de carácter progradante; las segundas son marinas y caracterizadas por eventos erosivos.

La construcción de la planicie aluvial se mantuvo hasta que, por la disminución de los gastos sólido y líquido fluviales y por el abandono de los depocentros originales, se propició artificialmente el predominio de los efectos erosivos del oleaje y de la marea. El desarrollo deltáico se tornó artificial e influido por la alta energía de la costa. La planicie aluvial, en sus porciones subaérea y submarina, adquirió un carácter destructivo, similar al mencionado por Fisher et al (1969) y Coleman (1976).

Como resultado del carácter de la costa a la que corresponde, de choque o de colisión de acuerdo al criterio tectónico y morfológico de Inman y Nordstrom (1971), y a los procesos de erosión a que está sometida, la zona costera es angosta y ha recibido gran aporte de sedimentos terrígenos desde el Cenozoico (Durham et al, 1981; Perrillat-Montoya, 1987); la planicie aluvial submarina se acrecentó a partir del Holoceno y particularmente cuando el mar alcanzó su nivel actual, hace  $3\ 740 \pm 120$  años de acuerdo con Reimnitz y Gutiérrez-Estrada (1970).

La plataforma continental es más angosta y somera que el promedio mundial propuesto por Flemming (1981) y sus dimensiones se han modificado substancialmente. Frente a la Punta Las Peñas, su amplitud ha disminuido de 19 a 18 Km en los últimos 22 años (Gutiérrez-Estrada, 1969, 1986); en la Punta Peñitas o Piedras, extremo oriental del delta, su anchura es de tan solo 900 m. En la zona frontal deltáica y en la Bahía Petacalco, la plataforma es casi inexistente como resultado de la actividad tectónica regional y por los procesos de erosión remontante en la cabecera y flancos de los cañones submarinos. El borde de la plataforma continental es somero, habiéndosele determinado a profundidades de 120 a 150 m, con gradiente comprendido entre  $21'$  y  $3''$ . Esta región submarina se une gradualmente al talud continental con cambios morfológicos inherentes al fracturamiento que ha motivado escarpes de aproximadamente 10 m de altura. El incremento de pendiente pasa a ser de hasta  $15'$ , con valor medio de  $6''$ .

El talud continental es una planicie de suave inclinación hacia la llanura abisal y áun a la Trinchera Mesoamericana, a profundidades superiores a los 3 000 m; su extensión superficial está caracterizada por varias incisiones, desarrolladas desde la plataforma, que la dividen y por frecuentes hondonadas y lomeríos,

algunos de ellos escarpados.

Tales incisiones son los cañones submarinos que constituyen los rasgos morfológicos dominantes del delta submarino y han sido originados por los cambios en el patrón de descarga fluvial, ya descritos por Reimnitz y Gutiérrez-Estrada (1970), sin el concurso de la erosión subaérea.

Las modificaciones en la morfología del delta submarino, determinadas al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los de Reimnitz y Gutiérrez-Estrada (1970), son substanciales y atribuidas a los efectos erosivos debidos a: 1) la supresión del aporte de sedimentos de grano grueso que motivaran durante su transporte y distribución, la transformación, por fricción, de la energía del oleaje al incidir en la costa; 2) las corrientes de litoral, originadas por la incidencia del oleaje y que han transportado primordialmente hacia el E a las arenas removidas de la plataforma y del litoral; 3) la actividad tectónica que causa movimientos corticales verticales que acentúan la acción erosiva de los agentes marinos al provocar la movilización de grandes volúmenes de agua; y 4) las corrientes oceánicas ascendentes y descendentes generadas en los cañones submarinos. En cuanto a éstas, las mecanismos que han sido propuestos por Ferentinos *et al.* (1985) para su generación incluyen a las mareas, al aporte fluvial y a la influencia meteorológica que causa el movimiento hacia el litoral del agua superficial la cual retorna por el fondo.

Las evidencias principales que se presentan en apoyo de lo anterior, identificadas a partir de los perfiles sísmicos (3.5 kHz), son las siguientes: 1) el desarrollo de varios tributarios situados, preferentemente, hacia el E de la cabecera del Cañón Petacalco (Fig. 8); 2) las modificaciones, esencialmente por erosión remontante, del relieve en la plataforma continental y en el talud continental motivando que frente a Playa Azul y el Estero El Pichi haya retrocedido el talud, reactivando y conformando a los antiguos valles o cañones submarinos que, por el ascenso del nivel del mar, estaban inactivos; estos rasgos morfológicos no habían sido reportados con anterioridad y en este trabajo se les denomina con los nombres de Eréndira, Playa Azul y Calabazas, desarrollado preferentemente en el talud continental e incidente en la plataforma; 3) frecuente fallamiento de las masas sedimentarias, que parece no afectar a las capas profundas y se estima motivado por deslizamientos lentos de los estratos más superficiales; y 4) amplios movimientos gravitacionales de masa en las paredes de los cañones submarinos.

Las inflexiones o cambios en la orientación en el eje del Cañón Petacalco (Fig. 8), se relacionaron con un patrón estructural de las fracturas corticales que, así mismo, han normado la erosión remontante del talud continental. Este control tectónico se manifestó también y con carácter relevante en el Cañón La Necesidad en el cual su eje, casi rectilíneo y dispuesto hacia el SSE, es continuación lógica de la disposición estructural que se tiene en

el cauce bajo del Río Balsas y que se continúa hasta la Trinchera Mesoamericana.

La interpretación de los sismogramas (Figs. 80 a 90), manifestó diversos procesos de erosión y de sedimentación, habiendo sido posible la identificación aunque parcial del control estructural en el delta submarino, representado por fallas o fracturas, que han contribuido a la conformación de la expresión morfológica de la Zona Marginal Submarina (Fig.90).

A partir del análisis morfosedimentológico realizado, al delta submarino del Río Balsas se le consideró como una provincia sedimentaria susceptible de ser subdividida en las cinco subprovincias, que ha continuación se proponen y describen:

#### Primera subprovincia.

Dispuesta desde el límite más occidental del delta submarino hasta el Cañón Playa Azul, hacia el E. Se caracterizó por su plataforma continental amplia, con ausencia de cañones submarinos que incidan directamente en ella. Los procesos sedimentarios terrígenos han propiciado la acumulación de materiales que cubren a una antigua superficie disectada.

La cubierta sedimentaria, formada por materiales no consolidados y saturados de agua, se manifestó preferentemente al W; la suave pendiente de la plataforma continental y la casi uniformidad de su relieve facilitaron la identificación de secuencias sedimentarias formadas por la sucesión de capas o estratos horizontales correspondientes a la facies prodeltáica superficial (Figs. 81 a 83); el espesor del paquete sedimentario disminuyó hacia el S, de acuerdo a la profundidad del depósito y de la lejanía de la fuente de aporte sedimentario.

El "basamento" o segunda unidad acústica subyacente a la cubierta sedimentaria, presentó rasgos de erosión labrados en condiciones subaéreas; su topografía fue irregular y correspondió con la paleo superficie de la plataforma continental conformada con anterioridad al aporte aluvial y a la estabilización del nivel del mar en su posición actual. Los estratos con inclinación relativamente acentuada hacia el S fueron característicos de la facies sedimentaria correspondiente al frente deltáico.

La serie de ondulaciones amplias y de gran relieve, 10-15 m de altura, dispuestas en el talud continental sobre el basamento descrito (Fig. 81), son depósitos motivados por el deslizamiento de masas de sedimentos a influjo de la gravedad y a los procesos de licuefacción relacionados con las vibraciones causadas por oleaje, terremotos o por compactación diferencial. Se observaron evidencias de fallamiento incipiente que favorece el desplazamiento de los sedimentos sobre los planos de deslizamiento, motivando la topografía superficial ondulante.

En la figura 81, el piso de la plataforma continental externa ha sido afectado por pequeñas fallas que forman numerosas unidades pequeñas, levemente cóncavas hacia arriba. El patrón estructural sugiere que cada una de tales unidades es un bloque en proceso de deslizamiento, que aún está in situ.

Hacia el extremo oriental de esta subprovincia (Fig. 82), se incrementa el espesor, ~ 30 m, de los sedimentos terrígenos; su distribución sobre la plataforma es más uniforme y continua. Las secuencias sedimentarias están formadas por estratos suavemente inclinados hacia el S, según la pendiente de la zona de depósito; las capas con inclinación hacia el N fueron atribuidas a los procesos de compactación diferencial de los materiales limo arcillosos y arcillo limosos interestratificados con sedimentos arenosos. En la porción externa de la plataforma el basamento está fracturado, sin incidir en la cubierta sedimentaria (marca 48).

En el talud continental, el piso está cubierto por secuencias sedimentarias deformadas por deslizamiento, con fallamientos sucesivos que definen unidades propensas al deslizamiento y a la generación de corrientes de turbidez.

Los procesos de abrasión, relacionados con estadios prolongados del nivel del mar durante la transgresión post holocénica se apreciaron hacia el extremo de la plataforma continental a profundidades aproximadas de 100 m (Figs. 81 y 83), dando lugar a superficies de nivelación o terrazas marinas casi horizontales, sin relieve y de aproximadamente 2 Km de anchura (Fig. 83).

#### Segunda subprovincia.

Es angosta y caracterizada por la topografía abrupta de la característica morfométrica del Cañón Playa Azul. En las figuras 8 y 80 (marcas 85, 86, 92, 95 y 100), se aprecia la configuración meándrica de su eje, normada por una serie de fracturas escalonadas (Figs. 84 y 85) y orientadas hacia el NW-SE y SW-NE, interceptadas en ángulos cercanos a los 90°, que lo inflexionan al SSE (Fig. 90). El piso del cañón, controlado lateralmente por fracturas SW-NE que muestran el carácter regresivo del proceso de deslizamiento gravitacional de masas (Fig. 85), está cubierto por materiales colapsados acústicamente amorfos; la masa sedimentaria tiene un espesor de 10 a 40 m y ha sido deslizada desde los flancos del Cañón Playa Azul que muestran señales de fracturamiento que favorece a la actitud incisiva del Cañón Eréndira y de los canales tributarios (Figs. 84 y 85), que se manifiesta erosionando a la plataforma y preferentemente al talud continental.

Un rasgo sedimentológico de interés fue el cambio del carácter del transporte y depósito de los sedimentos hacia la porción más profunda del flanco sur del Cañón Playa Azul (Fig. 84, marca 77) y consistente en una secuencia sedimentaria rítmica normal, de más de 20 m de espesor formada por varias capas de materiales limosos y arcillosos, aparentemente no deformados y sin consolidar.

### Tercera subprovincia.

El flanco oriental del Cañón Playa Azul delimitó, al W, a esta subprovincia dispuesta al oriente hasta Punta Burras, en el frente deltáico (Fig. 80, marcas 163 a 168). Se caracterizó por el Cañón Burras y por varias fallas que norman su morfología y la del talud continental (Figs. 8 y 90); su extensión y orientación se controlan por las siguientes marcas de control terrestre: a) 116-128-132, fallamiento E-W; b) 125 y 127, fallas orientadas hacia el NE-SW, que limitaron a un amplio graben; c) marca 137, falla desarrollada al W-E; y d) 153-155-156, falla dispuesta al NW-SE. Estas unidades tectónicas definen lomeríos de 200 a 300 m de altura, asimétricos en sección transversal (N-S), con la pendiente más acentuada en el flanco norte y separados por depresiones orientadas hacia el EW. En conjunto, el relieve adopta una configuración ondulada.

Los flancos del Cañón Burras están cubiertos por secuencias de sedimentos acústicamente amorfos de espesor muy variado, que han sido modificados por intensos desplazamientos de masas que reflejan la acción regresiva del proceso de deslizamiento de los sedimentos por efecto de la gravedad. Superficialmente se manifiestan en forma de escalones o terrazas paralelas al litoral que modifican la configuración de la pared norte del cañón y del talud a profundidades de 200 y 240 m, aproximadamente (Fig. 86). Guardan gran semejanza con las formas descritas por Almagor y Garfunkel (1979) a las que se les atribuye un origen relacionado con el desplome o hundimiento rotacional de los sedimentos, debido a un lento y continuo desplazamiento descendente a influjo de la gravedad y por el incremento en la presión intersticial debido a la acumulación de sedimentos superficiales y a los procesos de licuefacción.

Característica adicional de esta subprovincia fue el diapirismo de lodos observado hacia la base del talud continental (Fig. 86, marca 140), generado por la acumulación y compactación diferencial de sedimentos de grano fino, cohesivos, saturados de agua y sedimentados como flujos de lodos bajo condiciones de turbidez y floculación. Dailly (1976) ha descrito a estos rasgos, frecuentes en secuencias regresivas.

### Cuarta subprovincia.

Abarca al rasgo morfométrico del Cañón de La Necesidad. Los cambios en la orientación axial en este cañón (Fig. 8), así como de sus tributarios (Fig. 87), han sido motivadas por un sistema de fallas casi ortogonales entre sí y que por cuya traza se han labrado, bajo procesos de erosión remontante y descendente, sus cauces respectivos.

A partir de 1866 y hasta la construcción de la presa El Infiernillo, el cauce de mayor importancia del Río Balsas, por el caudal y el volumen de materiales que aportó hacia el océano, fue el de La Necesidad. Esta actividad se reflejó en las secuencias

sedimentarias de espesor grueso que caracterizaron a esta subprovincia y que cubren a las fallas y fracturas del basamento acústico.

Los procesos que han actuado en el flanco noroeste del talud continental, entre los cañones Burras y La Necesidad, se caracterizan por comprendieron a los deslizamientos o flujos de gravedad. En la figura 87 (marcas 174-176) se muestra que el piso del cañón está cubierto por masas sedimentarias sin estratificación, acústicamente amorfas, con espesor medio aproximado de 40 m, que yace sobre una superficie de relieve muy irregular a abundancia de sedimentos de grano fino, principalmente, con indicios de floculación y, por tanto, de sobresaturación de agua. Hubo acuñamientos y superposición de sedimentos (marca 174).

#### Quinta subprovincia.

Esta subprovincia se caracterizó por la estructura morfo tectónica del Cañón Petacalco. Se separó de la anterior por un umbral amplio, sensiblemente triangular y dirigido hacia el SSE desde el litoral hasta los 150-200 m de profundidad y al E hasta la profundidad de 600 m, donde se unió gradualmente a un amplio valle fallado, suavemente inclinado al SSE y orientado hacia el EW (Fig.8). Está formado por los remanentes de erosión de la plataforma y por el talud continental; limitó lateralmente, hacia el ENE, con el flanco sur y occidental del Cañón Petacalco (Fig. 88), y al WSW con el flanco oriental del Cañón La Necesidad (Fig. 87).

El Cañón de Petacalco presentó importante relación entre los procesos tectónico-sedimentarios y su evolución morfológica. El desarrollo axial comprendió varias inflexiones alternadas hacia el S y E (Fig. 8 y 90), según la traza de fallas de desplazamiento vertical y lateral (Figs. 79 y 88, marcas 238-240), que han controlado la morfología del piso del cañón, al que han limitado lateralmente, confiriéndole características tectónicas de graben.

La intensa erosión que se ha tenido en el piso y en los flancos del cañón se evidenció por la forma en V de su valle y por los depósitos sedimentarios, principalmente en el flanco norte (Fig. 88). Se les consideró como acumulaciones de materiales que han sido removidos por las corrientes de marea originadas en el cañón (Shepard, 1975, 1976) y transportados pendiente abajo a influjo de la gravedad, dando lugar a depósitos sedimentarios de origen turbidítico.

Al investigar las corrientes, de tipo alterno y con velocidad superior a 50 cm/seg, que se originan en los cañones submarinos, ese autor las consideró como ondas internas de periodo igual o similar al de la marea. Su desplazamiento es ascendente, hacia la cabecera del cañón y ocasionalmente en sentido opuesto.

Se estima lícito aceptar que el movimiento de masas de agua con velocidad igual o similar a la indicada, a lo largo del eje de los

mayores cañones submarinos del Río Balsas, como son La Necesidad y Petacalco, sea uno de los factores que haya motivado la erosión remontante de sus cabeceras y que además ha evitado su asolve, manteniéndolos activos aún después de que el nivel del mar alcanzó su estado actual. Este proceso parece haberse acentuado al haber cesado el aporte fluvial de sedimentos gruesos.

En la planicie costera el Río Balsas ha migrado lateralmente, habiendo adoptado diversas posiciones desde el Estero El Pichi, al W, hasta la Bahía Petacalco, hacia el E, para descargar hacia el océano (Ortiz-Pérez, 1985, 1986); de acuerdo con Brand (1958), desde 1866 el Río Balsas dejó de fluir a través de su cauce más oriental, el ramal de Petacalco, debido a una época de intenso flujo. Al cañón submarino labrado frente a su desembocadura le fue suspendido el aporte de materiales, cesó el asolve, al menos de su cabecera y quedó expuesto a la erosión.

En la llanura deltáica submarina del Río Balsas los sedimentos son terrígenos y han constituido depósitos de grano fino, cohesivos en su mayoría y sin consolidar que han dado lugar a mezclas sedimentarias no homogéneas formadas principalmente por limos o arcillas, como poblaciones texturales dominantes, y por arena como población subordinada. En gran proporción son limos arcillosos o arcillas limosas, mal y muy mal clasificadas, muy asimétricas y que varían primordialmente de mesocúrticas a leptocúrticas.

En 1957, Folk y Ward consideraron que la granulometría, en base a la medida del diámetro promedio gráfico,  $M_z$ , de los granos individuales que forman a una determinada masa sedimentaria y al índice de clasificación,  $\sigma_n$ , del sedimento en su conjunto, eran tópicos muy discutidos pero poco entendidos en los estudios de geología cuantitativa, siendo desconocido su significado.

Las investigaciones tendientes a explicar las causas que motivan las variaciones de estos parámetros continúan siendo escasas y más aún las que tratan el comportamiento de la simetría,  $Sk$ , y de la curtosis,  $K'_a$ , de las distribuciones de frecuencia, en relación con los mecanismos y las características ambientales que norman el depósito. Siendo frecuente considerar que en las arenas de grano fino a medio sea mejor índice de clasificación,  $\sigma_n$ , y que disminuya en los sedimentos de grano más fino o más grueso.

Para conocer este comportamiento se realizó el análisis cuantitativo, ya expuesto, en las secuencias sedimentarias deltáicas subsuperficiales, cuya propiedad textural distintiva fue su bimodalidad, para caracterizar los diferentes ambientes sedimentarios en la planicie aluvial submarina.

Aún cuando la serie de mediciones realizadas en este trabajo para conceptuar a los parámetros granulométricos estadísticos así como a las propiedades inherentes a las curvas de distribución de frecuencia pudieron ser realizadas matemáticamente por el método de los momentos, se optó por el método gráfico haciendo uso de curvas acumulativas (Krumbein y Pettijohn, 1938). Tal decisión fue normada

por la rapidez y a la aceptable aproximación que se logra, dado el amplio rango de variación en la mayoría de los parámetros considerados.

Además, algunas curvas de frecuencia estuvieron alejadas de la normalidad por lo que resultaron inadecuadas las medidas gráficas de uso frecuente y se optó por aplicar las sugeridas por Folk y Ward (1957) y que, de acuerdo con McBride (1971), ofrecen porcentajes de eficiencia comprendidos entre el 79% para el índice de clasificación y el 88% para el diámetro promedio gráfico, Mz.

La planicie aluvial se formó, esencialmente, por sedimentos de grano fino y muy fino correspondientes con los ambientes prodeltaicos. Se tuvieron materiales de grano más grueso que constituyeron depósitos arenosos, escasos y esporádicos. Por su contenido de arena, limo y arcilla se les clasificó en siete grupos texturales (Fig. 14), de los cuales los más conspicuos fueron el limo arcilloso y el arcillo limoso.

Al estimar el significado sedimentológico de esos grupos se tuvo que solo el areno limo arcilloso no fue preponderante en el análisis sedimentológico ya que, por su textura, se formó con mezclas sedimentarias muy heterogéneas extremadamente mal clasificadas.

Los grupos de mayor significado en el análisis sedimentario fueron el: 1) arenoso, formado por las arenas, arenas limosas y arenas arcillosas; 2) arcillo limoso; y 3) limo arcilloso. Estos últimos fueron similares entre sí por haber correspondido, en su mayoría, al mismo ambiente de depósito; la semejanza en el contenido porcentual de sus constituyentes granulométricos principales (Tabla 2), se reflejó en la posición de umbral adoptada en el diagrama ternario de la figura 14.

El grupo arenoso, escaso, representó a las facies sedimentarias frontal y dorsal. Fueron los sedimentos aportados por: a) los canales distributarios del río y depositados, en bandas de arena paralelas al litoral, en la porción somera de la plataforma continental durante la etapa constructiva de la llanura aluvial; y b) por las corrientes de retorno originadas por el oleaje o la marea y desplazadas hacia zonas más profundas, según su intensidad y el relieve del fondo oceánico, dando lugar a los depósitos areno limosos y limo arenosos de densidad o turbidez en el talud continental y en los cañones submarinos como, por ejemplo, en el Cañón Petacalco. Actualmente se tienen como remanentes de aquellas acumulaciones, aún no removidos por oleaje o las corrientes marinas y aún cuando son mezclados con materiales de diferente granulometría, conservan sus características texturales, como lo ha indicado Curray (1960).

Los mejores índices de asimetría,  $0 \geq S_k, \leq -0.03$ , y los altos valores de la curtosis,  $K'_0 \geq 0.50$ , caracterizaron a los depósitos arenosos más puros; fueron las arenas leptocúrticas y casi simétricas de las estaciones 58, 60, 101 y 102 (Tabla 2). En

contraste con los sedimentos arenosos procedentes de los depósitos arenosos no homogéneos asimétricos y muy asimétricos hacia los fragmentos finos, muy mal clasificados y de baja curtosis como, por ejemplo la arena arcillosa de la estación 111.

Los parámetros anteriores, aún cuando han sido poco estudiados y con mucho se desconoce su significado geológico, permitieron concluir que, de las arenas analizadas, las correspondientes a las cuatro estaciones a las que ha hecho mención al inicio del párrafo anterior, están formadas por partículas procedentes de una fuente de aporte dominante. A diferencia de aquellas arenas colectadas en las estaciones 69, 86 y 87, de las arenas limosas de las estaciones 4, 85 y 100 y de la arena arcillosa de la muestra 111

Los sedimentos arenosos al ser transportados hacia el litoral por los agentes marinos maduran texturalmente y llegan a constituir, en las playas y hacia sotavento de algunos espigones, depósitos efímeros de fácil remoción al incidir oleaje energético y también constituyen asolves no deseados en el interior del área portuaria. Parte importante de estos materiales son capturados por las cabeceras de los cañones submarinos La Necesidad y Petacalco, entre otros, y llevados hacia las zonas más profundas del océano.

La casi totalidad de los depósitos analizados fueron inestables, susceptibles de ser movilizados y ceder por licuefacción; la porosidad máxima fue de hasta 65% e índice de vacíos superior a 1.06, con valores extremos de hasta 1.91 en las arenas limosas y de 2.35 en las arenas arcillosas. Prácticamente, las propiedades físicas de masa se modificaron de acuerdo al contenido de agua, W, que fue inferior al 50%, a excepción de las arenas limosas de la estaciones 48 y 81 y de la arcilla limosa en la cual se tuvo el valor extremo, 99% ; el grado de saturación fue superior al 90%.

Los repetidos procesos de abrasión a que han estado sometidos estos sedimentos se manifestaron en el análisis textural y mineralógico realizado en la fracción arenosa. Como se vió, fueron de grano medio a muy fino con predominio de partículas gruesas y generalmente de clasificación moderada. La composición mineral señaló su carácter cuarzoso, con bajo contenido de feldespatos: subarcosas, seguidas de sublitarenitas y cuarzarenitas, maduras o submaduras en el 92% de las muestras (Tabla 14, Cuadro 31). Con granos de cuarzo fundamentalmente subangulares y casi equidimensionales (Tabla 13).

En cuanto a su origen, las arenas han procedido, primordialmente, de la erosión de rocas ígneas continentales y de cenizas, parte de éstas producto del vulcanismo marino. El cuarzo, en su mayoría translúcido, y los feldespatos plagioclasa, escasos, reflejaron origen volcánico; esta procedencia se reforzó con los fragmentos líticos, volcánicos en gran proporción, y las micas (biotitas), erosionados de las rocas volcánicas terciarias que afloran, entre otras localidades, en el área de influencia de la presa José María Morelos y Pavón.

Los sedimentos limo arcillosos fueron muy abundantes y se les tuvo en la totalidad del delta submarino. Fueron los lodos de los ambientes de baja energía y se caracterizaron por ser unimodales (Fig. 20 a), de distribución de frecuencia casi normal y bien clasificada (Fig. 20b), con ligera asimetría hacia los materiales arcillosos (Fig. 20c) y extremadamente leptocúrticos (Fig. 20 d); este parámetro fue significativo e indicó el predominio de partículas de diámetro promedio gráfico comprendido entre 7.0 y 8.0  $\phi$  ( 7.8 y 3.9  $\mu\text{m}$ ), depositadas en la facies frontal del delta. Acumulaciones sedimentarias que, al menos en la porción somera de la plataforma, han quedado al descubierto por la remoción de las partículas arenosas propias de la facies superficial que acrecentó a la llanura deltáica durante la época de la influencia fluvial.

Por su naturaleza textural, estos materiales fueron cohesivos en su mayoría, no litificados, con elevado grado de saturación de agua,  $S = 90\%$  (Cuadro 23). Los amplios rangos de variación determinados para la porosidad,  $n$ , el peso húmedo total,  $WC$ , y el índice de vacíos,  $e_{\text{rel}}$ , han sido causados por la fricción ejercida en ellos por las masas de agua que se desplazan sobre su superficie.

El valor numérico de  $e_{\text{rel}}$  fue superior al valor crítico, 1.06, llegando a ser de hasta 4.05 en la muestra 106, al SW del delta; por tanto, fueron sedimentos muy susceptibles de ser erosionados activamente al ceder por licuefacción. Proceso sedimentario que se asocia con los movimientos vibratorios como son, por ejemplo, los sismos y es favorecido por la expresión morfológica del depósito dando lugar a deslizamientos o flujos de masas de sedimentos y a depósitos de turbidez que han contribuido al avance de los cañones submarinos. Casos similares han sido estudiados por Dill (1969) y Morgenstern (1967)

La porosidad, comprendida entre 52 y 80%, fue función directa de el índice de vacíos y del contenido de agua, con factores de correlación cercanos a la unidad. La alta porosidad de los sedimentos arcillosos pudiera estar relacionada con floculación. El carácter textural se normó esencialmente por el contenido de arcilla, seguido por el del limo. El diámetro promedio gráfico del conjunto de partículas en la masa sedimentaria fue función directa de la arcilla (Fig. 19), con factor de correlación igual a 0.90, e inversa del contenido de arena y limo, con  $r^2$  igual a -0.75 para el último.

El medio del que se colectaron los materiales fue oxidante, excepto la muestra 67, obtenida a 167 m de profundidad cerca del Cañón Eréndira, que correspondió con uno ligeramente reductor (Tabla 15), con formación de pequeños nódulos de pirita cubriendo testas de foraminíferos, partículas arcillosas compactas o fragmentos de madera.

Las arcillas limosas, consideradas como limos de grano muy fino o arcillas de grano muy grueso por la dimensión del diámetro promedio gráfico,  $Mz: 8.17 \phi$ , fueron menos abundantes que los sedimentos anteriores y se les tuvo en las zonas deltáicas profundas de la

plataforma y porción superior del talud continental. Caracterizaron a las facies deltáicas frontal y dorsal del prodelta, en el talud continental de la subprovincia occidental y en la plataforma y talud continental de las subprovincias cuarta y quinta.

La tendencia del diámetro promedio gráfico a disminuir hacia el SW del delta,  $M_z \geq 8.0 \phi$ , fue motivada por el incremento de arcilla y dilución del porcentaje de limo; ocasionando el deterioro del índice de clasificación,  $\sigma_1 > 8.4 \phi$ .

En estos sedimentos, la unimodalidad de las distribuciones de frecuencia del contenido de arena y de arcilla (Fig. 21 a), fue adquirida durante el depósito, después de los procesos de selección habidos en el transporte. Correspondieron con dos poblaciones bien definidas, que al sedimentarse retuvieron sus características texturales individuales.

La distribución de frecuencia del limo, bimodal, reflejó al menos dos fuentes de procedencia de este componente; ambas terrígenas y aportadas por vía fluvial. Los sedimentos depositados a mayor profundidad y lejanía de la fuente de aporte retuvieron menor cantidad de partículas limosas de grano grueso (muestras 94, 107 y 108), a diferencia de aquellos materiales limosos de grano grueso, dispuestos en las cercanías del litoral y en especial del estero Playa Azul (muestra 76) (Fig. 6, Tabla 2).

La mala clasificación de este grupo textural en su conjunto,  $\sigma_1$ :  $2.03 \phi$  (Cuadro 6), se motivó por la diversidad de ambientes de depósito: de litoral (muestra 76); plataforma somera y borde superior del talud continental (muestras 50, 91, 92); porciones media del talud (muestras 10, 13, 20, 31, 41, 93, 107) e inferior (muestras 29, 80, 94, 108, 109).

Los resultados obtenidos del análisis de los sedimentos arcillo limosos reflejaron su franca disposición a la licuefacción, con valores de  $C_{Lc}$  comprendidos entre 2.64 y 2.94, excepto en la muestra 76 en la que fue ligeramente inferior al crítico (Tabla 7). La porosidad, la humedad natural y el grado de saturación fueron ligeramente inferiores a los obtenidos para el grupo anterior.

Los materiales subsuperficiales definieron secuencias lodosas características, en su mayoría, de los medios sedimentarios de depósito de baja energía, alejados de la fuente de aporte; otras, las menos, lo fueron de ambientes más energéticos. En las figuras 92 a 98 se han ilustrado, mediante diagramas y fotografías, las más distintivas, de acuerdo a: 1) el grado de homogeneidad de los materiales y su relación con la magnitud de los parámetros texturales y geotécnicos; y 2) su posición en los rasgos geomórficos del delta submarino.

Por su textura, fueron individualizadas las siguientes secuencias sedimentarias:

A. Muy homogéneas, formadas por sedimentos limos arcillosos, con diámetro promedio gráfico equivalente al de los limos de grano fino y muy fino, muy mal clasificados ( $\sigma_n > 2.0 \phi$ ), con franco predominio de partículas de grano fino ( $Sk_i > 0$ ) y mesocúrticas principalmente ( $0.45 < K'_c < 0.55$ ).

Fueron escasas y se les identificó preferentemente en los núcleos 62, 65 y 97 obtenidos en el talud continental; los dos primeros hacia el SE del Cañón Burras a 350 m de profundidad y el tercero al W del Cañón Calabazas, 211 m de profundidad (Figs. 7, 8).

En estos materiales el valor medio aritmético para las relaciones de masa/densidad, fueron los siguientes:  $r$ : 1.520 gr/cm<sup>3</sup>;  $n$ : 67%; WC: 44%;  $G_s$ : 2.72 gr/cm<sup>3</sup>; y  $\epsilon_{\dots}$ : 2.20; la distribución de frecuencia de estos parámetros fue casi siempre unimodal, leptocúrtica y estuvo bien clasificada. Los límites de consistencia mostraron rangos de variación pequeños, con valores medios aritméticos siguientes: LL: 66%; IP: 37%; y  $F_w$ : 29.

La resistencia a los esfuerzos cortante y compresivo, en el núcleo 97, varió de moderada a baja y estuvo en concordancia con los valores de la porosidad y del índice de vacíos.

B. Homogéneas, de extensa distribución lateral y vertical en la plataforma y el talud continental, estuvieron constituidas por secuencias limo arcillosos y arcillo limosas (núcleos 1, 8, 9, 10, 27, 30, 37, 39, 42, 50, 53, 54, 55, 71, 72, 80, 81, 92, 95, 96, 107), con algunas intercalaciones delgadas de limo (núcleo 108), arcilla (núcleos 2, 82) y ocasionalmente de sedimentos más gruesos como fueron los limos arenosos y las arenas limosas (núcleos 11, 32, 56, 61, 63, 67, 94) (Fig. 7).

En las figuras 92 a 95 se muestra la variación de las propiedades físicas de masa en los núcleos 10, 31, 55 y 108. En ellas detacó el comportamiento de los parámetros establecidos en los sedimentos, con la ubicación de los sedimentos en la planicie deltáica, con la profundidad de sepultamiento y con la textura de los materiales. Lo anterior fue relevante en el comportamiento descendente de la porosidad,  $n$ , y del contenido de humedad, WC, así como del incremento en la resistencia al esfuerzo cortante,  $T_r$ , y de la cohesión,  $c$ , en las secuencias de los núcleos 2 y 108, colectados a profundidades cercanas a los 500 m (Figs. 7, 91, 95), en asociación con el aumento porcentual de limo y arcilla, respectivamente.

Los depósitos sedimentarios del talud continental, en las proximidades del Cañón Petacalco (Fig. 7, núcleo 10), consistieron en la alternancia de materiales arcillo limosos y limo arcillosos, de color gris muy oscuro (HUE 5Y-3/2), finamente laminados, sin contactos definidos.

En las figuras 96 y 99 se muestran las fotografías de algunos fragmentos selectos en las secuencias sedimentarias de los núcleos 10, 31, 54 y 55, obtenidos en el talud continental de la porción

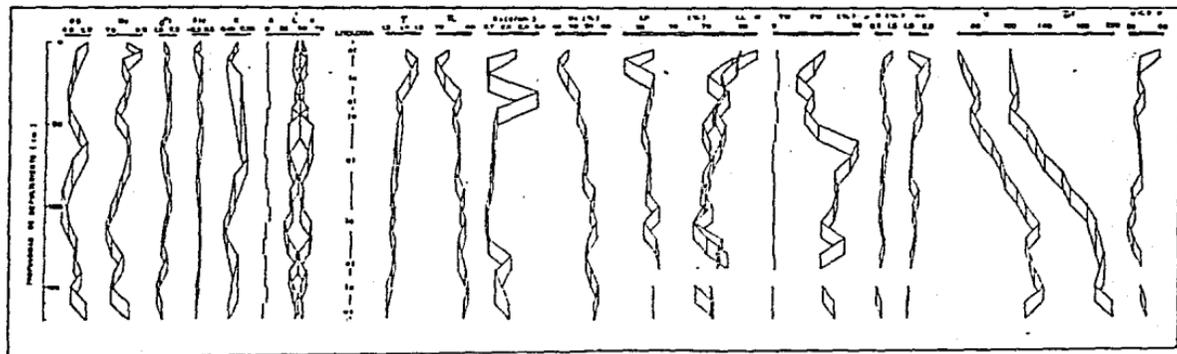


FIG 92 MODIFICACIONES TESTRALES Y GEOTECNICAS EN EL HUECO 10

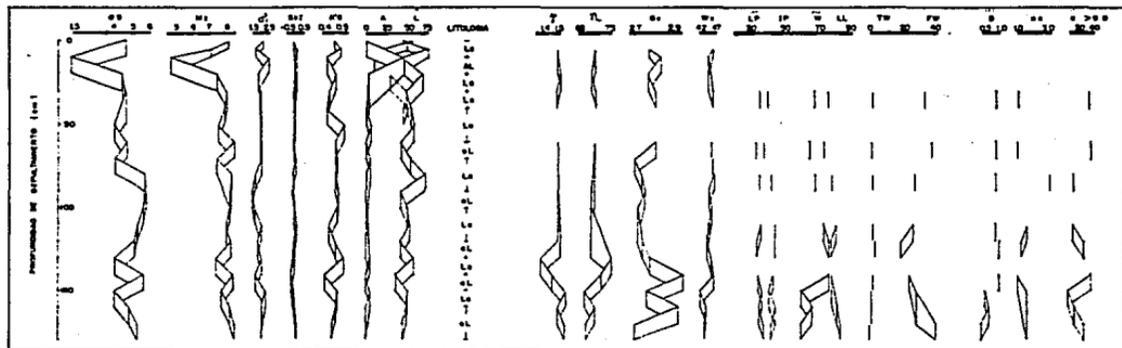


FIG. 93 MODIFICACIONES TEXTURALES Y REDUCTIVAS EN EL NUCLEO 31

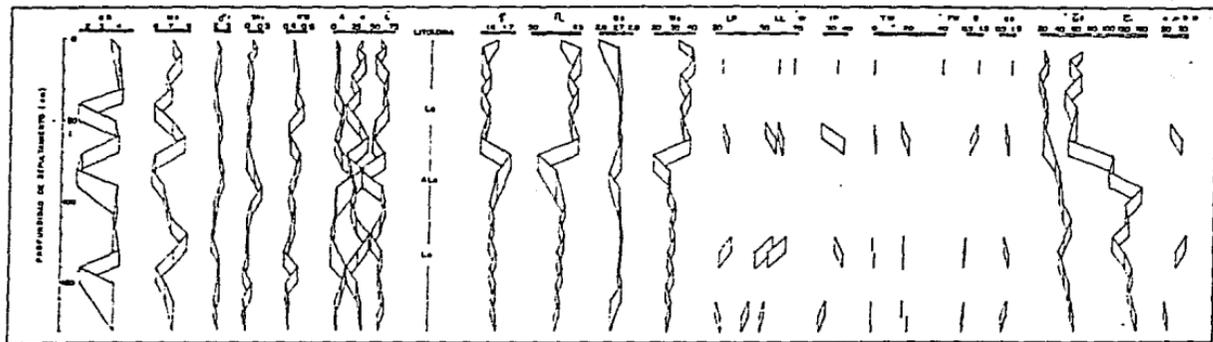


FIG. 28. MODIFICACIONES TEXTURALES Y FÍSICO-TÉCNICAS EN EL LUELO DE

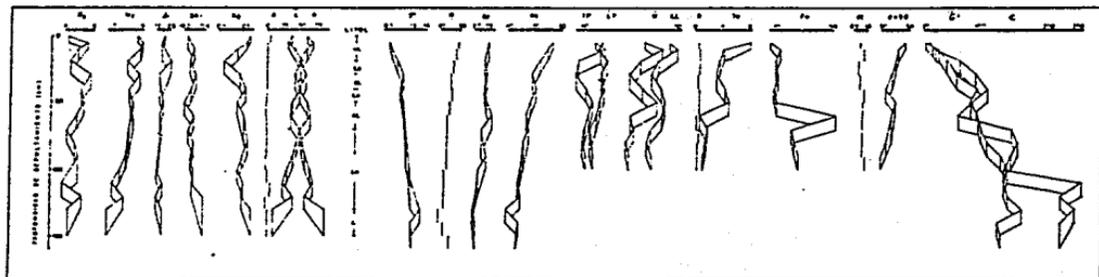


FIG. 10. MODIFICACIONES POSTURALES Y ENTORCERAS EN EL NUCLEO.

centro oriental de la planicie aluvial.

C. Heterogéneas, formadas por capas limo arcillosas y arcillo limosas interestratificadas con sedimentos limo arenosos y arenas limosas, relacionadas con los depósitos procedentes de los deslizamientos gravitacionales de masa; entre ellas se tiene a las columnas obtenidas en las estaciones 11, 61 y 67 (Fig. 7). La variedad litológica y las condiciones de depósito se reflejaron en el comportamiento de los parámetros texturales y de los índices de masa; en la figura 100 se ha ejemplificado su variación vertical en el núcleo 11.

Las propiedades geotécnicas de masa/volumen en las columnas sedimentarias fueron, en general, semejantes a las determinadas en los materiales superficiales. La densidad húmeda total estuvo comprendida en el rango 1.30 a 1.78 gr/cm<sup>3</sup>; la porosidad osciló entre 51 y 81%; la densidad específica de sólidos fluctuó desde 2.50 hasta 3.00 gr/cm<sup>3</sup>; el peso húmedo total varió de 26 a 60%; y el índice de vacíos fue de 1.00 a 4.30 por lo que los sedimentos estuvieron sujetos a ceder por tixotropía o licuefacción instantánea, a excepción de algunos limos arcillosos dispuestos a 200 y 166 m de profundidad en el Cañón Burras.

**NUCLEO 10**

Intervalo 140-160 cm  
 latitud 17° 51.6'N  
 longitud 102° 00.3'W  
 profundidad 320 m

PROPIEDADES INDICE DE MASA

Sub-intervalo: 140-150 cm

litología: limo arcilloso

$M_z$  : 7.53  $\phi$  (5.22 micras), limo de grano muy fino

$\sigma_z$  : 1.75  $\phi$  (300 micras), mal clasificado

$Sk_z$  : 0.12 asimétrico hacia los granos finos

$K'_o$  : 0.50, mesocúrtico

arena : 1%

grupo textural : V

$\tau$  : 1.347 gr/cm<sup>3</sup>

n : 78%

WC : 57%

$G_s$  : 2.76 gr/cm<sup>3</sup>

$\epsilon_{sat}$  : 3.61

$T_f$  : 210 gr/cm<sup>2</sup>

$P_c$  : 260 gr/cm<sup>2</sup>

Sub-intervalo: 150-160 cm:

litología: limo arcilloso

$M_z$  : 7.41  $\phi$  (5.88 micras), limo de grano muy fino

$\sigma_z$  : 1.61  $\phi$  (327 micras), mal clasificado

$Sk_z$  : 0.06, casi simétrico

$K'_o$  : 0.50, mesocúrtico

arena : 3%

grupo textural : V

$\tau$  : 1.323 gr/cm<sup>3</sup>

n : 80%

WC : 59%

$G_s$  : 2.76 gr/cm<sup>3</sup>

$\epsilon_{sat}$  : 3.95

LL : 74%

IP : 34%

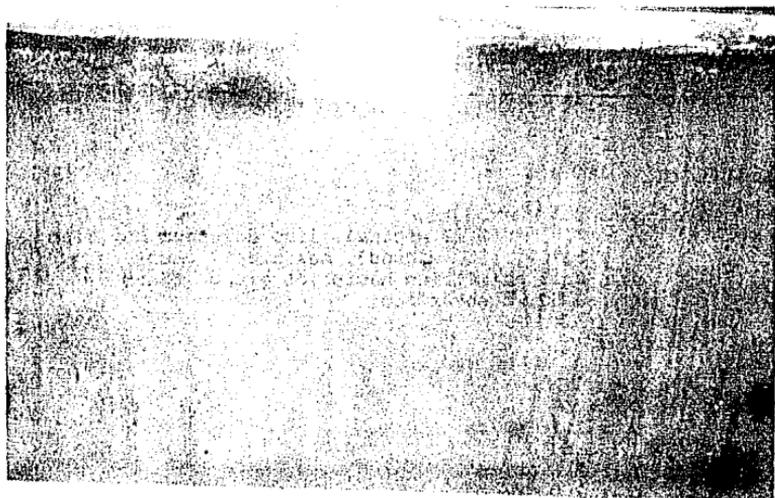
$F_v$  : 31%

$a_c$  : 1.0 arcilla normal

arcilla : 36%

NUCLEO 10

Intervalo 140 - 160 cm



155-150 cm:

Sedimentos limo arcillosos, con estratificación paralela formada por láminas delgadas y muy delgadas con espesor de 2 mm a 1.0 cm, constituyendo capas levemente inclinadas por efecto del muestreo; la estructura se modifica gradualmente hacia arriba dando lugar a láminas onduladas de 3 a 4 mm de espesor. La coloración de la secuencia varió de gris olivo oscuro (HUE 5Y-3/2) a gris olivo (HUE 5Y-5/2).

150-140 cm:

Sedimentos limo arcillosos, con estratificación irregular y ondulada formada por láminas delgadas de 2 mm a 1.0 cm de espesor, con lentes arcillosos de color gris claro (HUE 5Y-7/1) a gris olivo claro (HUE 5Y-6/2). Comprendió pequeñas inclusiones de aproximadamente 2 mm de diámetro, de materia orgánica de color negro (HUE 2.5 YR-2.5/0). Hacia la porción superior de la secuencia se aprecian signos de deslizamiento, discordancias angulares y micro fracturas.

Figura 96. Fotografía del núcleo 10

## N U C L E O 31

Intervalo 0-20 cm  
 latitud 17° 50.8'N  
 longitud 102° 09.4'W  
 profundidad 360 m

PROPIEDADES INDICE DE MASASub-intervalo: 0-3 cm

litología: arcilla limosa  
 $M_z$ : 8.10  $\phi$  (3.64 micras), limo de grano muy fino  
 $\sigma_z$ : 2.10  $\phi$  (233 micras), mal clasificado  
 $SK_i$ : -0.07 casi simétrico  
 $K'_o$ : 0.47, mesocúrtico  
 arena: 3%  
 grupo textural: V  
 $\tau$ : 1.347 gr/cm<sup>3</sup>  
 n: 78%  
 WC: 57%  
 $G_s$ : 2.76 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\epsilon_{sat}$ : 3.61  
 $T_f$ : 210 gr/cm<sup>2</sup>  
 $P_c$ : 260 gr/cm<sup>2</sup>

Sub-intervalo: 3-10 cm

litología: limo arcilloso  
 $M_z$ : 7.1  $\phi$  (7.29 micras), limo de grano fino  
 $\sigma_z$ : 1.7  $\phi$  (308 micras), mal clasificado  
 $SK_i$ : 0.10, casi simétrico  
 $K'_o$ : 0.51, mesocúrtico  
 arena: 2%  
 $\tau$ : 1.476 gr/cm<sup>3</sup>  
 n: 70%  
 WC: 46%  
 $G_s$ : 2.76 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\epsilon_{sat}$ : 2.36  
 $T_f$ : 60 gr/cm<sup>2</sup>  
 $P_c$ : 50 gr/cm<sup>2</sup>

Sub-intervalo: 10-20 cm

litología: arena limosa  
 $M_z$ : 4.7  $\phi$  (38.5 micras), limo de grano grueso  
 $\sigma_z$ : 2.4  $\phi$  (189 micras), muy mal clasificado  
 $SK_i$ : 0.14, asimétrico hacia los granos finos  
 $K'_o$ : 0.43, platicúrtico  
 arena: 46%  
 $\tau$ : 1.487 gr/cm<sup>3</sup>  
 n: 70%  
 WC: 40%  
 $G_s$ : 2.83 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\epsilon_{sat}$ : 2.28  
 $T_f$ : 60 gr/cm<sup>2</sup>  
 $P_c$ : 40 gr/cm<sup>2</sup>

NUCLEO 31

Intervalo 0 - 20 cm



Sedimentos arcillo limosos superficiales (0 a 3), que variaron hacia los limos arcillosos (3 a 10) y a los arenos limosos (10 a 20). Sin estructura definida, muy porosos, saturados de agua, con casi nula resistencia a los esfuerzos cortante o compresivo y elevado índice de vacíos. Color de la secuencia sedimentaria: gris obscuro (HUE 5Y-4/1)

Figura 97. Fotografía del núcleo 31

## N U C L E O 54

Intervalo 50-70 cm  
 latitud 17° 51.3'N  
 longitud 102° 14.1'W  
 profundidad 410 m

PROPIEDADES INDICE DE MASASub-intervalo: 50-60 cm

litología: arcilla limosa

 $M_z$  : 7.40  $\phi$  (5.92 micras), limo de grano muy fino $\sigma_1$  : 2.90  $\phi$  (134 micras), muy mal clasificado $Sk_1$  : -0.06 casi simétrico $K'_0$  : 0.46, platicúrtico

arena : 14%

grupo textural : V

 $\tau$  : 1.580 gr/cm<sup>3</sup>

n : 64%

WC : 39%

 $G_s$  : 2.74 gr/cm<sup>3</sup> $\epsilon_{sat}$  : 1.76

LL : 59%

IP : 28%

 $F_v$  : 21% $a_c$  : 0.4, arcilla ligeramente activa

arcilla : 29%

 $T_r$  : 30 gr/cm<sup>3</sup> $P_c$  : 200 gr/cm<sup>3</sup>Sub-intervalo: 60-70 cm

litología: limo arcilloso

 $M_z$  : 6.93  $\phi$  (8.20 micras), limo de grano fino $\sigma_1$  : 2.62  $\phi$  (162 micras), muy mal clasificado $Sk_1$  : 0.10, casi simétrico $K'_0$  : 0.49, mesocúrtico

arena : 14%

 $\tau$  : 1.612 gr/cm<sup>3</sup>

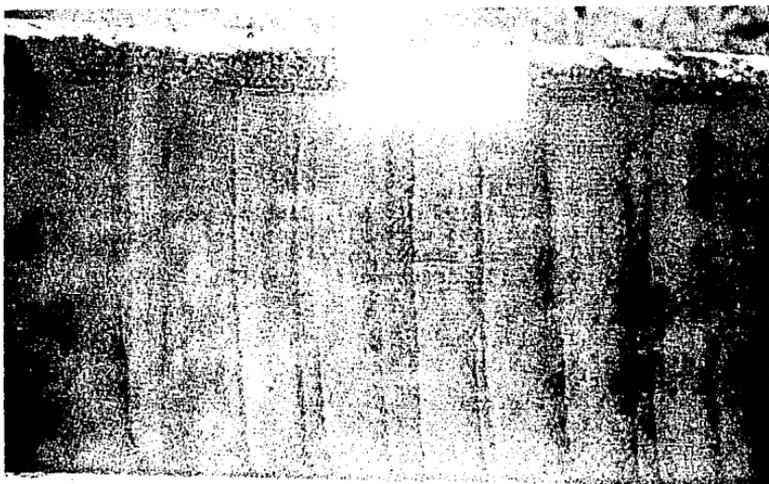
n : 62%

WC : 37%

 $G_s$  : 2.74 gr/cm<sup>3</sup> $\epsilon_{sat}$  : 1.61 $T_r$  : 40 gr/cm<sup>3</sup> $P_c$  : 280 gr/cm<sup>3</sup>

NUCLEO 54

Intervalo 50-70 cm



Secuencia sedimentaria turbidítica limo arcillosa que contiene dos tipos de estructuras que se modifican en distancias verticales muy cortas; el contacto entre ellas está bien diferenciado por la litología y la coloración.

La primera estructura, está formada por capas paralelas y delgadas (espesor: 0.5 a 1.5 cm), de sedimentos limo arcillosos, de color gris olivo (HUE 5Y-4/1), con horizontes delgados de sedimentos de igual litología, oxidados (color rojo oscuro: HUE 10R-3/6), en el cuerpo de las capas.

La segunda estructura se dispone hacia la base de cada una de las capas anteriores, está constituida por láminas limo arcillosas delgadas con espesor de 2 mm, caracterizadas por el incremento en el contenido de arena y por su coloración gris olivo oscura (HUE 5Y-3/2).

La secuencia está ligeramente deformada por efecto del muestreo.

Figura 98. Fotografía del núcleo 54

## N U C L E O 55

Intervalo 110-130 cm  
 latitud 17° 53.5'N  
 longitud 102° 14.0'W  
 profundidad 200 m

## PROPIEDADES INDICE DE MASA

Sub-intervalo: 110-120 cm

litología: limo arcilloso

 $M_z$  : 7.15  $\phi$  (7.04 micras), limo de grano muy fino $\sigma_1$  : 2.23  $\phi$  (213 micras), muy mal clasificado $Sk_1$  : 0.08 casi simétrico $K'_g$  : 0.50, mesocúrtico

arena : 7%

grupo textural : V

 $\tau$  : 1.643 gr/cm<sup>3</sup>

n : 60%

WC : 35%

 $G_s$  : 2.75 gr/cm<sup>3</sup> $\epsilon_{sat}$  : 1.49 $T_f$  : 60 gr/cm<sup>2</sup> $p_c$  : 260 gr/cm<sup>2</sup>Sub-intervalo: 120-130 cm

litología: limo arcilloso

 $M_z$  : 8.10  $\phi$  (3.64 micras), limo de grano muy fino $\sigma_1$  : 2.13  $\phi$  (228 micras), muy mal clasificado $Sk_1$  : 0.07, casi simétrico $K'_g$  : 0.45, platicúrtico

arena : 2%

 $\tau$  : 1.622 gr/cm<sup>3</sup>

n : 61%

WC : 36%

 $G_s$  : 2.76 gr/cm<sup>3</sup> $\epsilon_{sat}$  : 1.57

LL : 65%

IP : 34%

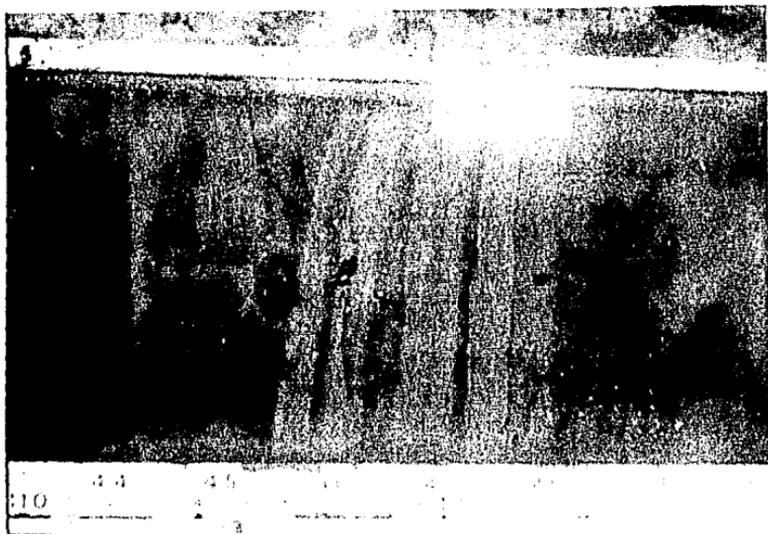
 $F_v$  : 19.6 $a_c$  : 1.0, arcilla con actividad normal

arcilla : 35%

 $T_f$  : 52 gr/cm<sup>2</sup> $p_c$  : 220 gr/cm<sup>2</sup>

NUCLEO 55

Intervalo 110-130 cm



Estructura sedimentaria primaria, constituida por series de laminaciones paralelas delgadas (espesor de cada lámina: menor de 2 mm) que en conjunto forman capas irregulares y onduladas de más de 1.0 cm de espesor; el contacto entre las capas se diferencia por las variaciones en la coloración del sedimento que osciló del gris muy oscuro (HUE 2.5Y-3/0) al gris olivo (HUE 5Y-4/2), y por la materia orgánica contenida, fragmentos de madera (mangle ?), que variaron en tamaño desde finamente divididos hasta mayores de 1.0 cm (inclusiones a 117, 122 y 125 cm de profundidad de sepultamiento).

Las cuatro secuencias sedimentarias que se muestran en la figura, son horizontales, a excepción de la dispuesta en el intervalo 115-120 cm, la cual está formada por capas inclinadas que modifican su espesor y tienden a acuñarse debido, probablemente, a deslizamiento gravitacional.

Figura 99. Fotografía del núcleo 55

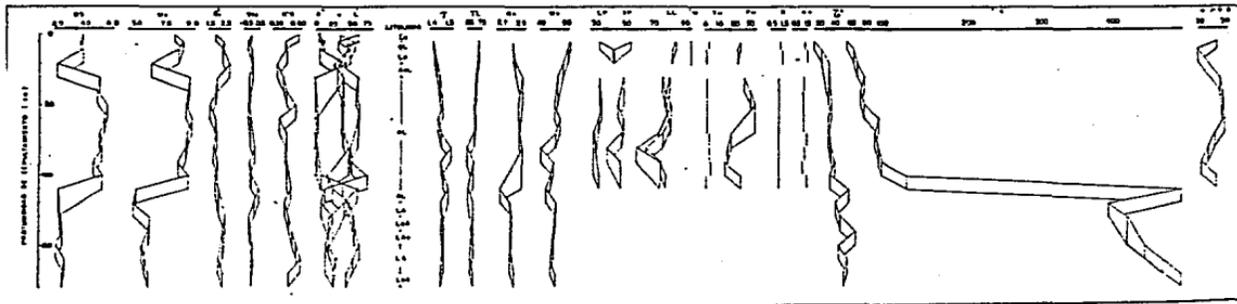


FIG. 100 MODIFICACIONES TRANSVERSALES Y RESISTENCIAS EN EL MECLEO II

### AGRADECIMIENTOS

El autor desea hacer patente su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Dr. A. Ayala-Castañares, Director de Tesis, Investigador y ex-Director del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, por la confianza por él depositada en mi persona a partir de mi ingreso a la vida académica, facilitándome la elaboración exitosa de las tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado.

Dr. J. Thacher-Samarel, ex Director de Proyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico proporcionado al Proyecto de Investigación titulado "Evolución Geomórfica del Delta del Río Balsas, Michoacán, México".

Dres. J.E. Aguayo-Camargo, I. Emilsson, M.L. Machain-Castillo y A. Molina-Cruz, Investigadores del ICMyl y Profesores del CCH; M.A. Ortiz-Pérez, Investigador del Instituto de Geografía y Profesor en las Facultades de Ingeniería y Filosofía; L.R. Segura-Vernis y R. Cruz-Orozco, Investigadores y Profesores de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por la revisión crítica del manuscrito y atinadas sugerencias.

Dres. J. Carranza-Fraser y V. Arenas-Fuentes y Biol. Y. Hornelas, Director y Secretarios Académico y Técnico, respectivamente, del ICMyl, por el apoyo proporcionado para dar cima a esta tesis.

Ings. Geólogos A. Galaviz-Solis y A. Castro del Río, por su valiosa colaboración durante los trabajos de mar, laboratorio y gabinete.

Dr. D. Salas-de León y M. en C. R. Gfo-Argaez, Coordinador y ex-Coordinador, respectivamente, del Proyecto Académico Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar", de la UACPyP, CCH; A. Contreras-Barreda y C. Fuentes-Yaco, Secretarios de esa Coordinación, por su inapreciable buena disposición y voluntad.

Ing. R. del Arenal-Capetillo, Quím. J. Arreguin-Espinoza, CP. D. Hernández-Aguilera, Sr. Rodolfo Malpica-Barraza, Dr. V.M. Malpica-Cruz, CP. R. Medina-Jacobo y A. Ramírez-Manjarrez, Dr. F. Rodríguez-Romero, M. en C. J.L. Rojas-Galaviz y M. en C. E. Zarur-Torres, por el apoyo otorgado.

Dr. F. Paez-Osuna y M. en C. I. Osuna-López por permitir el uso de parte de su información; Ings. R. López-Aviléz, Ing. A. Fernández-Eguarte e I. Perrusquía-del Cueto, Fis. T. Arizpe-Urbe y E. Saenz-García, M. en C. Y. Montañón-Ley, A. Toledano-Granados, A. Nuñez-Pastén y J. Aldeco-Ramírez, por su participación en los trabajos de mar. Ings. M. Sayas-Esquer y C. Green, de la UABC, por su colaboración en el laboratorio.

A los miembros de la Tripulación del Buque Oceanográfico "El Puma", por su colaboración durante la campaña GEOBAL-1

Al Gobierno del Estado de Guerrero por las facilidades otorgadas para la realización del reconocimiento aéreo.

A todos los compañeros, investigadores, técnicos académicos, alumnos de licenciatura y de posgrado, y al personal administrativo, que de una u otra forma colaboraron en esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- ALMAGOR, G. y Z. GARFUNKEL, 1979. Submarine slumping in Continental Margin of Israel and Northern Sinai. Amer. Assoc. Petr. Geol., 63 (3): 324-340
- ALVAREZ, Jr., M., 1962. Provincias fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mex., 24 (2): 1-20
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, 1958. 1958 Book of ASTM standards including tentatives, (4): 1-426, Philadelphia, Pa.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, 1963. Grain size analysis of soils, D422-63: 203-214. In: 1967 Book of ASTM Standards, Pt. 11, Philadelphia.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 1961. Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils. New York. 1164 p.
- ANDERSON, H., J. CONTRERAS, J. HARMES, L. BALMACEA y D. WEATHERS, 1985. Disaster in Mexico. Newsweek (39): 6-11. Septiembre, 1985.
- AYALA-CASTAÑARES, A. y M. GUTIERREZ-ESTRADA, M., 1990. Morfología y Sedimentos Superficiales de la Plataforma Continental frente a Tabasco y Campeche, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. (en prensa).
- BALDWIN, K. C., 1985. An Analysis of 3.5 kHz Acoustic Reflections and Sediments Physical Properties. Ocean. Engng., 12(6): 475-492.
- BASS-BECKING, L.G.M., I.R. KAPLAN y D. MOORE, 1964. Limits of the Natural Environment in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potentials. Jour. Geol., 68: 243-284.
- BEARD, D.C. y P.K. WEYL, 1973. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 57: 349-369.
- BECK, J.L. y J.F. HALL, 1986. Engineering Features of the Recent Mexican Earthquake. Engng. Sci., 49 (3): 2-10.
- BENNETT, R.H. y D.N. LAMBERT, 1971. Rapid and reliable technique for determining unit weight and porosity of deep-sea sediments. Mar. Geol., 11: 201-207.
- BENNETT, R.H. y G.H. KELLER y R. F. BUSBY, 1970. Mass property variability in three closely spaced deep-sea sediment cores. Jour. Sediment. Petrol., (40): 1038-1043

- BLATT, H., G. MIDDLETON y R. MURRAY, 1980. Origin of Sedimentary Rocks. Second Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey. 782 p.
- BOOTH, J.S., 1979. Recent history of mass-wasting on the upper continental slope, northern Gulf of Mexico, as interpreted from the consolidation states of the sediment. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub., 27: 153-164.
- BOUCART, J., 1950. Le socle continental de Toulon a la Frontiere Espagnole. Conf. Centre Recherches et Etudes Oceanogr., (3): 1-10.
- BOURDOSKY, O.K., 1965. Sources of Organic Matter in Marine Basins. Mar. Geol., 3 (1-2): 5-31.
- BOUMA, A.H., W.R. NORMARK y N.E. BARNES, 1985. Submarine fans and related turbidite systems. Spring-Verlag, New York. 350 p.
- BOYCE, R.E., 1973. Physical properties methods. In: EDGAR, N.T., J.B. Saunders, et al., Init. Rpts. DSDP 15: Washington (U.S. Govt. Printing Office): 1115-1128.
- BRAND, D.D., 1958. Coastal study of southwest Mexico. Part 2. Dep. Geograph., Univ. Texas, Austin, Texas. 279 p.
- BROTHERHOOD, G.R. y J.C. GRIFFITHS, 1947. Mathematical derivation of the unique frequency curve. Jour. Sedim. Petrol., 17: 77-82
- BRYANT, W.R., R.H. BENNETT y C. KATHERMAN, 1981. Shear strength, consolidation, porosity and permeability of oceanic sediments. In: EMILIANI, C. (Ed). The Sea, 7: 1555-1616. John Wiley and Sons, New York.
- CARRANZA-EDWARDS, A., M. GUTIERREZ-ESTRADA y R. RODRIGUEZ-TORRES, 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 2 (1): 81-83.
- CASAGRANDE, A., 1932. Research on the Atterberg limits of soils. Public Roads, 13: 121-130.
- CASAGRANDE, A., 1948. Classification and Identification of soils. Am. Soc. Civil Engng. Trans., 113: 901-931.
- CERVANTES, M. y F. MONROY, 1987. Características sedimentológicas y evolución morfológica submarina del delta del Río Balsas, Michoacán y Guerrero, México. Univ. Nal. Autón. México. Fac. Ing. Tesis profesional, (inédita). 118 p.
- COLEMAN, J.M., 1976. Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration. Continuing Education Publ., Champaign, 11. 102p.

- COLEMAN, J.M., 1982. Delta processes of deposition and models for exploration. I HRDC, Boston, Mass. 124 p.
- CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1965. Geología Regional y Yacimientos Minerales de la porción sur del Estado de Michoacán y Suroeste del Estado de Guerrero. Consejo de Recursos Naturales No Renovables, México, Informe Interno (inédito). 50 p.
- CORONA, E., F. ORTEGA, J. MARTINEZ y E. CENTENO, 1986. Levantamiento tectónico de una porción de la costa de Michoacán, relacionado con los sismos de septiembre, 1985. VIII Conv. Geol. Nal. México. Resúmenes.
- CURRAY, J.R., 1960. Tracing sediment masses by grain-size modes. Inter. Geol. Congr. Rpt. 21 th. Sess. Copenhagen, 1960: 119-130.
- DALY, R.A., 1936. Origin of Submarine canyons. Amer. Jour. Sci., 31 (186): 401-420.
- DANA, J.D., 1890. Long Island Sound in the Quaternary era, with observation on the submarine Hudson River Channel. Amer. Jour. Sci., (3): 425-437.
- DAILLY, G.C., 1976. A possible mechanism relating progradation, growth faulting, clay diapirism and overthrusting in a regressive sequence of sediments. Bull. Can. Petrol. Geol., (24): 92-116.
- DAVIDSON, G., 1887. Submarine valley on the Pacific Coast of the United States. Calif. Acad. Sci. Bull., (2): 265-268
- DAVIS, W.M., 1934. Submarine mock valleys. Geog. Rev., (24): 297-308.
- DAVIS, R.A., 1978. Beach and Nearshore Zone. In: DAVIS, R.A., Jr (Ed). Coastal Sedimentary Environments, 5: 237-286.
- DILL, R.F., 1969. Earthquake effects on fill of Scripps Submarine Canyon. Geol. Soc. Amer. Bull., 80: 321-328.
- DILLON, W.P. y H.B. ZIMMERMAN, 1970. Erosion by biological activity in two New England submarine canyons. Jour. Sediment. Petrol., 40 (2): 542-547.
- DINGLE, R.V. y S. ROBSON, 1985. Slumps, canyons and related features on the continental margin off east London, SE Africa (SW Indian Ocean). Mar. Geol., 57 (1-2): 37-55.
- DURHAM, J.W., S.P. APPLGATE y L. ESPINOSA-ARRUBARRENA, 1981. On shore marine Cenozoic along southwest Pacific coast of Mexico. Bull. Geol. Soc. Amer., 92 (1): 384-394.

- EMERY, K.O., 1938. Rapid Method of Mechanical Analysis of Sands. Jour. Sediment. Petrol., 7(3): 105-111.
- ENCICLOPEDIA DE MEXICO, 1978. Enciclopedia de Mexico, Tomo II. Impresora y Editora Mexicana. Mexico, D.F. 1211 p.
- FAAS, R.W., 1982. Gravitational compactation patterns determined from sediment cores recovered during the Deep Sea Drilling Project, Leg 67 Guatemala Transect: Continental Slope, Middle American Trench and Cocos Plate. In: AUBOIN, J., R. von HEUNE, et al., Init. Repts. DSDP. 67: Washington (U.S. Govt. Printing Office): 614-638.
- FERENTINOS, G., M.B. COLLINS, C.B. PATTIARATCHI y P.G. TAYLOR, 1985. Mechanisms of sediment transport and dispersion in a tectonically active submarine valley/canyon system: Zakynthos straits, NW Hellenic Trench. Mar. Geol., 65 (3-4): 243-271.
- FERNANDEZ, E.A. y J.C. SANCHEZ, 1989. Planta termoeléctrica aprovechando el gradiente térmico del océano. I Congr. Intern. Ing. Marit. Port. Mem. Tec., Tomo I. Asoc. Mexicana Ing. Port., A.C., México, D.F., 17-20 octubre, 1989.
- FISK, H.N. y McCLELLAND, 1959. Geology of continental shelf off Louisiana: its influence on offshore foundation design. Geol. Soc. Amer. Bull., 70: 1369-1394.
- FISHER, W.L., L.F. BROWN, Jr., A.J. SCOTT y J.H. McGOWEN, 1969. Delta Systems in the Exploration for Oil and Gas. Texas Bur. Econ. Geol. Austin, Texas. 78 p.
- FLEMMING, B.W., 1981. Factors controlling shelf sediments dispersal along the southeast African continental margin. Mar. Geol., 42: 259-277
- FOLK, R.L., 1955. Student Operator Error in Determination of Roundness, Sphericity and Grain Size. Jour. Sedim. Petrol., 25: 297-301.
- FOLK, R.L., 1962. Sorting in some carbonate beaches of Mexico. Trans. New York Acad. Sci., Series II, 25: 222-244.
- FOLK, R.L., 1965. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, Texas. Hemphill's. 159 p.
- FOLK, R.L., 1966. A review of grain-size parameters. Sedimentology, 6: 73-93.
- FOLK, R.L., 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, Texas. Hemphill's. 170 p.
- FOLK, R.L., 1969. Petrología de las Rocas Sedimentarias. Inst. Geol. Univ. Nac. Auton. Mexico. 405 p.

- FOLK, R.L. y W.C. WARD, 1957. Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sediment. Petrol., 27: 3-26.
- FRIES, C., 1956. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. Univ. Nal. Auton. México. Inst. Geol. Bol. 60: 1-236.
- FRIHY, O.E. y D.J. STANLEY, 1987. Quartz Grain Surface Textures and Depositional Interpretations, Nile Delta Region, Egypt. Mar. Geol., 77 (3-4): 247-255.
- GALAVIZ-SOLIS, A. y M. GUTIERREZ-ESTRADA, M., 1989. Geomorfología del Delta del Río Balsas y su relación con el puerto Lázaro Cárdenas, Michoacán, México. I Congr. Intern. Ing. Marit. Port., Mem. Téc., Tomo II. Asoc. Mexicana Ing. Port., A.C., 17-20, octubre, 1989, México, D.F.
- GALEHOUSE, J.S., 1971. Sedimentation Analysis. In: Carver, R.E. (Ed.). Procedures in Sedimentary Petrology, (4): 69-94
- GLOSSOP, R. y A.W. SKEMPTON, 1945. Particle-size in silts and sands. Inst. Civil Engng. Jour. Paper 5492, 2 (46): 81-105 London.
- GRAHAM, E.R., 1955. Rapid determination of quartz, potash minerals and plagioclase feldspar. Chemist. Analyst., 44 (2): 37-38.
- GUERRA-PENA, F., 1966. Foto-interpretación del Delta del Río Balsas, México. Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, France. Mapas.
- GUTIERREZ-ESTRADA, M., 1969. Geología Marina del Delta del Río Balsas, Michoacán, México. Univ. Nal. Auton. México. Fac. Ing., Tesis Profesional (inédita).
- GUTIERREZ-ESTRADA, M., 1971. Fisiografía y Sedimentología del Delta del Río Balsas, Michoacán, México. Univ. Nal. Auton. México. Inst. Geol. Bol. 93: 1-58.
- GUTIERREZ-ESTRADA, M., 1972. Clasificación preliminar de las costas mexicanas, consideradas como bordes continentales. Unión Geofísica Mexicana, Reunión Anual, 1972. México, D.F.
- GUTIERREZ-ESTRADA, M. y M. SALISBURY, 1983. Physical properties of sediments from the mouth of the Gulf of California. Leg 65 Deep Sea Project. In: Lewis, B.T.R., P. Robinson et al. Init. Repts. DSDP, 65: Washington (U.S. Govt. Printing Office): 675-684.

- GUTIERREZ-ESTRADA, M. y A. GALAVIZ-SOLIS, 1989. Textura y Porosidad de los sedimentos oceánicos frente al puerto Lázaro Cárdenas, Michoacán, México. I Congr. Intern. Ing. Marít. Port. Mem. Téc. Tomo II. Asoc. Mexicana Ing. Port., A.C., 17-20 octubre. México, D.F.
- GUTIERREZ-ESTRADA, M., M. SALISBURY y A. CASTRO-DEL RIO, 1983. Atterberg limits of sediments from the mouth of the Gulf of California, Deep Sea Drilling Project, Leg 65. In: Lewis, B.T.R., P. Robinson et al. Init. Repts. DSDP, 65: Washington (U.S. Govt. Printing Office): 685-691.
- GUTIERREZ-ESTRADA, M., A. GALAVIZ-SOLIS Y A. CASTRO-DEL RIO, 1988. Variación de la textura, densidad, porosidad y otras propiedades físicas de los sedimentos del talud continental al S de la Península de Baja California, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México, 15 (2): 9-22.
- HAMILTON, E.L., 1969. Sound velocity, elasticity and related properties of marine sediments, North Pacific III. Predictions of in situ properties. Naval Undersea Res., Develop Center NVCTP: 145 p. Tech. Rep.
- HAMILTON, E.L. y H.W. MENARD, 1956. Density and Porosity of seafloor surface sediments off San Diego. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 40 (4): 754-761.
- HARBAUGH, J.W. y G.F. BONHAM-CARTER, 1970. Computer Simulation in Geology. John Wiley and Sons, New York. 575 p.
- HAVSKOV, J., S.K. SINGH, E. NAVA, T. DOMINGUEZ y M. RODRIGUEZ, 1983. Playa Azul, Michoacán, México, earthquake of 25 October, 1981, (Ms= 7.3). Bull. Seism. Soc. Amer., 73: 449-458.
- HERRERA, F. y M.C. ALVAREZ, 1954. Estudios hidroeléctricos y geológicos del Río Balsas, Gro., Comisión Federal de Electricidad. Informe interno (inédito). 40 p., mapas.
- HIGGINS, C.G., 1964. Post Pleistocene Shoreline Changes in Greece. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 76: 79-80.
- HSÜ, K.J., 1960. Texture and mineralogy of the Recent sands of the Gulf Coast. Jour. Sediment. Petrol. (30): 380-403.
- HUBBARD, R.J. y D.G. ROBERTS, 1985. Depositional sequence mapping as a technique to establish tectonic and stratigraphic framework and evaluate hydrocarbon potential on a passive continental margin. In: Berg, O.R. y D.G. Woolverton (Eds). Seismic Stratigraphy. Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol., (39): 79-116.

- HUSON, W.J. y A.R. FORTUIN, 1985. The Lithion Slide: A Large Submarine Slide in the South Cretan Trough, Eastern Mediterranean. Mar. Geol., 65 (1-2): 103-113.
- INGRAM, R.L., 1971. Sieve Analysis. In: Carver, R.E. (Ed). Procedures in sedimentary petrology. Willey-Intersciences. New York, (3): 49-67.
- INMAN, D.L., 1952. Measures of describing the size distribution of sediments. Jour. Sediment. Petrol., 22 (3): 125-145.
- INMAN, D.L. y F.K. CHAMBERLAIN, 1955. Particle size distribution in near-shore sediments. In: Finding Ancient Shorelines. Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Publ., (3): 106-127.
- INMAN, D.L. y C.E. NORDSTROM, 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. Jour. Geol., 79: 1-21.
- INSTITUTO DE GEOFISICA, 1988. Tablas de predicción de mareas. Serie A. Puertos del Océano Pacífico. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geof.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA, 1980. Carta D13-D19. Serie Cartográfica. Esc. 1: 50 000. México, D.F.
- IRANI, R.R. Y C.F. CALLI, 1963. Particle size: measurement, interpretation, and application. John Wiley and Sons. 165 p.
- JUAREZ-BADILLO, E. y A. RICO-RODRIGUEZ, 1975. Mecánica de Suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos I. Editorial Limusa.
- KELLER, G.H., 1967. Shear Strength and other physical properties of sediments from ocean basins. Proc. Conf. Civil Engineering in the Oceans. Amer. Soc. Civil Eng.: 391-417.
- KELLER, G.H. y R.H. BENNETT, 1970. Variations in the mass physical properties of selected submarine sediments. Mar. Geol., 2: 215-223.
- KRININE, D.P. y W.R. JUDD, 1972. Principios de Geología y Geotécnia para Ingenieros. Tercera Edición. Editorial Omega. 829 p.
- KRUMBEIN, W.C., 1932. The mechanical analysis of fine-grained sediments. Jour. Sedim. Petrol., 2: 140-149.
- KRUMBEIN, W.C., 1934. Size frequency distribution of sediments. Jour. Sedim. Petrol., 4: 65-77.
- KRUMBEIN, W.C. y F.J. PETTIJOHN, 1938. Manual of sedimentary petrography. Appleton-Century-Crafts: 549 p.

- KRUMBEIN, W.C. y L.L. SLOSS, 1963. Estratigrafía y Sedimentación. Editorial UTEHA. 778 p.
- LAMBERT, A.D.O., 1982. Relationship between diagenesis and pore fluid chemistry in Niger Delta oil-bearing sands. Jour. Petrol. Geol., (4): 287-298.
- LAMBERT, D.N., P.J. VALENT, M.D. RICHARDSON y G.F. MERRILL, 1985. Spatial variability in selected geotechnical property measurements from three sedimentary provinces in the Venezuela Basin. Mar. Geol., 68 (1-4): 107-125.
- LE COMPTE, J., 1891. Tertiary and post Tertiary changes of the Atlantic and Pacific coasts. Geol. Soc. Amer. Bull., (2): 323-328.
- LEONTIEV, O.K. y G.I. RICHAGOV, 1979. Geomorfología General. Ed. Vischaya, Moscu.
- LEWIS, B.T.R., P.T. ROBINSON, R.N. BENSON, G. BLACKINTON, P. CAMBON, R. DAY, F. DUENNEBIER, M.F.J. FLOWER, M. GUTIERREZ-ESTRADA, J.G. HATTNER, A.M. KUDO, M.A. MORRISON, C. RANGIN, M.H. SALISBURY, H.V. SCHMINCKE, R. STEPHEN Y B.P. ZOLOTAREV, 1983. Site Reports, Site Surveys, and Downhole Geophysical Experiments. Part I, Section A. In: Lewis, B.T.R., P. Robinson et al. Init. Repts. DSDP, 65: 5-20. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- LUGO-HUBP, J., 1986. Las Estructuras Mayores del Relieve Terrestre. Univ. Nal. Autón. México. Fac. Ing., 133 p.
- LUGO-HUBP, J., 1989. Diccionario Geomorfológico. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geogr. Coord. Cienc., 337 p.
- MARTIN, T., 1938. Informe relativo al levantamiento topohidrográfico de Patacalco, Gro., Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Informe técnico (inédito). México,
- MCCBRIDE, E.F., 1971. Mathematical treatment of size distribution data. In: Carver, R.F. (Ed), Procedures in Sedimentary Petrology. Willey-Interscience, New York, (6): 109-127
- MCCAMMON, R.B., 1962. Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. Jour. Geol., 70: 453-465.
- MILNE, J., 1897. Sub-oceanic changes. Jour. Geol., 10 (2): 129-146.
- MIRANDA-MARRON, M., 1914. El temblor del 7 de junio de 1911. Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, 32: 27-66.

- MONTAÑO-LEY, Y., M. GUTIERREZ-ESTRADA y J. ALDECO-RAMIREZ, 1988. Dinámica de playas del delta del Río Balsas, Michoacán, México. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 15 (en prensa).
- MOORE, D.G., 1962. Bearing strength and other physical properties of some shallow and deep-sea sediments from North Pacific. Geol. Soc. Amer. Bull., 73: 1163-1166.
- MORGENSTERN, N.R., 1967. Submarine slumping and the initiation of turbidity currents. In: Richards, A.F. (Ed). Marine geotechnique. Univ. Illinois. Press. Chicago, Ill: 189-220.
- MUNK, W.H., 1949. Surf Beats. Trans. Amer. Geophys. Union, 30: 849-854.
- MURTY, G.R.K. y M.M. MUNI, 1987. A study of some physical properties of sediments of the backwaters and the adjoining continental shelf off Cochin, India. Mar. Geol., 77 (1-2): 121-128.
- NAFE, J.E. y C.L. DRAKE, 1957. Variations with depth in shallow and deep water marine sediments of porosity, density, and the velocities of compressional and shear wave. Geophys., 22 (3): 523-552.
- NELIN, G., 1985. Modificación al método de tinción de feldespatos para su identificación (Graham, 1955). Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Informe técnico (inédito), 5 p.
- NORMARK, W.R. y J.R. CURRAY, 1968. Geology and Structure of the tip at Baja California, México. Geol. Soc. Amer. Bull., (79): 1589-1600.
- NWACHUKWU, J.L. y P.L. CHUKWURA, 1986. Organic matter of Agbada Formation, Niger Delta, Nigeria. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., (70): 48-55.
- ORTIZ-PEREZ, M.A., 1985. Fotointerpretación geomórfica del delta del Río Balsas. Mem. VIII Congr. Nac. Fotogram. Fotointerpr. Geod., 1: 203-216. Morelia, Michoacán, México.
- ORTIZ-PEREZ, M.A., 1986. Migraciones laterales de los cauces del Río Balsas, Michoacán, México. In: Gutiérrez-Estrada, M., Segundo Informe de Avance del Proyecto Evolución Morfológica y Sedimentológica del Delta Submarino del Río Balsas. Proyecto Académico UNAN/CONACYT. 64 p.
- PANTOJA-ALOR, J., 1970. Geología del Río Balsas entre Mezcala y Cd. Altamirano, Gro. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. México. Informe inédito. 50 p. Mapas.

- PERRILLAT-MONTOYA, M.C., 1987. Gasterópodos y un cefalópodo de la Formación Ferrotepéc (Mioceno Medio) de Michoacán. Paleont. Mexicana, 52: 1-58.
- PETTIJOHN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks. Harper and Brothers, New York. 526 p.
- PAEZ-OSUNA, F. 1988. Geoquímica de los metales pesados en los sedimentos del Mar de Cortés. Univ. Nal. Autón. México, Unidad Acad. Ciclos Prof. Posgrado, Colegio Cienc. Human., Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Tesis Doctoral. (inédita). 391 p.
- PIPER, D.J.W., N. KONTOPOULOS y A.G. PANAGOS, 1988. Deltaic Sedimentation in Post-Orogenic Basins, Western Greece. Sedim. Geol., 55 (3-4): 363-295.
- POSTMA, G., W. NEMEC y K.L. KLEINSPEHN, 1988. Large floating clasts in turbidites: a mechanism for their emplacement. Sedim. Geol., 58: 47-61.
- POWERS, M.C., 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. Jour. Sediment. Petrol., 23: 117-119.
- RAISZ, E., 1964. Landforms of Mexico. Geographic Branch of Office of Naval Research, Cambridge, Mass. 1 Mapa.
- REIMNITZ, E., 1968. The Río Balsas Submarine Canyons: Processes, History, and Origin. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geol. Reporte interno. (inédito). 60 p.
- REIMNITZ, E., 1971. Surf-Beat Origen for Pulsating Bottom Currents in the Río Balsas Submarine Canyon, Mexico. Geol. Soc. Amer. Bull., 82: 81-90.
- REIMNITZ, E. y M. GUTIERREZ-ESTRADA, 1970. Rapid changes in the head of the Río Balsas submarine canyon system, Mexico. Mar. Geol., 8 (3-4): 245-258.
- REIMNITZ, E., L. TOIMIL, F.P. SHEPARD y M. GUTIERREZ-ESTRADA, 1975. Possible rip current origin for bottom ripple zones to 30 meters depth. Geology, (4): 395-400.
- REVELLE, R.R. y F.P. SHEPARD, 1939. Sediments off the California coast. In: Trask, P.D. (Ed.). Recent marine sediments. Am. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma: 245-282.
- RICHARDS, A.F., 1961. Investigations of deep-sea sediment cores, 1. Shear strength, bearing capacity and consolidation. U.S. Navy Hydrographic Office. Tech. Rept., 63: 1-70.
- RICHARDS, A.F., 1962. Investigations of deep-sea sediment cores, 2. Mass physical properties. U.S. Navy Hydrographic Office. Tech. Rept., 106: 1-146.

- RICHARDS, A.F. y G.H. KELLER, 1967. Measurements of shear strenght, bulk density and pore pressure in Recent marine sediments by in situ probes: results of 1967 shallow water tests. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 52: 547 (abstract).
- ROMINGER, J.F. y P.C. Rutledge, 1952. Use of soil mechanics data in correlation and interpretation of Lake Agassiz sediments. Jour. Geol., 60: 160-180
- SANCHEZ, J.C. y A. LARA, 1989. Método para predicción de la línea de costa en el delta de un río. I Congr. Intern. Ing. Marít. Port., Tomo I. Asoc. Mexicana Ing. Port., A.C., 17-20. octubre, 1989. México, D.F.
- SCRUTON, P.C., 1960. Delta Building and the deltaic sequence. In: Shepard, F.P., F. B Phleger, T. H. van Andel (Eds.). Recent Sediments of the Northwest Gulf of Mexico. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Tulsa, Oklahoma: 82-107.
- SECRETARIA DE MARINA, 1954. Memoria de los estudios de la zona de El Pichi, Michoacán. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (3): 1-20. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1963. Iniciación de estudios físicos en la zona del bajo Río Balsas, realizados en el año 1962. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (3): 1-14. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1964a. Estudio hidráulico teórico preliminar del canal de navegación del Bajo Río Balsas. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (7): 1-98. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1964b. Memoria descriptiva de la campaña de mediciones en el Bajo Río Balsas desarrollada en el año de 1963. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (15): 1-46. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1965a. Estudio en modelo reducido del Río Balsas. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (10): 1-47. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1965b. Estudios de campo realizados en el Bajo Río Balsas durante el año 1964. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem., (22): 1-92. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE MARINA, 1965c. Sondeos geológicos en el Bajo Río Balsas, Memoria Descriptiva de los trabajos realizados en el año 1964. Dir. Gral. Obras Marít. Dept. Est. Lab. Mem. (23): 1-13. Mapas, Tablas.

- SECRETARIA DE MARINA, 1976. Memoria del Levantamiento Hidrográfico para la Carta OSM 646 del Puerto Lázaro Cárdenas, Mich. Dir. Gral. Oceanogr. Sehalam, Marít. México, D.F., 1975/76: 1-24. Mapas. Tablas.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1979. Atlas de Huracanes en el Océano Pacífico y en el Océano Atlántico. Coord. Gral. Información, México, D.F., 49 p.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, 1970a. Memoria de Actividades 1962-1970. Resumen Gráfico. Comisión del Río Balsas, Secr. Rec. Hidr., 197 p. Mapas, Tablas.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, 1970b. Manual de Mecánica de Suelos. Quinta edición. Dir. Prov. Dept. Ing. Experim., 447 p México, D.F.
- SHEPARD, F.P., 1951. Mass movements in submarine canyon heads. Trans. Amer. Geophys. Union, 32 (3): 405-418.
- SHEPARD, F.P., 1966. Meander in valley crossing a deep-ocean fan. Science, 154 (3748): 385-386.
- SHEPARD, F.P., 1967. Submarine canyon origin: based on deep-diving vehicle and surface ship operations. Rev. Geogr. Physique et Geol. Dynamique, Paris, 9 (5): 347-356.
- SHEPARD, F.P., 1973. Submarine Geology. Third Edition. Harper & Row Publ. New York. 346 p.
- SHEPARD, F.P., 1975. Progress of internal waves along submarine canyons. Mar. Geol., 19: 131-138.
- SHEPARD, F.P., 1976. Tidal components of currents in submarine canyons. Jour. Geol., 84: 343-350.
- SHEPARD, F.P. y C. BEARD, 1938. Submarine Canyons: Distributions and longitudinal profiles. Geogr. Rev. 28 (3): 439-451.
- SHEPARD, F.P. y K.O. EMERY, 1941. Submarine topography off the California Coast: canyons and tectonic interpretation. Geol. Soc. Amer. Bull. Spec. Paper, (31): 1-171.
- SHEPARD, F.P. y R.F. DILL, 1966. Submarine canyons and other sea valleys. Rand McNally, Chicago, Ill. 381 p. Mapa, Figuras.
- SHEPARD, F.P., H. NINO y T.K. CHAMBERLAIN, 1964. Submarine canyons and troughs, east-central Honshu, Japan. Geol. Soc. Amer. Bull., (75): 1117-1130.
- SHEPARD, F.P., R.F. DILL y U.V. RAD, 1969. Physiography and sedimentary processes of La Jolla Submarine Fan and Fan Valley, California. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 53 (2): 390-420.

- SHEPARD, L.E., 1981. Geotechnical properties of selected convergent margin sediments. Texas A & M Univ. Ph.D. thesis.
- SIEGENTHALER, C. y J. BUHLER, 1985. The kinematics of turbulent suspension currents (turbidity currents) on inclined boundaries. Mar. Geol., 64 (1-2): 19-41.
- SING, S.K., J. YAMAMOTO, J. HAVSKOV, M. GUZMAN, D. NOVELO Y R. CASTRO, 1980. Seismic Gap of Michoacán, México. Geoph. Res. Let., 7 (1): 69-72.
- SKEMPTON, A.W., 1948. A possible relationship between true cohesion and the mineralogy of clays. Intern. Conf. Soil Mechanics and Found. Engrg. Proc. 2d-Rotterdam, Netherlands, 7: 45-46.
- SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE SUELOS, 1977. Vocabulario de Mecánica de Suelos. Términos usados en latinoamérica. 96 p. México, D.F.
- SOIL TEST INC., 1975. Munsell, Soil Color Charts. MacBeth Division, Kollmorgen Corp., Baltimore, Maryland.
- SPENCER, J.W., 1898. On the continental elevation of the glacial epoch. Geol. Mar., 4 (5): 32-38.
- STANLEY, D.J., S.J. CULVER y W.L. STUBBEFIELD, 1986. Petrologic evidence and foraminiferal evidence for active downslope transport in Wilmington Canyon. Mar. Geol., 69: 207-218.
- STETSON, H.C., 1936. Geology and paleontology of the Georges Bank Canyons, I. Geology. Geol. Soc. Amer. Bull., (47): 339-366.
- STOKES, G.G., 1851. On the effect on the internal friction of fluids on the motion of pendulums. Trans. Cambridge Philosophical Soc., 9 (2): 8-106.
- TAMAYO, L.L., 1962. Geografía General de México. Inst. Mexicano Invest. Econ., Segunda Edición. 562 p.
- TAMAYO, L.L. y R. WEST, 1964. The hidrography of Middle America. Nat. Environ. Early Cultures, Univ. Texas Press, 1: 84-121.
- TAYLOR, E. y W.R. BRYANT, 1985. Geotechnical properties of sediments from de Middle American Trench and Slope. In: von Huene, R., J. Auboin, et al., Init. Repts. DSDP 84: Washington. (U.S. Govt. Printing Office): 745-766.
- THAYER, P., A. HOSTETTLER y S. SMITH, 1974. Grain size distribution of sedimentos from the eastern Indian Ocean: Deep Sea Drilling Project Leg 27. In: Veevers, J.J., J.R. Heirtzler et al., Init. Repts. DSDP 27: Washington (U.S. Govt. Printing Office): 507-522.

- TRASK, P., 1930. Mechanical analysis of sediments by centrifuge. Econ. Geol., (25): 581-599.
- UNAN. SEISMOLOGY GROUP, 1986. The september 1985 Michoacan Earthquakes: Aftershock Distribution and History of Rupture. Geophys. Res. Let., 13 (6): 573-576.
- VALDEZ, C., R.P. MEYER, R. ZUNIGA, J. HAVSKOV y S.K. SINGH, 1982. Analysis of the Petatlán aftershock: Number, energy release, and asperities. Jour. Geophys. Res., 87: 8519-8527.
- VEYTIA, M.M., 1956. Estudio preliminar de la región cuprífera Cuenca del Balsas. Inst. Nac. Inv. Rec. Min. México. Informe técnico (inédito). 36 p.
- WADELL, H., 1934a. Some new sedimentation formula. Physics, (5): 281-291.
- WADELL, H., 1934b. The coefficient of resistance of Reynolds number for solids of various shapes. Jour. Franklin Inst., (217): 459-490.
- WARME, J.E., T.B. SCANLAND y N.F. MARSHALL, 1971. Submarine canyon erosion: contribution of marine rock burrowers. Science, 173 (4002): 1127-1129.
- WATTY, B.M., 1982. Química Analítica. Introducción a los métodos espectroscópicos. Ed. Alhambra-Mexicana. 671 p.
- WENTWORTH, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol., 30 (5): 377-392.
- WINKLER, C.D. y M.B. EDWARDS, 1983. Unestable progradational clastic shelf margins. In: Stanley, D.J. y G.T. Moore (Eds). The Shelf break: Critical Interfase on Continental Margins. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., (33): 139-157.
- YAMAMOTO, T., N. TOSHIHIKO y L. FIGUEROA, 1986. Experiments on wave-soil interaction and wave-driven soil transport in clay beds. Continental Shelf Res., 5 (4): 521-540
- YAÑEZ, A., 1965. Morfología y sedimentología de los depósitos deltáicos del Río Balsas. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geol., Informe técnico (inédito). 35 p. Mapas y Figuras.
- ZAVALA, M., 1979. Bosquejo Geológico y Geotectónico de las Provincias Fisioográficas de México. Univ. Nal. Autón. México. Fac. Ing. Tesis profesional (inédita). 75 p.
- ZINNG, Th., 1935. Beitrag zur Schotteranalyse. Schweiz. mineralog. petrog. Mitt., 15: 39-140.

## A P E N D I C E 1

### Fórmulas y procedimientos

En este capítulo se presenta la información concerniente a la metodología y las fórmulas utilizadas para el cálculo de los parámetros texturales y geotécnicos determinados durante el desarrollo de los diversos temas comprendidos en la investigación de los sedimentos superficiales y subsuperficiales del delta submarino del Río Balsas.

#### GRANULOMETRIA Y TEXTURA

La distribución de arena, limo y arcilla fue determinada utilizando alícuotas de 10 cm<sup>3</sup>, extraídas de los sedimentos colectados a bordo del B/O El Puma, mediante el uso de dragas de almeja tipos van-Veen y Shipecck y nucleadores de gravedad.

La clasificación textural usada fue la sugerida por Shepard (1954) y los límites de clase fueron los propuestos por Wentworth (1922).

Las fracciones de arena, limo y arcilla estuvieron constituidas por partículas cuyo diámetro promedio gráfico estuvo comprendido entre -1.0 y 4.0  $\phi$  (2.0 mm y 62.5 micras), 4.0 y 8.0  $\phi$  (62.5 y 3.91 micras), 8.0 y 13  $\phi$  (3.91 y 0.12 micras), respectivamente. Esta clasificación se utilizó para cualquier tipo u origen de los sedimentos por tanto, la denominación dada a los materiales analizados, puede diferir de aquellas usadas por otros investigadores.

Para la determinación de la granulometría se hizo uso de los métodos estándar que implicaron la utilización de tamices, tubo de sedimentación y pipetas, de acuerdo a la secuela de trabajo que a continuación se describe y que comprendió a la preparación y al análisis de los sedimentos.

#### PREPARACION.

1. Tratamiento con peróxido de hidrógeno al 10% para eliminar la materia orgánica.
2. Lavado con agua destilada para suprimir el remanente del peróxido.
3. Lavado con una solución de carbonato y oxalato de sodio (agentes peptizadores).
4. Lavado a través de un tamiz U.S. Standard No. 230, con abertura de malla igual a 0.0625 mm, utilizando peptizadores, para separar la fracción arenosa de la limosa y arcillosa.

## ANÁLISIS.

1. Los sedimentos formados principalmente por arena se procesaron mediante el uso de los tamices, siguiendo el método descrito por Krumbein y Pettijohn (1938), McBride (1971) y Blatt *et al.* (1980).

En las distribuciones abiertas, con abundancia de limo y arcilla, se utilizó el tubo de sedimentación, propuesto por Emery (1938), para el análisis de las arenas. Esta fracción fue previamente desecada y posteriormente analizada a  $1/8$ ,  $1/4$  y  $1/2 \phi$ .

2. La fracción limo arcillosa (lodosa), que pasó a través del tamiz No. 230, se analizó por medio del método descrito por Krumbein (1932). Las velocidades de sedimentación se calcularon mediante la ley de Stokes (1851) y los criterios de Wadell (1934 a,b), Krumbein y Pettijohn (1938) y Galehouse (1971), cuidando las variaciones de la temperatura del agua durante las 64 horas que demanda el procedimiento. Las alícuotas obtenidas de la pipeta, a las profundidades determinadas previamente, fueron correspondientes a cada unidad  $\phi$  y comprendidas desde 4.0 hasta 11.0  $\phi$  ( 62.5 y 0.49 micras); el análisis se detuvo a 11.0  $\phi$  debido a que las partículas de diámetro más fino son fuertemente influenciadas por el movimiento Browniano del agua en la que se tiene a la suspensión. Los límites de clase fueron, como ha quedado citado, los normativos de la escala de Wentworth (1922).

3. Se calcularon los porcentajes acumulativos de la arena, del limo y de la arcilla, habiéndose elaborado las curvas granulométricas acumulativas y de frecuencia haciendo uso de escalas probabilística y aritmética, respectivamente. Cuando el porcentaje acumulativo correspondiente a 11.0  $\phi$  fue menor del 95%, la población fina no muestreada se extrapoló al 100%, extendiendo la curva acumulativa mediante una línea recta comprendida entre 11.0 y 14.0  $\phi$  (0.49 y 0.06 micras), de acuerdo a las sugerencias de Folk (1968) y Thayer *et al.* (1974). Este proceder se basó en el supuesto que toda esa fracción sedimentaria era más gruesa que 14.0  $\phi$  y que el modo de la arcilla se tenía próximo a 12.0  $\phi$  (0.24 micras). Los porcentajes acumulativos correspondientes a 12.0 y 13.0  $\phi$  se leyeron directamente en la curva extrapolada.

4. A partir de la información granulométrica obtenida se calcularon, mediante un programa de cómputo, las siguientes medidas estadísticas, propuestas por Inman (1952) y Folk y Ward (1957): a) diámetro promedio gráfico,  $M_z$  ( $\phi$ ); b) índice de clasificación o desviación estandar gráfica inclusiva,  $\sigma_i$ ; c) índice de asimetría o asimetría gráfica inclusiva,  $Sk_i$ ; y d) curtosis gráfica,  $K_c$ , y curtosis gráfica transformada,  $K'_c$ .

## MEDIDAS ESTADÍSTICAS.

**Moda.** La moda o modo principal, corresponde con el diámetro de las partículas que se presentan con mayor frecuencia en la distribución; comprende a los puntos medio de la barra más alta del

histograma, al más alto de la curva de distribución de frecuencia y al de máxima pendiente de la curva acumulativa.

Como medida de centralización que es, se aplica en los estudios del origen y transporte de las partículas sedimentarias, en particular cuando se tienen más de dos fuentes de procedencia (Folk, 1969).

Esta medida fue determinada gráficamente haciendo uso de la gráfica de distribución de frecuencia y, además, aritméticamente mediante la ecuación siguiente (Spiegel, 1970):

$$M_0 = Md_0 - 3(Md_0 - M_1)$$

Diámetro promedio gráfico. El diámetro promedio gráfico,  $M_1$ , es la medida que proporciona el promedio del tamaño del sedimento y está dada por la ecuación siguiente:

$$M_1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

De acuerdo con Krumbein y Sloss (1963), es una medida útil para la interpretación de las condiciones que normaron la formación de los sedimentos clásticos y se asocia con la energía del agente de transporte. Es función de la litología y textura de las rocas a partir de las cuales se derivaron los fragmentos clásticos (Folk, 1969).

Índice de clasificación. La uniformidad en el tamaño del grano en el sedimento, también denominada como desviación gráfica estandar inclusiva, se determinó con la fórmula siguiente:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Folk y Ward (1957), sugirieron los siguientes límites de clase para el índice de clasificación de los sedimentos:

$\sigma_1 < 0.35$	muy bien clasificados
$0.35 < \sigma_1 < 0.50$	bien clasificados
$0.50 < \sigma_1 < 1.00$	moderadamente clasificados
$1.00 < \sigma_1 < 2.00$	mal clasificados
$2.00 < \sigma_1 < 4.00$	muy mal clasificados
$\sigma_1 > 4.00$	extremadamente mal clasificados

Este parámetro, al igual que el diámetro promedio gráfico, proporciona información importante en cuanto a las condiciones de formación de los sedimentos clásticos (Krumbein, 1963); de acuerdo con Folk (1969), es función de la textura de la roca fuente, del tipo y energía del agente de transporte y de las condiciones ambientales de la zona de depósito.

Índice de asimetría. El índice de asimetría, nombrado Skewness gráfica inclusiva por Folk y Ward (1957), es una medida de la simetría de la distribución del tamaño del grano; fue calculada haciendo uso de la ecuación siguiente:

$$SK_1 = \frac{\phi_{75} + \phi_{25} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{75} - \phi_{25})} + \frac{\phi_2 + \phi_{98} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{98} - \phi_2)}$$

Este índice ha sido poco estudiado desde el punto de vista geológico; señala el grado de distribución de los granos en la curva de distribución y que tanto se aproxima a la normalidad representada por la curva de Gauss.

Las curvas de población simétrica tienen un valor igual a cero para este índice; las asimétricas hacia la fracción fina del sedimento presentan valores positivos hasta el límite de 1.0 y las asimétricas hacia la fracción gruesa tuvieron valores negativos limitados por la unidad. Folk (1968), sugirió la escala siguiente para los límites de clase de la asimetría en los sedimentos:

+1.00	> SK <sub>1</sub>	> +0.30	muy asimétricos hacia los granos finos
+0.30	> SK <sub>1</sub>	> +0.10	asimétricos hacia los granos finos
+0.10	> SK <sub>1</sub>	> -0.10	casi simétricos
-0.30	> SK <sub>1</sub>	> -0.10	asimétricos hacia los granos gruesos
-1.00	> SK <sub>1</sub>	> -0.30	muy asimétricos hacia los granos gruesos

La tendencia de los sedimentos hacia los valores extremos es el resultado del concurso de varias fuentes de aporte de sedimentos, mientras que procedencias individuales dan lugar a distribuciones cercanas a la normal. Por tanto, los sedimentos con predominio de un componente tienden a ser asimétricos.

Curtosis gráfica inclusiva. La curtosis gráfica, definida por Inman (1952), se calcula comparando la dispersión de la población en la porción central de la distribución con la de los extremos o colas de la curva. Folk y Ward (1957), sugieren la siguiente ecuación para su cálculo:

$$K_g = \frac{\phi_{75} - \phi_{25}}{2.44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

La curtosis es un índice de dispersión que relaciona a las clases proximales y distales (Cervantes y Monroy, 1987), por lo que es buena medida de la selección de los granos. Folk (1969) considera que este parámetro evalúa la relación existente entre el grado de clasificación de los extremos con el de la porción central, en la curva de distribución. Si la porción central presenta mejor clasificación que los extremos, la curva tenderá a ser peraltada y si el comportamiento es el opuesto, será baja.

De lo anterior y basándose en que los valores de la curtosis de los sedimentos naturales tiende a ser extremadamente aguda en determinadas clases granulométricas, en esta investigación se optó por normalizar su distribución, utilizando la ecuación siguiente,

propuesta por Folk y Ward (1957):

$$K'_o = \frac{K_o}{1+K_o}$$

Los límites de clase utilizados para denominar el grado de curtosis transformada de los sedimentos, fueron los siguientes:

$K'_o < 0.40$	muy platicúrtica
$0.40 < K'_o < 0.47$	platicúrtica
$0.47 < K'_o < 0.53$	mesocúrtica
$0.53 < K'_o < 0.60$	leptocúrtica
$0.60 < K'_o < 0.75$	muy leptocúrtica
$K'_o > 0.75$	extremadamente leptocúrtica

Con fines comparativos, los resultados obtenidos en el cálculo de la curtosis gráfica,  $K_g$ , mediante la fórmula arriba indicada, se compararon con los determinados usando la fórmula siguiente, propuesta por Spiegel (1970):

$$K = \frac{Q_3 - Q_1}{2} \frac{P_{90} - P_{10}}$$

donde:

$$Q_1 = \frac{N}{4} \quad P_{10} = \text{percentil } 10\% \quad (\phi)$$

$$Q_3 = \frac{3N}{4} \quad P_{90} = \text{percentil } 90\% \quad (\phi)$$

$N$  = número de datos

#### RELACIONES MASA/DENSIDAD

La distribución horizontal y vertical de las propiedades físicas de masa o ingenieriles de los sedimentos se determinó en alícuotas de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> y de 25 gr obtenidas, mediante el uso de cilindros de bronce y espátulas de acero inoxidable, respectivamente, de la superficie de los sedimentos colectados con el uso de dragas y a intervalos de 10 cm en la columnas sedimentarias obtenidas con nucleadores de gravedad.

La clasificación utilizada fue la propuesta por el Joides Panel on Sedimentary Petrology and Physical Properties y el Joides Planning Committee (Lewis et al., 1983).

En el análisis de las relaciones de masa/densidad, se siguieron los métodos así como los términos y símbolos propuestos en 1958 por la Joint Committee on Glossary of Terms and Definitions de la American Society for Testing Materials y con el vocabularios sugerido para la América latina por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (1977).

Además de la granulometría y la textura, ya descritas, se determinaron las siguientes propiedades físicas: a) densidad húmeda total o peso unitario húmedo,  $\tau$ , en gr/cm<sup>3</sup>; b) porosidad,  $n$ , en %; c) contenido de agua en términos del porcentaje de peso húmedo total, WC, y de la humedad natural, W; d) densidad o gravedad específica de sólidos,  $G_s$ , gr/cm<sup>3</sup>; e) índice o relación de vacíos,  $e_{sat}$ , calculado al 100% de saturación de agua; f) grado de saturación, S, en %; g) volumen de vacíos,  $V_v$ , en %; y h) fracción arcillosa cuyo diámetro promedio gráfico sea menor de 2 micras (9.0  $\phi$ ).

#### MEDIDAS ESTADISTICAS.

Densidad húmeda total. La densidad húmeda total definida, definida por la American Society of Civil Engineers (1961), como el peso por unidad del volumen total del sedimento, independientemente del grado de saturación, fue calculada por medio de la ecuación siguiente:

$$\tau = \frac{W_s - W_c}{V}$$

donde:

- $W_s$  = peso de la muestra más el del matraz
- $W_c$  = peso del matraz
- $V$  = volumen del sedimento

Las mediciones fueron realizadas a la temperatura y a la presión ambientales mediante la técnica del cilindro y se les estimó, de acuerdo con Boyce (1973) una precisión de  $\pm 2\%$ . Richards (1962), había estimado previamente, debido a la dificultad para eliminar algún espacio vacío entre el sedimento y la pared del cilindro, que la certeza de los valores obtenidos sería del 1%. muestras Dado que los sedimentos investigados, al momento de su análisis, mostraron porcentajes de saturación cercanos al 100%, la densidad obtenida correspondió con el peso unitario in situ o densidad total.

Porosidad. La porosidad es la relación que se tiene entre el volumen de vacíos o intersticios de la masa sedimentaria y el volumen total de ésta (Richards, 1962; Krynine y Judd, 1972). Se determinó dividiendo el volumen del agua contenida en los poros, entre el volumen total de la muestra.

El valor de la porosidad,  $n$ , expresada como porcentaje del volumen de la muestra se determinó con la ecuación siguiente:

$$n = \frac{100 (W_s - W_o)}{V} \quad (\text{Krynine y Judd, 1972})$$

donde:

- $W_s$  = peso del sedimento saturado de agua
- $W_o$  = peso del sedimento después de la desecación al horno (105°C), durante 24 horas
- $V$  = volumen total de la muestra

Para el mismo cálculo, la American Society for Testing Materials (1958), ha propuesto la ecuación siguiente:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100$$

donde:

$V_v$  = volumen de vacíos  
 $V$  = volumen total de la masa sedimentaria

La porosidad de los sedimentos se calculó también haciendo uso de la técnica del cilindro, a partir de los valores de la densidad antes y después de la desecación al horno.

Densidad específica de granos. La densidad específica o peso específico de los granos se determinó relacionando los pesos del sedimento seco y el del agua destilada utilizada para el análisis, con los del sedimento inmerso en ella y el del matraz utilizado. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$G_s = \frac{W_s G_t}{W_s - W_1 + W_2}$$

donde:

$W_s$  = peso seco del sedimento.  
 $G_t$  = peso específico del agua destilada.  
 $W_1$  = peso del matraz volumétrico conteniendo al sedimento y al agua destilada libre de aire.  
 $W_2$  = peso del matraz volumétrico y del agua destilada libre de aire.

Contenido de agua. El contenido de agua, de acuerdo con Richards (1962), es la relación porcentual del peso del agua contenida en el sedimento y el peso seco de las partículas sólidas que lo constituyen.

Se le determinó en una alícuota representativa del sedimento que, desecada en el horno a 110°C durante 12 horas y posteriormente enfriada en un desecador, fue pesada. La ecuación usada para la obtención de este parámetro, en términos de humedad natural, fue la siguiente:

$$W = \frac{100 W_w}{W_s}$$

donde:

$W_w$  = peso del agua en el sedimento.  
 $W_s$  = peso del sedimento seco.

Al evaluar al peso húmedo total, se aplicó la fórmula siguiente:

$$WC = \frac{100 W_w}{W_s + W_w}$$

Índice de vacíos. Esta propiedad física de masa de los sedimentos es útil para el análisis de los materiales saturados de agua y de acuerdo con la American Society of Civil Engineers (1961) es la relación entre el volumen de espacios vacíos,  $V_v$ , y el volumen de las partículas sólidas,  $V_s$ , estando dado por la ecuación siguiente:

$$\epsilon = \frac{G_s \tau_v V}{W_s} - 1$$

donde:

- $G_s$  = peso específico de sólidos.  
 $\tau_v$  = peso unitario del agua (1.03).  
 $V$  = volumen total de la masa de sedimento.  
 $W_s$  = peso de las partículas sólidas, secas.

Seguendo las sugerencias de Richards (1962), el índice de vacíos fue recalculado al 100% de saturación mediante la ecuación siguiente:

$$\epsilon_{sat} = \frac{G_s w}{100}$$

donde:

$$w = \frac{100 WC}{100 - WC}$$

Haciendo uso de los valores del índice de vacíos,  $\epsilon$ , puede ser recalculada la porosidad, utilizando la ecuación siguiente la que no es influida por pequeñas diferencias tenidas al calcular al índice de saturación.

$$n = \frac{100 \epsilon}{1 + \epsilon}$$

Al 100% de saturación, la humedad natural está relacionada con el peso volumétrico o porosidad del sedimento (Richards, 1962):

$$W = \frac{n}{G_s (100 - n)}$$

Grado de saturación. El grado o porcentaje de saturación es, de acuerdo con la American Society of Civil Engineers (1961), la relación existente entre el volumen de agua contenida en una masa dada de sedimentos y el volumen total de los espacios vacíos o intergranulares. Se le determina con la ecuación siguiente:

$$S = \frac{W_s}{\tau_v (V - W_s/G_s \times \tau_v)} \times 100$$

donde:

$$V - W_s (G_s \times \tau_v) = \text{volumen de vacíos.}$$

Contenido de arcilla. Los geólogos y los ingenieros civiles frecuentemente usan escalas granulométricas ligeramente diferentes, como son las propuestas por Wentworth (1922), el Massachusetts Institute of Technology (Glossop y Skempton, 1945) y Richards (1962).

*	Wentworth		Mass. Inst. Tec.		Richards	
	micras	$\phi$	micras	$\phi$	micras	$\phi$
A	2000 a 62.5	-1 a 4	2000 a 60	-1 a 4.06	2000 a 62.5	-1 a 4
l	62.5 a 3.9	4 a 8	60 a 2	4.06 a 9	62.5 a 2	4 a 9
a	< 3.9	> 8	< 2	> 9	< 2	> 9

\* A: arena; l: limo; a: arcilla.

En esta investigación se optó por seguir las sugerencias de Richards (1962), en vista de que: a) las partículas del tamaño de las arcillas son de gran significado en los sedimentos de grano fino; y b) el tamaño mayor de los minerales arcillosos esta más cercano a 2 micras

El porcentaje de arcilla cuyo diámetro promedio gráfico fue de 2 micras (9.0  $\phi$ ), se leyó directamente en las curvas de frecuencia acumulativa respectivas y la cantidad de arcilla con  $M_v > 9.0 \phi$  se obtuvo restando aritméticamente el resultado obtenido, del 100% .

#### LIMITES DE PLASTICIDAD

Las propiedades de los sedimentos formados por partículas de grano fino y muy fino están íntimamente relacionadas con el contenido de agua, que modifica las fuerzas de interacción inter granular. De acuerdo con la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1970 b), un elevado contenido de agua corresponde a una distancia promedio alta entre partículas y a una resistencia baja al esfuerzo cortante; al disminuir el contenido de agua la resistencia aumenta hasta alcanzar el estado plástico.

En 1911, Atterberg definió siete límites de plasticidad (Richards, 1962), delimitando así a los cuatro estados que pueden presentar los sedimentos arcillosos y estableciendo a los límites siguientes: líquido, plástico y de contracción. El primero es la frontera entre los estados líquido y plástico; el segundo lo es entre el plástico y el semi sólido; y el tercero, entre el semi sólido y el sólido. De ellos, el líquido y el plástico se han incorporado al uso frecuente en los estudios de mecánica de los suelos.

Para la determinación de los límites de Atterberg, de consistencia o plasticidad, se utilizaron los métodos estandar propuestos por diversos autores e instituciones, entre los que cabe citar a Casagrande (1932, 1948), American Society for Testing Materials (1958), Richards (1962) y Juárez-Badillo y Rico-Rodríguez (1975); se hizo uso de la copa de Casagrande, ranuradores, espátulas, cápsulas de porcelana, vidrios de reloj, balanzas con 0.0001 gr de aproximación y capacidad de 100 gr, tamiz de 0.420 mm (4.5  $\phi$ ) de abertura, horno y desecadores. El procedimiento de laboratorio comprendió las fases de preparación y de análisis siguientes, sugeridas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1970 b):

#### PREPARACION.

1. Selección de los sedimentos cuyo contenido original de agua no se haya modificado ya que al secarse el material se alteran sensiblemente los valores de los límites por determinar.
2. Lavado con agua destilada, por medio del tamiz U.S. Standard No. 230, a fin de separar las partículas con  $M_v < 1.25 \phi$  (420 micras).

3. La fracción del sedimento que pasó a través de esa malla fue colocada en una cápsula; se le agregó agua y se mezcló hasta obtener una pasta suave y espesa.

4. La muestra se guardó durante 24 horas en un frasco hermético para distribuir uniformemente la humedad en el sedimento.

5. Se repitió el proceso anterior reduciendo la cantidad de agua agregada, para obtener una segunda muestra con contenido de agua ligeramente superior al límite plástico.

#### ANALISIS.

##### Límite líquido

1. Se coloca la mezcla en una cápsula y se mezcla hasta hacerla homogénea.

2. El sedimento se coloca en la copa de Casagrande (50 a 75 gr) y se enrasa la superficie.

3. Se hace una incisión diametral de 4 cm de longitud, mediante el uso del ranurador, manteniéndolo perpendicular a la superficie interior de la copa.

4. Se activa la copa de Casagrande, a razón de dos golpes por segundo hasta que se cierre la ranura en una longitud de 1.3 cm aproximadamente. Si el cierre es irregular, se descarta el resultado.

5. Con la espátula se mezcla nuevamente el material y se repite el procedimiento hasta obtener dos determinaciones congruentes, con diferencia máxima de un golpe. Se anota el resultado o el promedio de los dos últimos.

6. Del sedimento cercano a la ranura se toman 10 gr, se coloca en un vidrio de reloj y se cubre con otro, engrapando ambos. Se pesa el conjunto, con aproximación de 0.001 gr.

7. Se repite el procedimiento con material más seco hasta obtener cuatro determinaciones comprendidas entre 10 y 35 golpes.

8. Los vidrios de reloj que contienen las muestras, se colocan al horno durante 18 horas y a 110°C de temperatura constante.

9. Se determina el contenido de agua respectivo a cada prueba (número de golpes) y en papel semilogarítmico se traza la curva que mejor se ajuste a los puntos obtenidos, obteniéndose así la curva de fluidez.

### Límite Plástico

1. Se toma 1.0 cm<sup>3</sup> del sedimento; con el dorso de la mano, se le rueda sobre una placa de vidrio ligeramente despolvado hasta formar un rollo de 3.2 mm de diámetro y de 13 cm de longitud, aproximadamente.
2. Se pliega el rollo, se le da forma elipsoidal y se vuelve a rodar. Se repite la operación cuantas veces sea necesario hasta que, por la pérdida de agua por evaporación, el rollo se agriete y rompa en segmentos de 1.0 cm, al lograr 3.2 mm de diámetro. Los fragmentos se colocan en un vidrio de reloj y se cubren con otro, engrapándolos y pesándolos.
3. Se repite el proceso anterior con otra porción de la muestra para comprobar la determinación anterior.
4. Las muestras se colocan en el horno durante 18 horas, a 110°C; posteriormente se dejan enfriar en un desecador y se pesan.
5. Con la información anterior, se calcula el contenido de agua, W, correspondiente a cada prueba. Si la diferencia de los resultados no es mayor de 2%, se considera que el límite plástico, LP, es igual a la cifra entera más cercana al promedio.

### MEDIDAS ESTADISTICAS.

Los índices de consistencia se deducen a partir de los valores obtenidos para los límites líquido, LL, plástico, LP, y de contracción, LC. Este último no fue calculado porque los materiales utilizados en esta investigación fueron sedimentos no litificados.

Índice de plasticidad. El índice de plasticidad, Ip, es la diferencia entre los límites líquido, LL, y plástico, LP:

$$I_p = LL - LP$$

Este índice provee un medio cuantitativo para medir las características plásticas de las muestras sedimentarias completamente remoldeadas, al determinar el rango de variación del contenido de agua para el cual el sedimento es plástico.

El sistema de clasificación desarrollado por Casagrande (1948), comprende el uso de la Carta de Plasticidad, en la cual se relacionan al índice de plasticidad con el límite líquido. En ella se diferencian, entre otros, a las arcillas inorgánicas de los limos orgánicos o inorgánicos y de las arcillas limosas.

Índice de liquidez. El índice de liquidez, B, es la relación agua-plasticidad, expresada en porcentaje, y relaciona al contenido natural de agua con los límites líquido y plástico. Se le calculó mediante la expresión aritmética siguiente:

$$B = \frac{W - LP}{I_p}$$

Índice de fluidez. El índice de fluidez o de escurrimiento,  $F_v$ , se define como la pendiente de la curva de fluidez y es igual a la variación del contenido de agua correspondiente a un ciclo de la escala logarítmica.

Índice de tenacidad. El índice de tenacidad,  $T_v$ , se obtiene dividiendo al índice de plasticidad entre el de fluidez, ambos expresados en fracción racional:

$$T_v = \frac{I_p}{F_v}$$

Actividad. El índice de actividad de los sedimentos es la relación del índice de plasticidad entre el porcentaje de arcilla cuyo diámetro promedio gráfico es menor de 2 micras. La expresión que lo representa es la siguiente:

$$A_c = \frac{I_p}{\% a > 9\phi}$$

Por actividad se entiende el incremento de la actividad superficial de la fracción arcillosa como, por ejemplo, el aumento en la capacidad de intercambio iónico y de adsorción de agua de los sedimentos, conforme su diámetro se torna menor.

De acuerdo a este parámetro, las arcillas pueden ser clasificadas como sigue:

$A_c < 0.75$	inactivas
$0.75 < A_c < 1.25$	normales
$1.25 < A_c < 1.75$	activas
$A_c > 1.75$	muy activas

#### ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO

Los esfuerzos cortante y compresivo fueron determinados, a intervalos de 10 cm, a lo largo de las columnas sedimentarias obtenidas con el uso de los nucleadores de gravedad.

##### Esfuerzo Cortante

Para medir el esfuerzo al corte tangencial o cortante,  $T_t$ , se utilizó la veleta de torsión, de rango comprendido entre cero y 1.0 Kg/cm<sup>2</sup> con discos intercambiables según la consistencia del sedimento: a) 0 a 0.2 Kg/cm<sup>2</sup>, para arcillas sin consolidar; y b) 0 a 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>, para sedimentos consolidados ( $T_t > 1.0$  Kg/cm<sup>2</sup>).

Las determinaciones realizadas fueron perpendiculares a la superficie expuesta del núcleo cortado longitudinalmente y por tanto paralelas a las capas o planos de estratificación de los sedimentos. Los resultados obtenidos se transformaron a gr/cm<sup>2</sup>.

La veleta de torsión, denominada Torvane, se utiliza para medir el esfuerzo cortante en suelos cohesivos y proporciona información precisa al ser utilizada en arcillas homogéneas. Se recomienda su uso a intervalos de 2 a 15 cm, para la obtención de los perfiles de variación del esfuerzo.

El procedimiento de medición fue el siguiente:

1. Preparación de una superficie plana en el sedimento. Con el apoyo de las paredes del tubo PVC, que contenía al sedimento, se deslizó un hilo de nylon para retirar cualquier irregularidad superficial, sin presionar al material.
2. Colocación de la veleta en posición perpendicular a la superficie y presionarla suavemente hasta que las hojas del disco penetren en el sedimento cohesivo.
3. Ejercer un movimiento dextrógiro uniforme en la perilla, para proporcionar el momento a la veleta, hasta que se presente la fractura.
4. Leer el esfuerzo ejercido en la carátula de la perilla. La división de la escala graduada es de  $0.05 \text{ Kg/cm}^2$ , permitiendo una interpolación visual de hasta  $0.01 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### Esfuerzo Compresivo

Para la determinación del esfuerzo compresivo,  $P_c$ , se utilizó un penetrómetro portátil con rango de medición comprendido entre  $0.15$  y  $4.5 \text{ Kg/cm}^2$ , con adaptador para usarse en sedimentos cuya consistencia sea baja.

Las mediciones efectuadas fueron perpendiculares a la superficie expuesta del núcleo, después que éste fue cortado longitudinalmente. El penetrómetro portátil se utilizó para determinar el esfuerzo compresivo no confinado de los sedimentos arcillo limosos y limo arcillosos. La información numérica obtenida se transformó a  $\text{gr/cm}^2$ .

El procedimiento de medición fue el siguiente:

1. El cilindro graduado del penetrómetro contiene un anillo que debe colocarse en el extremo superior de aquel, correspondiente con el límite inferior de la escala graduada.
2. Colocar el aparato en posición perpendicular a la superficie del sedimento al que se pretenda medir el esfuerzo.
3. Presionar suavemente hasta que el pistón penetre  $0.63 \text{ mm}$  en el sedimento.
4. Leer directamente en el pistón la magnitud del esfuerzo, indicada por la posición adoptada por el anillo.
5. En los sedimentos de baja consistencia, utilizar el adaptador que consiste en un disco de  $2.54 \text{ cm}$  de diámetro y  $0.63 \text{ cm}$  de espesor. Al optar por su uso, proceder según lo indicado en los puntos anteriores.

## MINERALOGIA DE LA ARENA

La mineralogía de la fracción arenosa se analizó haciendo uso de la fracción de los sedimentos que quedó retenida en el tamiz U.S. Standard Sieve No. 230, con abertura de malla igual a 62.5 micras (4.0  $\phi$ ). Fueron los materiales previamente sometidos al análisis granulométrico y que habían sido rotulados y conservados convenientemente.

Los minerales ligeros y pesados contenidos en los sedimentos, fueron separados mediante el uso del bromoformo, líquido denso con gravedad específica igual a 2.90.

### Minerales ligeros.

Los minerales ligeros, representados por el cuarzo y los feldespatos, fueron los más abundantes y para su identificación se les tiñó de acuerdo al método propuesto por Graham (1955), modificado posteriormente por Nelín en 1985.

### PREPARACION.

1. Tamizado de la muestra para obtener una submuestra de tamaño uniforme, comprendido entre 1.5 y 2.5  $\phi$  (350 y 177 micras).
2. Eliminación de los carbonatos: se coloca la arena en un vaso de precipitado de 250 ml; se trata con HCL diluido 2N aproximadamente y se somete a baño maría durante 3 ó 5 minutos, cuidando que la temperatura no exceda de 60°C. Se lava con abundante agua destilada.
3. Añadir ácido fluorhídrico diluido al 20%, a la temperatura ambiental, durante dos o tres minutos, a fin de limpiar a los granos de cuarzo y preparar la superficie de los feldespatos para la tinción. Lavar con suficiente agua destilada.
4. Vertir la muestra en una cápsula de porcelana y colocarlo en el horno para su secado.
5. Enfriarla muestra en un desecador y posteriormente vertir sobre ella una solución de cobaltinitrito. Dejarla inmersa durante 10 minutos, aproximadamente, a temperatura ambiente. Se lava con suficiente agua destilada.
6. Tratar la muestra con una solución acuosa al 1% de verde de malaquita durante dos minutos; se lava y se deja secar en una estufa a 50°C, durante 15 minutos.
7. Observación al microscopio binocular para comprobar que el procedimiento fue eficaz. Los granos de cuarzo no deberán estar teñidos; los de feldespato potásico habrán adoptado coloraciones verde amarillentas; y los feldespatos sódico cálcicos serán verde azulosos.

8. Si no se logró que la tinción fuese óptima, decolorar con HCL diluido y repetir el procedimiento a partir del punto 3.

#### ANALISIS.

El análisis de esta fracción se realizó al microscopio binocular, contando 200 granos y relacionando posteriormente al 100% las cantidades individuales correspondientes a cada especie mineral.

#### Minerales pesados

De los minerales pesados presentes en la fracción arenosa de los sedimentos, fueron identificadas al microscopio binocular, las especies dominantes y calculado los porcentajes respectivos.

#### CARBON ORGANICO

El contenido de materia orgánica en los sedimentos, considerada como carbón orgánico, fue determinado en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Geología, de acuerdo al método siguiente, descrito por Cervantes y Monroy (1987):

#### PREPARACION.

1. Molienda de la muestra en un mortero hasta alcanzar un tamaño igual a 74 micras.
2. Tomar una alícuota de aproximadamente 0.5 gr, colocarla en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.

#### ANALISIS.

1. Añadir 100 ml de dicromato de potasio a 0.1 N.
2. Añadir 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitando durante un minuto.
3. Reposar la muestra con la solución ácida durante 30 minutos.
4. Añadir 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico y 20 ó 25 gotas de difenilamina sulfanato de bario.
5. Titular con una solución 0.5 N de sulfato ferroso.
6. Correr un testigo igual al problema pero sin muestra (blanco).
7. Efectuar los cálculos pertinentes.

## MORFOSCOPIA

Forma y grado de redondezPREPARACION

La forma y redondez de los granos de cuarzo fue determinada al microscopio binocular utilizando las muestras arenosas previamente analizadas granulométrica y mineralógicamente.

ANALISIS

El análisis morfoscópico de los granos de cuarzo, comprendió la aplicación de los métodos de comparación visual con las imágenes propuestas por Zingg (1935) y Powers (1953). Se hizo uso también de los límites de clase sugeridos por Folk (1955).

En cada muestra se procuró comparar 200 granos de cuarzo, dándole a cada uno de ellos el valor numérico que le correspondiese, según la escala, en unidades  $\rho$ , propuesta por Folk (1955).

## AGUA INTERSTICIAL

Potencial de óxido-reducción y concentración del ión hidrógeno

Los valores del Eh y del pH del agua intersticial en los sedimentos superficiales y subsuperficiales fueron obtenidos utilizando la metodología descrita por Paez-Osuna (1988), que se describe brevemente a continuación, consistió en la introducción de electrodos en los sedimentos.

PREPARACION

De los materiales superficiales, colectados con dragas, se obtuvo una alícuota mediante tubos de PVC de 5 cm de diámetro y 5 cm de longitud.

A las columnas sedimentarias, una vez cortado longitudinalmente el tubo PVC que las contenía, se les analizó a intervalos regulares de 20 cm.

ANALISISPotencial de óxido-reducción

Para la medición del Eh se empleó un electrodo de platino comercial y otro de referencia de doble unión cuyo relleno, interior, se hizo con una solución de KCl y, el exterior, con una solución al 10% de KNO<sub>3</sub>. La diferencia de potencial fue de +245 mv a 20°C y las lecturas se registraron por medio de un potenciómetro. La calibración de los electrodos se realizó con una solución cuyo Eh fue igual a +430 mv a 25°C (solución Zobell) y se les sometió a doble enjuague con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 40% y NaOH al 40%.

### Concentración del ión hidrógeno

Para el pH se utilizaron dos electrodos, uno de vidrio y otro de referencia de unión simple y relleno con una solución de KCL 4M saturado con Ag. Los electrodos fueron calibrados con dos soluciones tampón NB S, con pH igual a 4 y 7. Las lecturas se obtuvieron de un potenciómetro.

A P E N D I C E 2  
Información Tabular

TABLA 1

POSICION Y PROFUNDIDAD DE LAS ESTACIONES OCEANOGRAFICAS  
EN EL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

Número de estación	Posicionamiento		Profundidad (m)
	longitud	latitud	
1	17° 47.0'	101° 57.7'	1000
2	17° 49.9'	101° 53.3'	500
3	17° 55.3'	101° 58.7'	300
4	17° 56.4'	101° 58.5'	50
5	17° 56.3'	101° 59.9'	180
7	17° 57.6'	102° 00.1'	30
8	17° 55.5'	102° 00.5'	390
9	17° 53.4'	101° 59.5'	540
10	17° 51.6'	102° 00.3'	320
11	17° 49.1'	102° 00.1'	775
12	17° 49.9'	102° 01.7'	560
13	17° 50.9'	102° 00.3'	360
14	17° 56.0'	102° 01.5'	200
15	17° 58.2'	102° 01.9'	100
16	17° 58.1'	102° 04.4'	40
17	17° 57.3'	102° 03.3'	200
18	17° 49.1'	102° 02.9'	630
19	17° 50.3'	102° 04.8'	500
20	17° 52.1'	102° 05.5'	300
21	17° 52.5'	102° 05.8'	264
22	17° 53.2'	102° 05.6'	150
23	17° 53.8'	102° 05.8'	40
24	17° 54.4'	102° 08.0'	84
25	17° 52.0'	102° 08.1'	460
26	17° 51.4'	102° 08.0'	445
27	17° 50.8'	102° 09.0'	350
29	17° 48.9'	102° 08.9'	490
30	17° 47.0'	102° 09.9'	540
31	17° 50.8'	102° 09.4'	360
32	17° 52.0'	102° 10.0'	210
34	17° 53.0'	102° 10.0'	40
35	17° 52.5'	102° 09.6'	160
36	17° 52.1'	102° 10.5'	200
37	17° 50.1'	102° 10.1'	340
38	17° 47.0'	102° 10.9'	578
39	17° 47.0'	102° 11.9'	556
40	17° 54.4'	102° 11.7'	368
41	17° 49.7'	102° 11.0'	300
42	17° 52.3'	102° 12.3'	200
43	17° 52.5'	102° 12.1'	146
44	17° 52.7'	102° 11.9'	60
45	17° 52.8'	102° 12.2'	93

TABLA 1 (Cont.)

POSICION Y PROFUNDIDAD DE LAS ESTACIONES OCEANOGRAFICAS  
EN EL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. MICHOACAN, MEXICO.

Número de estación	Posicionamiento		Profundidad (m)
	longitud	latitud	
46	17° 53.1'	102° 11.9'	20
47	17° 53.3'	102° 12.8	40
48	17° 53.2'	102° 12.7	57
49	17° 52.4'	102° 12.5'	122
50	17° 52.6'	102° 12.5'	210
51	17° 51.6'	102° 13.0	362
52	17° 48.9'	102° 12.7'	474
53	17° 48.3'	102° 13.9'	515
54	17° 51.3	102° 14.1'	410
55	17° 53.5'	102° 14.0'	200
56	17° 53.8'	102° 14.2'	150
57	17° 54.8'	102° 14.0'	44
58	17° 54.8'	102° 15.3'	47
59	17° 53.6'	102° 13.8'	110
60	17° 54.6'	102° 15.1'	60
61	17° 53.9'	102° 15.1'	166
62	17° 52.7'	102° 15.2'	355
63	17° 50.6'	102° 15.3'	550
64	17° 50.4'	102° 14.5'	470
65	17° 52.3'	102° 13.8'	350
66	17° 53.2'	102° 13.9'	200
67	17° 54.4'	102° 16.5'	175
68	17° 54.5'	102° 16.0'	133
69	17° 55.0'	102° 16.1'	46
70	17° 56.0'	102° 16.0'	20
71	17° 50.1'	102° 17.9'	490
72	17° 53.8'	102° 17.8'	285
73	17° 54.6'	102° 18.0'	235
74	17° 56.1'	102° 18.1'	62
75	17° 56.3'	102° 18.2'	37
76	17° 57.6'	102° 20.0'	61
77	17° 56.5'	102° 20.0'	80
78	17° 55.9'	102° 20.1'	230
79	17° 53.5'	102° 19.8'	560
80	17° 49.9'	102° 22.0'	480
81	17° 51.5'	102° 22.1'	270
82	17° 53.2'	102° 22.0'	145
83	17° 53.6'	102° 22.6'	110
84	17° 55.4'	102° 22.1'	83
85	17° 56.9'	102° 21.6'	75
86	17° 57.9'	102° 22.8'	40
87	17° 58.2'	102° 24.0'	40
88	17° 57.5'	102° 24.0'	50

TABLA 1 (Cont.)

POSICION Y PROFUNDIDAD DE LAS ESTACIONES OCEANOGRAFICAS  
EN EL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO.

Número de estación	Posicionamiento		Profundidad (m)
	longitud	latitud	
89	17° 56.1'	102° 24.2'	77
90	17° 52.1'	102° 24.1'	105
91	17° 51.0'	102° 23.8'	170
92	17° 50.6'	102° 24.2'	220
93	17° 49.8'	102° 23.7'	340
94	17° 45.5'	102° 23.6'	520
95	17° 47.7'	102° 25.0'	570
96	17° 48.5'	102° 26.0'	365
97	17° 49.9'	102° 25.8'	211
98	17° 55.8'	102° 25.9'	83
100	17° 58.4'	102° 26.0'	57
101	17° 59.5'	102° 26.0'	44
102	17° 59.7'	102° 28.1'	40
103	17° 58.6'	102° 27.9'	58
104	17° 56.1'	102° 28.0'	83
105	17° 50.6'	102° 28.0'	115
106	17° 49.8'	102° 28.0'	174
107	17° 48.5'	102° 27.2'	345
108	17° 47.2'	102° 28.1'	500
109	17° 47.1'	102° 28.8'	440
110	17° 47.9'	102° 29.3'	315
111	17° 49.3'	102° 29.4'	182

TABLA 2

TIPO DE MUESTREO Y ANALISIS REALIZADOS EN LOS SEDIMENTOS DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Número de Estación	Muestreo		Análisis *												
	superficie	fondo	superficie				núcleo								
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
1	X	X	X	X					X	X	X				X
2		X							X	X	X				X
3	X		X					X							
4	X		X		X	X	X								
5	X		X	X	X	X									
7															
8	X	X	X						X	X	X				X
9	X	X	X	X					X	X	X				X
10	X	X	X						X	X	X				X
11	X	X	X						X	X	X				X
12	X		X												
13	X		X												
14	X		X	X	X	X									
15	X		X	X	X	X									
16	X		X	X	X	X	X								
17	X		X	X	X	X	X								
18	X		X												
19	X		X												
20	X		X	X											
21	X		X		X	X	X								
22	X		X	X	X	X									
23	X		X	X	X	X	X								
24	X		X	X	X	X									
25	X	X	X									X	X		
26	X		X	X											
27	X	X	X						X	X	X				X
29	X		X												
30	X	X	X						X	X	X				X
31	X	X	X						X	X	X				X
32	X	X	X	X					X	X					
34	X		X		X	X									
35	X		X	X	X	X									
36	X		X		X	X									
37	X	X	X						X	X	X				
38	X		X					X							
39	X	X	X						X	X	X				
40	X	X	X						X	X	X				
41	X		X												

\* Análisis: 1) textural; 2) relación masa volúmen; 3) plasticidad; 4) carbón orgánico; 5) pH y Eh; 6) mineralogía de las arenas; y 7) esfuerzos al corte y compresivo.





TABLA 3

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Grupo				Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)
	I	II	III	IV	Arena	Limo	Arcilla	
1				*	6.2	68.9	24.9	limo arcilloso
3				*	38.9	36.4	27.7	arena limo arcillosa
4		*			62.3	30.7	7.0	arena limosa
5				*	10.3	68.3	21.4	limo arcilloso
8				*	4.7	55.6	39.7	limo arcilloso
9				*	3.2	56.6	40.2	limo arcilloso
10				*	2.0	46.0	52.0	arcilla limosa
11				*	5.6	60.4	34.0	limo arcilloso
14				*	1.7	62.8	35.5	limo arcilloso
15				*	7.6	59.0	33.4	limo arcilloso
16	*				87.8	9.7	2.5	arena
17		*			36.0	48.5	15.5	limo arenoso
20				*	0.9	48.0	51.1	arcilla limosa
21		*			43.7	30.6	25.7	arena limo arcillosa
22				*	12.3	63.4	24.3	limo arcilloso
23		*			33.9	53.7	12.4	limo arenoso
24				*	2.4	53.1	44.5	limo arcilloso
25				*	5.9	55.2	38.9	limo arcilloso
26				*	5.7	47.7	46.6	limo arcilloso
27				*	0.6	51.0	48.4	limo arcilloso
29				*	0.8	41.2	58.0	arcilla limosa
30				*	15.6	61.6	22.8	limo arcilloso
31				*	3.4	43.6	53.0	arcilla limosa
32				*	2.6	49.4	48.0	limo arcilloso
33				*	5.0	52.3	42.7	limo arcilloso
34				*	6.8	61.7	31.5	limo arcilloso
35				*	13.2	48.8	38.0	limo arcilloso
36				*	3.6	63.6	32.8	limo arcilloso
37				*	1.5	56.2	42.3	limo arcilloso
38				*	33.0	42.9	24.1	limo areno arcilloso
39				*	10.6	54.2	35.2	limo arcilloso
40				*	3.6	48.7	47.7	limo arcilloso
41				*	1.9	42.7	55.4	arcilla limosa
42				*	11.6	58.9	29.5	limo arcilloso
43				*	12.5	50.3	37.2	limo arcilloso
44				*	5.8	75.0	19.2	limo
45				*	10.4	68.9	20.7	limo arcilloso
46		*			35.7	52.4	11.9	limo arenoso
47		*			40.4	37.2	22.4	arena limo arcillosa
48		*			46.2	41.1	12.7	arena limosa
49				*	7.0	58.9	34.1	limo arcilloso
50				*	6.1	45.3	48.6	arcilla limosa

TABLA 3 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Num.	Grupo				Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)
	I	II	III	IV	Arena	Limo	Arcilla	
51				*	15.0	61.0	24.0	limo arcilloso
52				*	2.5	55.4	42.1	limo arcilloso
53				*	5.6	48.0	46.4	limo arcilloso
54				*	0.5	54.0	45.5	limo arcilloso
55				*	6.2	58.4	35.4	limo arcilloso
56				*	15.5	59.5	25.0	limo arcilloso
57				*	27.5	45.1	27.4	limo areno arcilloso
58	*				87.7	10.0	2.3	arena
61				*	9.9	52.7	37.4	limo arcilloso
62				*	17.4	51.7	30.9	limo arcilloso
63				*	6.4	64.5	29.1	limo arcilloso
64			*		24.0	58.2	17.8	limo arenoso
65				*	6.4	56.6	37.0	limo arcilloso
67				*	17.1	51.6	31.3	limo arcilloso
68				*	7.0	71.5	21.5	limo arcilloso
69	*				92.3	4.4	3.3	arena
70				*	2.2	53.6	44.2	limo arcilloso
71				*	4.2	74.0	21.8	limo arcilloso
72				*	5.8	53.2	41.0	limo arcilloso
73				*	5.8	58.8	35.4	limo arcilloso
74			*		27.8	54.8	17.4	limo arenoso
75				*	11.8	55.5	32.7	limo arcilloso
76				*	1.4	47.9	50.7	arcilla limosa
77				*	10.8	70.6	18.6	limo arcilloso
80				*	2.0	47.3	50.7	arcilla limosa
81				*	0.7	65.0	34.3	limo arcilloso
82				*	4.5	56.3	39.2	limo arcilloso
85			*		46.5	42.7	10.8	arena limosa
87	*				78.4	18.1	3.5	arena
88			*		58.8	33.1	8.1	arena limosa
89				*	12.4	65.4	22.2	limo arcilloso
90				*	6.2	50.1	43.7	limo arcilloso
92				*	0.8	43.1	56.1	arcilla limosa
94				*	1.8	36.1	62.1	arcilla limosa
95				*	4.0	48.0	48.0	limo arcilloso
96				*	2.0	57.4	40.6	limo arcilloso
97			*		31.5	48.2	20.3	limo areno arcilloso
98				*	5.4	64.7	29.9	limo arcilloso
100			*		55.1	33.0	11.9	arena limosa
101	*				76.9	19.2	3.9	arena

TABLA 3 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Grupo				Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)
	I	II	III	IV	Arena	Limo	Arcilla	
103	*				79.0	18.8	2.2	arena
104			*		10.4	59.9	29.7	limo arcilloso
105			*		23.4	41.2	35.4	limo arcillo arenoso
106			*		1.0	52.9	46.1	limo arcilloso
107			*		1.1	39.3	59.6	arcilla limosa
108			*		4.7	36.5	58.8	arcilla limosa
110			*		4.6	70.0	25.4	limo arcilloso
111	*				63.0	17.3	19.7	arena arcillosa
media aritmética					18.5	49.9	31.9	
valor máximo					92.3	75.0	62.1	
valor mínimo					0.5	4.4	2.2	
rango de variación					91.8	70.6	59.9	

TABLA 4

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta.	$M_z(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
1	6.83	2.03	-0.07	0.80	0.44	3.95
3	5.81	2.58	0.16	0.68	0.40	2.50
4	4.21	1.61	0.50	2.29	0.70	2.00
5	6.30	2.12	0.48	0.81	0.45	3.85
8	7.40	2.12	0.05	0.90	0.47	4.10
9	7.60	2.64	0.31	0.68	0.41	4.20
10	8.18	1.83	0.04	0.91	0.48	5.40
11	7.32	2.06	0.06	1.13	0.53	3.95
14	7.70	1.54	0.08	1.12	0.53	5.25
15	7.12	2.47	0.25	0.74	0.43	3.90
16	3.37	0.84	0.35	2.63	0.73	2.34
17	5.19	2.24	0.26	0.85	0.46	1.95
20	8.13	2.08	-0.02	0.90	0.47	4.60
21	5.48	2.89	0.56	0.72	0.42	2.55
22	6.43	2.38	0.36	1.03	0.51	3.25
23	5.18	2.19	0.44	1.68	0.63	2.50
24	7.90	2.09	0.09	1.03	0.51	4.82
25	7.35	2.31	0.11	0.72	0.42	3.95
26	7.70	2.36	-0.07	0.81	0.45	3.95
27	8.03	1.81	0.11	0.84	0.46	5.60
29	8.37	1.84	-0.10	0.79	0.44	5.41
30	6.47	2.38	0.03	1.55	0.61	1.74
31	8.10	2.12	-0.07	0.90	0.47	4.60
32	7.83	1.92	0.00	0.88	0.47	4.90
33	7.58	2.31	0.01	0.90	0.47	4.00
34	7.32	2.48	-0.05	0.67	0.40	3.90
35	7.12	2.69	0.10	0.79	0.44	3.15
36	7.11	2.27	0.21	0.84	0.46	4.15
37	7.88	2.07	0.13	0.83	0.45	4.80
38	6.13	2.12	0.22	0.61	0.38	3.62
39	7.20	2.52	0.16	0.94	0.48	2.40
40	7.97	1.98	0.06	0.85	0.46	5.05
41	8.28	2.09	-0.09	0.78	0.44	4.70
42	6.60	2.20	0.17	0.76	0.43	3.28
43	7.00	2.56	-0.06	0.97	0.49	2.60
44	6.23	2.34	0.73	1.08	0.52	3.90
45	6.31	2.39	0.44	1.16	0.54	3.05
46	4.92	2.10	0.30	1.62	0.62	2.10
47	5.45	2.44	0.60	0.96	0.49	2.75
48	4.97	2.30	0.53	1.42	0.59	2.35
49	7.17	2.36	0.21	0.83	0.45	3.92

TABLA 4 (Cont.)

## PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta.	$M_n(\phi)$	$\sigma_n(\phi)$	$Sk_n$	$K_n$	$K'_n$	$\phi_5$
50	8.08	2.32	0.00	0.77	0.43	4.00
51	6.44	2.29	0.32	0.85	0.46	3.78
52	7.69	2.10	0.09	0.84	0.46	4.50
53	7.81	2.17	-0.03	0.94	0.49	3.98
54	8.17	2.01	0.19	0.83	0.45	5.22
55	7.03	2.31	0.17	0.79	0.44	3.94
56	6.32	2.40	0.35	0.84	0.46	3.10
57	6.19	2.74	0.25	0.74	0.43	2.45
58	3.44	0.72	-0.02	1.92	0.66	1.65
61	7.41	2.24	0.06	0.90	0.47	3.82
62	6.49	2.58	0.24	0.71	0.41	3.15
63	7.29	2.26	0.17	0.84	0.46	3.95
64	5.55	2.38	0.10	1.05	0.51	1.70
65	7.08	2.21	0.11	0.77	0.43	3.98
67	6.50	2.61	0.07	0.94	0.49	2.20
68	6.73	1.89	0.21	1.32	0.57	3.90
69	3.27	1.01	-0.18	2.96	0.75	1.00
70	7.62	2.39	0.06	0.77	0.44	4.30
71	6.06	2.11	0.73	0.89	0.47	4.05
72	7.40	2.20	-0.03	0.85	0.46	3.98
73	6.82	1.85	-0.24	0.68	0.40	4.00
74	5.51	2.33	0.40	1.14	0.53	2.35
75	6.90	2.43	0.06	0.81	0.45	3.28
76	7.98	1.91	-0.03	0.92	0.48	4.90
77	6.13	2.29	0.53	0.95	0.49	3.05
80	7.30	2.12	-0.28	0.87	0.47	4.31
81	7.65	1.74	0.18	0.90	0.47	5.25
82	7.38	1.78	-0.11	1.01	0.50	4.25
85	4.90	2.29	0.39	1.33	0.57	1.85
87	3.48	1.52	0.47	2.96	0.75	1.70
88	4.13	1.93	0.40	1.97	0.66	1.65
89	6.42	2.25	0.28	0.88	0.47	3.20
90	7.56	2.01	-0.14	0.85	0.46	3.90
92	8.03	1.92	-0.12	0.94	0.49	5.10
94	8.58	2.21	-0.13	0.98	0.50	4.30
95	7.60	2.13	-0.13	0.98	0.50	4.12
96	7.60	1.38	-0.13	1.09	0.52	5.05
97	5.43	2.79	0.17	0.80	0.45	1.80
98	6.87	2.03	0.21	0.72	0.42	4.00
100	4.69	2.22	0.53	1.51	0.60	1.70
101	2.87	2.00	-0.03	1.34	0.57	0.05
103	3.52	0.85	0.24	1.80	0.64	1.90

TABLA 4 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta.	$M_r(\phi)$	$\sigma_r(\phi)$	$Sk_r$	$K_g$	$K'_g$	$\phi_5$
103	3.52	0.85	0.24	1.80	0.64	1.90
104	6.38	2.15	0.11	0.94	0.48	3.15
105	5.93	3.00	-0.25	0.97	0.49	1.10
106	7.48	1.57	-0.25	1.10	0.52	4.82
107	8.38	1.82	-0.10	0.90	0.47	5.30
108	8.62	2.07	-0.07	1.13	0.53	4.20
110	7.03	1.96	0.34	1.14	0.53	4.30
111	3.08	3.74	0.64	0.70	0.41	-0.75
media aritmética	6.62	2.14	0.15	1.05	0.50	3.49
valor máximo	8.62	3.74	0.73	2.96	0.75	5.40
valor mínimo	2.87	0.72	-0.28	0.61	0.38	-0.75
rango	5.75	3.02	1.01	2.35	0.37	6.15

TABLA 5

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
1	0-5	6.2	68.9	24.9	limo arcilloso						*
	5-10	1.9	46.7	51.4	arcilla limosa						*
	10-20	2.4	44.1	53.5	arcilla limosa						*
	20-30	2.4	41.6	56.0	arcilla limosa						*
	30-40	3.2	45.1	51.7	arcilla limosa						*
	40-50	3.1	39.7	57.2	arcilla limosa						*
	50-60	2.0	49.8	48.2	limo arcilloso						*
	60-70	1.6	47.2	51.2	arcilla limosa						*
	70-80	4.2	53.8	42.0	limo arcilloso						*
2	0-20	1.0	59.4	39.6	limo arcilloso						*
	20-30	1.1	49.5	49.4	limo arcilloso						*
	30-40	1.1	60.1	38.8	limo arcilloso						*
	40-50	1.6	53.3	45.1	limo arcilloso						*
	50-60	1.1	51.9	47.0	limo arcilloso						*
	60-70	1.3	66.3	32.4	limo arcilloso						*
	70-80	1.1	49.1	49.8	arcilla limosa						*
	80-90	2.9	55.5	41.6	limo arcilloso						*
	90-100	1.2	57.6	41.2	limo arcilloso						*
	100-110	2.6	62.3	35.1	limo arcilloso						*
	110-120	1.2	56.9	41.9	limo arcilloso						*
	120-130	0.6	38.0	61.4	arcilla limosa						*
	130-140	0.7	23.1	76.2	arcilla						*
	140-150	2.3	42.7	55.0	arcilla limosa						*
	150-160	1.4	39.0	59.6	arcilla limosa						*
160-170	1.0	51.0	48.0	limo arcilloso						*	
8	0-5	4.7	55.6	39.7	limo arcilloso						*
	5-10	0.9	74.3	24.8	limo arcilloso						*
	10-20	17.0	58.0	25.0	limo arcilloso						*
	20-30	12.3	57.4	30.3	limo arcilloso						*
	30-40	1.0	57.2	41.8	limo arcilloso						*
	40-50	0.9	57.4	41.7	limo arcilloso						*
	50-60	1.1	48.7	50.2	arcilla limosa						*
	60-70	1.0	46.6	52.4	arcilla limosa						*
9	0-5	3.2	56.6	40.2	limo arcilloso						*
	0-10	2.4	57.9	39.7	limo arcilloso						*

limos arcillosos en el umbral de las arcillas limosas  
arcillas limosas en el umbral de los limos arcillosos

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos						
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI	
	10-20	9.8	64.2	26.0	limo arcilloso						*	
	20-30	2.3	47.1	50.6	arcilla limosa							*
	30-40	3.9	55.6	40.3	limo arcilloso							*
	40-50	3.0	49.4	47.6	limo arcilloso							*
	50-60	3.5	57.1	39.4	limo arcilloso							*
	60-70	1.0	50.7	48.3	limo arcilloso							*
	70-80	1.7	46.7	51.6	arcilla limosa							*
	80-90	7.0	46.6	46.4	limo arcilloso							*
	90-100	1.3	52.7	46.0	limo arcilloso							*
	100-110	6.0	39.7	54.3	arcilla limosa							*
	110-120	0.3	43.4	56.3	arcilla limosa							*
10	0-5	2.0	46.0	52.0	arcilla limosa							*
	5-10	2.0	41.0	57.0	arcilla limosa							*
	10-20	1.6	57.4	41.0	limo arcilloso							*
	20-30	2.8	48.6	48.6	limo arcilloso							*
	30-40	3.9	42.0	54.1	arcilla limosa							*
	40-50	2.7	60.2	37.1	limo arcilloso							*
	50-60	0.5	32.0	67.5	arcilla limosa							*
	60-70	0.7	33.3	66.0	arcilla limosa							*
	70-80	2.4	36.3	61.3	arcilla limosa							*
	80-90	2.3	46.3	51.4	arcilla limosa							*
	90-100	5.5	55.7	38.8	limo arcilloso							*
	100-110	6.3	53.1	40.6	limo arcilloso							*
	110-120	2.1	67.0	30.9	limo arcilloso							*
	120-130	0.2	64.3	35.5	limo arcilloso							*
	130-140	1.3	47.9	50.8	arcilla limosa							*
	140-150	1.0	61.0	38.0	limo arcilloso							*
	150-160	2.9	53.5	43.6	limo arcilloso							*
	160-170	0.4	41.6	58.0	arcilla limosa							*
11	0-5	5.6	60.4	34.0	limo arcilloso							*
	5-10	12.7	31.9	55.4	arcilla limosa							*
	10-20	6.0	48.3	45.7	limo arcilloso							*
	20-30	42.6	25.4	32.0	arena arc-limo			*				
	30-40	0.9	38.8	60.3	arcilla limosa							*
	40-50	1.2	40.4	58.4	arcilla limosa							*
	50-60	1.1	36.9	62.0	arcilla limosa							*
	60-70	2.4	37.4	60.2	arcilla limosa							*

-- limos arcillo arenosos en el umbral de los limos arenos arcillosos.

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Num.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
	70-80	0.6	40.8	58.6	arcilla limosa						*
	80-90	2.0	48.4	49.6	arcilla limosa						*
	90-100	1.5	47.0	51.5	arcilla limosa						*
	100-110	8.9	17.4	73.7	arcilla limosa						*
	110-120	59.1	25.2	15.7	arena limosa						
	120-130	42.5	46.8	10.7	limo arenoso		*				
--	130-140	22.3	53.9	23.8	limo arcillo are				*		
--	140-150	23.3	55.7	21.0	limo areno arc				*		
	150-160	19.6	63.0	17.4	limo arenoso		*				
	160-170	29.4	54.1	16.5	limo arenoso		*				
--	170-180	27.0	45.6	27.4	limo arcillo are				*		
27	0-5	0.6	51.0	48.4	limo arcilloso						*
	5-10	0.5	52.5	47.0	limo arcilloso						*
	10-20	1.9	47.6	50.5	arcilla limosa						*
	20-30	1.3	51.8	46.9	limo arcilloso						*
	30-40	1.6	40.3	58.1	arcilla limosa						*
	40-50	0.7	47.4	51.9	arcilla limosa						*
	50-60	1.6	52.0	46.4	limo arcilloso						*
	60-70	1.9	50.9	47.2	limo arcilloso						*
	70-80	1.0	41.9	57.1	arcilla limosa						*
	80-90	1.3	60.3	38.4	limo arcilloso						*
	90-100	2.0	60.2	37.8	limo arcilloso						*
	100-110	2.8	44.1	53.1	arcilla limosa						*
	110-120	1.1	49.1	49.8	arcilla limosa						*
	120-130	1.5	55.5	43.0	limo arcilloso						*
30	0-5	15.6	61.6	22.8	limo arcilloso						*
	5-10	4.9	42.4	52.7	arcilla limosa						*
	10-20	5.5	59.6	34.9	limo arcilloso						*
	20-30	2.2	57.9	39.9	limo arcilloso						*
	30-40	3.3	53.0	43.7	limo arcilloso						*
	40-50	1.6	57.4	41.0	limo arcilloso						*
	50-60	2.7	54.4	42.9	limo arcilloso						*
	60-70	4.2	42.4	53.4	arcilla limosa						*
	70-80	1.9	50.5	47.6	limo arcilloso						*
	80-90	3.7	33.5	62.8	arcilla limosa						*
	90-100	8.6	65.2	26.2	limo arcilloso						*
	100-110	12.1	56.8	31.1	limo arcilloso						*
	110-120	5.9	58.6	35.5	limo arcilloso						*
	120-130	7.9	58.0	34.1	limo arcilloso						*
	130-140	8.6	64.3	27.1	limo arcilloso						*

+ arenas limosas en el umbral de los limos arenosos

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
31	0-5	3.4	43.6	53.0	arcilla limosa						*
	5-10	2.4	73.9	23.7	limo arcilloso						*
	+ 10-20	45.8	44.6	9.6	arena limosa	*					
	20-30	3.3	68.3	28.4	limo arcilloso						*
	- 30-40	3.3	47.7	49.0	arcilla limosa						*
	40-50	1.6	54.5	43.9	limo arcilloso						*
	50-60	6.1	57.7	36.2	limo arcilloso						*
	60-70	1.3	41.4	57.3	arcilla limosa						*
	70-80	5.8	53.4	40.8	limo arcilloso						*
	80-90	0.8	71.4	27.8	limo arcilloso						*
	90-100	0.6	41.9	57.5	arcilla limosa						*
	100-110	1.2	50.3	48.5	limo arcilloso						*
	110-120	1.8	51.7	46.5	limo arcilloso						*
	120-130	1.4	42.2	56.4	arcilla limosa						*
	130-140	5.6	57.1	37.3	limo arcilloso						*
	140-150	0.7	36.1	63.2	arcilla limosa						*
	150-160	6.3	49.5	44.2	limo arcilloso						*
	160-170	1.1	48.3	50.6	arcilla limosa						*
	170-180	0.8	44.8	54.4	arcilla limosa						*
32	0-5	2.6	49.4	48.0	limo arcilloso						*
	5-10	4.7	72.2	23.1	limo arcilloso						*
	10-20	7.7	64.0	28.3	limo arcilloso						*
	20-30	9.8	85.1	5.1	limo		*				
	30-40	10.2	72.2	17.6	limo arcilloso					*	
	x 40-50	18.9	64.9	16.2	limo arenoso	*					
37	0-5	1.5	56.2	42.3	limo arcilloso						*
	5-10	1.9	50.7	47.4	limo arcilloso						*
	10-20	2.0	63.1	34.9	limo arcilloso						*
	20-30	1.0	46.2	52.8	arcilla limosa						*
	30-40	0.7	50.4	48.9	limo arcilloso						*
	40-50	0.8	60.4	38.8	limo arcilloso						*
	50-60	1.3	43.8	54.9	arcilla limosa						*
	60-70	1.4	42.7	55.9	arcilla limosa						*
	70-80	0.5	47.4	52.1	arcilla limosa						*
	80-90	0.5	39.7	59.8	arcilla limosa						*
	90-100	1.3	45.5	53.2	arcilla limosa						*
	100-110	2.1	42.8	55.1	arcilla limosa						*
	110-120	1.5	40.9	57.6	arcilla limosa						*
120-130	1.1	47.7	51.2	arcilla limosa						*	

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos				
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V
	130-140	1.0	47.1	51.9	arcilla limosa					*
	140-150	9.6	59.7	30.7	limo arcilloso					*
	150-160	1.6	48.8	49.6	arcilla limosa					*
	160-170	2.0	46.7	51.3	arcilla limosa					*
	170-180	2.0	53.9	44.1	limo arcilloso					*
	180-190	1.0	49.1	49.9	arcilla limosa					*
39	0-5	10.6	54.2	35.2	limo arcilloso					*
	5-10	1.1	42.7	56.2	arcilla limosa					*
	10-20	3.9	43.4	52.7	arcilla limosa					*
	20-30	2.5	70.7	26.8	limo arcilloso					*
	30-40	4.2	46.7	49.1	arcilla limosa					*
	40-50	1.5	55.6	42.9	limo arcilloso					*
	50-60	1.1	60.7	38.2	limo arcilloso					*
	60-70	2.3	48.0	49.7	arcilla limosa					*
	70-80	6.3	39.0	54.7	arcilla limosa					*
	80-90	7.5	51.8	40.7	limo arcilloso					*
	90-100	2.8	57.8	39.4	limo arcilloso					*
	100-110	3.2	48.4	48.4	arcilla limosa					*
	110-120	3.7	47.5	48.8	arcilla limosa					*
	120-130	1.0	58.2	40.8	limo arcilloso					*
	130-140	4.8	50.6	44.6	limo arcilloso					*
	140-150	2.8	49.2	48.0	limo arcilloso					*
	150-160	1.3	48.7	50.0	arcilla limosa					*
	160-170	3.2	35.8	61.0	arcilla limosa					*
	170-180	1.3	53.9	44.8	limo arcilloso					*
40	0-5	3.6	48.7	47.7	limo arcilloso					*
	5-10	24.6	39.1	36.3	limo arcilloso				*	*
	10-20	0.9	49.5	49.6	arcilla limosa					*
	20-30	0.7	50.1	49.2	limo arcilloso					*
	30-40	0.4	49.8	49.8	limo arcilloso					*
42	0-5	11.6	58.9	29.5	limo arcilloso					*
	5-10	2.2	51.9	45.9	limo arcilloso					*
	10-20	2.0	53.0	45.0	limo arcilloso					*
	20-30	3.0	61.5	35.5	limo arcilloso					*
	30-40	0.7	59.1	40.2	limo arcilloso					*
	40-50	0.8	45.3	53.9	arcilla limosa					*
	50-60	2.5	51.1	46.4	limo arcilloso					*
	60-70	6.7	54.8	38.5	limo arcilloso					*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
	70-80	4.3	37.6	58.1	arcilla limosa						*
	80-90	7.0	53.9	39.1	limo arcilloso						*
	90-100	12.4	52.8	34.8	limo arcilloso						*
	100-110	5.5	67.6	26.9	limo arcilloso						*
	110-120	1.7	47.9	50.4	arcilla limosa						*
	120-130	4.2	53.7	42.1	limo arcilloso						*
	130-140	3.4	48.8	47.8	limo arcilloso						*
	140-150	6.1	53.7	40.2	limo arcilloso						*
	150-160	1.9	50.8	47.3	limo arcilloso						*
	160-170	10.5	57.6	31.9	limo arcilloso						*
	170-180	2.4	51.2	46.4	limo arcilloso						*
50	0-5	6.1	45.3	48.6	arcilla limosa						*
	5-10	0.4	53.4	46.2	limo arcilloso						*
	10-20	0.6	51.7	47.7	limo arcilloso						*
	20-30	2.6	48.7	48.7	limo arcilloso						*
	30-40	3.7	50.0	46.3	limo arcilloso						*
	40-50	3.2	54.3	42.5	limo arcilloso						*
	50-60	9.0	49.6	41.4	limo arcilloso						*
	60-70	5.8	64.5	29.7	limo arcilloso						*
	70-80	2.4	59.1	38.5	limo arcilloso						*
	80-90	1.2	56.4	42.4	limo arcilloso						*
	90-100	3.7	56.2	40.1	limo arcilloso						*
	100-110	2.3	67.4	30.3	limo arcilloso						*
	110-120	1.1	65.4	33.5	limo arcilloso						*
	120-130	0.8	51.4	47.8	limo arcilloso						*
	130-140	1.6	45.7	52.7	arcilla limosa						*
	140-150	0.5	48.9	50.6	arcilla limosa						*
53	0-5	5.6	48.0	46.4	limo arcilloso						*
	5-10	2.1	53.0	44.9	limo arcilloso						*
	10-20	4.2	37.1	58.7	arcilla limosa						*
	20-30	2.0	41.4	56.6	arcilla limosa						*
	30-40	1.3	40.9	57.8	arcilla limosa						*
	40-50	2.3	52.9	44.8	arcilla limosa						*
	50-60	1.2	50.3	48.5	limo arcilloso						*
	60-70	7.9	36.6	55.5	arcilla limosa						*
	70-80	1.5	42.4	56.1	arcilla limosa						*
	80-90	1.0	45.8	53.2	arcilla limosa						*
	90-100	0.2	40.5	59.3	arcilla limosa						*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %		Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos							
		Arena	Limo		Arcilla	I	II	III	IV	V	VI	
	100-110	0.1	55.2	44.7	limo arcilloso							*
	110-120	1.5	54.4	44.1	limo arcilloso							*
	120-130	0.2	65.1	34.7	limo arcilloso							*
54	0-5	0.5	54.0	45.5	limo arcilloso							*
	5-10	11.2	44.4	44.4	arcilla limosa							*
	10-20	0.8	46.8	52.4	arcilla limosa							*
	20-30	1.1	47.2	51.7	arcilla limosa							*
	30-40	19.8	54.7	25.5	limo arcilloso				*			*
	40-50	1.2	52.4	46.4	limo arcilloso							*
	50-60	14.4	43.5	42.1	limo arcilloso							*
	60-70	13.8	54.2	32.0	limo arcilloso							*
	70-80	4.4	66.6	29.0	limo arcilloso							*
	80-90	8.3	55.1	36.6	limo arcilloso							*
	90-100	3.8	50.6	45.6	limo arcilloso							*
	100-110	3.3	56.5	40.2	limo arcilloso							*
55	0-5	6.2	58.4	35.4	limo arcilloso							*
	5-10	7.8	61.6	30.6	limo arcilloso							*
	10-20	7.5	53.3	39.2	limo arcilloso							*
	20-30	8.9	67.4	23.7	limo arcilloso							*
	30-40	3.9	62.8	33.3	limo arcilloso							*
x	40-50	14.7	68.5	16.8	limo arcilloso		*					*
	50-60	12.5	53.0	34.5	limo arcilloso							*
	60-70	5.0	50.9	44.1	limo arcilloso							*
	70-80	14.1	65.2	20.7	limo arcilloso					*		*
	80-90	40.5	37.0	22.5	arena limo arc		*					*
	90-100	7.4	62.3	30.3	limo arcilloso							*
	100-110	8.6	64.9	26.5	limo arcilloso							*
	110-120	6.9	60.9	32.2	limo arcilloso							*
	120-130	2.1	50.0	47.9	limo arcilloso							*
	130-140	3.7	62.8	33.5	limo arcilloso							*
x	140-150	19.8	59.4	20.8	limo arcilloso			*				*
	150-160	15.2	51.5	33.3	limo arcilloso							*
	160-170	7.8	54.1	38.1	limo arcilloso							*
	170-180	9.8	50.6	39.6	limo arcilloso							*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
56	0-5	15.5	59.5	25.0	limo arcilloso						*
	5-10	31.0	54.8	14.2	limo arenoso	*					
	10-20	15.1	63.9	21.0	limo arcilloso						*
	20-30	12.7	61.0	26.3	limo arcilloso						*
	30-40	13.1	54.6	32.3	limo arcilloso						*
61	0-5	9.9	52.7	37.4	limo arcilloso						*
	5-10	31.8	53.3	14.9	limo arenoso		*				
	10-20	58.9	32.9	8.2	arena limosa	*					
	20-30	6.8	72.8	50.4	limo arcilloso						*
62	0-5	17.4	51.7	30.9	limo arcilloso						*
	5-10	13.5	51.7	34.8	limo arcilloso						*
	10-20	3.7	61.0	35.3	limo arcilloso						*
	20-30	4.2	64.2	31.6	limo arcilloso						*
	30-40	3.4	63.3	33.3	limo arcilloso						*
	40-50	3.5	57.0	39.5	limo arcilloso						*
63	0-5	6.4	64.5	29.1	limo arcilloso						*
	5-10	16.1	56.6	27.3	limo arcilloso						*
	x 10-15	23.0	57.8	19.2	limo arenoso			*			
64	0-5	24.0	58.2	17.8	limo arenoso	*					
	5-10	2.9	64.5	32.6	limo arcilloso						*
	10-20	3.3	52.6	44.1	limo arcilloso						*
	20-30	1.5	58.0	40.5	limo arcilloso						*
	30-40	3.4	65.3	31.3	limo arcilloso						*
	40-50	1.1	43.5	55.4	arcilla limosa						*
	50-60	3.9	52.4	43.7	limo arcilloso						*
	60-70	2.4	43.1	54.8	arcilla limosa						*
	70-80	6.3	57.2	36.5	limo arcilloso						*
	89-90	7.8	64.2	28.0	limo arcilloso						*
	90-100	7.0	63.6	29.4	limo arcilloso						*
	100-110	5.9	56.6	37.5	limo arcilloso						*
	65	0-5	6.4	56.6	37.0	limo arcilloso					
5-10		5.3	50.2	44.5	limo arcilloso						*
10-20		7.6	54.5	37.9	limo arcilloso						*
20-30		2.3	57.6	40.1	limo arcilloso						*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
67	0-5	17.1	51.6	31.3	limo arcilloso						*
	5-10	46.9	49.1	4.0	limo arenoso	*					
	10-20	24.8	51.1	24.1	limo are-arc		*				
	20-30	40.6	43.2	16.2	limo arenoso		*				
	30-40	37.4	54.3	8.3	limo arenoso	*					
	40-50	10.3	60.0	29.7	limo arenoso						*
	50-60	25.2	62.3	12.5	limo arenoso		*				
	60-70	9.3	65.3	25.4	limo arcilloso						*
	70-80	21.4	53.7	24.9	limo arcillo are			*			
71	0-5	4.2	74.0	21.8	limo arcilloso			*			
	5-10	2.4	57.4	40.2	limo arcilloso						*
	10-20	0.7	37.8	61.5	arcilla limosa						*
	20-30	1.0	47.6	51.4	arcilla limosa						*
	30-40	0.9	40.7	58.4	arcilla limosa						*
	40-50	0.6	41.5	57.9	arcilla limosa						*
	50-60	0.6	47.9	51.5	arcilla limosa						*
	60-70	5.2	52.4	42.4	limo arcilloso						*
	70-80	0.5	48.7	50.8	arcilla limosa						*
72	0-5	5.8	53.2	41.0	limo arcilloso						*
	5-10	6.4	45.2	48.4	arcilla limosa						*
	10-20	6.8	46.6	46.6	arcilla limosa						*
	20-30	0.9	46.9	52.2	arcilla limosa						*
	30-40	5.9	49.3	44.8	limo arcilloso						*
	40-50	2.6	51.5	45.9	limo arcilloso						*
	50-60	2.3	47.7	50.0	arcilla limosa						*
	60-70	3.5	60.1	36.4	limo arcilloso						*
	70-80	2.4	52.3	45.3	limo arcilloso						*
80	0-5	2.0	47.3	50.7	arcilla limosa						*
	5-10	1.7	40.1	58.2	arcilla limosa						*
	10-20	0.6	61.5	37.9	limo arcilloso						*
	20-30	2.6	42.0	55.4	arcilla limosa						*
	30-40	1.7	44.2	54.1	arcilla limosa						*
	40-50	2.5	38.7	58.8	arcilla limosa						*
	50-60	2.0	34.1	68.9	arcilla limosa						*
	60-70	15.7	45.5	38.8	limo arcilloso						*
	70-80	1.6	29.9	58.5	arcilla limosa						*
	80-90	2.3	38.6	59.1	arcilla limosa						*
	90-100	3.6	49.4	47.0	limo arcilloso						*
100-110	2.4	34.7	62.9	arcilla limosa						*	

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
81	0-5	0.7	65.0	34.3	limo arcilloso						*
	5-10	0.6	44.9	54.5	arcilla limosa						*
	10-20	1.1	54.5	44.4	limo arcilloso						*
	20-30	2.5	69.0	28.5	limo arcilloso						*
	30-40	3.8	48.9	47.3	limo arcilloso						*
	40-50	1.2	50.2	48.6	limo arcilloso						*
	50-60	14.6	65.2	20.2	limo arcilloso				*		
	60-70	5.5	49.7	44.8	limo arcilloso						*
	70-80	1.3	50.0	48.7	limo arcilloso						*
	80-90	2.1	43.5	54.4	arcilla limosa						*
	90-100	3.8	42.0	54.2	arcilla limosa						*
	100-110	1.8	32.0	66.2	arcilla limosa						*
	110-120	1.7	41.3	57.0	arcilla limosa						*
	120-130	14.0	55.9	30.1	limo arcilloso						*
	130-140	2.5	52.8	44.7	limo arcilloso						*
	140-150	4.2	53.0	42.8	limo arcilloso						*
	150-160	2.2	48.4	49.4	arcilla limosa						*
160-170	2.4	39.1	58.5	arcilla limosa						*	
170-180	1.9	48.4	49.7	arcilla limosa						*	
180-190	2.0	39.5	58.5	arcilla limosa						*	
82	0-5	4.5	56.3	39.2	limo arcilloso						*
	5-10	0.9	75.1	24.0	limo						*
	10-20	2.9	48.6	48.5	limo arcilloso						*
	20-30	6.7	54.4	38.9	limo arcilloso				*		
	30-40	1.8	43.2	55.0	arcilla limosa						*
	40-50	1.8	40.6	57.6	arcilla limosa						*
	50-60	12.9	44.6	42.5	limo arcilloso						*
	60-70	19.0	52.9	28.1	limo arcilloso				*		
	70-80	7.2	47.5	45.3	limo arcilloso						*
	80-90	3.0	43.0	54.0	arcilla limosa						*
	90-100	3.5	60.9	35.6	limo arcilloso						*
	100-110	4.0	16.0	80.0	arcilla						*
110-120	3.2	44.3	52.5	arcilla limosa						*	
120-130	3.0	44.0	53.0	arcilla limosa						*	
92	0-5	0.8	43.1	56.1	arcilla limosa						*
	5-10	1.3	38.6	60.1	arcilla limosa						*
	10-20	2.9	38.5	58.6	arcilla limosa						*
	20-30	0.4	32.9	66.7	arcilla limosa						*
	30-40	1.0	37.9	61.1	arcilla limosa						*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
	40-50	1.6	38.5	59.9	arcilla limosa						*
	50-60	4.7	49.4	45.9	limo arcilloso						*
	60-70	2.1	42.8	55.1	arcilla limosa						*
	70-80	1.3	38.3	60.4	arcilla limosa						*
	80-90	3.5	36.7	59.8	arcilla limosa						*
	90-100	1.7	36.4	61.9	arcilla limosa						*
	100-110	1.6	50.4	48.0	limo arcilloso						*
	110-120	1.5	39.1	59.4	arcilla limosa						*
	120-130	8.0	43.3	48.7	arcilla limosa						*
	130-140	1.8	49.5	48.7	limo arcilloso						*
	140-150	1.1	40.7	58.2	arcilla limosa						*
	150-160	1.6	39.7	58.7	arcilla limosa						*
94	0-5	1.8	36.1	62.1	arcilla limosa						*
	5-10	2.3	39.7	58.0	arcilla limosa						*
	10-15	8.8	44.0	47.2	arcilla limosa						*
	15-20	58.3	22.6	19.1	arena limosa	*					
95	0-5	4.0	48.0	48.0	limo arcilloso						*
	5-10	11.5	62.9	25.6	limo arcilloso						*
	10-20	1.8	47.7	50.5	arcilla limosa						*
	20-30	12.1	59.4	28.5	limo arcilloso						*
	30-40	4.4	67.9	27.7	limo arcilloso						*
	40-50	14.4	63.5	22.1	limo arcilloso					*	*
	50-60	17.8	53.0	29.2	limo arcilloso						*
	60-70	13.0	61.0	26.0	limo arcilloso						*
96	0-5	2.0	57.4	40.6	limo arcilloso						*
	5-10	0.6	71.2	28.2	limo arcilloso						*
	10-20	0.8	46.5	52.7	arcilla limosa						*
	20-30	0.7	36.9	62.4	arcilla limosa						*
	30-40	3.2	46.6	50.2	arcilla limosa						*
	40-50	6.0	47.1	46.9	limo arcilloso						*
	50-60	0.4	73.0	26.6	limo arcilloso						*
	60-70	3.7	56.4	39.9	limo arcilloso						*
	70-80	5.2	49.7	45.1	limo arcilloso						*
	80-90	2.1	40.3	57.6	arcilla limosa						*
	90-100	5.8	50.7	43.5	limo arcilloso						*
	100-110	2.0	38.6	59.4	arcilla limosa						*

TABLA 5 (Cont.)

CONTENIDO PORCENTUAL DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Est. Núm.	Interv. (cm)	Contenido %			Nomenclatura (Shepard, 1954)	Grupos					
		Arena	Limo	Arcilla		I	II	III	IV	V	VI
	110-120	3.3	44.1	52.6	arcilla limosa						*
	120-130	10.2	56.1	33.7	limo arcilloso						*
	130-140	1.3	44.9	53.8	arcilla limosa						*
	140-150	1.5	40.7	57.8	arcilla limosa						*
97	0-5	31.5	48.2	20.3	limo areno arc	*					
	5-10	12.1	64.6	23.3	limo arcilloso						*
	10-20	12.3	57.4	30.3	limo arcilloso						*
	20-30	11.4	71.2	17.4	limo arcilloso				*		
	30-40	7.7	63.7	28.6	limo arcilloso					*	
	40-50	16.8	59.7	23.5	limo arcilloso				*		
	50-60	13.0	57.9	29.1	limo arcilloso					*	
	60-70	5.0	54.0	41.0	limo arcilloso					*	
	70-80	6.5	58.1	35.4	limo arcilloso					*	
107	0-5	1.1	39.3	59.6	arcilla limosa						*
	5-10	1.8	48.6	49.6	arcilla limosa						*
	10-20	0.5	40.6	58.9	arcilla limosa						*
	20-30	4.5	70.4	25.1	limo arcilloso						*
	30-40	2.1	49.1	48.8	limo arcilloso						*
	40-50	2.4	44.0	53.6	arcilla limosa						*
	50-60	11.2	42.9	45.9	arcilla limosa						*
	60-70	1.9	48.6	49.5	arcilla limosa						*
108	0-5	4.7	36.5	58.8	arcilla limosa						*
	5-10	0.9	31.3	67.8	arcilla limosa						*
	10-20	0.8	40.6	58.6	arcilla limosa						*
	20-30	0.9	51.7	47.4	limo arcilloso						*
	30-40	1.1	41.2	57.7	arcilla limosa						*
	40-50	1.2	49.6	49.2	limo arcilloso						*
	50-60	0.5	38.4	61.1	arcilla limosa						*
	60-70	1.3	36.4	62.3	arcilla limosa						*
	70-80	1.9	49.2	48.9	limo arcilloso						*
	80-90	1.8	52.4	45.8	limo arcilloso						*
	90-100	1.1	56.0	42.9	limo arcilloso						*
	100-110	2.6	65.8	31.6	limo arcilloso						*
	110-120	6.4	68.1	25.5	limo arcilloso						*
	120-130	1.0	59.0	40.0	limo arcilloso						*
130-140	3.0	86.0	11.0	limo						*	

TABLA 6

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
1	0-5	6.83	2.03	-0.07	0.80	0.44	3.95
	5-10	8.12	2.02	0.03	0.70	0.41	5.30
	10-20	8.23	2.28	-0.07	0.72	0.42	4.50
	20-30	8.37	2.22	-0.13	0.84	0.46	4.20
	30-40	8.23	2.18	-0.14	0.85	0.46	4.50
	40-50	8.43	2.04	-0.11	0.91	0.47	4.45
	50-60	7.90	2.32	-0.02	0.68	0.41	4.45
	60-70	7.87	2.41	-0.11	0.76	0.43	4.45
	70-80	7.25	2.66	0.32	0.52	0.34	4.05
2	0-20	8.08	2.07	0.26	0.82	0.45	5.20
	20-30	8.20	2.35	0.08	0.64	0.39	4.80
	30-40	8.17	2.30	0.22	0.84	0.46	4.70
	40-50	8.15	2.30	0.16	0.71	0.42	4.90
	50-60	8.54	2.00	0.31	0.58	0.37	5.60
	60-70	7.50	2.32	0.24	0.82	0.45	4.50
	70-80	8.14	2.07	0.12	0.88	0.47	5.30
	80-90	8.24	2.24	0.21	0.68	0.41	4.80
	90-100	8.43	2.03	0.36	0.57	0.36	5.50
	100-110	7.54	2.10	0.08	0.83	0.45	4.40
	110-120	8.17	1.79	0.08	0.91	0.48	4.82
	120-130	8.26	1.79	-0.13	0.93	0.48	5.40
	130-140	9.00	1.84	-0.32	1.05	0.51	5.80
	140-150	8.40	2.28	0.01	0.86	0.46	4.57
	150-160	8.03	1.79	-0.25	0.92	0.48	4.80
	160-170	8.20	1.65	0.13	0.83	0.45	5.25
8	0-5	7.40	2.12	0.05	0.90	0.47	4.10
	5-10	6.83	2.24	0.42	0.88	0.47	4.39
	10-20	6.70	2.61	0.29	1.15	0.53	3.40
	20-30	6.88	2.75	0.24	0.88	0.47	2.75
	30-40	8.07	2.06	-0.04	0.77	0.43	4.80
	40-50	8.00	2.08	0.29	0.69	0.41	5.38
	50-60	8.18	2.21	0.05	0.69	0.41	5.00
	60-70	8.20	2.12	-0.14	0.76	0.43	4.70
9	0-5	7.60	2.64	0.31	0.68	0.41	4.20
	5-10	7.57	2.49	0.25	0.74	0.43	4.20
	10-20	6.18	2.49	0.52	0.92	0.48	2.80
	20-30	8.08	2.32	-0.02	0.71	0.42	4.55
	30-40	7.27	2.24	0.19	0.77	0.43	4.21

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
	40-50	7.77	2.13	-0.01	0.76	0.43	4.56
	50-60	7.63	2.35	0.19	0.71	0.42	4.24
	60-70	7.70	2.30	-0.09	0.71	0.41	4.50
	70-80	8.17	2.06	0.01	0.67	0.40	5.19
	80-90	7.47	2.39	-0.01	0.73	0.42	3.95
	90-100	8.21	2.30	0.12	0.72	0.42	4.62
	100-110	8.12	2.42	-0.13	0.80	0.44	4.00
	110-120	8.37	2.30	-0.01	0.70	0.41	4.80
10	0-5	8.18	1.83	0.04	0.91	0.48	5.40
	5-10	9.04	2.10	-0.37	0.80	0.45	4.76
	10-20	7.95	1.88	0.16	0.72	0.42	4.80
	20-30	8.33	2.27	0.13	0.99	0.50	4.50
	30-40	8.11	2.21	-0.10	0.10	0.52	4.302
	40-50	7.53	2.24	0.21	0.86	0.46	4.40
	50-60	8.22	1.96	0.27	0.78	0.44	4.95
	60-70	8.38	1.77	-0.10	0.85	0.46	5.45
	70-80	8.36	2.09	-0.09	1.16	0.54	4.60
	80-90	8.03	2.05	-0.06	0.87	0.47	4.60
	90-100	7.70	2.42	0.11	0.94	0.48	3.99
	100-110	7.27	2.14	0.08	0.80	0.44	3.99
	110-120	7.10	2.04	0.15	0.69	0.41	4.45
	120-130	7.39	1.85	0.22	0.77	0.43	4.92
	130-140	8.11	2.16	0.09	0.97	0.49	4.74
	140-150	7.53	1.75	0.12	0.96	0.49	5.20
	150-160	7.41	1.61	-0.06	1.02	0.50	4.60
	160-170	8.46	1.92	-0.04	0.80	0.44	5.50
11	0-5	7.32	2.06	0.06	1.13	0.53	3.95
	5-10	8.32	2.60	-0.18	0.79	0.44	3.80
	10-20	7.95	2.52	0.05	0.81	0.45	3.95
	20-30	6.06	3.02	0.08	0.63	0.38	2.20
	30-40	8.72	2.10	-0.08	0.74	0.43	5.10
	40-50	8.68	2.02	-0.13	0.81	0.45	4.95
	50-60	8.47	1.57	-0.22	1.05	0.51	5.60
	60-70	8.83	2.02	-0.07	0.66	0.40	5.40
	70-80	8.57	2.11	-0.04	0.81	0.45	5.05
	80-90	8.52	1.86	0.27	0.78	0.44	5.20
	90-100	7.95	2.17	-0.06	0.82	0.45	4.70
	100-110	8.67	2.00	0.02	0.83	0.45	5.30
	110-120	5.11	2.29	0.57	0.91	0.48	2.30
	120-130	4.93	2.29	0.25	0.78	0.44	2.35
	130-140	6.00	2.73	-0.13	0.88	0.47	2.40

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
	40-150	5.93	2.57	-0.02	0.95	0.49	2.55
	50-160	5.45	2.53	0.16	1.17	0.52	2.15
	160-170	5.63	2.27	0.05	1.21	0.55	2.70
	170-180	5.88	2.58	0.08	0.87	0.47	2.55
27	0-5	8.03	1.81	0.11	0.84	0.46	5.60
	5-10	8.08	2.01	0.12	0.79	0.44	5.10
	10-20	8.22	2.09	0.04	0.93	0.48	4.65
	20-30	7.55	1.97	-0.11	0.80	0.44	4.50
	30-40	8.62	1.96	-0.05	0.78	0.44	5.30
	40-50	8.20	1.70	0.05	0.75	0.43	5.60
	50-60	8.06	2.33	0.14	0.70	0.41	4.67
	60-70	7.93	2.10	0.06	0.73	0.42	4.80
	70-80	8.47	1.94	-0.02	0.77	0.44	5.10
	80-90	7.72	2.15	0.23	0.80	0.44	4.75
	90-100	7.48	1.96	0.41	0.88	0.47	5.20
	100-110	8.18	2.02	-0.03	0.85	0.46	4.70
	110-120	8.18	2.08	0.08	0.71	0.41	5.10
	20-130	8.15	2.28	0.23	0.70	0.41	4.90
30	0-5	6.47	2.38	0.03	1.55	0.61	1.74
	5-10	8.15	2.57	-0.11	0.60	0.37	4.05
	10-20	7.50	2.49	0.11	0.89	0.47	3.95
	20-30	7.50	2.05	0.32	0.89	0.47	4.70
	30-40	7.88	2.52	0.17	0.74	0.42	4.25
	40-50	8.07	2.17	0.26	0.75	0.42	4.85
	50-60	7.98	2.25	0.17	0.67	0.44	4.70
	60-70	8.32	2.40	-0.05	0.79	0.44	4.30
	70-80	7.98	2.37	0.13	0.81	0.45	4.55
	80-90	8.03	2.06	-0.17	1.21	0.55	4.45
	90-100	6.83	1.87	0.14	1.01	0.50	3.90
	100-110	7.05	1.97	0.00	1.03	0.51	3.80
	110-120	7.41	1.92	0.04	1.09	0.52	3.95
	120-130	7.38	2.06	0.06	1.19	0.54	3.90
	130-140	7.00	2.37	0.05	0.78	0.44	3.90
31	0-5	8.10	2.12	-0.07	0.90	0.47	4.60
	5-10	7.11	1.69	0.10	1.05	0.51	4.60
	10-20	4.68	2.43	0.14	0.75	0.43	1.40
	20-30	7.40	1.83	0.10	0.93	0.48	4.40
	30-40	8.02	1.95	-0.01	0.78	0.44	4.60
	40-50	7.84	2.01	0.03	0.77	0.43	4.60

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.							
Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_i(\phi)$	$\sigma_i(\phi)$	$Sk_i$	$K_g$	$K'_g$	$\phi_5$
	50-60	7.48	2.00	0.04	1.11	0.53	3.95
	60-70	8.43	2.02	-0.06	0.92	0.48	4.65
	70-80	7.40	2.06	0.05	0.96	0.49	4.00
	80-90	8.30	1.70	-0.11	0.93	0.48	5.70
	90-100	8.30	1.56	0.02	1.01	0.50	5.80
	100-110	8.20	1.64	0.02	0.96	0.49	5.64
	110-120	8.02	2.03	0.10	0.77	0.44	5.32
	120-130	8.30	1.87	-0.03	0.94	0.48	5.10
	130-140	7.40	2.04	0.07	1.15	0.53	4.00
	140-150	8.37	1.69	-0.18	0.72	0.42	5.65
	150-160	7.72	2.31	0.08	0.97	0.49	3.95
	160-170	8.22	2.05	0.02	0.94	0.48	4.80
	170-180	8.52	2.06	0.11	0.87	0.46	5.30
32	0-5	7.83	1.92	0.00	0.88	0.47	4.90
	5-10	6.91	1.75	0.20	1.23	0.55	4.20
	10-20	6.93	1.87	0.09	0.95	0.49	3.90
	20-30	4.93	1.23	0.28	2.21	0.69	2.65
	30-40	6.21	1.85	0.10	1.06	0.51	3.00
	40-50	5.70	2.41	0.00	1.21	0.55	2.45
37	0-5	7.88	2.07	0.13	0.83	0.45	4.80
	5-10	7.97	1.95	0.06	0.76	0.43	5.15
	10-20	7.83	1.85	0.40	0.70	0.41	5.20
	20-30	8.20	2.00	0.05	0.75	0.43	5.05
	30-40	8.08	2.05	0.10	0.95	0.49	5.15
	40-50	7.55	2.11	0.12	0.78	0.44	4.65
	50-60	8.18	1.98	-0.01	0.67	0.40	5.35
	60-70	8.52	1.94	-0.03	0.75	0.43	5.40
	70-80	8.08	2.59	-0.15	0.49	0.33	4.50
	80-90	8.70	2.00	-0.02	0.75	0.43	5.30
	90-100	8.38	1.96	0.08	0.71	0.42	5.45
	100-110	8.58	1.99	0.02	0.78	0.44	5.10
	110-120	8.25	2.02	-0.09	0.71	0.42	5.25
	120-130	8.10	2.09	0.02	0.86	0.46	5.00
	130-140	8.15	2.21	-0.03	0.76	0.43	4.70
	140-150	6.83	2.37	0.28	0.81	0.45	3.90
	150-160	8.12	2.06	0.06	0.79	0.44	5.10
	160-170	8.23	2.14	-0.09	0.75	0.43	4.70
	170-180	7.78	2.16	0.12	0.94	0.48	4.65
	180-190	8.17	2.03	0.08	0.74	0.43	5.20

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.							
Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_a$	$K'_a$	$\phi_5$
39	0-5	7.20	2.52	0.16	0.94	0.48	2.40
	5-10	8.43	2.01	-0.06	0.80	0.44	4.75
	10-20	8.53	2.26	0.01	0.96	0.49	4.20
	20-30	7.22	1.89	0.09	1.15	0.53	4.20
	30-40	7.67	2.44	-0.11	0.77	0.44	4.10
	40-50	8.03	1.97	0.17	1.28	0.56	4.80
	50-60	7.85	2.52	0.19	0.80	0.44	4.50
	60-70	8.08	1.86	0.01	1.12	0.53	4.55
	70-80	8.07	2.65	-0.13	0.74	0.43	3.95
	80-90	7.88	2.56	0.13	0.96	0.49	3.90
	90-100	7.75	2.32	0.16	0.80	0.44	4.40
	100-110	8.40	2.33	-0.09	0.77	0.44	4.40
	110-120	8.35	2.24	0.14	0.86	0.46	4.60
	120-130	7.90	1.94	0.23	0.76	0.43	5.30
	130-140	7.87	2.26	0.02	0.91	0.48	4.10
	140-150	7.90	2.02	-0.06	0.75	0.43	4.50
	150-160	8.08	2.19	0.05	0.66	0.40	5.10
160-170	8.47	2.11	-0.06	1.18	0.54	4.50	
170-180	7.97	2.15	0.14	0.73	0.42	4.93	
40	0-5	7.97	1.98	0.06	0.85	0.46	5.05
	5-10	6.40	3.27	-0.12	0.72	0.42	2.05
	10-20	8.33	2.15	0.16	0.62	0.38	5.48
	20-30	8.36	2.20	0.12	0.75	0.43	4.95
	30-40	8.38	2.23	0.13	0.68	0.40	4.90
42	0-5	6.60	2.20	0.17	0.76	0.43	3.28
	5-10	7.90	2.21	0.08	0.89	0.47	4.50
	10-20	8.13	2.37	0.16	0.57	0.36	4.70
	20-30	7.70	2.57	0.26	0.79	0.44	4.30
	30-40	7.83	2.34	0.17	0.70	0.41	4.60
	40-50	8.41	2.00	0.06	0.75	0.43	5.00
	50-60	8.02	2.30	0.07	0.67	0.40	4.50
	60-70	7.30	2.38	0.09	0.79	0.44	3.90
	70-80	8.38	2.54	-0.28	0.64	0.39	4.10
	80-90	7.48	2.54	0.12	0.76	0.43	3.90
	90-100	7.08	2.83	0.04	0.90	0.47	1.85
	100-110	7.18	2.33	0.15	0.77	0.43	4.00
	110-120	8.53	2.21	-0.04	0.83	0.45	4.80
120-130	7.62	2.17	0.01	0.91	0.48	4.10	

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Num.	Intervalo (cm)	$M_i(\phi)$	$\sigma_i(\phi)$	$Sk_i$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
	130-140	8.27	2.16	0.11	0.77	0.44	4.50
	140-150	7.60	2.45	0.08	0.87	0.47	3.90
	150-160	8.05	2.15	0.04	0.90	0.47	4.60
	160-170	6.90	2.43	0.18	0.77	0.44	3.80
	170-180	7.88	2.23	0.05	0.74	0.42	4.50
50	0-5	8.08	2.32	0.00	0.77	0.43	4.00
	5-10	7.92	2.31	0.05	0.72	0.42	4.65
	10-20	8.03	2.15	0.11	0.63	0.39	5.20
	20-30	7.81	2.01	-0.13	0.75	0.43	4.46
	30-40	7.99	2.52	0.06	0.78	0.44	4.20
	40-50	7.83	2.02	0.10	0.88	0.47	4.52
	50-60	7.68	2.76	0.35	0.60	0.38	3.88
	60-70	7.11	2.33	0.41	0.98	0.50	3.99
	70-80	7.54	2.25	0.29	0.78	0.44	4.54
	80-90	7.47	2.04	0.11	0.69	0.41	4.60
	90-100	7.39	2.08	0.16	0.67	0.40	4.27
	100-110	7.13	2.07	0.20	0.84	0.46	4.35
	110-120	7.61	1.99	0.16	0.93	0.48	4.83
	120-130	7.83	2.21	0.02	0.81	0.45	4.60
	130-140	7.86	2.04	-0.18	0.89	0.49	4.52
	140-150	8.15	2.17	-0.02	0.25	0.46	4.00
53	0-5	7.81	2.17	-0.03	0.94	0.49	3.98
	5-10	7.88	1.89	0.12	0.83	0.45	5.08
	10-20	8.55	2.24	-0.25	0.84	0.46	4.30
	20-30	8.34	2.12	-0.15	0.80	0.44	4.62
	30-40	8.67	2.12	-0.36	0.87	0.47	4.80
	40-50	7.62	2.17	-0.03	0.75	0.43	4.40
	50-60	7.93	1.94	0.05	0.83	0.45	5.10
	60-70	7.77	2.41	0.08	1.12	0.53	3.90
	70-80	8.37	1.85	-0.27	0.74	0.43	5.31
	80-90	8.63	1.78	-0.26	0.89	0.47	5.54
	90-100	8.76	1.85	-0.25	0.78	0.44	5.52
	100-110	7.83	2.14	0.17	0.68	0.40	5.09
	110-120	7.86	1.83	0.09	0.89	0.47	5.20
	120-130	7.11	2.21	0.35	0.71	0.42	4.60

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_i(\phi)$	$\sigma_i(\phi)$	$Sk_i$	$K_o$	$K'_o$	$\phi_5$
54	0-5	8.17	2.01	0.19	0.83	0.45	5.22
	5-10	6.85	2.65	0.41	0.58	0.37	3.85
	10-20	8.37	2.32	0.02	0.77	0.43	4.75
	20-30	8.27	2.13	0.05	0.75	0.42	4.90
	30-40	6.22	2.57	0.12	0.94	0.48	2.60
	40-50	7.77	1.97	0.01	0.80	0.44	4.80
	50-60	7.40	2.87	-0.06	0.84	0.46	2.95
	60-70	6.93	2.62	0.10	0.98	0.49	3.05
	70-80	6.70	2.34	0.43	1.00	0.50	4.05
	80-90	7.33	2.56	0.16	1.00	0.50	3.90
	90-100	8.07	2.12	0.14	0.77	0.44	5.15
	100-110	7.72	2.32	0.12	0.87	0.47	4.30
	55	0-5	7.03	2.31	0.17	0.79	0.44
5-10		7.10	2.38	0.28	0.85	0.46	3.95
10-20		7.60	2.39	0.08	0.83	0.45	3.95
20-30		6.73	2.03	0.20	1.06	0.52	3.90
30-40		7.03	2.05	0.14	0.98	0.49	4.15
40-50		6.05	2.36	0.07	1.38	0.58	1.60
50-60		7.13	2.58	0.13	0.73	0.42	3.80
60-70		7.85	2.42	0.05	0.79	0.44	4.00
70-80		6.18	2.51	0.06	1.23	0.55	1.85
80-90		5.98	2.76	0.28	1.16	0.50	1.55
90-100		6.70	2.46	0.49	0.75	0.43	3.95
100-110		6.85	2.22	0.22	1.00	0.50	3.90
110-120		7.15	2.23	0.08	0.98	0.50	3.75
120-130		8.10	2.13	0.07	0.81	0.45	4.70
130-140		7.31	2.51	0.13	0.62	0.38	4.10
140-150		6.30	2.60	0.00	1.16	0.54	1.80
150-160		6.85	2.59	0.26	0.70	0.41	3.80
160-170	7.35	2.30	0.00	0.77	0.43	3.90	
170-180	7.35	2.49	0.08	0.75	0.43	3.85	
56	0-5	6.32	2.40	0.35	0.84	0.46	3.10
	5-10	5.31	2.36	0.23	1.10	0.52	2.05
	10-20	6.38	2.63	0.28	1.19	0.54	2.45
	20-30	6.67	1.64	0.23	0.94	0.48	2.60
	30-40	6.93	2.82	0.12	0.84	0.45	2.55

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.							
Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_z(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_z$	$K_g$	$K'_g$	$\phi_5$
61	0-5	7.41	2.24	0.06	0.90	0.47	3.82
	5-10	5.35	2.58	0.14	1.92	0.66	0.65
	10-20	4.12	1.99	0.36	1.44	0.59	1.50
	20-30	6.68	1.96	0.30	1.01	0.50	3.90
62	0-5	6.49	2.58	0.24	0.71	0.41	3.15
	5-10	7.28	2.52	-0.02	1.09	0.52	2.30
	10-20	7.43	2.21	0.22	1.08	0.52	4.10
	20-30	7.57	2.27	0.23	0.96	0.49	4.15
	30-40	7.07	2.18	0.22	0.77	0.43	4.20
	40-50	7.47	2.05	0.10	0.79	0.44	4.30
63	0-5	7.29	2.26	0.17	0.84	0.46	3.95
	5-10	6.43	2.59	0.37	0.73	0.42	2.55
	10-20	6.03	2.52	0.31	1.18	0.54	2.3
64	0-5	5.55	2.38	0.10	1.05	0.51	1.70
	5-10	7.15	2.23	0.19	0.68	0.40	4.24
	10-20	8.13	2.19	0.10	0.89	0.47	4.35
	20-30	7.87	2.31	0.19	0.70	0.41	4.61
	30-40	7.37	2.27	0.22	0.78	0.44	4.30
	40-50	8.27	2.02	-0.10	0.74	0.43	5.05
	50-60	7.85	2.45	0.10	0.74	0.43	4.20
	60-70	8.18	1.92	-0.15	0.71	0.41	4.75
	70-80	7.23	2.18	-0.07	1.06	0.51	3.95
	80-90	7.13	2.03	0.07	0.98	0.49	3.90
	90-100	7.12	2.07	0.07	0.99	0.50	3.90
	100-110	7.47	2.24	0.06	0.90	0.47	3.98
	65	0-5	7.08	2.21	0.11	0.77	0.43
5-10		7.77	2.39	0.00	0.87	0.46	4.00
10-20		7.31	2.35	-0.02	0.79	0.45	3.90
20-30		7.64	2.22	0.03	0.77	0.44	4.40
67	0-5	6.50	2.61	0.07	0.94	0.49	2.20
	5-10	4.48	1.69	0.26	1.15	0.53	1.75
	10-20	5.68	2.23	0.15	0.68	0.41	2.35
	20-30	5.60	2.46	0.32	1.24	0.55	2.05
	30-40	4.52	1.95	0.19	1.42	0.58	1.70

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$SK_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
	40-50	6.77	2.42	0.27	0.87	0.46	3.80
	50-60	5.32	2.26	-0.07	1.07	0.52	1.90
	60-70	6.68	2.02	0.09	0.84	0.46	3.90
	70-80	5.85	2.74	0.13	0.96	0.49	2.40
71	71-05	6.06	2.11	0.73	0.89	0.47	4.05
	5-10	7.73	2.48	0.24	0.69	0.41	4.34
	10-20	8.52	2.05	-0.21	0.76	0.43	5.00
	20-30	8.27	2.18	0.01	0.75	0.43	4.76
	30-40	8.41	2.16	-0.17	0.87	0.47	4.68
	40-50	8.43	1.92	0.00	0.66	0.40	5.80
	50-60	8.21	2.27	0.01	0.68	0.41	4.78
	60-70	7.94	2.09	0.05	1.04	0.51	4.00
	70-80	8.33	2.26	0.09	0.70	0.41	5.05
72	0-5	7.40	2.20	-0.03	0.85	0.46	3.98
	5-10	7.78	2.59	0.20	0.73	0.42	3.95
	10-20	7.83	2.54	-0.01	0.71	0.42	3.90
	20-30	8.02	2.39	0.00	0.64	0.39	4.50
	30-40	7.43	2.14	-0.22	0.87	0.46	3.95
	40-50	8.17	2.34	0.15	0.68	0.41	4.65
	50-60	8.33	2.22	0.12	0.73	0.42	5.03
	60-70	7.90	2.20	-0.19	0.90	0.47	4.30
	70-80	8.00	2.27	0.12	0.68	0.40	4.65
80	0-5	7.30	2.12	-0.28	0.87	0.47	4.31
	5-10	8.87	2.23	-0.28	0.68	0.40	4.70
	10-20	7.13	2.35	0.28	0.63	0.39	4.40
	20-30	8.72	2.13	-0.20	0.88	0.47	4.70
	30-40	8.18	2.28	-0.17	0.77	0.43	8.18
	40-50	8.77	2.04	-0.24	0.83	0.45	5.10
	50-60	8.98	1.97	-0.16	0.66	0.40	5.50
	60-70	7.02	2.75	-0.03	0.93	0.48	2.35
	70-80	8.63	2.14	-0.02	0.74	0.42	4.90
	80-90	8.73	2.19	-0.10	0.81	0.45	4.60
	90-100	8.00	1.99	0.02	1.03	0.51	4.50
	100-110	8.60	1.88	-0.23	0.91	0.48	5.10

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.							
Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_i(\phi)$	$\sigma_i(\phi)$	$Sk_i$	$K_a$	$K'_a$	$\phi_5$
81	0-5	7.65	1.74	0.18	0.90	0.47	5.25
	5-10	8.17	2.35	-0.07	0.72	0.42	4.70
	10-20	7.79	1.86	0.07	0.87	0.47	5.15
	20-30	7.13	1.61	-0.09	1.13	0.53	4.50
	30-40	8.11	2.48	0.03	0.82	0.45	4.20
	40-50	8.27	1.96	0.14	0.91	0.48	5.26
	50-60	6.16	2.36	-0.06	1.38	0.58	2.10
	60-70	8.04	2.50	0.08	0.90	0.47	4.00
	70-80	8.17	2.14	0.05	0.83	0.45	4.80
	80-90	8.23	2.38	0.00	0.85	0.46	4.45
	90-100	8.35	2.36	-0.06	0.90	0.47	4.30
	100-110	8.83	2.22	-0.40	0.59	0.37	5.20
	110-120	8.52	2.14	-0.02	0.87	0.46	4.75
	120-130	6.80	2.64	0.01	1.21	0.54	2.35
	130-140	8.00	2.04	0.14	0.87	0.46	4.85
	140-150	7.63	2.15	-0.02	0.86	0.46	4.10
	150-160	8.08	2.41	0.12	0.80	0.44	4.48
160-170	8.59	2.10	0.02	0.77	0.44	5.18	
170-180	8.27	2.20	0.10	0.84	0.45	4.74	
180-190	8.40	1.86	-0.13	0.78	0.44	4.90	
82	0-5	7.38	1.78	-0.11	1.01	0.50	4.25
	5-10	7.40	1.83	0.52	1.13	0.53	4.88
	10-20	8.31	2.26	0.17	0.79	0.44	4.65
	20-30	7.07	2.07	-0.07	0.96	0.49	3.95
	30-40	8.33	2.10	0.01	0.94	0.49	4.90
	40-50	8.70	2.05	0.02	0.64	0.39	5.50
	50-60	7.40	2.37	-0.05	0.78	0.44	3.85
	60-70	6.36	2.60	0.00	0.93	0.48	1.65
	70-80	7.68	2.04	-0.20	1.08	0.52	3.20
	80-90	7.98	2.03	-0.16	0.98	0.50	4.55
	90-100	7.10	2.24	0.14	0.81	0.45	4.15
	100-110	9.44	2.10	-0.56	1.02	0.50	4.45
	110-120	8.03	2.02	-0.09	0.97	0.49	4.35
92	0-5	8.03	1.92	-0.12	0.94	0.49	5.10
	5-10	7.82	1.98	-0.22	1.52	0.60	4.65
	10-20	8.38	2.20	-0.12	0.88	0.47	4.65
	20-30	8.77	1.85	0.04	1.03	0.51	4.90

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_1(\phi)$	$\sigma_1(\phi)$	$Sk_1$	$K_0$	$K'_0$	$\phi_5$
	30-40	8.55	2.12	0.06	0.83	0.45	5.10
	40-50	8.53	2.10	-0.04	0.84	0.46	4.85
	50-60	7.52	2.04	-0.13	1.16	0.54	4.10
	60-70	8.48	2.10	0.02	0.80	0.44	4.90
	70-80	8.53	2.20	0.01	0.83	0.45	4.80
	80-90	8.13	2.32	-0.23	0.67	0.40	4.35
	90-100	8.63	2.14	0.03	0.91	0.48	4.95
	100-110	8.18	1.90	0.10	1.09	0.52	4.90
	110-120	7.97	1.66	-0.27	0.74	0.42	5.20
	120-130	7.52	1.95	-0.25	1.32	0.57	3.90
	130-140	7.85	2.63	-0.01	0.53	0.35	4.30
	140-150	8.60	2.09	0.05	0.77	0.44	5.20
	150-160	8.52	1.86	-0.20	0.63	0.39	5.05
94	0-5	8.58	2.21	-0.13	0.98	0.50	4.30
	5-10	8.23	1.88	-0.08	1.25	0.56	4.65
	10-15	7.93	2.61	0.00	0.82	0.45	3.89
	15-20	3.66	4.12	0.46	0.65	0.39	-0.80
95	0-5	7.60	2.13	-0.13	0.98	0.50	4.12
	5-10	6.67	2.25	0.22	1.05	0.51	3.81
	10-20	8.27	2.30	0.07	0.69	0.41	4.60
	20-30	6.87	2.29	0.10	1.05	0.51	3.80
	30-40	6.97	1.99	0.23	1.12	0.53	4.10
	40-50	6.40	2.54	0.07	1.32	0.57	2.15
	50-60	6.70	2.65	-0.12	1.18	0.54	2.05
	60-70	6.55	2.53	0.09	1.23	0.55	2.30
96	0-5	7.60	1.38	-0.13	1.09	0.52	5.05
	5-10	7.81	1.71	0.19	0.90	0.47	5.11
	10-20	8.26	1.89	0.04	0.88	0.47	5.17
	20-30	9.04	1.90	0.05	0.88	0.47	5.80
	30-40	8.09	1.75	0.03	0.78	0.44	4.90
	40-50	7.76	1.95	-0.05	0.98	0.49	3.95
	50-60	7.35	2.23	0.27	0.98	0.49	4.65
	60-70	7.63	2.40	0.16	0.77	0.44	5.17
	70-80	7.95	1.85	0.02	0.91	0.48	3.97
	80-90	8.54	2.26	-0.04	0.96	0.48	4.58

TABLA 6 (Cont.)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS ESTADISTICOS DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Mta. Núm.	Intervalo (cm)	$M_i(\phi)$	$\sigma_i(\phi)$	$SK_i$	$K_a$	$K'_a$	$\phi_5$
	90-100	7.61	2.21	0.02	0.91	0.48	3.98
	100-110	8.44	2.11	-0.05	1.03	0.51	5.39
	110-120	8.06	1.81	-0.08	0.91	0.48	4.30
	120-130	7.21	2.19	0.05	0.96	0.49	3.84
	130-140	7.85	2.15	-0.22	1.01	0.50	4.36
	140-150	8.55	2.41	-0.14	0.61	0.38	4.50
97	0-5	5.43	2.79	0.17	0.80	0.45	1.80
	5-10	6.91	2.15	0.08	1.20	0.54	3.10
	10-20	6.93	2.41	-0.04	1.11	0.53	2.45
	20-30	6.35	2.09	0.07	1.42	0.58	2.40
	30-40	7.23	2.05	0.11	0.97	0.49	3.90
	40-50	6.52	2.98	-0.04	1.23	0.55	2.10
	50-60	7.00	2.33	0.00	1.06	0.51	2.80
	60-70	7.14	2.05	-0.19	0.78	0.44	4.00
	70-80	7.50	2.02	0.01	1.06	0.51	3.95
107	0-5	8.38	1.82	-0.10	0.90	0.47	5.30
	5-10	7.94	1.94	-0.05	0.61	0.38	5.05
	10-20	8.33	1.64	-0.08	0.75	0.43	5.70
	20-30	6.78	1.78	0.22	0.92	0.48	4.10
	30-40	8.17	1.74	-0.01	0.86	0.46	4.90
	40-50	8.11	1.81	-0.11	0.84	0.45	5.04
	50-60	7.55	2.48	-0.16	0.83	0.45	3.05
	60-70	8.40	1.53	0.18	0.96	0.49	5.35
108	0-5	8.62	2.07	-0.07	1.13	0.53	4.20
	5-10	8.94	1.91	-0.07	1.09	0.51	5.60
	10-20	8.88	1.94	0.12	0.80	0.44	4.95
	20-30	7.90	2.61	0.01	0.52	0.34	4.40
	30-40	8.73	1.77	0.15	0.85	0.46	5.80
	40-50	8.05	1.73	0.03	0.99	0.50	5.20
	50-60	8.33	1.96	-0.17	0.78	0.44	5.30
	60-70	8.28	1.85	0.11	0.98	0.49	4.85
	70-80	8.05	1.91	-0.05	0.95	0.49	4.20
	80-90	8.08	1.83	0.12	1.10	0.52	4.75
	90-100	7.85	1.76	0.05	0.91	0.48	4.95
	100-110	7.40	1.61	0.12	0.83	0.45	5.05
	110-120	6.85	2.02	0.09	0.97	0.49	3.90
	120-130	7.71	1.56	0.39	0.91	0.48	5.30
	130-140	6.51	2.00	0.40	1.20	0.55	4.32

TABLA 7

## PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Est. Núm.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_z$	a
1	1.58	64.0	41.3	70.3	2.5	1.8	98.4	19.3	6.8	16.0
5	1.46	71.0	49.0	96.3	2.5	2.5	98.0	21.6	6.3	17.1
9	1.71	56.0	33.4	50.3	2.5	1.3	98.6	17.0	7.6	29.3
14	1.40	74.8	50.2	100.9	2.9	3.0	91.1	22.5	7.7	20.6
15	1.55	66.7	42.0	72.3	2.7	1.9	95.8	19.9	7.1	24.4
16	1.84	47.3	24.5	32.5	2.8	0.9	92.6	14.5	3.4	1.2
17	1.47	70.6	47.2	89.5	2.7	2.4	94.9	21.8	5.2	2.8
20	1.40	74.6	50.6	102.6	2.9	2.9	92.3	22.7	8.1	32.8
22	1.31	80.5	62.2	164.3	2.5	4.1	98.1	24.4	6.4	17.5
23	1.57	64.1	37.9	61.1	2.9	1.8	90.0	19.6	5.2	8.3
24	1.58	64.1	40.4	67.9	2.6	1.8	96.1	19.1	7.9	26.6
26	1.45	72.1	49.2	96.9	2.7	2.6	95.5	22.1	7.7	31.0
32	1.61	61.9	38.0	61.2	2.7	1.6	95.4	18.8	7.8	28.9
35	1.50	68.0	44.5	80.1	2.7	2.2	94.4	22.6	7.1	26.9
43	1.66	58.4	33.7	50.9	2.8	1.4	93.1	17.7	7.0	21.6
45	1.65	59.5	35.6	55.3	2.7	1.5	95.5	18.0	6.3	16.2
46	1.74	53.8	29.8	42.5	2.7	1.2	93.3	16.3	4.9	8.8
47	1.71	55.5	31.9	46.8	2.7	1.3	95.1	16.8	5.5	10.1
48	1.56	64.8	42.2	73.1	2.5	1.8	98.3	19.7	5.0	9.1
52	1.49	69.5	49.0	96.1	2.4	2.3	97.1	21.4	7.7	29.5
53	1.60	62.7	38.6	62.9	2.7	1.7	95.3	18.9	7.8	30.3
54	1.45	59.5	36.0	56.3	2.6	1.5	96.6	18.0	8.2	34.1
55	1.65	59.4	36.2	56.8	2.6	1.5	97.5	18.2	7.0	23.8
56	1.74	53.4	29.4	41.6	2.8	1.1	92.8	16.6	6.3	18.2
57	1.50	68.8	45.6	83.9	2.6	2.2	96.2	21.0	6.2	20.6
61	1.77	52.7	27.9	38.7	2.8	1.1	92.8	15.9	7.4	25.3
62	1.60	62.4	48.9	69.1	2.4	1.7	96.8	18.9	6.5	22.2
63	1.61	61.6	36.0	56.1	2.9	1.6	91.2	18.7	7.3	29.1
64	1.63	60.6	38.2	61.8	2.5	1.5	99.5	18.7	5.6	8.7
65	1.52	67.2	42.7	74.6	2.7	2.0	94.0	19.9	7.1	24.1
67	1.72	54.7	30.7	44.2	2.7	1.2	93.4	16.7	6.5	20.4
68	1.65	59.6	35.4	54.9	2.7	1.5	94.7	18.3	6.7	14.7
71	1.58	63.9	40.6	68.4	2.6	1.8	97.0	19.6	6.1	14.8
74	1.57	64.1	39.4	65.0	2.7	1.8	93.6	18.9	5.5	13.5
75	1.77	51.9	28.1	39.1	2.8	1.1	92.8	15.6	6.9	23.4
76	1.79	50.5	27.1	37.2	2.7	1.0	93.2	15.5	8.0	35.4
77	1.56	64.7	41.5	71.0	2.6	1.8	97.0	19.1	6.1	17.0
80	1.52	67.6	43.1	75.8	2.8	2.1	93.8	20.3	7.3	37.9
81	1.55	65.6	40.1	67.0	2.9	1.9	91.7	19.9	7.6	18.2
82	1.51	68.2	45.7	84.3	2.6	2.2	97.8	20.7	7.4	15.7
85	1.62	61.3	36.4	57.3	2.8	1.6	93.2	18.6	4.9	8.9

\* para el significado de los símbolos y sus unidades, consultar el texto.

TABLA 7 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Est.										
Núm.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{\text{sat}}$	S	Vv	$M_v$	a
87	1.70	56.0	30.6	44.1	2.9	1.3	90.1	16.9	3.5	2.7
88	1.72	55.1	31.8	46.6	2.6	1.2	96.1	16.6	4.1	6.9
89	1.52	67.7	44.5	80.1	2.6	2.1	96.4	21.7	6.4	18.6
90	1.39	75.8	54.2	118.5	2.6	3.1	96.1	23.0	7.6	31.0
92	1.60	62.2	36.5	57.6	2.9	1.7	91.2	18.9	8.0	33.3
94	1.60	62.4	38.6	62.9	2.6	1.7	95.9	18.9	8.6	40.0
96	1.73	54.3	29.0	40.9	2.9	1.2	89.7	16.4	7.6	14.4
98	1.48	70.3	44.9	81.4	2.9	2.4	91.1	21.3	6.9	23.4
100	1.69	56.8	31.7	46.4	2.8	1.3	91.3	17.2	4.7	5.3
101	1.79	50.1	26.5	36.0	2.8	1.0	91.7	15.3	2.9	1.8
103	1.77	51.7	27.2	37.3	2.9	1.1	90.2	15.7	3.5	2.0
104	1.56	66.3	42.3	73.4	2.7	2.0	95.1	20.1	6.4	9.3
106	1.32	80.2	60.7	154.1	2.6	4.1	96.4	24.1	7.5	11.0
110	1.35	78.0	56.5	129.7	2.7	3.5	94.9	23.2	4.0	17.5
111	1.48	70.1	49.7	98.7	2.4	2.4	100.0	21.2	3.1	6.8

TABLA 8

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_z$	a
1										
0-5	1.57	64.0	41.3	70.3	2.5	1.8	98.4	19.3	6.8	16.0
5-10	1.46	71.2	46.3	86.3	2.9	2.5	91.9	22.3	8.1	41.6
10-20	1.50	68.9	43.6	77.4	2.9	2.2	94.8	20.9	8.2	37.5
20-30	1.51	67.8	42.3	73.4	2.9	2.1	91.6	21.2	8.4	43.7
30-40	1.54	66.4	40.9	69.2	2.9	2.0	91.8	20.5	8.2	48.4
40-50	1.55	65.7	40.3	67.6	2.9	1.9	91.9	20.6	8.4	41.6
50-60	1.56	65.0	40.4	67.8	2.7	1.9	93.9	20.2	7.9	37.8
60-70	1.58	63.4	39.5	65.2	2.7	1.7	95.5	19.6	7.9	36.4
70-80	1.54	66.1	41.5	70.9	2.7	1.9	93.7	20.8	7.3	41.3
2										
5-10	1.40	75.0	51.3	105.1	2.9	3.0	95.6	23.5	8.1	29.7
10-20	1.35	78.0	55.3	123.5	2.9	3.5	95.9	24.0	8.1	29.7
20-30	1.39	75.6	52.0	108.2	2.9	3.1	95.6	23.5	8.2	32.0
30-40	1.45	72.1	47.4	90.2	2.9	2.6	99.8	22.2	8.2	34.9
40-50	1.42	74.2	50.0	100.1	2.9	2.9	92.3	22.9	8.2	30.7
50-60	1.48	70.3	46.0	85.3	2.8	2.4	93.6	22.3	8.5	34.6
60-70	1.51	68.0	43.6	77.3	2.8	2.1	93.8	20.9	7.5	25.9
70-80	1.47	70.6	45.6	83.7	2.9	2.4	91.9	22.1	8.1	26.2
80-90	1.45	72.0	48.3	93.3	2.8	2.6	94.1	22.6	8.2	36.1
90-100	1.47	70.5	46.5	87.0	2.8	2.4	94.0	22.1	8.4	30.2
100-110	1.52	67.8	43.7	77.5	2.7	2.1	94.4	20.9	7.5	25.0
110-120	1.45	72.0	48.8	95.4	2.7	2.6	95.0	22.3	8.2	32.1
120-130	1.48	69.8	44.7	80.7	2.9	2.3	91.9	21.6	8.3	31.9
130-140	1.50	68.7	42.7	74.6	2.9	2.2	90.2	21.3	9.0	63.6
140-150	1.45	71.5	46.3	86.3	2.9	2.5	91.3	22.1	8.4	32.6
150-160	1.48	70.3	45.2	82.5	2.9	2.4	91.8	21.7	8.0	30.2
160-170	1.45	71.8	47.8	91.5	2.8	2.6	93.4	22.4	8.2	39.0
8										
5-10	1.51	68.0	41.9	72.9	2.9	2.1	90.8	20.9	6.8	19.7
10-20	1.58	63.7	39.5	65.3	2.7	1.8	94.8	19.6	6.7	20.8
20-30	1.52	67.2	42.6	74.1	2.8	2.0	93.6	20.8	6.9	
30-40	1.52	67.7	42.3	73.2	2.9	2.1	91.7	20.9	8.1	33.3
40-50	1.52	67.8	42.3	73.4	2.9	2.1	91.7	21.0	8.0	30.7
50-60	1.49	69.5	45.4	83.2	2.7	2.3	94.1	21.9	8.2	37.8
60-70	1.54	66.6	42.1	72.7	2.7	2.0	93.9	20.6	8.2	42.8

\* para el significado de los símbolos y de las unidades, consultar el texto.

Información numérica redondeada a la primera cifra decimal.

TABLA 8 (Cont.)

 PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
 SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_s$	a
9										
5-10	1.73	54.2	31.8	46.7	2.5	1.2	98.4	17.0	7.6	29.0
10-20	1.73	54.2	31.7	46.4	2.6	1.2	98.1	16.7	6.2	18.0
20-30	1.67	58.1	32.7	48.5	2.9	1.4	90.9	17.9	8.1	38.7
30-40	1.67	58.4	33.9	51.3	2.7	1.4	93.5	17.6	7.3	30.5
40-50	1.66	59.0	34.5	52.7	2.7	1.4	93.8	18.6	7.8	35.8
50-60	1.67	57.9	33.7	50.9	2.7	1.4	88.9	17.5	7.6	34.9
60-70	1.63	60.7	36.0	56.3	2.8	1.5	93.4	19.0	7.7	36.9
70-80	1.65	59.3	33.7	50.8	2.9	1.5	90.8	18.3	8.2	38.3
80-90	1.65	59.7	34.9	53.7	2.8	1.5	93.2	18.4	7.5	34.9
90-100	1.65	59.5	34.8	53.3	2.8	1.5	93.2	18.5	8.2	40.3
100-110	1.63	60.5	35.3	54.6	2.8	1.5	92.1	18.8	8.1	37.0
110-120	1.66	59.0	33.9	51.2	2.8	1.4	92.0	18.5	8.4	41.0
10										
5-10	1.42	73.5	49.1	96.5	2.9	2.8	92.2	22.9	9.0	57.0
10-20	1.48	69.7	46.1	85.6	2.7	2.3	95.1	21.1	8.0	32.8
20-30	1.44	72.4	49.2	96.8	2.7	2.6	94.8	21.7	8.3	30.4
30-40	1.37	77.0	52.7	111.4	3.0	3.3	82.6	24.0	8.1	34.3
40-50	1.40	75.0	52.1	108.7	2.8	3.0	94.1	23.5	7.5	25.5
50-60	1.38	76.5	54.2	118.5	2.7	3.2	94.5	23.8	8.2	31.4
60-70	1.37	77.0	55.1	122.5	2.7	3.4	94.6	23.8	8.4	33.3
70-80	1.37	77.1	55.1	122.7	2.7	3.4	94.6	24.3	8.4	33.2
80-90	1.38	76.6	54.4	119.1	2.7	3.3	94.6	23.2	8.0	36.0
90-100	1.34	78.5	57.4	134.6	2.7	3.7	95.0	24.4	7.7	24.2
100-110	1.36	77.6	56.3	128.7	2.7	3.5	95.2	24.3	7.3	28.1
110-120	1.34	78.9	58.0	138.3	2.7	3.7	95.2	24.6	7.1	20.6
120-130	1.37	77.2	55.5	124.4	2.7	3.3	94.9	24.3	7.4	26.6
130-140	1.36	77.6	54.9	121.9	2.9	3.5	93.0	24.1	8.1	36.6
140-150	1.35	78.3	56.6	130.7	2.8	3.6	98.1	24.2	7.5	18.9
150-160	1.32	79.8	58.9	143.1	2.8	4.0	94.5	24.6	7.4	35.7
160-170	1.33	79.4	57.6	135.9	2.8	3.9	93.3	24.9	8.5	41.6
11										
5-10	1.42	73.5	50.1	100.4	2.8	2.8	94.0	22.6	8.2	42.8
10-20	1.43	73.0	49.5	98.0	2.8	2.7	94.0	22.5	8.0	29.9
20-30	1.45	72.1	48.2	93.0	2.8	2.6	93.6	22.3	6.1	23.3
30-40	1.47	70.9	46.3	86.2	2.8	2.4	92.6	21.9	8.7	44.9
40-50	1.47	70.8	46.1	85.6	2.8	2.4	92.6	21.8	8.7	46.3
50-60	1.48	69.7	45.1	82.3	2.8	2.3	93.0	21.6	8.5	46.2
60-70	1.46	71.2	46.9	88.2	2.8	2.5	93.1	22.1	8.8	47.7
70-80	1.48	70.0	45.4	82.2	2.8	2.3	92.9	22.1	8.6	41.8
80-90	1.55	65.6	40.3	67.5	2.8	2.9	92.1	20.3	8.5	37.5

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_s$	a
90-100	1.48	69.9	45.1	82.0	2.8	2.3	92.5	22.2	7.9	33.0
100-110	1.49	69.1	44.2	79.1	2.8	2.2	92.4	21.4	8.7	42.8
110-120	1.53	66.6	42.7	74.5	2.7	2.0	95.2	20.6	5.1	12.0
120-130	1.48	70.0	45.9	84.8	2.8	2.3	94.0	21.6	4.9	3.6
130-140	1.49	69.7	45.4	83.2	2.8	2.3	93.8	21.1	6.0	13.2
140-150	1.49	69.4	45.1	82.3	2.8	2.3	93.8	21.0	5.9	13.0
150-160	1.49	69.2	45.0	81.8	2.8	2.2	93.9	21.1	5.5	11.7
160-170	1.50	68.5	44.1	79.1	2.8	2.2	97.2	20.6	5.6	12.3
170-180	1.48	70.1	45.7	84.3	2.8	2.3	93.4	21.1	5.9	13.8
27										
5-10	1.53	66.7	42.6	74.1	2.7	2.0	94.8	21.2	8.1	32.0
10-20	1.40	74.9	51.6	106.5	2.8	3.0	93.3	23.3	8.2	32.7
20-30	1.43	72.9	49.6	98.3	2.7	2.7	94.3	22.8	7.6	32.2
30-40	1.52	67.6	42.4	73.7	2.8	2.1	92.3	21.0	8.6	44.7
40-50	1.51	68.2	43.1	75.7	2.8	2.1	92.3	21.1	8.2	32.9
50-60	1.52	67.8	43.5	77.0	2.7	2.1	94.0	20.8	8.1	32.7
60-70	1.58	64.1	39.5	65.3	2.7	1.8	94.0	19.9	7.9	33.3
70-80	1.57	64.7	39.1	64.3	2.9	1.8	91.6	19.6	8.5	39.7
80-90	1.65	59.2	34.7	53.2	2.7	1.5	93.8	18.6	7.7	25.8
90-100	1.60	62.7	37.9	61.1	2.7	1.7	93.5	19.5	7.5	20.1
100-110	1.57	64.2	38.7	63.1	2.8	1.8	91.8	19.7	8.2	34.6
110-120	1.60	62.3	36.9	58.4	2.8	1.7	91.6	19.5	8.2	33.8
120-130	1.67	58.3	33.7	51.0	2.8	1.4	93.3	18.1	8.2	30.7
30										
5-10	1.45	72.0	48.3	93.6	2.7	2.6	94.3	22.2	8.2	43.4
10-20	1.44	72.2	48.7	95.0	2.7	2.6	94.3	22.3	7.5	27.7
20-30	1.56	65.2	40.7	68.5	2.7	1.9	93.9	20.2	7.5	24.0
30-40	1.45	72.2	48.3	93.6	2.8	2.6	93.7	22.3	7.9	39.6
40-50	1.58	63.6	38.7	63.0	2.8	1.7	93.2	19.6	8.1	29.4
50-60	1.54	66.0	41.3	70.3	2.8	1.9	93.5	20.4	8.0	30.0
60-70	1.53	67.1	41.9	72.1	2.8	2.0	92.2	20.8	8.3	38.9
70-80	1.53	66.8	42.2	73.0	2.8	2.0	93.6	21.1	8.0	29.7
80-90	1.55	65.5	40.8	68.9	2.8	1.9	93.5	20.3	8.0	22.7
90-100	1.56	65.1	40.1	67.1	2.8	1.9	93.1	20.7	6.8	13.4
100-110	1.55	65.9	41.0	69.4	2.8	1.9	93.1	20.4	7.1	15.6
110-120	1.62	61.3	36.3	57.0	2.8	1.6	92.8	19.0	7.4	18.5
120-130	1.63	60.6	35.2	54.3	2.8	1.5	91.7	18.7	7.4	21.0
130-140	1.39	75.4	52.0	108.1	2.8	3.1	93.0	22.8	7.0	22.8

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	$n$	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_v$	a
31										
5-10	1.48	70.2	46.1	85.5	2.8	2.4	93.8	22.0	7.1	15.0
10-20	1.49	69.5	44.6	80.6	2.8	2.3	92.4	21.4	4.7	4.5
20-30	1.50	68.7	44.3	79.5	2.8	2.2	93.7	21.4	7.4	22.7
30-40	1.47	70.4	45.9	84.3	2.8	2.4	93.1	21.7	8.0	36.5
60-70	1.48	70.0	45.4	83.1	2.8	2.3	93.0	21.6	8.4	37.8
70-80	1.49	69.5	46.0	85.1	2.7	2.3	95.2	21.8	7.4	23.2
80-90	1.49	69.5	46.5	86.8	2.7	2.6	92.4	22.6	8.3	27.8
90-100	1.49	69.0	45.1	82.2	2.7	2.4	92.0	23.2	8.3	23.4
100-110	1.49	69.0	45.7	84.2	2.7	2.3	94.9	21.4	8.2	
110-120	1.50	69.0	45.2	82.3	2.7	2.2	94.9	21.3	8.0	27.7
120-130	1.50	69.0	44.4	79.9	2.7	2.4	91.7	21.8	8.3	33.9
130-140	1.40	75.7	45.6	83.8	2.8	3.1	81.0	23.5	7.4	19.3
140-150	1.45	72.0	46.2	85.9	3.0	2.9	87.3	23.4	8.4	38.3
150-160	1.53	67.0	42.2	73.1	2.8	2.2	91.0	21.3	7.7	25.0
160-170	1.48	70.0	44.0	78.6	2.9	2.6	87.2	22.6	8.2	28.3
170-180	1.52	67.3	43.5	76.9	2.7	2.1	95.2	21.0	8.5	34.1
32										
5-10	1.55	65.9	41.3	70.2	2.8	1.9	93.7	20.4	6.9	11.5
10-20	1.62	61.0	36.3	56.9	2.8	1.6	93.5	19.1	6.9	15.7
20-30	1.66	58.0	35.7	55.5	2.6	1.5	96.8	18.9	4.9	1.6
30-40	1.62	61.5	36.9	58.5	2.7	1.6	93.9	18.9	6.2	7.0
40-50	1.69	57.1	31.9	46.9	2.8	1.3	91.2	17.6	5.7	7.4
37										
5-10	1.47	70.3	46.2	86.0	2.8	2.4	93.8	21.9	8.0	46.7
10-20	1.49	69.6	45.9	84.9	2.7	2.3	94.9	21.5	7.8	31.5
20-30	1.46	71.1	46.7	87.5	2.8	2.5	93.0	21.8	8.2	31.1
30-40	1.53	66.9	42.5	74.0	2.7	2.0	94.0	20.6	8.1	24.1
40-50	1.51	68.0	43.7	77.6	2.7	2.1	94.0	21.0	7.6	35.2
50-60	1.53	67.1	42.3	73.3	2.8	2.0	93.0	20.7	8.2	31.4
60-70	1.49	69.4	44.7	80.9	2.8	2.3	93.00	21.4	8.5	43.7
70-80	1.48	69.8	45.2	82.5	2.8	2.3	93.0	21.7	8.1	44.1
80-90	1.46	71.0	46.7	87.6	2.8	2.5	93.1	21.9	8.7	42.8
90-100	1.55	65.6	40.4	67.7	2.8	1.9	92.3	20.7	8.4	37.7
100-110	1.54	66.5	41.2	70.0	2.8	2.0	92.0	20.6	8.6	41.5
110-120	1.46	70.7	46.0	85.2	2.8	2.4	82.7	21.9	8.3	38.6
120-130	1.54	66.0	40.8	68.9	2.8	2.2	88.1	20.9	8.1	26.7
130-140	1.46	71.3	46.6	87.4	2.8	2.5	92.4	22.1	8.1	38.1
140-150	1.62	61.3	35.9	55.9	2.8	1.6	91.6	19.3	6.8	21.1
150-160	1.49	69.1	43.8	77.8	2.9	2.2	91.7	21.5	8.1	30.9
160-170	1.48	69.8	44.6	80.4	2.9	2.3	91.8	21.6	8.2	40.9

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$E_{sat}$	S	Vv	$M_r$	a
170-180	1.58	63.8	38.0	61.3	2.9	1.8	91.2	19.9	7.8	30.5
180-190	1.50	68.9	43.5	77.1	2.9	2.2	91.7	21.6	8.2	35.0
39										
5-10	1.42	73.7	50.0	99.8	2.8	2.8	93.2	22.7	8.4	41.2
10-20	1.41	74.3	50.7	102.7	2.8	2.9	93.2	22.9	8.5	42.8
20-30	1.41	74.3	51.1	104.6	2.8	2.9	94.1	23.0	7.2	17.8
30-40	1.48	70.2	45.7	84.2	2.8	2.4	93.1	21.7	7.7	38.1
40-50	1.43	73.0	49.9	99.5	2.7	2.9	93.3	22.9	8.0	19.3
50-60	1.49	69.1	45.3	83.0	2.7	2.2	94.9	21.4	7.9	28.9
60-70	1.49	69.0	44.2	79.1	2.8	2.2	92.6	21.4	8.1	30.7
70-80	1.50	68.9	44.0	78.5	2.8	2.2	92.6	21.7	8.1	35.5
80-90	1.55	65.6	41.1	69.8	2.7	1.9	93.9	20.3	7.9	26.9
90-100	1.60	62.4	37.5	60.0	2.8	1.7	93.3	19.8	7.8	28.3
100-110	1.49	69.6	44.7	80.7	2.8	2.3	92.3	21.5	8.4	38.4
110-120	1.53	66.6	41.3	70.5	2.8	2.0	92.2	20.6	8.3	41.5
120-130	1.58	63.5	38.7	63.0	2.8	1.7	93.4	19.6	7.9	33.1
130-140	1.55	65.5	41.0	69.5	2.7	1.9	94.1	20.4	7.9	33.8
140-150	1.58	63.9	39.2	64.5	2.7	1.8	93.8	19.3	7.9	35.6
150-160	1.59	63.0	39.0	63.9	2.7	1.9	92.2	20.5	8.1	37.7
160-170	1.57	64.0	40.0	66.6	2.7	2.0	91.4	20.5	8.5	33.4
170-180	1.55	65.5	40.8	68.9	2.8	1.9	93.5	19.7	8.0	30.0
40										
5-10	1.49	69.4	45.1	82.1	2.8	2.3	98.2	21.6	6.4	29.9
10-20	1.49	69.6	44.2	79.3	2.9	2.3	91.4	21.5	8.3	41.3
20-30	1.49	69.6	45.7	84.0	2.7	2.3	94.5	21.7	8.4	44.1
30-40	1.54	66.2	42.0	72.5	2.7	1.9	94.7	20.9	8.4	40.3
42										
5-10	1.54	66.5	42.4	73.5	2.7	2.0	94.7	20.6	7.9	26.1
10-20	1.52	67.7	43.6	77.3	2.7	2.1	94.6	21.2	8.1	33.7
20-30	1.50	69.0	45.2	82.6	2.7	2.2	94.8	21.3	7.7	24.9
30-40	1.49	69.3	45.4	83.3	2.7	2.2	94.7	21.3	7.8	37.2
40-50	1.47	70.4	45.6	83.9	2.8	2.4	92.5	21.8	8.4	38.6
50-60	1.55	65.8	41.8	71.7	2.7	1.9	92.7	21.4	8.0	31.2
60-70	1.53	67.2	43.5	77.0	2.7	2.0	93.7	21.5	7.3	28.6
70-80	1.51	67.8	42.7	74.6	2.8	2.1	92.3	21.3	8.4	48.9
80-90	1.55	65.5	40.8	69.0	2.8	1.9	93.7	20.1	7.5	28.5
90-100	1.66	58.5	34.1	51.8	2.7	1.4	94.0	18.4	7.1	29.2
100-110	1.58	63.6	38.9	63.7	2.7	1.7	93.8	19.6	7.2	25.6
110-120	1.49	69.3	44.4	79.7	2.8	2.3	92.4	21.3	8.5	38.7
120-130	1.55	65.8	41.8	71.7	2.7	1.9	95.1	20.6	7.6	27.8
130-140	1.54	66.1	41.9	72.1	2.7	1.9	94.7	20.5	8.3	32.5

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_s$	a
140-150	1.54	66.4	42.2	73.1	2.7	2.0	94.7	20.4	7.6	26.4
150-160	1.70	56.4	32.2	47.5	2.7	1.3	93.9	17.5	8.0	32.2
160-170	1.55	66.0	40.8	69.0	2.8	1.9	92.7	20.3	6.0	23.0
170-180	1.56	65.3	40.5	68.1	2.8	1.9	93.5	20.1	7.9	34.2
50										
5-10	1.78	51.2	43.6	77.3	2.7	2.1	85.9	15.9	7.9	39.0
10-20	1.51	68.0	44.1	78.8	2.7	2.1	94.8	21.0	8.0	41.7
20-30	1.52	67.3	42.8	75.0	2.7	2.1	94.0	20.9	7.8	30.1
30-40	1.56	64.8	40.3	67.6	2.7	1.8	94.0	20.5	8.0	35.2
40-50	1.55	65.7	41.1	69.8	2.7	1.9	93.7	19.7	7.8	30.6
50-60	1.61	62.0	37.3	59.4	2.8	1.6	93.5	19.2	7.7	38.6
60-70	1.61	62.0	37.1	59.0	2.8	1.6	93.3	19.3	7.1	18.1
70-80	1.61	61.6	37.0	58.8	2.7	1.6	93.9	19.2	7.5	26.2
80-90	1.58	63.5	38.7	63.2	2.8	1.7	93.6	20.1	7.5	33.0
90-100	1.59	63.1	38.5	62.6	2.7	1.7	94.0	19.9	7.4	32.1
100-110	1.55	65.6	41.1	69.8	2.7	1.9	94.9	20.4	7.1	22.9
110-120	1.56	65.1	40.6	68.5	2.7	1.9	94.3	20.0	7.6	33.5
120-130	1.55	65.9	41.7	71.6	2.7	1.9	94.7	20.4	7.8	35.4
130-140	1.54	66.1	41.0	69.4	2.8	1.9	92.5	20.4	7.9	28.1
140-150	1.52	67.5	42.6	74.2	2.8	2.1	92.8	21.2	8.2	36.7
53										
5-10	1.55	65.3	40.9	69.3	2.7	1.9	94.3	20.1	7.9	34.1
10-20	1.51	68.2	43.2	76.2	2.8	2.1	92.7	21.2	8.6	47.9
20-30	1.49	69.1	44.4	79.9	2.8	2.2	93.0	21.8	8.3	44.1
30-40	1.47	70.4	45.9	84.7	2.8	2.4	92.9	22.1	8.7	50.9
40-50	1.60	62.5	37.8	60.9	2.7	1.7	93.7	19.3	7.6	39.7
50-60	1.47	70.7	46.9	88.2	2.7	2.4	94.2	21.9	7.9	36.6
60-70	1.53	66.6	41.3	70.3	2.8	2.0	92.0	20.7	7.8	45.1
70-80	1.45	71.9	47.5	90.4	2.8	2.6	92.7	21.8	8.4	48.6
80-90	1.49	69.7	44.8	81.0	2.8	2.3	92.3	21.5	8.6	49.5
90-100	1.46	71.2	46.9	88.3	2.8	2.5	93.1	21.9	8.8	52.1
100-110	1.51	68.0	43.5	77.1	2.8	2.1	93.8	21.0	7.8	31.9
110-120	1.49	69.7	45.4	83.2	2.8	2.3	93.7	21.7	7.9	32.9
120-130	1.46	71.5	47.5	90.6	2.8	2.5	93.7	22.0	7.1	24.6
54										
5-10	1.53	67.2	42.0	72.3	2.8	2.0	92.2	20.7	6.9	40.9
10-20	1.53	66.6	41.5	70.8	2.8	2.0	92.4	20.5	8.4	36.7
20-30	1.50	69.0	44.1	78.8	2.8	2.2	92.4	21.4	8.3	32.8
30-40	1.34	79.0	57.9	137.7	2.7	3.8	94.7	24.4	6.2	14.5
40-50	1.51	68.3	44.1	78.8	2.7	2.2	94.0	21.0	7.8	34.7
50-60	1.58	63.7	39.1	64.2	2.7	1.8	93.8	19.7	7.4	28.5

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\gamma$	n	WC	W	G <sub>s</sub>	$\epsilon_{st}$	S	Vv	M <sub>s</sub>	a
60-70	1.61	61.7	37.1	58.8	2.7	1.6	93.7	19.1	6.9	22.2
70-80	1.68	57.3	32.7	48.6	2.8	1.3	93.0	18.1	6.7	22.1
80-90	1.67	58.3	33.7	50.7	2.8	1.4	93.1	18.0	7.3	25.9
90-100	1.63	60.9	36.1	56.5	2.8	1.6	93.2	19.3	8.1	29.8
100-110	1.63	60.4	36.0	56.3	2.7	1.5	94.3	18.7	7.8	25.2
55										
5-10	1.56	65.0	40.6	68.2	2.7	1.9	94.3	20.4	7.1	22.9
10-20	1.55	65.5	41.1	69.8	2.7	1.9	94.3	20.2	7.6	26.6
20-30	1.62	61.4	36.9	58.6	2.7	1.6	94.1	19.1	6.7	15.8
30-40	1.57	64.6	40.0	66.5	2.7	1.8	93.8	19.9	7.0	16.7
40-50	1.61	62.1	37.4	59.7	2.7	1.6	96.0	19.2	6.0	11.3
50-60	1.59	63.0	38.3	62.1	2.7	1.7	98.9	20.0	7.1	24.9
60-70	1.56	65.0	40.3	67.6	2.7	1.9	93.9	20.0	7.8	32.4
70-80	1.74	53.7	29.7	42.2	2.7	1.2	93.1	16.8	6.2	13.5
80-90	1.66	58.5	34.5	52.7	2.7	1.4	94.9	18.4	6.0	15.8
90-100	1.66	58.4	33.9	51.3	2.7	1.4	95.2	18.3	6.7	21.8
100-110	1.62	61.0	36.4	57.2	2.7	1.6	93.7	18.8	6.9	16.8
110-120	1.64	59.8	35.1	54.2	2.8	1.5	93.8	18.5	7.2	21.4
120-130	1.62	61.1	36.3	56.9	2.8	1.6	90.0	19.0	8.1	35.3
130-140	1.66	59.0	34.3	52.3	2.8	1.4	93.3	18.3	7.3	29.3
140-150	1.63	60.6	36.0	56.2	2.7	1.5	93.6	19.0	6.3	14.5
150-160	1.66	58.9	34.1	51.8	2.8	1.4	93.1	18.2	6.8	23.3
160-170	1.65	59.6	35.3	54.6	2.7	1.5	94.5	18.5	7.4	25.1
170-180	1.67	58.4	34.2	52.0	2.7	1.4	94.4	18.2	7.4	28.4
56										
5-10	1.66	59.0	34.3	52.1	2.8	1.4	93.3	18.7	5.3	12.1
10-20	1.70	56.5	32.5	48.0	2.7	1.3	94.4	17.5	6.4	17.1
20-30	1.73	54.6	30.8	44.5	2.7	1.2	94.3	17.2	6.7	22.5
30-40	1.77	51.8	28.5	39.8	2.7	1.1	94.2	16.0	6.9	26.6
61										
5-10	1.67	58.0	33.5	50.3	2.8	1.4	93.3	17.8	5.4	9.8
10-20	1.74	53.7	29.3	41.4	2.8	1.2	91.7	16.7	4.1	5.1
20-30	1.79	50.8	27.4	37.7	2.7	1.0	93.2	15.3	6.7	17.3
62										
5-10	1.56	65.1	40.7	68.6	2.7	1.9	94.3	20.8	7.3	21.4
10-20	1.62	61.3	36.8	58.3	2.7	1.6	94.1	19.1	7.4	21.8
20-30	1.61	62.2	37.5	59.9	2.7	1.6	93.7	19.5	7.6	23.3
30-40	1.61	62.1	37.4	59.8	2.7	1.6	93.7	19.5	7.1	25.8
40-50	1.61	61.6	36.9	58.6	2.7	1.6	93.7	19.2	7.5	29.6

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	$M_s$	a
64										
5-10	1.69	57.1	32.9	49.0	2.7	1.3	93.9	17.7	7.2	23.0
10-20	1.59	63.1	38.5	62.5	2.7	1.7	93.8	19.8	8.1	35.0
20-30	1.56	64.9	40.3	67.4	2.7	1.8	93.8	19.9	7.9	32.0
30-40	1.62	61.0	36.2	56.7	2.8	1.6	93.2	18.9	7.4	24.5
40-50	1.61	62.1	36.8	58.3	2.8	1.6	92.2	19.5	8.3	39.9
50-60	1.61	61.8	37.5	60.0	2.7	1.6	94.6	19.6	7.9	33.8
60-70	1.60	62.5	37.3	59.5	2.8	1.7	92.5	19.6	8.2	38.3
70-80	1.60	62.2	37.5	60.1	2.7	1.6	93.7	19.6	7.2	19.7
80-90	1.62	61.2	36.6	57.6	2.7	1.6	93.7	18.4	7.1	19.7
90-100	1.64	60.0	35.4	54.7	2.7	1.5	93.6	18.7	7.1	17.4
100-110	1.59	63.0	38.5	62.7	2.7	1.7	94.2	19.6	7.5	21.9
110-120	1.61	61.7	37.4	59.7	2.7	1.6	94.6	19.0		
65										
5-10	1.54	66.0	41.7	71.5	2.7	1.9	94.3	20.8	7.8	32.3
10-20	1.49	69.4	45.5	83.5	2.7	2.3	94.5	21.8	7.3	24.4
20-30	1.56	64.9	40.5	67.9	2.7	1.8	94.3	20.2	7.6	26.3
67										
5-10	1.44	72.7	48.3	93.6	2.9	2.7	92.4	22.4	4.5	1.4
10-20	1.70	56.1	31.1	45.2	2.8	1.3	91.4	17.5	5.7	5.4
20-30	1.71	55.5	30.4	43.4	2.9	1.2	90.9	17.1	5.6	13.9
30-40	1.70	56.3	26.2	45.6	2.8	1.3	91.4	17.4	4.5	3.6
40-50	1.71	55.5	31.5	46.1	2.7	1.2	94.1	17.5	6.8	19.4
50-60	1.69	57.3	32.8	48.9	2.8	1.3	93.3	18.0	5.3	3.7
60-70	1.67	58.1	33.9	51.3	2.7	1.4	94.2	17.9	6.7	15.2
70-80	1.75	53.3	29.0	40.8	2.8	1.1	91.9	16.7	5.9	11.5
71										
5-10	1.53	67.0	42.6	74.1	2.7	2.0	94.0	20.9	7.7	29.9
10-20	1.54	66.2	41.0	69.4	2.8	2.0	92.4	20.5	8.5	46.2
20-30	1.52	67.5	42.5	73.9	2.8	2.1	92.5	21.0	8.3	40.7
30-40	1.53	66.9	41.7	71.6	2.8	2.0	92.2	21.1	8.4	44.7
40-50	1.55	65.7	40.2	67.3	2.8	1.9	91.7	20.3	8.4	39.5
50-60	1.61	61.9	36.4	57.2	2.8	1.6	91.4	19.2	8.2	39.1
60-70	1.52	67.3	41.8	71.7	2.9	2.1	91.5	20.2	7.9	28.8
70-80	1.55	65.8	40.1	67.1	2.9	1.9	91.4	20.4	8.3	27.8
72										
5-10	1.52	67.7	42.5	74.0	2.8	2.1	92.1	21.2	7.8	35.9
10-20	1.52	67.6	42.5	74.0	2.8	2.1	92.5	20.8	7.8	35.0
20-30	1.52	67.3	42.2	73.0	2.8	2.1	92.4	20.9	8.0	27.3
30-40	1.60	62.5	37.9	60.9	2.7	1.7	93.9	18.7	7.4	44.5

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$e_{sat}$	S	Vv	$M_z$	a
40-50	1.61	62.2	37.4	59.6	2.8	1.6	93.3	18.7	8.2	36.1
50-60	1.64	59.8	34.2	52.0	2.9	1.5	90.8	18.0	8.0	37.9
60-70	1.58	64.0	39.2	64.5	2.8	1.6	93.4	19.2	7.9	23.2
80										
5-10	1.43	73.3	49.3	97.3	2.8	2.7	93.0	23.0	8.9	54.4
10-20	1.49	69.6	45.9	84.8	2.7	2.3	94.9	21.4	7.1	29.7
20-30	1.46	71.6	46.9	88.3	2.9	2.5	92.3	22.3	8.7	49.4
30-40	1.48	69.7	44.7	80.9	2.9	2.3	92.1	21.5	8.2	44.8
40-50	1.48	69.8	44.6	80.4	2.9	2.3	91.8	21.5	8.8	50.7
50-60	1.50	68.6	43.6	77.3	2.8	2.2	92.4	21.5	9.0	52.8
60-70	1.51	68.4	44.1	78.8	2.8	2.2	93.9	21.1	7.0	26.7
70-80	1.49	69.6	44.7	80.9	2.8	2.3	92.5	21.8	8.6	40.9
80-90	1.53	66.6	41.4	70.6	2.8	2.0	92.2	20.7	8.7	46.3
90-100	1.56	65.0	40.4	67.6	2.8	1.9	93.7	20.2	8.0	28.0
100-110	1.53	67.2	41.9	72.1	2.8	2.0	92.0	21.1	8.6	46.5
81										
5-10	1.39	75.6	52.4	110.1	2.8	3.1	93.2	23.5	8.2	36.8
10-20	1.40	75.1	52.2	109.4	2.8	3.0	94.1	23.2	7.8	27.4
20-30	1.40	74.7	51.9	108.0	2.7	2.9	94.4	22.9	7.1	9.6
30-40	1.42	73.7	50.6	102.3	2.7	2.8	94.4	22.7	8.1	32.6
40-50	1.55	65.5	41.0	69.4	2.7	1.9	93.9	20.2	8.3	34.5
50-60	1.46	71.2	47.5	90.3	2.7	2.5	94.2	21.9	6.2	8.8
60-70	1.48	70.2	46.3	86.1	2.7	2.4	94.2	21.6	8.0	29.9
70-80	1.73	54.5	29.9	42.6	2.8	1.2	91.7	17.0	8.2	33.0
80-90	1.48	70.3	45.6	83.9	2.8	2.4	92.7	21.7	8.2	36.1
90-100	1.50	68.9	44.1	78.8	2.8	2.2	92.6	21.8	8.4	37.8
100-110	1.51	68.4	43.2	76.0	2.9	2.2	92.0	21.2	8.8	65.3
110-120	1.48	69.8	44.7	81.0	2.8	2.3	92.1	21.5	8.5	38.5
120-130	1.50	68.8	44.9	81.4	2.7	2.2	94.6	20.8	6.8	17.5
130-140	1.54	66.3	42.2	73.0	2.7	2.0	94.7	20.6	8.0	33.5
140-150	1.53	66.7	42.3	73.3	2.7	2.0	94.1	20.4	7.6	28.0
150-160	1.55	65.6	40.1	67.1	2.9	1.9	91.7	20.4	8.1	34.2
160-170	1.57	64.7	39.1	64.2	2.9	1.8	91.6	20.1	8.6	38.0
170-180	1.58	63.7	38.3	62.0	2.8	1.8	91.9	19.8	8.3	38.9
180-190	1.54	66.3	41.1	69.8	2.8	2.0	92.4	20.8	8.4	40.5
82										
5-10	1.42	73.9	51.1	104.3	2.7	2.8	94.7	23.0	7.4	22.0
10-20	1.43	73.3	50.4	101.4	2.7	2.7	95.0	22.2	8.3	32.4
20-30	1.44	72.6	49.5	98.0	2.7	2.6	95.0	22.7	7.1	15.5
30-40	1.42	73.9	50.3	101.4	2.8	2.8	93.4	23.6	8.3	33.4
40-50	1.44	72.8	48.7	95.1	2.8	2.7	93.1	22.6	8.7	43.8

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	G <sub>s</sub>	$\epsilon_{sat}$	S	Vv	M <sub>v</sub>	a
50-60	1.44	72.8	49.6	98.3	2.7	2.7	94.7	22.1	7.4	29.8
60-70	1.44	72.8	49.6	98.3	2.7	2.7	94.7	22.4	6.4	15.6
70-80	1.48	70.2	46.3	86.2	2.7	2.4	94.3	22.1	7.7	
80-90	1.48	70.1	45.6	83.9	2.8	2.3	93.0	21.3	8.0	25.9
90-100	1.55	65.9	41.3	70.2	2.8	1.9	93.7	20.5	7.1	36.1
100-110	1.56	64.9	38.6	62.8	3.0	1.9	89.8	20.3	9.4	23.0
110-120	1.49	69.2	44.2	79.3	2.8	2.2	92.4	21.5	8.0	73.6
120-130	1.49	69.6	45.5	83.5	2.7	2.3	94.1	21.9	8.0	35.2
92										
5-10	1.49	69.2	44.3	79.6	2.8	2.2	92.6	20.7	7.8	19.7
10-20	1.39	75.7	52.5	110.6	2.8	3.1	93.2	23.3	8.4	41.1
20-30	1.42	73.5	49.7	98.6	2.8	2.8	93.0	22.8	8.8	32.2
30-40	1.43	73.1	49.1	96.3	2.8	2.7	92.9	22.5	8.5	27.7
40-50	1.30	81.1	60.3	152.21	2.8	4.3	93.8	24.3	8.5	37.9
50-60	1.46	71.0	47.0	88.8	2.8	2.5	93.8	22.0	7.5	17.9
60-70	1.47	71.0	46.4	86.7	2.8	2.4	93.1	22.2	8.5	39.2
70-80	1.53	66.6	41.6	71.3	2.8	2.0	99.0	20.6	8.5	30.6
80-90	1.49	69.5	44.9	81.3	2.8	2.3	93.0	21.3	8.1	41.7
90-100	1.49	69.3	44.6	80.6	2.8	2.3	93.0	21.5	8.6	30.5
100-110	1.51	67.9	43.8	78.0	2.7	2.1	94.6	20.4	8.2	29.4
110-120	1.50	69.0	44.0	78.5	2.8	2.2	92.2	21.3	8.0	27.5
120-130	1.70	56.3	31.2	45.4	2.8	1.3	91.2	17.5	7.5	16.0
130-140	1.51	68.1	43.8	78.0	2.7	2.1	94.0	21.0	7.9	32.7
140-150	1.54	66.1	40.5	68.1	2.9	1.9	91.4	19.8	8.6	36.9
150-160	1.55	65.8	40.2	67.2	2.9	1.9	91.4	20.4	8.5	28.1
95										
5-10	1.53	66.9	42.8	75.0	2.7	2.0	94.8	20.7	6.7	17.0
10-20	1.52	67.2	42.1	72.7	2.8	2.0	92.4	21.1	8.3	38.0
20-30	1.54	66.1	41.6	71.2	2.7	1.9	94.0	20.5	6.9	18.7
30-40	1.53	66.8	42.4	73.7	2.7	2.0	94.1	20.7	7.0	16.0
40-50	1.56	65.0	40.4	67.7	2.7	1.9	93.9	20.0	6.4	13.9
50-60	1.56	64.8	40.3	67.5	2.7	1.8	94.0	20.1	6.7	16.6
60-70	1.59	62.9	38.3	62.1	2.7	1.7	94.0	19.3	6.6	15.4
70-80	1.59	63.3	38.8	63.3	2.7	1.7	94.0	19.5		
96										
5-10	1.41	74.4	50.9	103.6	2.8	2.9	93.2	22.3	7.8	25.8
10-20	1.42	74.0	50.3	101.2	2.8	2.8	93.4	22.7	8.3	33.6
20-30	1.44	72.4	48.3	93.5	2.8	2.6	93.2	22.5	9.0	46.8
30-40	1.47	70.7	46.9	88.5	2.7	2.4	94.4	21.8	8.1	28.5
40-50	1.52	67.4	43.1	75.7	2.7	2.1	94.2	20.2	7.8	28.1
50-60	1.49	69.1	45.0	81.7	2.7	2.2	94.1	21.4	7.4	20.7

TABLA 8 (Cont.)

PARAMETROS GEOTECNICOS DE MASA/VOLUMEN EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

núcleo interv.	$\tau$	n	WC	W	$G_s$	$e_{sat}$	S	Vv	$M_s$	a
60-70	1.50	68.6	44.4	79.9	2.7	2.2	94.1	21.5	7.6	23.9
70-80	1.50	68.9	44.6	80.6	2.7	2.2	94.1	21.3	7.9	29.7
80-90	1.50	69.0	44.3	79.5	2.8	2.2	92.9	21.1	8.5	40.5
90-100	1.51	68.3	43.8	77.9	2.8	2.1	93.7	21.2	7.6	26.5
100-110	1.52	67.7	42.8	74.9	2.8	2.1	92.9	20.3	8.4	39.8
110-120	1.59	63.1	37.9	61.1	2.8	1.7	92.5	19.4	8.1	34.0
120-130	1.54	66.4	41.8	71.6	2.8	2.0	93.5	20.6	7.2	20.1
130-140	1.62	60.9	35.5	55.0	2.8	1.5	91.7	18.8	7.9	43.6
140-150	1.54	66.5	41.4	70.6	2.8	2.0	92.4	20.0	8.6	46.0
97										
5-10	1.47	70.8	46.8	80.0	2.8	2.4	94.0	21.8	6.9	18.2
10-20	1.42	73.8	50.8	103.3	2.7	2.8	94.5	22.8	6.9	18.0
20-30	1.44	72.6	49.0	96.0	2.8	2.6	93.9	22.5	6.4	11.6
30-40	1.50	68.6	44.6	80.5	2.7	2.2	94.4	21.2	7.2	21.6
40-50	1.54	66.4	41.7	71.5	2.8	2.0	93.5	20.7	6.5	16.5
50-60	1.50	68.9	44.5	80.1	2.8	2.2	93.7	21.3	7.0	21.9
60-70	1.49	69.5	45.7	84.1	2.7	2.3	94.7	22.1	7.1	19.0
70-80	1.51	68.2	44.4	79.8	2.7	2.1	95.0	21.0	7.5	21.7
107										
5-10	1.40	74.9	51.6	106.5	2.8	3.0	93.5	23.3	7.9	39.9
10-20	1.41	74.2	50.6	102.6	2.8	2.9	93.2	23.3	8.3	36.1
20-30	1.45	71.6	47.9	92.0	2.7	2.5	94.2	22.1	6.8	14.5
30-40	1.35	78.3	56.9	131.8	2.7	3.6	94.7	24.5	8.2	34.6
40-50	1.53	66.9	41.8	71.8	2.8	2.0	92.6	20.3	8.1	35.3
50-60	1.53	67.0	41.9	72.2	2.8	2.0	92.6	20.8	7.6	30.8
60-70	1.53	67.0	41.9	72.2	2.8	2.0	92.6	20.7	8.4	35.0
108										
5-10	1.34	78.7	56.8	131.6	2.8	3.7	93.7	24.4	8.9	46.9
10-20	1.36	77.6	55.2	123.0	2.8	3.5	93.6	23.8	8.9	42.4
20-30	1.40	75.1	52.1	108.7	2.8	3.0	93.8	23.3	7.9	41.3
30-40	1.44	72.7	48.8	95.4	2.8	2.7	93.3	22.4	8.7	38.0
40-50	1.42	73.6	50.1	100.3	2.8	2.8	97.1	22.8	8.1	33.8
50-60	1.44	72.6	48.6	94.5	2.8	2.6	93.3	22.4	8.3	40.7
60-70	1.45	71.7	47.2	89.5	2.8	2.5	92.5	22.5	8.3	37.9
70-80	1.46	71.5	47.6	90.8	2.8	2.5	93.9	22.1	8.1	37.4
80-90	1.47	70.5	46.4	86.5	2.8	2.4	93.8	21.6	8.1	33.7
90-100	1.47	70.6	46.2	85.9	2.8	2.4	93.1	21.9	7.9	30.8
100-110	1.49	69.2	45.1	82.1	2.7	2.2	94.1	21.4	7.4	18.6
110-120	1.50	68.7	44.5	80.3	2.7	2.2	94.1	21.2	6.9	15.3
120-130	1.50	69.0	45.0	81.9	2.7	2.2	94.5	21.4	7.7	27.0
130-140	1.57	64.4	40.1	67.0	2.7	1.8	94.7	19.8	6.5	14.2
140-150	1.50	68.6	44.6	80.4	2.7	2.2	94.4	21.3		
150-160	1.51	68.1	44.0	78.6	2.7	2.1	94.4	21.1		

TABLA 9

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>w</sub>	T <sub>v</sub>	B	A <sub>c</sub>	a	M <sub>z</sub>
1										
30-40	69.7	82.6	44.2	38.4	8.3	4.2	0.7	0.8	48.4	8.23
40-50	65.8	80.3	39.6	40.7	7.8	5.2	0.6	1.0	41.6	8.43
50-60	62.7	78.4	43.1	35.3	12.8	2.8	0.6	0.9	37.8	7.90
60-70	62.5	77.3	40.7	36.6	6.1	6.0	0.6	1.0	36.4	7.87
70-80	65.4	78.4	36.3	42.1	14.9	2.8	0.7	1.0	41.3	7.25
2										
10-20	88.4	77.8	39.7	38.1	10.7	3.6	1.3	1.3	29.7	8.08
20-30	84.0	80.8	50.3	30.5	11.4	2.7	1.1	1.0	32.0	8.20
30-40	79.3	79.8	53.9	25.9	16.0	1.6	1.0	0.7	34.9	8.17
40-50	80.9	84.4	47.2	37.2	24.7	1.5	0.9	1.5	30.7	8.15
50-60	76.2	77.2	47.2	30.0	20.0	1.5	1.0	0.9	34.6	8.54
60-70	68.2	71.5	41.4	30.1	11.7	2.6	0.9	1.2	25.9	7.50
70-80	65.4	70.3	40.6	29.7	12.4	2.4	0.8	1.1	26.2	8.14
80-90	68.0	71.6	45.6	26.0	12.4	2.1	0.9	0.7	36.1	8.24
90-100	78.0	78.2	49.3	28.9	9.3	3.1	1.0	1.0	30.2	8.43
110-120	72.1	78.3	48.2	30.1	18.5	1.6	0.8	0.9	32.1	8.17
120-130	70.5	74.2	45.4	28.8	19.9	1.4	0.9	0.9	31.9	8.26
130-140	71.0	74.9	54.9	20.0	16.0	1.2	0.8	0.3	63.6	9.00
140-150	72.9	81.8	42.4	39.4	22.0	1.8	0.8	1.2	32.6	8.40
150-160	68.5	76.4	51.6	24.8	12.0	2.1	0.7	0.8	30.2	8.03
160-170	77.9	84.4	50.3	34.1	17.4	2.0	0.8	0.9	39.0	8.20
8										
10-20	42.0	44.6	21.6	23.0	48.0	0.5	0.9	1.1	20.8	6.70
30-40	74.8	79.1	37.7	41.4	41.0	1.0	0.9	1.1	33.3	8.07
40-50	62.4	70.9	34.2	36.7	38.6	1.0	0.8	1.2	30.7	8.00
50-60	84.5	84.0	37.5	46.6	21.9	2.1	1.0	1.2	37.7	8.18
60-70	66.2	72.1	32.4	39.7	11.8	3.4	0.9	0.9	42.7	8.20
9										
5-10	48.5	63.2	28.8	34.4	7.0	4.9	0.6	1.2	29.0	7.57
20-30	57.3	69.6	32.6	37.0	14.1	2.6	0.7	1.0	38.6	8.08
30-40	54.7	53.8	30.1	23.7	12.2	1.9	1.0	0.8	30.5	7.27
40-50	58.0	57.4	34.1	23.3	5.0	6.8	1.0	0.7	35.8	7.77
50-60	80.4	58.5	32.8	25.7	7.2	3.6	1.9	0.7	34.9	7.63
60-70	59.5	64.7	34.8	29.9	15.8	1.9	0.8	0.8	36.9	7.70
70-80	55.5	61.2	33.7	27.5	17.1	1.6	0.8	0.7	38.3	8.17
80-90	56.3	61.6	33.8	27.8	6.3	4.4	0.8	0.8	34.9	7.47
90-100	52.1	61.5	36.3	25.2	10.5	2.4	0.6	0.6	40.3	8.21
100-110	55.6	65.6	37.3	28.3	15.8	1.8	0.7	0.8	37.0	8.12
110-120	63.6	60.0	40.4	19.6	14.5	1.4	1.2	0.5	41.0	8.35

\* para el significado de los símbolos y unidades, consultar el texto.

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>w</sub>	T <sub>w</sub>	B	Ac	a	M <sub>s</sub>
10										
5-10	115.8	89.2	38.0	51.2	29.8	1.7	1.5	0.9	57.1	9.04
10-20	85.6	88.6	21.7	66.9	24.0	2.8	1.0	2.0	32.8	7.95
20-30	71.7	79.4	39.1	40.3	13.7	3.0	0.8	1.3	30.4	8.33
30-40	83.7	81.0	37.3	43.7	24.2	1.8	1.1	1.3	34.3	8.11
40-50	75.8	74.5	34.5	40.0	19.2	2.1	1.0	1.6	25.5	7.53
50-60	81.4	68.5	31.9	36.6	26.7	1.3	1.4	1.2	31.4	8.22
60-70	79.3	72.6	36.1	36.5	50.0	0.7	1.2	1.1	33.3	8.38
70-80	74.5	73.2	37.6	35.6	45.7	0.8	1.0	1.1	33.2	8.36
80-90	72.6	71.3	36.4	34.9	36.8	1.0	1.0	1.0	36.0	8.03
90-100	70.7	71.5	35.3	36.2	38.4	0.9	1.0	1.5	24.2	7.70
100-110	70.0	75.4	43.1	32.3	36.4	0.9	0.8	1.2	28.1	7.27
110-120	63.4	63.7	34.0	29.7	29.3	1.0	1.0	1.4	20.6	7.10
120-130	80.3	76.4	41.3	35.1	43.0	0.8	1.1	1.3	26.6	7.39
130-140	78.3	83.8	42.3	41.5	28.9	1.4	0.9	1.1	36.6	8.11
150-160	65.3	74.4	40.3	34.1	30.7	1.1	0.7	1.0	35.7	7.41
160-170	76.3	75.5	40.2	35.3	37.3	1.0	1.0	0.9	41.6	8.46
11										
5-10	95.0	85.0	31.4	53.6	24.2	2.2	1.2	1.3	42.8	8.23
10-20	94.4	82.3	41.0	41.3	22.4	1.9	1.3	1.4	29.9	7.95
30-40	75.5	80.3	31.6	48.7	27.3	1.8	0.9	1.1	44.9	8.72
40-50	76.3	78.9	30.9	48.0	31.0	1.6	1.0	1.0	46.3	8.68
50-60	81.1	78.0	32.8	45.2	33.8	1.3	1.1	1.0	46.2	8.47
60-70	81.0	80.0	31.0	49.0	34.6	1.4	1.0	1.0	47.7	8.83
70-80	72.9	76.6	27.5	48.1	18.1	2.7	0.9	1.2	41.7	8.57
80-90	57.8	64.5	27.3	37.2	15.7	2.4	0.8	1.0	37.5	8.52
90-100	74.1	74.3	28.0	46.3	14.2	3.3	1.0	0.9	33.0	7.95
100-110	73.6	78.0	31.7	46.3	24.7	1.9	0.9	1.1	42.8	8.67
27										
5-10	58.6	59.5	23.0	35.8	30.2	1.2	1.0	1.1	31.9	8.08
10-20	76.2	55.9	22.6	33.3	11.4	2.9	1.6	1.0	32.7	8.22
20-30	80.7	65.4	22.1	43.3	12.1	3.6	1.4	1.4	32.2	7.55
30-40	63.4	50.7	40.1	10.6	46.5	0.2	2.2	0.2	44.7	8.62
40-50	62.2	69.5	28.5	41.0	29.9	1.4	0.8	1.3	32.9	8.20
50-60	68.0	67.4	30.8	36.6	10.5	3.5	1.0	1.2	32.7	8.06
60-70	64.2	61.8	29.6	32.2	12.9	2.5	1.1	1.1	33.3	7.93
70-80	61.6	62.0	25.9	36.1	7.8	4.6	1.0	0.9	39.7	8.47
80-90	49.1	57.5	26.7	30.8	10.0	3.1	0.7	1.2	25.8	7.72
90-100	48.0	59.1	28.5	30.6	12.4	2.5	0.6	1.5	20.1	7.48
100-110	53.3	54.0	28.8	25.2	42.1	0.6	1.0	0.7	34.6	8.18
110-120	50.0	57.4	26.0	31.4	15.0	2.1	0.8	0.9	33.8	8.18
120-130	46.7	58.4	27.8	30.6	17.6	1.7	0.6	1.0	30.7	8.15

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>v</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>i</sub>
30										
5-10	75.5	57.6	22.9	34.7	15.7	2.2	1.5	0.8	43.4	8.15
10-20	73.0	58.8	24.0	34.8	38.0	0.9	1.4	1.3	27.7	7.50
30-40	38.3	58.7	24.3	34.4	26.3	1.3	0.4	0.9	39.6	7.88
40-50	46.0	49.0	21.7	27.3	35.3	0.8	0.9	0.9	29.4	8.07
50-60	68.3	59.7	31.9	27.8	8.8	3.2	1.3	0.9	30.0	7.98
60-70	65.2	68.2	32.8	35.4	18.2	2.0	0.9	0.9	38.9	8.32
70-80	64.4	68.9	40.8	28.1	22.6	1.3	0.8	1.0	29.6	7.98
31										
30-40	67.5	75.6	35.6	40.0	31.5	1.3	0.8	1.1	36.5	8.02
60-70	65.4	73.3	33.5	38.0	35.5	1.1	0.8	1.0	37.8	8.43
80-90	68.4	77.6	35.7	41.9	25.3	1.7	0.8	2.9	27.8	8.30
110-120	73.2	80.5	36.2	44.3	25.0	1.8	0.8	1.6	27.7	8.02
120-130	75.9	77.6	33.9	43.7	17.8	2.5	1.0	1.3	33.9	8.30
140-150	76.6	78.4	34.8	43.6	23.3	1.9	1.0	1.1	38.3	8.37
160-170	65.9	81.0	36.2	44.8	27.5	1.6	0.7	1.6	28.3	8.22
170-180	59.2	81.9	38.2	43.7	38.5	1.1	0.5	1.6	34.1	8.52
37										
5-10	78.0	69.4	40.2	29.2	18.3	1.6	1.3	0.7	46.7	7.97
10-20	74.9	65.3	33.3	32.0	7.7	4.1	1.3	1.0	31.5	7.83
20-30	89.5	69.1	32.0	37.1	9.1	4.1	1.6	1.2	31.1	8.20
40-50	68.2	67.2	36.8	30.4	15.6	1.9	1.0	0.9	35.2	7.55
50-60	74.7	62.7	36.3	26.4	16.1	1.6	1.5	0.8	31.4	8.18
60-70	86.1	73.7	40.9	32.8	16.3	2.0	1.4	0.8	43.7	8.52
70-80	70.9	70.0	43.2	26.8	13.6	2.0	1.0	0.6	44.1	8.08
80-90	79.1	70.0	43.9	26.1	10.0	2.6	1.4	0.6	42.8	8.70
90-100	74.1	66.2	42.1	24.1	11.3	2.1	1.3	0.6	37.7	8.38
100-110	72.0	68.2	41.0	27.2	4.8	5.6	1.1	0.7	41.5	8.58
160-170	70.5	72.8	40.3	32.5	12.4	2.6	0.9	0.8	40.9	8.23
170-180	60.6	63.1	40.2	22.9	14.7	1.6	0.9	0.8	30.5	7.78
180-190	70.7	77.0	40.1	36.9	14.5	2.6	0.8	0.6	35.0	8.17
39										
5-10	77.5	68.6	33.9	34.7	35.6	1.0	1.3	0.8	41.2	8.43
10-20	76.7	70.7	34.3	36.4	28.5	1.3	1.2	0.9	42.8	8.53
30-40	70.3	72.2	36.4	35.8	33.4	1.1	1.0	0.9	38.1	7.67
50-60	79.5	69.9	31.7	38.2	22.7	1.7	1.3	1.1	28.9	7.85
60-70	76.6	84.8	39.3	45.5	35.6	1.3	0.8	1.5	30.7	8.08
70-80	69.8	71.8	32.9	38.9	42.5	0.9	1.0	1.1	35.5	8.07
80-90	64.8	67.2	34.8	32.4	27.9	1.2	0.9	1.2	26.9	7.88
90-100	77.8	71.0	31.4	39.6	47.2	0.8	1.2	1.4	28.3	7.75
100-110	56.6	65.1	33.3	31.8	36.2	0.9	0.7	0.8	38.4	8.40
110-120	62.2	66.1	31.7	34.4	26.1	1.3	0.9	0.8	41.5	8.35

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	W	LL	LP	IP	F <sub>u</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>l</sub>
Interv.										
120-130	47.4	63.1	33.7	29.4	37.6	0.8	0.5	0.9	33.1	7.90
130-140	58.5	63.6	33.1	30.5	33.3	0.9	0.8	0.9	33.8	7.87
140-150	52.4	56.8	30.8	26.0	32.4	0.8	0.8	0.7	35.6	7.90
150-160	55.4	63.2	30.0	33.2	32.7	1.0	0.5	0.9	37.7	8.08
160-170	57.3	68.0	32.9	35.1	40.6	0.9	0.7	1.1	33.4	8.47
170-180	51.7	66.5	39.6	26.9	39.3	0.7	0.5	0.9	30.0	7.97
40										
5-10	70.4	75.7	35.6	40.1	34.3	1.2	0.9	1.3	29.9	6.40
10-20	71.6	75.9	36.2	39.7	27.7	1.4	0.9	1.0	41.3	8.33
20-30	67.9	75.6	37.0	38.6	38.2	1.0	0.8	0.9	44.2	8.36
30-40	83.4	73.9	36.8	37.1	32.7	1.1	1.3	0.9	40.3	8.38
42										
5-10	70.2	62.3	28.1	34.2	22.7	1.5	1.2	1.3	26.1	7.90
10-20	94.0	63.9	31.0	32.9	22.7	1.5	1.9	1.0	33.7	8.13
20-30	85.4	73.8	33.8	40.0	23.7	1.7	1.3	1.6	24.9	7.70
30-40	80.8	72.0	35.5	36.5	17.0	2.1	1.2	1.0	37.2	7.83
40-50	82.5	62.9	31.4	31.5	21.7	1.5	1.6	0.8	38.6	8.41
50-60	68.3	64.5	32.4	32.1	27.4	1.2	1.1	1.0	31.2	8.02
60-70	63.5	56.4	24.4	32.0	24.4	1.3	1.2	1.1	28.6	7.30
70-80	64.7	57.3	24.8	32.5	20.7	1.6	1.2	0.7	48.9	8.38
80-90	61.9	54.5	25.0	29.5	29.9	1.0	1.3	1.0	28.5	7.48
90-100	52.7	48.4	22.7	25.7	19.1	1.4	1.2	0.9	29.2	7.08
100-110	55.3	52.9	22.8	30.1	24.4	1.2	1.1	1.2	25.6	7.18
110-120	79.0	68.4	34.2	34.2	30.1	1.1	1.3	0.9	38.7	8.53
120-130	75.1	68.2	33.7	34.5	26.9	1.3	1.2	1.2	27.8	7.62
130-140	72.1	67.5	30.9	36.6	30.0	1.2	1.1	1.1	32.5	8.27
140-150	68.9	65.8	32.8	33.0	39.4	0.8	1.1	1.3	26.4	7.60
150-160	54.0	53.9	27.7	26.2	18.2	1.4	1.0	0.8	32.3	8.05
160-170	66.7	52.0	29.6	22.4	9.6	2.3	1.7	1.0	23.0	6.90
170-180	60.2	60.2	31.3	28.9	14.6	2.0	1.0	0.9	34.2	7.88
50										
5-10	69.1	72.0	32.5	39.5	21.3	1.9	0.9	1.0	39.0	7.92
10-20	69.3	67.9	34.2	33.7	24.0	1.4	1.0	0.8	41.7	8.03
20-30	75.0	76.4	36.0	40.4	19.9	2.0	1.0	1.3	30.1	7.81
30-40	60.5	62.6	32.0	30.6	37.7	0.8	0.9	0.9	35.2	7.99
40-50	61.4	68.6	34.3	34.3	29.0	1.2	0.8	1.1	30.6	7.83
50-60	48.1	54.4	34.6	19.8	48.2	0.4	0.7	0.5	38.6	7.68
70-80	57.3	63.1	33.5	29.6	27.4	1.1	0.8	1.1	26.2	7.54
80-90	56.0	62.3	30.9	31.4	29.6	1.1	0.8	1.0	32.9	7.47
90-100	55.2	58.0	32.8	25.2	28.0	0.9	0.9	0.8	32.1	7.39
110-120	66.8	69.2	32.0	37.2	20.6	1.8	0.9	1.1	33.5	7.61
120-130	65.7	68.5	35.8	32.7	28.6	1.1	0.9	0.9	35.4	7.83

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>v</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>L</sub>
130-140	57.7	64.4	35.4	29.0	27.0	1.1	0.8	1.0	28.1	7.86
140-150	70.5	66.4	35.3	31.1	36.9	0.8	1.1	0.9	36.7	8.15
53										
5-10	73.3	77.6	41.1	36.5	36.8	1.0	0.9	1.1	34.1	7.88
10-20	71.6	80.4	42.0	38.4	44.3	0.9	0.8	0.8	47.9	8.55
20-30	76.0	74.0	41.7	32.3	42.4	0.8	1.1	0.7	44.0	8.34
30-40	90.6	80.6	40.3	40.3	23.6	1.7	1.3	0.8	50.9	8.67
40-50	67.1	66.2	36.1	30.1	38.5	0.8	1.0	0.8	39.7	7.62
50-60	84.1	78.0	41.6	36.4	44.6	0.8	1.2	1.0	36.6	7.93
60-70	72.4	76.5	36.9	39.6	41.2	1.0	0.9	0.9	45.1	7.77
70-80	95.1	82.5	43.9	38.6	43.0	0.9	1.3	0.8	48.6	8.37
89-90	70.1	76.0	32.2	43.8	34.2	1.3	0.9	0.9	49.5	8.63
90-100	81.9	70.9	33.6	37.3	35.7	1.1	1.3	0.7	52.1	8.76
100-110	76.7	68.0	31.5	36.5	40.3	0.9	1.2	1.1	31.9	7.83
110-120	84.3	73.1	30.1	43.0	42.8	1.0	1.3	1.3	32.9	7.86
54										
10-20	59.1	53.8	22.9	30.9	15.5	2.0	1.2	0.8	36.7	8.37
20-30	76.2	60.5	29.9	30.6	29.2	1.1	1.5	0.9	32.8	8.27
40-50	60.9	51.2	21.1	31.1	20.6	1.5	1.3	0.9	34.7	7.77
50-60	64.5	58.6	30.8	27.8	21.0	1.3	1.2	0.4	28.5	7.40
80-90	46.1	51.3	25.8	26.5	17.0	1.6	0.8	1.0	25.9	7.33
90-100	49.1	54.6	22.4	32.2	10.0	3.2	0.8	1.1	29.8	8.07
100-110	51.3	55.8	33.0	22.8	12.3	1.9	0.8	0.9	25.2	7.72
55										
10-20	68.2	59.0	24.9	34.1	41.4	0.8	1.3	1.3	26.6	7.60
50-60	58.4	51.4	26.1	25.3	17.6	1.4	1.3	1.0	24.9	7.13
60-70	62.1	58.0	28.9	39.1	22.2	1.8	0.9	1.2	32.4	7.85
120-130	56.4	65.2	31.3	33.9	19.6	1.7	0.7	1.0	35.3	8.10
130-140	45.7	53.4	24.5	38.9	18.9	2.1	0.6	1.3	29.3	7.31
160-170	41.3	52.0	22.9	29.1	19.2	1.5	0.6	1.2	25.1	7.35
170-180	38.4	50.5	25.6	24.9	22.3	1.1	0.5	0.9	28.4	7.35
62										
30-40	60.2	64.1	30.6	33.5	32.2	1.0	0.9	1.3	25.8	7.07
40-50	64.4	68.3	27.7	40.6	18.6	2.2	0.9	1.3	29.6	7.47
64										
10-20	73.7	65.2	30.3	34.9	34.0	1.0	1.2	1.0	35.0	8.13
20-30	91.5	64.8	29.1	35.7	22.4	1.6	1.8	1.1	32.0	7.87
40-50	77.2	60.8	30.0	30.8	35.0	0.9	1.5	0.8	40.0	8.27
50-60	62.9	66.3	30.8	35.5	23.7	1.5	0.9	1.0	33.7	7.85
60-70	58.5	70.2	34.0	36.2	22.5	1.6	0.7	0.9	38.3	8.18

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>v</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>i</sub>
65										
5-10	64.4	63.2	30.3	32.9	33.0	1.0	1.0	1.0	32.3	7.77
10-20	84.8	69.8	32.8	37.0	31.5	1.2	1.4	1.5	24.4	7.31
20-30	62.6	69.0	33.0	36.0	31.7	1.1	0.8	1.3	26.3	7.64
71										
5-10	78.9	74.5	38.8	35.7	13.7	2.6	1.1	1.2	29.9	7.73
10-20	59.0	70.0	33.7	36.3	12.2	3.0	0.7	0.8	46.2	8.52
20-30	65.1	79.5	40.8	38.7	12.6	3.1	0.6	1.0	40.7	8.27
30-40	65.2	73.6	23.1	50.5	9.3	5.4	0.8	0.9	44.7	8.41
40-50	67.2	71.4	28.2	43.2	12.7	3.4	0.9	1.1	39.5	8.43
50-60	45.2	63.6	30.2	33.4	14.7	2.3	0.5	0.9	39.1	8.21
60-70	58.4	75.1	25.2	49.9	11.4	4.4	0.7	1.7	28.8	7.94
70-80	59.4	71.2	23.5	47.7	10.3	4.6	0.8	1.7	27.8	8.33
72										
5-10	73.0	70.3	32.1	38.2	22.5	1.7	1.1	1.1	35.9	7.78
10-20	69.0	68.4	30.3	38.1	28.6	1.3	1.0	1.1	35.0	7.83
20-30	69.9	69.0	33.7	35.3	36.5	1.0	1.0	1.3	27.3	8.02
30-40	66.4	64.9	31.4	33.5	28.3	1.2	1.0	0.8	44.5	7.43
40-50	56.2	65.9	34.4	31.5	43.9	0.7	0.7	0.9	36.1	8.17
50-60	56.8	68.0	33.4	34.6	34.3	1.0	0.7	0.9	37.9	8.33
80										
5-10	97.4	89.9	42.5	47.4	44.7	1.1	1.2	0.9	54.4	8.87
10-20	85.4	90.0	41.5	48.5	35.9	1.4	0.9	1.6	29.7	7.13
20-30	92.2	83.3	40.8	42.5	50.2	0.9	1.2	0.9	49.4	8.72
30-40	83.8	76.4	39.3	37.1	36.4	1.0	1.2	0.8	44.8	8.18
40-50	75.1	79.7	40.0	39.7	21.5	1.9	0.9	0.8	50.7	8.77
50-60	76.1	75.0	36.9	38.1	58.6	0.7	1.0	0.7	52.8	8.98
60-70	98.7	84.2	41.3	42.9	38.8	1.1	1.3	1.6	26.7	7.02
70-80	76.3	77.5	37.3	40.2	29.6	1.4	1.0	1.0	40.9	8.63
80-90	75.4	73.5	34.0	39.5	33.8	1.2	1.1	0.9	46.3	8.73
90-100	60.3	81.5	36.8	44.7	25.8	1.7	0.5	1.6	28.0	8.00
100-110	90.5	75.0	35.9	39.1	42.6	0.9	1.4	0.8	46.5	8.60
81										
5-10	95.2	88.2	40.9	47.3	40.4	1.2	1.2	1.3	36.8	8.17
10-20	91.0	87.0	40.9	46.1	48.8	1.0	1.1	1.7	27.4	7.79
30-40	79.6	81.4	39.2	42.2	39.0	1.1	1.0	1.3	32.6	8.11
40-50	84.9	83.0	40.0	43.0	38.9	1.1	1.0	1.2	34.5	8.27
60-70	85.1	80.9	40.3	40.6	16.8	2.4	1.1	1.3	29.9	8.04
70-80	77.2	80.7	38.1	42.6	10.5	4.0	0.9	1.3	33.0	8.17
80-90	80.1	81.2	39.8	41.4	31.7	1.3	1.0	1.1	36.1	8.23
90-100	71.9	82.8	38.8	44.0	36.5	1.2	0.8	1.2	37.8	8.35

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo Interv.	W	LL	LP	IP	F <sub>v</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>v</sub>
100-110	73.0	83.4	40.6	42.8	52.2	0.8	0.8	0.7	65.3	8.83
110-120	79.8	73.9	34.5	39.4	18.3	2.2	1.2	1.0	38.5	8.52
130-140	64.0	75.4	37.6	37.8	32.1	1.2	0.7	1.1	33.5	8.00
140-150	64.0	75.9	39.2	36.8	44.2	0.8	0.7	1.3	28.0	7.63
150-160	48.3	75.6	37.6	37.0	47.9	0.8	0.3	1.1	34.2	8.08
160-170	56.4	74.6	38.4	37.2	41.3	0.9	0.5	1.0	38.0	8.59
170-180	54.1	79.2	39.5	39.8	45.6	0.9	0.4	1.0	38.9	8.27
82										
10-20	91.0	84.4	40.4	44.0	24.6	1.8	1.2	1.4	32.4	8.31
30-40	78.1	79.0	39.3	39.7	31.4	1.3	1.0	1.2	33.4	8.33
40-50	97.2	89.3	42.3	47.0	27.6	1.7	1.2	1.1	43.8	8.70
50-60	87.2	75.6	37.2	38.4	51.1	0.8	1.3	1.3	29.7	7.40
80-90	76.7	76.1	35.9	40.2	33.5	1.2	1.0	1.6	25.9	7.98
90-100	72.4	74.6	36.0	38.6	52.2	0.7	0.9	1.1	36.1	7.10
100-110	56.5	68.9	34.3	34.6	37.6	0.9	0.6	1.5	23.0	9.44
110-120	71.3	77.5	33.6	43.9	22.4	2.0	0.9	0.6	73.6	8.03
120-130	59.0	76.3	32.8	43.5	31.8	1.4	0.6	1.2	35.2	8.02
92										
10-20	89.4	83.4	29.3	54.1	45.9	1.2	1.1	1.3	41.1	8.38
20-30	82.3	75.2	26.0	49.2	36.5	1.4	0.3	1.5	32.2	8.77
30-40	84.4	74.5	27.0	47.5	31.4	1.5	1.2	1.7	27.7	8.55
40-50	75.0	73.3	27.7	45.6	27.4	1.7	1.0	1.2	38.0	8.53
60-70	69.1	68.6	25.0	43.6	7.7	5.6	1.0	1.1	39.2	8.48
70-80	60.0	62.2	26.3	35.9	20.5	1.8	0.9	1.2	30.6	8.53
80-90	65.8	65.7	26.1	39.6	13.9	2.9	1.0	1.0	41.7	8.13
90-100	70.7	72.9	30.9	42.0	12.6	3.3	1.0	1.4	30.5	8.63
100-110	64.8	71.8	32.7	39.1	10.1	3.9	0.8	1.3	29.4	8.18
110-120	66.4	71.5	30.9	40.6	10.9	3.7	0.9	1.5	27.5	7.97
130-140	71.5	76.9	33.2	43.7	12.8	3.4	0.9	1.3	32.7	7.85
140-150	52.9	58.2	23.6	34.6	15.9	2.2	0.9	0.9	37.0	8.60
150-160	47.9	56.7	21.7	35.0	17.0	2.1	0.8	1.3	28.1	8.52
95										
10-20	77.4	81.5	38.1	43.4	35.7	1.2	0.9	1.1	38.0	8.27
96										
5-10	86.9	72.5	26.0	46.5	31.1	1.5	1.3	1.8	25.8	7.81
10-20	84.8	73.9	25.4	48.5	70.0	0.7	1.2	1.4	33.6	8.26
20-30	79.0	73.2	24.6	48.6	14.1	3.4	1.1	1.0	46.8	9.04
30-40	71.8	71.5	28.3	43.2	11.7	3.7	1.0	1.5	28.5	8.09
40-50	61.6	64.8	27.3	37.5	21.1	1.8	0.9	1.3	28.1	7.76
70-80	65.6	70.3	24.4	45.9	13.9	3.3	0.9	1.5	29.7	7.95
80-90	64.2	67.5	25.5	42.0	12.9	3.3	0.9	1.0	40.5	8.54

TABLA 9 (Cont.)

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES  
DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	W	LL	LP	IP	F <sub>v</sub>	T <sub>v</sub>	B	Ac	a	M <sub>v</sub>
Interv.										
90-100	66.9	69.4	27.8	41.6	11.4	3.7	0.9	1.6	26.5	7.61
100-110	61.2	70.3	26.8	43.5	12.4	3.5	0.8	1.1	39.8	8.44
110-120	57.4	66.2	22.2	44.0	16.0	2.8	0.8	1.3	34.0	8.06
130-140	57.2	71.5	24.4	47.1	15.0	3.2	0.7	1.1	43.6	7.85
140-150	53.6	66.9	25.9	41.0	19.9	2.1	0.7	0.9	46.0	8.55
107										
5-10	88.9	80.0	35.4	44.6	29.4	1.5	1.2	1.1	39.9	7.94
10-20	78.7	81.7	35.8	45.9	21.9	2.1	0.9	1.3	36.1	8.33
30-40	85.2	80.5	38.0	42.5	27.8	1.5	1.1	1.2	34.6	8.17
40-50	81.3	79.2	36.2	43.0	27.0	1.6	1.1	1.2	35.3	8.11
50-60	75.8	79.5	36.8	42.7	18.8	2.3	0.9	1.4	30.9	7.56
60-70	82.3	81.3	36.4	44.9	18.7	2.4	1.0	1.3	35.0	8.40
108										
5-10	84.2	102.3	53.6	48.7	6.1	8.0	0.6	1.0	46.9	8.94
10-20	96.6	107.4	51.2	56.2	13.3	4.2	0.8	1.3	42.4	8.88
20-30	80.8	94.0	56.8	37.2	10.0	3.7	0.7	0.9	41.3	7.90
30-40	73.6	89.2	53.0	36.2	11.0	3.3	0.6	1.0	38.0	8.73
40-50	83.1	96.3	53.7	42.6	9.7	4.4	0.7	1.3	33.9	8.05
50-60	93.0	99.0	52.0	47.0	10.3	4.6	0.9	1.2	40.7	8.33
60-70	74.4	97.0	51.1	45.9	53.0	0.9	0.5	1.2	38.0	8.28
70-80	75.8	88.8	45.6	43.2	22.8	1.9	0.7	1.2	37.4	8.05
80-90	71.6	86.5	45.1	41.4	23.4	1.8	0.6	1.2	33.7	8.08
90-100	72.0	89.5	47.0	42.5	25.6	1.7	0.6	1.4	30.8	7.85

TABLA 10

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	p <sub>c</sub>	Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	p <sub>c</sub>
1	5-10	32	210	2	5-10	18	15
	10-20	42	310		10-20	14	15
	20-30	56	310		20-30	28	50
	30-40	60	310		30-40	34	50
	40-50	68	310		40-50	36	40
	50-60	64	310		50-60	40	60
	60-70	72	310		60-70	50	160
	70-80	72	310		70-80	48	150
8	5-10	11	60		80-90	50	160
	10-20	18	160		90-100	66	210
	20-30	14	80		100-110	90	280
	30-40	13	70		110-120	86	270
	40-50	12	70		120-130	96	300
	50-60	14	70		130-140	98	310
	60-70	20	170		140-150	92	290
					150-160	96	300
9	5-10	42	170	160-170	96	300	
	40-50	36	160	10	5-10	100	80
	50-60	39	160		10-20	100	90
	70-80	48	250		20-30	100	110
	80-90	50	230		30-40	110	130
	90-100	40	200		40-50	100	110
	100-110	40	200		50-60	120	130
	110-120	42	200		60-70	130	160
			70-80		140	180	
11	5-10	10	110	80-90	160	190	
	10-20	20	130	90-100	170	220	
	20-30	28	140	100-110	190	240	
	30-40	30	160	110-120	200	270	
	40-50	32	150	120-130	200	240	
	50-60	33	160	130-140	210	250	
	60-70	30	200	140-150	210	260	
	70-80	30	190	150-160	200	280	
	80-90	34	200	160-170	220	240	
	90-100	40	210	27	5-10	12	90
	100-110	34	270		10-20	13	90
	**				20-30	17	100
			30-40		23	140	
30	10-20	20	130	40-50	29	160	
	20-30	28	140	50-60	30	160	
	30-40	26	140				
	40-50	30	230				

\* para el significado de los símbolos y unidades, consultar el texto.

\*\* consultar Tabla 12 para los valores de T<sub>r</sub> y p<sub>c</sub> en intervalo 110-180.

TABLA 10 (Cont.)

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	p <sub>c</sub>	Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	p <sub>c</sub>
	50-60	40	230		60-70	31	220
	60-70	44	250		70-80	32	190
	70-80	42	260		80-90	39	250
	80-90	60	310		90-100	34	210
	90-100	56	310		100-110	32	190
	100-110	50	260		110-120	34	190
	110-120	58	310		120-130	40	260
	120-130	56	310				
	130-140	62	310	31	5-10	60	50
					10-20	60	40
37	5-10	4	60		20-30	50	30
	10-20	14	90		30-40	70	50
	20-30	14	80		60-70	80	70
	30-40	20	90		70-80	90	80
	40-50	20	90		80-90	95	80
	50-60	20	90		90-100	70	80
	60-70	20	90		100-110	80	90
	70-80	20	90		110-120	95	90
	80-90	20	90		120-130	100	90
	90-100	24	90		130-140	90	80
	100-110	28	110		140-150	40	70
	110-120	24	130		150-160	75	80
	120-130	30	140		160-170	90	80
	130-140	28	130		170-180	85	80
	140-150	50	150				
	150-160	34	170	39	5-10	10	60
	160-170	36	180		10-20	34	70
	170-180	40	190		20-30	40	70
	180-190	48	200		30-40	58	100
					40-50	70	100
42	5-10	20	80		50-60	80	110
	10-20	20	90		60-70	90	130
	20-30	20	90		70-80	110	150
	30-40	20	80		80-90	128	180
	40-50	20	90		90-100	140	180
	50-60	20	80		100-110	132	190
	60-70	20	90		110-120	132	200
	70-80	26	130		120-130	144	230
	80-90	32	140		130-140	156	230
	90-100	32	140		140-150	140	300
	100-110	30	140		150-160	160	250
	110-120	28	130		160-170	160	240
	120-130	28	130		170-180	128	200
	130-140	20	170				

TABLA 10 (Cont.)

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO EN LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	Intervalo	T <sub>f</sub>	P <sub>c</sub>	Núcleo	Intervalo	T <sub>f</sub>	P <sub>c</sub>
	140-150	28	160	50	5-10	19	90
	150-160	36	280		10-20	16	60
	160-170	32	170		20-30	14	80
	170-180	36	140		30-40	18	100
					40-50	17	100
53	5-10	16	130		50-60	21	140
	10-20	16	80		60-70	20	140
	20-30	20	80		70-80	24	120
	30-40	16	80		80-90	20	130
	40-50	20	90		90-100	18	110
	50-60	20	90		100-110	20	130
	60-70	22	110		110-120	22	110
	70-80	20	130		120-130	20	110
	80-90	20	170		130-140	18	110
	90-100	28	150		140-150	20	120
	100-110	32	170				
	110-120	32	170	54	5-10	16	150
	120-130	30	170		10-20	24	140
					20-30	24	160
55	5-10	26	140		30-40	30	210
	10-20	30	110		40-50	30	160
	20-30	20	140		50-60	30	200
	30-40	26	100		60-70	40	280
	40-50	30	130		70-80	60	350
	50-60	28	130		80-90	60	350
	60-70	28	110		90-100	56	350
	70-80	40	220		100-110	58	280
	80-90	46	210				
	90-100	46	290	64	5-10	76	110
	100-110	48	250		10-20	86	110
	110-120	60	260		20-30	102	160
	120-130	52	220		30-40	112	160
	130-140	46	250		40-50	130	170
	140-150	52	270		50-60	140	190
	150-160	58	260		60-70	154	190
	160-170	60	270		70-80	140	230
	170-180	64	280		80-90	150	200
					90-100	148	230
71	5-10	12	80				
	10-20	21	140	72	5-10	18	140
	20-30	28	190		10-20	22	160
	30-40	32	200		20-30	32	190
	40-50	36	250		30-40	40	280

TABLA 10 (Cont.)

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	Intervalo	T <sub>f</sub>	p <sub>c</sub>	Núcleo	Intervalo	T <sub>f</sub>	p <sub>c</sub>
	50-60	52	270		40-50	50	298
	60-70	49	230		50-60	51	**
	70-80	50	200		60-70	46	
					70-80	60	
80	5-10	20	110				
	10-20	22	110	81	5-10	38	60
	20-30	22	140		10-20	44	80
	30-40	28	130		20-30	52	90
	40-50	26	140		30-40	68	90
	50-60	30	160		40-50	100	140
	60-70	28	150		50-60	90	160
	70-80	32	170		60-70	112	160
	80-90	36	170		70-80	132	210
	90-100	40	200		80-90	138	210
	100-110	44	240		90-100	60	210
					100-110	164	220
82	5-10	28	60		110-120	158	200
	10-20	32	60		120-130	134	220
	20-30	34	70		130-140	172	240
	30-40	34	80		140-150	158	260
	40-50	50	100		150-160	188	350
	50-60	68	100		160-170	200	350
	60-70	80	110				
	70-80	90	140	92	5-10	12	70
	80-90	90	150		10-20	14	90
	90-100	106	160		20-30	20	110
	100-110	120	200		30-40	22	130
	110-120	120	200		40-50	24	140
	120-130	125	180		50-60	29	140
					60-70	30	200
95	5-10	30	170		70-80	40	190
	10-20	38	230		80-90	34	200
	20-30	44	280		90-100	30	210
	30-40	54	350		100-110	40	240
	40-50	68	300		110-120	44	230
	50-60	76	350		120-130	50	250
	60-70	82	350		130-140	50	270
	70-80	90	350		140-150	80	280
					150-160	60	280
96	5-10	48	100				
	10-20	94	120	97	5-10	20	110
	20-30	110	160		10-20	19	130

\*\* los valores correspondientes al esfuerzo compresivo en estos sedimentos se tienen en la Tabla 12.

TABLA 10 (Cont.)

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO DE LOS SEDIMENTOS  
SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS.

Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	P <sub>c</sub>	Núcleo	Intervalo	T <sub>r</sub>	P <sub>c</sub>
	30-40	96	200		20-30	20	140
	40-50	160	250		30-40	29	200
	50-60	180	260		40-50	30	190
	60-70	192	270		50-60	33	220
	70-80	196	310		60-70	30	220
	80-90	50	290		70-80	34	260
	90-100	60	270				
	100-110	58	310	107	5-10	20	60
	110-120	74	310		10-20	20	90
	120-130	60	310		20-30	22	130
	130-140	40	310		30-40	26	140
	140-150	78	310		40-50	36	210
					50-60	40	250
108	5-10	28	50		60-70	50	270
	10-20	38	80				
	20-30	74	110				
	30-40	97	140				
	40-50	114	200				
	50-60	92	180				
	60-70	72	200				
	70-80	150	210				
	80-90	158	230				
	90-100	150	270				
	100-110	140	290				
	110-120	250	280				
	120-130	220	290				
	130-140	240	330				
	140-150	220	260				

TABLA 11

FACTORES DE CORRELACION, MEDIA ARITMETICA Y DESVIACION ESTANDARD DE ALGUNOS PARAMETROS GEOTECNICOS, ASI COMO LA ECUACION DE LA LINEA RECTA QUE MEJOR REPRESENTO A CADA PAR DE VALORES. +

Est Núm	Y	x	m*	b*	r <sup>2</sup>	x		σ <sub>n</sub>		N
						y	x	y	x	
1	n	c	-0.10	81.73	-0.73	66.8	148.7	2.4	17.7	8
	T <sub>r</sub>	c	0.60	-31.00	-0.73	58.3	148.7	14.5	17.7	5
	log IP	c				1.6	155.0	0.0	0.0	
	n	z	-0.09	70.68	-0.87	66.8	45.0	2.4	24.5	
	T <sub>r</sub>	z			0.93	58.3	45.0	14.5	24.5	
	c	z			0.58	148.8	45.0	17.7	24.5	
2	n	c	-0.03	74.45	-0.67	71.7	87.4	2.7	57.5	17
	T <sub>r</sub>	c	0.52	15.47	0.98	61.1	87.4	30.5	57.5	15
	log IP	c			-0.30	1.5	89.0	0.1	56.1	
	n	z	-0.03	74.62	-0.60	71.7	90.0	2.7	50.5	
	T <sub>r</sub>	z			0.97	61.1	90.0	30.5	50.5	
	c	z			0.96	87.4	90.0	57.5	50.5	
8	n	c	-0.10	71.40	-0.93	67.2	43.6	1.8	17.3	7
	T <sub>r</sub>	c	0.14	8.45	0.74	14.6	43.6	3.3	17.3	5
	log IP	c			0.43	1.6	33.0	0.1	27.3	
	n	z			0.35	67.2	40.0	1.8	21.6	
	T <sub>r</sub>	z			0.40	14.6	40.0	3.3	21.6	
	c	z			-0.16	43.6	40.0	17.3	21.6	
10	n	c	0.06	70.59	0.83	76.6	93.5	2.6	34.1	17
	T <sub>r</sub>	c	1.31	34.14	0.96	156.5	93.5	46.1	34.1	16
	log IP	c	0.00	1.75	-0.72	1.6	91.3	0.1	33.8	
	n	z	0.04	72.74	0.82	76.6	90.0	2.6	50.5	
	T <sub>r</sub>	z			0.97	156.5	90.0	46.1	50.5	
	c	z			0.95	93.5	90.0	34.1	50.5	
11	n	c	0.00	71.04	-0.45	67.0	230.0	1.9	185.9	18
	T <sub>r</sub>	c	0.07	22.82	0.86	38.8	230.0	15.0	185.9	10
	log IP	c			-0.21	1.7	89.5	0.0	124.1	
	n	z	-0.02	72.01	-0.59	70.0	95.0	1.9	53.4	
	T <sub>r</sub>	z			0.87	38.8	95.0	15.0	53.4	
	c	z			0.93	230.0	95.0	185.9	53.4	
27	n	c	-0.11	76.00	-0.82	65.7	94.2	4.8	36.0	13
	T <sub>r</sub>	c	0.22	7.05	0.88	28.2	94.2	9.2	36.0	
	log IP	c			-0.10	1.5	94.2	0.2	36.0	
	n	z	-0.10	72.74	-0.82	65.7	70.0	4.8	39.0	
	T <sub>r</sub>	z			0.91	28.2	70.0	9.2	39.0	
	c	z			0.95	94.2	70.0	36.0	39.0	

+ para el significado de los símbolos y de sus unidades, consultar el texto.

Q ecuación de forma:  $y = mx + b$

TABLA 11 (Cont.)

FACTORES DE CORRELACION, MEDIA ARITMETICA Y DESVIACION ESTANDAR DE ALGUNOS PARAMETROS GEOTECNICOS, ASI COMO LA ECUACION DE LA LINEA RECTA QUE MEJOR REPRESENTO A CADA PAR DE VALORES.

Est Num	y	x	m*	b*	r <sup>2</sup>	x		$\sigma_n$		N
						y	x	y	x	
30	n	c			-0.39	66.7	121.9	4.3	34.6	13
	T <sub>f</sub>	c	0.39	-4.08	0.95	44.0	121.9	14.4	34.6	
	log IP	c	0.00	1.63	-0.68	1.5	101.7	0.1	27.1	6
	n	z			-0.33	67.0	75.0	4.4	41.8	14
	T <sub>f</sub>	z			0.93	44.0	70.0	14.4	39.0	
	c	z			0.91	121.9	70.0	34.6	39.0	
31	n	c			-0.04	69.7	35.6	2.0	9.3	16
	T <sub>f</sub>	c	1.36	28.52	0.72	76.9	35.7	17.4	9.3	
	log IP	c	0.00	1.54	0.62	1.6	38.3	0.0	6.1	9
	n	z			-0.01	69.7	100.0	2.0	54.7	
	T <sub>f</sub>	z			0.41	76.9	100.0	17.4	54.7	
	c	z			0.76	35.6	100.0	9.3	54.7	
37	n	c			-0.31	68.2	58.7	2.7	20.1	19
	T <sub>f</sub>	c	0.52	-4.50	0.90	26.0	58.7	11.6	20.1	
	log IP	c			0.08	1.5	55.8	0.1	23.1	13
	n	z			-0.31	68.2	100.0	2.7	56.3	
	T <sub>f</sub>	z			0.91	26.0	100.0	11.6	56.3	
	c	z			0.92	58.7	100.0	20.1	56.3	
39	n	c	-0.89	76.34	-0.89	67.9	83.1	4.0	35.4	18
	T <sub>f</sub>	c	1.24	3.28	0.93	106.2	83.1	47.1	35.4	
	log IP	c	0.00	1.63	-0.61	1.5	88.1	0.1	34.1	16
	n	z	-0.06	74.07	-0.86	67.9	95.0	4.0	53.4	
	T <sub>f</sub>	z			0.92	106.2	95.0	47.1	53.4	
	c	z			0.93	83.1	95.0	35.4	53.4	
42	n	c	-0.10	72.66	-0.72	65.9	64.7	3.5	24.5	18
	T <sub>f</sub>	c	0.18	14.35	-0.73	26.0	64.7	6.1	24.5	
	log IP	c			-0.53	1.5	64.7	0.1	24.5	
	n	z	-0.03	68.76	-0.45	65.9	95.0	3.5	53.4	
	T <sub>f</sub>	z			0.78	26.0	95.0	6.1	53.4	
	c	z			0.77	64.7	95.0	24.5	53.4	
50	n	c			-0.12	64.0	55.0	4.1	11.0	15
	T <sub>f</sub>	c	0.15	10.72	0.69	19.1	55.0	2.5	11.0	
	log IP	c	0.00	1.77	-0.65	1.5	53.1	0.1	10.5	13
	n	z			0.39	64.0	80.0	4.1	44.7	
	T <sub>f</sub>	z			0.44	19.1	80.0	2.5	44.7	
	c	z			0.42	55.0	80.0	11.0	44.7	

TABLA 11 (Cont.)

FACTORES DE CORRELACION, MEDIA ARITMETICA Y DESVIACION ESTANDAR DE ALGUNOS PARAMETROS GEOTECNICOS, ASI COMO LA ECUACION DE LA LINEA RECTA QUE MEJOR REPRESENTO A CADA PAR DE VALORES.

Est Núm.	y	x	m*	b*	r <sup>2</sup>	y	x	y	x	N
53	n	c			0.23	68.8	60.4	2.7	17.1	13
	T <sub>f</sub>	c	0.23	8.45	0.67	22.5	60.4	5.9	17.1	
	log IP	c			0.47	1.6	59.6	0.1	17.6	12
	n	z			0.46	68.8	70.0	2.7	38.9	
	T <sub>f</sub>	z			0.89	22.5	70.0	6.0	38.9	
	c	z			0.74	60.4	70.0	17.1	38.9	
54	n	c	-0.69	77.99	-0.69	64.8	124.1	6.2	40.1	11
	T <sub>f</sub>	c	0.35	-4.10	0.83	38.9	124.1	16.6	40.1	
	log IP	c	0.00	1.50	-0.34	1.5	117.1	0.1	45.6	7
	n	z	-0.13	72.34	-0.68	64.8	60.0	6.2	33.2	
	T <sub>f</sub>	z			0.94	38.9	60.0	16.6	33.2	
	c	z			0.74	124.1	60.0	40.1	33.2	
55	n	c	-0.07	67.49	-0.75	60.9	101.1	3.0	34.4	18
	T <sub>f</sub>	c	0.37	4.92	0.90	42.2	101.1	14.0	34.4	
	log IP	c			-0.27	1.5	97.9	0.1	38.3	7
	n	z	-0.03	64.03	-0.59	60.9	95.0	3.0	53.4	
	T <sub>f</sub>	z	0.00	1.56	0.93	42.2	95.0	14.0	53.4	
	c	z			0.87	101.1	95.0	34.4	53.4	
61	n	c			0.43	54.2	591.7	3.6	38.2	3
	T <sub>f</sub>	c			0.51	94.0	591.7	16.4	38.2	
	n	z	-0.36	61.37	-0.99	54.2	20.0	3.6	10.0	
	T <sub>f</sub>	z			-0.98	94.0	20.0	16.4	10.0	
	c	z			-0.33	591.7	20.0	38.2	10.0	
64	n	c			0.13	61.6	87.5	2.1	21.1	10
	T <sub>f</sub>	c	1.20	19.02	0.90	123.8	87.5	28.0	21.1	
	log IP	c			0.06	1.5	82.0	0.1	16.4	5
	n	z			0.12	61.7	65.0	1.9	36.1	
	T <sub>f</sub>	z			0.93	123.8	55.0	28.0	30.3	
	c	z			0.94	87.5	55.0	21.1	30.3	
71	n	c	-0.03	69.08	-0.53	66.0	97.5	1.8	30.6	8
	T <sub>f</sub>	c	0.41	-4.67	0.85	35.0	97.5	14.6	30.6	
	log IP	c			0.27	1.6	97.5	0.1	30.6	
	n	z			-0.34	66.0	45.0	1.8	24.5	
	T <sub>f</sub>	z			0.96	35.0	45.0	14.6	24.5	
	c	z			0.75	97.5	45.0	30.6	24.5	

TABLA 11 (Cont.)

FACTORES DE CORRELACION, MEDIA ARITMETICA Y DESVIACION ESTANDAR DE ALGUNOS PARAMETROS GEOTECNICOS, ASI COMO LA ECUACION DE LA LINEA RECTA QUE MEJOR REPRESENTO A CADA PAR DE VALORES.

Est Núm	y	x	m $\Omega$	b $\Omega$	r <sup>2</sup>	x		$\sigma_n$		N
						y	x	y	x	
72	n	c	0.00	66.49	-0.62	64.4	232.1	3.1	219.5	7
	T <sub>f</sub>	c	0.05	26.78	0.75	39.9	268.8	14.8	228.1	8
	log IP	c	0.00	1.65	-0.95	1.6	105.0	0.1	35.0	5
	n	z	-0.11	68.99	-0.78	64.4	40.0	3.1	21.6	7
	T <sub>f</sub>	z			0.94	39.9	45.0	14.8	24.5	8
	c	z			0.95	268.8	45.0	35.0	24.5	8
80	n	c	-0.09	75.89	-0.73	69.0	78.2	2.3	19.3	11
	T <sub>f</sub>	c	0.38	0.21	0.95	29.8	78.2	7.7	19.3	
	log IP	c			0.40	1.6	78.2	0.1	19.3	
	n	z	-0.06	72.61	-0.86	69.0	60.0	2.3	33.2	
	T <sub>f</sub>	z			0.96	29.8	60.0	7.7	33.2	
	c	z			0.44	78.2	60.0	29.1	33.2	
81	n	c	-0.07	75.98	-0.63	68.8	95.6	5.1	42.4	17
	T <sub>f</sub>	c	1.11	12.27	0.90	118.1	95.6	52.4	42.4	
	log IP	c	0.00	1.68	-0.83	1.6	99.3	0.1	44.3	14
	n	z	-0.05	73.38	-0.57	68.4	100.0	4.9	56.3	19
	T <sub>f</sub>	z			0.90	118.1	90.0	52.4	50.5	
	c	z			0.95	95.6	90.0	42.4	50.5	
82	n	c	-0.10	77.08	-0.86	70.9	61.9	2.9	25.5	13
	T <sub>f</sub>	c	1.33	-11.33	0.97	75.2	61.9	36.6	25.5	
	log IP	c			-0.30	1.6	68.3	0.1	26.5	9
	n	z	-0.06	75.12	-0.79	70.9	70.0	2.9	38.9	
	T <sub>f</sub>	z			0.98	75.2	70.0	36.6	38.9	
	c	z			0.97	61.9	70.0	25.5	38.9	
92	n	c	-0.10	78.75	-0.63	69.6	94.7	5.3	34.2	16
	T <sub>f</sub>	c	0.47	-8.40	0.90	36.2	94.7	17.9	34.2	
	log IP	c	0.00	1.77	-0.82	1.6	98.9	0.1	32.0	13
	n	z	-0.07	75.67	-0.65	69.6	85.0	5.3	47.6	
	T <sub>f</sub>	z			0.92	36.2	85.0	17.9	47.6	
	c	z			0.98	94.7	85.0	34.2	47.6	
95	n	c			-0.42	65.4	139.4	1.7	27.4	8
	T <sub>f</sub>	c	0.52	-12.49	0.65	60.3	139.4	22.0	27.4	
	n	z	-0.06	68.18	-0.92	65.4	45.0	1.7	24.5	
	T <sub>f</sub>	z			0.99	60.3	45.0	22.0	24.5	
	c	z			0.67	139.4	45.0	27.4	24.5	

FACTORES DE CORRELACION, MEDIA ARITMETICA Y DESVIACION ESTANDARD  
DE ALGUNOS PARAMETROS GEOTECNICOS, ASI COMO LA ECUACION DE LA  
LINEA RECTA QUE MEJOR REPRESENTA A CADA PAR DE VALORES.

Est Núm	y	x	m*	b*	r <sup>2</sup>	x		σ <sub>n</sub>		N
						y	x	y	x	
96	n	c	-0.08	79.17	-0.78	68.5	129.3	3.6	34.1	15
	T <sub>f</sub>	c			0.06	99.7	129.3	55.3	34.1	
	log IP	c			-0.32	1.6	126.7	0.1	37.5	12
	n	z	-0.07	74.03	-0.86	68.5	80.0	3.6	44.7	
	T <sub>f</sub>	z			-0.33	99.7	80.0	55.3	44.7	
	c	z			0.81	129.3	80.0	34.1	44.7	
97	n	c	0.04	65.63	0.56	69.9	116.9	2.4	37.8	8
	T <sub>f</sub>	c			-0.24	26.9	116.9	6.2	37.8	
	n	z	-0.06	72.69	-0.64	69.9	45.0	2.4	24.5	6
	T <sub>f</sub>	z			0.91	26.9	45.0	6.2	24.5	
	c	z			0.05	116.9	45.0	37.8	24.5	
107	n	c	-0.81	79.02	-0.81	71.4	82.1	4.6	40.2	7
	T <sub>f</sub>	c	0.28	7.68	0.96	30.6	82.1	11.7	40.2	
	log IP	c			-0.38	1.7	85.0	0.01	43.2	6
	n	z	-0.15	77.53	-0.72	71.4	40.0	4.6	21.6	
	T <sub>f</sub>	z			0.95	30.6	40.0	11.7	21.6	
	c	z			0.99	82.1	40.0	40.2	21.6	
108	n	c	-0.09	80.46	-0.96	71.4	105.9	3.7	41.0	16
	T <sub>f</sub>	c	1.57	-24.85	0.88	141.4	105.9	72.4	41.0	
	log IP	c			-0.31	1.6	83.5	0.1	35.0	6
	n	z	-0.07	77.45	-0.92	71.4	85.0	3.7	47.6	
	T <sub>f</sub>	z			0.93	141.4	85.0	72.4	47.6	
	c	z			0.92	105.9	85.0	41.0	47.6	

TABLA 12

ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO MAXIMOS EN LOS  
SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO  
DEL RIO BALSAS. \*

Núcleo	Intervalo	T <sub>c</sub>	P <sub>c</sub>	litología
11	110-120	60	1000	arena limosa
	120-130	42	800	limo arenoso
	130-140	48	850	limo arcillo arenoso
	140-150	70	850	limo areno arcilloso
	150-160	46	900	limo arenoso
	160-170	58	950	limo arenoso
	170-180	54	1000	limo arcillo arenoso
61	5-10	112	1250	limo arenoso
	10-20	90	1100	arena limosa
	20-30	80	1200	limo arcilloso
72	50-60	51	1050	arcilla limosa
	60-70	46	1150	limo arcilloso
	70-80	60	1050	limo arcilloso

\* para el significado de símbolos y unidades, consultar el texto.

TABLA 13

MADUREZ TEXTURAL DE LA FRACCIÓN ARENOSA ( $A \geq 20\%$ ) EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RÍO BALSAS \*

Mta.	Fracción arenosa				Cuarzo	Madurez
Núm.	$M_i$	$\sigma_i$	$Sk_i$	Grano	redondeam. Forma	Textural
3	3.10	0.47	-0.40	muy fino	> 3	E madura
4	3.39	0.45	-0.66	muy fino	> 3	E madura
16	3.47	0.36	-0.32	muy fino	> 3	E madura
17	2.85	0.68	-0.39	fino	< 3	CE submadura
21	3.09	0.42	0.18	muy fino	> 3	E madura
23	3.25	0.55	-0.76	muy fino	< 3	E submadura
38				muy fino	$\leq 2$	CE inmadura
46	3.08	0.64	-0.60	muy fino	< 3	CE submadura
47	3.36	0.40	-0.71	muy fino	> 3	E madura
48	3.18	0.54	-0.68	muy fino	> 3	E madura
57	3.03	0.64	-0.64	muy fino	< 3	CE submadura
58	3.27	0.51	-0.51	muy fino	> 3	E madura
64	2.60	0.98	-0.35	fino	< 3	CE inmadura
69	3.17	0.68	-0.67	muy fino	< 3	CE submadura
74	3.03	0.61	-0.58	muy fino	< 3	CE submadura
85	2.98	0.69	-0.61	fino	< 3	E submadura
87	2.95	0.56	-0.50	fino	< 3	E submadura
88	2.96	0.73	-0.64	fino	$\leq 2$	CE inmadura
97	2.56	0.81	-0.08	fino	$\leq 2$	CE inmadura
100	3.11	0.64	-0.64	muy fino	< 3	CE submadura
101	2.32	1.24	-0.57	fino	< 3	CE inmadura
103	3.20	0.46	-0.48	muy fino	< 3	E submadura
105	1.89	0.89	0.26	medio	< 3	CE inmadura
111	1.03	0.87	0.45	medio	< 3	CE inmadura

\* para el significado de los símbolos y sus unidades, consultar el texto.

TABLA 14

CONTENIDO MINERALOGICO, MADUREZ Y CLASIFICACION MINERALOGICA DE LA FRACCION ARENOSA ( $A \geq 20\%$ ) EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Mta. Núm.	C o n t e n i d o M i n e r a l							Clasificación (Folk, 1968)
	Q	F	M	FR	O	S	C	
3	81	6	2	4	3	2	2	0.07 subarcosa
4	79	9		11	1			0.11 sublitarenita
16	79	8	5	3	4		1	0.10 subarcosa
17	81	8	2	2	5		2	0.10 subarcosa
21	79	8	5	1	6		1	0.10 subarcosa
23	78	2	5	2	5	3	5	0.03 cuarzarenita
38	82	4	7		4	1	2	0.05 cuarzarenita
46	78	9		13				0.12 sublitarenita
47	85	8		3	3		1	0.09 subarcosa
48	80	9	2	9				0.11 sublitarenita
57	78	7	1	2	7	2	3	0.09 subarcosa
58	80	6	1	7	4	2		0.08 subarcosa
64	83	5	1	3	3	4	1	0.06 subarcosa
69	81	7	2	6			4	0.09 subarcosa
74	83	2		2	5	3	5	0.02 cuarzarenita
85	79	9		8		4		0.11 sublitarenita
87	82	5	3	4	3	2	1	0.06 subarcosa
88	76	10	1	11			2	0.13 sublitarenita
97	86	4	9		1			0.05 cuarzarenita
100	77	9		12			2	0.12 sublitarenita
101	75	16		9				0.21 arcosa litica
103	94	6						0.06 subarcosa
105	80	6	12	1	1			0.08 subarcosa
111	74	10	4	12				0.14 sublitarenita

\* para el significado de los símbolos y sus unidades, consultar el texto.

TABLA 15

CARBONO ORGANICO EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES, POTENCIAL OXIDO-REDUCCION Y CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO EN EL AGUA INTERSTICIAL DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Mta. Núm.	Carbón Orgánico	Litología (Shepard, 1954)	Eh (mV)	pH ± 0.1
4	0.14	arena limosa	50	7.6
5	0.12	limo arcilloso	78	7.4
14	0.50	limo arcilloso	47	7.0
15	0.20	limo arcilloso	49	7.1
16	0.16	arena	62	7.6
17	2.08	limo arenoso	12	7.3
21	0.14	arena limo arcillosa	65	7.2
22	0.83	limo arcilloso	40	7.1
23	0.57	limo arenoso	44	7.4
24	0.08	limo arcilloso	82	7.3
34	0.16	limo arcilloso	80	7.6
35	1.16	limo arcilloso	33	7.6
36	0.06	limo arcilloso	83	7.1
45	0.12	limo arcilloso	74	7.2
46	0.09	limo arenoso	84	7.3
47	0.18	arena limo arcillosa	86	7.4
48	0.15	arena limosa	85	7.0
57	0.07	limo arena arcilloso	111	7.6
67	3.04	limo arcilloso	- 8	7.0
68	1.15	limo arcilloso	36	6.9
69	0.58	arena	40	7.5
70	0.06	limo arcilloso	104	7.5
74	1.38	limo arenoso	22	7.3
77	0.57	limo arcilloso	43	7.1
85	0.18	arena limosa	51	7.3
89	0.27	limo arcilloso	50	7.3
90	0.58	limo arcilloso	47	7.0
106	0.47	limo arcilloso	60	7.0
110	0.18	limo arcilloso	56	7.0
111	0.12	arena arcillosa	75	7.2
valor medio aritmético	0.51		58.03	7.26
desviación estandard	0.67		26.43	0.22

TABLA 16

CARBONO ORGANICO EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, POTENCIAL OXIDO-REDUCCION Y CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO EN EL AGUA INTERSTICIAL DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Núcleo Número	Intervalo (cm)	Carbón Orgánico	Eh (mV)	pH ± 0.1
25	0-5	4.15	- 82	7.1
	5-10	4.27	-103	7.5
	10-15	0.56	48	7.7
	15-20	0.15	68	7.1
	20-25	0.57	43	6.9
	25-30	0.80	40	7.0
	30-35	0.21	89	6.9
	35-40	0.18	86	6.9
	40-45	0.69	42	6.7
	29	0- 5	0.23	57
5-10		0.18	53	6.7
10-15		0.58	47	6.7
15-20		0.57	47	6.7
20-25		0.18	51	6.8
25-30		0.50	42	6.7
30-35		0.85	38	6.9
35-40		0.60	45	6.8
40-45		0.56	44	6.8
45-50		0.48	46	6.8
50-55		0.50	47	6.8
55-60		0.72	45	6.8
60-65		0.70	45	6.8
65-75		0.57	47	6.8
75-85		0.57	44	6.9
85-95		0.56	44	6.9
95-105		0.30	48	7.0
105-115	0.42	46	7.1	
115-125	0.54	42	7.0	
125-135	0.54	42	7.0	
38	0- 5	0.35	51	6.7
	5-10	0.10	68	6.9
	10-15	0.10	78	6.8
	15-20	0.08	73	6.7
	20-25	0.21	60	6.8
	25-30	0.36	52	6.8
	30-35	0.94	29	6.9
	35-40	0.82	32	6.9
	40-45	1.93	12	6.9
	45-50	2.90	- 5	7.2

TABLA 16 (Cont.)

CARBONO ORGANICO EN LOS SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES, POTENCIAL  
OXIDO-REDUCCION Y CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO EN EL AGUA  
INTERSTICIAL DEL DELTA SUBMARINO DEL RIO BALSAS. \*

Núcleo Número	Intervalo (cm)	Carbón Orgánico	Eh (mV)	pH ± 0.1
	50-60	2.00	8	7.0
	60-70	1.20	29	7.0
	70-80	2.42	0	7.0
	80-90	3.51	-33	7.1
	90-100	4.08	-77	7.0
	100-110	4.00	-70	7.1
	110-120	3.15	-18	7.1
	120-130	3.83	-52	7.1
52	0- 5	1.81	14	6.5
	5-10	1.60	16	6.7
	10-15	2.10	4	6.7
	15-20	0.90	36	6.6
	20-25	1.52	22	6.6
	25-30	1.06	28	6.6
	30-35	1.37	23	6.6
	35-40	0.87	32	6.6
	40-45	1.40	24	6.7
	45-50	1.42	23	6.7
	50-60	3.65	-42	6.6
	60-70	1.31	26	6.6
	70-80	0.74	40	6.6
	80-90	2.20	6	6.6
	90-100	2.27	4	6.6
	100-110	2.11	6	6.7
	110-120	2.18	6	6.6

**A P E N D I C E 3**  
Cuadros Sinópticos Estadísticos

En este apartado se consigna, con carácter sinóptico, la información estadística obtenida para los parámetros texturales, geotécnicos y mineralógicos, obtenidos en los sedimentos superficiales y subsuperficiales, así como del pH y del Eh del agua intersticial contenida en ellos.

Para el significado de los símbolos y las unidades, consultar el texto correspondiente. La información numérica se ha consignado aproximándola a la segunda cifra decimal.

**TEXTURA Y CLASIFICACION TEXTURAL**

SEDIMENTOS SUPERFICIALES

CUADRO 1

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	92.3 0.5	75.0 4.4	62.1 2.2	8.62 2.87	3.74 0.72	0.73 -0.28	0.75 0.38	5.40 -0.75
rango	91.8	70.6	59.9	5.75	3.02	1.01	0.37	6.15
media aritm. (x)	18.16	49.95	31.93	6.62	2.14	0.15	0.50	3.48
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	23.22	14.39	15.02	1.40	0.44	0.23	0.08	1.27

CUADRO 2

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	92.3 76.9	19.2 4.4	3.9 2.2	3.52 2.87	2.00 0.72	0.47 -0.18	0.75 0.57	2.34 0.05
rango	15.4	14.8	1.7	0.65	1.28	0.65	0.18	2.29
media aritmet. (x)	83.68	13.37	2.95	3.33	1.16	0.14	0.68	1.44
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	5.82	5.64	0.65	0.22	0.46	0.23	0.07	0.74

CUADRO 3

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	62.3 46.2	42.7 30.7	12.7 7.0	4.97 4.13	2.30 1.61	0.53 0.39	0.70 0.57	2.35 1.65
rango	16.1	12.0	5.7	0.84	0.69	0.14	0.13	0.70
media aritmet. (x)	53.78	36.12	10.10	4.58	2.07	0.47	0.62	1.91
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	6.48	4.82	2.20	0.35	0.27	0.06	0.05	0.25

CUADRO 4

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	36.0 24.0	58.2 48.5	17.8 11.9	5.55 4.92	2.38 2.10	0.44 0.10	0.63 0.46	2.50 1.70
rango	12.0	9.7	5.9	0.63	0.28	0.34	0.17	0.80
media aritmet. (x)	31.48	53.52	14.96	5.27	2.25	0.30	0.55	2.12
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	4.77	3.16	2.45	0.23	0.10	0.12	0.06	0.28

CUADRO 5

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	17.4 0.5	74.0 47.7	48.4 18.6	8.17 6.06	2.69 1.38	0.73 -0.25	0.61 0.40	5.60 1.74
rango	16.9	26.3	29.8	2.11	1.31	0.98	0.21	3.86
media aritmet. (x)	7.08	58.06	34.86	7.14	2.17	0.12	0.47	3.82
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	4.52	6.84	8.51	0.55	0.27	0.19	0.04	0.92

CUADRO 6

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	6.1 0.8	48.0 36.1	62.1 48.6	8.62 7.30	2.32 1.82	0.04 -0.28	0.53 0.43	5.41 4.00
rango	5.3	11.9	13.5	1.32	0.50	0.32	0.10	1.41
media aritmet. (x)	2.24	43.08	54.68	8.17	2.03	-0.08	0.47	4.74
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	0.96	3.97	4.09	0.33	0.15	0.08	0.03	0.47

CUADRO 7

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	43.7 23.4	48.2 30.6	35.4 20.3	6.19 5.43	3.02 2.12	0.56 -0.25	0.49 0.38	3.62 1.10
rango	20.3	17.6	15.1	0.76	0.90	0.81	0.11	2.52
media aritmet. (x)	34.06	40.23	26.14	5.77	2.65	0.24	0.44	2.40
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	6.77	5.50	4.51	0.30	0.28	0.26	0.04	0.73

CUADRO 8

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	92.3 78.4	18.8 4.4	3.5 2.2	3.52 3.27	1.52 0.72	0.47 -0.18	0.75 0.64	2.34 1.00
rango	13.9	14.4	1.3	0.25	0.80	0.65	0.11	1.34
media aritmet. (x)	85.0	12.2	2.76	3.42	0.99	0.17	0.71	1.72
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	6.08	6.13	0.60	0.10	0.31	0.27	0.05	0.48

CUADRO 9

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	62.3 24.0	58.2 30.6	25.7 7.0	5.55 4.13	2.89 1.61	0.60 0.10	0.70 0.42	2.75 1.65
rango	38.3	27.6	18.7	1.42	1.28	0.50	0.28	1.10
media aritmet. (x)	41.68	43.40	14.92	5.04	2.28	0.40	0.56	2.10
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	11.85	9.87	5.56	0.48	0.33	0.15	0.09	0.36

CUADRO 10

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	38.9 0.5	75.0 36.1	62.1 18.6	8.62 5.81	3.00 1.38	0.73 0.28	0.61 0.38	5.60 1.10
rango	38.4	38.9	43.5	2.81	1.64	1.01	0.23	4.50
media aritmet. (x)	7.53	54.76	37.75	7.25	2.18	0.10	0.47	3.98
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	7.31	9.25	11.75	0.71	0.29	0.21	0.04	0.89

SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

CUADRO 11

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	59.0 0.1	86.0 17.4	76.2 4.0	9.44 3.66	4.12 1.23	0.57 -0.56	0.69 0.33	5.20 -0.88
rango	58.9	68.6	72.2	5.78	2.89	1.13	0.36	6.60
Media aritmet. (x)	5.66	50.41	43.88	7.30	2.07	-0.06	0.41	
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	8.60	11.05	13.74	0.96	0.28	0.18	0.06	

CUADRO 12

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	59.1 40.5	44.6 22.6	32.0 8.2	6.06 3.66	4.12 1.99	0.57 0.08	0.59 0.38	2.30 -0.80
rango	18.6	22.0	24.8	2.40	2.13	0.49	0.21	3.10
media aritmet. (x)	50.87	31.28	17.85	4.94	2.77	0.32	0.47	1.36
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	8.82	8.48	8.82	0.97	0.75	0.19	0.08	1.12

CUADRO 13

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	46.9 18.9	64.9 43.2	19.2 4.0	6.03 4.48	2.58 1.69	0.32 -0.07	0.66 0.44	2.45 0.65
rango	28.0	21.7	15.2	1.55	0.89	0.39	0.22	1.80
Media aritmet. (x)	31.48	54.87	13.65	5.30	2.30	0.17	0.54	2.00
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	9.45	6.84	4.47	0.48	0.26	0.13	0.05	0.54

CUADRO 14

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	9.8 0.9	86.0 75.0	24.0 5.1	7.40 4.93	1.98 1.23	0.52 0.28	0.74 0.55	4.88 2.65
rango	8.9	11.0	18.9	2.47	0.75	0.24	0.19	2.33
Media aritmet. (x)	4.6	82.1	13.4	6.28	1.68	0.40	0.66	3.95
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	4.7	6.7	9.7	1.25	0.40	0.12	0.10	1.16

CUADRO 15

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	19.8 0.1	74.3 43.5	49.8 16.8	8.54 6.05	2.98 1.56	0.86 -0.22	0.58 0.34	5.70 1.60
rango	19.7	30.8	33.0	2.49	1.42	1.08	0.24	4.10
media aritmet. (x)	5.7	56.9	37.9	7.49	2.20	0.12	0.46	4.17
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	9.2	6.5	8.3	0.55	0.27	0.14	0.05	0.81

CUADRO 16

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	12.7 0.2	49.1 17.4	73.7 44.4	9.04 6.85	2.65 1.56	0.41 -0.40	0.60 0.33	5.80 3.05
rango	12.5	31.7	29.3	2.19	1.09	0.81	0.33	2.75
media aritmet. (x)	2.22	42.43	55.38	8.32	2.10	-0.05	0.44	4.83
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	2.08	4.88	4.84	0.31	0.22	0.15	0.04	0.48

CUADRO 17

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$
Límites de variación	42.6 21.4	53.9 25.4	36.3 21.0	6.40 5.68	3.27 2.23	0.28 -0.13	0.50 0.38	2.55 1.55
rango	21.2	28.5	15.3	0.72	1.04	0.41	0.12	1.00
media aritmet. (x)	28.3	45.2	26.5	5.97	2.74	0.06	0.45	2.25
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	7.8	9.9	4.8	0.19	0.29	0.13	0.04	0.31

CUADRO 18

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	59.9 45.8	49.1 22.6	19.1 4.0	4.68 3.66	4.12 1.69	0.46 0.14	0.59 0.39	1.75 -0.80
rango	14.1	26.5	15.1	1.02	2.43	0.32	0.20	2.55
media aritmet. (x)	52.47	37.30	10.23	4.24	2.56	0.31	0.49	0.96
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	6.14	10.34	5.52	0.39	0.94	0.12	0.08	1.03

CUADRO 19

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	59.1 9.8	85.1 25.2	24.1 5.1	5.70 4.93	2.58 1.23	0.57 -0.07	0.69 0.41	2.70 0.65
rango	49.3	59.9	19.0	0.77	1.35	0.64	0.28	2.05
media aritmet. (x)	30.24	54.89	14.86	5.36	2.26	0.19	0.54	2.14
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	12.82	14.25	4.45	0.27	0.35	0.17	0.08	0.53

CUADRO 20

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.				
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	$Sk_1$	$K'_0$	$\phi_5$
Límites de variación	42.6 14.7	68.5 25.4	32.0 16.8	6.06 5.85	3.02 2.36	0.28 -0.13	0.87 0.38	2.55 1.55
rango	27.9	43.1	15.2	0.21	0.66	0.41	0.49	1.00
media aritmet. (x)	27.50	48.54	24.06	5.96	2.68	0.07	0.54	2.17
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	9.58	13.00	4.46	0.07	0.19	0.12	0.15	0.40

CUADRO 21

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.					
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$	
Límites de variación	24.6 3.0	86.0 39.1	36.3 11.0	6.55 6.16	3.27 2.00	0.52 -0.12	0.58 0.42	4.32 1.65	
rango	21.6	46.9	25.3	0.39	1.27	0.64	0.16	2.67	
media aritmet. (x)	15.25	61.47	23.27	6.36	2.58	0.11	0.52	2.35	
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	4.82	9.65	5.42	0.13	0.31	0.18	0.05	0.61	

CUADRO 22

	CONTENIDO PORCENTUAL			PARAMETROS GRANULOMETR.					
	Arena	Limo	Arcilla	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K' <sub>0</sub>	$\phi_5$	
Límites de variación	23.0 0.1	75.1 17.4	76.2 17.6	9.04 6.67	2.87 1.53	0.52 -0.40	0.60 0.33	5.80 1.85	
rango	22.9	57.7	58.6	2.34	1.34	0.92	0.33	3.95	
media aritmet. (x)	3.55	50.77	45.25	7.89	2.14	0.05	0.45	4.52	
desv. estándar ( $\sigma_n$ )	3.53	9.02	11.19	0.54	0.24	0.17	0.04	0.66	

## RELACIONES DE MASA/DENSIDAD

SEDIMENTOS SUPERFICIALES

CUADRO 23

Parámetros	$\tau$	n	WC	W	G <sub>s</sub>	$\epsilon_{sat}$	S	V <sub>v</sub>	a
Límites de clase	1.84 1.31	80 47	62 25	164 33	2.9 2.4	4.1 0.9	100.0 89.7	24.4 14.5	40 1
rango	0.53	33	37	131	0.5	3.2	10.3	9.9	39
media aritmét (x)	1.59	63	40	69	2.7	2.9	94.8	19.1	19
desv. estand ( $\sigma_n$ )	0.12	8	9	28	0.1	0.7	2.9	2.3	11

3.2.7 Directorios Personales  
 (PF7 Personal phone directories)

legal de convocar periódicamente reuniones con los distintos secretarios de estado, en lugar de tratar los asuntos de cada ramo con cada secretario separadamente.

Personal Phone Directory P001

Move the cursor under a name and press the appropriate PF key. Parece que el Presidente Adolfo López Mateos no encontró ninguna referencia en su lista de funcionarios tales como reuniones, que equivale al establecimiento de un gabinete económico dentro del Poder Ejecutivo, ya que sin disposición legal alguna el Presidente de México puede convocar reuniones periódicas del Presidente con algunos grupos de secretarios de estado

\*\*\* End of File \*\*\*

La Secretaría de la Presidencia, que inicialmente se concibió como una supersecretaría de planeación y coordinación del gasto público, se convirtió a la postre, en una Secretaría de Estado con funciones bastante limitadas.

PF2 Add Por ~~PF~~ que corresponde a la Comisión Nacional de Inversiones, denominada ahora Dirección de Inversiones Públicas, quedó incorporada en la nueva secretaría como una de sus cinco áreas, siendo las cuatro restantes la de planeación, la de vigilancia de inversiones y subsidios, la de legislación y la de asuntos administrativos. Esta peculiar estructura de la secretaría, que situaba funciones de una im

Finalmente sustituyendo (4) y (5) en (1) e integrando nos queda

213.

$$E_d = \frac{16 F \omega}{\text{Sen}(\omega t - \phi_n)} \quad (6)$$

$$\rho h m n \frac{1}{M A T R A Z} \sqrt{\frac{1}{D E} \left[ \frac{\omega}{\omega_c} \right]^2} \text{CORRELACION}$$

$\tau$  n WC W G<sub>n</sub> ε<sub>sat</sub> S a Mz

La ac.(6) sólo tendrá valor para m = 1, 3, 5, 7,.... y n = 1, 3, 5, 7,.... pues para m ó n pares la contribución es nula.

Ya con esta expresión (6) se calcula la energía disipada para el caso de dos placas. Los datos se presentan a continuación:

G <sub>n</sub>	-0.44	0.42	0.35	0.31	1.0				
ε <sub>sat</sub>	-0.91	0.91	0.92	0.91	0.35	1.0			
S	0.00	0.00	0.05	0.23	-0.39	0.64	1.0		
a	-0.58	0.57	0.52	0.43	0.51	0.76	0.26	1.0	
Mz	-0.71	0.36	0.66	0.59	0.47	0.57	-0.18	0.91	1.0

LIMITES DE PLASTICIDAD

Caso # 2

a = 52 in

SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

CUADRO 27

Realizando el calculo de la energía disipada para los dos casos, se obtuvieron los siguientes resultados que son presentados en la siguiente tabla 1A y ilustrados en la figura 1A.

Limites de	115.8	107.4	56.8	66.9	70.2	8.0	2.2	2.9	74	9.4
variación	38.3	44.6	20.1	10.6	4.8	0.2	0.3	0.2	20	6.4

Rango	Caso # 1			Caso # 2			Mz		
	t	Ed	t	Ed	t	Ed			
media arit.	69.5	71.3	24.0	37.3	25.6	1.9	1.1	34	8.0
0.003490	6543757.00			0.002738		5134685.00			
(x) 0.004188	5294593.00		5.5	0.002868	5.5	0.954062	0.002	4	0.3
desv. 0.003886	2023078.00			0.001834		1586885.00			
(σ <sub>n</sub> ) 0.005584	-2021182.00			0.004381		-1586522.00			
0.006282	-5293424.00			0.004929		-4153937.00			
0.006980	-6543757.00			0.005477		-5134685.00			
0.007678	-5294595.00			CUADRO 27		-4154160.00			
0.008376	-2023082.00			0.006573		-1586884.00			
0.009074	6543757.00			0.007668		4153937.00			
0.009773	5293424.00			0.008216		5134684.00			
0.010471	6543757.00								

Tabla 1A.

W	1.00									
LL	0.79	1.00								
LP	0.64	0.82	1.00	66						
IP	0.63	0.76	0.31	1.00						
F <sub>v</sub>	0.38	0.21	0.08	0.28	1.00					
T <sub>v</sub>	0.13	0.20	0.25	0.01	-0.81	1.00				
B	0.16	-0.42	-0.33	-0.33	0.27	-0.57	1.00			
A <sub>c</sub>	0.26	0.43	0.08	0.69	0.13	-0.03	-0.28	1.00		
a	0.35	0.43	0.49	0.10	0.15	0.13	-0.17	-0.30	1.00	
Mz	0.57	0.58	0.35	0.54	0.03	0.23	-0.08	0.09	0.38	1.00

## ESFUERZOS CORTANTE Y COMPRESIVO

SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

CUADRO 29

	$T_f$	$P_c$	c	litología
límites de clase	250	350	175	limo arcilloso
	4	15	10	limo arcilloso
rango	246	335	165	
media aritmética, x.	58	177	88	
desv. estandar, $\sigma_n$ .	39	80	40	

CUADRO 30

	$T_f$	$P_c$	c	litología
límites de clase	112	1250	625	limo arenoso
	42	800	400	limo arenoso
rango	70	450	225	
media aritmética, x.	63	1012	504	
desv. estandar, $\sigma_n$ .	20	135	73	

## MADUREZ TEXTURAL Y MINERALOGICA DE LAS ARENAS

SEDIMENTOS SUPERFICIALES

CUADRO 31

	Indice de madurez			
	N	rango	x	$\sigma_n$
cuarzarenitas	4	0.02-0.05	0.08	0.016
subarcosas	12	0.06-0.10	0.04	0.012
sublitarenitas	7	0.11-0.14	0.12	0.009
arcosa lítica	1	0.21		

## AGUA INTERSTICIAL (pH y Eh)

## SEDIMENTOS SUPERFICIALES

CUADRO 32

Parámetro	Eh (mV)	pH (+0.1)
límites de variación.	111	7.6
	-8	6.9
rango	119	0.7
media aritmética, $\bar{x}$ .	58	7.3
desviación estandar, $\sigma_n$ .	26.4	0.22

SEDIMENTOS SUBSUPERFICIALES

CUADRO 33

Núcleo	25		29		38		52	
Parámetro	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH
límites de variación	-103	7.7	57	7.1	78	7.2	40	6.7
	42	6.7	38	6.7	-77	6.7	-42	6.5
rango de variación	145	1.0	19	0.4	155	0.5	82	0.2
media aritmética ( $\bar{x}$ )	26	7.1	46	6.8	13	7.0	16	6.6
desviación estandar $\sigma_n$	70	0.3	4	0.1	48	0.2	19	0.1