



SECRETARIA

DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



SEDE MENTOLOGÍA DE LA CUENCA
SAN JUAN DE LOS PLANES,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS PARA OBTENER **EL GRADO DE**
MAESTRO EN CIENCIAS MARINAS

P R E S E N T A

ENRIQUE HÉCTOR PARCON AVASANCHEZ

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, FEBRERO DE 1994

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. DESCRIPCION DEL AREA.....	3
II. 1. UBICACION GEOGRAFICA	3
11.2. METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA.....	3
II .2.1. Temperatura	7
II.2.2. Precipitación	9
II.2.3. Circulación atmosférica	10
II.3. SUELOS	10
11.4. MARCO GEOLOGICO.....	13
II.4.1. Geomorfología general	13
II.4.1.1. Subprovincia de Tierras Altas del Sur..	15
II.4.1.2. Rasgos sobresalientes de la margen costera de la parte sur de la Península de Baja California..	18
II.4.2. Litología y estratigrafía	20
II.4.2.1. Provincia de Baja California	22
a) Baja California Norte.....	22
b) Sierra de La Giganta	22
c) Cuencas de Vizcaíno y Ballenas-Iray-Magdalena.....	22
d) Región del Cabo	23
II.4.3. Evolución tectónica y estructura geológica..	26
11.5. MARCO OCEANOGRAFICO.....	29
II.5.1. Batimetría	29
II.5.2. Hidrografía	31
II.5.3. Hidrodinámica	32
III. MATERIALES Y METODOS DE ESTUDIO.....	33
111.1. TRABAJO DE CAMPO.....	33
III.1.1. Cuenca hidrológica	33
III. 1.2. Litoral	33
III. 1.3. Parte marina	34
111.2. TRABAJO DE LABORATORIO.....	34
111.3. TRABAJO DE GABINETE.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	36
IV.I. GEOMORFOLOGIA..	36
IV. 1.1. Tierras altas	36
IV. 1.2. Cuenca sedimentaria	42
IV. 1.2.1. Abanicos aluviales	42
a) Ubicación	42
b) Apice y parte externa de los abanicos.....	42
c) Pendiente de los abanicos.....	46
d) Relación pendiente-longitud	47
e) Drenaje y disección de los abanicos	48
f) Area de los abanicos y las cuencas de drenaje..	51
g) Relaciones cuantitativas	53
IV.1.3. Línea de costa	54
IV.2. BATIMETRIA DEL CANAL CERRALVO.....	57

IV.3. SEDIMENTOLOGIA	61
IV.3.1. Abanicos aluviales	61
IV.3.1.1. Fuentes de aporte de sedimentos	61
IV.3.1.2. Procesos de transporte y depósito de sedimentos	63
IV.3.1.3. Distribución del tamaño del sedimento.....	64
IV.3.1.4. Composición textural.....	67
IV.3.1.5. La media del sedimento	71
IV.3.1.6. La desviación estándar del sedimento.....	72
IV.3.1.7. El sesgo de la distribución de tamaño del sedimento.....	77
IV.3.1.8. La picudez de la distribución de tamaño del sedimento	77
IV.3.2. Líneas de costa arenosas	78
IV.3.2.1. Procesos de transporte del sedimento.....	80
IV.3.2.2. Distribución del tamaño del sedimento.....	81
IV.3.2.3. Composición textural del sedimento.....	83
IV.3.2.4. La media del sedimento	89
IV.3.2.5. La desviación estándar del sedimento.....	93
IV.3.2.6. El sesgo de la distribución de tamaño del sedimento.....	97
IV.3.2.7. La picudez de la distribución de tamaño del sedimento	98
IV.3.3. Plataformas marinas, talud y cuenca profunda.....	101
IV.3.3.1. Procesos de transporte y depósito de sedimento.....	102
IV.3.3.2. Distribución del tamaño del sedimento.....	102
IV.3.3.3. Composición textural del sedimento	102
IV.3.3.4. La media del sedimento	107
IV.3.3.5. La desviación estándar del sedimento.....	110
IV.3.3.6. El sesgo y la picudez de la distribución de tamaño del sedimento.....	112
IV.3.4. Gráficas de dispersión	115
IV.4. MINERALOGIA	124
IV.4.1. Abanicos aluviales	124
IV.4.1.1. Relación Qz/Fd.....	127
IV.4.1.2. Tipo de sedimento.....	128
IV.4.1.3. Proveniencia del sedimento.....	128
IV.4.2. Líneas de costa arenosas	135
IV.4.2.1. Micas	135
IV.4.2.2. Fragmentos de roca	137
IV.4.2.3. Feldespatos	137
IV.4.2.4. Cuarzo	138
IV.4.2.5. Fragmentos calcáreos biógenos	139
IV.4.2.6. Relación Qz/Fd	141
IV.4.2.7. Tipo de sedimento	143
IV.4.2.8. Proveniencia del sedimento	143
IV.4.3. Plataformas marinas, talud y cuenca profunda.....	148
IV.4.3.1. Tipo de sedimento	150
IV.4.3.2. Proveniencia del sedimento	153
V. CONCLUSIONES.....	156
VI. AGRADECIMIENTOS.....	160
BIBLIOGRAFIA	161
APENDICES	167

LISTAS DE FIGURAS, TABLAS Y APÉNDICES

Figura	Pág.
1. Mapa de localización del área de estudio.....	4
2. Tipos de clima del área de estudio y porciones contiguas a ésta (INEGI, 1981 a)..... [*]	6
3. Climogramas de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio (INEGI, 1981a).....	8
4. Tipos de suelos en la parte sur de Baja California Sur, según el INEGI (1981 b).....	11
5. Fisiografía de la Península de Baja California Sur (tomado de Raisz, 1959).....	14
6. Fisiografía de la subprovincia de Tierras Altas del Sur (modificado de INEGI, 1981c).....	16
7. a) Provincias geológicas de la Península de Baja California Sur (López Ramos 1979); y, b) Geología del área de estudio (INEGI, 1984).....	21
8. Mapa geomorfológico de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.....	37
9. Pendientes del terreno en la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.....	38
10. Topografía de la cuenca de San Juan de Los Planes (INEGI, 1981 d)	41
II. Abanicos aluviales de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.....	43
12. Terrazas por erosión marina en el abanico-delta "Agua Caliente" (abanico 2).....	50
13. Batimetría y perfiles transversales del Canal Cerralvo	58
14. Rasgos morfológicos del Canal Cerralvo..... [*]	59
15. Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos	62
16. Histogramas, diagramas "Pie" de la composición mineral de los sedimentos y perfiles longitudinales de los arroyos principales del sistema de abanicos.....	65
17. Composición textural del sedimento en el sistema de abanicos aluviales, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974)	70
18. Distribución de la media del tamaño del sedimento en el sistema de abanicos aluviales.....	74
19. Distribución del grado de clasificación del sedimento en el sistema de abanicos, de acuerdo con Friedman (1962)	76
20. Provincias de las fuentes de aporte de sedimentos al litoral del Canal Cerralvo (modificado de INEGI, 1984).....	79
21. Histogramas, diagramas "Pie" de la composición mineralógica del sedimento y perfiles de playa del litoral del Canal Cerralvo... ..	82
22. Composición textural del sedimento del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974)	86
23. Distribución de la media del tamaño del sedimento en el litoral del Canal Cerralvo.....	91
24. Distribución del grado de clasificación del sedimento del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo con Friedman (1962)	94
25. Histogramas, diagramas "Pie" de la composición mineral del sedimento del Canal Cerralvo.....	103

26. Composición textural del sedimento marino del Canal Cerralvo, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974).....	106
27. Distribución de la media del tamaño del sedimento marino del Canal Cerralvo.....	109
28. Distribución del grado de clasificación del sedimento del Canal Cerralvo, de acuerdo con Friedman (1962).....*	111
29. Gráficas de dispersión de desviación estándar contra media para los sistemas: (a) estudiados; (b) fluvial y litoral; (c) fluvial y marino; y (d) litoral y marino.....	116
30. Gráficas de dispersión para los sistemas fluvial y marino, correspondientes a: (a) media vs sesgo; (b) media vs picudez; (c) desviación estándar vs sesgo; y (d) sesgo vs picudez.....	118
31. Gráficas de dispersión para los sistemas fluvial y litoral, correspondientes a: (a) desviación estándar vs sesgo; y (b) desviación estándar vs picudez	*...<.. 120
32. Gráficas de dispersión para el sistema de abanicos, correspondientes a: (a) desviación estándar vs media; y (b) media vs picudez	121
33. Gráfica de dispersión para el litoral del Canal Cerralvo de desviación estándar vs sesgo.....	123
34. Distribución de los minerales secundarios en el sistema de abanicos	126
35. Diagramas ternarios para clasificar al sedimento terrígeno, de acuerdo a Dott (1964).....	129
36. Tipos de sedimento en el sistema de abanicos de acuerdo a la clasificación de Dott (1964).....	131
37. Diagramas ternarios para determinar la fuente de proveniencia del sedimento terrígeno de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979)...	132
38. Proveniencia del sedimento terrígeno del sistema de abanicos de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) * .. * ..	134
39. Distribución de la relación Qz/Fd en el litoral del Canal Cerralvo....	142
40. Tipos de sedimento en el litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dott (1964).....	145
41. Proveniencia del sedimento terrígeno del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979)	146
42. Tipos de sedimento del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dott (1964).....	152
43. Proveniencia del sedimento terrígeno del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) * ..	155

Tabla	Pág.
1. Parámetros morfométricos de las tierras altas de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.....	39
2. Parámetros morfométricos de los abanicos y su respectiva área fuente, en San Juan de Los Planes	* ** 45
3. Composición textural del sedimento del sistema de abanicos aluviales	68
4. Parámetros texturales del sedimento del sistema de abanicos aluviales	73
5. Composición textural del sedimento del litoral del Canal Cerralvo...	85

6. Parámetros texturales del sedimento del litoral del Canal Cerralvo.....	90
7. Composición textural del sedimento marino del Canal Cerralvo.....	105
8. Parámetros texturales del sedimento marino del Canal Cerralvo.....	108
9. Composición mineralógica del sedimento del sistema de abanicos.....	125
10. Porcentajes Qz, Fd, Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979), del sistema de abanicos.....	130
II. Composición mineralógica del sedimento del litoral del Canal Cerralvo.....	136
12. Porcentajes Qz, Fd, Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) del litoral del Canal Cerralvo.....	144
13. Composición mineralógica del sedimento del Canal Cerralvo.....	149
14. Porcentajes Qz, Fd, Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) del Canal Cerralvo.....	151

Apéndices	Pág.
1. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del sistema de abanicos aluviales	167
2. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del litoral del Canal Cerralvo.....	172
3. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del Canal Cerralvo.....	177

RESUMEN

La región de San Juan de Los Pianes está localizada en la parte suroriental de la Península de Baja California Sur. Tanto la cuenca hidrológica como el litoral y el Canal Cerralvo, están afectados por la tectónica extensional del Golfo de California. La cuenca sedimentaria está delimitada por un graben orientado norte-sur y al pie de los pilares tectónicos se han desarrollado abanicos aluviales que coalescen lateralmente y forman una bajada. Los abanicos de la parte oeste son diferentes a los de la este y todos muestran cambios morfológicos por erosión intensa, debido probablemente al proceso de levantamiento de la región. El litoral del Canal Cerralvo está compuesto por tres provincias: 1) Granítica-volcanosedimentaria, con acantilados y playas de bolsillo; 2) Depositional, con playas en la base de escarpes y cordones de dunas; e, 3) Isla Cerralvo, con acantilados. En el Canal Cerralvo las profundidades varían entre 240 y 700 m en su parte central y presenta una plataforma de abrasión angosta, con profundidades de 80 a 100 m.

Se identificaron tres sistemas depositacionales: 1) Abanicos aluviales en donde la parte proximal, con respecto a la distal, tiene arenas y gravas más gruesas, más mal clasificadas, menos mesocúrticas y más asimétricas hacia los finos; 2) Líneas de costas arenosas, formadas por arenas y gravas moderadamente bien clasificadas, muy leptocúrticas y con asimetría hacia los gruesos en la cara de la playa; en la línea de agua hay gravas arenosas desde moderadamente a bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los finos; en el sublitoral son arenas con gravas desde mal a bien clasificadas, leptocúrticas y asimétricas hacia los gruesos y en el cordón de dunas hay arenas bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los finos; y, 3) Plataforma y talud que tienen arenas con gravas y arenas lodogravosas, de mal a bien clasificadas, platicúrticas a leptocúrticas y con asimetría principalmente hacia los gruesos. Las diferencias en los parámetros del sedimento de la línea de costa, plataforma y talud se deben a la variabilidad de la energía marina y de las descargas fluviales.

Los sedimentos de los abanicos son arcósicos y los componentes minerales accesorios definen tres áreas que son: la occidental, la oriental y la central-sur, relacionadas con las fuentes de aporte. La línea de costa tiene sedimentos arcósicos, subarcósicos y líticos y los minerales se distribuyen de acuerdo a las fuentes de aporte, energía, topografía y abundancia de organismos. En el Canal Cerralvo hay principalmente grauvacas, aunque también arenas líticas, subarcosas y sublitarenitas. Por el contenido alto de carbonato de calcio, éstos son sedimentos carbonatados y sus minerales no presentan patrones de distribución definidos.

Los sistemas sedimentarios se desarrollan en un ambiente tectónico de basamento en ascenso, aunque éste se diversifica hacia la línea de costa y aún más, hacia la plataforma y talud. Esto en parte se debe al aporte de material detrítico de origen volcanosedimentario, pero en general, se debe a los procesos sedimentarios de transporte y al tipo de ambiente de depósito.

ABSTRACT

The region of San Juan de Los Planes is located on the southeastern portion of the Baja California Peninsula. The hydrologic basin, its littoral, and the Cerralvo channel are influenced by the extensional tectonics of the California Gulf. The sedimentary basin is part of a graben, oriented north-south. Alluvial fans, which have been developed on the horst bases, laterally coalesce forming a bajada. The western fans are different from the eastern ones. All of them show morphological changes due to strong erosion, probably caused by the uplifting of the region. The littoral of the Cerralvo channel is divided in three zones: 1) Granitic-volcanic sedimentary, with cliffs and pocket beaches; 2) Depositional, with beaches in scarp bases and dunes; 3) Isla Cerralvo, with cliffs. In the central portion of the Cerralvo channel, the depths are 80 to 100 m.

Three depositional systems have been identified: 1) Alluvial fans, where the proximal portion, as opposed to the distal portion, has coarser sand and gravel and less sorting, and is more mesokurtic with distribution more asymmetric toward fine grains; 2) Sandy coast line formed by sand and gravel, moderately well sorted, very leptokurtic, with asymmetric distribution toward coarse sizes in the beach face; in the water line there are sandy gravels, moderately to well sorted, leptokurtic and with gravels from poorly to well sorted, leptokurtic with asymmetric distribution toward coarser sizes. Dunes have well sorted sand, leptokurtic distribution asymmetric toward fine grains; 3) Marine shelves and slope have sands with gravels and silty-gravel-sand, from poorly to well sorted, platykurtic to leptokurtic and with asymmetric distribution mostly toward the coarse material. The differences in the statistical parameters of the coast line sediments, marine shelves and slope are caused by the variability of the marine energy and the fluvial discharge.

The fan sediments are arkosic. Their accessory mineral content defines three areas, western, eastern and central-southern, all of which are related to their source. The coast line has arkosic, subarkosic and lithic sediments. Their minerals are distributed according to the source, energy, topography, and organism abundance. The Cerralvo channel contains mostly graywacke, with some lithic arenites, subarkoses, and sublitharenites. These sediments are carbonated and do not show specific distribution patterns.

The sedimentary systems are in a tectonic environment of basement uplift. This is diversified to the coast line and even more, to the marine shelf and slope. This may be caused by the runoff of volcanic sedimentary material, but in general, it is believed to be caused by the sedimentary processes of transport and the depositional environment.

I. INTRODUCCION

El estudio integral de los sistemas depositacionales recientes, desde el área fuente del sedimento hasta su depósito en ambientes terrestres y marinos, es importante para el entendimiento de la interacción de los procesos geológicos y para un aprovechamiento adecuado de los mismos. Los abanicos aluviales interés económico debido a que en ellos pueden presentarse acuíferos y placeres de oro, plata, platino, ilmenita, magnetita, casiterita, monacita y diamante. El ambiente litoral y la zona fuera de costa son igualmente importantes para el desarrollo de la sociedad humana.

Los abanicos aluviales en Baja California Sur están muy distribuidos. Las condiciones climáticas y geomorfológicas son adecuadas para su formación, pero, sin embargo, éstos han sido poco estudiados a pesar de que algunos presentan condiciones favorables para la formación de acuíferos y de yacimientos de placer. Es el caso del área de San Juan de Los Planes. En el área fuente de sedimentos, en la parte sur de esta región, se llevan a cabo trabajos de explotación de oro y plata, desde el siglo pasado, en el Distrito Minero de El Triunfo-San Antonio. Actualmente parte de los trabajos se desarrollan en los depósitos de lamas (desechos resultantes del beneficio de mineral) y también en yacimientos minerales contenidos en rocas metamórficas; los depósitos de placer han sido poco explotados. Los procesos y sedimentos del frente marítimo adyacente a la región de San Juan de Los Planes no han sido estudiados, por lo que la composición y distribución de sus sedimentos son desconocidos.

Por lo anterior, se propuso el estudio del área citada, con el propósito de

conocer su geomorfología y características sedimentológicas, profundizando los aspectos de la distribución textural y composición mineralógica, tanto en la cuenca hidrológica como en la porción marina adyacente. El estudio se planteó considerando las hipótesis de trabajo que a continuación se describen:

1. Los diversos tipos de ambientes depositacionales pueden ser Caracterizados por parámetros geomorfológicos, mineralógicos y texturales.
2. La distribución textural de los sedimentos es función de los agentes de transporte y su intensidad, de la distancia a la fuente de aporte y de los mecanismos de depósito.
3. La distribución y composición mineralógica están en función de las características litológicas de la fuente de aporte, de los procesos de intemperismo, erosión y transporte del sedimento.

II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

II. 1. UBICACION GEOGRAFICA

El área de estudio está integrada por la cuenca hidrológica de la zona agrícola de San Juan de Los Planes, la porción litoral y marina adyacentes al Canal Cerralvo. La cuenca hidrológica está ubicada en la costa este de la Península de Baja California, a unos 35 km al sureste de la Ciudad de La Paz (Fig. 1), al norte se localiza el Canal Cerralvo que separa a la Isla Cerralvo de tierra firme; al oeste las Sierras La Pintada, La Trinchera y El Novillo; al sur la Sierra de La Laguna y al este la Sierra Santa Marta-El Carrizal. Las coordenadas geográficas que delimitan el área son: 23° 40' y 24° 20' de latitud Norte y 109° 45' y 110° 15' de longitud Oeste.

11.2. METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

Los procesos geodinámicos de la superficie terrestre están determinados por las condiciones climáticas y éstas han variado en la historia geológica. Hace 2 millones de años la temperatura disminuyó y comenzaron las glaciaciones. Según Marsh y Dozier (1981) después del último pico glacial, hace aproximadamente 18,000 años, el clima llegó a ser más cálido hasta hace 4,000 años A. C.; después gradualmente fue más frío con períodos cortos cálidos y con un incremento de tormentas. Alrededor del año 1750 una tendencia cálida comenzó, finalizando, aparentemente, hasta los 1940's, cuando la temperatura comenzó a descender. Muchos cambios graduales en poblaciones humanas han sido asociadas con fluctuaciones climáticas en los

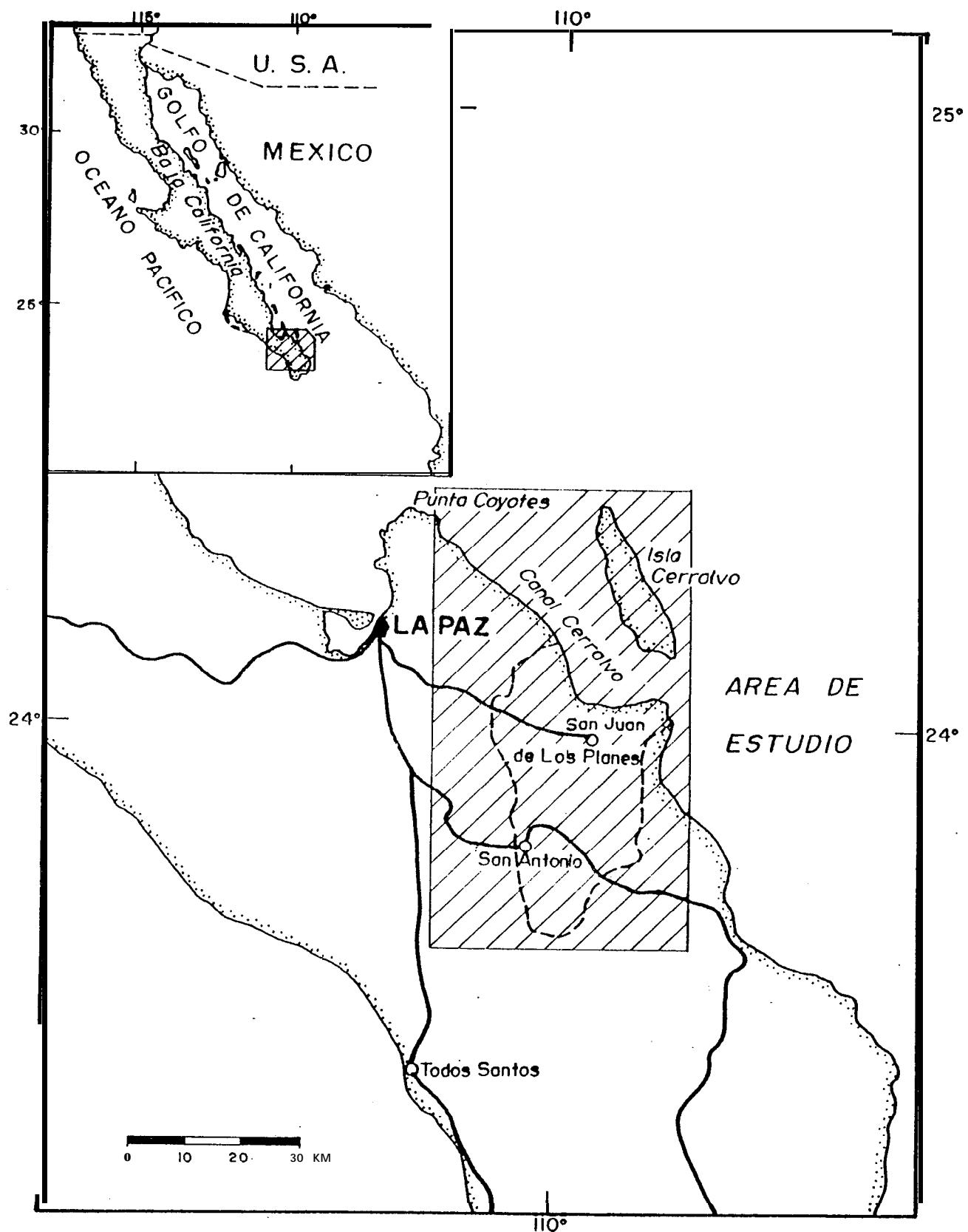


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

pasados 3,000 años o más.

De acuerdo a la distribución mundial de climas propuesta por Marsh y Dozier (1981), la Península de Baja California está en la región de la costa oeste del continente con clima desértico; en donde el lado estable al este de la celda subtropical de presión alta, combinada con corrientes oceánicas frías fluyendo hacia el ecuador, producen climas frescos, excepcionalmente secos.

En la vertiente oriental de la parte sur de la Península de Baja California existen cinco diferentes tipos de climas de acuerdo a lo descrito por Robles (1985), los cuales están determinados por la altitud y por la influencia del frente marítimo. A continuación se describen estos climas y las partes en donde se presentan.

1.-BW(h')hw(e). Seco desértico, cálido con una temperatura media anual mayor de 22° C, un régimen de lluvias en verano y una oscilación anual extremosa de la temperatura que varía entre 7° y 14° C. Se localiza en una franja a lo largo del litoral del Golfo de California, desde el nivel del mar hasta el pie de las sierras, incluyendo la Isla Cerralvo (Estación meteorológica La Paz y Cabo San Lucas)(Fig. 2).

2.-BS_ohw(e). Muy seco o estepario, semicálido, con una temperatura media anual mayor de 20° C, un régimen de lluvias en verano y una oscilación térmica anual extremosa, que varía de 7° a 14° C. Se localiza en la parte sur de la península en las laderas bajas de las Sierras La Victoria, La Laguna, San Lorenzo y en la región del Cabo, hasta los 800 m sobre el nivel del mar (msnm) (Estación San Antonio)(Fig. 2).

3.-BS₁hw(e). Seco estepario, semicálido, con una temperatura media anual mayor de 18° C, un régimen de lluvias en verano y una oscilación térmica anual extremosa, que varía entre 7° y 14° C. Corresponde a las

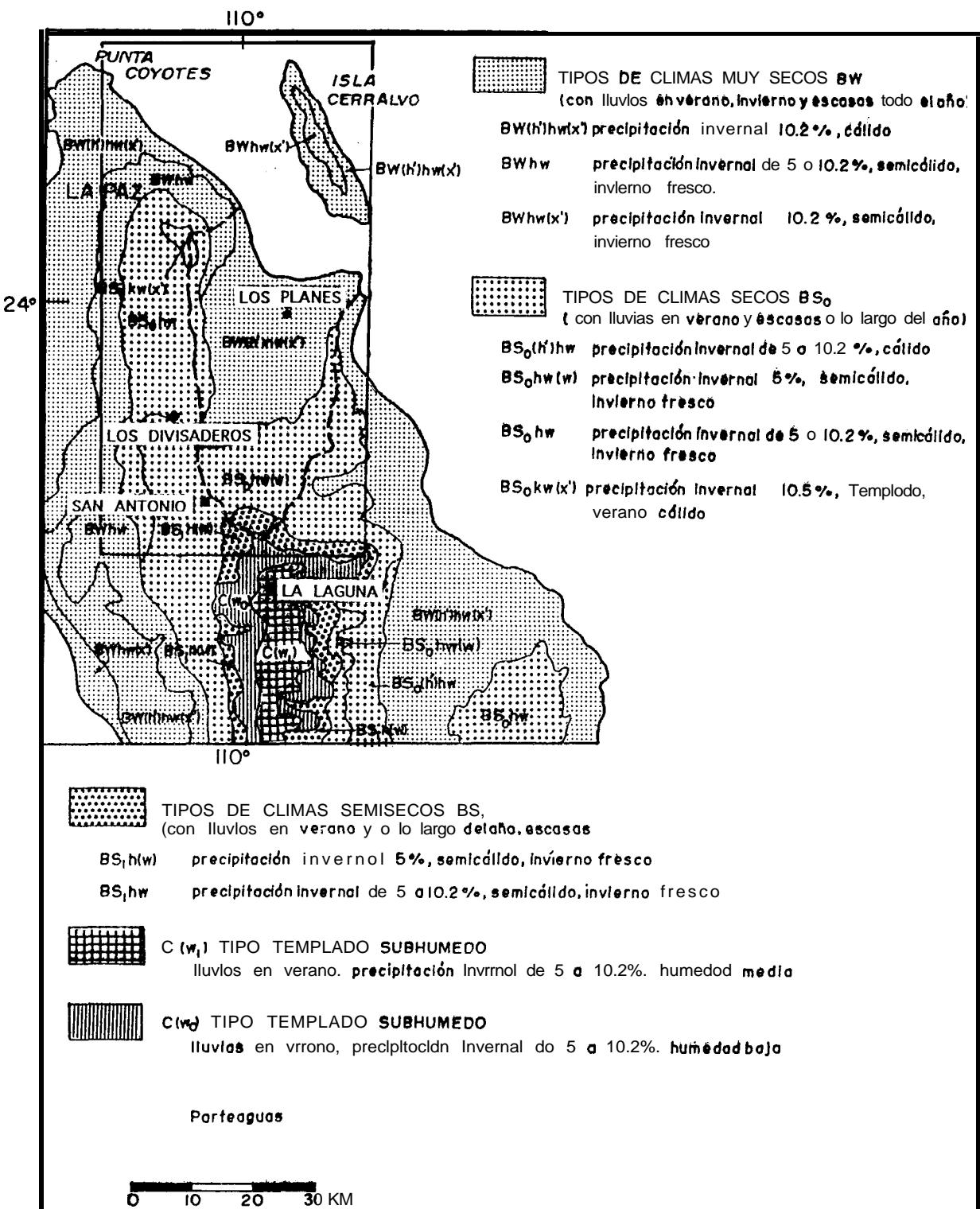


Figura 2. Tipos de clima del área de estudio y porciones contiguas a ésta (INEGI, 1981a).

laderas de la sierras antes mencionadas, pero entre los 800 y 1000 msnm (Fig. 2).

4.- $Cw_o b(e)$. Templado con lluvias en verano, una temperatura media anual mayor de $16^{\circ} C$ y es extremoso. Se localiza en las laderas de las Sierras de La Laguna y San Lorenzo, entre los 1000 y 1200 msnm (Fig. 2).

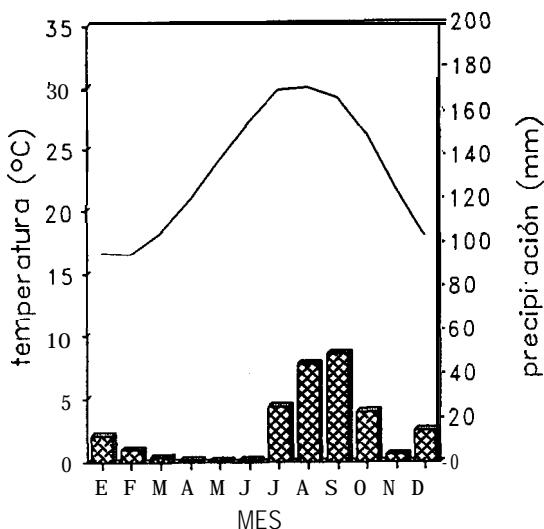
5.- $Cw_1 b(e)$. Templado con lluvias en verano, es más húmedo que el anterior ($Cw_o b(e)$), presenta una temperatura media anual mayor de $12^{\circ} C$ y es extremoso. Se localiza en una zona pequeña que corresponde a la parte más alta de las Sierras de La Laguna y San Lorenzo (Estación La Laguna) (Fig. 2).

Las condiciones meteorológicas que prevalecen en la región sur de la península pueden ser agrupadas de dos maneras: 1) Aquellas que modifican a la roca y al comportamiento de los sedimentos y, 2) Aquellas que constituyen un riesgo o un beneficio a las comunidades campesinas y pescadoras que habitan en la región. Las primeras, son condiciones atmosféricas que predominan a lo largo del año y se mencionan a continuación:

II.2.1. Temperatura

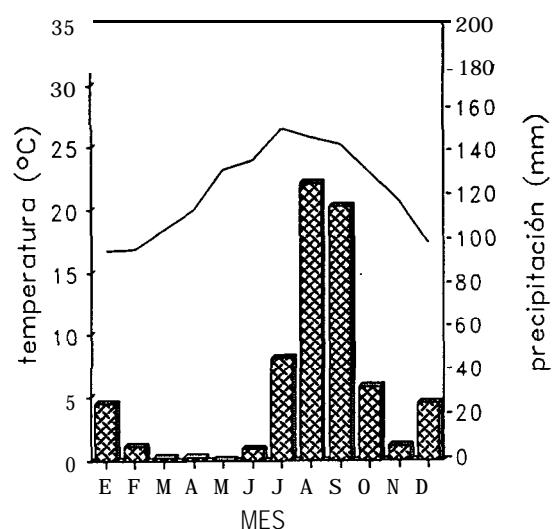
Está determinada por la altitud y la temperatura del mar, encontrándose una media anual de $22^{\circ} C$ a $24^{\circ} C$ en el litoral y de $10^{\circ} C$ en la sierra (Fig. 3). Sin embargo, para la costa occidental durante el verano, existe una inversión de temperatura (García y Mosiño, 1968). la cual se debe a la influencia de la Corriente de California, relativamente fría, que se desplaza paralelamente a la costa occidental de la península de NW a SE (Robles, 1985). Además, la temperatura máxima muestra un retraso, ya que se presenta hasta el mes de agosto y en algunos lugares hasta septiembre. Por el contrario, en la costa

LOS PLANES BW(h')hw(x')(e)



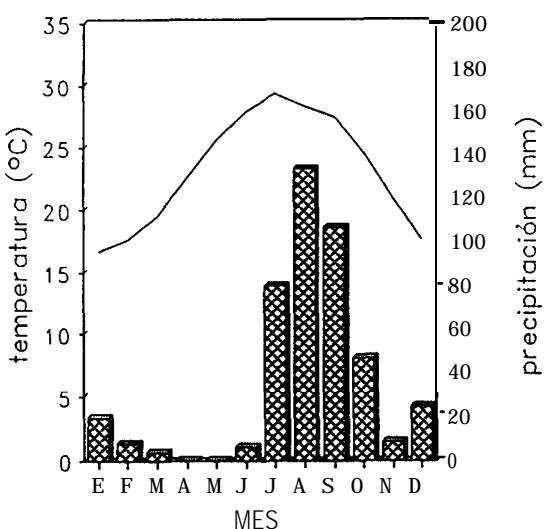
Temperatura promedio 23.3°C
Precipitación anual 180.8 mm

LOS DIVISADEROS BSohw(e)



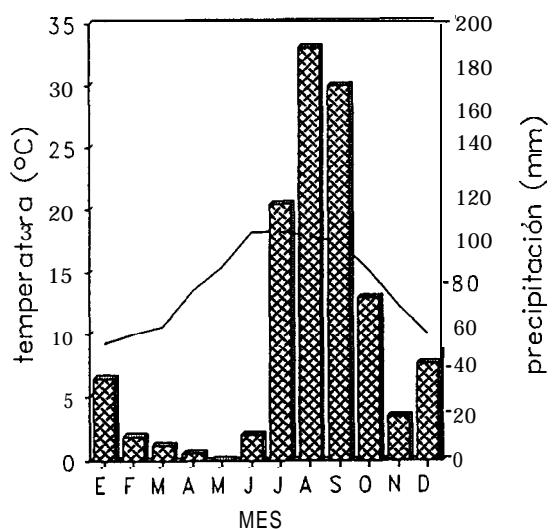
Temperatura promedio 21.5°C
Precipitación anual 394.0 mm

SAN ANTONIO BSoh(h')hw(e)



Temperatura promedio 23.2°C
Precipitación anual 433.9 mm

LA LAGUNA C(w)b(e)



Temperatura promedio 14.0°C
Precipitación anual 682.5 mm

temperatura = línea; precipitación = histograma

Figura 3. Climogramas de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio (INEGI, 1981a).

del Golfo, el establecimiento de la época calurosa es más rápida (García y Mosiño, 1968), por lo que la temperatura máxima se presenta en el mes de agosto.

La temperatura media en el litoral del Golfo durante el mes de agosto es de 28° a 30° C (Fig.3), y de 26° C en el del Pacífico, habiendo una diferencia de 2° a 4° C. En invierno la inversión de temperatura no se presenta debido al cambio de dirección en los vientos y a que no se presentan las surgencias, que son consecuencia de la acción del viento que sopla sobre la superficie del océano (García y Mosiño, 1968). Por lo que la temperatura disminuye normalmente con la latitud (Robles, 1985). El mes más frío es enero en toda la región (Fig. 3), encontrándose durante esta época una temperatura media de 16° a 18° C en el litoral, disminuyendo hacia las partes más altas hasta una media de 10° a 14° C.

II.2.2. Precipitación

La zonas más húmedas corresponden a las partes más altas de la región, como son las Sierras de La Laguna y San Lorenzo, donde la precipitación registra 600 mm anuales, y el mes más lluvioso es septiembre (Fig. 3).

Cerca del nivel del mar la precipitación es menor, alcanzando en la costa occidental de la región, una media anual de 100 a 200 mm y en la costa oriental la precipitación es de 200 a 300 mm. Además, al aumentar la latitud, decrece la precipitación.

La región está afectada por los ciclones tropicales llamados localmente chubascos, que se presentan en verano y otoño. Estos son originados en el Océano Pacífico.

II.2.3. Circulación atmosférica

La región está bajo la influencia de los vientos alisios en la superficie; aunque se forman dos centros de alta presión que afectan la circulación atmosférica, éstos son: el anticiclón Bermudas-Azores y el anticiclón del Pacífico septentrional (Robles, 1985). De esta manera la Península de Baja California, particularmente la vertiente occidental, está dominada durante la mayor parte del año por vientos con una componente del oeste (Maderey, 1975). Sin embargo, durante el verano (julio, agosto y septiembre) los vientos del oeste no se presentan (García y Mosiño, 1968), debido a que un extremo del anticiclón Bermudas-Azores invade áreas cercanas al Golfo de California por lo que, vientos del este y sureste se dejan sentir, principalmente en la vertiente oriental de la península (Robles, 1985).

11.3. SUELOS

En la parte sur de la península predominan los suelos Regosol y Yermosol, aunque existen áreas pequeñas en las que los tipos principales pueden ser: Cambisol, Litosol, Fluvisol, Feozem y Xerosol (INEGI, 1981 b). Los suelos que predominan en el área de estudio son Regosol y Yermosol (Fig. 4). El tipo de suelo más ampliamente distribuido es el Regosol, caracterizado por no presentar horizontes, tiene colores claros parecidos a la roca que le subyace y se puede presentar en diversos climas sustentando diferentes tipos de vegetación tanto en tierras altas como en las partes bajas, en las que el sedimento es grueso. La Isla Cerralvo está totalmente constituida de este suelo.

El otro tipo es el Yermosol háplico, caracterizado por presentar una capa

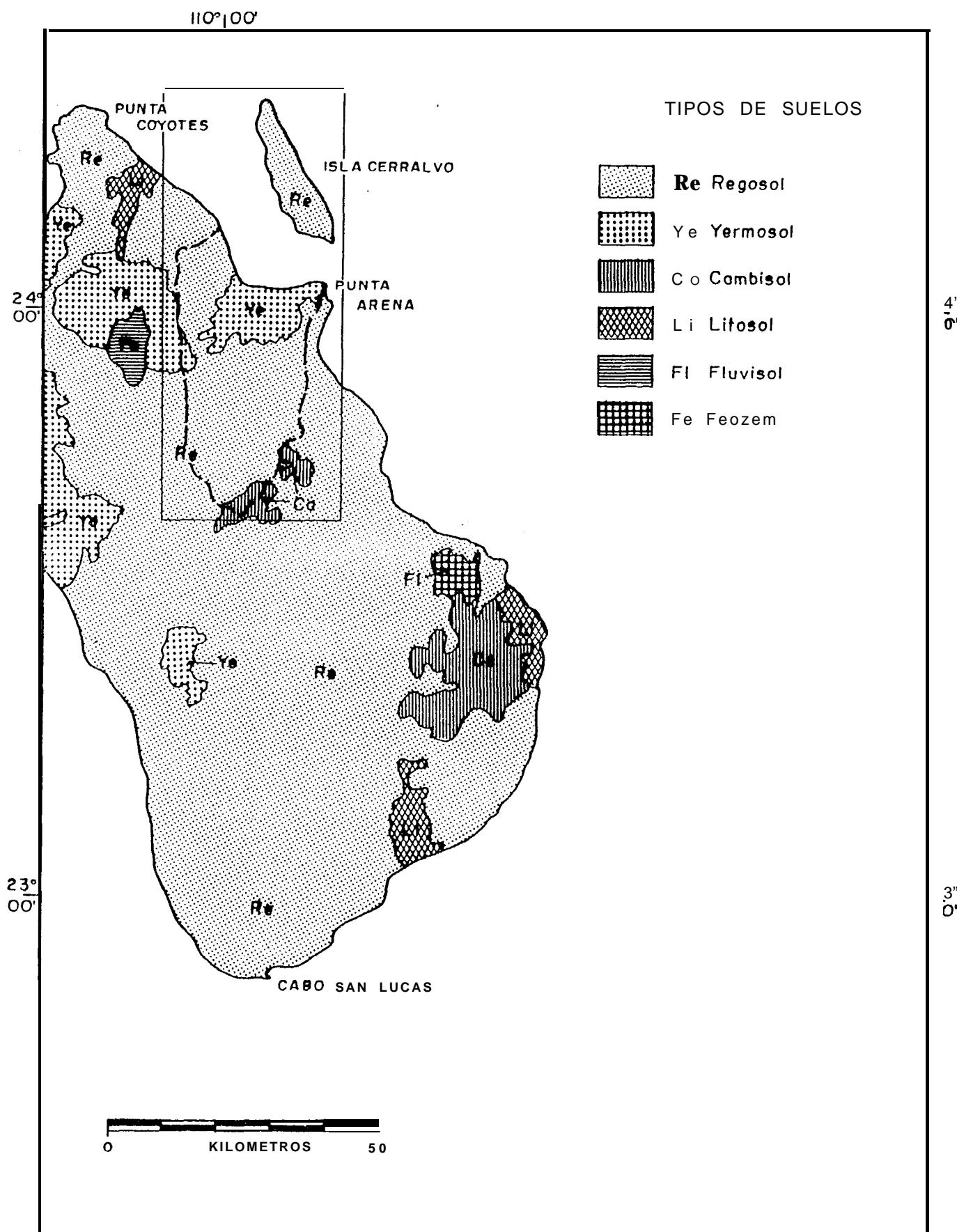


Figura 4. Tipos de suelos en la parte sur de Baja California Sur, según el INEGI (1981b).

superficial de color claro y muy pobre en materia orgánica, debajo del cual puede haber un subsuelo rico en arcillas o carbonatos, muy parecido a la capa superior, con una vegetación natural de pastizales o matorrales (INEGI, 1981 b). Este suelo es de baja susceptibilidad a la erosión salvo en pendientes. Su distribución es restringida; se presenta principalmente en las porciones bajas de la planicie aluvial, en donde predomina el sedimento fino y es en esta parte en donde está asentada la población de San Juan de Los Planes, además de ser la zona más favorable para la agricultura. También se presenta en una zona restringida de la Sierra La Pintada, en donde la pendiente del terreno es relativamente suave.

Otros suelos como el Cambisol, Litosol y Fluviosol se encuentran en combinación con los anteriores. El Cambisol es un suelo joven, poco desarrollado, de cualquier clima, con cualquier tipo de vegetación, en el subsuelo tiene una capa con terrones que presentan un cambio con respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla, calcio, etc (INEGI, 1981 b). Presenta una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta. Se observa en combinación con los Regosoles, en las porciones altas de las Sierras, La Trinchera La Laguna y Santa Marta-El Carrizal.

Los Litosoles se encuentran en cualquier clima y con muy diversos tipos de vegetación. Son suelos sin desarrollo, con profundidad menor de 10 cm y con características muy variables, según el material que los forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentren, pudiendo ser desde moderada a alta. Se les encuentra en la Isla Cerralvo y al NNW de la cuenca hidrológica.

El Fluviosol se forma por materiales de depósito aluviales recientes, excepto los marinos. Están constituidos por material suelto que no forma terrones y son poco desarrollados, se encuentran en todo tipo de clima,

cercanos a zonas de acarreo por agua, la vegetación varía desde selva a matorrales y pastizales (INEGI, 1981 b). Se le localiza en áreas muy restringidas como la parte media de los abanicos donde la depositación es activa.

11.4. MARCO GEOLOGICO

II.4.1. Geomorfología general

El área pertenece a la provincia fisiográfica de Baja California (Fig. 5), en particular a la subprovincia de Tierras Altas del Sur, de acuerdo a lo propuesto por Raisz (1959). La espina dorsal de la península es un bloque de falla, basculado hacia el oeste, de aproximadamente 1,400 km de largo y sólo 50 a 90 km de ancho, su altura máxima alcanza 3,300 msnm en la porción norte y 600 msnm al norte de La Paz. Las rocas de la parte norte de la península son principalmente granitos y hacia el sur predominan las lavas estratificadas, horizontales y las rocas clásticas. La disección por las corrientes fluviales a todo lo largo de la península es típica de desiertos, con cañones profundos de paredes abruptas y valles amplios llenos de arenas.

La subprovincia de Tierras Altas del Sur es un complejo fallado, localizado al sur de La Paz, producto del levantamiento de un terreno montañoso de hasta 2,000 m de altura (Raisz, 1959). La región es menos árida y la disección es aproximadamente normal.

La vertiente del Golfo de California en el Estado de Baja California Sur es de extensión reducida con aproximadamente 25.4 km en promedio. Aquí la pendiente es pronunciada y se continúa por abajo del nivel del mar. En general la plataforma continental casi no existe y en los pocos lugares donde se presenta es muy estrecha. Por otra parte la vertiente del Pacífico en el

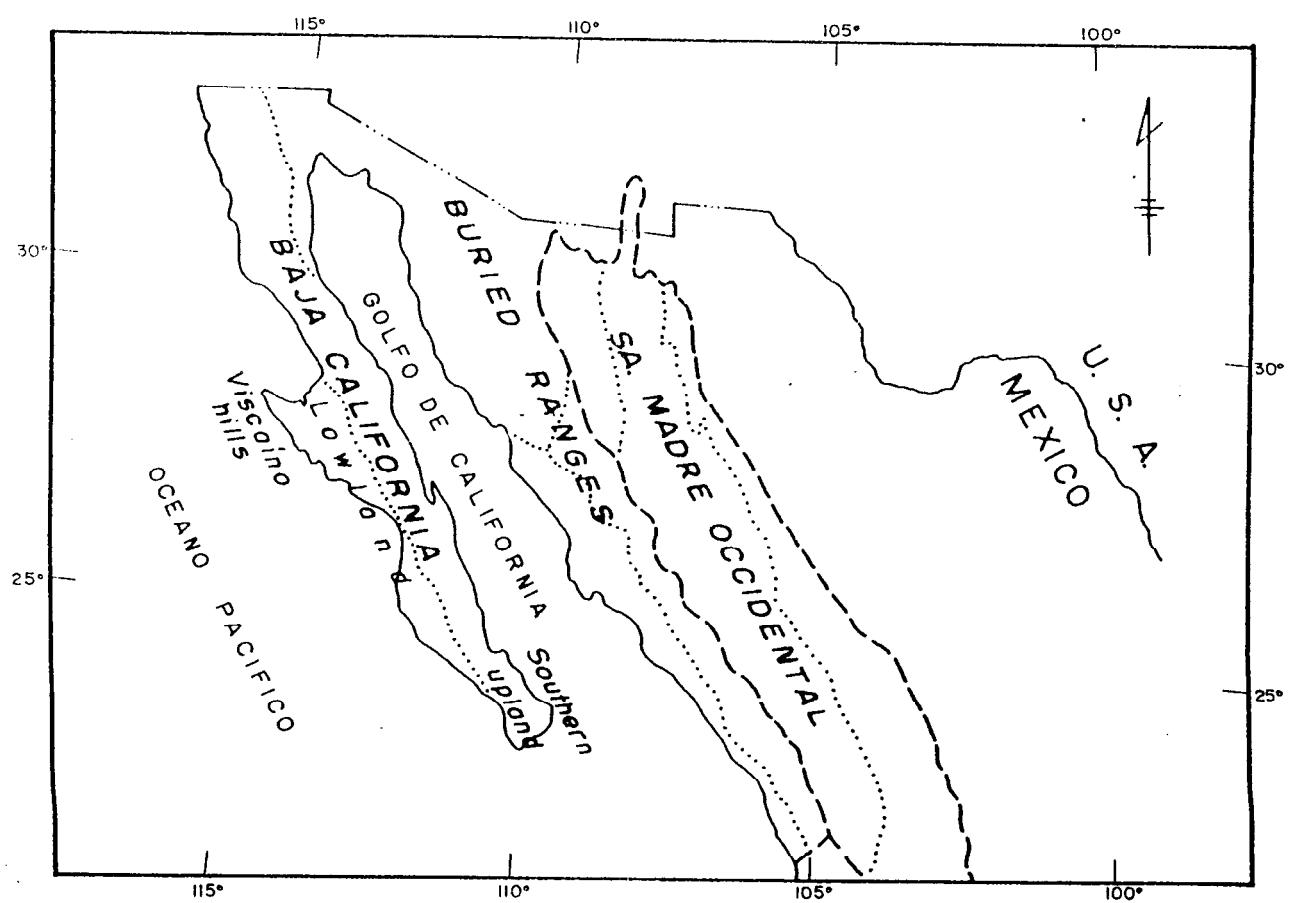


Figura 5. Fisiografía de la Península de Baja California -Sur (tomado de Raisz, 1359).

el mismo Estado es más amplia, promediando 67.4 km aproximadamente y de pendiente suave que se continúa hacia una plataforma relativamente amplia. La diferencia en la magnitud de estos elementos es el resultado de una tectónica activa que levanta con mayor velocidad la zona costera del Golfo de California en relación a la costa del Pacífico. Esto ha producido en la primera de estas costa una serie de fallas normales (Ortlieb, 1978 y Hausback, 1984).

Muchas de las fallas presentan actividad reciente por lo que los sismos ocurren con frecuencia principalmente en la porción norte de la península. La dirección preferencial de estas fallas es norte-sur y ellas determinan la presencia de islas y penínsulas pequeñas en el Golfo, principalmente en la costa de la Baja California.

11.4.1.1. Subprovincia de Tierras Altas del Sur

Está representada por un relieve de sierras y valles (Fig.6), lo cual obedece a una estructura geológica de pilares y cuencas cuyo eje longitudinal está orientado norte-sur. La estructura sobresaliente es la representada por la Sierra La Victoria en donde predominan las rocas graníticas y está integrada por las sierras altas de La Laguna y San Lázaro, con alturas ligeramente mayores de los 2,000 m. Al norte la Sierra La Victoria se divide en las Sierras de Las Cruces y Santa Marta-El Carrizal que son de menor altura y que están separadas por el graben de San Juan de Los Planes.

El flanco oeste de la Sierra La Victoria es cortado por un sistema de falla transcurrente lateral izquierdo denominado “La Paz” que la separa del Valle La Paz - El Carrizal. En esta parte existe una serie de sierras bajas con alturas que varían entre 500 y 600 m a excepción de la Sierra El Novillo con una

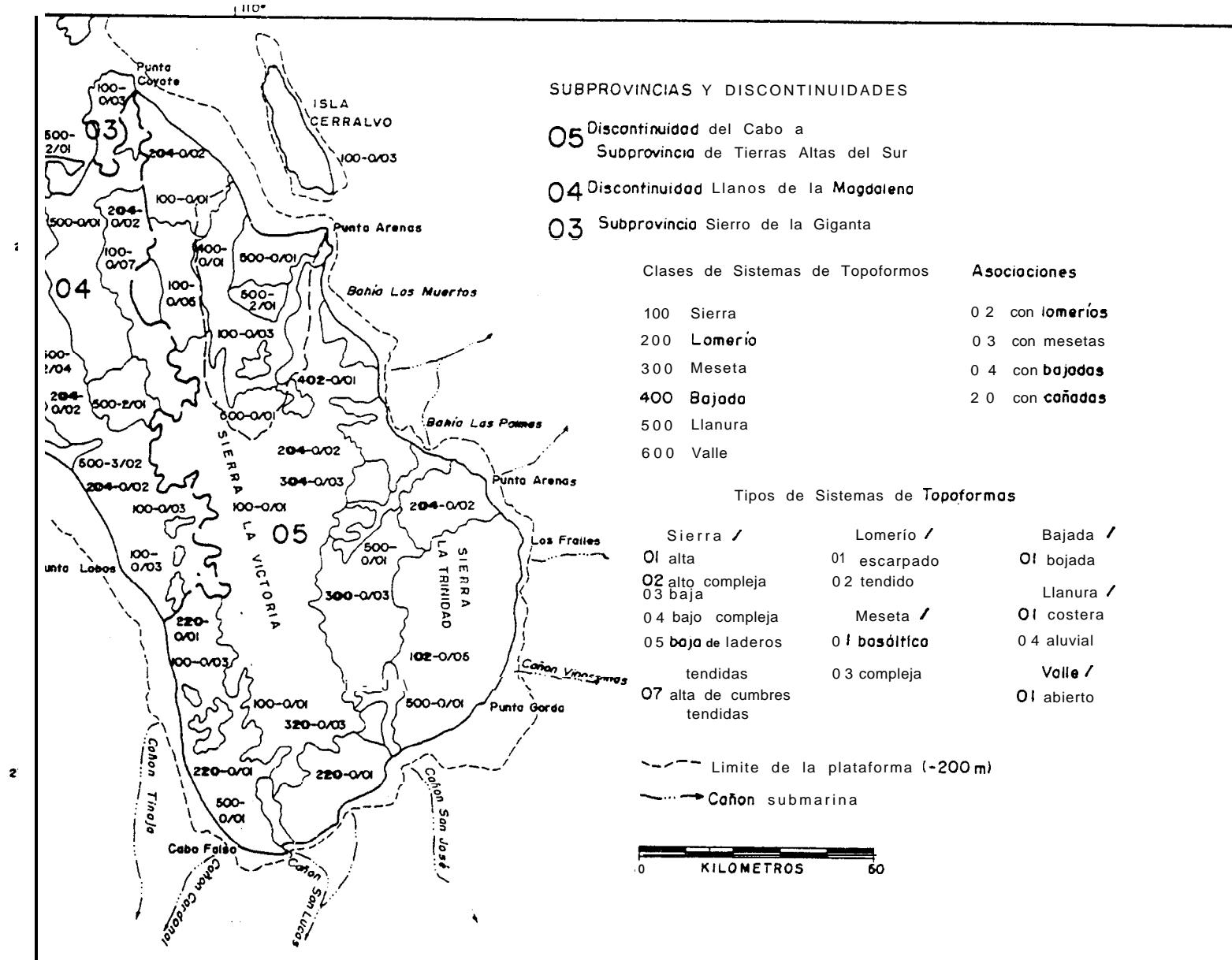


Figura 6. Fisiografía de la subprovincia de Tierras Altas del Sur (modificado de INEGI, 1981c).

altura máxima de poco más de 900 m y las rocas que las constituyen son ígneas y metamórficas (Ortega-Gutiérrez, 1982).

La pendiente en la Sierra La Victoria es en general de moderada (15 - 30°) a fuerte (> 30°). El flanco oriental es cortado por una falla normal, de magnitud regional que separa la Sierra La Victoria del Valle Santiago-San José del Cabo. Las corrientes fluviales principales en la Sierra de La Victoria son transversales al eje longitudinal de la misma y son del tipo subsecuente ya que siguen un patrón estructural este - oeste. Estas corrientes han desarrollado cañones profundos, y parte de ellas son perennes. En ciertas épocas del año en que las lluvias son intensas, principalmente en verano, se forman torrentes que al desembocar en los valles estructurales crean abanicos aluviales y corrientes trenzadas. Los patrones de drenaje más comunes son dendrítico y dendrítico - rectangular.

Al oriente de la subprovincia de las Tierras Altas del Sur se localiza la Sierra La Trinidad que es de extensión y altura más reducidas que las anteriores, las cuales no son mayores de los 1000 msnm. Esta sierra es circundada por una serie de lomeríos cuyas pendientes son suaves a moderadas. Las rocas de la Sierra La Trinidad son predominantemente ígneas intrusivas ácidas y las que constituyen a los lomeríos son sedimentarias: marinas y continentales (McCloy, 1984). Las corrientes no tienen una dirección preferencial y forman patrones de drenaje dendrítico. Hacia el oriente las corrientes descargan directamente al mar, mientras que al occidente descargan al Valle Santiago-San José del Cabo.

El relieve de tierras bajas lo constituyen principalmente los valles estructurales de Santiago-San José del Cabo y de San Juan de Los Planes, los cuales son cuencas tectónicas llenas de rocas sedimentarias y sedimentos inconsolidados. El primero de estos valles es el más extenso,

limitado al oriente y occidente por fallas normales que lo separan de las Sierras La Trinidad y La Victoria, respectivamente. Estas últimas corresponden a pilares tectónicos.

II.4.1.2. Rasgos sobresalientes de la margen costera de la parte sur de la Península de Baja California

En la margen costera del Pacífico, desde Punta Lobos hasta Cabo Falso, prevalecen las playas. Estas, en algunas partes son cortadas por acantilados de rocas cristalinas formando pequeños cerros. La pendiente desde tierra es de moderada a suave y se continúa hacia una plataforma con pendiente suave (1/20) y una amplitud aproximada de 4 km (Fig. 6).

De Cabo Falso hasta Punta Gorda, el relieve costero es accidentado y en la línea costera los rasgos depositacionales y erosionales existen en una proporción similar presentándose playas pequeñas interrumpidas por acantilados en rocas cristalinas; la plataforma continental tiene una amplitud de 3.5 km en promedio y es cortada por algunos cañones submarinos cuyas cabezas llegan a estar a unos cientos de metros de la línea de costa y descienden hasta una profundidad de 2500 m (Fisher, Rusnak y Shepard, 1964). El desarrollo de estos cañones obedece, probablemente, a fracturas profundas orientadas norte-sur y noreste-suroeste; sus desembocaduras están alineadas este-oeste.

En la parte comprendida del Cañón Vinorama a Punta Arenas, prevalecen las playas, cortadas frecuentemente por acantilados en rocas sedimentarias y en rocas cristalinas. La plataforma continental es estrecha; su amplitud es poco variable, tiene 2 km en promedio y es cortada, en su parte media, por el Cañón Los Frailes, cuya cabeza está a unos cientos de metros de la línea de costa.

Punta Arenas es un rasgo depositacional progradante, tipificado como un frente cuspado por Wright (1973). El mismo autor menciona que la costa sur de esta forma exhibe una serie de cordones de playa orientados en función del oleaje atenuado del Pacífico, que llega hasta este lugar y los cordones de playa de la costa norte están orientados por el oleaje del Golfo de California. Punta Arenas refleja por tanto, un ambiente zonal de oleaje contrastante.

Hacia el noroeste de Punta Arenas, hasta la Punta Arenas del Canal Cerralvo, la línea de costa es muy irregular, al igual que la plataforma continental. Costas depositacionales (playas y cordones de dunas) y plataformas amplias, están contiguas a las tierras bajas de la península, en las porciones sur de las bahías Las Palmas y Los Muertos (Fig. 6). Costas erosionales (acantilados y escarpes) y plataformas estrechas se localizan al pie de tierras altas, en las partes noroeste de las bahías antes mencionadas, las cuales presentan sedimento muy grueso (gravas y boleos) en las pocas áreas depositacionales. La plataforma continental es de aproximadamente 3 km de ancha y se hace estrecha gradualmente hacia Punta Arenas en donde presenta muy poco desarrollo. El relieve en el talud de esta parte es muy irregular. Se presentan algunos cañones de los cuales el más importante es el Cañón Santiago, frente al Arroyo Santiago en la Bahía Las Palmas.

La zona costera al norte de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes está protegida por la Isla Cerralvo. Esta isla es de relieve alto, con una altura máxima de 771 m. La pendiente es pronunciada y se continúa directamente hacia el talud; sólo presenta una plataforma estrecha en su parte sur. Esta isla tiene forma alargada con su eje máximo orientado NW-SE, con flancos muy escarpados, debido probablemente a la presencia de fallas con esa misma orientación.

Entre la isla y la península existe el Canal Cerralvo con dos orientaciones

principales norte-sur y este-oeste determinadas también probablemente, por fallas. Las profundidades mínimas en el canal se ubican en la parte central (240 m) y aumentan hacia el norte hasta alcanzar más de 1200 m en la Depresión de La Paz, la cual se sitúa entre Punta Coyote y las Islas Espíritu Santo y Cerralvo.

La zona costera de la península que comprende al Canal Cerralvo, está limitada por Punta Arenas al sur y Punta Coyote al norte. El carácter depositacional predominan en la línea costera frente al Valle Los Planes, mientras que las formas erosionales son comunes en la margen noroeste del Canal Cerralvo. La plataforma continental en la margen oeste del Canal Cerralvo es relativamente amplia.

Las terrazas marinas son frecuentes en toda la margen oriental de la península. De acuerdo a Ortlieb (1987), algunas áreas de Baja California, localizadas cerca a zonas de fractura principal o a centros volcánicos activos, registran movimientos verticales fuertes (con tasas de 100 - 300 mm/1000 años). La media de levantamiento de toda la península es del orden de 100 mm/1 000 años.

II.4.2. Litología y estratigráfia

Morán (1985), ha hecho una recopilación adecuada de la información geológica de la Península de Baja California y que coincide aproximadamente con las provincias geológicas de López Ramos (1979), de las cuales la península se incluye en la Provincia de Baja California (Fig. 7). En este trabajo se adopta la división geológica de Morán (1985), de la manera en que a continuación se expone.

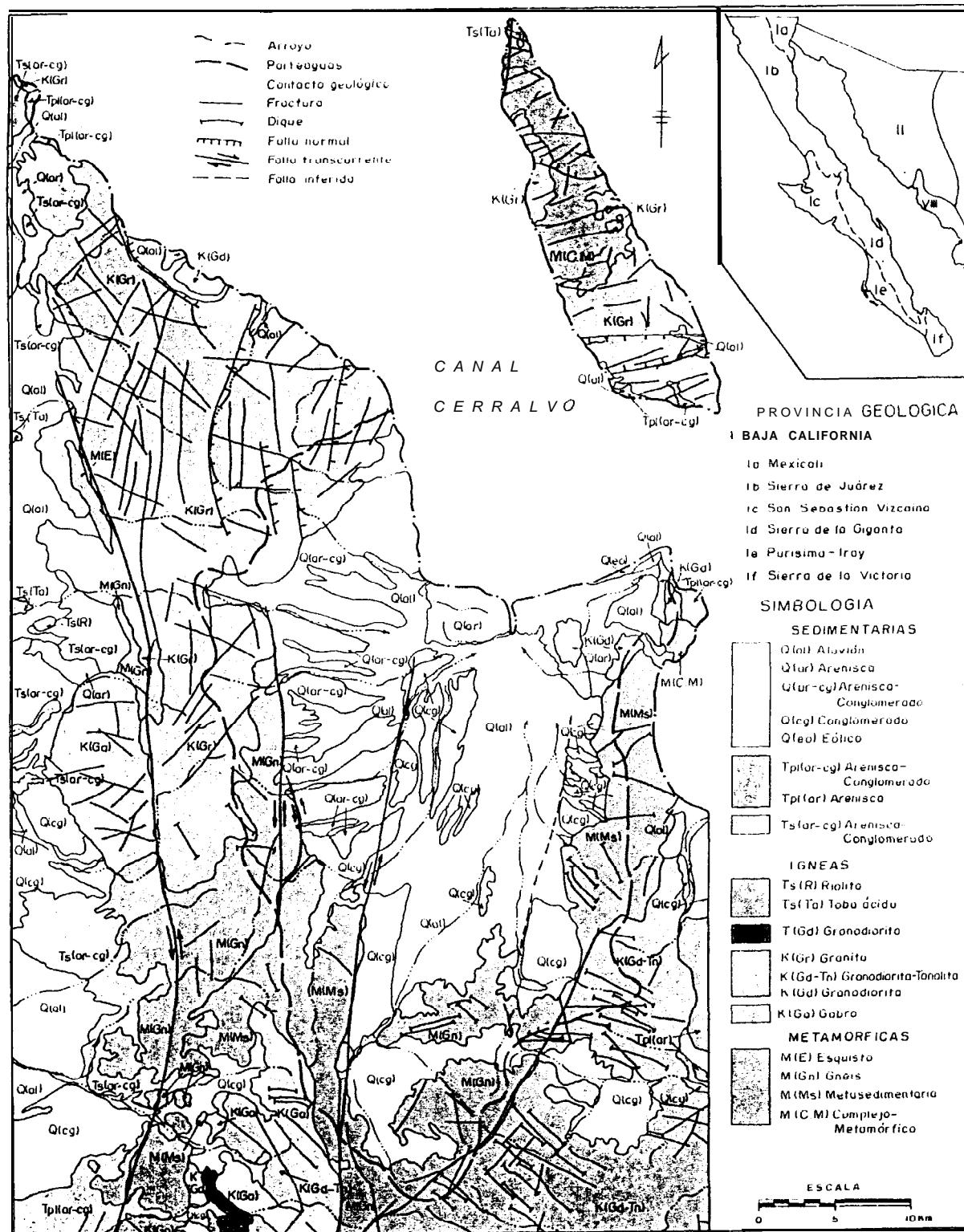


Figura 7. a) Provincias geológicas de la Península de Baja California Sur (López Ramos, 1979); y, b) Geología del área de estudio (INEGI, 1984).

II.4.2.1. Provincia de Baja California

a) Baja California Norte

Esta provincia coincide con la subprovincia Sierra de Juárez descrita por López Ramos (1979)(Fig. 7). La configuración de las diferentes unidades se puede definir según tres cinturones pre-terciarios (Morán, 1985), que corren a lo largo de esta parte de la península y presentan características petrográficas, estructurales y estratigráficas claramente diferenciables. Estos cinturones están cubiertos de manera independiente por cuerpos volcánicos y depósitos sedimentarios del Terciario y Cuaternario.

b) Sierra de la Giganta

Está constituida por una gruesa secuencia de rocas piroclásticas, derrames de lava y areniscas continentales que alcanzan en conjunto hasta 1200 m de espesor (Fig 7a). Esta secuencia aflora en la mayor parte de la mitad oriental de la región sur de la península. Originalmente Heim (1922) denominó a estos depósitos como Formación Comondú y les atribuyó una posición estratigráfica correspondiente al Mioceno Superior. Posteriormente Escandón (1978), señaló que el miembro superior de esta formación es del Plioceno Inferior. La secuencia cubre discordantemente a las formaciones marinas del Terciario y a las rocas plutónicas que son una continuación hacia el sur de los batolitos de Baja California Norte. Esta secuencia incluye a la Formación Comondú y no muestra fuertes deformaciones tectónicas. Sin embargo, acusa un acentuado levantamiento y un buzamiento de sus estratos ligeramente inclinados hacia el oeste.

c) Cuenca de Vizcaíno y Ballenas-Iray-Magdalena.

Las Cuenca Vizcaíno y Ballenas-Iray-Magdalena, consideradas por López

Ramos (1979) como San Sebastián Vizcaíno y Purísima-Ir-ay respectivamente, que cubren la mitad occidental de la mayor parte del Estado de Baja California Sur (Fig. 7), están representadas por zonas de topografía suave en donde se encuentran expuestas secuencias cuyo rango geocronológico varía desde el Triásico al Reciente. Estructuralmente, estas zonas constituyen dos grandes depresiones sinclinales, cuyo eje tiene una orientación- general noroeste sureste; están conformadas de rocas cretácicas y cenozóicas. Lozano (1976), basado en datos geofísicos y de perforaciones, ha interpretado la existencia a profundidad, de un bloque levantado de rocas ofiolíticas, que divide a estas dos depresiones; es perpendicular a la península y se localiza entre los paralelos 27° y 28°.

Durante el Plioceno, en las cuencas de Vizcaíno y Purísima, se depositaron sedimentos de ambientes costeros en discordancia sobre formaciones miocénicas tales como la Almejas (Mina, 1956) en el área de Vizcaíno y Salada (Heim, 1922) en Purísima.

d) Región del Cabo

El extremo sur de Baja California, reconocido como subprovincia Sierra La Victoria por López Ramos (1979) (Fig. 7), rompe bruscamente el aspecto geológico general de las cuencas anteriormente descritas, separada por la estructura regional de la Falla La Paz. Esta provincia es conocida, principalmente, por un macizo batolítico de rocas graníticas y granodioríticas de edad cretácica, que se presenta en forma de complejo montañoso que intruye rocas metamórficas del Mesozoico.

Esta región es cortada por el Valle Santiago-San José del Cabo que es, estructuralmente, una fosa tectónica rellena por una secuencia de sedimentos, la cual tiene en su base depósitos conglomerádicos que se correlacionan con la Formación Comondú y sobreycacen al basamento

cristalino (Morán, 1985). Esta secuencia sedimentaria aflora, principalmente, en la parte norte del valle y sobre ella descansan, en discordancia angular, sedimentos de la Formación Trinidad del Plioceno (Pantoja y Carrillo, 1966). Sobre esta unidad descansa, concordantemente, una serie de areniscas marinas de la Formación Salada (Heim, 1922). La secuencia cenozoica que rellena esta fosa está cubierta en discordancia angular por depósitos arenoconglomerádicos pleistocénicos que conforman antiguos abanicos y franjas de pie de monte.

Las rocas ígneas que afloran en el área que involucra el presente estudio son tres. Un granito (K(Gr)) de textura equigranular a porfídica que conforma el Batolito Guaycura (López Ramos, 1982), de edad cretácica superior, el cual forma montañas altas de pendientes escarpadas; aflora en la parte noroeste del área (Sierras de Las Cruces y La Trinchera) y cubre la mitad sur de la Isla Cerralvo y otras porciones de extensión reducida (Fig. 7). En la parte sureste de la cuenca hidrológica del área de estudio (Sierra La Selecta y Cerro El Encino), aflora una unidad de granodiorita-tonalita (K (Gd-Tn)), que constituyen la mayor parte de la Sierra La Victoria. Esta unidad presenta biotita y hornblenda con textura fanerítica; su edad es cretácica superior (Ortega, 1982). También presenta pendientes abruptas y constituye los picos más altos alcanzando la altura máxima (2090 m) de la región de Los Cabos. Por último, una granodiorita (K (Gd)) de textura porfídica con hornblenda y cantidades relativamente altas de hematita y magnetita, aflora hacia el noreste de Los Planes ocupando extensiones reducidas (Fig. 7).

Las rocas metamórficas junto con las ígneas intrusivas cubren, prácticamente, la totalidad de las tierras altas en el área de estudio. Se pueden reconocer, en ella, tres unidades de rocas metamórficas (Ortega, 1982). Una secuencia sedimentaria (M (Ms)) con metamorfismo regional, lo

cual produjo esquistos y filitas de edad cretácica (Ortega, 1982), poco afectadas por los intrusivos ácidos. En esta unidad abunda el cuarzo, la moscovita y la andalucita y en menor cantidad, la biotita. Aflora principalmente en la parte suroeste (Sierra Los Chiles) y en la este (Sierra Sta. Marta-El Carrizal) (Fig. 7). En estas zonas es donde se llevan a cabo trabajos de explotación de yacimientos.

Gneis cuarzo-feldespático (M(Gn)), derivado de rocas ígneas intrusivas, en ocasiones con estructura "augen gneis", aflora en la parte sur de la cuenca hidrológica (Sierras La Selecta y El Perico) y en la base de la Sierra La Trinchera al oeste de la cuenca. En la mitad norte de la Isla Cerralvo aflora un complejo metamórfico (M (CM.)), constituido por esquistos, gneises y migmatitas con minerales de hornblenda y anfíboles principalmente.

En la parte más hacia el noroeste y al sur de Punta Coyote, se presentan rocas ígneas extrusivas (Ts (R)(ta)(Bvi)) constituidas por riolitas, tobas ácidas y brechas volcánicas intermedias, que corresponden al Grupo Comondú del Terciario Superior.

Las rocas sedimentarias más antiguas del área afloran en las inmediaciones de Punta Coyote y, por su ubicación, Hausback (1984), las denominó Gravas Punta Coyote (Ts (ar-cg)). Es una interestratificación de conglomerado con areniscas de origen continental. Los fragmentos son de rocas volcánicas y la secuencia sobreyace discordantemente a rocas graníticas, tobas y brechas volcánicas del Grupo Comondú. Subyace a una toba ácida, por lo que su edad, terciaria superior, es correlacionable con el Grupo Comondú.

Una unidad de areniscas-conglomerados (Tpl (ar-cg) del Pleistoceno, aflora en áreas restringidas; en las inmediaciones de Punta Perico y parte sur de la Isla Cerralvo. Es una serie de litarenita fosilífera, interestratificada con coquina y conglomerado polimítico depositado en un ambiente marino de

plataforma. Esta unidad sobreyace discordantemente a rocas intrusivas del Cretácico y se correlaciona con los depósitos pliocénicos de la Formación Salada. También aflora en la parte sur de la Bahía La Ventana, aunque en partes está sobreyacida por arenas de duna (Q(ar)), bien clasificadas del Cuaternario.

Una secuencia de areniscas-conglomerados (Q (ar-cg) y Q (cg)), de abanicos aluviales están ampliamente distribuidas en la cuenca hidrológica principalmente en las partes oeste y sur, al pie de las Sierras Las Canoas, La Trinchera, Los Chiles, El Perico, La Selecta y Cerro El Encino y en áreas más restringidas al este, al pie de la Sierra Santa Marta-El Carrizal.

Los sedimentos recientes se encuentran formando suelos: aluvial (Q (al)), en los cauces de arroyos; eólico (Q (eo)), formando dunas al sur de la Bahía La Ventana y litoral (Q (li)), a manera de playas en gran parte de la línea de costa.

II.4.3. Evolución tectónica y estructura geológica

Los principales elementos tectónicos de la Península de Baja California, de acuerdo a Morán (1985), son:

- 1) Borde occidental: faja de complejos ofiolíticos y secuencias sedimentarias similares a la Formación Franciscan de California, que se localiza, principalmente, en la Isla de Cedros, en la Península de Vizcaíno y en las Islas Margarita y Magdalena.
- 2) Al este de la franja anterior, dentro de la mitad sur de la península, se presenta una franja de afloramientos sedimentarios y volcanoclásticos del Jurásico, Cretácico y Terciario, similares a los que se han reportado en el Gran Valle de California.
- 3) El borde occidental de Baja California Sur y las franjas central y oriental

de la mitad norte de la península, constituyen un cinturón de terrenos prebatolíticos formados por rocas sedimentarias, volcánicas y volcanoclásticas, afectadas por los emplazamientos intrusivos del Cretácico.

Estos elementos están cortados y limitados por lineamientos regionales que pueden corresponder a fallas de diferentes eventos de la historia tectónica.

La evolución tectónica de la Península de Baja California durante el Paleozoico parece haber estado relacionada estrechamente con la del Geosinclinal Cordillerano, desarrollado en el borde occidental de los Estados Unidos de América y Canadá. En el miogeosinclinal, ubicado al oriente, se depositaron carbonatos que parecen tener su correspondencia con aquellos que afloran en varias localidades de Sonora y en el borde oriental de la península. Por otro lado, el eugeosinclinal ubicado al occidente no se puede relacionar claramente con los depósitos prebatolíticos anteriores de la Formación Alistos de Baja California, ya que éstos no han sido fechados y sus relaciones estructurales son complejas, suponiendo que los movimientos orogénicos de finales del Paleozoico actuaron también en lo que hoy es la península.

La historia mesozoica de la península está caracterizada por una gran movilidad tectónica, con subducción que ocurrió en el borde occidental de la placa paleopacífica Farallón, debajo de la corteza continental de México. Aquí se desarrolló un arco magmático con volcanismo calco-alcalino (Demant y Robin, 1975) y emplazamientos plutónicos silícicos que migraron durante el Cretácico y principios del Cenozoico hacia el este (Silver y Anderson, 1978). A estos arcos magmáticos pertenece el arco desarrollado en Baja California, principalmente en el Cretácico.

En el Cenozoico cesó el fenómeno de subducción con la colisión de la

cresta del Pacífico contra el borde occidental de Baja California (Anderson, 1971). A este fenómeno siguió la adhesión de Baja California y parte de la Alta California a la actual Placa Pacífica. En el Terciario Superior se inicia la separación de Baja California del macizo continental de México. En ese tiempo se desarrolló una zona de expansión del piso oceánico en la región donde se ubica, actualmente, el Golfo de California. La zona de expansión está constituida por crestas dislocadas por fallas de transformación, que se asocian con el sistema San Andrés (Atwater, 1970). Al movimiento de Baja California hacia el noroeste, posiblemente están ligados los lineamientos tectónicos que la truncan diagonalmente. Las emisiones alcalinas y las depresiones tectónicas que se presentan en gran parte de México, se relacionan a este último evento de distensión. Algunos autores han señalado, sin embargo, que la formación de un protogolfo pudo haberse iniciado a finales del Mesozoico (Gastil y colaboradores, 1975).

Hausback (1984) propone que hace 10 a 12 millones de años (m.a.) la Península formaba parte del macizo continental y en la márgen del Pacífico existía una zona de colisión entre las Placas Pacífica y la Norteamericana. En la región que posteriormente ocuparía el Golfo de California se desarrollaba el arco volcánico Comondú, dando en ese entonces origen a un protogolfo o zona de formación de un graben. A través de esta zona de debilidad empezó a llevarse a cabo el movimiento entre la Placa pacífica y el macizo continental. La Baja California se separó de Norteamérica debido a que fue incrustada a la Placa Pacífica. Los basaltos del fondo marino empezaron a emerger y una nueva serie de fallas de transformación y cuencas de expansión fueron generadas a lo largo del Golfo de California en desarrollo. Las fosas tectónicas de La Paz-El Carrizal, San Juan de Los Planes y Santiago-San José del Cabo, separadas por los pilares tectónicos representados por las Sierras

La Victoria, Santa Marta y La Trinidad están relacionados con las cuencas de expansión del fondo del Golfo de California.

El estudio de movimientos verticales indican que la Península de Baja California se comporta como un gran bloque litosférico distinto de aquellos del sur de California y no completamente ligado a la Placa Pacífica (Ortlieb, 1986). Por tanto, se puede considerar que el límite de las Placas Norteamérica y Pacífica es una zona grande que comprende la Península de Baja California, el área costera del suroeste de California y la parte principal de la margen continental que bordea estas áreas y que no está restringida al sistema de fallas transformantes del Golfo de California y al sistema San Andrés.

La Península de Baja California es un gran bloque estructural limitado al este por el sistema de fallas del Golfo de California, al oeste por la falla San Benito-Tosco-Abreojos y al norte por los sistemas de falla Agua Blanca y Main Escarpment.

11.5. MARCO OCEANOGRÁFICO

II.5.1. Batimetría

De acuerdo a Rusnak y colaboradores (1964), la característica más obvia del Golfo de California es su linearidad expresada por rasgos morfológicos de diferentes escalas. Las profundidades de las cuencas a lo largo de su eje varían desde casi oceánicas (2,880 m a 3,600 m), en la parte sur del Golfo, a profundidades de plataforma continental (alrededor de 180 m), en la parte norte. Las pendientes abruptas son más comunes en la margen oeste, alcanzando más de 38° , las cuales están relacionadas a fallamiento.

Rusnak y colaboradores (1964), subdividen al Golfo en tres regiones:

norte, central y sur. La parte septentrional del Golfo, situada entre el Delta del Río Colorado y las Islas Angel de la Guarda y Tiburón, no presenta rasgos de fallamiento como en las demás partes; la estructura rocosa ha sido cubierta por relleno sedimentario. En las regiones central y sur existen cuatro depresiones axiales, paralelas al eje del Golfo, que de norte a sur reciben los nombres de Guaymas, Carmen, Farallón y Pescadero, aunque también existen otras cuencas menores como Canal Cerralvo, La Paz, Salsipuedes y Delfín, ubicadas en el flanco de la península.

La margen este de las regiones central y sur tienen plataformas o terrazas depositacionales bien desarrolladas; mientras que al oeste la plataforma no se presenta (Van Andel, 1964 y Rusnak y colaboradores, 1964); por el contrario, una terraza por corte de oleaje aparece a lo largo de gran parte de esta margen y alrededor de algunas islas, la cual tiene un quiebre conspicuo, con una profundidad entre 80 m y 100 m (Van Andel, 1964). Además, en la margen este, en donde el sedimento es una cubierta delgada sobre la plataforma, el quiebre ocurre a una profundidad aproximada de 100 m, por lo que esta concordancia en el quiebre de la plataforma sugiere poco movimiento vertical en el Golfo entre los paralelos 28° N y 24° N, desde los descensos del nivel del mar del Pleistoceno (Rusnak y colaboradores, 1964).

Varios cañones submarinos se originan en el quiebre de la plataforma continental y en su terminación se han formado pequeños abanicos. En el extremo sur de la península existen muchos de estos cañones.

Los cordones submarinos, pináculos y lomas, son comunes en la región sur del Golfo, son raros en la central y aparentemente están ausentes en la norte. El cordón submarino más grande se encuentra fuera de la Isla Cerralvo, el cual se considera similar a la misma isla.

De manera general, la morfología del Golfo continúa la topografía de las

áreas adyacentes en tierra, lo cual es debido presumiblemente, a un desarrollo estructural similar (Rusnak y colaboradores, 1964).

II.5.2. Hidrografía

El clima del Golfo de California, en general, es de carácter continental, más que oceánico (Roden, 1964), debido a que el efecto de moderación climática del Pacífico es reducido, grandemente, por la cordillera de montañas casi ininterrumpida de la Península, con alturas de 1,000 m a 3,000 m. El Golfo es considerado como una gran cuenca de evaporación (Roden, 1964), pues el monitoreo de este parámetro en estaciones costeras indican que la media anual varía entre 2000 mm y 2500 mm por año (Servicio Meteorológico Mexicano, 1928-1941, en Roden, 1964), mientras que la precipitación anual en la mitad norte del Golfo es menor de 100 mm y hacia la parte sur se incrementa a más de 100 mm por año; por otra parte, la margen este del Golfo tiene precipitaciones más abundantes que la oeste (Roden, 1964).

En regiones más hacia costa afuera, vientos del noroeste prevalecen de noviembre a mayo y otros del sureste se presentan el resto del año (Roden, 1964). En la parte sur del Golfo ocurren tormentas violentas, de duración relativamente corta, llamadas "chubascos", durante la estación lluviosa (desde junio a octubre) y pueden tener vientos de 12 m/s a 19 m/s, mientras que los huracanes, que en veces se presentan en la misma época, pueden alcanzar velocidades de 77 m/s (150 km/hr) (Roden, 1964).

La hidrografía del Golfo puede dividirse en dos partes claramente diferenciadas: una al norte del umbral sur de la Cuenca Salsipuedes o Canal de Ballenas y otra al sur de este umbral (Alvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979). La profundidad máxima en este punto es de 450 m aproximadamente.

Según Alvarez-Borrego y Schwartzlose (1979), la parte norte del Golfo, presenta una mayor homogeneidad que la del sur, debido a las fuertes corrientes de marea, mientras que la estructura termohalina de la parte sur es básicamente igual a la del Pacífico Ecuatorial, con modificaciones en la superficie debido a la evaporación. En esta parte la salinidad no exceden 35.0 ‰ y la temperatura decrece con la profundidad como sucede en el Océano Pacífico adyacente. En la parte norte presenta variaciones estacionales grandes, con salinidades en la boca del Río Colorado entre 36.5 ‰ en invierno y más de 38.5 ‰ en verano y temperaturas que varían entre 10 °C y 32 °C en los mismos meses (Alvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979).

II.5.3. Hidrodinámica

De acuerdo con Roden (1964) la marea en Mazatlán es de tipo mixto con la componente semidiurna ligeramente más grande que la diurna. En Guaymas la componente diurna domina sobre la semidiurna. El rango medio de la marea se incrementa desde 1.0 m en la entrada del Golfo, hasta 7 m cerca de la boca del Río Colorado. La corriente de marea en estrechos, entre islas y la costa y en la vecindad del Delta del Río Colorado, es fuerte y el reflujo de la marea puede alcanzar, algunas veces, velocidades entre 1 m/s y 3 m/s (U.S. Hydrographic Office, 1951).

Cálculos hidrodinámicos hechos por Roden (1964) señalan que en la boca del Golfo la corriente superficial es hacia el sureste con velocidades entre 10 cm/s y 15 cm/s, en los meses de febrero a mayo; entre junio y octubre la corriente es hacia el noroeste con velocidades máximas de 10 cm/s. Además, Roden encontró que el reflujo de la marea hacia el sur, en febrero es principalmente adyacente a la Península, mientras que el flujo hacia el norte, en agosto es adyacente al macizo continental.

III. MATERIALES Y METODOS DE ESTUDIO

III.1. TRABAJO DE CAMPO

III. 1.1. Cuenca hidrológica

Mediante la realización de 3 salidas de campo, a través de caminos vecinales en la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes, se obtuvieron 31 muestras de sedimentos fluviales, 3 de duna y 1 de terraza marina. Además se hicieron observaciones directas de algunos aspectos geomorfológicos. Las campañas se llevaron a cabo en noviembre de 1985, junio de 1986 y mayo de 1988. Para la ubicación de los puntos de muestreo se utilizaron mapas topográficos del INEGI, escalas 1:50,000 y 1:250,000.

Las muestras de sedimento de arroyo se obtuvieron excavando una trinchera pequeña transversal al cauce del mismo, con el propósito de homogenizar el sedimento muestreado. Con cinta métrica se midió la altura de los bancos de las márgenes del cauce, así como la anchura del mismo. Las muestras de duna se obtuvieron sobre un cordón de dunas contiguo a la línea de costa y en los puntos muestreados se levantó un perfil transversal a dicho cordón. La muestra de terraza marina se tomó en la ladera de una pequeña loma.

III.1 .2. Litoral

Se realizó una campaña de muestreo, en el mes de octubre de 1988, a bordo de una lancha con motor fuera de borda para poder desembarcar en las estaciones a lo largo de la costa, previamente marcadas en mapas topográficos a escala 1:50,000. Se tomaron 33 muestras de sedimento, tres en cada estación, correspondiendo a la cara de la playa identificada como a,

b a la línea de agua y c al sublitoral (zona cercana a la costa). Esta última varió en profundidades de 4 a 8 m y se obtuvo con draga Van Veen.

Se levantaron perfiles de playa en cada estación y éstos se continuaron hacia mar adentro, hasta una profundidad aproximada entre 40 y 60 m. El perfil playero se levantó con un tránsito marca Luft y estadaly la continuación de dicho perfil hacia mar adentro se obtuvo con la ayuda de una ecosonda marca Furuno, siguiendo un alineamiento dado por un tránsito situado en tierra.

III. 1.3. Parte marina

Se obtuvieron 17 muestras de sedimento marino y también se llevó a cabo el levantamiento batimétrico del Canal Cerralvo mediante la realización de un crucero oceanográfico a bordo del Buque Guardacosta “Guillermo Prieto”. Las muestras de sedimento se obtuvieron con draga tipo Pitterson, la cual fue manejada por un winche y cabo de 1.25" de diámetro, el muestreo del sedimento de esta parte se limitó a profundidades de 189 m, de tal suerte que la parte central de Canal Cerralvo no fue posible muestrearla. La batimetría se levantó con un ecosonda Furuno Mack II, con capacidad de registro hasta una profundidad de 2,000 m.

111.2. TRABAJO DE LABORATORIO

En el procesamiento de las muestras, para su análisis granulométrico, se siguieron los métodos convencionales descritos por Folk (1974). El tamizado de los sedimentos se realizó a cada 0.25 ϕ , de acuerdo a la escala de tamaños de Wentworth, con tiempo de tamizado de 10 minutos. Sólo 4 muestras de la parte marina y una muestra de planicie de inundación fluvial fueron procesadas por el método de la pipeta, para análisis de la fracción

fina; en el resto de las muestras ésta no fue significativa.

Para la identificación de minerales se tomaron 300 granos de la fracción de tamaño correspondiente a la moda, en muestras unimodales y en las polimodales se utilizó la moda principal. El análisis mineralógico se aplicó a muestras, que por su ubicación se consideraron más representativas, con el fin de tener una mejor interpretación del ambiente de depósito; y de la proveniencia. De estas muestras 18 fueron fluviales, una de terraza marina, otra de duna, 14 del litoral y 6 marinas del Canal Cerralvo.

111.3. TRABAJO DE GABINETE

Se elaboró un plano geomorfológico de la cuenca hidrológica mediante la interpretación de fotografías aéreas, tomando como base los mapas del INEGI, de escala 1:50,000. También se elaboraron mapas morfométricos de pendiente del terreno y delimitación de las subcuenca hidrológicas y de los abanicos aluviales correspondientes. Posteriormente se midieron sus áreas y se obtuvieron las relaciones cuantitativas para la interpretación geomorfológica.

Con los ecogramas de las secciones batimétricas levantadas se elaboró un mapa del fondo del canal, a partir del cual se obtuvo un plano geomorfológico del relieve submarino. También se elaboraron los perfiles de playa y los perfiles longitudinales de los arroyos más importantes de la cuenca hidrológica.

Para el procesamiento estadístico de los sedimentos se implementó un programa de computadora para aplicar el método de los momentos propuesto por van Orstrand (1925) y modificado por Krumbein (1936), obteniendo así los parámetros texturales (media, desviación estándar, asimetría y picudez).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. GEOMORFOLOGÍA

La cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes corresponde a una depresión tectónica de forma alargada, orientada N-S, resultado del proceso de apertura del Golfo de California (Hausback, 1984). Se localiza en la parte noreste del pilar tectónico de la Sierra La Victoria (Fig. 7).

Las áreas central y norte de la cuenca de San Juan de Los Planes está afectada por un patrón de fallas normales con dirección predominantemente N-S y algunas de ellas posiblemente presentan desplazamiento de rumbo (Fig. 7). Estas fallas son el límite entre las tierras altas y una serie de formas depositacionales, como abanicos aluviales, bajadas y pie de monte, que en su conjunto constituyen la cuenca sedimentaria de San Juan de Los Planes. Entre las partes central y sur de esta cuenca se localiza una falla con dirección este-oeste que rompe con el esquema general de la depresión, dando lugar, hacia el sur, a otra pequeña cuenca de sedimentación fluvial en proceso de erosión. La figura 8 muestra los principales rasgos geomorfológicos del área, los cuales se describen a continuación.

IV. 1.1. Tierras altas

Las tierras altas conforman el 36.35% de la superficie de la cuenca hidrológica. En la figura 9 se observa que su topografía es muy irregular, la pendiente varía entre los rangos de 6 -15° (pie de monte), de 15 -30° (ladera de montaña) y mayor de 30° (relieve accidentado) (Tabla 1). Los procesos de erosión son más activos en pendientes de ladera de montaña y

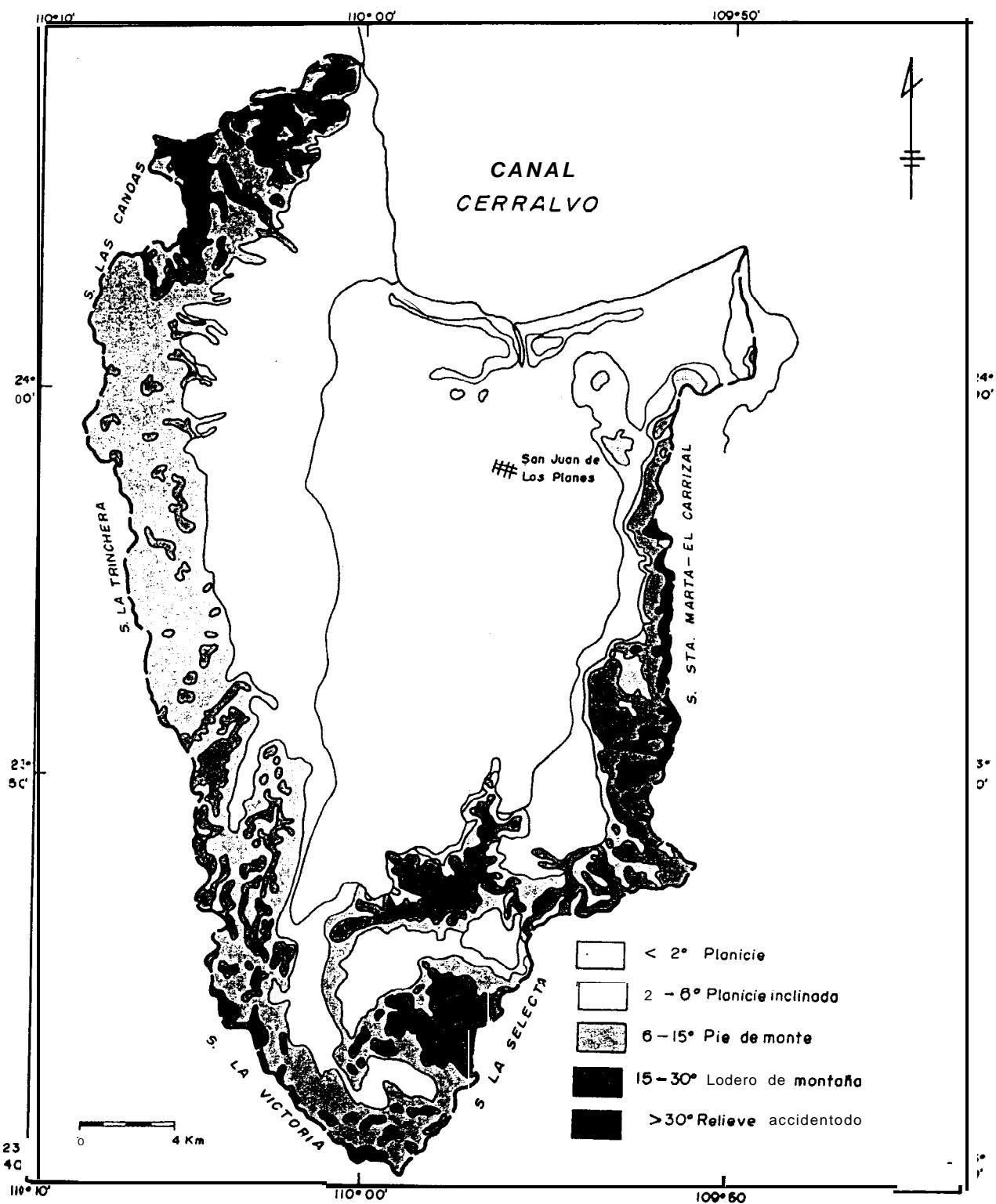


Figura 9. Pendientes del terreno en la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.

Tabla 1. Parámetros morfométricos de las tierras altas de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.

TIERRAS ALTAS (SIERRAS)	ALTURA MAXIMA (m)	NIVEL BASE LOCAL (m)	PENDIENTE (grados)	AMPLI TUD DE VERTI ENTE (km)
LAS CANOAS	1160	0-500	6-15° ≈ 15-30°	3.7
LA TRINCHERA	800	500	6-15° >> 15-30°	2.3
LOS CHILES	700	300- 500	6-15° > 15-30°	1.5
LA VICTORIA	900	400- 800	6-15° > 15-30°	2.3
SANTA MARTA - EL CARRIZAL	1120	100- 400	6-15° << 15-30° > (>30°)	1.4
CARA PINTA - EL ENCIINO	1040	500	6-15° << 15-30° >> (>30°)	2.4
LA SELECTA	1400	600- 800	6-15° ≈ 15-30° >> (>30°)	3.8
EL PERICO	760	300- 600	6-15° < 15-30°	1.5

en un relieve accidentado.

La distribución de las tierras altas está directamente relacionada al patrón estructural, por lo que su orientación es principalmente N-S. El pilar tectónico occidental está integrado de norte a sur, por las Sierras Las Canoas, La Trinchera, Los Chiles y La Victoria, mientras que el pilar oriental lo componen de norte a sur, las Sierras Santa Marta-El Carrizal, Cara Pinta-El Encino y La Selecta (Fig. 10). La Sierra El Perico, ubicada en la parte sur-central, es transversal al conjunto estructural y tiene una orientación este-oeste, al igual que la falla que pasa inmediatamente al sur de esta sierra.

Las sierras de los pilares tectónicos oriental y occidental presentan algunas diferencias. Las alturas son mayores en el pilar oriental, alcanzando 1400 m en la Sierra La Selecta, mientras que al occidente la mayor altura es de 1160 m en la Sierra de Las Canoas (Fig. 10, Tabla 1). De la misma manera, las pendientes son más abruptas al oriente, en donde son comunes los rangos de 15 - 30° y los mayores de 30°, en tanto que, al occidente las pendientes de 6 - 15° son más comunes y las de 15 - 30° sólo se observan en la Sierra de Las Canoas (Fig. 9). Sin embargo, la amplitud de la vertiente es mayor en las tierras altas del occidente, promediando más de 3 km, mientras que en las sierras del oriente promedian menos de 3 km (Tabla 1). Por otro lado, la altura del nivel base local para las tierras altas (parte baja del frente montañoso) es, en general, más alto en el pilar occidental que en la parte oriental (Fig. 10, Tabla 1).

Las tasas de producción de sedimentos son más altas en pendientes abruptas que en pendientes suaves (Linsley y colaboradores, 1977). La parte oriental es de pendiente relativamente más abrupta que el pilar occidental y en consecuencia tiene una tasa de producción de sedimentos más alta. Sin embargo la amplitud de la vertiente y el área depositacional en la base del

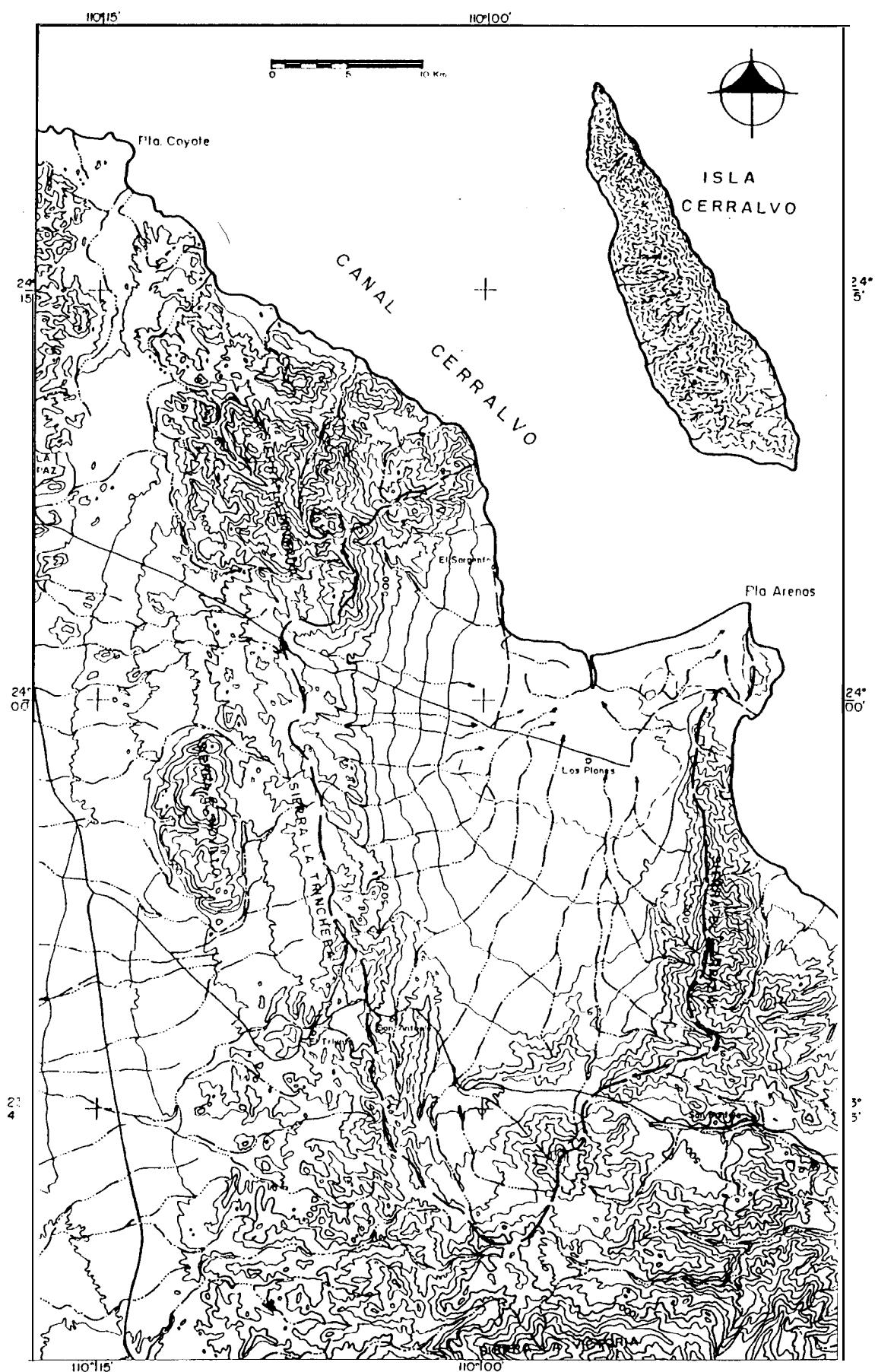


Figura 10. Topografía de la cuenca de San Juan de Los Planes (INEGI, 1981d).

frente montañoso, son mayores en el pilar occidental, por lo que se deduce que este último ha producido una cantidad mayor de sedimentos (Fig. 8).

IV. 1.2. Cuenca sedimentaria

La geomorfología de la cuenca sedimentaria de San Juan de Los Planes es muy variada. Al pie del frente montañoso, asociado con fallas, son comunes los abanicos aluviales, el pie de monte, los taludes de derrubios, los conos de deyección y la conjunción de algunas de estas formas, hacia la parte central, constituyen una bajada (Fig. 8). En la porción central norte se han desarrollado planicies de inundación y cerca de la línea de costa, por donde se llevan a cabo las descargas fluviales, existe una laguna, de forma alargada y perpendicular a la costa llamada localmente “La Bocana”. Su comunicación con el mar es esporádica.

IV. 1.2.1. Abanicos aluviales

a) Ubicación

Se distinguieron 19 abanicos, de los cuales 3 son actuales (A, B, y C, Fig. II), en proceso de formación y se localizan en la parte sur-central. Los 16 restantes (denotados con números en la Fig. 1 1), son abanicos recientes que presentan algunos cambios debido a que están sujetos a **procesos de erosión**. Los abanicos del 1 al 10 se localizan en la parte occidental; el II en el flanco norte de la sierra transversal El Perico; y, del 12 al 16, se les ubica en la porción oriental de la cuenca hidrológica.

b) Apice y parte externa de los abanicos

Los abanicos del 1 al 10 formados al pie del pilar tectónico occidental, tienen sus ápices a lo largo de los frentes de falla, de tal manera que los

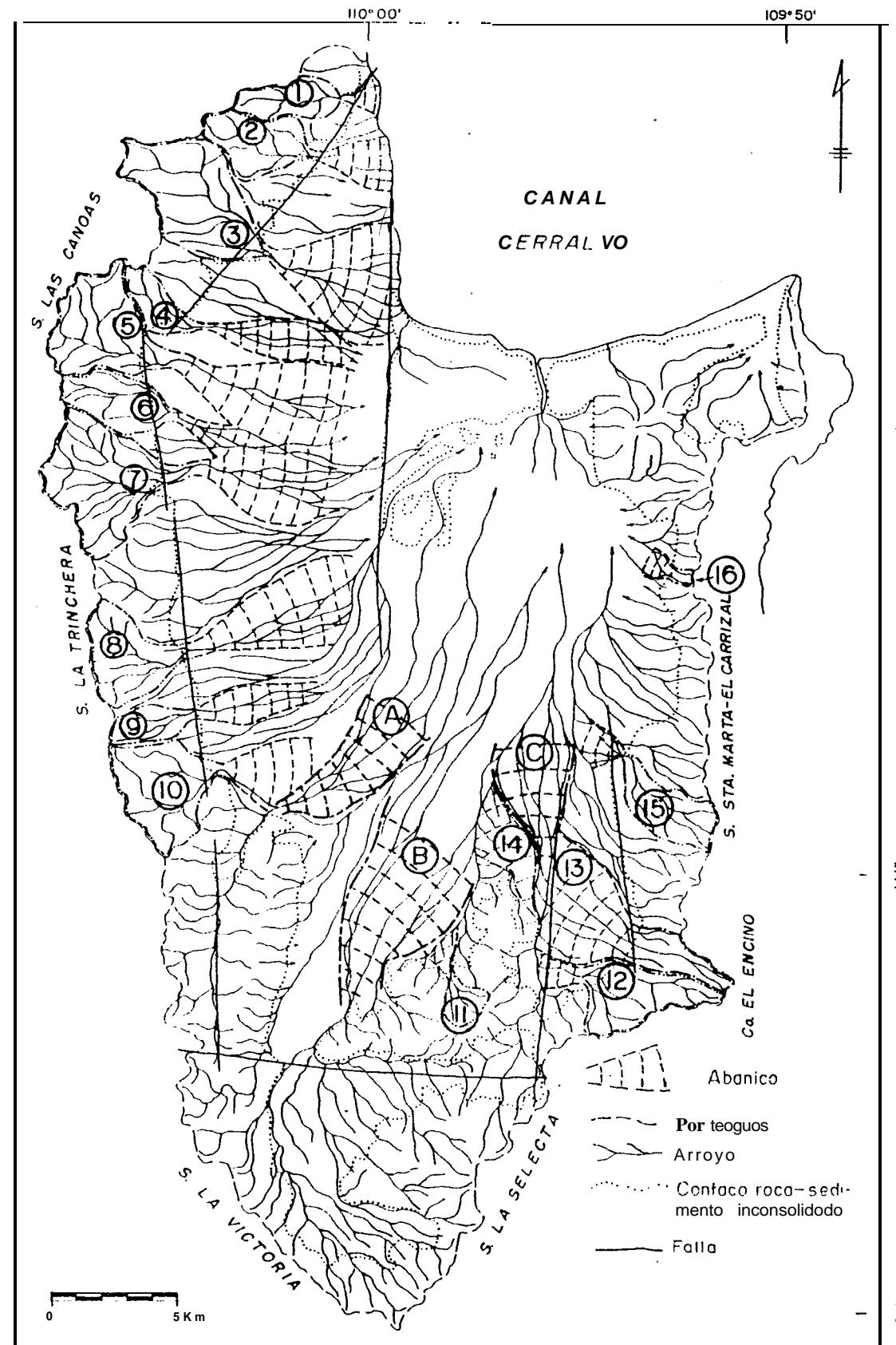


Figura 11. Abanicos aluviales de la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes.

abanicos del 1 al 4 están alineados con una falla NNE-SSW, mientras que los del 5 al 10 tienen una alineación N-S (Figs. 8 y 1 1).

El ápice del abanico 11, ubicado en el frente norte de la Sierra El Perico, está relacionado más bien a fallamiento con dirección E-W y presenta desarrollo hacia el norte (Figs. 8 y II). Los ápices de los abanicos 12, 13, 15 y 16, presentes en el frente de la Sierra Santa Marta-El Carrizal, están determinados por la existencia de fallas con dirección N - S, a excepción del abanico 16. Se infiere que el abanico 14 es el más antiguo de los que se describen y sólo se puede apreciar una parte de él, que quizás corresponda a la facie media; ya que su ápice y borde externo han sido modificados por el desarrollo de abanicos más recientes (C y 13, Fig. 1 1).

Los ápices de los abanicos A, B y C, han migrado aguas abajo, en dirección norte y sus márgenes distales coalecen, formando una bajada con una pendiente promedio de 0.5°. Esta migración está evidenciada por la prolongación de las trincheras que emergen desde el frente montañoso, a través de la parte proximal de abanicos antiguos (Fig. 1 1).

Las alturas sobre el nivel del mar del ápice de los abanicos del pilar tectónico occidental varían desde 120 m, para el abanico 1 a 540 m para el abanico 5, mientras que para el pilar oriental, van desde 80 m para el abanico 16 a 500 m para el abanico 13 (Tabla 2). La altura del ápice del abanico II de la sierra transversa es de 300 m. Como se observa, los ápices de la parte occidental son de alturas mayores que los de la oriental.

La altura sobre el nivel del mar del extremo distal de los abanicos, en la parte occidental, varía desde los 0 m para los abanicos 1, 2 y 3, que descargan directamente sobre la línea de costa hasta los 200 m para el abanico 10, que es el más interno de esta serie (Tabla 2). Estas alturas no corresponden precisamente a la parte distal, sino que están determinadas

Tabla 2. Parámetros morfométricos de los abanicos y su respectiva área fuente, en San Juan de Los Planes.

ARROYO	ABANICO	ALTURA APICE m	ALTURA PORCIÓN DISTAL(m)	PENDIENTE (ABANICOS)		LONGITUD (km)	DISECCIÓN VERTICAL APICE (m)	ÁREA ABANICO (km ²)	ÁREA CUENCA DE DRENAJE. (km ²)
				DE LAS PORCIÓN	GENERAL				
	1	120	0 (M)	3.8°	3.40	2.00	20.00	1.30	4.64
	2	220	0 (M)	3.8°	3.8°	3.30	23.00	4.63	8.80
LAS CANOAS	3	300	0 (M)	A=1.8°; M=3.3°	3.10	5.50	40.00	16.92	5.83
	4	500	20	A-M=4.6°; D=1.6°	3.050	9.00	50.00	5.83	4.11
EL LEÓN	5	540	20	A-M=2.5°; D=1.1°	3.2°	9.30	60.00	16.43	14.13
	6	440	coalesce	A=1.5°; M=3.3°	3.460	3.30	60.00	2.15	8.21
	7	440	30	A=2.1°; M=3.3°; D=1.0°	3.00	7.80	50.00	14.85	18.20
	8	480	50	A=2.7°; M=2.9°; D=1.6°	3.2°	7.70	46.00	16.43	18.20
RAYURA	9	460	120	A=2.9°; M=3.3°; D=1.6°	3.40	5.70	40.00	4.39	4.33
	10	400	200 (M)	A=2.6°; M=3.8°	3.00	3.80	50.00	6.91	13.77
	11	300	230 (M)	2.5°	2.5°	1.60	10.00	1.72	3.82
	12	410	300(A-M)	2.10	3.10	2.00	60.00	2.78	11.13
LOS ENCI NOS	13	500	160-300(M)	A=4.2°; M-D=2.4°	2.20	3.0-9.0	NO SE APRECIA	16.32	5.39
	14	EROSIÓNAD	0	1.60	1.40	5.60	----	8.11	----
LOS BRASILEIROS	15	160	100	A=2.9°; M=1.9°	2.1°	1.60	8.00	2.11	7.73
	16	80	40	A=7.6°; M=2.4°	2.3°	1.00	2.00	0.79	0.70
SAN ANTONIO	A	280	100	A=1.3°; M=1.1°	1.40	7.20	12.00	16.91	35.22
LA FUNDICION	B	360	180	A=1.2°; A-M=1.7°; M=1.2°	1.40	7.20	10.00	23.01	96.11
HONDO	C	200	90	A=1.4°; M=1.1°	1.40	4.60	NO SE APRECIA	10.82	54.75

A = Apice; M = Media; D = Distal

para el caso de los tres primeros abanicos, por la línea de costa, la cual a su vez corresponde a la existencia de una falla N - S que se interna en la cuenca sedimentaria hacia el sur, para influir en el extremo distal de los abanicos restantes, 4 a 9, excepto para el 10 cuyo borde está determinado por el desarrollo de un abanico reciente.

La margen distal del abanico II, al pie de la Sierra El Perico, está limitada por el desarrollo del abanico B (Figs. 8 y 11). Los extremos distales de los abanicos 12, 13 y 15 de la parte oriental tienen alturas que van desde los 300 m para el primero hasta 100 m para el tercero. Están limitados por un cauce fluvial que corre a lo largo de una falla y su abanico correspondiente, C, ubicado a lo largo de una falla N-S (Fig. 11), mientras que el borde del abanico 16 está cortado por la bajada, a una altura de 40 m.

La altura de los ápices de los abanicos A, B y C, es relativamente baja, varía de 200 m para el C (Tabla 2), a 360 m para el B, que se desarrolla por la alimentación de sedimentos, a partir de la pequeña cuenca sedimentaria del sur. La parte distal de estos abanicos varía de 90 m para el C a 180 m para el B y está determinado por el traslape o coalescencia de estos tres abanicos entre sí y con algunos abanicos de los pilares occidental y oriental, así como con el pie de monte del pilar oriental (Figs. 8 y II).

c) Pendiente de los abanicos

Los abanicos 1 a 15, de acuerdo a la clasificación de Blissenbach (1954), son de pendiente suave (2° - 5°). El 16 es abrueto (mayor de 5°), mientras que los abanicos A, B y C son planos (menor de 2°) (Tabla 2).

Se observó que la pendiente, en la mayor parte de los abanicos de la parte occidental, es menor en el ápice, trinchera actual (1.5° a 2.9°), que en la porción media (2.9° - 3.8°), para luego disminuir hacia una pendiente suave

(menor a 1.6°) en la parte distal (Tabla 2). Los abanicos 4 y 5, presentan una pendiente en las porciones proximal y media de 4.6° y 2.5° , respectivamente y pasan gradualmente hacia una pendiente entre 1.6° y 1.1° en la distal.

De los abanicos que descargan sus sedimentos en la línea de costa, el 1 y 2 no presentan una diferenciación morfológica de las partes y su pendiente general es de 3.8° , mientras que el abanico 3 no presenta la facie distal y la pendiente es suave en el ápice ($1.8''$) y en la parte media es abrupta ($3.3'$).

La pendiente en los abanicos 13, 15 y 16 de la parte oriental varía gradualmente desde abrupta, en el ápice (2.9° - 7.6°) hasta relativamente suave en la parte media; la distal es incipiente o no existe por la coalescencia con otros abanicos y la bajada. Los abanicos 12 y 15 de esta misma parte están muy modificados por erosión presentando una sola pendiente de 2.1° y 1.6° , respectivamente. El abanico II, al pie de la sierra transversal El Perico, presenta una sola pendiente (2.5°), que corresponde a las parte proximal y media (Tabla 2).

Los abanicos A, B y C presentan pendientes que varían entre 1.3° y 1.7° , para la porción proximal y entre 1.1° y 1.2° para la media (Tabla 2); la distal correspondería a la bajada, que tiene una pendiente de 0° $16'$ en su parte distal.

d) Relación pendiente-longitud

La pendiente y el radio o longitud del abanico mantienen una relación inversa, es decir, abanicos con longitudes grandes tienden a tener pendientes suaves y viceversa (Rachoki, 1981). En el área, esta relación se mantiene de manera muy generalizada, ya que como se ha visto, los abanicos no están completamente desarrollados. De esta manera, el abanico 16 es de longitud

corta (1 km), tiene pendientes de 7.6° y 2.4° , para las porciones proximal y media; el abanico 4, por el contrario, tiene una longitud de 9.0 km y pendientes de 4.6° en sus partes apical y media y 1.6° en la distal (Tabla 2).

En general los abanicos de la porción occidental son de longitudes mayores que los de la oriental, promediando 5.74 km para los primeros y 2.7 km para los segundos.

La longitud de los abanicos A, B y C, es relativamente corta debido a que presentan coalescencia en la parte distal; de otra manera se esperaría que éstos fueran los más largos, ya que su pendiente es muy suave.

e) Drenaje y disección de los abanicos

La parte apical de los abanicos se caracteriza por tener un sólo cauce, atrincherado. En las porciones media y distal el patrón de drenaje es trenzado, pero las partes bajas de la distal, tienden a presentar un patrón dendrítico-paralelo (Fig. 8). Rachoki (1981) menciona que algunos autores encuentran que las corrientes trenzadas están asociadas con crecimiento y depositación de estos sistemas depositacionales y los patrones dendríticos están asociados con erosión. Por otro lado, la mayor parte de los abanicos presentan una disección anormal en las corrientes trenzadas e incluso, en las partes bajas de la porción distal. La mayoría de los autores mencionan que la profundidad media de disección en las corrientes trenzadas es de 10 cm para ramales grandes y 6 cm para los pequeños, sin embargo, en la zona de estudio las profundidades de disección son comúnmente mayores de 1 m, incluso en la parte baja de la bajada central, en donde un cauce joven presenta una disección de 2.5 m.

En la desembocadura de los abanicos 1, 2 y 3, **que depositan sus**

sedimentos a la línea de costa, dentro de una parte media del abanico, las profundidades de disección varían de 15 y 8 m para los abanicos 1 y 3, y aún se observan terrazas fluviales de hasta 3 m de alto en depósitos de los delta-abanicos formados en las descargas de estos abanicos (Fig. 12).

Es evidente que la cuenca sedimentaria de San Juan de Los Planes está en proceso de erosión. Ello debido muy probablemente a los procesos tectónicos que afectan a la península y que son más intensos en su margen oriental. Ortlieb (1987) ha medido tasas de ascenso de la península (100-300 mm/1000 años) en varios puntos a lo largo de la costa del Golfo de California en terrazas marinas. Por otra parte, los procesos glacio-eustáticos en los últimos 5000 años, han provocado un ascenso del nivel del mar muy poco significativo. Sin embargo, con los datos obtenidos no es posible dar tasas de ascenso precisas para el área de estudio, aunque si confirman el ascenso tectónico del área.

La disección en los abanicos puede presentarse debido a: (1) disección inducida por procesos que operan dentro del régimen general de acumulación del abanico; y (2) disección como resultado directo de algún cambio fundamental de régimen de acumulación (Wasson, 1977). Bull (1977) está de acuerdo en la segunda causa al considerar a los movimientos tectónicos como responsables del estrechamiento y disección. Sin embargo, Wasson (1977) concluye que no se ha dado ningún criterio para distinguir entre una **trinchera cortada por un cambio de régimen y una trinchera temporal como parte de la acumulación del abanico.**

Pocos estudios reportan medidas de profundidad de disección en abanicos. Anstey (1965) midió una profundidad de 15 m en la trinchera del ápice, en un abanico típico del suroeste de Estados Unidos. La disección en la trinchera de los ápices, obtenida de mapas topográficos (esc. 1:50,000), en

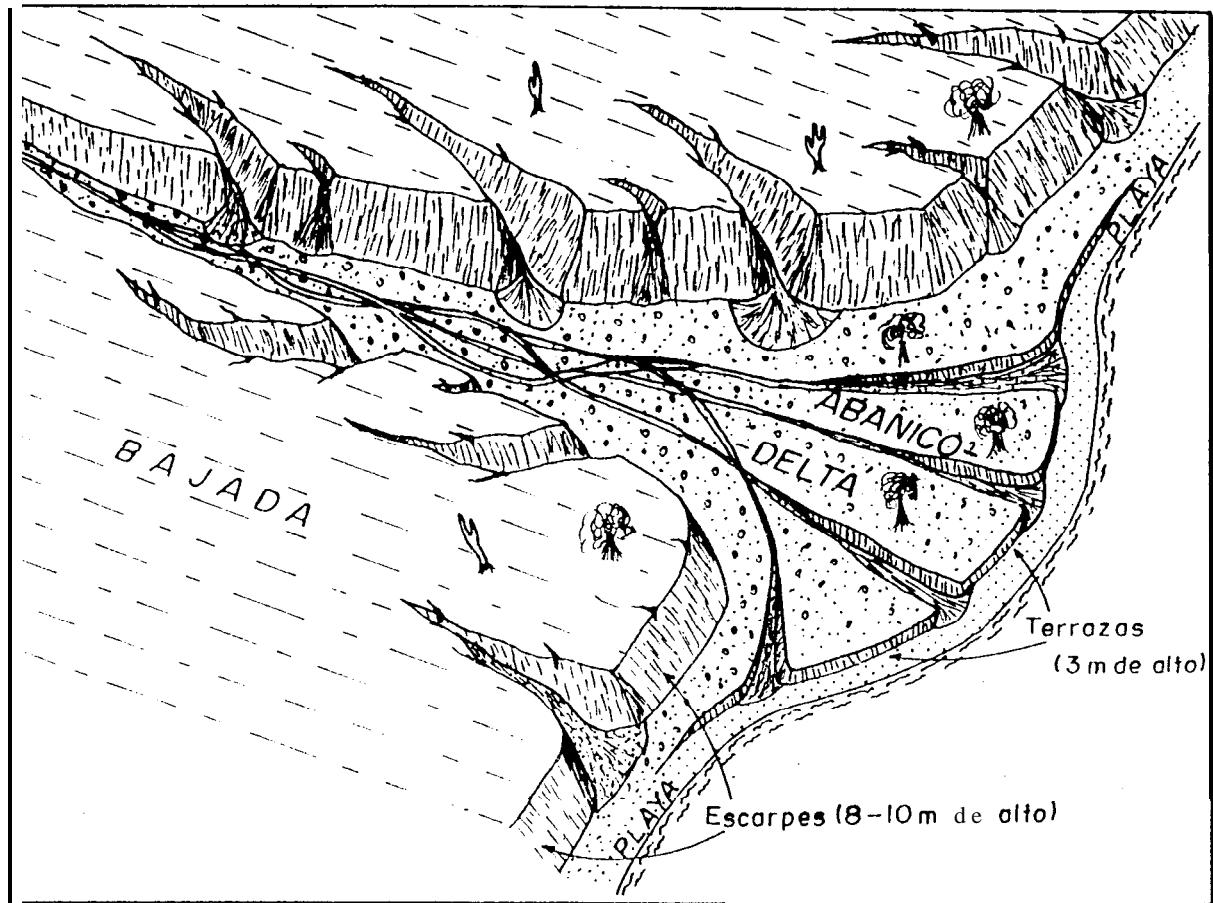


Figura 12. Terrazas por erosión marina en el abanico-delta “Agua Caliente” (abanco 2).

la parte occidental del área de San Juan de Los Planes, varía de 20 m en el abanico 1, que es el más pequeño, hasta los 60 m en los abanicos 5 y 6 (Tabla 2). En la parte oriental el abanico 12 muestra una intensa disección con una profundidad de 60 m, en el abanico 13 la profundidad llega a ser inapreciable, mientras que ésta es de 2 m para el 16 y 8 m para el abanico 15, lo cual cae dentro de una disección típica, de acuerdo con Anstey (1965), al igual que para el abanico II, con una disección de 10 m. Como se observa la mayor parte de los abanicos presenta una disección muy por arriba de la reportada por Anstey (op. cit.).

Los abanicos actuales A, B y C, tienen profundidades que van desde, no apreciable en la parte distal, hasta 10 m en el ápice, lo cual está dentro de lo típico, marcado por Anstey (op. cit.).

f) Área de los abanicos y las cuencas de drenaje

El área de los abanicos, al igual que la longitud, no está desarrollada totalmente en la mayor parte de ellos. Como se explicó anteriormente, los abanicos pueden ser cortados por fallas o descargar a la línea de costa o bien coalescer lateralmente con otros. Para la parte occidental, el área varía desde 1.3 km² para el abanico 1 que descarga en la línea de costa, hasta 16.92 km² para el abanico 3 (Tabla 2). Otros abanicos de esta parte con áreas grandes son el 5 y el 8, con 16.43 km² para cada uno de ellos, en los cuales se aprecia que tienen un desarrollo casi completo. El área promedio para los abanicos de esta parte es de 9 km², la cual es mayor que el promedio para la porción oriental, que es de 5.5 km² y en donde las áreas individuales varían de 0.79 km² para el abanico 16 y 16.32 km² para el 13. El abanico II de la Sierra El Perico tiene un área pequeña de 1.72 km².

Los abanicos A, B y C, tienen áreas relativamente pequeñas, en relación a

sus cuencas de drenaje (Tabla 2). El C tiene un área de 10.82 km², que es la menor y el B un área de 23.01 km², que es la mayor. El área promedio es de 16.91 km².

Las áreas de las cuencas de drenaje que alimentan los abanicos son, en promedio, mayores en la parte occidental, 9.35 km², que en la oriental, 6.24 km². Para las primeras los valores varían desde 4.11 km² para el abanico 4, hasta 19.33 km² para el abanico 3 y, para la parte oriental, el área más pequeña que es de 0.70 km², le corresponde al abanico 16 y la más grande al abanico 15, que es de 7.73 km² (Tabla 2). Para el abanico II de la Sierra El Perico, el área de la cuenca de drenaje es de 3.82 km².

Las áreas de las cuencas de drenaje para los abanicos actuales A, B y C, son las más grandes, debido a que son alargadas y tienen una orientación N - S, conforme al fallamiento principal. En el caso del abanico A, la cuenca se localiza en la parte suroccidental, es de forma alargada con orientación N - S, conforme al fallamiento principal. Además, influye en el abanico 10, haciendo que éste descargue su corriente principal en su ápice (Figs. 8 y 11), de esta manera el área de la cuenca de drenaje es de 50.14 km² (Tabla 2). La cuenca que alimenta el abanico B, drena el extremo sur del área y en ella se ubica una pequeña cuenca de depósito (pedimento), en proceso de erosión con profundidades de disección entre 20 y 30 m. Esta área está limitada al norte por la sierra transversal El Perico y además, en el extremo SW se localiza la mayor altura que es de 1400 m en la Sierra La Selecta (Fig. 10). El área cubierta por esta cuenca es de 96.11 km².

Por último, la cuenca del abanico C, localizada en la parte suroriental, drena dos partes principales, una de forma alargada, orientada N - S y la otra de forma triángular, que incluye a los sistemas de los abanicos 12 y 13, los cuales descargan sus sedimentos en la parte del ápice sumando una área de

54.75 km² (Tabla 2). Este sistema alimentó, muy probablemente, al abanico 14 que ahora se encuentra erosionado.

g) Relaciones cuantitativas

Bull (1962) y Denny (1965), desarrollaron modelos matemáticos que muestran que la pendiente disminuye proporcionalmente al incremento del área del abanico y de la cuenca de drenaje alimentadora. Por tanto, el área del abanico es directamente proporcional al área de la cuenca. Estas ecuaciones no son aplicables de manera individual a todos los abanicos de la cuenca sedimentaria estudiada. Sin embargo, al encontrar los coeficientes de correlación lineal, se observó el comportamiento siguiente: 1) Pendiente Vs Area del abanico, muestra un coeficiente de correlación poco significativa de -0.3, lo cual quiere decir que mientras la pendiente disminuye, el área del abanico aumenta; 2) El coeficiente de correlación entre la pendiente y el área de la cuenca de drenaje es también negativo, con un valor de -0.71; y 3) El área del abanico y de la cuenca de drenaje muestran un coeficiente de correlación positivo de 0.6, lo cual quiere decir que si una aumenta la otra también.

Los resultados son aproximados a las conclusiones de Bull (1962) y Denny (1965) y excluyendo algunos abanicos que no presentan un buen desarrollo, como son el 1, 2, 6 y 14, las correlaciones tienen pequeños incrementos. De cualquier manera, los demás abanicos no tienen un desarrollo individual completo, debido a que coalescen con otros, o sus partes distales son cortadas por otros depósitos sedimentarios, como la bajada.

En otros casos la porción apical ha migrado aguas abajo, como parte de un proceso de telescopio (Blissenbach, 1954). Esto es más notorio en los

abanicos actuales como en el C, donde su migración es de 2.5 km aproximadamente.

Con la información geomorfológica de los abanicos, dada anteriormente, se puede observar que la cuenca sedimentaria está en proceso de erosión, desde las partes altas de éstos hasta las porciones bajas, en donde, como ya se vió, la profundidad de disección varía entre 1.2 y 2.5 m en las partes distales.

Hacia la parte baja de la cuenca sedimentaria existe un área de 43.2 km², compuesta por rocas sedimentarias marinas (Tpl (ar-cg), Fig. 7), con un alto contenido de fósiles, poco consolidada en algunas partes y muy compacta en otras constituyendo coquinas. Estos afloramientos rocosos tienen un relieve de aproximadamente 20 a 25 m y están alineados con las partes altas que tienen una orientación burda este-oeste, paralela a la línea de costa en esa parte de Los Planes. Estos afloramientos rocosos muy probablemente representan terrazas marinas (Fig. 8).

IV.1.3. Línea de costa

Para propósitos del presente estudio se involucra la línea de costa del Canal Cerralvo, desde la ensenada El Coyote, al norte, hasta Punta Arenas al sur.

La zona costera presenta una variabilidad amplia de formas, tanto erosionales como depositacionales. Debido a la predominancia de formas litorales se pueden distinguir tres provincias: 1) Parte norte granítica; 2) Parte sur sedimentaria; y 3) Isla Cerralvo.

La provincia granítica en esta línea de costa tiene una orientación NW-SE, concordante con las características estructurales, ya que presenta fallas normales con esta orientación. En esta parte dominan los rasgos erosionales

como acantilados en rocas graníticas y escarpes de erosión en depósitos sedimentarios, como son las Gravas Punta Coyote (Ts(ar-cg), Fig. 7), en la Ensenada El Coyote y algunas áreas de depósito fluviales más recientes. Estas zonas erosionales son interrumpidas, de manera restringida por playas de bolsillo frente a localidades con descargas fluviales o playas un poco más extensas al pie de escarpes erosionales en unidades sedimentarias poco consolidadas. Estas playas están mal desarrolladas ya que la zona de dunas es incipiente y regularmente está estabilizada por vegetación. La cara de la playa es de pendiente fuerte, asociada a tamaño de grano grueso (arenas gruesas, gravilla e incluso cantos rodados).

Con el propósito de observar más detalladamente los elementos morfológicos de las playas, se levantaron perfiles transversales, los cuales se describen más adelante.

La provincia 2 (parte sur sedimentaria) se localiza al norte de la cuenca hidrológica estudiada. Aquí, la línea de costa tiene dos orientaciones principales: N-S al pie de los abanicos 1, 2 y 3 y este-oeste al sur del Canal Cerralvo. La línea de costa al pie de los abanicos está asociada a una falla con la misma orientación. Presenta escarpes de erosión en depósitos pleistocénicos con sedimentos oxidados, con alturas que varían de 8 a 10 m. También presentan escarpes o terrazas fluviales en depósitos resientes de abanicos-delta, donde alcanzan 3 m de altura (Fig. 12). Las playas son de pendientes fuertes y los sedimentos son arenas gruesas. Frente a las descargas fluviales importantes la línea de costa es lobulada, desarrollada por abanicos-delta muy pequeños (Fig. 12).

La parte sur del canal, orientada aproximadamente este-oeste, está compuesta de playas, las cuales están bien desarrolladas hacia el extremo oeste en el área de la Bahía La Ventana, así como hacia el extremo este, en

Punta Arenas. En la parte central las playas son más reducidas y en algunos puntos presentan escarpes en rocas sedimentarias (TpI(ar-cg)), las cuales presentan terrazas marinas que se continúan por abajo del nivel del mar, a manera de pequeñas plataformas de abrasión activas. Estas pueden tener en su extremo hacia el mar, un talud y en la base de él una entalladura. Sobre esta formación sedimentaria y en todo lo largo de la línea de costa en esta parte, existe un cordón de dunas parcialmente estabilizadas por vegetación que alcanzan hasta 13.7 m de altura. El sedimento de estas playas es de arenas gruesas y localmente depósitos de gravillas. Hacia el sur de este cordón de dunas se presentan planicies de marea, las cuales hacia Punta Arenas son utilizadas para la obtención de sal. Los vasos de estas salinas son alimentados por agua marina que se infiltra desde la linea de costa, por abajo del cordón de dunas, con el ascenso de la marea, favorecido por el gradiente de pendiente ya que la salina está aproximadamente 1.2 m debajo del nivel medio del mar.

El quiebre en la configuración de la línea de costa, en Punta Arenas, es provocado por las mismas características tectónicas que afectan en general a la Península de Baja California a través de un fallamiento normal N-S.

La línea de costa de la Isla Cerralvo, sigue en general, el patrón estructural, con direcciones N-S y NNW-SSE. Presenta acantilados de falla que alcanzan decenas de metros de alto. Al pie de estos escarpes pueden existir playas muy reducidas de gravas; las playas arenosas sólo se encuentran en el litoral del sur de la isla, donde afloran rocas sedimentarias (TpI(ar-cg)) similares a las que se encuentran al norte de San Juan de Los Planes. Los aportes de sedimentos fluviales son restringidos, ya que los arroyos drenan cuencas de poca amplitud. Características más específicas de las playas no se reportan ya que no fue posible el levantamiento de perfiles de playa.

IV.2. BATIMETRIA DEL CANAL CERRALVO

El Canal Cerralvo tiene una forma aproximadamente de "L", determinada de manera notoria por la estructura geológica de la región, al igual que su morfología batimétrica. La figura 13 muestra la batimetría elaborada con base en los ecogramas levantados con ecosonda y la figura 14 muestra la interpretación geomorfológica de esa batimetría, la cual está compuesta por plataformas marinas de abrasión, taludes, canales, áreas de poca pendiente y bajos.

Las plataformas, taludes y canales, tienen orientaciones principales N-S, NW-SE y E-W, lo cual es concordante con el fallamiento general de la península (Figs. 7, 8 y 14). La plataforma de abrasión se extiende a lo largo de la parte peninsular del litoral del canal y al sur de la Isla Cerralvo. Sus características varían de tal manera que es estrecha (0.9 km), de poca profundidad (20 m) y empinada (2.5°) en los extremos del canal, es decir, en la parte norte de la Ensenada El Coyote y frente a Punta Arenas (Fig. 14). En la parte media, desde Las Cruces hasta ensenada Agua Caliente, alcanza su máxima extensión (5.9 km) y profundidad (100 m) y la pendiente es suave (0.9°). En la Isla Cerralvo, sólo existe plataforma en la parte sur y tiene 1.00 m de profundidad, una extensión de 1.7 km y una pendiente de 3.3° .

Van Andel (1964) apunta que sobre la margen oeste del Golfo, en sus partes central y sur la plataforma es, generalmente, rocosa y angosta con un quiebre a una profundidad entre 80 y 100 m, lo cual concuerda adecuadamente con lo encontrado en el área de estudio (Fig. 13, perfiles C-B e I-H). Se considera que este rasgo morfológico corresponde a una plataforma por abrasión del oleaje, formada durante los cambios del nivel del

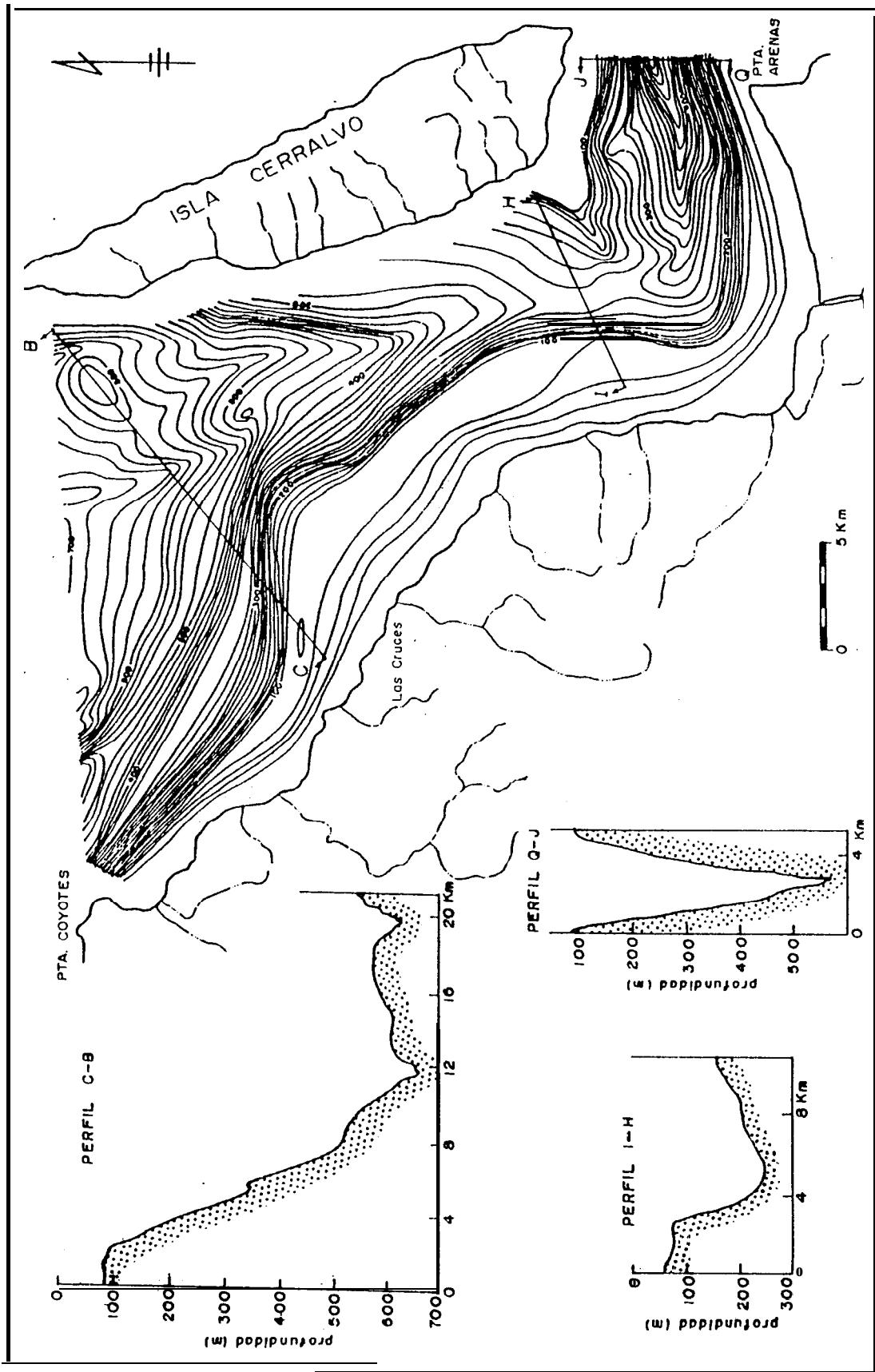


Figura 13. Batimetría y perfiles transversales del Canal Cerralvo.

mar, ocurridos durante el Pleistoceno, como se ha determinado, en general, para las plataformas del mundo (Kennett, 1984).

Los taludes, además de bordear las plataformas, se presentan hacia el centro del canal, en zonas más profundas y principalmente en la parte norte del canal. La pendiente promedio del talud es de 6.1° , aunque alcanza 11.5° en la porción sureste. La amplitud máxima es de 4 km frente a Las Cruces y la mínima es de 0.5 km, al suroeste de la Isla Cerralvo (Fig. 14). Van Andel (1964) menciona que el talud de la margen oeste del Golfo de California, en sus partes central y sur, está marcado por colinas y pináculos. También encontró que la mayor parte de los taludes abruptos están en esta margen, con pendientes que varían entre 5° y 30° , lo que concuerda con los datos obtenidos. De la margen oriental del Canal Cerralvo contigua a la isla no se obtuvieron datos debido al tipo de embarcación con que se levantó la batimetría, pero se espera que no existiera plataforma y que el talud tenga las pendientes más abruptas del canal.

La morfología de canales probablemente corresponde a trincheras de línea de falla. El principal localizado en el centro, corre a lo largo del Canal Cerralvo, bifurcándose en la parte norte del mismo, en donde también existen tres canales menos definidos (Fig. 14).

Las áreas de poca pendiente se distribuyen en algunas partes de las márgenes de los canales y separan taludes, como en la parte noroccidental (Fig. 14). Tienen pendientes que varían entre 1.1° , al pie de la margen occidental de la Isla Cerralvo y 3.0° al sur de la misma; hacia el norte la pendiente es de 1.5° . También en esta parte existe un bajo, probablemente de naturaleza sedimentaria, a la “sombra” de la Isla Cerralvo, con una altura sobre el fondo de poco más de 20 m.

IV.3. SEDIMENTOLOGIA

El **área de** estudio, compuesta por la cuenca hidrológica de San Juan de Los Planes, la zona litoral y la parte marina adyacentes del Canal Cerralvo, involucra ambientes de depósito continentales, litorales y marinos respectivamente. Fisher y McGowen (1967) desarrollaron el concepto de Sistemas Depositacionales, el cual se refiere a un grupo de ambientes relacionados genéticamente. Mediante la revisión de cartas topográficas, observación de fotografías aéreas y visitas al área de estudio (Fig. 15), se localizaron los sistemas depositacionales siguientes: 1) Abanicos aluviales, 2) Líneas de costa arenosas, 3) Plataformas marinas, y 4) Cuenca profunda y talud.

IV.3.1. Abanicos aluviales

IV.3.1.1. Fuentes de aporte de sedimento

A este sistema depositacional corresponde el asolvo sedimentario de la depresión tectónica de San Juan de Los Planes. Las fuentes de aporte de sedimentos a este sistema lo constituyen las sierras que bordean a la cuenca hidrológica, compuestas en su mayor parte por rocas metamórficas, como son gneises y esquistos de grano medio a grueso y rocas graníticas de grano grueso (Fig. 7). También algunas partes de los depósitos sedimentarios funcionan como fuentes de aporte, ya que presentan erosión debido a los procesos de levantamiento de la península y el descenso consecuente de su nivel base. Este proceso de erosión lo experimenta más fuertemente la pequeña cuenca sedimentaria localizada en la porción sur, constituida por

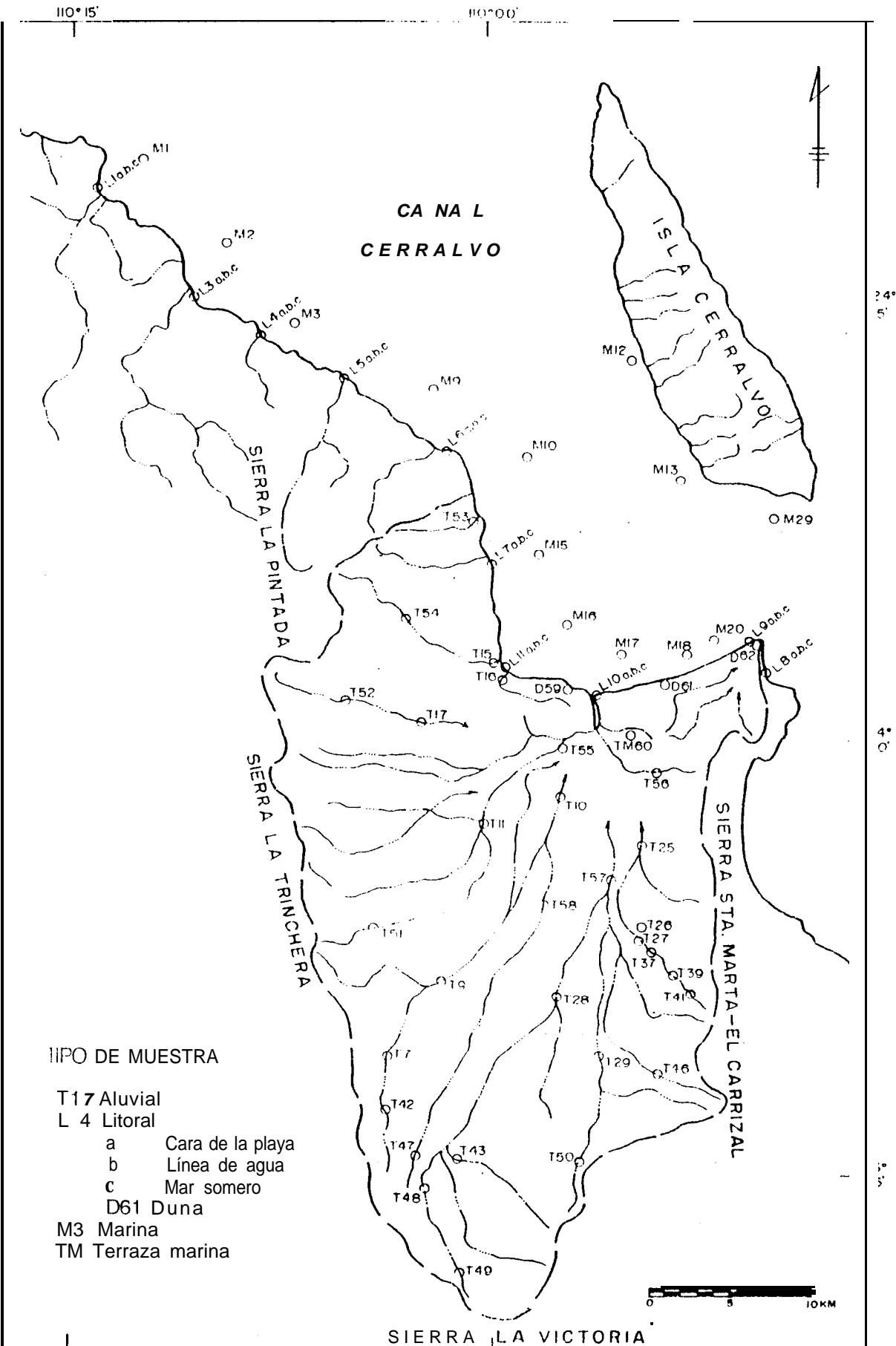


Figura 15. Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos.

depósitos de conglomerados de abanicos aluviales y pie de monte antiguos.

En los climas semiáridos los proceso de intemperismo son principalmente físicos, debido a cambios bruscos de temperatura. Sin embargo, a pesar de que el intemperismo no es profundo, Langbein y Schumm (1958) encontraron que éstas son las regiones de mayor producción de sedimentos.

III.3.1.2. Procesos de transporte y depósito de sedimentos

Aunque las precipitaciones son escasas, éstas se presentan de manera torrencial provocando corrientes violentas. Las corrientes comúnmente son los agentes de transporte y tienen energía suficientemente grande para transportar sedimentos de todos los tamaños (desde arcillas hasta bloques de 1 m y más), en cantidades muy grandes. Estas corrientes, de acuerdo a las características de los sedimentos transportados, pueden ser de dos tipos: flujos de escombros y flujos de corrientes (Blissenbach, 1954). Los primeros tienen una matriz típicamente lodosa o arcillosa, pudiendo soportar así, clastos y fragmentos suspendidos en él. Los flujos de corrientes, presentes en cualquier sistema fluvial, acarrean sedimentos en suspensión, saltación y tracción por agua corriente, ya sea como flujo canalizado o no canalizado (Nilsen, 1982).

Los flujos de escombros pueden tener viscosidades arriba de 1000 poises y densidades de 2.0 a 2.4 (Hooke, 1967). En contraste la viscosidad del agua es de aproximadamente 0.01 poise, y la densidad de una corriente acarreando sedimentos suspendidos es ligeramente mayor a la unidad. Debido a estas diferencias, el peso sumergido de una roca es reducido más del 60%, en relación a su peso sumergido en agua y, por tanto, las fuerzas cortantes del lecho se incrementan (Hooke, 1967). Por otra parte, la densidad alta del lodo reduce la velocidad de asentamiento (Hooke, 1967).

Una diferencia fundamental entre los flujos de escombros y flujos de agua, es que en estos últimos varía la carga de sedimentos por deposición o erosión, el flujo podría continuar tan largo como lo permita la pendiente, mientras que los flujos de escombros no pueden depositar selectivamente cualquier fragmento, sino sólo los más gruesos (Hooke, 1967). Esto significa que un flujo de escombros no puede convertirse en un flujo de corriente por deposición.

Los sedimentos muestreados en el sistema de abanico corresponden a las áreas fuente, proximal, media y distal de los abanicos y a la distal de la bajada. Pocos autores han abordado aspectos de las características texturales del sedimento en sistemas de este tipo. En general, se dice que el tamaño y espesor de estratos, disminuye abanico abajo; los clastos en depósitos de flujos de corrientes tienden a ser mejor redondeados que los flujos de escombros; la redondez de los clastos se incrementa abanico abajo, mientras la esfericidad muestra poco cambio abanico abajo (Nilsen, 1982).

III.3.1.3. Distribución del tamaño del sedimento

El tamaño de grano en los abanicos aluviales varía, en general, desde cantos rodados hasta arcillas. Los histogramas de distribución de tamaño de grano (Fig. 16, Anexo 1), muestran un patrón de variación en el que los sedimentos tomados en las partes fuente y apical de los abanicos, presentan distribuciones polimodales y exceso de gruesos, con excepción de las muestras t49 y t50, pertenecientes a los arroyos La Fundición y Hondo respectivamente, las cuales tienen distribuciones con tendencia a la normalidad. Esto puede ser debido a que estas muestras corresponden a la pequeña cuenca sedimentaria del sur, la cual está en proceso de erosión. Además los arroyos tienen gradientes de pendiente más bajos. A partir de

Oz = Cuorzo
 Fd = Feldespolo
 Fr = Fragmentos de roca
 Mi = Micas
 Hb = Hornblendo
 Hm = Hematita
 Mg = Magnetita
 Af = Anfibolito
 Pi = Pirrotita

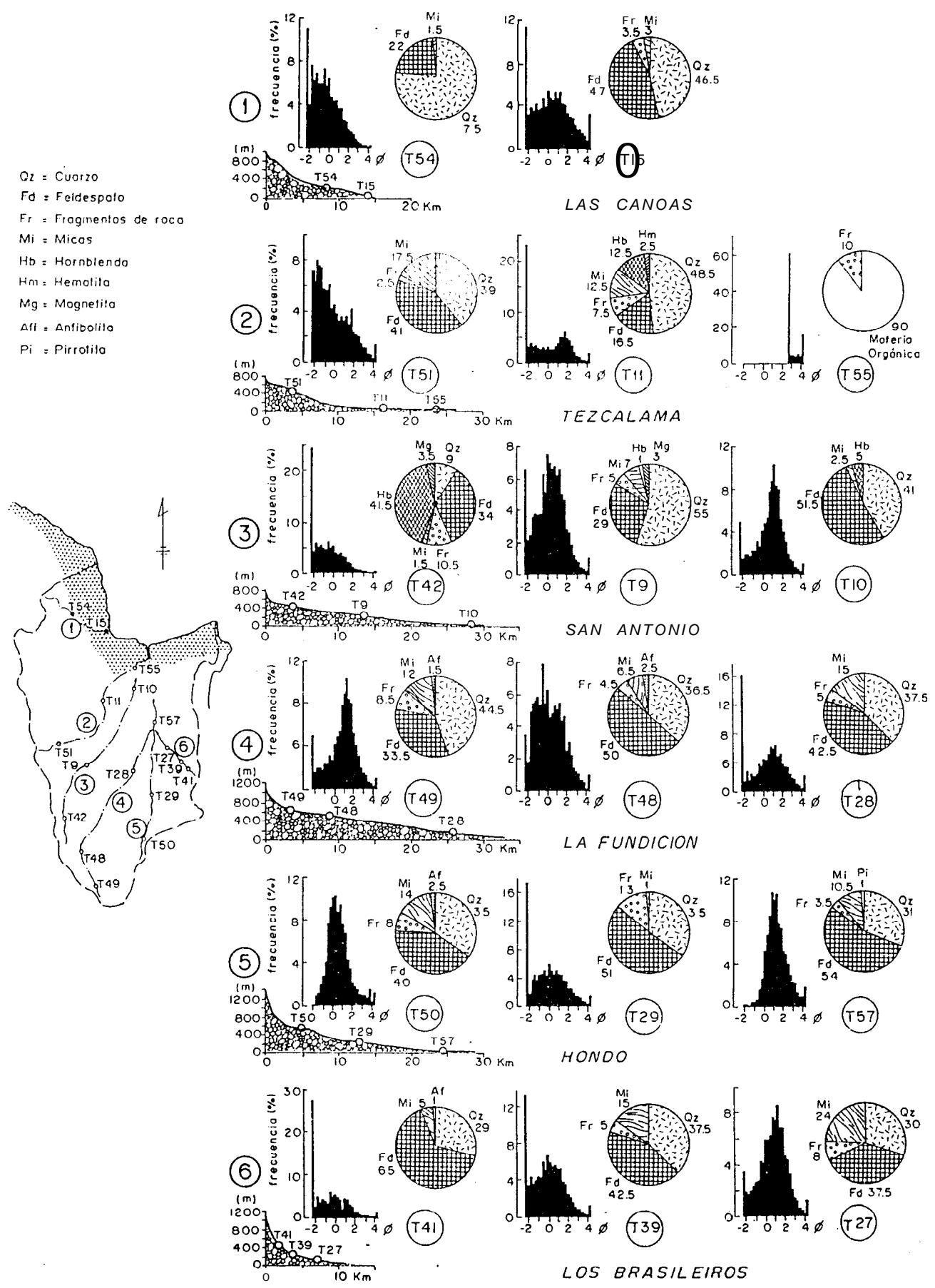


Figura 16. Histogramas, diagramas "Pie" de la composición mineral de los sedimentos y perfiles longitudinales de los arroyos principales del sistema de abanicos.

estas partes abanico abajo, las distribuciones de tamaño de grano se hacen gradualmente más regulares, hasta que en las partes distales los sedimentos tienden a ser más unimodales, con distribuciones más aproximadas a las normales, como son las muestras t10, t27 y t57.

La muestra t55 presenta un histograma de distribución muy irregular, debido seguramente a que fue tomada en una plancie de inundación de la parte más distal del sistema de abanicos. En este histograma se observa un alto porcentaje en el tamaño de las arenas finas que tienen un alto contenido de materia orgánica. La parte de finos, con limo y arcilla, también constituye un porcentaje relativamente alto, lo cual es común en sedimentos de éstas porciones en abanicos.

Esta distribución en el sistema de abanicos está de acuerdo con lo observado por Blissenbach (1954), ya que él encuentra que las gravas gruesas predominan cerca del ápice, las partículas de tamaño intermedio ocupan la parte central y los limos y arcillas en la parte de la base del abanico.

Las partes media y distal del sistema de abanicos tienen distribuciones parecidas a las encontradas por Williams y Rust (1969), en ríos trenzados, pues ellos encuentran que predominan las distribuciones unimodales; en menor proporción están las bimodales; las polimodales son escasas. Esta es otra similitud entre estos ambientes deposicionales, además de la observada en la morfología.

IV.3.1.4. Composición textural

La competencia de los flujos de escombros está determinada en gran medida por el contenido de arcilla, la composición de la arcilla y la duración del flujo (Hampton, 1975). Una característica es que el contenido de limo y

arcilla en depósitos de flujo de escombros varía de 10 % a 30% aproximadamente, pero puede ser menor de 1% en algunos lugares (Miall, 1970). Hooke (1967) menciona que el porcentaje de arcillas en flujos de escombros, permanece constante corriente abajo y únicamente clastos muy grandes son depositados selectivamente.

El tamaño de grano que predomina en todo el sistema de abanicos son las arenas (Tabla 3). El contenido de arcilla y limo es en general muy bajo. Para los abanicos 3, 5 y 9, de la parte occidental, se observó un incremento, abanico abajo, en el contenido de lodos de 0.3 a 3.1%, 0.5 a 4.1% y 1.3 a 1.9 %, respectivamente (Tabla 3); para el abanico 15, de la parte oriental, la variación del contenido de lodos abanico abajo es muy irregular, aunque se puede apreciar burdamente un incremento desde la parte proximal con un valor de 0.8%, hasta un 1.5% en la porción distal. Para los abanicos B y C, de la parte central de la cuenca sedimentaria, el patrón de variación de lodos es el mismo que para los anteriores variando de 1.2 % en la parte proximal y 1.9 % para la distal en el abanico C. Para el abanico A, en la parte proximal, el contenido es de 1.8% y en las porciones media y distal se mantiene en 1.1%.

Se observó que el contenido de gravas disminuyó abanico abajo como regla general, excepto en aquellas muestras en las que la técnica de muestreo quizás no fue la adecuada, como es el caso de t7p, t43p, o debido a que no corresponden al cauce muestreado, o el gradiente de pendiente es irregular, como son el caso de las muestras t26m y t50p, respectivamente. Los porcentajes para la parte proximal fluctuaron entre 21.9% y 36.6%, para la porción media los valores cayeron entre 11.5% y 36.5% (Tabla 3). Este último valor debe tomarse con reserva ya que es posible que la técnica de muestreo no fue correctamente aplicada.

Tabla 3. Composición textural del sedimento del sistema de abanicos aluviales.

ARROYO	ABANICO NUMERO	MUESTRA	MEDIA (ϕ)	PORCIENTO DE:			CLASIFICACION DE FOLK (1974)	CLASIFICACION DE LA MEDIA (WENTWORTH, 1922)
				GRAVAS	ARENAS	LODO		
	1	T53m	-0.07	41.7	57.2	1.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
LAS CANOAS	2	T54f	-0.28	41.7	58.0	0.3	Grava arenosa	Gránulos
		T15m	0.56	29.3	67.6	3.1	Arena gravosa	Ar gruesa
EL LEON	5	T52p	-0.20	29.3	70.2	0.5	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		T17m	0.19	27.1	72.1	0.9	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		T16d	0.70	21.6	74.2	4.1	Arena gravosa	Ar gruesa
RAYSURA	9	T51p	-0.12	42.3	56.4	1.3	Grava arenosa	Gránulos
		T11d	0.65	39.4	58.6	1.9	Grava arenosa	Ar Media
LOS ENCINOS	13	T46p	-0.57	50.8	48.3	0.9	Grava arenosa	Gránulos
LOS BRASILEIROS	15	T41f	0.00	47.2	51.7	1.1	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T39f	0.18	32.7	66.1	1.2	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T37p	0.05	46.6	52.6	0.8	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T27m	0.72	14.1	84.7	1.2	Arena gravosa	Ar gruesa
		T26m	1.22	9.2	88.6	2.1	Arena gravosa	Ar media
		T25d	1.10	12.9	85.7	1.5	Arena gravosa	Ar media
SAN ANTONIO	A	T42f	-0.28	50.2	49.2	0.5	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T7p	1.12	13.4	84.7	1.8	Arena gravosa	Ar media
		T9m	0.34	22.3	76.7	1.1	Arena gravosa	Ar gruesa
		T10d	0.84	14.4	84.5	1.1	Arena gravosa	Ar media
LA FUNDICION	B	T49Ff	0.01	30.1	67.9	2.1	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T48f	0.18	26.9	72.1	1.0	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		T43p	0.35	17.8	81.0	1.2	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		T28d	0.83	26.3	71.4	2.3	Arena gravosa	Ar gruesa
		T58d	1.25	7.1	88.0	4.9	Arena gravosa	Ar media
		T57d	1.19	2.0	97.1	0.9	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
HONDO	C	T50p	0.46	6.8	92.1	1.1	Arena gravosa	Ar gruesa
		T29m	0.30	35.6	62.9	1.4	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		T57d	1.19	2.0	97.1	0.9	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
		T55d	3.04	0.0	60.2	39.8	Arena lodoso	Li medio
EL ARROYITO		T56	0.67	5.3	94.2	0.5	Arena gravosa	Ar gruesa

Ar = Arena; Li = Limo; c/traz. = con tazas de

Hooke (1967) menciona que los flujos de escombros se forman a partir de las áreas fuente que producen cantidades sustanciales de material fino, dando como resultado depósitos de material grueso en una matriz fina; mientras que los depósitos tamíz se originan a partir de una área fuente con baja producción de finos, formando un depósito de guijarros y boleos carente de finos y en pocas partes contienen bloques mayores de 1 m de diámetro, como los encontrados en los flujos de escombros. De acuerdo a los porcentajes de lodos, en general bajos y de las gravas (Hooke, 1967), la mayor parte de los abanicos son formados por depósitos tamíz y flujos de corrientes. Sólo el abanico 15, del arroyo Sta. Marta, podría estar formándose, también, por flujos de escombros pues se observaron bloques de hasta 300 cm. En general se observa un incremento en el contenido de lodos, debido probablemente a que en las partes media y distal se tiene una erosión que lava más fácilmente el material fino. Los depósitos por flujos de escombros pueden ser lavados por flujos de corrientes en épocas de precipitación baja, modificando las características de esos depósitos.

En el sistema de abanicos se encontraron cuatro tipos de sedimento de acuerdo a la clasificación de Folk (1974). El primero, grava arenosa (GrAr, Fig. 17, Tabla 3), se localiza en muchas partes de los cauces de las áreas fuente, como es el caso de los arroyos San Antonio, Los Brasileiros y La Fundición. También se le encuentra en los ápices de algunos abanicos, principalmente en los de la parte noroeste (Sierra Las Cruces) y sureste (Cerro El Encino), lo cual sería indicativo de que el proceso de erosión es más intenso en sus áreas fuente. La muestra **tl 1**, ubicada en la parte distal del abanico 8, en coalescencia con otros localizados más al sur, también está compuesta por GrAr, lo cual se puede deber a que esta porción se encuentra en proceso de rejuvenecimiento, en la cual existe remoción de sedimentos finos.

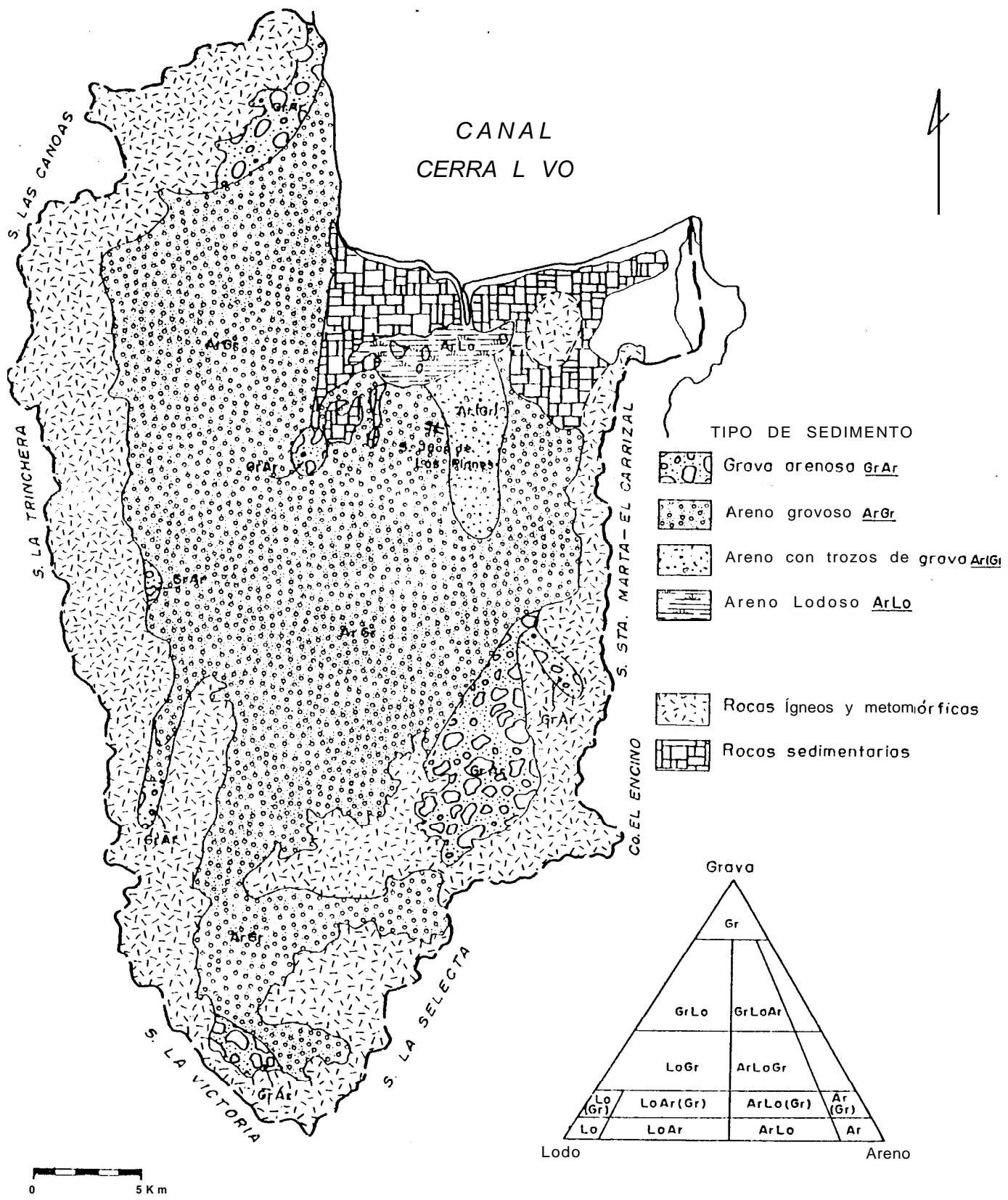


Figura 17. Composición textural del sedimento en el sistema de abanicos aluviales, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974).

El segundo tipo, arena gravosa (ArGr, Fig. 17, Tabla 3), es el sedimento más ampliamente distribuido, desde los ápices de algunos abanicos, así como en las partes media e incluso distal.

El tercer tipo de sedimento, arena con trazas de grava (Ar(gr), Fig. 17, Tabla 3), sólo se encontró en la muestra t57 y se considera que su distribución se continúa más al norte como parte del proceso lógico de depositación. Esta corresponde a la parte distal de los abanicos de la porción oriental de la cuenca, y al borde externo de la bajada. Por último, la arena lodososa (ArLo, Fig 17, Tabla 3) tiene una distribución restringida en el norte de la cuenca y corresponde a la parte distal de prácticamente todo el sistema de abanicos, a excepción de los abanicos 1, 2, 3, 4 y 5, que descargan sus sedimentos en la Bahía La Ventana.

La distribución de los diferentes tipos de sedimento en este sistema está aproximadamente de acuerdo con lo observado por otros autores (Blissenbach, 1954; Hooke, 1967; Nilsen, 1982), aunque las partes distales de los abanicos deberían tener sedimentos con porcentajes más altos de finos, de tal manera que se observara una gradación de tamaños a partir del ápice. Esto se puede deber a dos factores: 1) La etapa de erosión por la que atraviesa el sistema de abanicos, como se vió anteriormente, produce el proceso de "telescopio", originando abanico abajo una migración de estas estructuras sedimentarias, y 2) Debido a que la cuenca sedimentaria es relativamente pequeña y junto con lo anterior, el desarrollo completo de los abanicos puede ser que no se esté llevando a cabo.

IV.3.1.5. La media del sedimento

Para San Juan de Los Planes, la media decrece abanico abajo, lo cual está de acuerdo a lo expuesto por Nilsen (1982) y Blissenbach (1954). Sin

embargo, el comportamiento varía entre abanicos. Para los de la parte oeste, la media es relativamente uniforme o presenta poca variación, alcanzando un valor máximo, para la porción proximal, de -0.277ϕ , en el abanico 3 y un mínimo de -0.12ϕ para el abanico 9; en la parte distal el valor menor, que le corresponde a la muestra t11d del abanico 9, es de 0.646ϕ (Tabla 4, Fig. 18).

Los valores de la media, para los abanicos 13 y 15 de la parte oriental de la cuenca varía grandemente, ya que para el primero, la muestra t46p tienen media de -0.57ϕ , mientras que la muestra t37p, del abanico 15 tiene una media de 0.05ϕ .

Para los abanicos A, B y C, de la porción central de la cuenca, los valores de la media son menores que para el resto de los abanicos (Fig. 18, Tabla 4). El valor máximo para la parte proximal correspondió a la muestra t43p del abanico B, con 0.35ϕ y el mínimo, de 1.12ϕ a la muestra t7p, del abanico A. La porción distal de estos abanicos presentan medias que varían entre 0.84ϕ para el abanico A (muestra t10d) y 1.19ϕ para los abanicos B y C que en esta parte coalescen. La muestra t55d para la porción que correspondería a la playa de los abanicos A, B y C, que coalescen desde su parte distal, tiene la media con valor menor, 3.04ϕ (Fig. 18, Tabla 4).

IV.3.1.6. La desviación estándar del sedimento

Los valores de desviación estándar son interpretados como grados de clasificación del sedimento. En este trabajo se aplican los rangos de clasificación propuestos por Friedman (1962), para valores de desviación estándar obtenidos por el método de los momentos.

Bull (1963) reportó, para un abanico moderno en California, clasificaciones medias de 1.5ϕ para depósitos de corrientes trenzadas en las partes media

Tabla 4. Parámetros texturales del sedimento del sistema de abanicos aluviales.

ARROYO	ABANICO NUMERO	MUESTRA	PENDIENTE EN GRADOS	MEDIA (ϕ)	DESVIACION ESTANDAR (ϕ)	SESGO	PICUDEZ	GRAVAS %	LODOS %	DIAMETRO MAX.(cm)
	1	t53m	2.9°	-0.07	1.40	0.61	3.13	38.2	1.0	30
LAS CANOAS	3	t54f	1.15°	-0.28	1.30	0.69	2.97	35.9	0.3	100
		t15m	2.3°	0.56	1.64	0.31	2.34	25.7	3.1	20
EL LEON	5	t52p	1.4°	-0.20	1.18	0.79	3.72	21.9	0.5	40
		t17m	3.8°	0.19	1.37	0.50	2.70	21.0	0.9	30
		t16d	0.5°	0.70	1.52	0.25	2.84	18.9	4.1	20
RAYSURA	9	t51p	2.3°	-0.12	1.58	0.70	2.61	36.6	1.3	30
		t11d	0.29°	0.65	1.61	-0.03	2.15	36.5	1.9	--
LOS ENCINOS	13	t46p	3.8°	-0.57	1.26	1.23	4.71	43.5	0.9	50
LOS BRASILEIROS	15	t41f	7.6°	0.00	1.39	0.63	3.12	43.2	1.1	--
		t39f	1.9°	0.18	1.40	0.44	2.86	28.1	1.2	200
		t37p	2.5°	0.05	1.40	0.51	2.85	42.6	0.8	100
		t27m	1.9°	0.72	1.30	-0.02	2.83	11.5	1.2	20
		t26m	2.54°	1.22	1.33	-0.25	2.96	7.5	2.1	80
		t25d	0.5°	1.10	1.39	-0.33	2.75	11.1	1.5	--
SAN ANTONIO	A	t42f	1.5°	-0.28	1.30	0.74	3.29	45.1	0.5	--
		t7p	1.15°	1.12	1.40	-0.25	2.59	11.7	1.8	50
		t9m	1.15°	0.34	1.31	0.32	2.92	18.5	1.1	30
		t10d	0.37°	0.84	1.26	-0.20	3.07	12.1	1.1	8
LA FUNDICION	B	t49f	1.7°	0.01	1.46	0.74	3.31	24.0	2.1	--
		t48f	1.27°	0.18	1.43	0.47	2.56	21.1	1.0	--
		t43p	1.4°	0.35	1.29	0.65	3.17	13.6	1.2	1
		t28m	1.15°	0.83	1.47	0.10	2.57	24.2	2.3	100
		t58m	0.6°	1.25	1.42	0.15	2.56	5.1	4.9	25
		t57d	0.34°	1.19	1.10	0.45	3.27	0.9	1.9	--
HONDO	C	t50p	1.04°	0.46	1.16	0.85	3.95	4.1	1.1	--
		t29m	0.6°	0.30	1.48	0.47	2.63	31.5	1.4	10
		t57d	0.34°	1.19	1.10	0.45	3.27	0.9	1.9	70
		t55d	0°	3.04	0.59	0.98	2.24	0.0	16.0	--

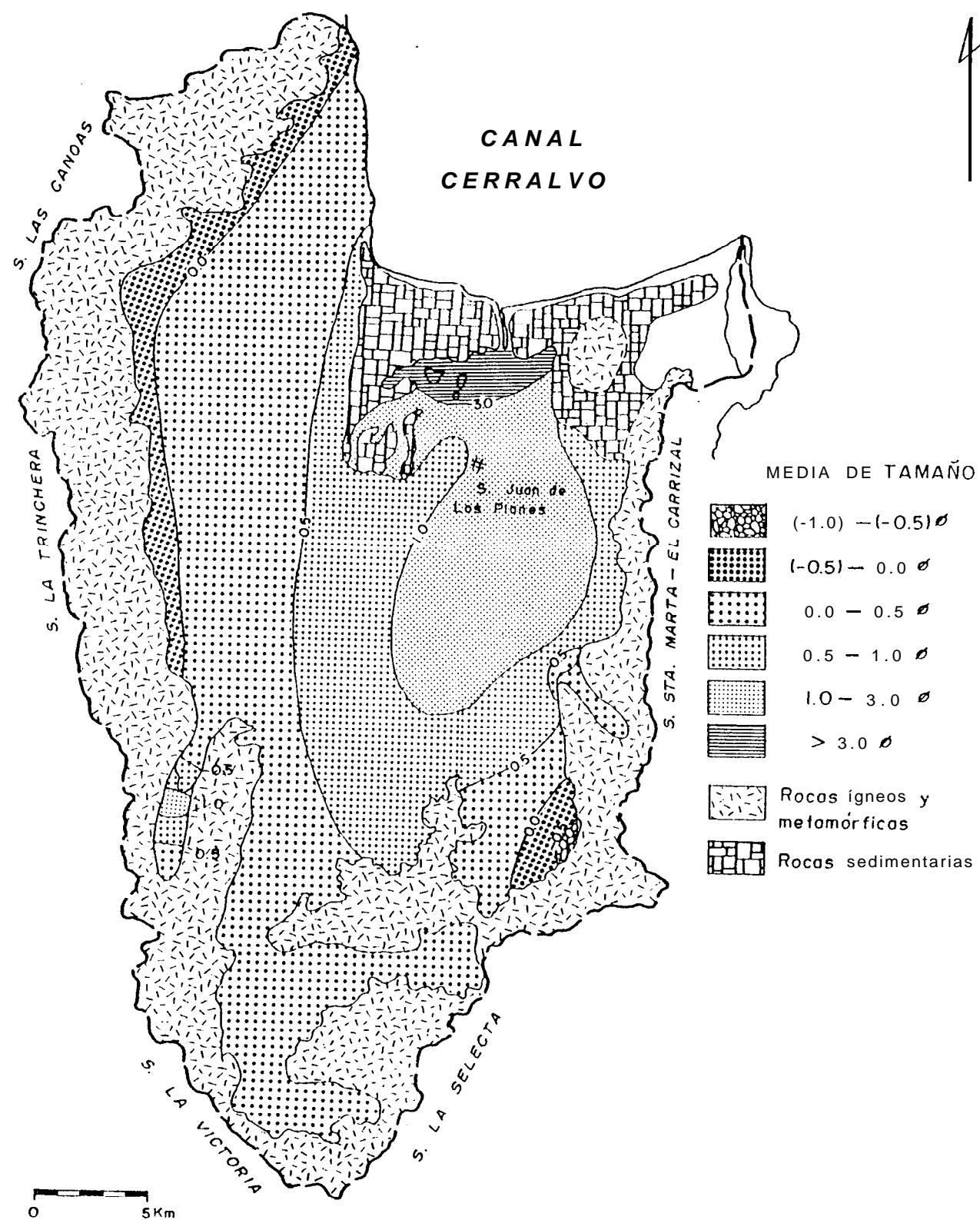


Figura 18. Distribución de la media del tamaño del sedimento en el sistema de abanicos aluviales.

y distal, 2.1ϕ para depósitos en canales incididos por corrientes y 9.7 para depósitos de flujos de lodo. Además, sugirió que la clasificación podía ser utilizada para distinguir diversos depósitos, mientras Wasson (1977) tuvo gran dificultad en distinguir varios depósitos para abanicos aluviales en Tasmania. Nilsen (1982) dice que generalmente la clasificación crece abanico abajo, debido a que los depósitos de flujos de escombros, flujos de barro y depósitos de deslizamientos, tienden a ser más abundantes en las partes proximales del abanico y los depósitos de flujos de corrientes son más comunes en las partes distales.

La clasificación en el sistema de abanicos de San Juan de Los Planes que se muestra en la figura 19, de acuerdo al agrupamiento que hace Friedman (1962), no presentó una variación amplia. El valor máximo fue de 1.64ϕ , correspondiendo a la parte media del abanico 3 y el mínimo fue de 0.59ϕ para la porción distal de la bajada, resultado de la coalescencia de los abanicos A, B y C (Fig. 19, Tabla 4). Los abanicos 1, 3, 5 y 9, de la parte occidental, presentaron valores mayores que los abanicos 13 y 15 de la porción oriental.

Por otra parte, los valores de clasificación para los mismos abanicos del oriente y occidente decrecen abanico abajo, lo cual es contrario a lo sugerido por Nilsen (1982). Este comportamiento puede deberse a uno de los dos factores siguientes: 1) Que los depósitos de la parte proximal sean del tipo tamiz, ya que estos tienen una clasificación buena (Galloway y Hobday, 1983); 2) Las parte media y distal de los abanicos presentan erosión y debido al intemperismo hay un aporte de sedimento fino. Esta segunda hipótesis es apoyada por el porcentaje de material lodoso que se incrementa abanico abajo, lo cual está en desacuerdo con lo expuesto por Hooke (1967), que dice que el porcentaje de lodos permanece aproximadamente constante

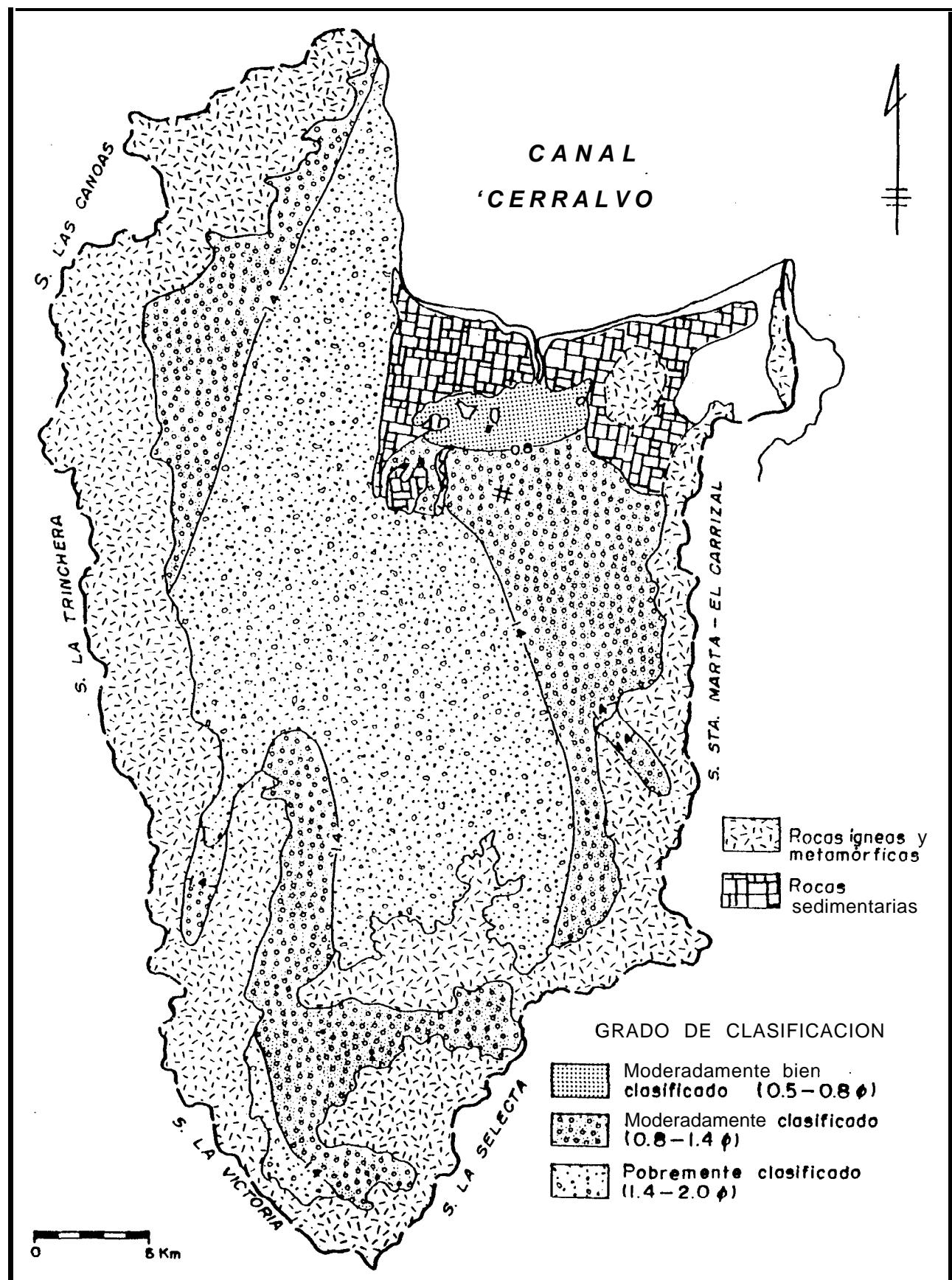


Figura 19. Distribución del grado de clasificación del sedimento en el sistema de abanicos, de acuerdo con Friedman (1962).

abanico abajo.

IV.3.1.7. El sesgo de la distribución de tamaño del sedimento

Del comportamiento del sesgo en abanicos no se cuenta con reportes bibliográficos. Folk (1966) menciona que una población fina dominante y una subordinada gruesa, dà un sesgo negativo, mientras que una moda gruesa dominante dà un sesgo positivo. Williams y Rust (1969) encontraron que el 75% de las muestras en un río trenzado tienen sesgo positivo y en un canal individual el valor positivo decrece aguas arriba por la reducción de finos.

El sesgo de los abanicos 3, 5, 9 y 15 (correspondiendo los tres primeros a la porción occidental y el último a la oriental) tiende a pasar de finos a gruesos abanico abajo (de positivos a negativos, Tabla 4). Esto está muy relacionado con la moda predominante, la cual en la parte proximal está hacia los gruesos (Fig. 16), con una población menor de finos dando sesgos positivos, y hacia las porciones media y distal, la moda predominante cambia gradualmente hacia los finos quedando una población subordinada de gruesos, en la parte distal. En el abanico A, este patrón no es claro, pues la muestra t7p presenta un sesgo hacia los gruesos. En los abanicos B y C, el patrón se invierte de tal manera que el sesgo, a pesar de que es positivo en todas las muestras, cambia de valores positivos altos a valores más bajos. Esto podría deberse a que hacia las parte bajas de estos abanicos, se presenta la erosión, transportando sedimentos finos, lo cual hace que el sesgo sea hacia los finos.

IV.3.1.8. La picudez de la distribución de tamaño del sedimento

La picudez de las distribuciones del tamaño del sedimento para la generalidad de los abanicos, cae alrededor de un valor de 3, correspondiente

a curvas mesocúrticas (Tabla 4). Para los abanicos 3, 5, 9 y 15, la picudez tiende a decrecer abanico abajo, pasando de distribuciones más o menos mesocúrticas a platicúrticas (Fig. 16, Tabla 4). Esto podría significar que en la parte proximal existe una población predominante, la cual tiende a decrecer abanico abajo, haciendo que la curva pase a ser más aplanada. En los abanicos A, B y C no se aprecia una tendencia, aunque los valores de la picudez si presentan variación. Esto quizás se debe a que en estos abanicos el trenzado de las corrientes es más acentuado que en los otros abanicos, teniendo valores altos y bajos de energía de las corrientes.

IV.3.2. Líneas de costa arenosas

La línea de costa que se considera en este trabajo abarca desde la playa El Coyote al NW del Canal Cerralvo, hasta la playa Las Arenas al sur de Punta Arenas en la salida del Canal Cerralvo (Fig. 20). Por las características litológicas de las fuentes de aporte en esta línea de costa se pueden distinguir tres provincias, las cuales se describen a continuación:

1) Playa El Coyote, localizada en la bahía del mismo nombre (Fig. 20). En este lugar descarga el arroyo El Coyote que drena una cuenca con afloramientos de rocas graníticas y volcanosedimentarias. La mayor parte de esta bahía está formada por escarpes de erosión en conglomerados de la Formación Gravas Punta Coyote, que contiene clastos de origen principalmente volcánico.

2) Provincia integrada por las localidades de muestreo El Rosario, Ensenada El Palo, Las Cruces y Las Tijeras (Fig. 20). Esta provincia está caracterizada por una serie de acantilados en rocas graníticas y en rocas metamórficas de poca extensión, interrumpidos por pequeñas playas de abanico-deltas (El Rosario y Las Cruces) y playas de bolsillo (Ensenada El Palo, Las Cruces y

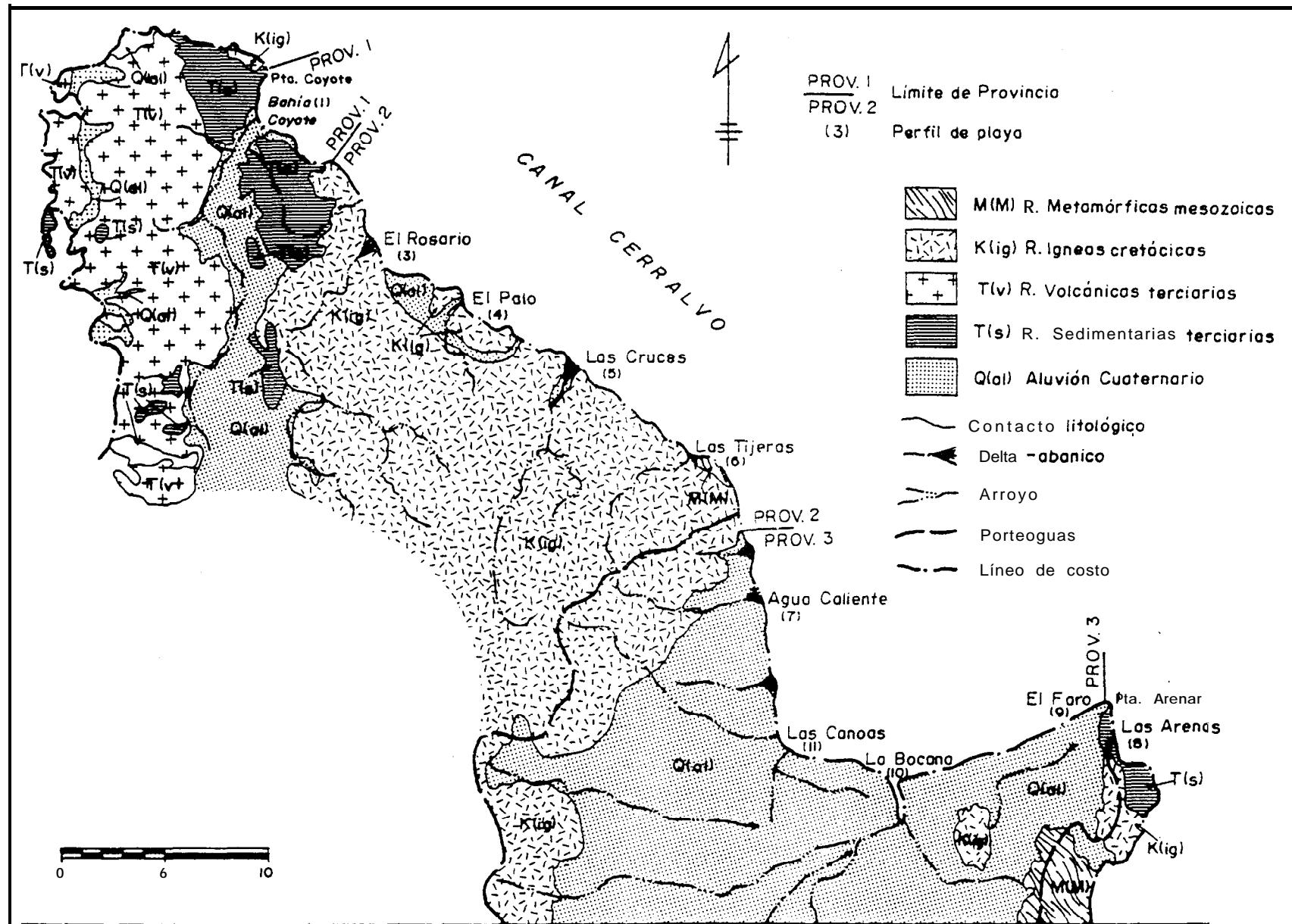


Figura 20. Provincias de las fuentes de aporte de sedimentos al litoral del Canal Cerralvo (modificado de INEGI, 1984).

Las Tijeras). La fuente de aporte de sedimentos a las playas de esta provincia son los propios acantilados y las descargas de los arroyos que drenan áreas de rocas principalmente graníticas.

3) La provincia del frente marítimo de la cuenca tectónica de San Juan de Los Planes está compuesta totalmente por playas en la base de los escarpes de erosión y en las márgenes de abanico-deltas con poco desarrollo. Las fuentes de aporte de sedimento a la parte occidental de esta provincia son las cuencas hidrológicas donde afloran rocas graníticas, los abanicos aluviales alimentados por esas cuencas y los escarpes de erosión de los mismos depósitos de abanicos. Para las playas del sur, las rocas sedimentarias pliocénicas a manera de terrazas marinas, constituyen una fuente de aporte, así como las descargas fluviales de La Bocana, aunque éstas son muy esporádicas. En esta porción se presenta un cordón de dunas que es parte del sistema litoral. La localidad 8 está fuera de esta provincia, y de las márgenes del litoral del Canal Cerralvo, sin embargo se considera en el muestreo para una mejor comprensión del sistema.

Las partes del litoral que se muestrearon fueron la cara de la playa (a), la línea de agua (b) y la zona de barras y canales (c) (zona cercana a la costa de aproximadamente 5 m de profundidad), así como el cordón de dunas localizado al sur del Canal Cerralvo (Fig. 15).

IV.3.2.1. Procesos de transporte de sedimentos

Los factores primarios que modifican los ambientes de playa y la zona cercana a la costa son las mareas, las corrientes, el oleaje y en menor grado el viento (Davis, Jr, 1985).

El desarrollo de las playas depende principalmente del oleaje, el cual cambian constantemente debido a olas individuales y mareas, ya sea

estacional o anualmente (Kennett, 1982). Volúmenes grandes de sedimentos **son** transportados; así la la playa es formada por el abastecimiento y tamaño de material sedimentario, la altura y período de oleaje y la variación (rango) de la marea (Kennett, 1982). El efecto neto del oleaje es, en general, mover arena hacia la zona costera y depositarla allá.

La U. S. Naval Oceanographic Office (1951) indica que la brisa marina vespertina genera olas que normalmente no exceden 4 s en período y 0.6 a 1 m en altura. Olas asociadas con chubascos del sureste se estima que tienen un promedio de 8 s de período y un promedio de altura de 1.5 a 1.8 m. Sin embargo, Wright (1973) menciona que estas olas ocurren con poca frecuencia y son de relativa corta duración, además presentan direcciones variables de incidencia. Esto trae como consecuencia que el sistema de deriva litoral no esté bien desarrollado. Asimismo se tiene que la variación de la marea es relativamente constante en la región sur del Golfo, promediando 0.7 y 1.2 m para la variación media y de mareas vivas respectivamente.

El medio de transporte hacia el cordón de dunas es el viento, que transporta los sedimentos desde la cara de la playa, para desarrollar poco a poco las dunas en la postplaya.

Por otra parte, Komar (1976) menciona que algunos autores han encontrado que playas de arena gruesa bien clasificadas tienen pendientes más empinadas que playas de arena gruesa pobremente clasificadas.

IV.3.1.3. Distribución del tamaño del sedimento

Las distribuciones de frecuencia de tamaño de grano en el litoral son, en su mayoría, unimodales (Fig. 21, Anexo 1). Para la cara de la playa los perfiles LI de “El Coyote” y LI0 de “La Bocana”, con las muestras L1a y L10a respectivamente, presentan una ligera bimodalidad con una subpoblación en

los tamaños gruesos. El perfil LI 1 de “Las Canoas” (muestra LI 1a) presenta bimodalidad con una subpoblación hacia los tamaños finos. Los sedimentos de la línea de agua presentan bimodalidad marcada en los perfiles LI “El Coyote” y L9 “El Faro” (muestras LI b y L9b respectivamente) y una ligera bimodalidad en el perfil LI 1 “Las Canoas” (muestra L1 1 b). Komar (1976) menciona que la zona del litoral con tamaño de grano más grueso y sedimento frecuentemente bimodal es la franja de mayor turbulencia, debido al choque del retorno del lavado de la cara de la playa y la siguiente ola arrivante. En el presente trabajo los sedimentos de las muestras **b's** corresponden a esa zona de mayor turbulencia.

En la zona cercana a la costa sólo la muestra LI 1 c del perfil LI 1 “Las Canoas”, presenta una distribución de frecuencia bimodal. Se considera que en esta parte la energía es relativamente baja, de tal manera que no es suficiente para clasificar el material depositado.

La variación en las distribuciones de frecuencia de tamaño de grano a lo largo del litoral se observa que el perfil LI “El Coyote, correspondiente a la provincia 1, presenta distribuciones bimodales y poco uniformes. La provincia 2, con los perfiles L4 y L6, tiene distribuciones muy regulares, mientras que la provincia 3, con los perfiles L7, LI 1, L10 y L9, tiene, en general, distribuciones irregulares, lo cual refleja una variación en los niveles de energía a lo largo de esta parte del litoral. Esto es más claro en el perfil LI 1 “Las Canoas”, con distribuciones de frecuencia bimodales.

IV.3.2.3. Composición textural del sedimento

De acuerdo a la clasificación de Folk (1974), existen cinco tipos de sedimento en el litoral del Canal Cerralvo. Para un mejor entendimiento de la composición textural, se explica primeramente la distribución **del sedimento**

en la cara de las playas (muestras denotadas por la letra a) a lo largo del litoral y posteriormente se presenta la distribución para la línea de agua (b) y por último el sublitoral (c).

En la cara de la playa el sedimento más grueso, gravas arenosas (GrAr, Tabla 5), se localiza en las playas El Palo, Las Tijeras y Las Arenas (L4, L6 y L8 respectivamente, Fig. 22). Este tipo de sedimento en las dos primeras playas parece estar en función, por un lado, de la disponibilidad del material pues están asociadas a descargas fluviales y, por otra parte, a la energía de las playas. Esto último es el factor que determina el sedimento grueso de la playa Las Arenas. Arenas gravosas (ArGr, Tabla 5), se presentan en las playas de El Coyote y La Bocana (L1 y L10 respectivamente, Fig. 22). En El Coyote el sedimento debe estar asociado a la fuente de aporte (Gravas Punta Coyote), ya que la energía es relativamente baja, pues la localidad está en una ensenada con una pendiente suave hacia fuera de la costa. La playa La Bocana está influida por las fuentes de aporte, que son rocas graníticas y secuencias de arenas conglomerádicas pleistocénicas que afloran en algunos puntos a lo largo de esta playa, así como también por la energía de oleaje, que en esta parte alcanza la línea de costa con menos dificultad.

Las arenas con trazas de gravas (Ar(Gr), Tabla 5) son las más comunes de la cara de la playa, ya que se encuentran en El Rosario, Agua Caliente, Las Canoas y El Faro (L3, L7, L1 1 y L9 respectivamente, Fig. 22). En los perfiles de Agua Caliente y El Faro (L7 y L9) la disponibilidad del material puede ser la que determine la composición del sedimento, ya que la energía es relativamente moderada a alta por su exposición al embate del oleaje que es más abierta. En los perfiles de El Rosario y Las Canoas (localidades L3 y L1 1) la energía es menor y permite el depósito de material de tamaño intermedio.

Sólo la cara de la playa de Las Cruces (L5) está compuesta por arena (Ar,

Tabla 5. Composición textural del sedimento del litoral del Canal Cerralvo.

PROVINCIA	LOCALIDAD	MUESTRA	MEDIA (ϕ)	PORCIENTO DE:			CLASIFICACION DE FOLK (1974)	CLASIFICACION DE LA MEDIA (WENTWORTH, 1922)
				GRAVAS	ARENAS	LODO		
1	EL COYOTE	L1a	0.87	27.7	72.3	0.0	Arena gravosa	Ar gruesa
		L1b	-0.74	68.4	31.6	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L1c	1.71	0.2	99.7	0.1	Arena c/traz. grava	Ar media
2	EL ROSARIO	L3a	-0.28	1.7	98.3	0.0	Arena c/traz. grava	Ar muy gruesa
		L3b	-1.66	92.1	7.9	0.0	Grava	Gránulos
		L3c	-1.23	76.1	23.8	0.0	Grava arenosa	Guij. Gránulos
	EL PALO	L4a	-0.94	39.0	61.0	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L4b	-1.57	89.8	10.1	0.0	Grava	Gránulos
		L4c	0.23	0.4	99.6	0.0	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
	LAS CRUCES	L5a	1.37	0.0	99.9	0.1	Arena	Ar media
		L5b	-0.19	20.4	79.6	0.0	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		L5c	1.05	1.3	98.6	0.1	Arena c/traz. grava	Ar media
	LAS TIJERAS	L6a	-0.80	33.7	66.2	0.1	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L6b	-1.52	91.8	8.2	0.0	Grava	Gránulos
		L6c	0.98	33.6	66.3	0.1	Grava arenosa	Ar muy gruesa
3	AGUA CALIENTE	L7a	1.58	0.7	99.2	0.1	Arena c/traz. grava	Ar media
		L7b	-1.21	74.6	25.3	0.0	Grava arenosa	Gránulos
		L7c	2.47	0.0	99.6	0.4	Arena	Ar Fina
	LAS CANOAS	L11a	1.26	1.1	98.9	0.1	Arena c/traz. grava	Ar media
		L11b	-0.47	32.3	67.7	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L11c	0.81	24.5	74.8	0.6	Arena gravosa	Ar fina
	LA BOCANA	L10a	-0.67	27.0	73.0	0.0	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		L10b	-0.82	36.2	63.8	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L10c	0.78	7.6	92.3	0.1	Arena gravosa	Ar media
	EL FARO	L9a	1.84	0.9	99.0	0.1	Arena c/traz. grava	Ar media
		L9b	0.00	18.7	81.3	0.0	Arena gravosa	Ar muy gruesa
		L9c	-0.02	14.0	86.0	0.0	Arena gravosa	Ar muy gruesa
	LAS ARENAS	L8a	-0.77	37.7	62.3	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L8b	-1.74	37.7	62.3	0.0	Grava arenosa	Ar muy gruesa
		L8c	-1.29	75.0	25.0	0.0	Grava arenosa	Gránulos
	TERR. MAR.	TM60	1.41	53.8	41.1	5.1	Grava lodoarenosa	Ar fina
	CORDON DUNAS	D59	1.06	0.8	98.0	1.3	Arena c/traz. grava	Ar media
		D61	1.37	2.9	96.2	0.9	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
		D62	1.48	0.0	98.8	1.2	Arena	Ar media

Ar = Arena; c/traz. = con trazas de

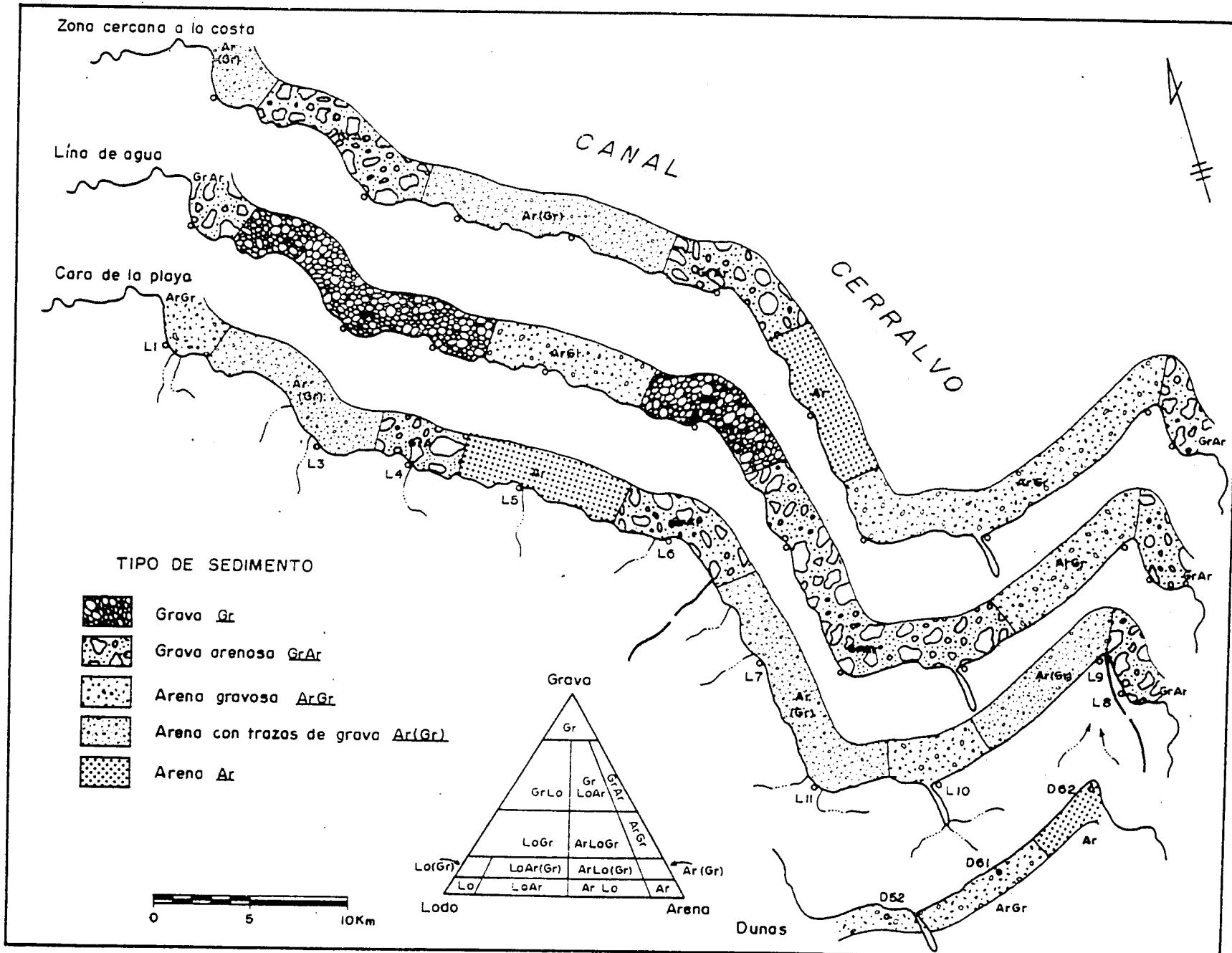


Figura 22. Composición textural del sedimento del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974).

Tabla 5). Esto se debe probablemente a que se encuentra semiprotegida por un espión construido para abrigo de embarcaciones pequeñas.

La línea de agua está expuesta a la energía alta, debido a su cercanía con el canal donde rompen las olas. En este ambiente se encontraron los sedimentos más gruesos. Las gravas (Gr, Tabla 5) se observaron en los perfiles El Rosario, El Palo y Las Tijeras (localidades L3, L4 y L6, Fig. 22). Esto parece estar relacionado a la disponibilidad del material, pues en estos lugares existen descargas fluviales.

Las Gravas arenosas (GrAr, Tabla 5) son los sedimentos más comunes en la línea de agua. Se les encontró en los perfiles playeros de El Coyote, Las Cruces, Agua Caliente, Las Canoas, La Bocana y Las Arenas (localidades L1, L5, L7, L11, L10 y L8, Fig. 22) y se considera como el tipo de sedimento más representativo de la energía del oleaje en el Canal Cerralvo. Aunque la fuente de material es importante, no parece influir mucho y no provoca diferencias importantes de una playa a otra.

Las arenas gravosas (ArGr, Tabla 5), sólo se localizaron en los perfiles Las Cruces y El Faro (L5 y L9), en donde, como se explicó anteriormente, Las Cruces es una playa protegida por un espión, por lo que está sujeta a baja energía, mientras que El Faro es un perfil en donde la energía es alta. Las fuentes de aporte son el litoral (con corriente oeste-este) y en ocasiones, cuando hay dominancia de los vientos del sur, el cordón de dunas.

La zona sublitoral o zona cercana a la costa (aproximadamente 6 a 8 m de profundidad), se considera que tiene poca influencia del oleaje, por lo que se espera que el sedimento en esta parte del perfil playero sea más estable. Los sedimentos más gruesos en esta zona del litoral fueron las gravas arenosas (GrAr, Tabla 5), que se encontraron en los perfiles El Rosario, Las Tijeras y Las Arenas (localidades L3, L6 y L8, Fig. 22). Los dos primeros están

estrechamente relacionados a descargas fluviales, relativamente importantes y junto con el de Las Arenas (L8) están expuestas más directamente al embate del oleaje.

Las arenas gravosas (ArGr, Tabla 5) se localizaron en el sublitoral de los perfiles de Las Canoas, La Bocana y El Faro (localidades LI 1, LI 0 y L9, Fig. 22), ubicados al sur del Canal Cerralvo. Por su ubicación se pensaría que estos perfiles podrían estar asociados, sin embargo, tienen características propias, principalmente en sus fuentes de aporte y un poco en la energía del oleaje. Esta, por la geomorfología, se considera que se incrementa desde el perfil Las Canoas al de El Faro (localidades LI 1 a L9), en dirección oeste-este. Por otra parte, las descargas fluviales son más importantes en Las Canoas y disminuye gradualmente hacia El Faro. Se considera que la relación: aporte de material-energía de oleaje, está aproximadamente balanceada.

Arenas con trazas de grava (Ar(Gr), Tabla 5) se encontraron en el sublitoral de los perfiles El Coyote, El Palo y Las Cruces (localidades LI, L4 y L5). Los dos primeros perfiles presentan una pendiente suave en la zona cercana a la costa, lo cual permite la sedimentación de material con tamaño de grano mediano y en el perfil Las Cruces (L5), aunque su pendiente es mayor, el espigón le da protección para que el embate del oleaje no sea directo. La zona cercana a la costa del perfil Agua Caliente (L7) es la única con arena (Ar, Tabla 5, Fig. 22) y su perfil muestra irregularidades topográficas, por lo que se considera que la muestra fue tomada en uno de los canales, en donde las arenas tienen oportunidad de sedimentarse.

El cordón de dunas de la provincia 3 está compuesto por arenas y arenas con trazas de grava (Tabla 5, Fig. 22), lo cual es común para estos ambientes debido a las características del medio de transporte.

IV.3.2.4. La media del sedimento

La media del tamaño de grano para la cara de la playa cae entre las arenas medias y las arenas muy gruesas (Tabla 6, Fig. 23). La provincia 1 tiene una media de 0.87ϕ (arenas medias). El valor mínimo de la media para la provincia 2 es de 1.37ϕ (arenas medias) en la localidad L5 y un máximo de -0.94ϕ (arenas gruesas) para la localidad L4. Y para la provincia 3 el mínimo es de 1.84ϕ (arena media), en la localidad L9 y el máximo, de -0.67ϕ en la localidad L10. Varios autores han demostrado que la pendiente del frente de playa se incrementa con el aumento del tamaño de las partículas (Komar, 1976). En el presente estudio la pendiente de la cara de la playa no guarda ninguna relación con el tamaño de grano (coeficiente de correlación = 0.0059), como se puede observar en la Tabla 6. Esto en parte se puede deber a que las muestras no fueron tomadas en un “punto de referencia”, como lo sugiere Komar (1976). Es probable que la pendiente en la zona cercana a la costa (sublitoral) tenga una mayor influencia ya que mostró una gran variabilidad. Al respecto no se cuenta con información sobre una posible relación de la pendiente en la zona cercana a la costa con el tamaño promedio del grano de la playa; la interpretación queda inconclusa.

Los sedimentos de la línea de agua muestran una media que cae predominantemente en las arenas muy gruesas y en los gránulos (Tabla 6, Fig. 23). En la provincia 1 la media es de -0.74ϕ (arenas gruesas). En la línea de agua de la provincia 2 predominan los gránulos con medias entre -1.52 y -1.57ϕ excepto en la localidad L5 en donde el sedimento es de arenas muy gruesas (-0.19ϕ), debido seguramente a que es la parte protegida por el espigón del abanico-delta. En la provincia 3, los gránulos se presentan sólo en la L7 (Fig. 23), con una media de -1.21ϕ , debido probablemente a que esta parte está más expuesta a la acción del oleaje y a

Tabla 6. Parámetros texturales del sedimento del litoral del Canal Cerralvo.

PROVINCIA	LOCALIDAD	MUESTRA	MEDIA (ϕ)	DESVIACION ESTANDAR (ϕ)	SESGO	PICUDEZ	PENDIENTE	PROMEDIO DE MEDIAS (ϕ)
1	EL COYOTE	L1a	0.87	1.12	-0.69	3.70	5.10	0.61
		L1b	-0.74	0.99	1.07	5.34		
		L1c	1.71	0.78	-0.17	3.09		
2	EL ROSARIO	L3a	-0.28	0.29	0.21	17.00	---	-1.05
		L3b	-1.66	0.47	1.86	8.99		
		L3c	-1.23	0.82	1.24	5.02		
	EL PALO	L4a	-0.94	0.32	-0.29	4.15	7°	-0.76
		L4b	-1.57	0.49	1.87	9.41		
		L4c	0.23	0.58	1.21	5.85		
	LAS CRUCES	L5a	1.37	0.55	-0.12	4.51	7.70	0.74
		L5b	-0.19	1.02	1.14	4.62		
		L5c	1.05	0.75	-0.37	4.26		
	LAS TIJERAS	L6a	-0.80	0.43	0.08	3.05	5.90	-0.45
		L6b	-1.52	0.43	1.74	15.06		
		L6c	0.98	0.75	-0.30	4.56		
3	AGUA CALIENTE	L7a	1.58	0.63	-1.10	8.34	8.5°	0.95
		L7b	-1.21	0.84	1.59	6.37		
		L7c	2.47	0.62	-0.85	4.78		
	LAS CANOAS	L11a	1.26	0.75	-0.25	4.58	12.5°	0.53
		L11b	-0.47	0.82	-0.21	2.54		
		L11c	0.81	1.62	-0.10	1.88		
	LA BOCANA	L10a	-0.67	0.61	-0.08	4.41	7.3°	-0.24
		L10b	-0.82	0.58	-0.15	3.10		
		L10c	0.78	0.98	-0.43	3.29		
	EL FARO	L9a	1.84	0.58	-2.08	14.06	6.3°	0.61
		L9b	0.00	1.07	0.23	2.05		
		L9c	-0.02	0.90	0.47	3.81		
	CORDON DE DUNAS	d59	1.06	0.70	-0.01	5.39	---	---
		d61	1.37	0.62	-0.45	5.57		
		d62	1.48	0.49	-0.15	5.43		
	TERR. MAR.	tm60	1.41	1.74	-0.36	1.97	---	---
	LAS ARENAS	L8a	-0.77	0.65	0.72	144.87		-1.26
		L8b	-1.74	0.37	1.79	10.42		
		L8c	-1.29	0.54	1.05	7.63		

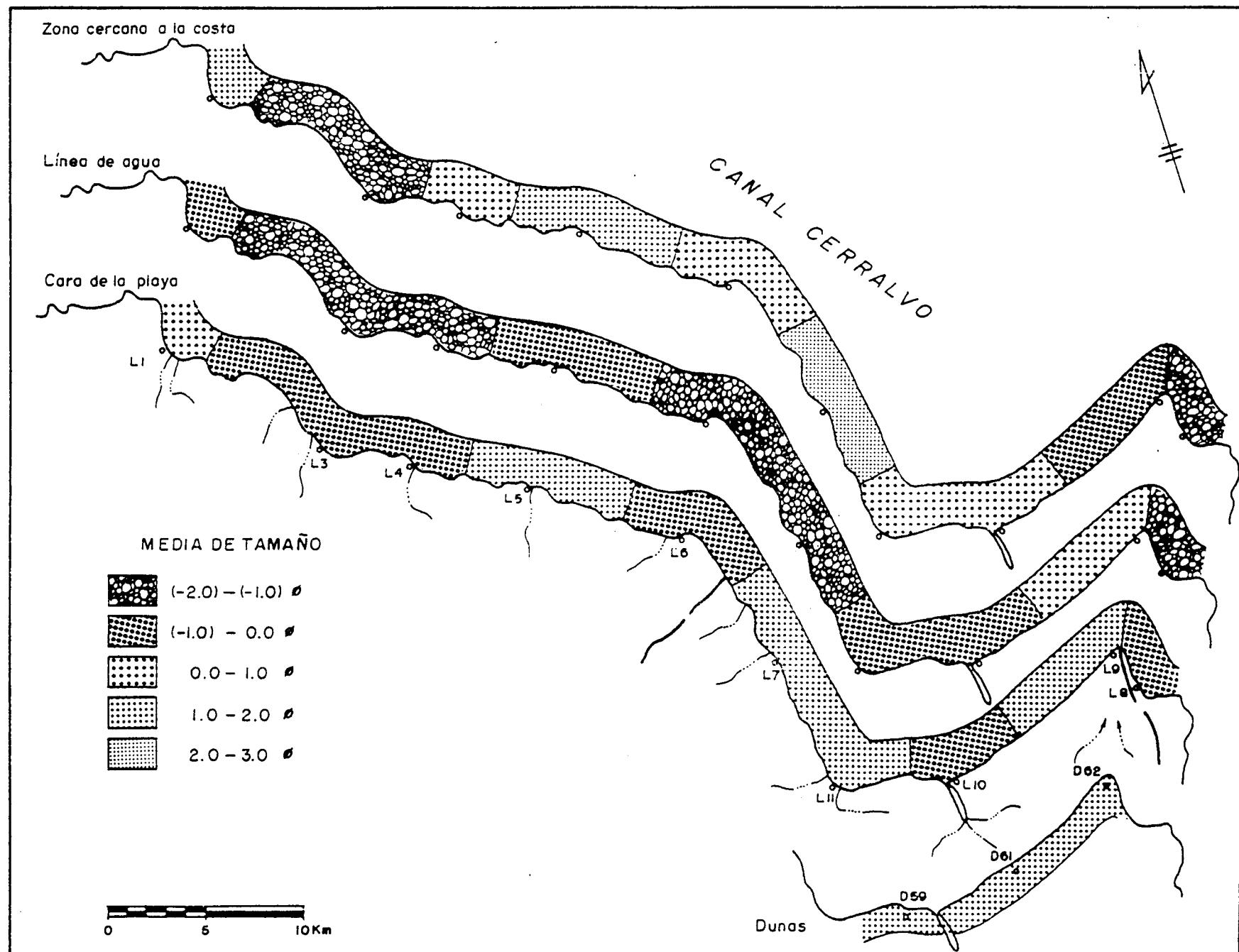


Figura 23. Distribución de la media del tamaño del sedimento en el litoral del Canal Cerralvo.

su ubicación en el frente de un abanico-delta. Las otras localidades de esta provincia presentan arenas muy gruesas, con medias entre 0.0ϕ y -0.82ϕ . La localidad L8 tuvo la media más gruesa con un valor de -1.74ϕ .

En la zona cercana a la costa la media de los sedimentos es más variable, presentándose desde arenas finas, hasta gránulos (Tabla 6, Fig. 23). En la provincia 1, la media es de 1.71ϕ (arenas medias). En la provincia 2 la media cae, para la localidad L5, en arenas medias (1.05ϕ); para las localidades L4 y L6 en las arenas gruesas con valores de 0.23 y 0.98ϕ respectivamente y en la localidad L3 el tamaño medio de grano cae en los gránulos (-1.23ϕ), denotando una alta energía (Fig. 23). La provincia 3 presenta una media correspondiente a las arenas muy gruesas (-0.02ϕ) en la localidad L9; arenas gruesas en las localidades L10 y L11 con valores de 0.78 y 0.81ϕ respectivamente; la media cae en arenas finas en la localidad L7. Esto puede estar relacionado a la irregularidad topográfica de esta provincia provocando una distribución muy irregular, a pesar de la energía relativamente alta en esta porción. Por otra parte, en la localidad L11, se infiere que la energía es baja y no es suficiente para clasificar el sedimento que llega a esta zona por las descargas fluviales del arroyo Las Canoas, quedando estos depósitos con poca perturbación.

La media para el cordón de dunas disminuye de oeste a este, lo cual, probablemente, está relacionado a la disponibilidad del material, pues en la parte oeste del cordón de dunas, se llevan a cabo las descargas fluviales de sedimento y hacia el este el aporte a la zona litoral es principalmente el transporte mismo del sedimento en dirección oeste-este (Fig. 23).

El promedio de las medias para cada una de las localidades de muestreo a lo largo de la zona costera (Tabla 6), da la base para inferir cierta agrupación que está de acuerdo con las provincias señaladas. La provincia 1 drena una

cuenca en rocas graníticas y rocas volcanosedimentarias. Estas últimas predominan y son de textura de grano fino. Además en esta provincia existen escarpes en conglomerados en proceso de erosión. Lo anterior se refleja en un promedio de media de tamaño del sedimento relativamente bajo, el cual cae en las arenas gruesas.

La provincia 2 presenta promedios de media que caen en sedimentos gruesos; arenas muy gruesas en las localidades L4 y L6 y gránulos en la localidad L3. La localidad L5 se sale de este patrón al presentar un promedio de media de 0.74ϕ , correspondiente a arenas gruesas. Probablemente se debe a que esta playa se localiza en una parte relativamente protegida.

La provincia 3 tiene promedios de media que caen en las arenas gruesas (Tabla 6), con valores que van de 0.53 a 0.94ϕ , excepto la localidad L10 que tiene un promedio de -0.24ϕ (arena muy gruesa). Se debe probablemente a que en esta parte se localizan terrazas marinas en proceso de erosión que tienen sedimento grueso y no precisamente porque sea un área de alta energía. Una situación similar sucede en la localidad L8, en donde el promedio de medias es de -1.26ϕ (gránulos), presentándose en condiciones de alta energía y con una terraza marina con las características descritas anteriormente en proceso de erosión.

IV.3.2.5. La desviación estándar del sedimento

Característicamente los sedimentos de playa son, de bien clasificados a muy bien clasificados (Davis, Jr., 1985). En el litoral del Canal Cerralvo se observó que los sedimentos de la cara de la playa están mejor clasificados (de acuerdo a la clasificación de Friedman 1962), que los de los otros dos elementos (Tabla 6). La cara de la playa de la provincia 1 presentó una clasificación moderada (Fig.24), la cual es la más baja encontrada en este

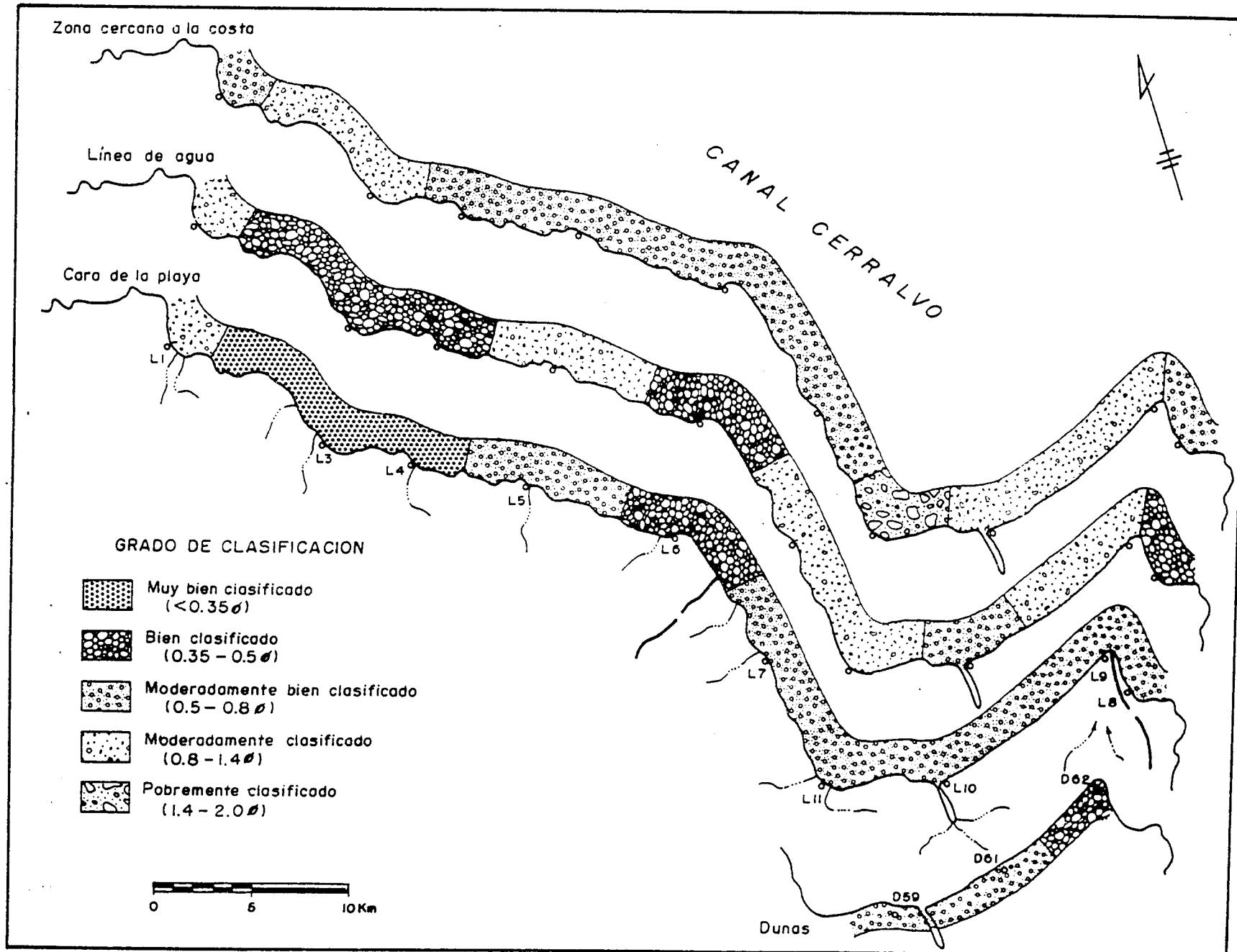


Figura 24. Distribución del grado de clasificación del sedimento del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo con Friedman (1962).

elemento del litoral y reflejan una energía marina baja. Las localidades de muestreo de la provincia 2 mostraron las mejores clasificaciones (Tabla 6, Fig. 24): el sedimento de la localidad L5 (0.55ϕ), es moderadamente bien clasificado; el de la localidad L6 (0.43ϕ) es bien clasificado; y para las localidades L3 y L4 (0.29 y 0.32ϕ respectivamente), el sedimento es muy bien clasificado. La provincia 3 tiene sedimentos con clasificaciones relativamente uniformes, cayendo en los moderadamente bien clasificados con valores que varían entre 0.58ϕ (localidad L9) y 0.75ϕ (localidad L11).

La línea de agua presentó valores de clasificación intermedios entre los encontrados en la cara de la playa y la zona cercana a la costa (Tabla 6, Fig. 24). La provincia 1 tiene sedimentos moderadamente clasificados, al igual que en la cara de la playa pero con un valor de 0.99ϕ . Las localidades de la provincia 2 tienen clasificaciones relativamente uniformes que caen en el rango de bien clasificados, excepto la localidad L5, con un valor de 1.05ϕ correspondiente a sedimentos moderadamente clasificados. Los sedimentos de la provincia 3 tienen clasificaciones que caen en los rangos de moderadamente clasificados, localidades L7, L9, L11 (0.84 , 1.07 y 0.82ϕ , respectivamente) y moderadamente bien clasificados, para la localidad L10 con un valor de 0.58ϕ .

El sublitoral presentó en general, clasificaciones más bajas que los otros dos elementos (Tabla 6, Fig. 24). Sin embargo, la provincia 1 mostró un patrón inverso, es decir, el sedimento moderadamente bien clasificado de este elemento es de mejor clasificación que el de la cara de la playa y la línea de agua. Esto se puede deber a que la localidad (El Coyote, L1) se encuentra en una ensenada con pendiente suave en la zona cercana a la costa, lo cual resta energía al oleaje y el transporte, desde y hacia la costa, se restringe a una franja más reducida en la línea de costa y, por tanto, a una profundidad

relativamente somera; estas condiciones probablemente también determinan el valor bajo de la media del tamaño de grano.

El sedimento de la zona cercana a la costa de la provincia 2 presenta una clasificación aproximadamente uniforme en el rango de moderadamente bien clasificados con valores de 0.58 a 0.75 ϕ (Tabla 6, Fig. 24), excepto para la localidad L3 que tiene sedimentos moderadamente clasificados (0.82 ϕ), asociado probablemente a que esta porción está en la base submarina del abanico-delta del arroyo El Rosario.

La zona cercana a la costa de la provincia 3 contiene sedimentos con clasificaciones más diversas (Tabla 6, Fig. 24). La localidad L7 presenta sedimentos moderadamente bien clasificados debido, seguramente, a una alta energía; los de las localidades L9 y L10 son moderadamente clasificados indicando que están expuestos a un efecto de energía moderada y la L11 presenta una clasificación pobre debido, probablemente, a que esta parte de la zona cercana a la costa es de baja energía por localizarse en la Ensenada La Ventana, además de que las descargas fluviales pueden remover el sedimento.

Las zonas de dunas tienen sedimento que va de moderadamente bien clasificado, en la parte oeste (muestra d59, con un valor de 0.696 ϕ , Tabla 6, Fig. 24), pasando gradualmente a bien clasificado hacia la porción este en Punta Arenas (muestra d62, con un valor de 0.495 ϕ , Tabla 6, Fig. 24). Esta variación es un reflejo de lo que sucede en la cara de la playa.

Por último, en la localidad L8 la energía es alta, además de que la pendiente del litoral es grande, presentando incluso rasgos de erosión marina sumergidos. Esto provoca que el sedimento sea bien clasificado en la línea de agua (0.37 ϕ , Fig. 24, Tabla 6) y moderadamente bien clasificado en la cara de la playa y la zona cercana a la costa (0.65 y 0.54 ϕ respectivamente).

IV.3.2.6. El sesgo de la distribución de tamaño del sedimento

La acción del oleaje sobre la playa provoca una remoción y esasez de partículas finas (Friedman, 1979). Esto conduce a una curva de distribución de frecuencia del tamaño del sedimento que tiende a ser simétrica, negativa o ligeramente positivamente sesgada. Friedman (1961 y 1967) expone que las partículas finas son mantenidas en suspensión por la energía de oleaje. Miller y Zeigler (1964) sugieren que el movimiento vertical del agua en la zona de rompiente, acarrea los tamaños finos del sedimento hacia arriba y de aquí son acarreados hacia el mar. Por otra parte, sesgos positivos han sido encontrados (Friedman, 1979; Andrews y van der Lingen, 1969) en playas en donde el aporte de materiales excede a la energía de oleaje permitiendo granos de tamaño fino.

La cara de las playas del litoral del Canal Cerralvo presentó, en general, sesgos negativos en las tres provincias (Tabla 6). Los sesgos positivos para este elemento se encontraron en tres localidades; dos de ellas, L3 y L6, asociadas a descargas de arroyos y la tercera L8, está sujeta a un proceso intenso de erosión, por lo que se podría decir que estas playas no están en equilibrio ambiental. Es notable la correlación negativa (de -0.72) del sesgo con la media de tamaño de grano, lo cual implica que, mientras que el sesgo varía de valores negativos a positivos la media lo hace de valores positivos a negativos.

La mayor parte de los sedimentos de la línea de agua tienen sesgos positivos altos (Tabla 6). Sólo la localidad L9 tiene un sesgo bajo de 0.23, pero debido a que presenta bimodalidad este dato no es muy representativo, de acuerdo a lo expuesto por Friedman (1967). Sesgos negativos con valores relativamente bajos se observaron en las localidades L10 y L11,

correspondientes al igual que la L9, a la provincia 3. Para este elemento de la zona litoral se observa cierta relación con el tamaño medio de grano (coeficiente de correlación = -0.76), de tal manera que a sesgos con valores altos le corresponde medias de tamaño de grano más grueso. La predominancia de sesgos positivos puede deberse a que la energía es alta, permitiendo el depósito de sedimento grueso como las gravas en una matriz arenosa, la cual provoca el sesgo positivo.

En la zona cercana a la costa la distribución de los sedimentos se sesga más hacia los gruesos (negativamente), que hacia los finos (positivamente). Sesgos positivos se encontraron en las localidades L3 y L4 de la provincia 2, en la localidad L9 de la provincia 3 y en la L8, lo cual parece estar relacionado a las características de energía que prevalecen en la línea de costa. Por otra parte, la correlación negativa con la media, es mayor en esta zona (-0.87), que en los otros dos elementos del perfil playero.

El sesgo en el material del cordón de dunas es negativo y la distribución de sus valores es irregular pues no muestra un patrón definido (Tabla 6), como en el caso de la media y de la clasificación, aunque en realidad son pocas muestras las que se tomaron, para poder hacer un buen juicio.

IV.3.2.7. La picudez de la distribución de tamaño del sedimento

Friedman y Sanders (1978), mencionan que la curva de distribución normal tiene una picudez de 3. Los valores de ésta para la distribución del tamaño del sedimento en la zona litoral del área de estudio fueron comúnmente mayores a 3 (Tabla 6). En la cara de la playa la estimación de éste parámetro varió comúnmente entre 3.7 y 4.6; un valor de 3.05 se encontró en la localidad L6, lo cual puede estar asociado a las descargas fluviales cuyos valores pueden ser incluso menores de 3. Estimaciones de picudez de 8.3,

14 y 17 se encontraron en las localidades L7, L9 y L3 respectivamente, lo cual se asocia con zonas de alta energía en donde los sedimentos están bien seleccionados. La picudez promedio para la cara de la playa fue de 6.87, que es un valor alto.

La estimación de la picudez para las distribuciones del tamaño de los sedimentos de la línea de agua es más variable. Las provincias 1 y 2 tienen los valores relativamente más altos, fluctuando entre 4.62 y 9.41 (Tabla 6), con un valor excepcional de 15 en la localidad L6. Esto contrasta con el valor relativamente bajo de 3.0, para la cara de la playa en la misma localidad. Esto puede indicar que la playa no está en equilibrio dinámico como lo establecen los patrones sedimentarios previos. La provincia 3 presenta valores estimados relativamente bajos que varían principalmente de 2.55 a 3.1 (tabla 6), con un valor máximo en la localidad L7 de 6.37 y un mínimo de 2.05 que corresponde a la localidad L9 en donde la distribución platicúrtica presenta bimodalidad. La picudez promedio de la distribución de tamaños de los sedimentos de la línea de agua considerando todas las localidades, fue de 6.79.

La zona cercana a la costa presenta estimaciones de picudez relativamente más bajos (Tabla 6), dando un promedio de 4.42, el cual a pesar de ello, está por arriba del valor considerado para una distribución normal (3). La localidad L1 de la provincia 1, presentó una distribución con picudez de 3.09 aproximándose así a una distribución normal, debido probablemente a que se localiza en una ensenada (área más o menos protegida), en donde la energía es baja. La provincia 2 presentó valores relativamente uniformes con un rango de 4.26 a 5.84, lo que indica una energía moderadamente alta. Las estimaciones para la provincia 3 presentan gran variación en un rango de 1.88 a 4.78. Este último valor corresponde a la localidad L7, siendo más

similar a los de la provincia anterior. El valor más bajo (1.88) corresponde a la localidad LI 1; si se asocia a la bimodalidad de la distribución de tamaño de grano, se infieren condiciones de energía muy variables, de tal manera que probablemente durante las tormentas el sublitoral recibe sedimentos, tanto de la playa, como de las descargas fluviales.

Kennett (1982) menciona la importancia de las corrientes de marea en la redistribución de sedimentos en la zona cercana a la costa, especialmente en ciertos mares cerrados y golfos semicerrados.

Roden (1964) afirma que las derivas de barcos en el Golfo de California indican que las corrientes son principalmente hacia el sureste en invierno y primavera y hacia el noroeste en verano y otoño. También cita que en estrechos entre islas y la costa predominan las corrientes de marea. Estas pueden alcanzar velocidades entre 1 m/s y 3 m/s (6 nudos) y pueden ser acompañadas por fuertes rompientes y remolinos impresionantes (U. S. Hydrographic Office, 1951). Con velocidades de corrientes de deriva de 10 a 15 cm/s (Roden, 1964) y usando la gráfica de movimiento del sedimento de acuerdo al tamaño promedio de grano y velocidad media del flujo, propuesta por Sundborg (1967), el transporte de sedimentos sería básicamente en suspensión, acarreando partículas con tamaño promedio menor a las arenas muy finas (0.1 mm). Sin embargo, las velocidades máximas de corrientes de marea de 1 y 3 m/s, encontradas por la U. S. Hydrographic Office (1951), podrían mover incluso carga del lecho con tamaños promedio en el rango de gránulos en el primer caso (1 m/s) y hasta guijarros en el segundo caso (3 m/s). Sin embargo, en el Canal Cerralvo no se han medido corrientes de marea, por lo que no sería correcto dar explicaciones tomando lo anterior como base. Por otra parte, de acuerdo a la morfología del Canal Cerralvo, se esperaría que las velocidades sean

mayores a lo largo del eje del canal y menores sobre las plataformas, teniendo así poco efecto sobre las muestras obtenidas.

Las estimaciones de picudez para el cordón de dunas fluctuaron entre 5.39 y 5.57, correspondiendo el primero, a la muestra d59 (Tabla 5) y el segundo a la d61. Las dunas en Punta Arena presentan una estimación de picudez intermedia de 5.43. Esta distribución de valores de picudez es similar a la distribución del sesgo.

Por último, la localidad L8 presenta una estimaciones de picudez, en sus tres elementos, muy particulares a pesar de que sus distribuciones de frecuencia son modales. En la cara de la playa se encontró un mínimo de 4.87, contrastando con las demás localidades en donde comúnmente, esta estimación para la cara de la playa fue mayor que para los otros elementos de la zona litoral. La zona cercana a la costa presentó un valor alto (7.63), denotando que está expuesta a una energía mayor que la de la cara de la playa. La línea de agua tiene el máximo valor estimado (10.42), lo cual es común en otras localidades.

IV.3.3. Plataformas marinas, talud y cuenca profunda

La mayoría de las muestras tomadas en el ambiente marino adyacente a la península en el Canal Cerralvo, corresponden a sitios que se localizan sobre una plataforma, considerada de abrasión por Van Andel(1964)(Figs. 14 y 15); las muestras ml y m2 están sobre el talud. De las muestras adyacentes a la Isla Cerralvo, la m29 está sobre una plataforma similar a la descrita anteriormente y las otras dos muestras se localizan en lo que parece ser un talud continental.

IV.3.3.1. Procesos de transporte y depósito del sedimento

Wegel (1972) sugiere que para determinar los procesos de transporte y depósito en el ambiente marino se requiere del conocimiento de los movimientos de los fluidos que agitan y transportan a los sedimentos. A estos flujos los clasifica como corrientes inerciales, geostróficas, de gradientes y ciclostróficas. Además agrega que, en las regiones cercanas a la costa, las corrientes a lo largo de ésta, inducidas por rompientes de oleaje y corrientes de marea son muy eficientes para mover sedimentos.

IV.3.3.2. Distribución del tamaño del sedimento

El tamaño de grano del sedimento del Canal Cerralvo es variable, desde arenas muy gruesas e incluso gránulos, hasta limos y arcillas. De las 13 muestras del Canal Cerralvo, 8 tienen una distribución de frecuencia de tamaño de grano modal (Fig. 25); dos presentan distribuciones bimodales; en la ml ésta es muy marcada y en la mí 3, localizada en la margen de la isla, dicha bimodalidad es incipiente. Las distribuciones polimodales se observan en las muestras m15, m16 y m17, localizadas en la Bahía La Ventana.

Van Andel(1964), encuentra que los sedimentos del Golfo son principalmente bimodales (68%) y se hacen modales hacia las áreas cercanas a la costa. En esta situación se encuentran las muestras del Canal y en general presentan el mismo patrón; sin embargo las muestras en la Bahía La Ventana son polimodales, debido probablemente a que en esta parte no existe la energía suficiente para lograr una buena clasificación del sedimento.

IV.3.3.3. Composición textural del sedimento

El Canal Cerralvo presenta cuatro tipos de sedimento. En la parte ubicada

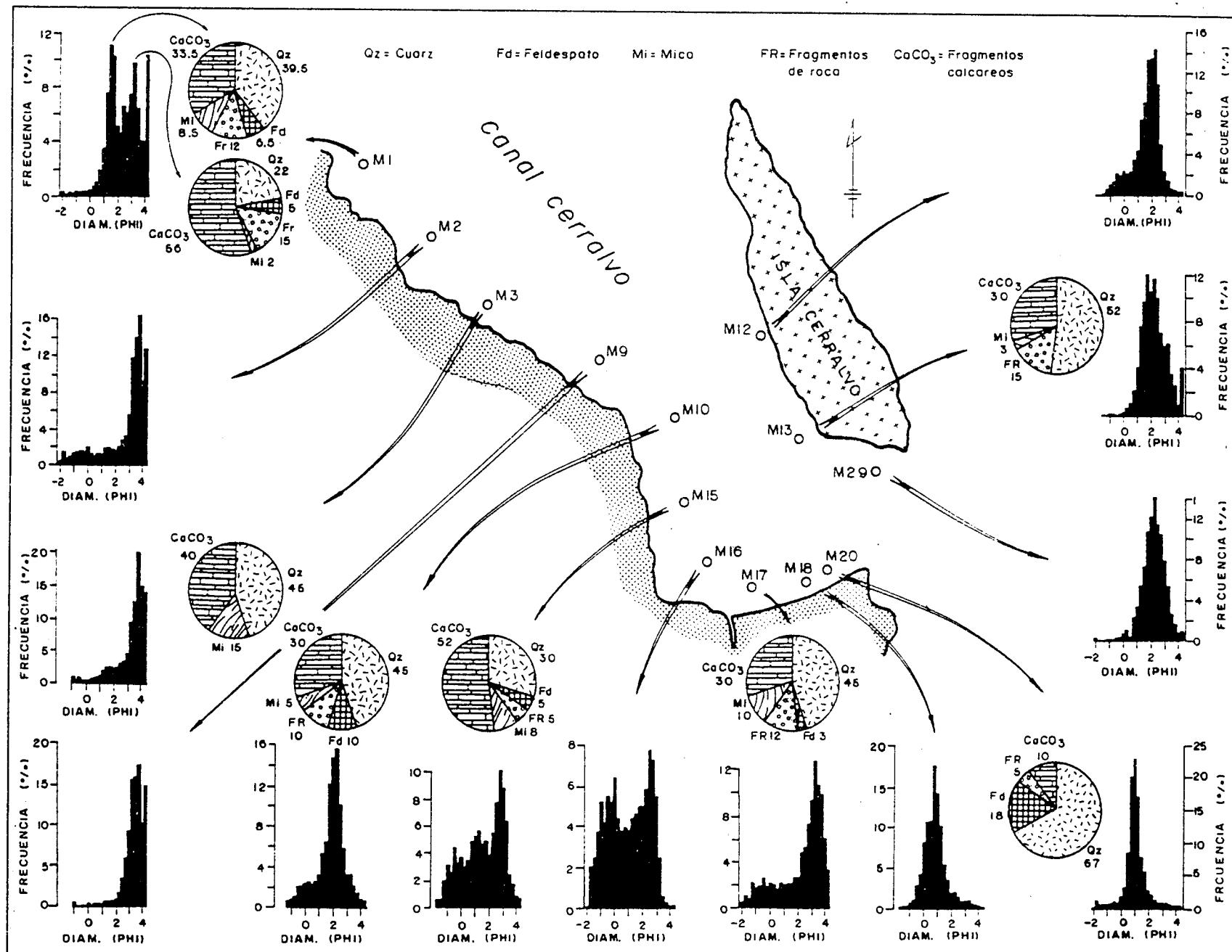


Figura 25. Histogramas y diagramas "Pie" de la composición mineral del sedimento del Canal Cerralvo.

al frente de las provincias litorales 1 y 2 (muestras m1, m2, m3 y m9), predominan las arenas lodosas con trazas de grava y arenas lodogravosas (ArLo(gr) y ArLoGr, respectivamente, Tabla 7, Fig. 26), aunque también arenas lodogravosas se localizan frente a La Bocana, al sur del canal. La Ensenada La Ventana (muestras m15 y m16), está caracterizada por sedimento arenogravoso (ArGr, Tabla 7, Fig. 26) y las arenas con trazas de grava (Ar(Gr)), se distribuyen en el límite de las provincias 2 y 3 (muestra m10), en la parte oriental de la provincia 3, próxima a la salida sur del Canal Cerralvo (m18 y m20) y en la zona adyacente a la Isla Cerralvo (muestras m12, m13 y m29, Fig. 26).

Debido a que las muestras se tomaron en profundidades que varían entre 27 y 100 m, excepto la m12 con 189 m de profundidad, y a que la mayor parte de ellas son cercanas a la costa, entre 0.8 a 3.8 Km, la composición textural no muestra variabilidad afectada por estos factores; sin embargo, sí muestra una relación estrecha con las fuentes de aporte y la probable energía a que está sujeto el sedimento.

Las arenas lodosas con trazas de grava y arenas lodogravosas, se localizan en una parte donde los aportes fluviales son numerosos y las corrientes marinas no parecen tener gran influencia, pues allí el canal es más abierto. Esto permite que el sedimento fino depositado, no sea transportado por las corrientes. Las arenas con trazas de gravas están depositadas en donde los aportes fluviales no están cercanos. Esto permite que la influencia de la energía marina (corrientes) sea reflejada más claramente; el sedimento fino es transportado y las gravas escasamente llegaron a estas zonas, quedando únicamente como trazas. Pero en la Ensenada La Ventana, la influencia de las descargas con poco material fino se puede observar en el incremento de las gravas, dando lugar a las arenas gravosas.

Tabla 7. Composición textural del sedimento marino del Canal Cerralvo.

MUESTRA	MEDIA (ϕ)	PORCIENTO DE:			CLASIFICACION DE FOLK (1974)	CLASIFICACION DE LA MEDIA (WENTWORTH, 1922)
		GRAVAS	ARENAS	LODO		
M1	2.29	0.9	88.7	10.3	Arena lodoso c/traz. grava	Ar media
M2	2.69	12.1	76.2	11.7	Arena lodo gravosa	Ar muy fina
M2+F	5.49	8.8	55.6	35.6	Arena lodo gravosa	Limo medio
M3	3.08	0.9	85.2	13.9	Arena lodoso c/traz. grava	Ar muy fina
M3+F	5.49	0.6	61.7	37.6	Arena lodoso c/traz. grava	Limo medio
M9	3.26	0.5	84.6	14.9	Arena lodoso c/traz. grava	Ar muy fina
M9+F	6.01	0.7	72.4	26.9	Arena lodoso c/traz. grava	Limo fino
M10	1.70	1.2	98.2	0.5	Arena c/traz. grava	Ar media
M12	1.54	1.8	97.9	0.2	Arena c/traz. grava	Ar media
M13	2.11	0.1	95.9	4.0	Arena c/traz. grava	Ar media
M15	1.44	6.9	92.5	0.6	Arena gravosa	Ar fina
M16	0.85	13.5	86.3	0.2	Arena gravosa	Ar fina
M17	2.19	7.3	89.5	3.2	Arena gravosa	Ar muy fina
M17+F	5.98	7.3	69.3	23.4	Arena lodo gravosa	Limo medio
M18	0.72	1.4	98.4	0.2	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
M20	0.90	2.9	97.0	0.1	Arena c/traz. grava	Ar gruesa
M29	2.05	0.6	98.4	0.9	Arena c/traz. grava	Ar fina

Ar = Arena

c/traz. = con trazas de

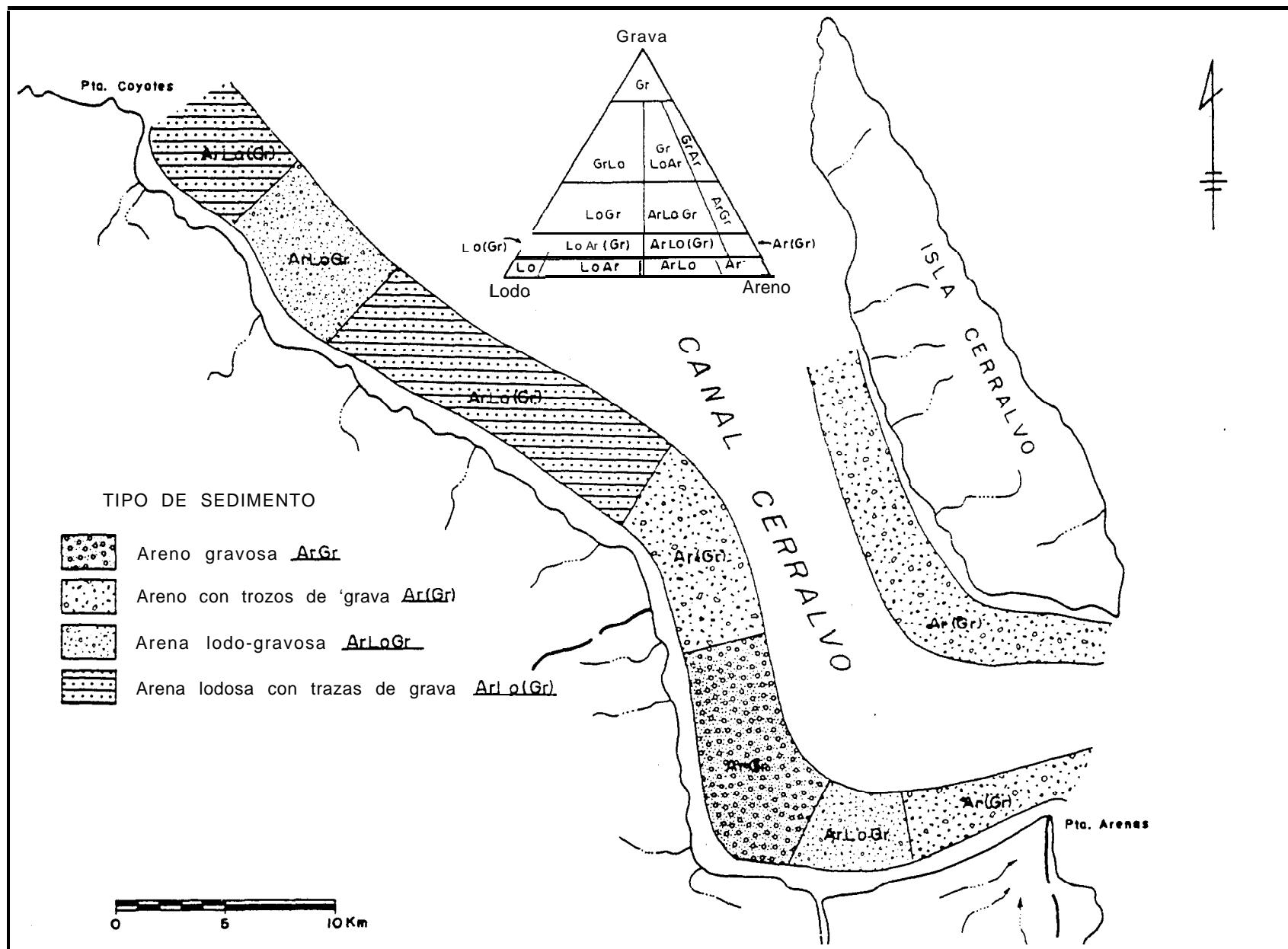


Figura 26. Composición textural del sedimento marino del Canal Cerralvo, de acuerdo al diagrama ternario de Folk (1974).

Frente a La Bocana, la influencia de la descarga fluvial con un porcentaje muy alto de material fino, da como resultado las arenas lodogravosas de la muestra m17. Como se puede observar en la figura 26, la influencia de la descarga de La Bocana no alcanza a la posición de la m16 (0.2% de limo-arcilla), por lo que se podría considerar que la corriente marina es débil en esta ensenada y se desplaza con direcciones noroeste y sureste.

IV.3.3.4. La media del sedimento

Las muestras del área adyacente a la península, en el Canal Cerralvo son pocas (10 muestras), no se obtuvieron a una profundidad uniforme, ni los sitios están equidistantes a la costa. Estos factores pueden contribuir a enmascarar las posibles tendencias en los valores de la media. Por otra parte, la variabilidad geomorfológica de la línea de costa y la distribución irregular de las descargas fluviales, son otros factores propios del ambiente que podrían afectar el depósito de sedimentos.

Con respecto a la profundidad, el sedimento adyacente a la península no muestra un patrón de distribución en el tamaño promedio del sedimento. En general se observa que las medias son menores de 2.00 ϕ en profundidades menores a 45 m (Tabla 8, Fig. 27); en profundidades mayores y hasta 83 m, la media es mayor de 2.0 ϕ , para después variar entre 1.0 y 2.7 ϕ en profundidades mayores a los 83 m. Considerando la distribución de la media con respecto a la distancia a la línea de costa, en la medida en que esta distancia se incrementa, el tamaño promedio del sedimento disminuye (Tabla 7), aunque las muestras m10, m15 y m16, provocan que esta relación se vea afectada por lo que se consideran valores anómalos.

La variación de la media a lo largo del canal, en el área adyacente a la península, muestra un burdo patrón de distribución. En la parte noroeste, de

Tabla 8. Parámetros texturales del sedimento marino del Canal Cerralvo.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	MEDIA (ϕ)	DESVIACION ESTANDAR (ϕ)	SESGO	PICUDEZ
m1	59	2.29	1.15	-0.34	3.09
m2	94	2.69	1.56	-1.46	4.09
m3	81	3.08	1.13	-1.72	5.72
m9	72	3.26	0.79	-2.14	10.32
m10	83	1.70	1.02	-0.68	3.55
m12	189	1.54	0.97	-0.85	3.76
m13	108	2.11	0.89	0.24	2.95
m15	99	1.44	1.42	-0.40	2.10
m16	83	0.85	1.47	-0.10	1.78
m17	45	2.19	1.60	-1.03	2.94
m18	27	0.72	0.87	0.82	4.70
m20	36	0.90	0.75	-0.22	6.96
m29	36	2.05	0.86	-0.72	5.00

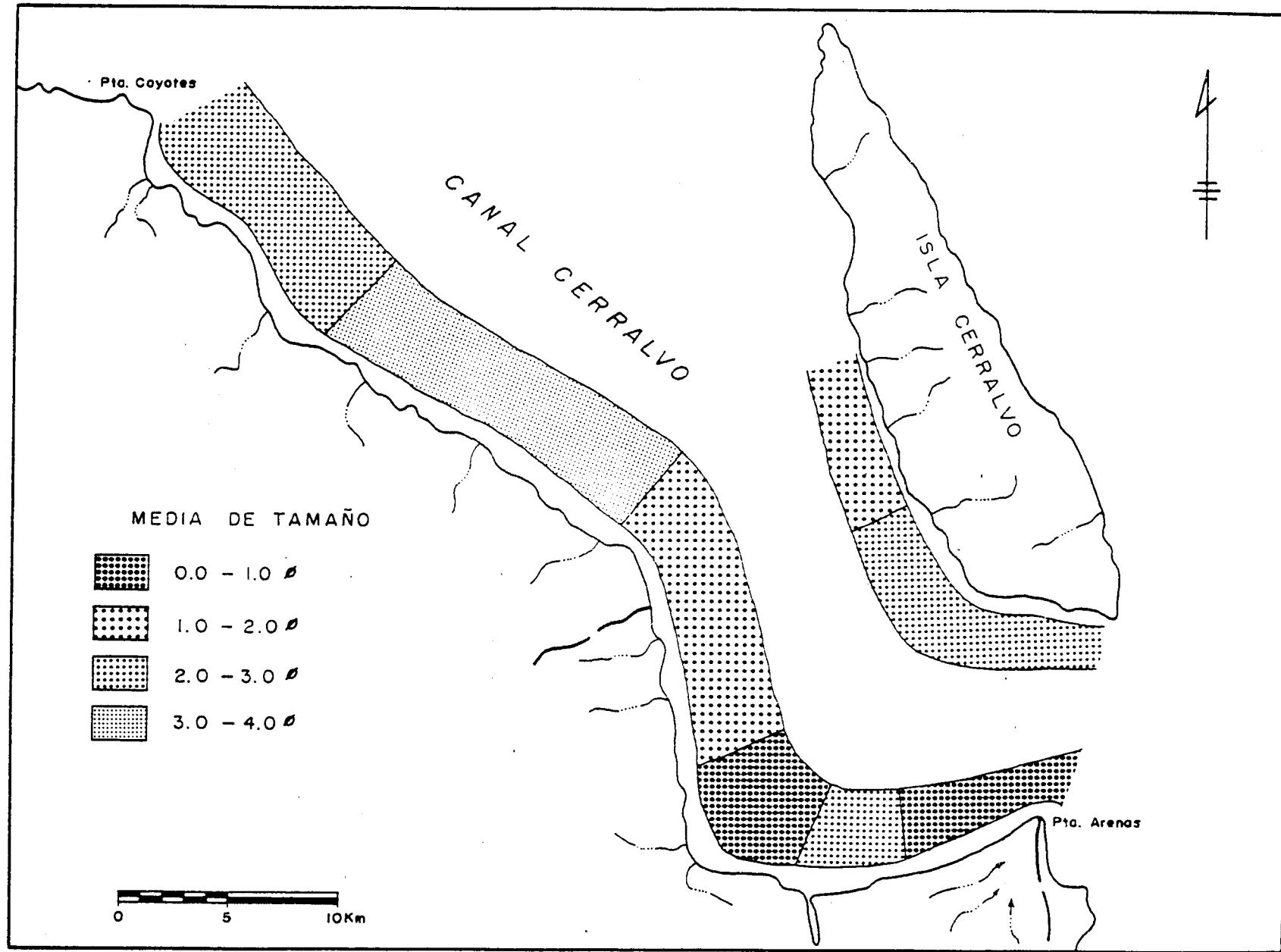


Figura 27. Distribución de la media del tamaño del sedimento marino del Canal Cerralvo.

la muestra m1 a la m9, la media crece desde un valor de 2.29 a 3.26 ϕ (Fig. 27). De la muestra m10 a la m16, el patrón se invierte disminuyendo la media desde 1.7 a 0.85 ϕ . Las demás muestras no presentan patrón alguno. Las muestras de la margen contigua a la isla no muestran un patrón de distribución de la media.

IV.3.3.5. La desviación estándar del sedimento

Este parámetro, al igual que la media, se ve afectado por factores similares, aunque es más sensible a los cambios de energía o a la magnitud de la misma. De las muestras adyacentes a la península, se observa que la clasificación, con respecto a la profundidad, no presenta un patrón de distribución en la plataforma interna; sin embargo, en profundidades mayores de los 70 m o plataforma externa, la clasificación disminuye con incremento en profundidad (Tabla 8). Las muestras de profundidades mayores de 80 m, son de moderadamente clasificadas a pobemente clasificadas (Tabla 8, Fig. 28); en profundidades menores hay una mayor variación en la clasificación del sedimento, pudiendo caer en grados desde moderadamente bien clasificado a pobemente clasificado. Esto puede significar que la energía disminuye con incremento en profundidad.

Las muestras de la margen de la Isla (Fig. 28), presentan una relación inversa con la profundidad, disminuyendo la clasificación con incremento de la profundidad. Sin embargo por el número de muestras (tres), esta conclusión debe ser tomada con reserva.

La variación del grado de clasificación del sedimento, respecto a la distancia a la costa para los sedimentos de la margen de la península, presenta también una relación estrecha (coeficiente de correlación = 0.85), de tal manera que el sedimento más alejado de la costa está menos

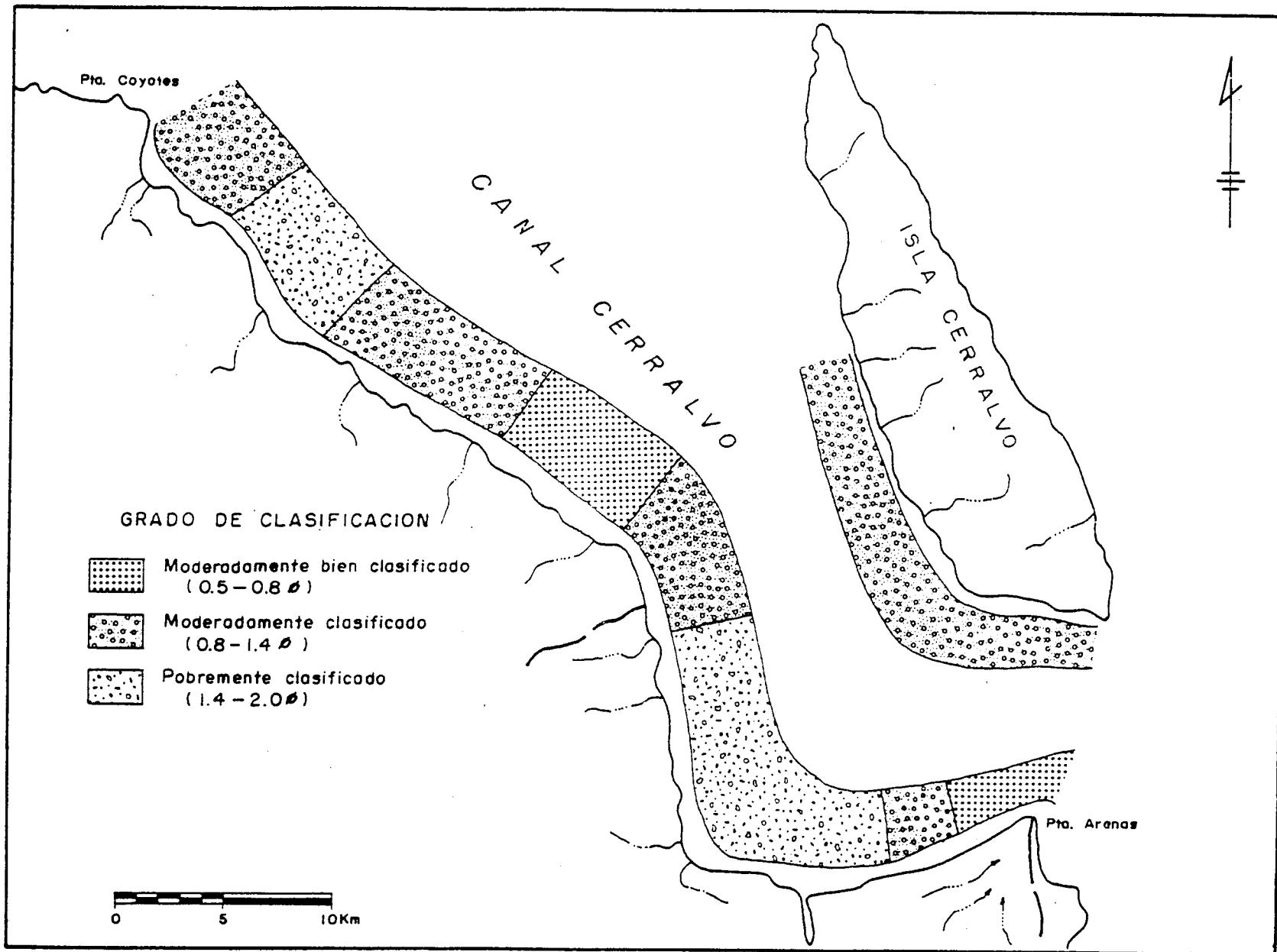


Figura 28. Distribución del grado de clasificación del sedimento del Canal Cerralvo, de acuerdo a Friedman (1962).

clasificado lo cual puede significar, de la misma manera, que la energía disminuye al alejarse de la costa. Las muestras m9 y m10 se salen de esta tendencia, por lo que se les consideran valores anómalos. La clasificación del sedimento de la margen de la isla es azarosa.

La clasificación del sedimento a lo largo del canal, para las muestras de la plataforma adyacentes a la península, no presentan un patrón bien definido. Pero para la porción comprendida entre las muestras m10 y m17, la tendencia es de moderada a pobremente clasificadas, en dirección de norte a sur (Fig. 28), para luego incrementarse de la m17 a la m20, desde pobre a moderadamente bien clasificadas en dirección de oeste a este. Esto sugiere que en la la plataforma de la Ensenada La Ventana (muestras m15, m16 y m17), la energía es relativamente baja, presentando clasificaciones pobres.

De un análisis general, los parámetros anteriores de media y grado de clasificación del sedimento sugieren que el primero guarda una relación estrecha con la fuente de aporte del sedimento y la segunda tiene una mayor influencia con energía del ambiente, una vez que el sedimento ha llegado a ser depositado en ese sitio.

IV.3.3.6. El sesgo y la picudez de la distribución de tamaño del sedimento

Debido a que de las muestras contiguas a la península, cuatro son bimodales y una trimodal, el análisis que se haga de ellas puede no ser completamente válido. Asimismo, de las muestras próximas a la isla una es bimodal y las restantes modales. Quizás con tan pocas muestras sea difícil hacer una interpretación adecuada. Por razones similares van Andel no hace una interpretación de estos parámetros.

Comúnmente el sesgo es negativo, excepto en las m18 y m13. De estas muestras, la primera se localiza en la parte sur del Canal Cerralvo contigua a

la península, y el sesgo positivo puede deberse a que la energía es relativamente baja y tiene aporte desde la playa y desde la descarga fluvial de sedimento fino (arena muy fina y limo) de La Bocana, de la cual la t55 da una media de 3.0ϕ . El sesgo positivo de la m13 tiene un valor relativamente bajo el cual no está tan fuera de lo común. Sin embargo, la muestra está ubicada en una zona protegida, de acuerdo a lo que se observa en los rasgos batimétricos, ya que es un talud a sotavento de la isla. Esto permite el depósito de material fino, además de las arenas finas que puede estar aportando la estrecha plataforma del sur de la Isla Cerralvo.

La variación del sesgo, al igual que la picudez, es independiente de los cambios de profundidad y distancia a la costa, ya que los índices de correlación son muy bajos. Si sólo se consideran muestras unimodales, se ve cierta variación de estos parámetros con respecto a la profundidad, de tal manera que el sesgo tiene una mayor desviación hacia valores negativos con incremento de profundidad y se observa una disminución en el caso de la picudez.

A lo largo de la costa, el sesgo muestra una tendencia general en dirección de norte a sur, lo cual en la picudez no se observa. Sin embargo, tanto el sesgo como la picudez muestran dos partes con una tendencia muy marcada. Una de ellas está definida por las muestras comprendidas entre la ml y la m9 en donde, en dirección de noroeste a sureste, el sesgo se carga más hacia los negativos, mientras que la distribución de tamaño de grano se hace más leptocúrtica. La otra parte está comprendida de la m9 a la m16 y en ésta, en sentido de norte a sur, el sesgo aunque negativo tiende a cero; la distribución de tamaño de grano tiende a hacerse platicúrtica. De las muestras m17 a m20, sólo la picudez tiende a incrementar su valor en sentido de oeste a este.

Por otra parte, en muestras cercanas a descargas fluviales, se observa que el sesgo tiene valores negativos cercanos a cero e incluso positivos, mientras que sesgos con valores negativos altos, se localizan en zonas alejadas de descargas fluviales. De igual manera la picudez tiende a ser platicúrtica en zonas asociadas a descargas fluviales, como las muestras m1, m15, m16 y m17 y es de leptocúrtica a muy leptocúrtica en zonas alejadas a descargas fluviales, alcanzando valores de 10.3 (muestra m9).

Las muestras de la margen de la isla no muestran patrones de distribución del sesgo y la picudez, por lo que sólo se puede decir que la muestra m29, de la plataforma al sur de la isla (Fig.15), tiene un sesgo de -0.72 y una picudez de 5, denotando ser bien clasificada. La muestra m13, localizada en el límite del talud superior y plataforma externa, tiene un sesgo positivo (0.241, evidenciando un ambiente de poca energía que permite la sedimentación de finos. La muestra m12, ubicada en el talud, muy cercana a la costa, tiene sesgo negativo (-0.851, debido, probablemente, al aporte de material grueso de playa en baja cantidad, de tal manera que afecta poco a la distribución de tamaño de grano, pues su índice de picudez corresponde a una curva mesocúrtica.

En resumen, las muestras adyacentes a la península corresponden, en lo general, a un ambiente de plataforma en el que las variaciones del sedimento están en función, principalmente, de la ubicación de las fuentes de aporte, denotando la influencia del arroyo El Coyote, sobre la muestra m1 y en menor grado probablemente la m2. Los arroyos que drenan los abanicos 1 y 2, influyen en el sedimento de las muestras m15 y m16, y la descarga de La Bocana influye en las muestras m17 y m18; probablemente las dunas tengan influencia sobre la muestra m20.

También pueden ser identificados ciertos ambientes de energía como son

el de la porción noroeste en donde ésa se incrementa de noroeste a sureste, o sea de la muestra m1 a la m10 y de esta última la energía comienza a disminuir hacia el sur, hasta ser mínima en la Ensenada La Ventana (muestra m16). De ahí nuevamente la energía se incrementa hacia el este hasta la salida sur del Canal Cerralvo (m20).

De las muestras de la isla es difícil señalar algunas características, sin embargo, lo diferente de sus parámetros se debe a que corresponden a ambientes muy diferentes, lo cual se observa claramente al relacionarlo con la batimetría.

IV.3.4. Gráficas de dispersión

Se elaboraron gráficas de dispersión de las muestras entre los sistemas deposicionales estudiados y dentro de ellos, contrastando los parámetros texturales de media, desviación estándar, asimetría y picudez. No todas las gráficas aportan información provechosa para distinguir agrupamientos de muestras entre los diversos ambientes.

La gráfica de dispersión, que da los mejores agrupamientos de las muestras correspondientes a los diversos sistemas depositacionales, es la de desviación estándar contra media (Fig. 29(a)). En esta gráfica se pueden marcar claramente los límites de los agrupamientos y sólo escasas muestras se mezclan con otros ambientes. Así, al considerar sólo los sedimentos fluviales, litorales y de duna (Fig. 29(b)), se observa que las muestras del litoral L1a y L1c se mezclan con las fluviales debido, probablemente, a que la primera tiene sedimentos que quizás provienen de dos fuentes; las descargas fluviales y la erosión de acantilados que contienen gravas pleistocénicas, mientras que la L1c pertenece a un ambiente de baja energía, incapaz de clasificar el material, por lo que éste permanece en forma

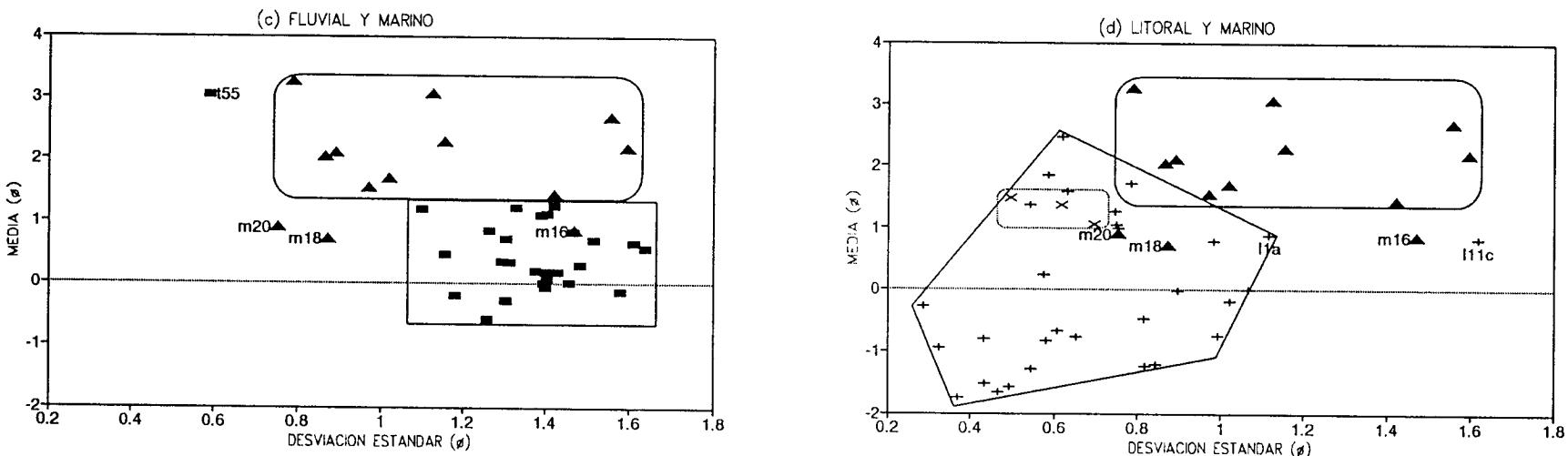
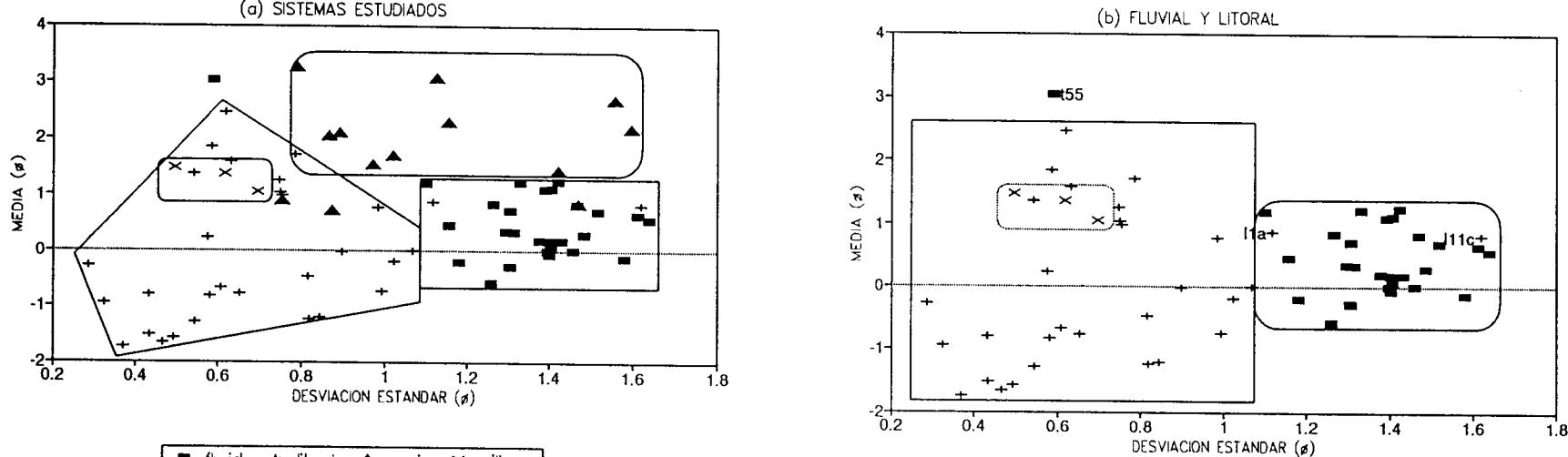
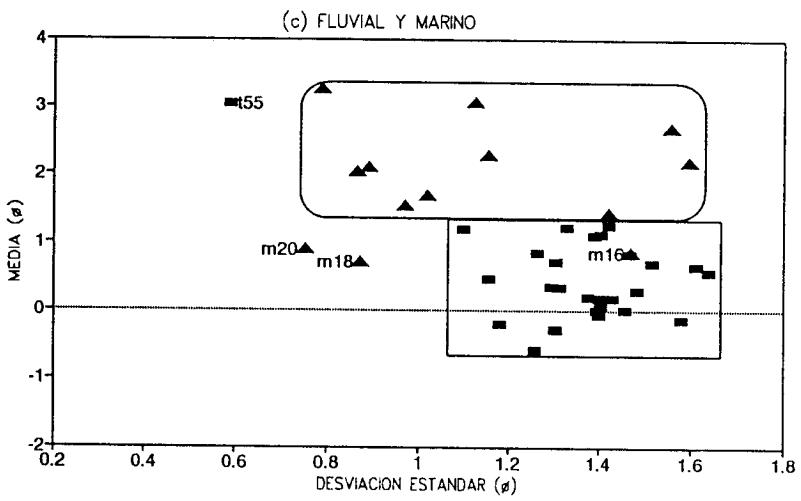
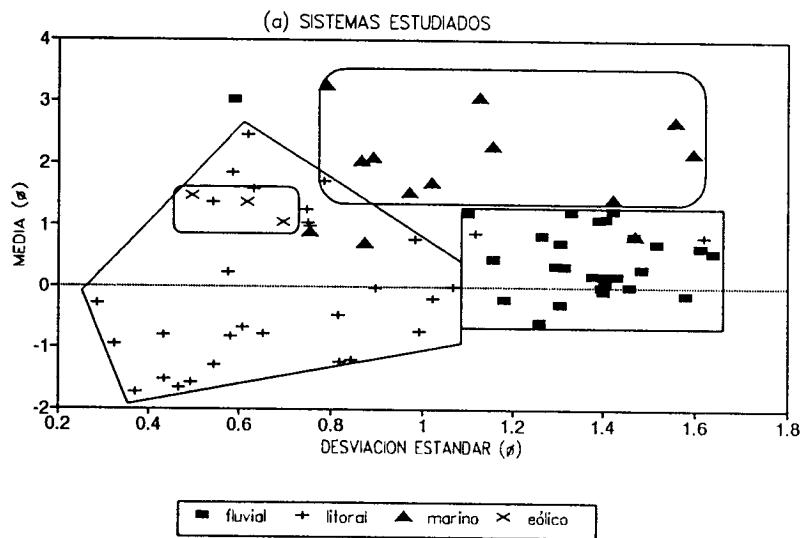


Figura 29. Gráficas de dispersión de desviación estándar contra media para los sistemas: (a) estudiados; (b) fluvial y litoral; (c) fluvial y marino; y (d) litoral y marino.

caótica. Las muestras fluviales no se mezclan dentro del grupo de las litorales y sólo la t55 guarda una posición muy alejada del grupo principal de las fluviales.

La figura 29(c) muestra una gráfica de desviación estándar contra media, para los sistemas fluvial y marino, en la que se observa una buena diferenciación entre los ambientes, excepto para las muestras m16 y t55. La primera se localiza en la Ensenada La Ventana que, como ya se señaló con anterioridad. Probablemente la poca energía que debe existir en esa área no es suficiente para clasificar el material depositado. La t55 se separa del grupo de las fluviales por corresponder a la parte distal del sistema de abanicos, en donde la energía es baja y el sedimento es muy fino.

La figura 29(d) corresponde a los ambientes litoral y marino, en donde la agrupación correspondiente es muy buena y sólo hay mezcla de las muestras m20, m18 y LI 1c. Las dos primeras aparecen mezcladas con las litorales, debido, probablemente, a que fueron tomadas de la plataforma, cerca de la línea de costa, por lo que reciben influencia de la misma. Además, estas muestras se localizan cerca del talud, en los flancos de lo que propiamente es el canal, por lo que la energía por corrientes marinas es relativamente alta. La LI 1c, mezclada con las marinas, se describió anteriormente como un sedimento de baja energía.

Para la diferenciación de los sistemas fluvial y marino son también efectivas las gráficas de media contra asimetría, media contra picudez, desviación estándar contra asimetría y asimetría contra picudez, mostradas en la figura 30. En estas gráficas se observa que la muestra m16 se encuentra traslapada con las fluviales en las cuatro gráficas, lo que significa que esta muestra se depositó bajo condiciones muy variables de energía, como sucede con los sedimentos fluviales. De igual manera las muestras m18 y m13,

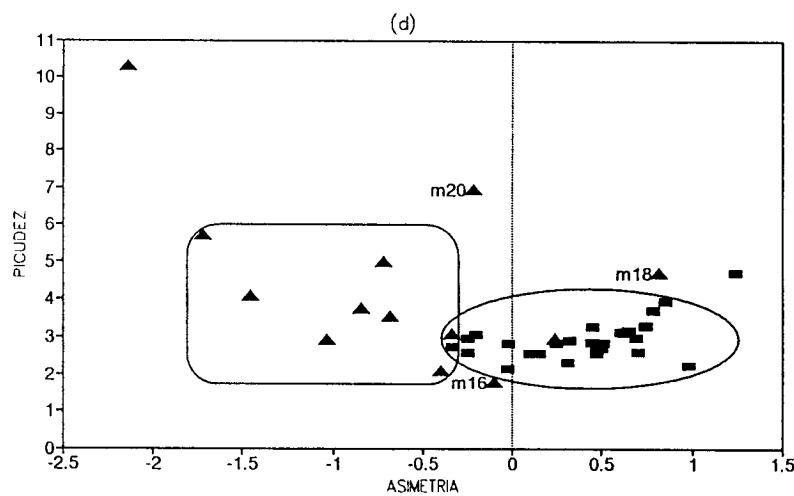
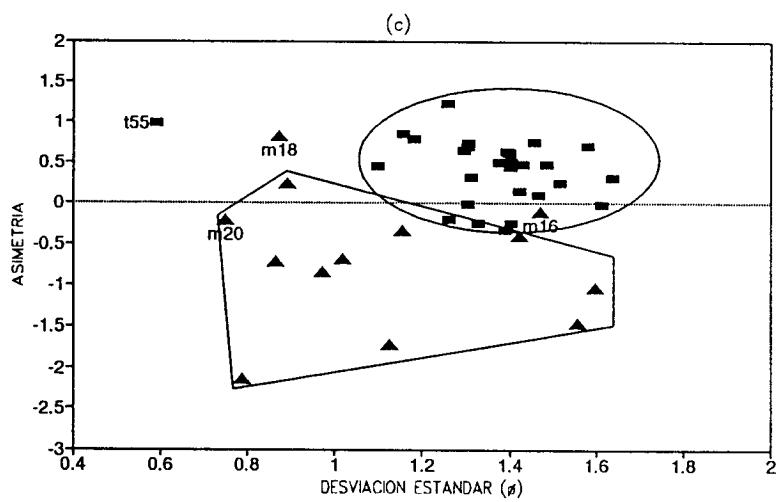
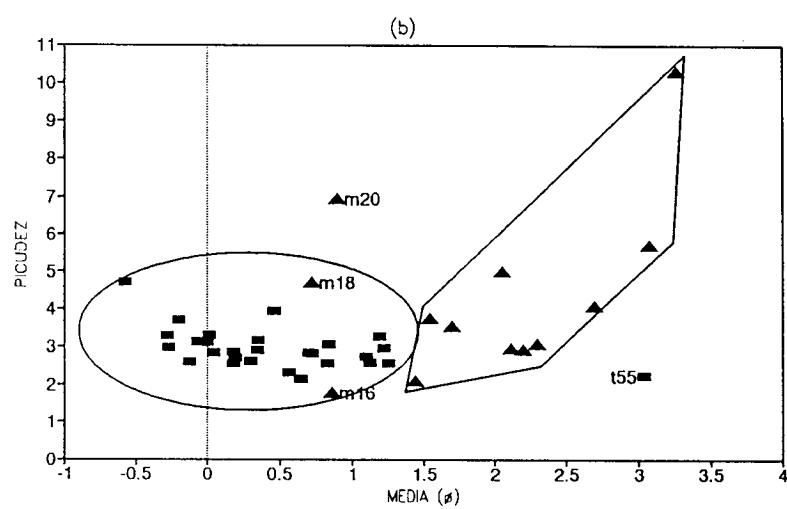
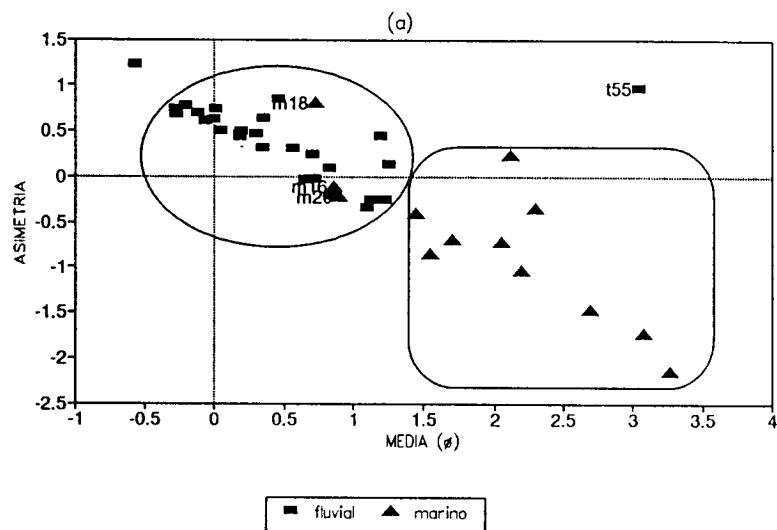


Figura 30. Gráficas de dispersión para los sistemas fluvial y marino, correspondientes a: (a) media vs asimetría; (b) media vs picudez; (c) desviación estándar vs asimetría; y (d) asimetría vs picudez.

aparecen mezcladas con las fluviales en tres de las cuatro gráficas. La m15 se encuentra cerca de la m16, ésto es porque ambas muestras tienen características de picudez muy parecidas. La m20 sólo se observa traslapada en la gráfica de media contra asimetría (Fig. 30(a)), lo cual puede no considerarse como significativa.

Las gráficas de desviación estándar contra asimetría y desviación estándar contra picudez, para los sistemas fluvial y litoral, dan buenos agrupamientos (Fig. 31). En la primera de estas (Fig. 31 (a)) aparece mezclada la muestra litoral L1 íc, y un poco menos traslapadas la L1 a y L9b, con las fluviales, lo cual se debe a que tienen valores de desviación estándar altos. De igual manera en la gráfica de desviación estándar contra picudez (Fig. 31 (b)), las mismas muestras aparecen mezcladas por la misma razón, aunque la L9b está un poco alejada del grupo general de las fluviales. La muestra fluvial t55, correspondiente a una zona de inundación, aparece mezclada con las litorales en ambas gráficas, debido a que su valor de desviación estándar es bajo en relación al resto de las muestras fluviales.

Para una diferenciación entre los sistemas litoral y marino la única gráfica de dispersión con buen agrupamiento es la de desviación estándar contra media, explicada anteriormente (Fig. 29 (d)) y otras gráficas entre los diferentes parámetros dan mucho traslape.

Los agrupamientos dentro de los sistemas deposicionales estudiados no fueron claros; sin embargo, la manera en que se presentan algunos traslapes puede resultar interesante. La figura 32 muestra las gráficas de dispersión de desviación estándar contra media y media contra picudez del sistema de abanicos en donde se diferencian los ambientes fuente, proximal, media y distal. En la primera de estas gráficas (Fig. 32(a)) se observa que el ambiente fuente está dentro del proximal y, a su vez, están entrelazados al distal por la

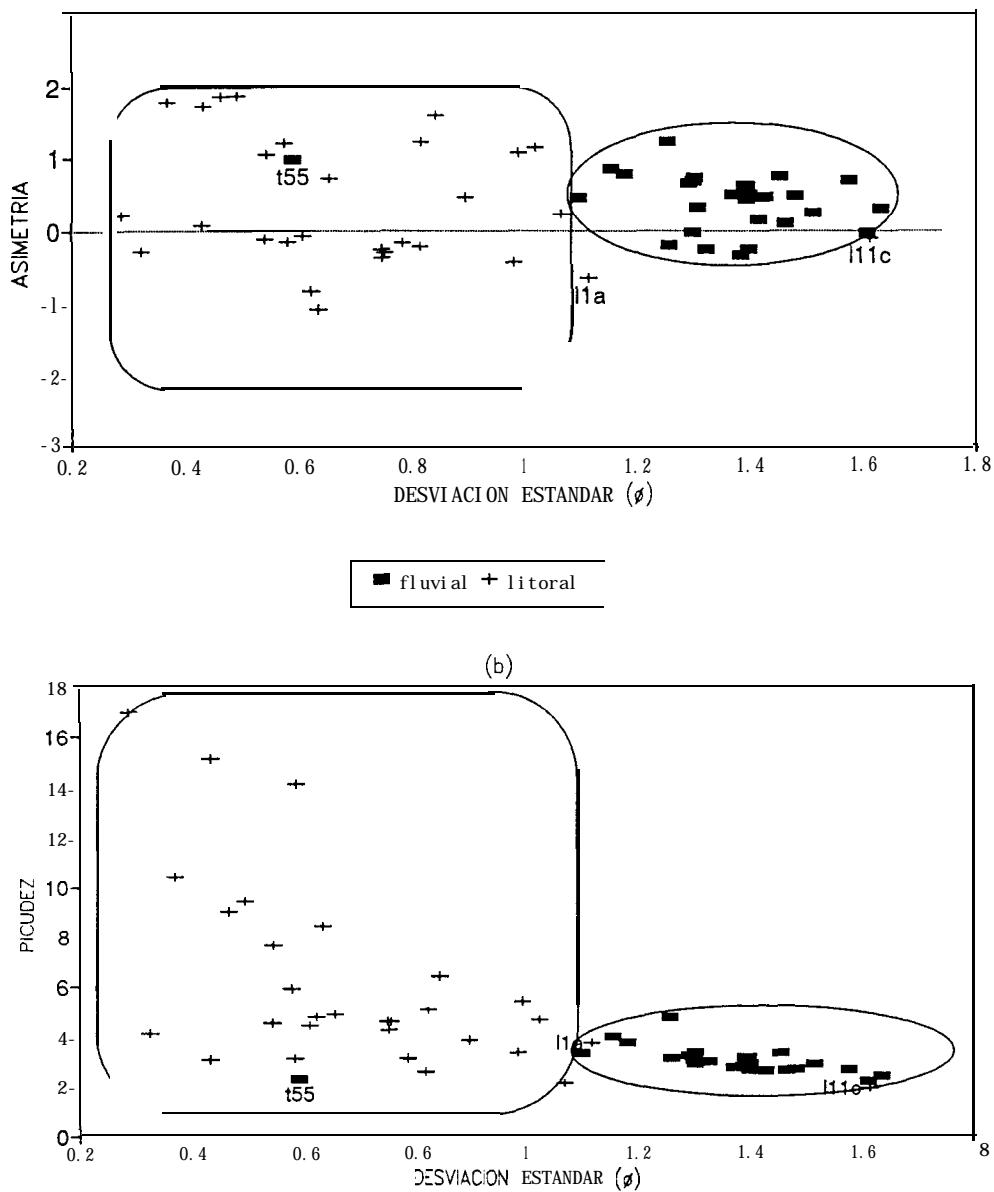


Figura 31. Gráficos de dispersión para los sistemas fluvial y litoral, correspondientes a:
 (a) desviación estándar vs asimetría; y (b) desviación estándar vs picudez.

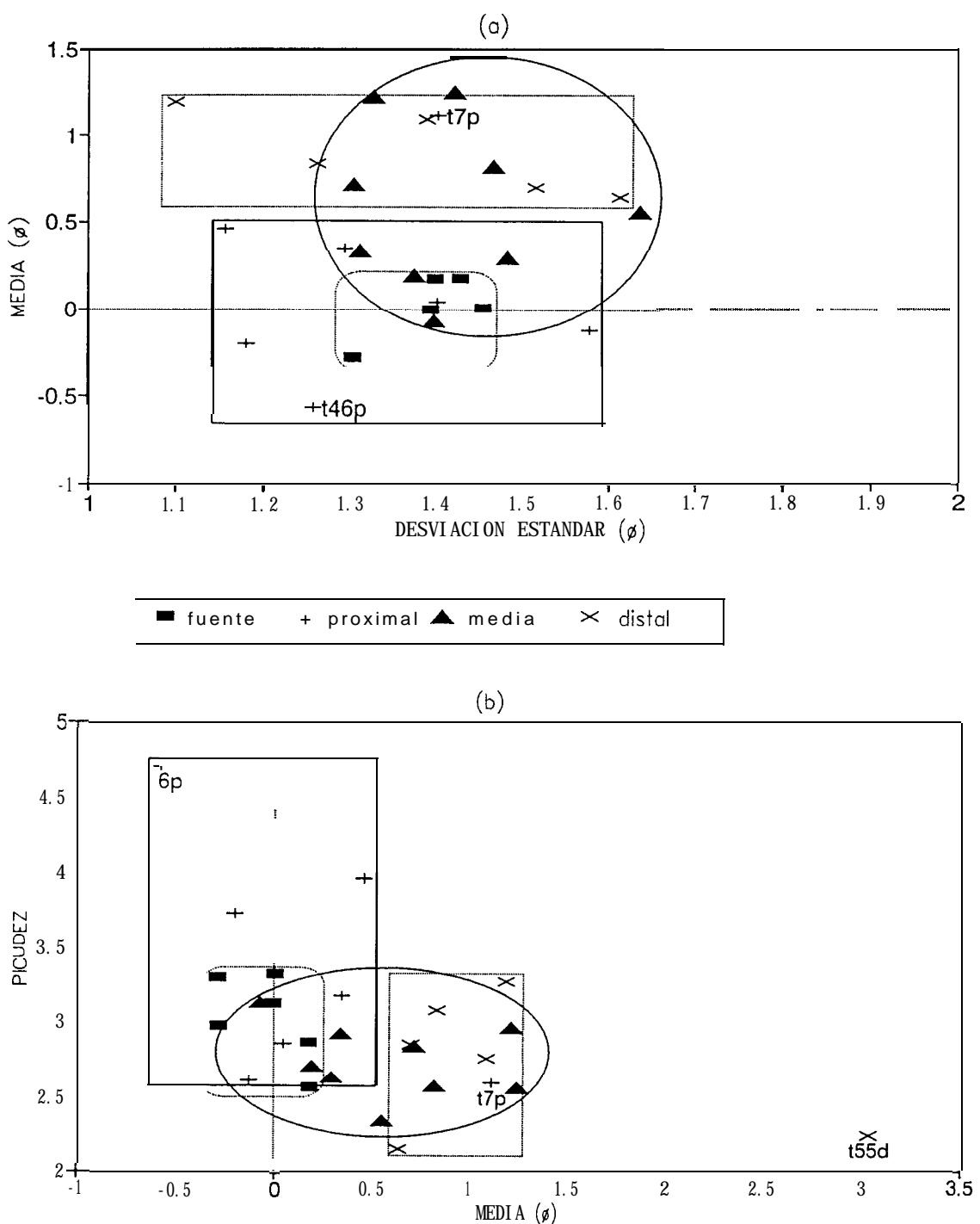


Figura 32. Gráficas de dispersión para el sistema de abanicos, correspondientes a: (a) desviación estándar vs media; y (b) media vs picudez.

porción media. La muestra t55 queda muy alejada del resto y aunque corresponde a una parte distal, tiene características muy específicas de una zona de inundación. En la gráfica de media contra picudez (Fig. 32(b)) las áreas fuente y proximal están mezcladas y enlazadas a la distal por la facie media, mostrando una tendencia similar a la anterior.

En los diagramas de dispersión para el sistema litoral es difícil diferenciar agrupamientos, por lo que sólo se presenta uno de ellos en la figura 33. En este diagrama se observa a las partes de la cara de la playa y de la línea de agua mezcladas en una parte pequeña y claramente enlazadas por el grupo de muestras de la zona sublitoral. El sedimento de dunas está claramente dentro del grupo de la cara de la playa.

Uno de los investigadores que más ha trabajado con agrupamientos de ambientes por medio de diagramas de dispersión es Friedman (1967, 1979), aunque los límites de sus agupamientos no coinciden con los encontrados en el presente trabajo, quizás debido a que el tipo de ambientes estudiados por aquél autor son diferentes a los abordados en este trabajo.

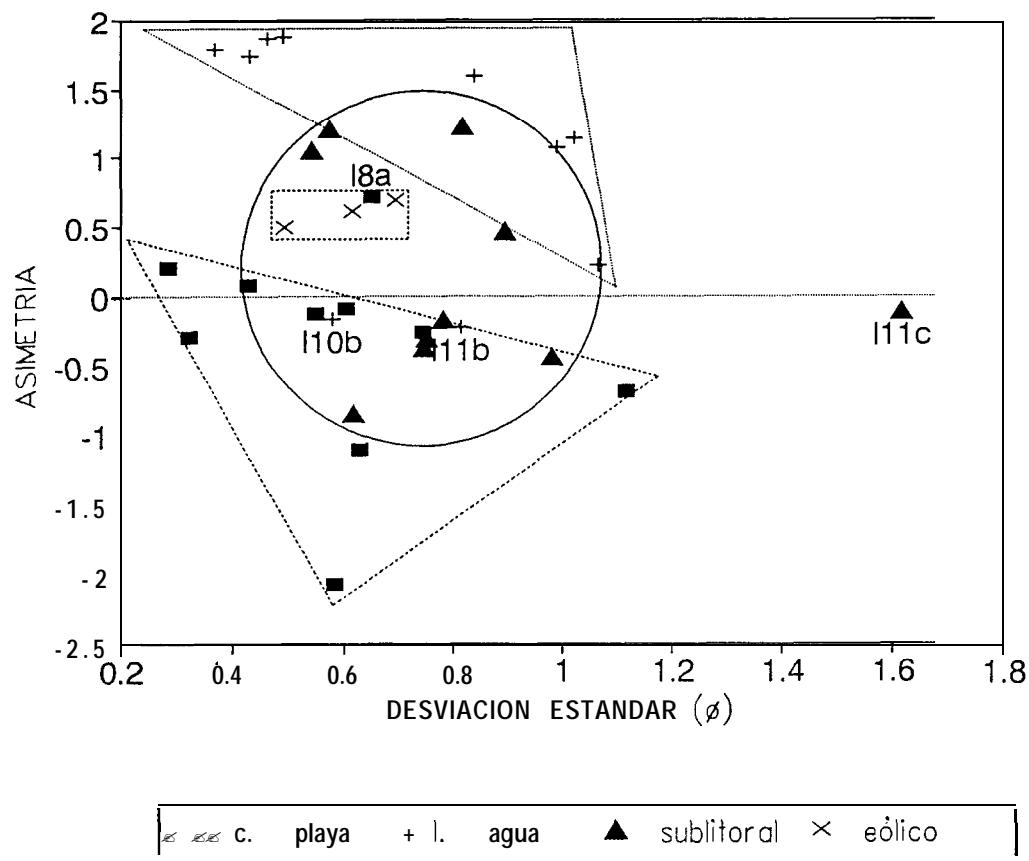


Figura 33. Gráficas de dispersión de desviación estándar contra asimetría para el sistema litoral.

IV.4. MINERALOGIA

En la descripción de la composición mineralógica de los sedimentos del área de estudio, se continúa utilizando la clasificación de los sistemas depositacionales aplicada anteriormente. Estos son: 1) Abanicos aluviales, 2) Líneas de costa arenosas, 3) Plataformas marinas, y 4) Talud y cuenca profunda.

IV.4.1. Abanicos aluviales

En este sistema depositacional, además de los componentes principales de los sedimentos como el cuarzo (Qz), feldespatos (Fd) y fragmentos de roca (Fr), se observaron micas, hornblenda, anfíboles, magnetita, hematita y pirrotita (Tabla 9). La distribución de los minerales secundarios presenta un patrón no definido. La parte occidental (Figs. II y 34), a la cual pertenecen los abanicos Las Canoas (No. 3) y Raysura (No. 9), además de los componentes principales, sólo presentan mica y carecen de minerales pesados. La parte distal del Raysura presenta un porcentaje alto (12.5 %) de hornblenda y en menor cantidad (2.5 %) hematita; sin embargo, la presencia de estos minerales se debe posiblemente a que este abanico coalece con el abanico de San Antonio (A)(Fig. 34). La parte sureste, drenada por el abanico de Los Encinos (No. 13), presenta características similares a la región anterior.

El abanico de San Antonio (A), con respecto a los minerales secundarios presenta, en su área fuente, una proporción muy alta de hornblenda (41.5 %) y una menor de magnetita (3.5 %), aunque en las partes media y distal, este contenido disminuye significativamente (Fig. 34). Los abanicos que

Tabla 9. Composición mineralógica del sedimento del sistema de abanicos.

LOCALIDAD	NUMERO	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	Mi	Hb	Af	Mg	Hm	Py	ø	Qz/Fd
LAS CANOAS	3	t54f	76.5	22.0		1.5						0.75	3.48
		t15m	46.5	47.0	3.5	3.0						1.25	0.99
RAYSURA	9	t51p	39.0	41.0	2.5	17.5						1.75	0.95
		t11d	48.5	16.5	7.5	12.5	12.5	.		2.5		1.75	2.94
LOS ENCINOS	13	t46p	48.0	49.0		3.0						0.00	0.98
BRASILEIROS	15	t41f	29.0	65.0		5.0		1.0				0.75	0.45
		t39f	37.5	42.5	5.0	15.0						1.25	0.88
		t27m	30.0	37.5	8.0	24.5						1.25	0.80
SAN ANTONIO	A	t42f	9.0	34.0	10.5	1.5	41.5		3.5			0.00	0.26
		t9m	55.0	29.0	5.0	7.0	1.0		3.0			1.25	1.90
		t10d	41.0	51.5		2.5	5.0					1.25	0.77
LA FUNDICION	B	t49f	44.5	33.5	8.5	12.0		1.5				0.75	1.33
		t48f	36.5	50.0	4.5	6.5		2.5				1.25	0.73
		t28m	37.5	42.5	5.0	15.0						1.25	0.88
		t57d	31.0	54.0	3.5	10.5					1.0	1.25	0.57
HONDO	C	t50p	35.0	40.5	8.0	14.0		2.5				0.25	0.86
		t29m	35.0	51.0	13.0	1.0						0.00	0.69
		t57d	31.0	54.0	3.5	10.5					1.0	1.25	0.57

Qz = Quarzo; Fd = Feldespato; Fr = Fragmentos de roca; Mi = Micas; Hb = Hornblenda; Af = Anfíboles

Mg = Magnetita; Hm = Hematita; Py = Pirrotita

ø = fracción analizada

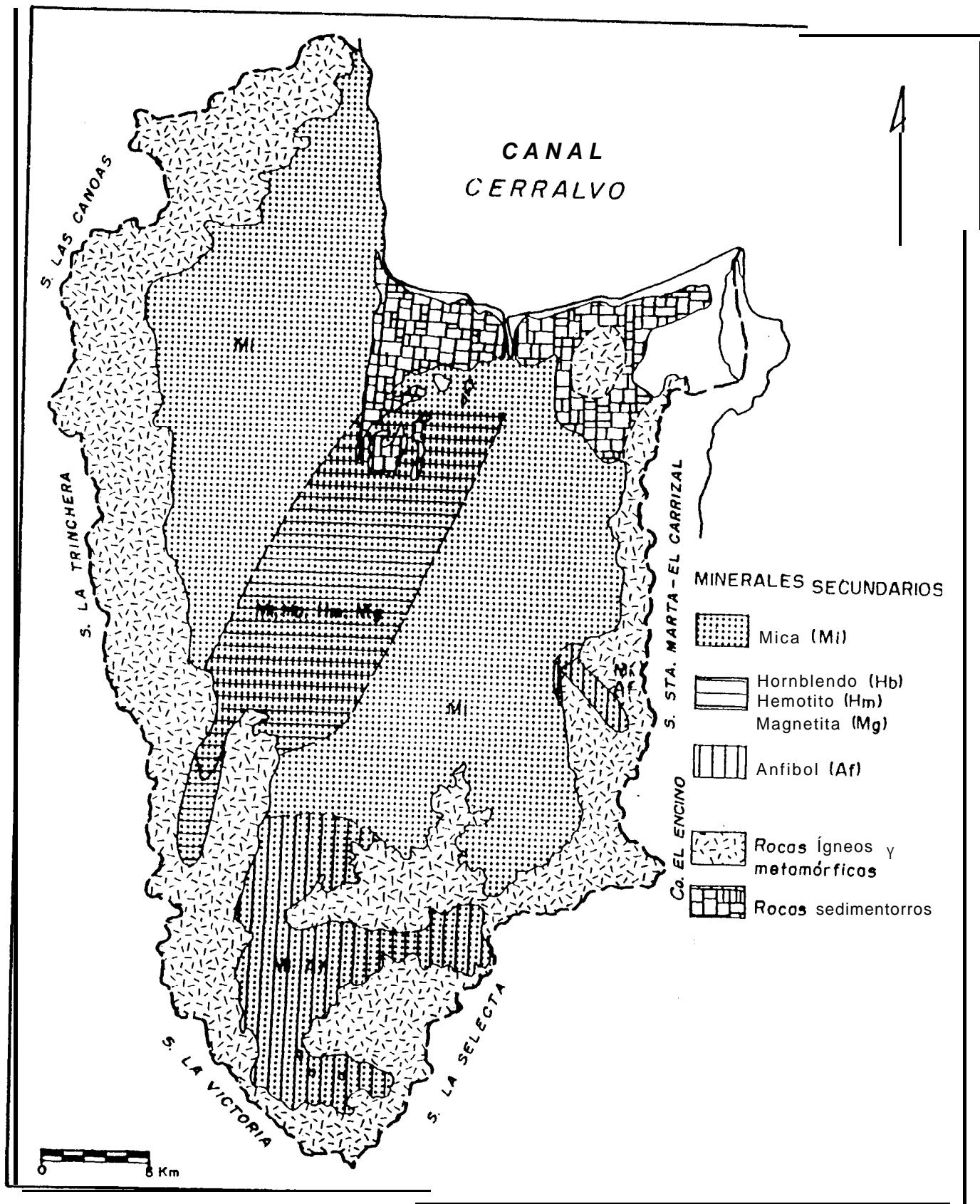


Figura 34. Distribución de los minerales secundarios en el sistema de abanicos.

drenan el área sur de la cuenca hidrológica, La Fundición (B) y Hondo (C), presentan anfíboles en sus partes fuente para el primero de ellos y proximal para el segundo. En la porción distal de estos abanicos, en una muestra común para ambos, se observó un contenido del 1 % de pirrotita. Los Brasileiros que drena la Sierra Sta. Marta-El Carrizal, también presenta anfíboles (1 %) en su área fuente.

Por lo anterior, la distribución de minerales pesados nos definen tres regiones principalmente (Fig. 34): 1) La noroeste caracterizada por escasez de minerales pesados (abanicos 3 a 9); 2) La suroeste, ubicada dentro del abanico San Antonio, que contiene hornblenda y magnetita; y 3) La sur y este definidas por la escasa presencia de anfíboles e interrumpida por una zona con características similares a la región noroeste, con escasez de minerales pesados. Otra característica de esta región, con respecto a la distribución de minerales pesados, es la disminución gradacional de éstos hacia las partes distales, lo cual puede estar relacionado a la degradación de los minerales durante el transporte.

IV.4.1.1. Relación Qz/Fd

Los constituyentes principales, Qz y Fd, no ofrecen un patrón de distribución definido, ni por zonas, ni por facies dentro de los abanicos, aunque el área fuente se caracteriza por una alta variabilidad en su composición entre abanicos; las facies propiamente de abanico varían en menor grado, pero los promedios para cada una de ellas permanecen casi constantes (41 % para el Qz y 42 % para el Fd, ver Tabla 9). La relación de estos dos minerales Qz/Fd, tampoco ofrece un patrón de distribución a pesar de que muchos autores mencionan que esta proporción está en razón directa con la distancia de transporte, la cual incluso es inversa en el Arroyo Hondo.

Esto se puede deber a la coalescencia de varios abanicos de la cuenca. Además, la distancia de transporte es relativamente pequeña para que permita un proceso de intemperismo durante el tiempo de transporte de estos minerales.

IV.4.1.2. Tipo de sedimento

De acuerdo a la clasificación de arenas terrígenas de Dott (1964), que considera las proporciones de Qz, Fd y Fr (Fig. 35), se determinaron tres tipos de sedimento (Tabla 10, Fig. 36): 1) Subarcosa, presente únicamente en el área fuente de Las Canoas (abanico 3) y distal del Raysura (abanico 9); 2) Arenita arcósica, es el tipo de sedimentos que domina en casi todo el sistema de abanicos de San Juan de Los Planes; y 3) Arenita lítica, presente únicamente en la parte más baja de esta cuenca de depósito, en una zona de inundación.

IV.4.1.3. Fuentes de proveniencia del sedimento

Para determinar las fuentes de proveniencia relacionadas al conjunto tectónico, se aplican los diagramas ternarios de composición QFL y QmFLt (Graham y colaboradores, 1976) que utilizaron Dickinson y colaboradores (1983) (Fig. 37), con los cuales determinaron tres clases principales de fuentes: 1) Bloque continental; 2) Arco magmático y 3) Orógeno reciclado (Fig. 37).

El primero de los dos diagramas (QFL), tiene en sus extremos: 1) El total de granos de cuarzo (Q), incluyendo fragmentos líticos policristalinos tales como pedernal y cuarcita; 2) Granos de feldespato monocristalino (F) y 3) Fragmentos líticos policristalinos inestables (L), ya sea de roca metamórfica, ígnea o sedimentaria. Mientras que el diagrama QmFLt, tiene en sus

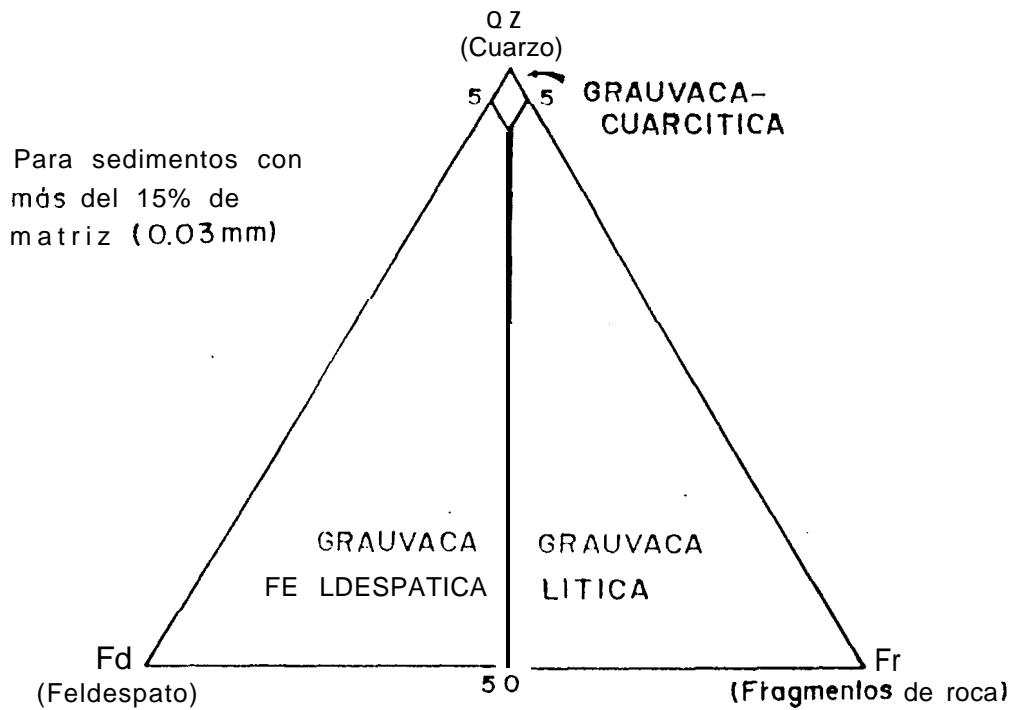
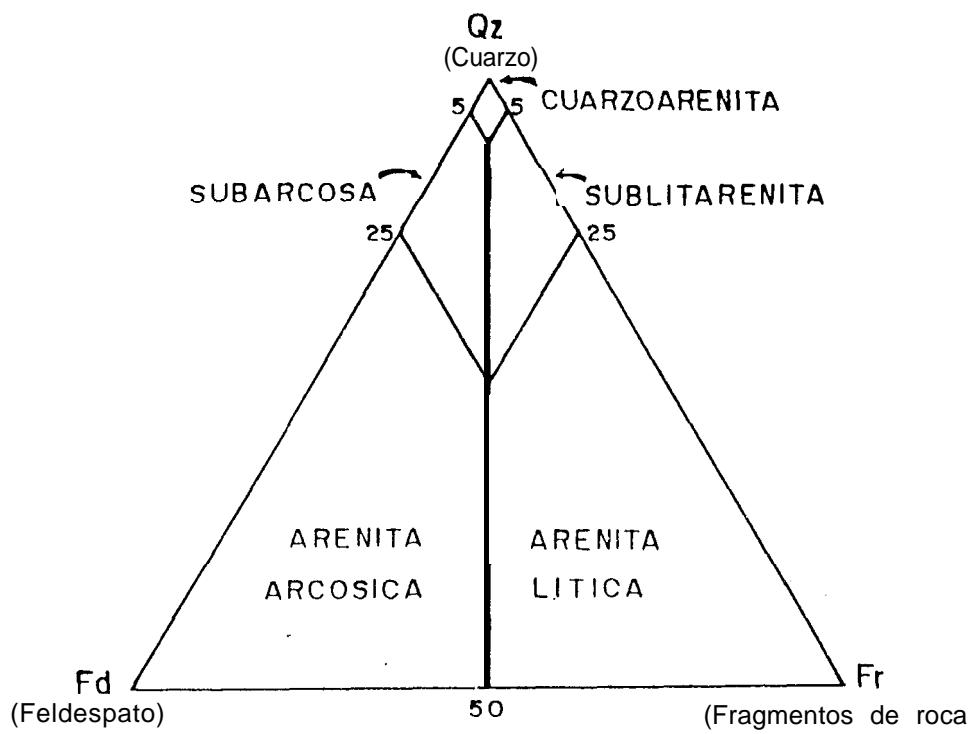


Figura 35. Diagramas ternarios para clasificar el sedimento terrígeno, de acuerdo a Dott (1964).

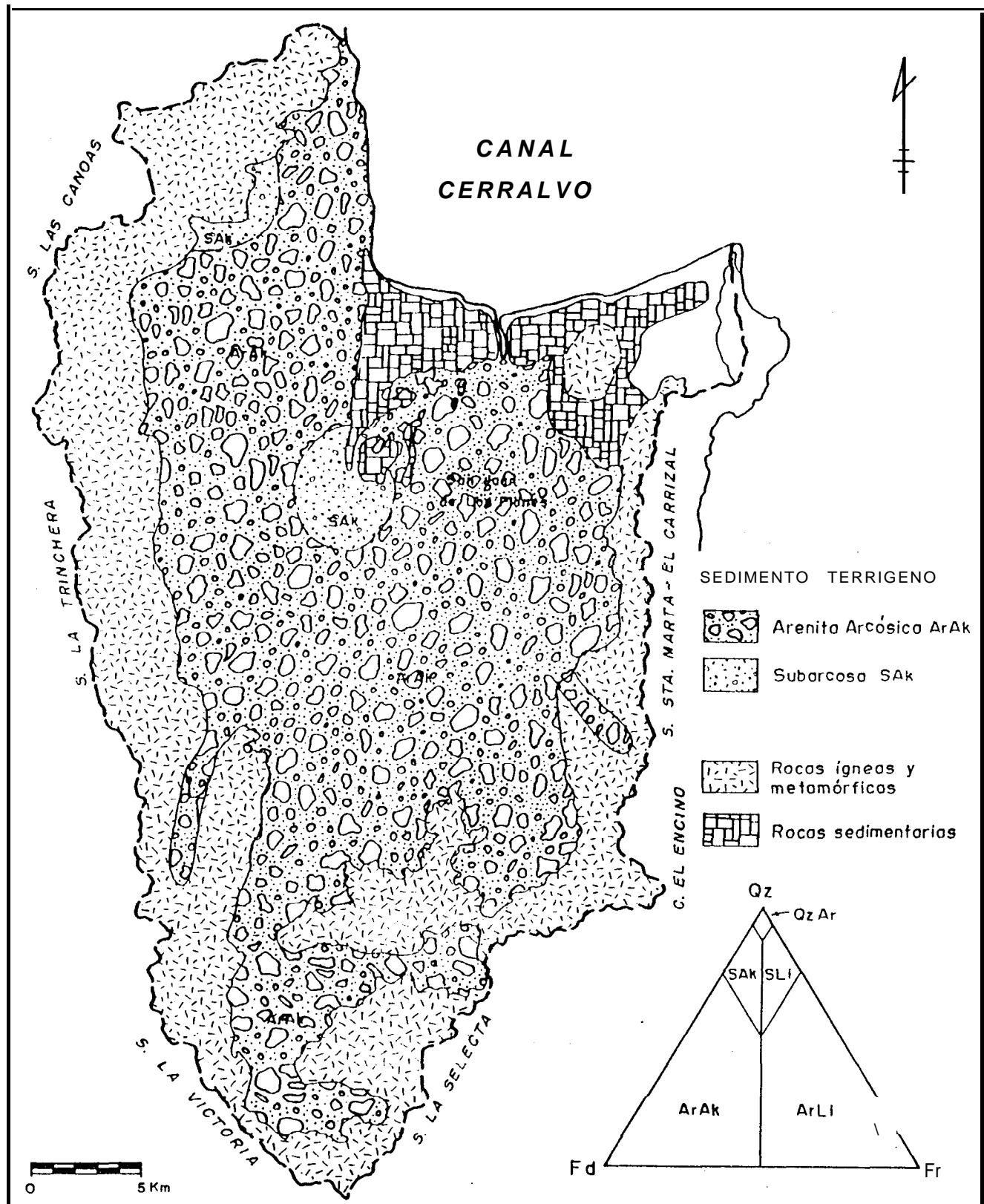


Figura 36. tipos de sedimento en el Sistema de abanicos, de acuerdo-a la clasificación de Dott (1964).

Tabla 10. Porcentajes de cuarzo Qz, Fd y Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979), del sistema de abanicos.

ABANICO NUMERO	LOCALIDAD	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	CLASIFICACION DE ARENAS TERRIGENAS (DOTT, 1964)	FUENTE DEL SEDIMENTO (DICKINSON Y SUCZEK, 1979)	
							DIAGRAMA QFL	DIAGRAMA QmFLT
3	LAS CANOAS	T54f	78	22	0	Subarcosa	Continental transicional	Continental transicional
		T15m	48	48	4	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
9	RAYSURA	T51p	47	50	3	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T11d	67	23	10	Subarcosa	Orogénico reciclado	Continental transicional
13	ENCINOS	T46p	49	51	0	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
15	LOS BRASILEIROS	T41f	31	69	0	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T39f	44	50	6	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T27m	40	50	10	Arenita arcósica	Arco disectado	Basamento en ascenso
A	SAN ANTONIO	T42f	17	64	19	Arenita arcósica	Arco transicional	Basamento en ascenso
		T9m	62	32	6	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
		T10d	44	56	0	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
B	LA FUNDICION	T49f	51	39	10	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T48f	40	55	5	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T28m	44	50	6	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T57d	35	61	4	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
C	HONDO	T50p	42	49	9	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T29m	35	52	43	Arenita arcósica	Arco disectado	Basamento en ascenso
		T57d	35	61	4	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		T55d	90% MAT.ORG.	10% Arenita lítica				

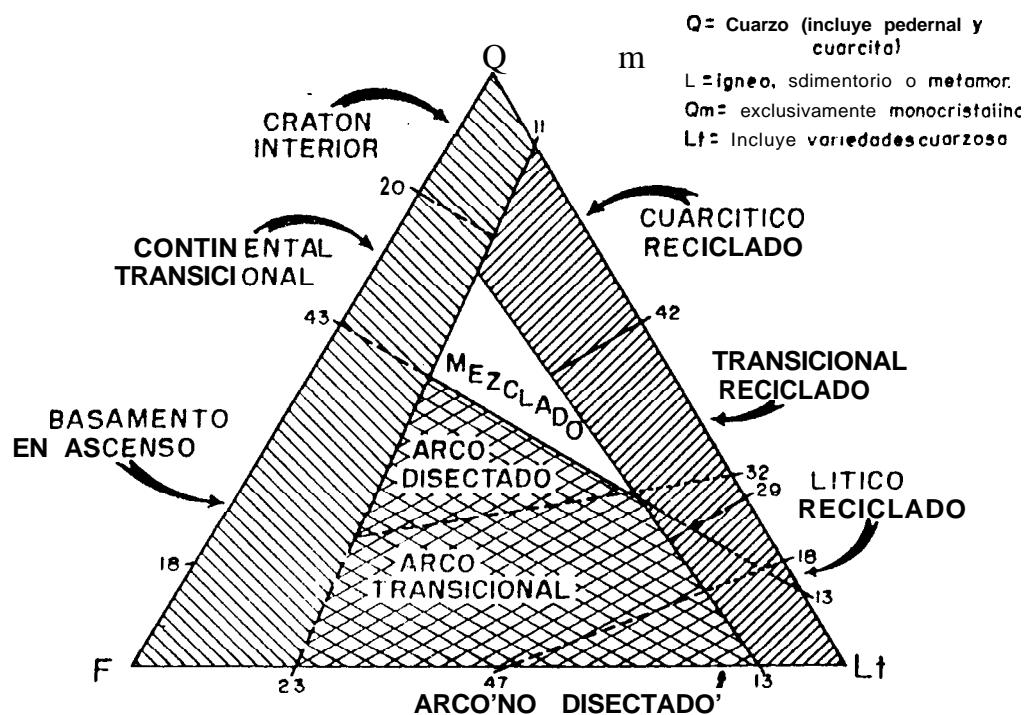
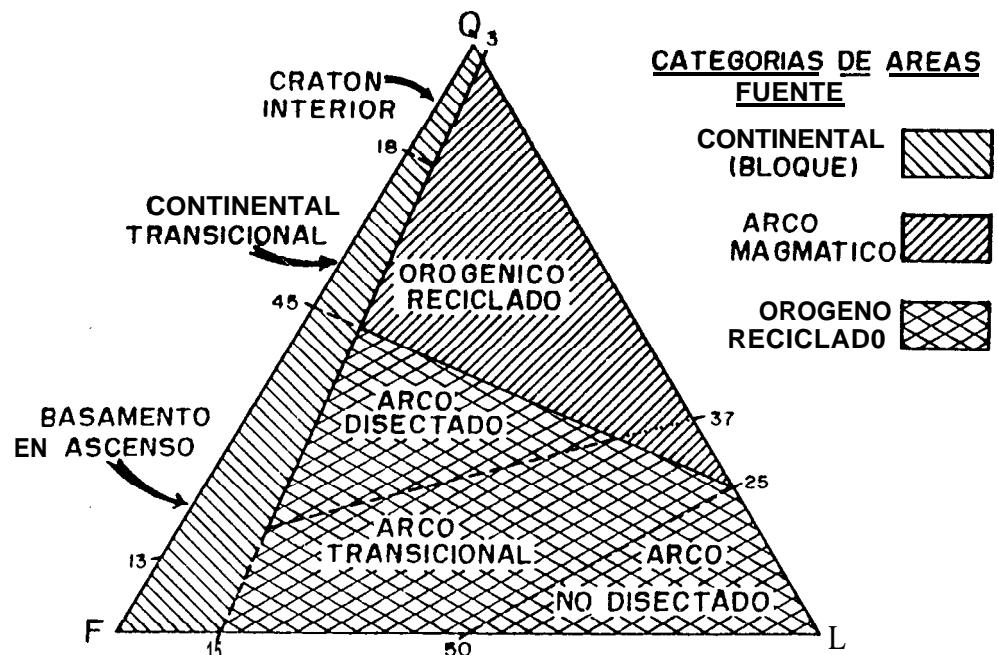


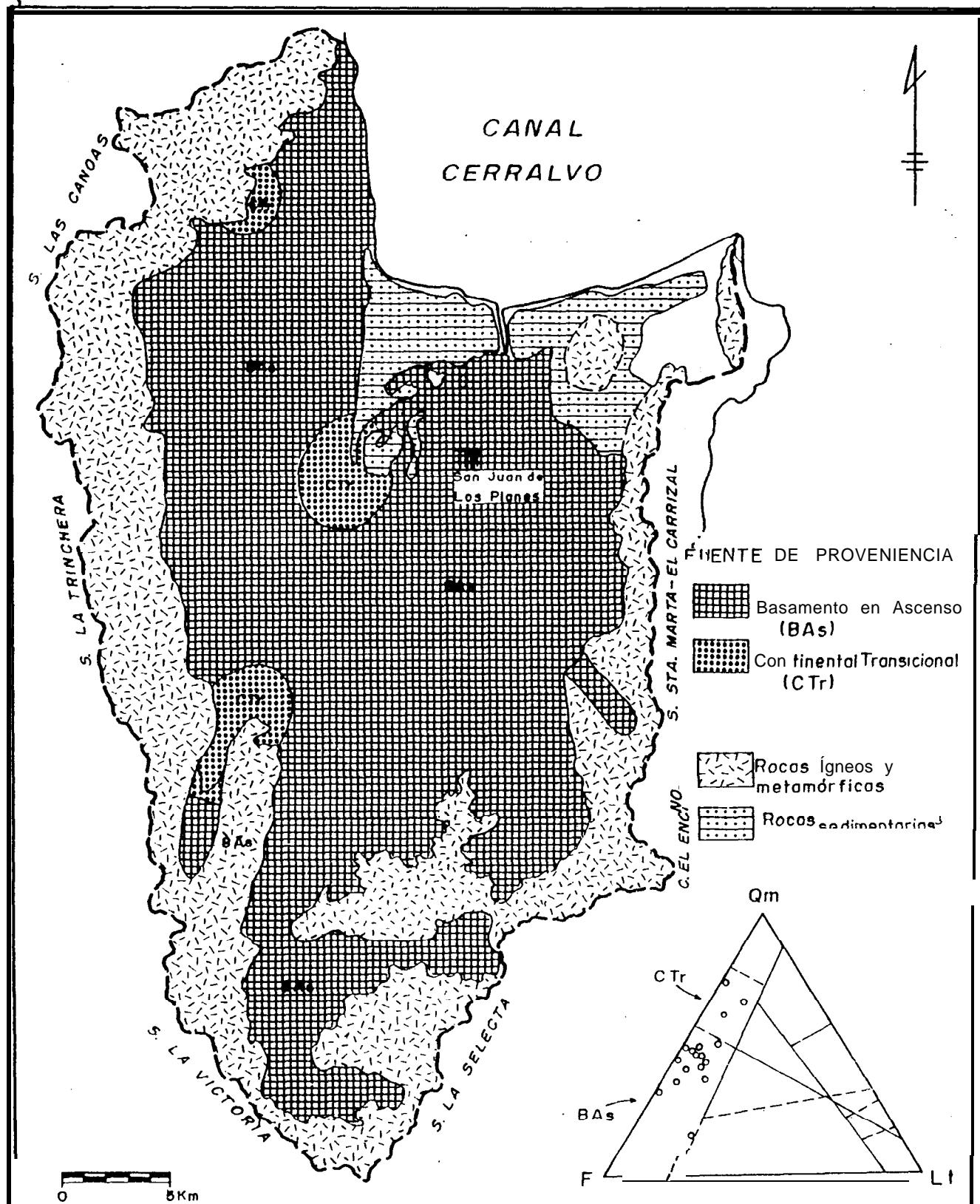
Figura 37. Diagramas ternarios para determinar la fuente de proveniencia del sedimento terrígeno, de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979).

extremos: 1) Granos de cuarzo (Qm), que son exclusivamente monocrystalinos; 2) Granos de feldespato (F), como en el anterior y 3) Fragmentos líticos policristalinos totales (Lt), incluyendo variedades cuarzosas.

Los porcentajes de la composición mineralógica de los sedimentos de los abanicos se vaciaron en el diagrama QmFLt, que se consideró el más adecuado por los constituyentes que incluye. La totalidad de las muestras cae en un conjunto tectónico de bloque continental (Fig. 38, Tabla 10), dentro del cual Dickinson y colaboradores (1983), considera tres subambientes: uno como cratón interior, otro basamento en ascenso y un tercero continental transicional, intermedio entre los anteriores.

El mayor número de las muestras de la cuenca de San Juan de Los Planes caen en el subambiente basamento en ascenso y sólo tres de ellas en el subambiente continental transicional. De estas últimas dos se localizan en abanicos al pie de la Sierra de Las Cruces (abanicos Las Canoas y Raysura) y la otra corresponde a la parte proximal del abanico San Antonio (A). Estas muestras del subambiente continental transicional se caracterizan por tener contenidos más altos de cuarzo que el resto del sedimento de los abanicos.

El ambiente dominante, basamento en ascenso, al cual corresponden los cinturones de rift y rupturas transformantes, según Dickinson y colaboradores (1983), concuerda perfectamente con el marco tectónico del Golfo de California, descrito por otros autores. Las arenas de estos ambientes son cuarzo feldespáticas con pocos líticos y se hacen más cuarzosas en ambientes transicionales con cratón interior, como es el caso de las tres muestras del subambiente continental transicional, que en conjunto con el resto, denotan una fuente granítica.



IV.4.2. Líneas de costa arenosas

En primera instancia, una diferencia notable en la composición mineralógica de este sistema depositacional con respecto al de abanicos aluviales, es la falta de minerales pesados (Tabla 11, Fig. 21). Esto puede deberse a que en la escala de intemperismo de los materiales terrígenos, casi todos los minerales pesados son de los primeros en desaparecer. La línea de costa presenta aspectos de alta energía, la cual crea condiciones dinámicas que incrementan la velocidad de desgaste de las partículas. Por otra parte, en algunos casos, los minerales pesados quedan depositados en las partes altas de los cauces de los arroyos y a la línea de costa llegan únicamente tamaños pequeños. Además los minerales pesados, en la línea de costa, se concentran principalmente en la postplaya y en el muestreo sólo se consideró el sedimento de la cara de la playa hacia el mar.

Los sedimentos de la línea de costa tienen granos de carbonato de calcio, como resultado del desgaste de las partes duras de los organismos marinos. Estos y las micas, junto con los componentes principales (Q, Fd y Fr) de los sedimentos, conforman la totalidad de los sedimentos de la línea de costa (Tabla II).

IV.4.2.1. Micas

Las micas presentan porcentajes más bajos que en el ambiente aluvial, fluctuando entre 1 y 29 %. Están presentes prácticamente en todos los perfiles playeros, excepto en el litoral de Las Arenas, en donde su ausencia se puede deber a la pendiente alta en el perfil y a la energía marina alta que conjuntamente contribuyen a la remoción de las micas, sacándolas hacia zonas más profundas con mayor facilidad por su forma en hojuelas.

El mecanismo de remoción de las micas puede ser evidenciado por el

Tabla 11. Composición mineralógica del sedimento del litoral del Canal Cerralvo.

LOCALIDAD	PERFIL NUMERO	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	Mi	CaCO ₃	ø	PENDIENTE (grados)	Qz/Fd
EL COYOTE	1	I1a	22.0	17.5	55.0		5.5	1.00	5.1°	1.26
		I1c	17.5	8.0	27.0	2.5	45.0	1.25		2.19
EL PALO	4	I4a	51.0	48.0	0.5		0.5	-0.75	7.0°	1.06
		I4c	55.5	41.5	1.5	1.0	0.5	0.00		1.34
LAS TIJERAS	6	I6a	47.0	53.0				-0.50	5.9°	0.89
		I6c	53.5	41.0	0.5	4.5	0.5	1.25		1.30
CANOAS	11	I11a	66.5	17.5		5.5	10.5	1.00	12.5°	3.80
		I11c	44.0	16.0		29.0	18.5	2.50		2.75
LA BOCANA	10	I10a	58.5	37.0			4.5	-0.50	7.3°	1.59
		I10c	51.5	27.5	6.0	6.5	8.5	1.25		1.87
EL FARO	9	I9a	50.0	27.0	3.0	3.0	17.0	1.75	6.3°	1.85
		I9c	63.5	16.0	5.0		15.5	0.00		3.97
LAS ARENAS	8	I8a	75.0	19.0			6.0	-0.50	14°	3.95
		I8c	69.0	25.5			5.5	-1.25		2.71
DUNA		d6.1	66.5	33.5				1.75		1.99
TERRAZA MARINA		tm60	38.0	14.0		6.5	41.5	3.25		2.71

Qz = Quarzo; Fd = Feldespato; Fr = Fragmentos de roca; Mi = Micas; CaCO₃ = Fragmentos calcáreos biógenos

Qz/Fd = relación de cuarzo a feldespato

ø = fracción analizada

patrón de distribución de este mineral a lo largo de la mayoría de los perfiles playeros de las localidades muestreadas, en donde las micas están ausentes o son escasas en la cara de la playa y su porcentaje se incrementa en la zona sublitoral (Tabla II, Fig. 21). Sólo en el perfil de El Faro este patrón no se presenta, quizás debido a que en este lugar las micas son transportadas de la zona sublitoral, por corrientes de marea que, como se dijo anteriormente, en este sitio pueden incrementarse. Es notable el contenido alto de micas en las muestras de las localidades 9 y 11, debido, probablemente, a que ésta es una zona de baja energía y por la cercanía de las descargas fluviales de Las Canoas y La Bocana (Fig. 21).

IV.4.2.2. Fragmentos de roca

En el perfil de El Coyote, el contenido de fragmentos de roca (Fr) es contrastantemente muy alto (55 % para la cara de la playa y 27 % para la zona sublitoral, Tabla 11, Fig. 21), en relación al resto de los perfiles, en los cuales el porcentaje varía de 0 a 6 %. No hay un patrón evidente de distribución de Fr a lo largo del litoral, aunque en los perfiles del sur representados por las playas de La Bocana y El Faro, el contenido de Fr es más alto (3 a 6%). El porcentaje alto de Fr en el perfil de El Coyote es común en depósitos que, como ya se vió, provienen de rocas volcánicas; el arroyo El Coyote, que descarga sus sedimentos en esta área, drena, en partes, rocas volcanosedimentarias.

IV.4.2.3. Feldespatos

El contenido de feldespatos (Fd) no presenta patrones definidos de distribución. Para El Coyote, presenta porcentajes muy bajos, característicos de rocas volcánicas, lo cual apoya la conclusión que se dió para los Fr

respecto a este perfil.

Considerando porcentajes promedio de Fd en cada localidad del litoral, el contenido para la parte noroeste, distinguida por los perfiles El Palo y Las Tijeras, presenta porcentajes altos (44.8 y 47 % respectivamente, Tabla 11, Fig. 21), pero en la parte sur, comprendida entre los perfiles Las Canoas y Las Arenas, los porcentajes son menores (16.8 y 22.3 %). Este patrón de distribución se puede deber a que la región noroeste está alimentada por arroyos con longitudes cortas y por erosión de acantilados, lo cual da distancias de transporte cortas y poco tiempo de degradación de los feldespatos. En la porción sur, los arroyos descargan sedimentos que han viajado distancias más largas permitiendo así, una mayor degradación de los feldespatos, además de que el aporte de material a la línea de costa es menor.

Por otra parte, a lo largo de cada perfil playero se observa una variación sistemática en los porcentajes de Fd, de tal manera que los valores son más altos en la cara de la playa que en la zona sublitoral (Tabla II, Fig. 21), excepto en el perfil Las Arenas, en donde la variación es inversa. Esta diferencia es máxima (12.0), en el perfil El Palo y es mínima (1.5), en Las Canoas. Este patrón es difícil de explicar ya que no se puede hablar de degradación de los minerales en una distancia tan corta, en la que los sedimentos de la zona sublitoral también se mueven, aunque no con la misma intensidad que los de la cara de la playa. Probablemente tenga algo que ver con el tamaño de grano ya que los sedimentos de la cara de la playa son de mayor tamaño que los de la zona sublitoral.

IV.4.2.4. Cuarzo

Los porcentajes de cuarzo (Qz) tienen una menor variación entre perfiles

del litoral (Tabla II, Fig. 21). Aunque considerando los promedios para cada perfil, El Coyote presenta un porcentaje muy bajo (19.8 % promedio), mientras que el de Las Arenas es muy alto (72 %). En el primer caso, el bajo contenido de Qz se debe a que parte de la fuente de aporte es volcanosedimentaria, mientras que el porcentaje alto en Las Arenas se debe a que la fuente de aporte son las rocas sedimentarias de las terrazas marinas de esta localidad provocando que el sedimento sea más maduro.

En los demás perfiles, la distribución de Qz no presenta un patrón definido ni entre perfiles ni dentro de ellos; entre perfiles los promedios varían de 50.3 a 56.8 % y dentro de ellos la mayor variación se presenta en Las Canoas de 66.5 % en la cara de la playa, hasta 44 % en la zona sublitoral (Tabla 11, Fig. 21); y la menor variación se observó en el perfil El Palo, con un mínimo de 51 %, para la cara de la playa y 55.5 % para la zona sublitoral.

IV.4.2.5. Fragmentos calcáreos biógenos

En los porcentajes de fragmentos calcáreos biógenos (CaCO₃) se observa un patrón de distribución. En primer lugar, el perfil de El Coyote presenta un contenido relativamente bajo (5.5 %) en la cara de la playa y uno excesivamente alto (45 %) en la zona sublitoral (Tabla II, Fig. 21), debido probablemente a que este perfil se localiza en el margen de la Ensenada El Coyote, la cual tiene un fondo adecuado para la población de organismo bivalvos por las características de textura del sedimento, profundidad y pendiente. Estas últimas propician una zona de baja energía.

En segundo lugar, la parte NW del litoral está caracterizada por los contenidos bajos de CaCO₃ de los perfiles El Palo y Las Tijeras (0.5 y 0.3 % en promedio, Fig. 21). Esto denota, por un lado, una influencia mayor de la parte subaérea contigua, aunque también pueden tener cierta influencia la

energía relativamente alta, la pendiente abrupta del litoral y la textura gruesa del sedimento provocando condiciones poco propicias para la proliferación de organismos productores de partes duras.

Por último, la parte sur del litoral, perfiles Las Canoas, La Bocana y El Faro, tienen porcentajes promedio relativamente altos (variando entre 6.5 y 16.3 %), lo cual se puede deber a que la mayor parte de ese CaCO₃ es producido por la desintegración de las partes duras de organismos y en menor proporción, al aporte por erosión de las terrazas marinas contiguas al litoral en esta parte.

El valor más bajo de CaCO₃ (6.5 %), correspondiente a la playa La Bocana, se puede deber a la influencia que tienen las descargas fluviales en este punto. El porcentaje relativamente alto del perfil Las Arenas puede deberse a una situación similar al del litoral del sur del Canal Cerralvo, descrito anteriormente.

Otro aspecto en la distribución del carbonato de calcio es que los valores son menores en la cara de la playa y se incrementan sustancialmente en la zona sublitoral (Tabla II, Fig. 21). En la mayoría de los casos el incremento tiene una relación 2:1, aunque en El Coyote el porcentaje aumenta casi 9 veces. En Las Arenas la relación es inversa, aunque con muy poca diferencia, ya que es mayor el contenido de CaCO₃, en la cara de la playa (6 %) y menor en la zona sublitoral (5.5 %). El patrón general de esta distribución se puede explicar en base a que la mayoría de los organismos que construyen partes duras habitan la zona sublitoral y pocos la cara de la playa, debido a que requieren de estar inmersos en agua para su subsistencia. Por otra parte se observa que existe una relación inversa con los feldespatos, aunque la explicación a sus contenidos son independientes; sin embargo, los carbonatos puede enmascarar los porcentajes de los feldespatos.

Es interesante el contenido mineralógico de los sedimentos de duna, compuestos exclusivamente por Qz y Fd (Tabla 10), a pesar de que sobre la cara de la playa, que es la fuente de aporte para las dunas litorales, se cuenta con Fr y fragmentos calcáreos biógenos. Esta situación es difícil de explicar ya que sólo se aplicó análisis mineralógico a una muestra de duna y para ello se requeriría hacer un muestreo transversal al cordón de dunas, desde la cara de la playa al eje del mismo.

IV.4.2.6. Relación Qz/Fd

A lo largo de los perfiles litorales, la relación Qz/Fd muestra un patrón de distribución regular en el que se observa que la relación es menor en la cara de la playa y mayor en el sublitoral o zona cercana a la costa, a excepción de los perfiles de Las Canoas y Las Arenas (Tabla II, Fig. 39). Este patrón es una evidencia de que los sedimentos de la zona cercana a la costa tienen una mayor madurez, a pesar de que la distancia entre una muestra y la otra es relativamente corta; sin embargo, la energía de oleaje y probablemente las características físico-químicas del agua marina contribuyen a acelerar la degradación de los componentes minerales, de los cuales los feldespatos son de los menos resistentes.

El perfil de Las Canoas no sigue este patrón, sino que es mayor la relación Qz/Fd en la cara de la playa que en la zona cercana a la costa (Tabla 11, Fig. 39). Esta situación no se puede explicar, pero quizás tenga que ver con la poca energía que existe en la zona cercana a la costa. Por otra parte, este perfil está enfrente de una descarga fluvial importante, la cual tiene una gran influencia, principalmente durante tormentas con precipitación alta, pues los sedimentos alcanzan la zona cercana a la costa sin estar sujetos al embate del oleaje en la playa. La explicación al patrón del perfil de Las Arenas,

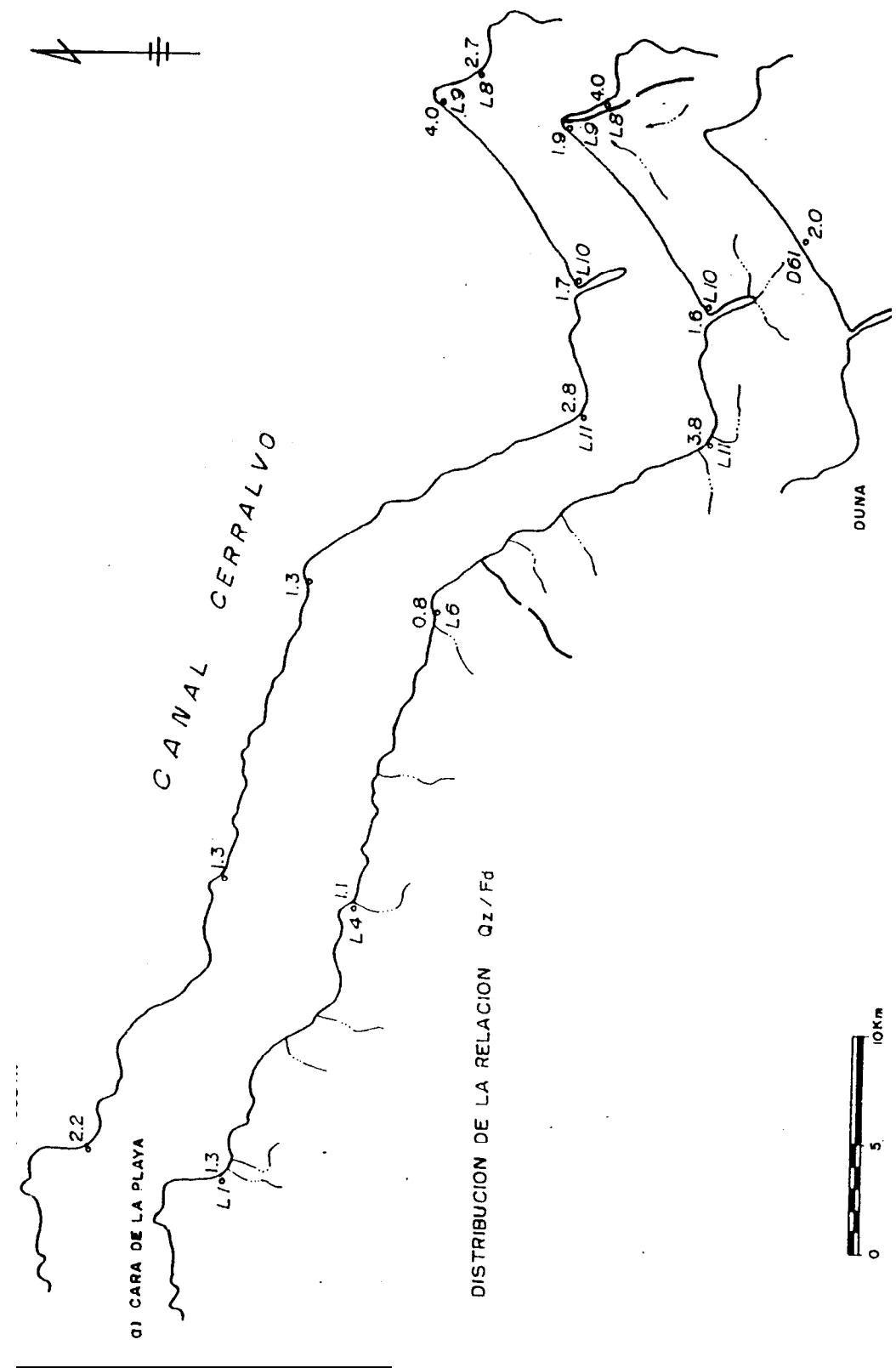


Figura 39. Distribución de la relación Qz/Fd en el litoral del Canal Cerralvo.

similar al anterior, es difícil de dar y requeriría de más datos para ello.

La relación Qz/Fd (2.0) para la muestra de duna implica que hay poco desgaste de Fd por su valor similar al que se presenta en la cara de la playa (Fig. 39).

IV.4.2.7. Tipo de sedimento

De acuerdo a la clasificación de arenas terrígenas de Dott (1964), basada en un diagrama ternario de dispersión de Qz , Fd y Fr , los sedimentos de los perfiles litorales son principalmente arenas arcósicas y algunas otras son subarcosas y arenas líticas (Tabla 12, Fig. 40). Estas últimas se observaron únicamente en el perfil de El Coyote, lo cual debe estar relacionado al aporte de algunos sedimentos volcanogénicos.

Las arenas dominantes son las arcósicas, reflejando una inmadurez textural del sedimento. Las subarcosas sólo se localizan en la cara de la playa de Las Canoas y Las Arenas y en la zona cercana a la costa del perfil El Faro. Sin embargo, la distribución de arcosas y subarcosas no parece indicar algún patrón de distribución del sedimento o diferencias en la fuente de aporte, sino únicamente que las arenas de estos perfiles provienen de una fuente de aporte batolítica, lo cual está de acuerdo a lo encontrado por van Andel (1964). De igual manera, las arenas líticas de El Coyote hacen evidente la fuente de procedencia volcanosedimentaria.

III.4.2.8. Fuentes de proveniencia del sedimento

Aplicando el diagrama ternario $QmFLt$, para determinar fuentes de proveniencia (Dickinson y colaboradores, 1983), se observó que las fuentes de aporte son de arco transicional, transicional reciclado, basamento en ascenso y continental transicional (Tabla 12, Fig. 41).

Tabla 12. Porcentajes de cuarzo Qz, Fd y Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) del litoral del Canal Cerralvo.

PROVINCIA	LOCALIDAD	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	CLASIFICACION DE ARENAS TERRIGENAS (DOTT, 1964)	FUENTE DEL SEDIMENTO (DICKINSON Y SUCZEK, 1979)	
							DIAGRAMA QFL	DIAGRAMA QmFLt
1	EL COYOTE	L1a	24	16	56	Arenita lítica	Arco transicional	Arco transicional
		L1c	33	15	52	Arenita lítica	Arco disectado	transicional reciclado / Arco transicional
2	EL PALO	L4a	51	48	1	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		L4c	56	42	2	Arenita arcósica	Continental transicional	Basamento en ascenso / Continental transicional
	LAS TIJERAS	L6a	57	53	0	Arenita arcósica	Basamento en ascenso	Basamento en ascenso
		L6c	56	53	1	Arenita arcósica	Continental transicional	Basamento en ascenso
3	LAS CANOAS	L11a	79	21	0	Subarcosa	Continental transicional	Continental transicional
		L11c	73	27	0	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
	LA BOCANA	L10a	61	39	0	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
		L10c	61	23	7	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
	EL FARO	L9a	62	34	4	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
		L9c	75	19	6	Subarcosa	Orogénico reciclado	Continental transicional
	LAS ARENAS	L8a	80	20	0	Subarcosa	Continental transicional	Continental transicional
		L8c	73	27	0	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
	TERR. MAR.	TM60	73	27	0	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional
	DUNA	D61	66	34	0	Arenita arcósica	Continental transicional	Continental transicional

C) ZONA CERCANA A LA COSTA

a) CARA DE LA PLAYA

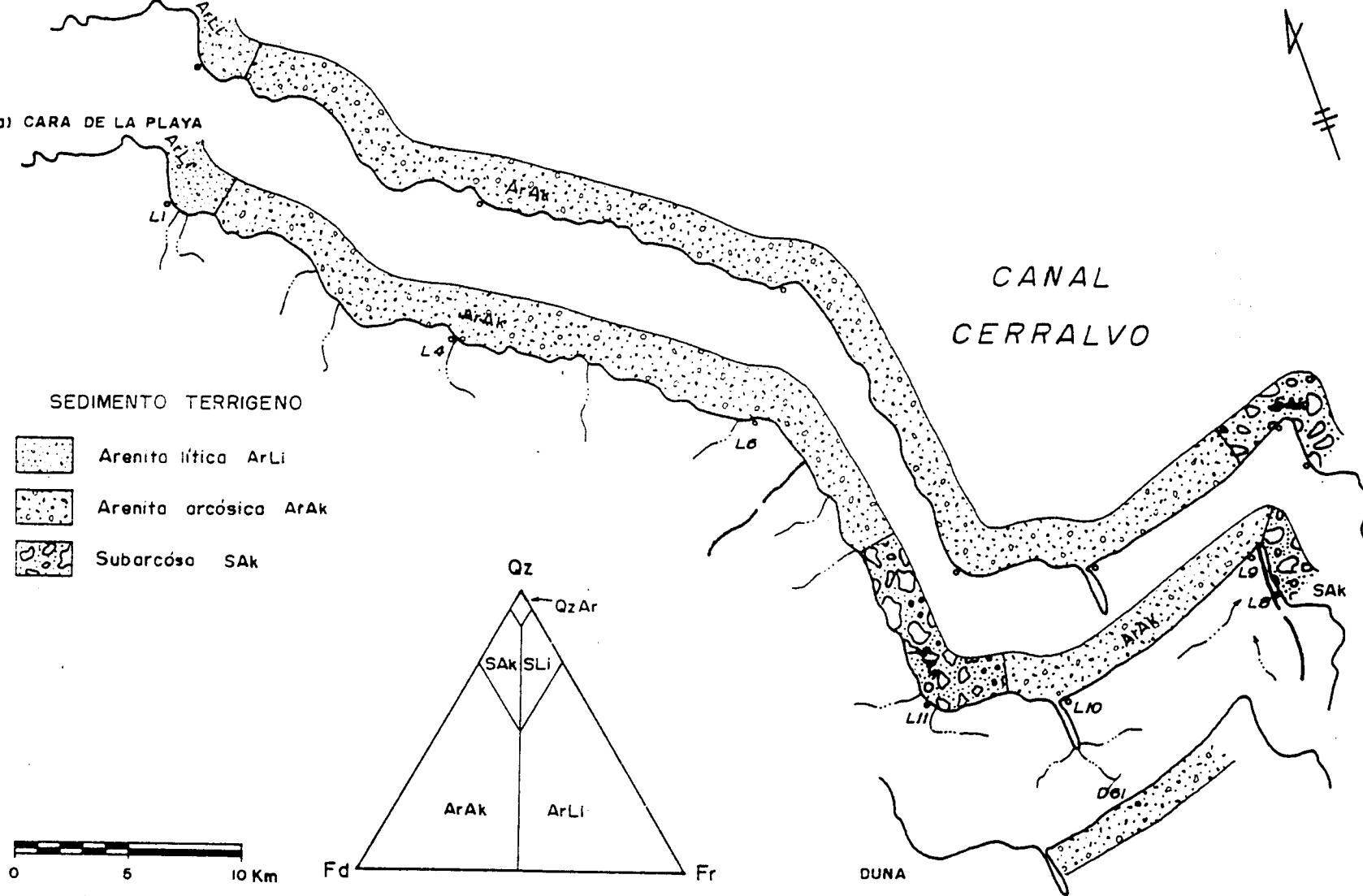


Figura 40. tipos de sedimento en el litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dott (1964).

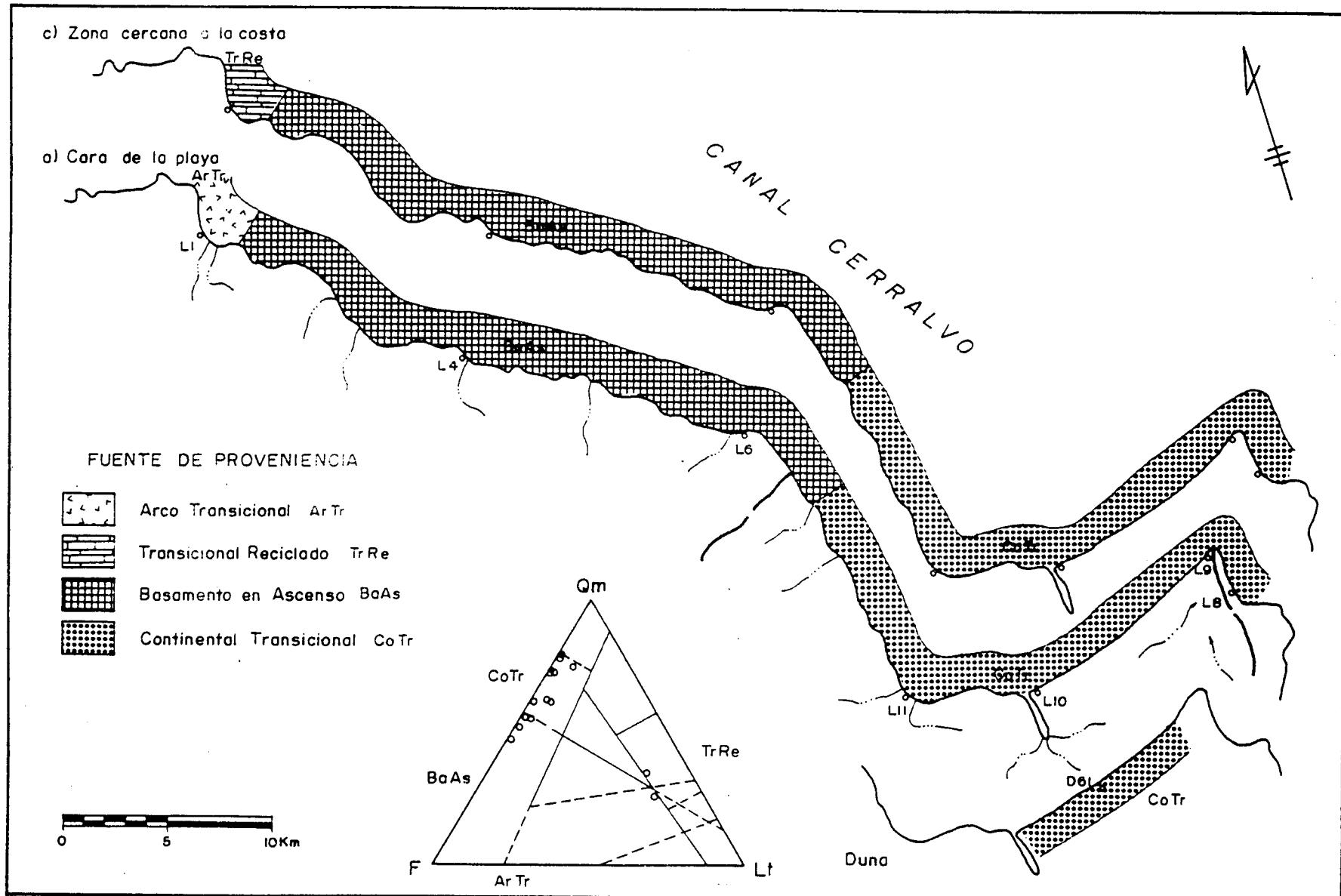


Figura 41. Proveniencia del sedimento terrígeno del litoral del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979).

Los sedimentos de la cara de la playa de El Coyote, provienen de un arco transicional y los de la zona cercana a la costa provienen de un ambiente transicional reciclado. Esta última muestra cayó, dentro del diagrama ternario, muy cerca del límite con arco transicional, por lo que se aplicó el otro diagrama QFL de Dickinson y colaboradores (1983) (Fig. 41), dando como resultado que efectivamente corresponde más francamente a una fuente de aporte de arco transicional, lo cual corrobora el análisis mineralógico y textural del sedimento observado anteriormente. Sin embargo, no se debe despreciar en primera instancia la influencia de un ambiente transicional reciclado, pues el aporte de ciertas cantidades de cuarzo se deben a que parte de las fuentes de aporte en la cuenca es de roca granítica. Además de afloramientos con este mismo tipo de roca sobre el litoral, tanto al noroeste como al suroeste de la Ensenada El Coyote, en donde las corrientes se encargan del transporte a lo largo de la costa.

La parte caracterizada por los perfiles El Palo y Las Tijeras, presentan sedimentos provenientes de un basamento en ascenso, mientras que la zona entre Las Canoas y El Faro tienen sedimentos cuya fuente de aporte corresponde a un ambiente tectónico continental transicional (Fig. 41).

Las características geológicas del área fuente de sedimentos a la línea de costa, desde el perfil El Palo al de El Faro, no presentan cambios substanciales como para que existan las diferencias encontradas en los sedimentos litorales. Además los sedimentos de los abanicos reflejan una proveniencia de basamento en ascenso. Parece que el diagrama ternario QmFLt de Dickinson y colaboradores (1983), evidencia por una parte, las fuentes de proveniencia, aunque se ve afectado por la distancia de transporte y por el ambiente de depósito, ya que sobre el abanico, las diferencias en su clasificación son mínimas.

Sin embargo, esta clasificación del sedimento denota claramente que existe una diferencia de ambientes entre la parte noroeste (El Palo y Las Tijeras) y la sur (Las Canoas, La Bocana y El Faro). La localidad Las Arenas, cae en el ambiente continental transicional, lo cual significa que los sedimentos tienen características similares a la parte sur del Canal Cerralvo.

De igual manera, la muestra de duna d61, manifiesta una proveniencia continental transicional del sedimento, lo cual es de esperarse ya que está alimentada por los sedimentos de la playa al sur del Canal. La terraza marina también tiene sedimentos procedentes de una fuente continental transicional (Fig. 41).

IV.4.3. Plataformas marinas, talud y cuenca profunda

Al igual que en el sistema depositacional del litoral del Canal Cerralvo, la composición mineralógica de la plataforma y talud es de Qz, Fd, Fr, Mi y CaCO₃ (fragmentos calcáreos biógenos), además de la característica ausencia de minerales pesados (Tabla 13, Fig. 25). Sin embargo, de los datos en crudo, son notorias algunas diferencias como el incremento en el porcentaje de los fragmentos de roca, micas y el obvio y sustancial del CaCO₃. Por otra parte, los feldespatos disminuyeron en mayor proporción que el cuarzo, lo cual se observa objetivamente en el incremento de la relación Qz/Fd, que varió entre 3.8 y más de 45 en los lugares sin feldespatos.

El contenido de fragmentos calcáreos biógenos (CaCO₃), varió comúnmente entre 30 y 56 %, excepto para la m20 (10 %) (Fig. 25). En general el sedimento se clasifica como arenas carbonatadas (Williams y colaboradores, 1979), aunque la muestra m15 es una calcarenita, pues el CaCO₃ excede el 50 %. Esta descripción está de acuerdo con lo descrito por

Tabla 13. Composición mineralógica del sedimento del Canal Cerralvo.

LOCALIDAD	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	Mi	CaCO ₃	ø	Qz/Fd
CANAL CERRALVO	m1-1	39.5	6.5	12.0	8.5	33.5	1.50	6.1
	m1-2	22.0	5.0	15.0	2.0	56.0	3.25	4.4
	m3	45.0			15.0	40.0	3.75	45.0
	m10	45.0	10.0	10.0	5.0	30.0	3.75	4.5
	m15	30.0	5.0	5.0	8.0	52.0	2.25	6.0
	m17	45.0	3.0	12.0	10.0	30.0	3.25	15.0
	m20	67.0	18.0	5.0		10.0	1.00	3.7
	m13	52.0		15.0	3.0	30.0	2.25	52.0

Qz = Quarzo; Fd = Feldespato; Fr = Fragmentos de roca; Mi = Micas

CaCO₃ = Fragmentos calcáreos biógenos

ø = fracción analizada

van Andel (1964), para los sedimentos de la plataforma central y sur del Golfo de California, asignándoles contenidos de CaCO₃, que varía entre 17 y 50 %. Por otra parte, los contenidos altos de mica que varían entre 2 y 15 % (Fig. 25), son característicos de las costas del Golfo frente al batolito de San Lucas, según van Andel (1964).

IV.4.3.1. tipo de sedimento

Considerando la clasificación de Dott (1964) para arenas terrigenas, los sedimentos de la plataforma abrasiva del área de estudio son de tipos diversos (Tabla 14, Fig. 42). Esto refleja poco traslape o poco transporte a lo largo de la plataforma; más bien un transporte transversal, relacionado estrechamente a una fuente de aporte sedimentaria. De esta manera, la muestra m1 es una arenita lítica que refleja con ello un aporte importante de líticos. Estos también se observaron sobre el litoral, en la Ensenada El Coyote.

En la muestra m3 no se observaron feldespatos ni fragmentos de roca y considerando el contenido alto de lodos mayor al 15 %, estas arenas corresponden a una grauvaca-cuarcítica (Fig. 42), la que está relacionada a una fuente granítica. Las muestras m10 y m15, con porcentajes altos de Fd y Fr en la misma proporción, caen en el límite subarcosa-sublitarenita. Aunque las diferencias de estas muestras con la m3 son difíciles de explicar, ya que se considera que la fuente de aporte es la misma. Sin embargo, existen otras diferencias que quizás podrían influir en el contenido mineralógico de estas muestras, como son la distancia a la línea de costa, siendo menor para la m3 (1.8 km) que para las m10 y m15; la pendiente es mayor para la m3 que para las otras muestras; y la amplitud de la plataforma, está en relación aproximada a la distancia a la línea de costa.

Tabla 14. Porcentajes de cuarzo Qz, Fd y Fr, tipos de sedimento de acuerdo a Dott (1964) y proveniencia del sedimento de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979) del Canal Cerralvo.

LOCALIDAD	MUESTRA	Qz	Fd	Fr	CLASIFICACION DE ARENAS TERRIGENAS (DOTT, 1964)	FUENTE DEL SEDIMENTO (DICKINSON Y SUCZEK, 1979)	
						DIAGRAMA QFL	DIAGRAMA QmFLt
CANAL CERRALVO	1M1	68	11	21	Sublitarenita	Orogénico reciclado	Cuarcítico reciclado
	2M1	52	12	36	Arenita lítica	Orogénico reciclado	Cuarcítico reciclado / Transicional reciclado
	M3	100	0	0	Grauvaca-cuarcítica	Cratón interior	Cratón interior
	M10	69	15.5	15.5	Subarc.-Sublitar.	Orogénico reciclado	Cuarcítico reciclado
	M15	75	12.5	12.5	Subarc.-Sublitar.	Orogénico reciclado	Continental transicional / Cuarcítico reciclado
	M17	75	5	20	Grauvaca lítica	Orogénico reciclado	Cuarcítico reciclado
	M20	74	20	6	Subarcosa	Orogénico reciclado	Continental transicional
ISLA CERRALVO	M13	78	22	0	Subarcosa	Continental transicional	Cuarcítico reciclado

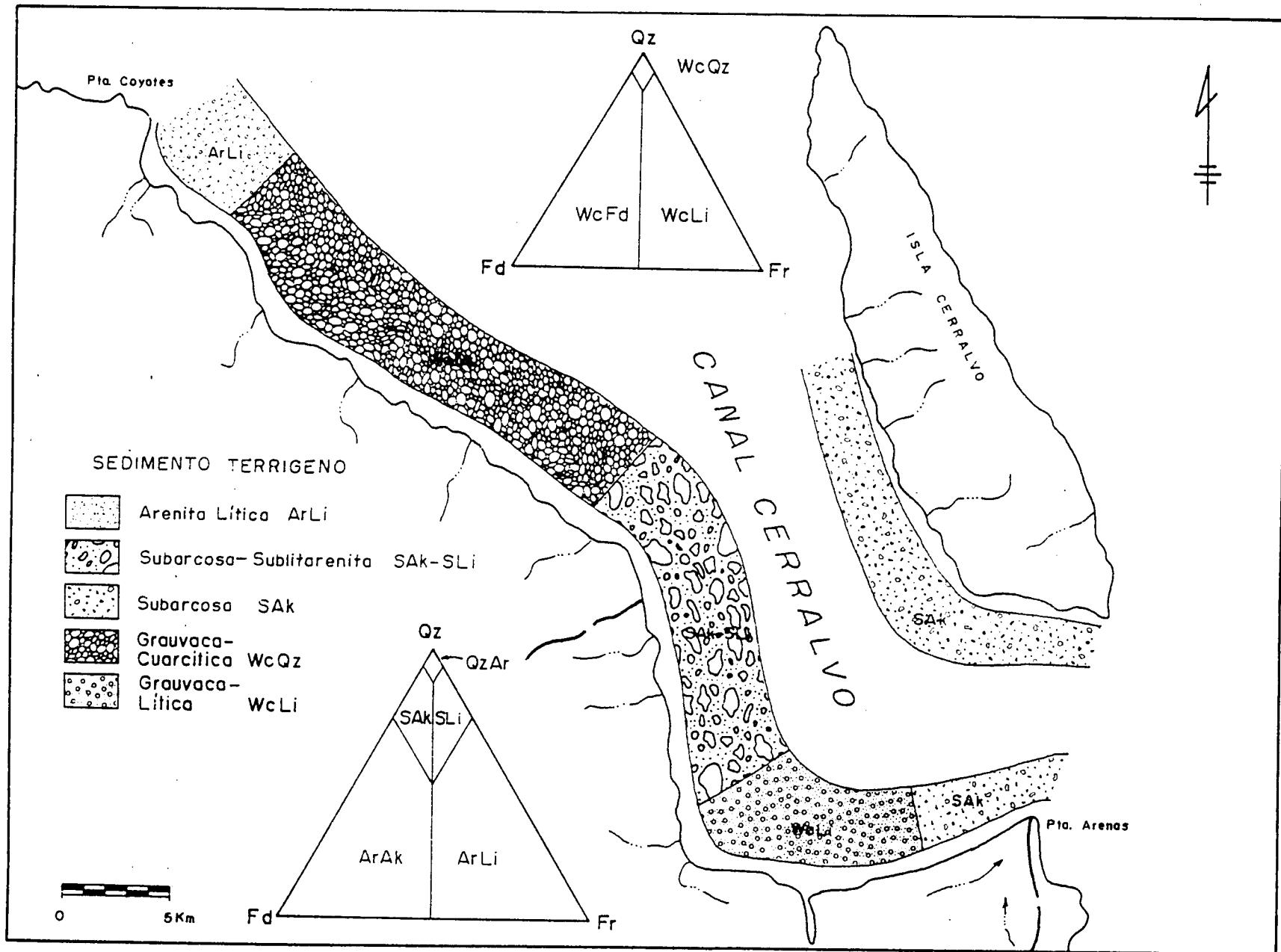


Figura 42. Tipos de sedimento del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dott (1964).

Las arenas de la muestra m17 corresponden a una grauvaca lítica por su contenido alto de fragmentos de roca (20 %) y más de 15 % de lodos (Fig. 42). Esto puede deberse a las descargas fluviales de sedimento fino del arroyo La Bocana y la influencia de sedimentos líticos provenientes de la Sierra Santa Marta-El Carrizal, la cual tiene rocas metamórficas.

La muestra m20 refleja una influencia muy marcada del ambiente litoral pues los porcentajes de Qz, Fd y Fr son prácticamente iguales a los de la muestra L9c, de la localidad El Faro y por tanto el sedimento es del mismo tipo, subarcosa. Esto se debe muy probablemente a las características del área de depósito: poca profundidad (36 m), muy cercana a la costa (1.2 km) y se considera un área de alta energía, ya que es la margen sur del Canal Cerralvo, por donde la corriente de marea tiene mayor influencia y el embate del oleaje del Golfo con vientos del suroeste es más directo.

La muestra m13 cercana a la Isla Cerralvo, es una sublitarenita sin feldespatos (Fig. 42), asociada seguramente a la fuente de aporte del complejo metamórfico de la isla.

En lo general, las características de los sedimentos de la plataforma erosiva del Canal Cerralvo, concuerdan con lo encontrado por van Andel(1964), quien menciona que los sedimentos del Golfo son arcósicos en el ambiente litoral y grauvacas en mar profundo y, particularmente, en la punta de la península, alrededor del batolito de Cabo San Lucas, son comunes las arcosas y presentan un alto contenido de micas.

IV.4.3.2. **Fuente de proveniencia del sedimento**

Con respecto a la proveniencia de los sedimentos, aplicando el triángulo de Dickinson y Suczek (1979), las arenas reflejan fuentes de aporte diferentes a las que manifiestan los sedimentos de la zona litoral. De esta manera, la

muestra ml refleja una proveniencia de ambiente cuarcítico/transicional reciclado (Tabla 14, Fig. 43), lo cual no concuerda con los sedimentos del litoral más próximo (El Coyote) del que se infirió una fuente de arco transicional y arco transicional/transicional reciclado. Esto se puede deber a que en la muestra ml ubicada en la plataforma externa/talud superior, se refleja la poca influencia que pueden tener otras fuentes de aporte contiguas, hacia el ambiente marino, lo cual no se apreció claramente en los otros parámetros considerados.

La muestra m3 cae en una fuente de procedencia de cratón interior (Fig. 43), lo cual se puede explicar al considerar que la cuenca de drenaje que abastece esta parte de la plataforma es exclusivamente granítica, sin tener influencia de las rocas metamórficas o de las contiguas volcanosedimentarias.

Las demás muestras adyacentes a la península varían entre una fuente continental transicional y una cuarcítica reciclado (Fig. 43), predominando ligeramente la segunda, por lo que es más concluyente una fuente de esta naturaleza. Las pequeñas variaciones pueden deberse a cambios en las características del ambiente de depósito y a la distancia a la línea de costa y, en consecuencia, la influencia de las posibles descargas de sedimento.

La muestra m13 de la margen de la Isla Cerralvo, refleja una fuente de procedencia cuarcítica reciclada por su falta de feldespatos (Fig. 43), lo cual concuerda con lo encontrado para los sedimentos de la plataforma abrasiva adyacente a la península, descritos anteriormente.

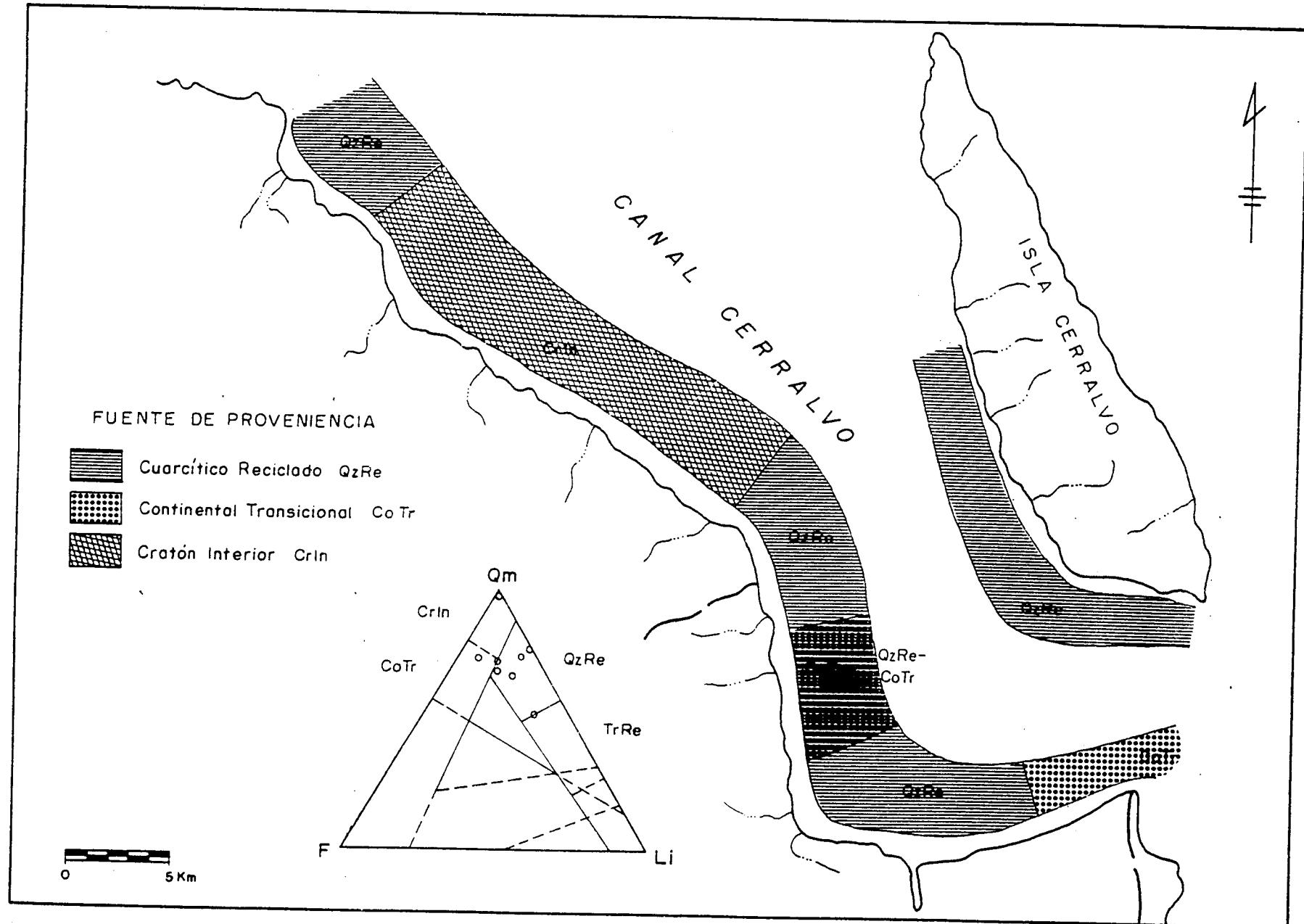


Figura 43. Proveniencia del sedimento terrígeno del Canal Cerralvo, de acuerdo a Dickinson y Suczek (1979).

V. CONCLUSIONES

- 1.- La morfología de la cuenca de San Juan de Los Planes, de su línea de costa y del Canal Cerralvo está determinada, en parte, por la tectónica extensional del Golfo de California. Esta tectónica produce estructuras de graben y horsts con fallas normales orientadas norte-sur y este-oeste.
- 2.- El graben de Los Planes está limitado, al este y oeste, por sierras (horsts) con algunas características diferentes como altura, pendientes y amplitud de la vertiente. Sobre el graben y al pie de las sierras se han desarrollado abanicos que muestran diferencias en sus rasgos; los de la parte oeste son más amplios, con ápices más altos y con pendientes mayores que los de la parte este.
- 3.- Los abanicos, en general, muestran formas de erosión que pueden deberse al levantamiento de la península. Lo sugieren la profundización de los arroyos en la parte distal de los abanicos y la formación de terrazas en abanico-deltas.
- 4.- La línea de costa presenta tres provincias: 1) Granítica - volcanosedimentaria dominada por acantilados, escarpes de erosión y playas de bolsillo; 2) Sedimentaria con playas en la base de escarpes de erosión y cordones de dunas; y 3) Isla Cerralvo, con playas pequeñas de sedimento grueso en la base de acantilados.
- 5.- El Canal Cerralvo tiene forma de "L", influida por el fallamiento con dirección norte-sur y este-oeste. En su parte central la profundidad varía entre 240 y 700 m y en sus márgenes se presenta una plataforma de abrasión, cuyo borde externo tiene profundidades de 80

a 100 m, resultado probablemente de las variaciones pleistocénicas del **nivel del mar**.

- 6.- En el área de estudio se presentan los sistemas depositacionales siguientes: 1) Abanicos aluviales; 2)Líneas de costa arenosas; 3) Plataformas marinas; y 4) Talud.
- 7.- En los abanicos aluviales el sedimento es bimodal y polimodal. Aguas abajo el tamaño promedio disminuye, al igual que la clasificación, mientras que la distribución de tamaño tiende a ser menos asimétrica hacia los gruesos y es generalmente mesocúrtica. Algunas anomalías en estos parámetros se deben a la erosión de las partes distales de los abanicos.
- 8.- La línea de costa, en la cara de la playa, tiene arenas y gravas moderadamente clasificadas, muy leptocúrticas y con asimetría hacia los gruesos; en la línea de agua son gravas, principalmente, desde moderadamente a bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los finos; en el sublitoral hay arenas con gravas, desde mal a bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los gruesos; y en el cordón de dunas hay arenas bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los finos.
- 9.- Los parámetros texturales del sistema de líneas de costa están claramente afectadas por: 1) Descargas fluviales que producen clasificaciones malas, asimetría hacia los finos y bimodalidad; y 2) Variabilidad en las condiciones de energía de oleaje, de tal manera que la energía alta produce buena clasificación, distribuciones leptocúrticas y asimetría hacia los finos; por el contrario la energía baja se traduce en mala clasificación y bimodalidad.

- 10.- La plataforma y talud, en zonas cercanas a descargas fluviales o con energía baja, tienen arenas lodosas, mal clasificadas, platicúrticas y con asimetría hacia los finos; en la partes sujetas a energía alta hay arenas gravosas bien clasificadas, leptocúrticas y con asimetría hacia los gruesos.
- 11.- Los sistemas sedimentarios muestran agrupamientos en algunas gráficas de dispersión, al relacionar los diferentes parámetros estudiados, particularmente la de desviación estándar contra media. Algunas muestras se mezclan con ambientes distintos, mostrando la influencia y la interacción que tienen unos con otros.
- 12.- Los componentes mineralógicos más abundantes en los abanicos aluviales son cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca; las micas, hornblenda y anfíboles definen las áreas occidental, oriental y central-sur, relacionadas a las fuentes de aporte. En la línea de costa, además de los componentes principales y las micas, se observan fragmentos calcáreos biógenos; estos componentes se distribuyen en función de las fuentes de aporte, condiciones de energía, rasgos topográficos y abundancia de organismos. La plataforma y talud presentan la misma mineralogía que la línea de costa, pero los feldespatos disminuyen en tanto que los fragmentos de roca, las micas y los fragmentos calcáreos biógenos se incrementan, de tal manera que estos sedimentos llegan a ser carbonatados.
- 13.- Los sedimentos del sistema de abanicos son principalmente arcósicos. Además de éstos, en la línea de costa se observan subarcosas y las arenas líticas sólo se presentan en una localidad sujeta a aporte volcanosedimentario. En el Canal Cerralvo se observan, principalmente, grauvacas; otros tipos como las arenas líticas,

subarcosas y sublitarenitas están relacionadas a las fuentes de aporte.

14.- Los sistemas sedimentarios se desarrollan en un ambiente tectónico de basamento en ascenso, característico de una zona de rift. Este ambiente se diversifica hacia la línea de costa y aún más hacia la plataforma y talud, en donde, además, se determinaron fuentes de proveniencia de arco transicional, transicional reciclado, continental transicional, cuarcítico reciclado y cratón interior. Aunque la mayoría de estos ambientes de Los Planes están relacionados a un ambiente de rift, como lo son las márgenes del Golfo de California, las diferencias se pueden deber, principalmente, al medio de transporte y al ambiente de depósito del sedimento.

15.- Este trabajo es el primero, en la Península de Baja California, que aporta un conocimiento amplio sobre las características geomorfológicas, sedimentológicas y mineralógicas de una cuenca y los componentes sedimentarios que la integran. El sedimento se estudia desde que es liberado por los procesos del intemperismo, transportado y finalmente depositado en el ambiente marino.

AGRADECIMIENTOS

- Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo logístico, a través del proyecto de investigación “Estudios geológicos costeros de Baja California Sur”.
- Al Director de tesis, Dr Rodolfo Cruz-Orozco, por su valioso asesoramiento en todas las etapas del desarrollo de la tesis y su apoyo e interés para la realización del presente trabajo.
- Al Oc. Lucio Godínez Orta e Ing. Geól. Paulino Rojo García, Director y participante, respectivamente, del proyecto “Estudios geológicos costeros de Baja California Sur”, por su valiosa colaboración en el trabajo de campo, así como por sus opiniones en el desarrollo del mismo.
- Al grupo de Geología Marina del Departamento de Oceanología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por su apoyo y ayuda en la realización del manuscrito.
- A mi esposa Janette Magalli Murillo Jiménez y a la Sra. Plácida Chávez de Cruz por la revisión y observaciones al manuscrito.
- A mi Asesor de estudios de maestría, M. en C. Raúl Ernesto Ocampo Tórrea⁺, por sus consejos y ayuda desinteresada.
- A la Universidad Autónoma de Baja California Sur por la impresión del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Borrego, S. y R. A. Schwartzlose, 1979; Masas de agua del Golfo de California. Ciencias Marinas, UABC, México, 6 (1 y 2): 43-63.
- Anderson, D. L., 1971; La Falla de San Andrés. En: Tuzo Wilson, 1974; Deriva Continental y Tectónica de Placas. Selecciones de Scientific American, Freeman and Company, San Francisco: 163-1 79.
- Andrews, P. B. and G. J. van der Lingen, 1979; Environment significant sedimentology characteristics of beach sands. New Zealand, Jour. Geol. and Geophys., 12: 119-137.
- Anstey, R. L., 1965; Physical characteristics of alluvial fans. US Army Natick Laboratories, Natick, Massachusetts, Technical Report, Es-20: 109 p.
- Atwater, T., 1970; Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of Western North America. Geol. Soc. Am. Bull. (81): 3513-3536.
- Beal, C. H., 1948; Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico. Geol. Soc. Am., Mem. 31: 138 p.
- Byrne, J. V. y K. O. Emery, 1960; Sediments of the Gulf of California. Geol. Soc. Am. Bull., 71(7): 983-1010.
- Blissenbach, E., 1954; Geology of alluvial fans in semiarid regions. Geol. Soc. Am. Bull., 65: 175-190.
- Bull, W. B., 1962; Relations of alluvial fan size and slope to drainage basin size and lithology in Western Fresno County, California. US Geol. Survey Prof. Paper 450-B: 51-53.
- Bull, W. B., 1963; Alluvial fan deposits in western Fresno County, California. Jour. Geol., 71: 243-251.
- Bull, W. B., 1977; The alluvial fan environment, Progr. in Phys. Geogr., 1: 222-270.
- Darton, N. H., 1921; Geologic reconnaissance in Baja California. Jour. Geology, 29: 720-748.
- Davis, R. A., 1985; Coastal sedimentary environments, 2nd. ed. Springer-Verlag, New York, Inc.: 714 p.
- Denny, C. S., 1965; Alluvial fans in the Death Valley region of California and Nevada, US Geol. Survey Prof. Paper 466:62 p.
- Demant, A. y C. Robin, 1975; Las fases del volcanismo en México; una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico.

Rev. Inst. Geol. UNAM, 75(1): 70-83.

- Dickinson, W. R., L. S. Beard, G. R. Brakenridge, J. L. Erjavec, R. C. Fergusson, K. F. Inman, R. A. Knepp, F. A. Lindberg y P. T. Ryberg, 1983; Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94: 222-235.
- Dickinson, W. R. y C. A. Suczek, 1979; Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bull.*, 63: 2164-2182.
- Dott, R. H., Jr., 1964; Wacke, graywacke and matrix -what approach to immature sandstone classification? *Jour. Sed. Petrology*, 34: 622-647.
- Escandon, F., 1978; Bosquejo geológico de los depósitos de fosforita de San Juan de la Costa, Baja California Sur. Roca Fosfórica Mexicana, S. A. de C. V. Reporte inédito: 22 p.
- Folk, R. L., 1966; A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6: 73-93.
- Folk, R. L., 1974; Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing, Co. Texas: 182 p.
- Fisher, W. L. and J. H. McGowen, 1967; Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Societies* 17: 105-1 25.
- Friedman, G. M., 1961; Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Jour. Sed. Petrology*, 31: 514-529.
- Friedman, G. M., 1962; On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain size distribution of sandstone. *Jour. Geology*, 70: 737-756.
- Friedman, G. M., 1967; Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Jour. Sed. Petrology*, 37(2): 327-354.
- Friedman, G. M., 1979; Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology*, 26: 3-32.
- Friedman, G. M. y J. F. Sanders, 1978; Principles of sedimentology. John Wiley & Sons, New York: 792 p.
- Galloway, W. E. and D. K. Hobday, 1983; Terrigenous clastic depositional system. Springer-Verlag, New York: 423 p.
- Garcia, E. y P. Mosiño, 1968; Los climas de Baja California. Comité Nacional para el Decenio Hidrológico Internacional, Mem. 1966-1967, Inst. Geof. UNAM, México.
- Gastil, R. G., R. P. Phillips, y E. C. Allison, 1975; Reconnaissance geology of the State of Baja California. *Geol. Soc. Am., Mem.* 140: 170 p

- Graham, S. A., R. V. Ingersoll y W. R. Dickinson, 1976; Common provenance for lithic grains in Carboniferous sandstones from Ouachita Mountains and Black Warrior basin. *Jour. Sed. Petrology*, 46: 213-234.
- Hampton, M. A., 1975; Competence of fine-grained debris flows. *Jour. Sed. Petrology*, 45: 834-844.
- Hausback, B. P., 1984; Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, México. En: Frizzell, V. A., Jr. ed., *Geology of the Baja California Peninsula. Pacific Section*, S. E. P. M., (39): 219-236.
- Heim, A., 1922; Notes on the Tertiary of Southern Lower California. *Geol. Magaz.*, 59: 529-547.
- Hooke, R. Le B., 1967; Processes on arid region alluvial fans. *Jour. Geology*, 75: 438-460.
- INEGI, 1981 a; *Carta de climas, La Paz*, escala 1: 1 ,000,000. SPP, México.
- INEGI, 1981 b; *Carta edafológica, La Paz*, escala 1 :1,000,000. SPP, México.
- INEGI, 1981c; *Carta fisiográfica, La Paz*, escala 1 :1 ,000,000. SPP, México.
- INEGI, 1981d; *Carta topográfica, La Paz*, escala 1:250,000. SPP, México.
- INEGI, 1984; *Carta geológica, La Paz*, escala 1:250,000. SPP, México.
- Kennett, J. P., 1982; *Marine geology*. Prentice-Hall, Inc., New. Jersey.: 813 p.
- King, C. A. M., 1972; *Beaches and coasts*. 2nd ed. St. Martin's Press, New York: 570 p.
- Krumbein, W.C., 1936; Application of logarithmic moments to size frequency distribution of sediments. *Jour. Sed. Petrology*, 6: 35-47.
- Langbein, W. B. y S. A. Schumm, 1958; Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. *Trans. Am. Geophys. Union* 39: 1076-1084.
- Linsley, R. K., Jr., M. A. Kohler y J. L. H. Paulhus, 1977; *Hidrología para ingenieros*. McGraw-Hill de México, S. A. de C. V.: 386 p.
- López R., E., 1979; *Geología de México*. 2a. Ed., México, D.F., Edición Escolar, 3 volúmenes.
- Lozano, F., 1976; Evaluación petrolífera de la Península de Baja California, México. *Bol. Asoc. Mex. de Geol. y Petrol.*, v. XXVII, (4-6): 106-303.
- Maderey, L., 1975; La humedad y la vegetación en la Península de Baja California. *Bol. Inst. Geogr.*, (6), UNAM, Mexico.

- Marsh, W. M. y J. Dosier, 1981; *Landscape: an introduction to physical geography*. Addison-Wesley, U.S.A.: 637 p.
- Mason, C. C. y R. L. Folk, 1958; Differentiation of beach, dune, and aeolian flat environment based on size analysis, Mustang Islands, Texas. *Jour. Sed. Petrology*, 28: 211-226.
- Mc Cloy, C., 1984; Stratigraphy and depositional history of the San José del Cabo Trough, Baja California Sur, Mexico. En: Frizzell, V. A., Jr., ed.; *Geology of the Baja California Peninsula; Pacific Section*, S. E. P. M., (39): 267-273.
- Mc Eldowney, R. C., 1970; An occurrence of Paleozoic fossils in Baja California, Mexico. *Geol. Soc. Am. Abs.*, with Programs, 2: 117 p.
- Miall, A. D., 1970; Devonian alluvial fans, Prince of Wales Island, Arctic Canada. *Jour. Sed. Petrology*, 40: 556-571.
- Miller, R. L. y J. M. Zeigler, 1958; A model relating dynamics and sediment pattern in equilibrium in the region of shoaling waves, breaker zone, and foreshore. *Jour. Geology*, 66: 417-441
- Miller, R. L. y J. M. Zeigler, 1964, A study of sediment distribution in the zone of shoaling waves over complicated bottom topography. En: L. R. Miller, ed.; *Papers in Marine Geology*, Shepard Commemorative Volume, Macmillan, New York: 133-1 53.
- Mina, U. F., 1957; Bosquejo geológico del Territorio Sur de la Baja California. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.*, 8: 141- 239.
- Morán Z., D. J., 1985; *Geología de la República Mexicana*. INEGI-UNAM, México: 88 p.
- Nilson, T. H., 1982; Alluvial fan deposits. In: P. A. Scholle and D. Spearing; *Sandstone depositional environments*. AAPG, Tulsa, Oklahoma: 49-89 p.
- Ortega-Gutiérrez., F., 1982; Evolución magmática y metamórfica del complejo cristalino de La Paz, Baja California Sur. *Soc. Geol. Mex., resúmenes VI convención*, 90 p.
- Ortlieb, L., 1978; Reconocimiento de las terrazas marinas cuaternarias de la parte central de Baja California. *Revista del Instituto de Geología, UNAM*, 2 (2): 200-211.
- Ortlieb, L., 1987; Neotectonics and Quaternary sea level Variations in the Gulf of California Region, Mexico. *Bulletin of the INQUA Neotectonics Commission*, (10): 28-30.
- Pantoja, A. J. y J. Carrillo B., 1966; Bosquejo geológico de la región de Santiago, San José del Cabo, Baja California. *Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petrol.*, v. XVII, (I-2): I-1 1.
- Rachocki, A., 1981; *Alluvial fans*. John Wiley & Sons, New York: 161 p.

- Raisz, E.W., 1959 (2a. Ed. corregida, 1964); Landforms of Mexico: Physiographic Provinces. Geography Branch of the Office of Naval Research, USA. (1 carta).
- Rangin, F., 1978; Consideraciones sobre el Paleozoico Sonorense. Resúmenes del Primer Simposio sobre la geología y potencial minero del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. Instituto de Geología, UNAM: 35-56.
- Robles G., S., 1985; Estudio geográfico del Estado de Baja California Sur. Dir. de Cult., Gob. de B.C.S., México: 203 p.
- Roden, G. I., 1964; Oceanographic aspects of Gulf of California. En: T. J. van Andel and G. G. Shor, Jr., eds.; Marine geology of the Gulf of California. AAPG, Memoir 3: 30-58.
- Rusnak, G. A., R. L. Fisher and F. P. Shepard, 1964; Bathymetry and faults of Gulf of California. En: T. J. van Andel and G. G. Shor, Jr., eds.; Marine geology of the Gulf of California. AAPG, Memoir 3: 59-77.
- Santillán, M y T. Barrera, 1930; Las posibilidades petrolíferas en la costa occidental de la Baja California entre los paralelos 30 y 32 de latitud norte. Anales del Instituto de Geología, UNAM, (5): 1-37.
- Shepard, F. P., 1950; Submarine topography of the Gulf of California, part 3 of The 1940 E. W. Scripps Cruise to the Gulf of California. Geol. Soc. Am., Mem. 43: 32 p.
- Silver, L. T. y T. H. Anderson, 1978; Mesozoic magmatism and tectonism in northern Sonora and their implications for mineral resources. Resúmenes del Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero del Estado de Sonora, Hermosillo, Sonora, Instituto de Geología, UNAM: 117-18.
- Sundborg, A., 1967; Some aspects on fluvial sediments and fluvial morphology, I. General views and graphic methods. Geograf. Ann. 49A: 333-343.
- U. S. Hydrographic Office, 1951; Sailing directions for the west coast of Mexico and Central America. Pub. 84, Washington 25, D. C.: 308 p.
- Van Andel, T. H., 1964; Recent marine sediments of Gulf of California. En: T. H. van Andel and G. G. Shor, Jr., eds.; Marine Geology of the Gulf of California. AAPG, Memoir 3: 216-310.
- Van Orstsrand, C. E., 1925; Note on the representation of the distribution of grains in sands. Committe on Sedimentation: Research in Sedimentation in 1924, Natl. Res. Council: 63-67.
- Wasson, R. J., 1977; Catchment processes and the evolution of alluvial fans in the lower Derwent Valley, Tasmania: Zeitschrift fur Geomorphologie, Bd, 21: 147-1 68.

Wegeel, J. R., 1972; An introduction to oceanic water motions and their relation to sediment transport. En: D. J. P. Swift, D. B. Duane and O. H. Pilkey; Shelf sediment transport: process and pattern. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Pennsylvania: 656 p.

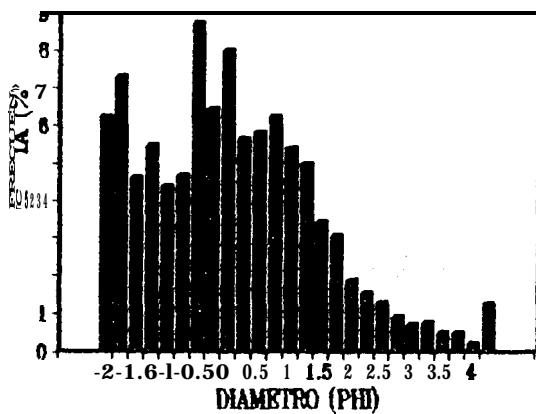
Wentworth, C. K., 1922; A scale of grade and class terms for clastic sediments: Jour. Geol., 30: 377-392.

Williams, H., F. J. Turner y C. M. Gilbert, 1968; Petrografía -introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. Cia. Editorial Continental, S. A., México: 430 p.

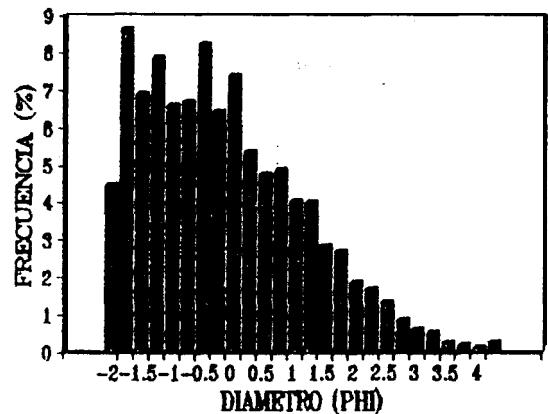
Williams, P. F. and B. R. Rust, 1969: The sedimentology of a braided river. Jour. Sed. Petrol., 39(2): 649-679.

Wright, L. D., H. H. Roberts, J. M. Coleman, R. L. Kupfer, y L. W. Bowden, 1973: Process-form variability of multiclass coasts: Baja California. Technical Report, Louisiana State University, 137: 54 p.

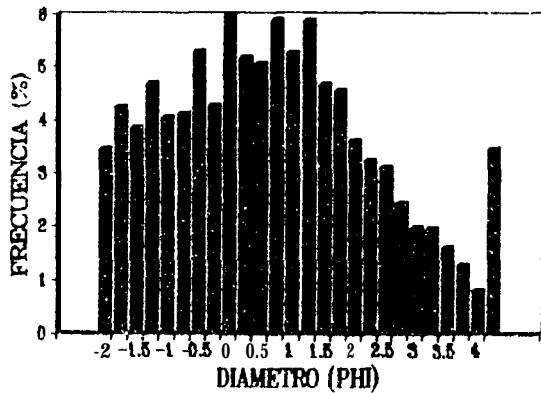
ABANICO 1
MUESTRA: t53m



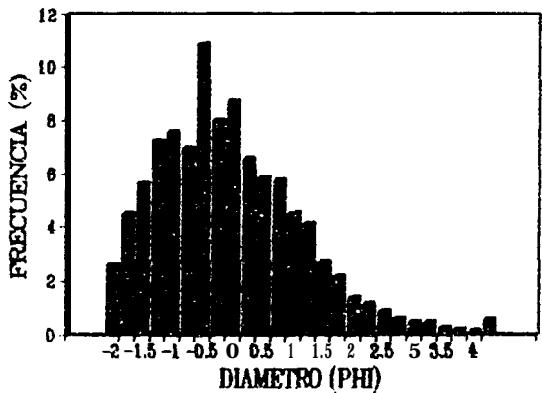
ABANICO 3: LAS CANOAS
MUESTRA: t54f



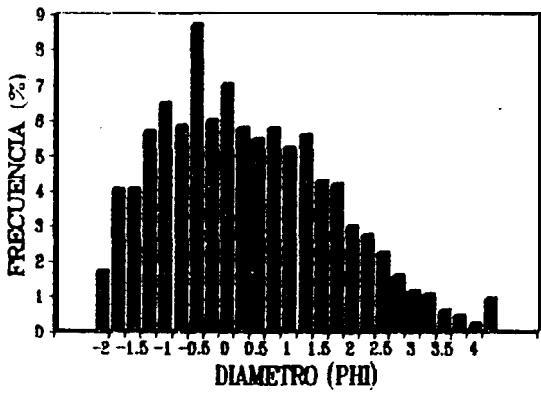
ABANICO 3: LAS CANOAS
MUESTRA: t15m



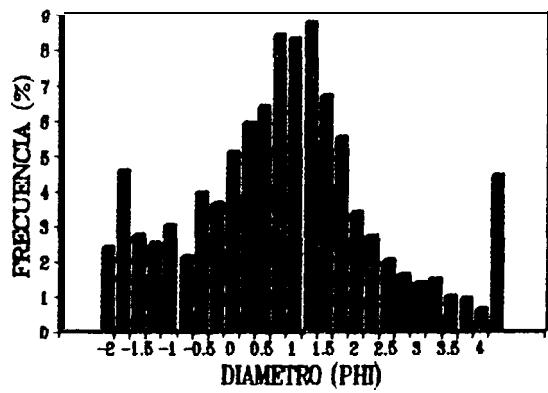
ABANICO 5: EL LEON
MUESTRA: t52p



ABANICO 5: EL LEON
MUESTRA: t17m

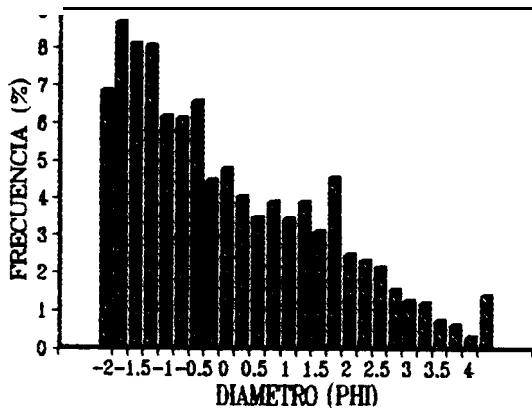


ABANICO 5: EL LEON
MUESTRA: t16d

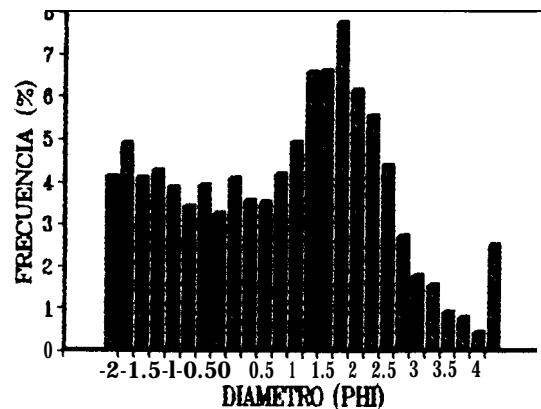


APENDICE 1. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del sistema de abanicos aluviales.

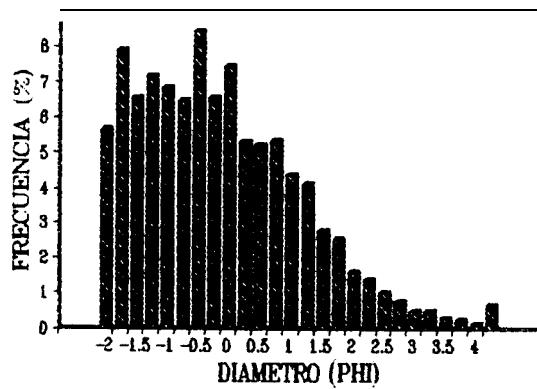
ABANICO 9: RAYSURA
MUESTRA: t51p



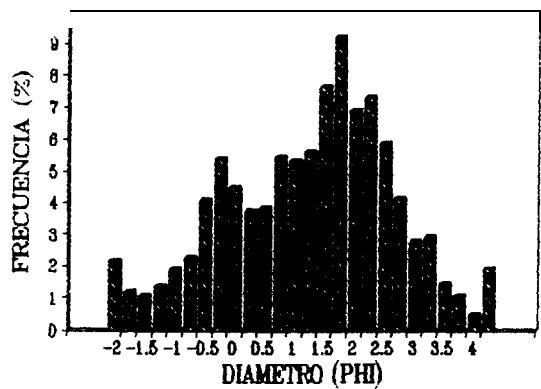
ABANICO 9: RAYSURA
MUESTRA: t11d



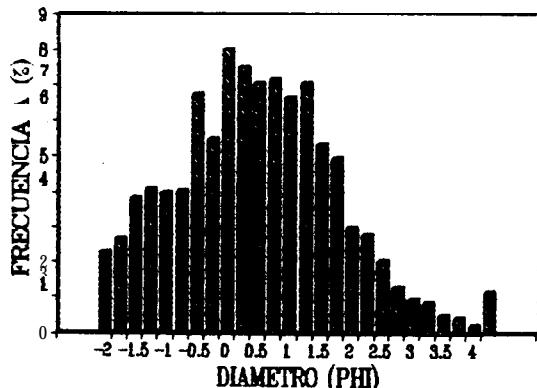
ABANICO A: SAN ANTONIO
MUESTRA: t42f



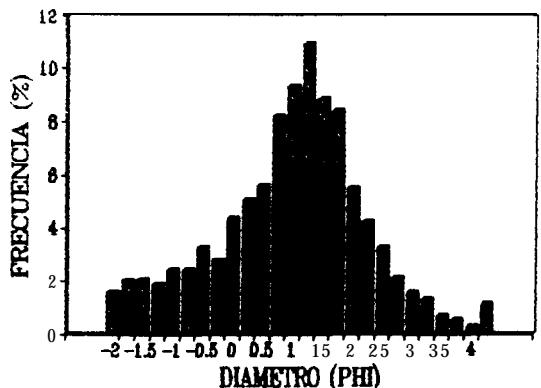
ABANICO A: SAN ANTONIO
MUESTRA: t7p



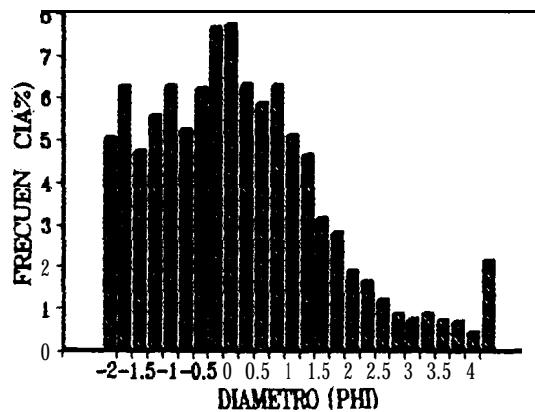
ABANICO A: SAN ANTONIO
MUESTRA: t9m



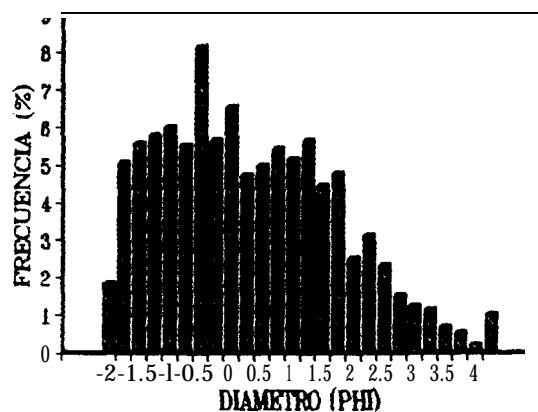
ABANICO A: SAN ANTONIO
MUESTRA: t10d



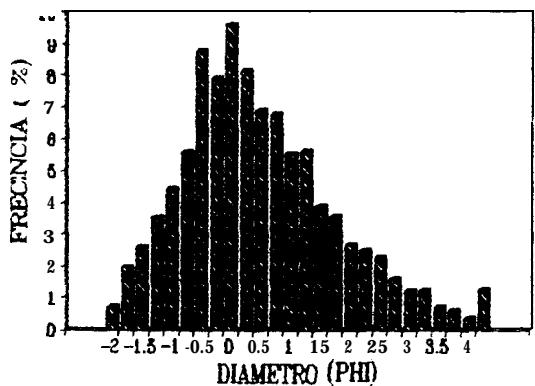
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t49f



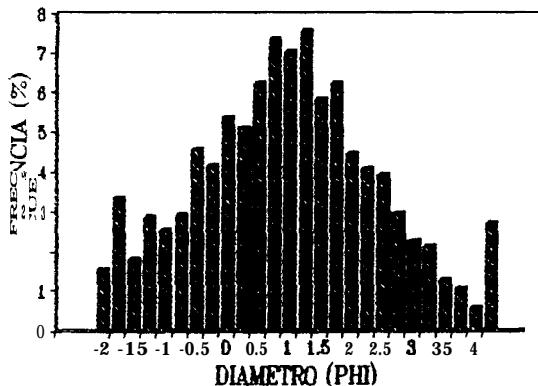
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t48f



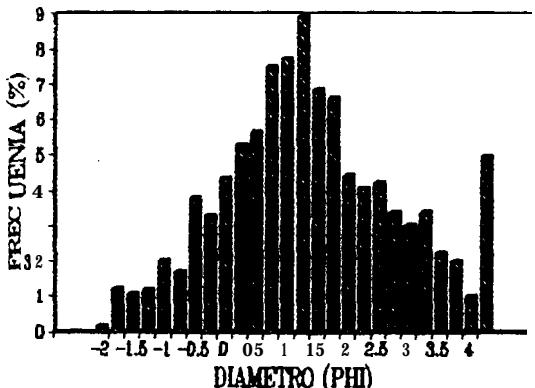
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t43p



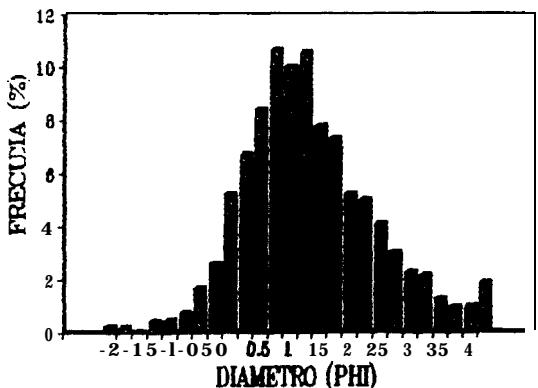
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t28m



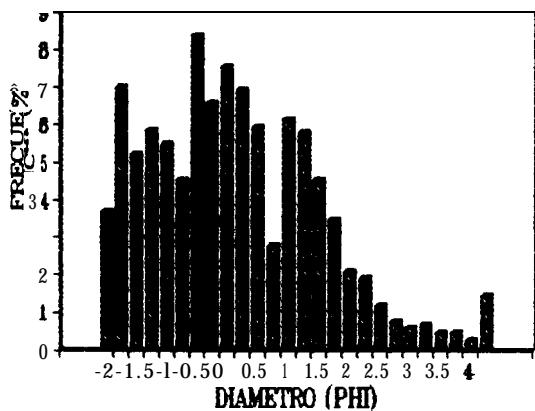
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t58m



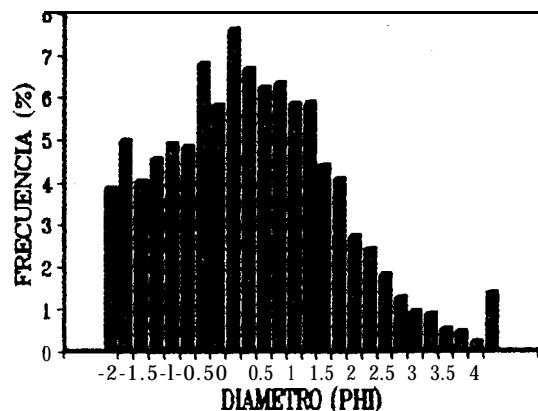
ABANICO B: LA FUNDICION
MUESTRA: t57d



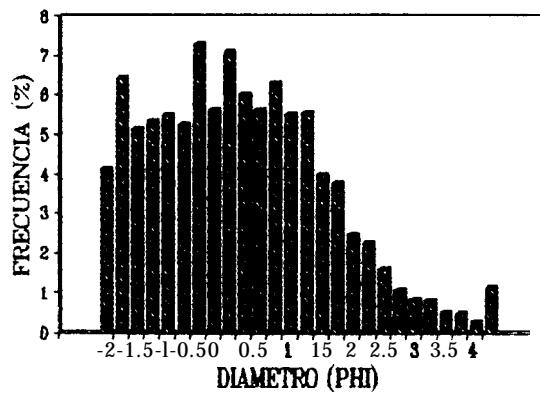
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t41f



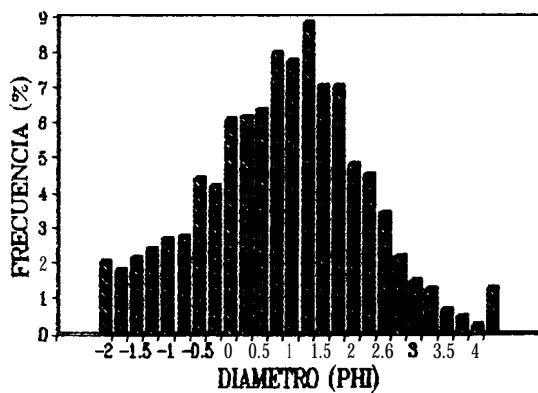
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t39f



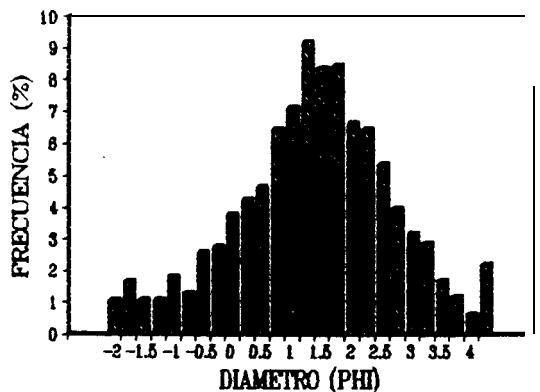
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t37p



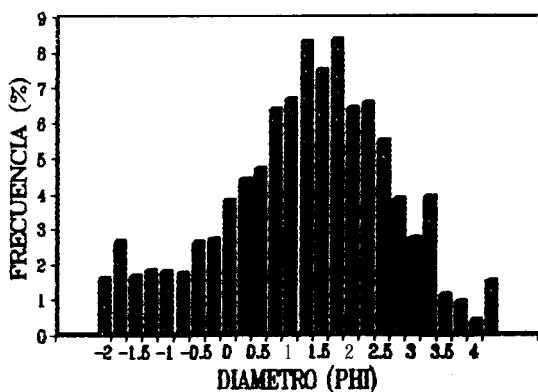
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t27m



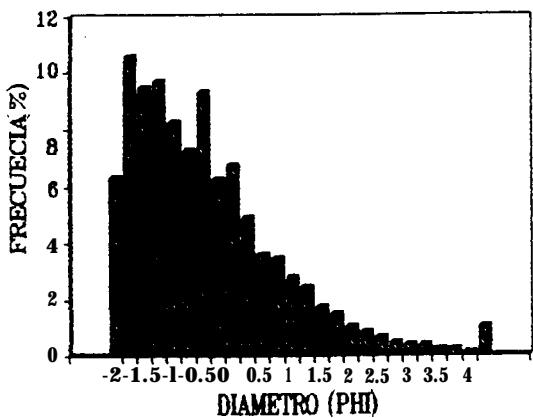
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t26m



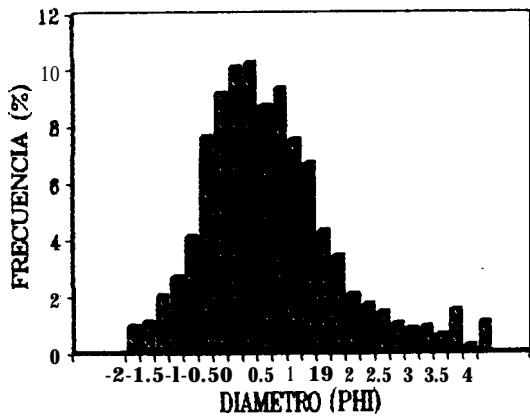
ABANICO 15: LOS BRASILEIROS
MUESTRA: t25d



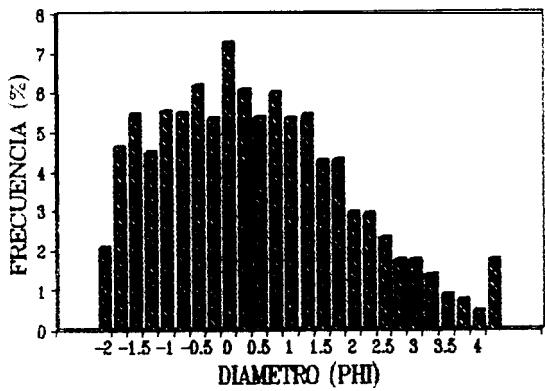
ABANICO 13: LOS ENCINOS
MUESTRA: t46p



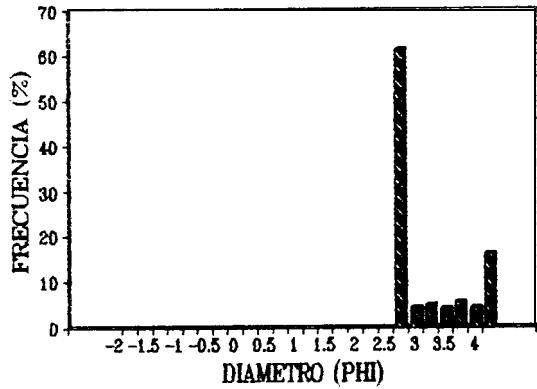
ABANICO C: HONDO
MUESTRA: t50p



ABANICO C: HONDO
MUESTRA: t29m

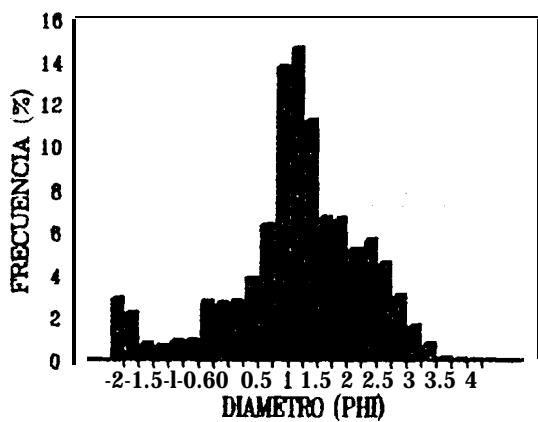


ABANICO C: HONDO
MUESTRA: t55d

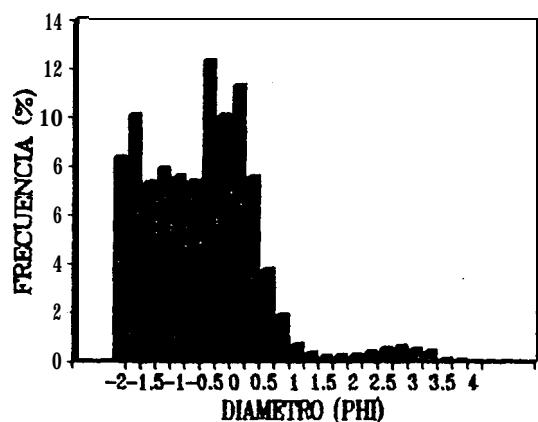


APENDICE 1. Histogramas... continuación.

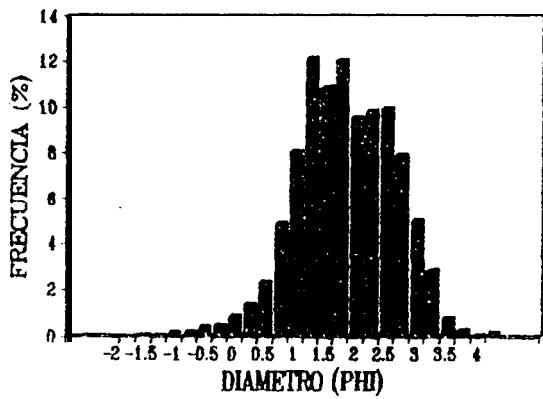
PERFIL 1: EL COYOTE
MUESTRA: 11a



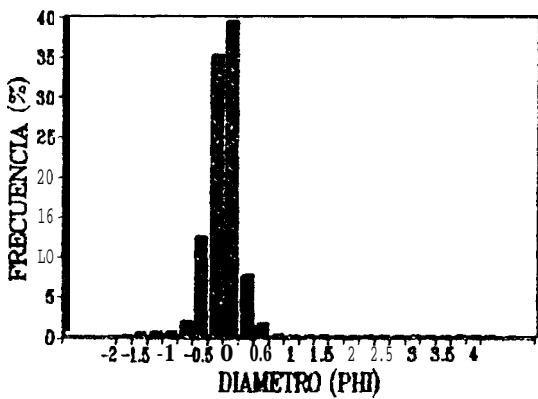
PERFIL 1: EL COYOTE
MUESTRA: 11b



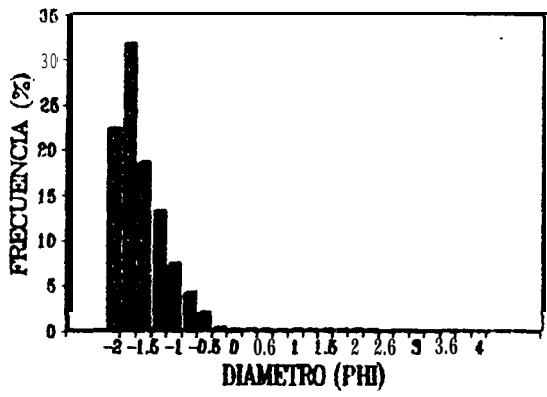
PERFIL 1: EL COYOTE
MUESTRA: 11c



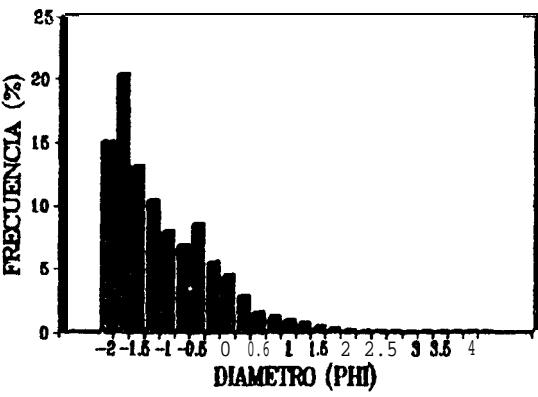
PERFIL 3: EL ROSARIO
MUESTRA: Ba



PERFIL 3: EL ROSARIO
MUESTRA: I3b

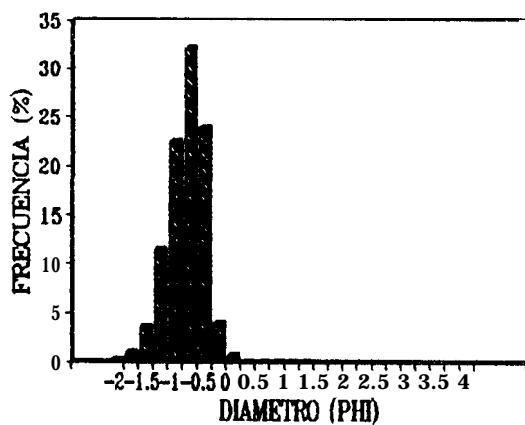


PERFIL 3: EL ROSARIO
MUESTRA: I3c

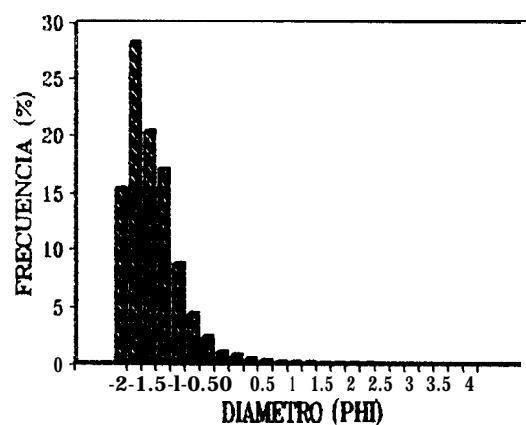


APENDICE 2. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del litoral del Canal Cerralvo.

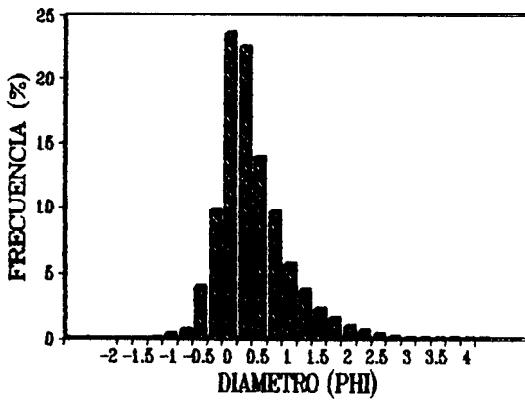
PERFIL 4: EL PALO
MUESTRA: 14a



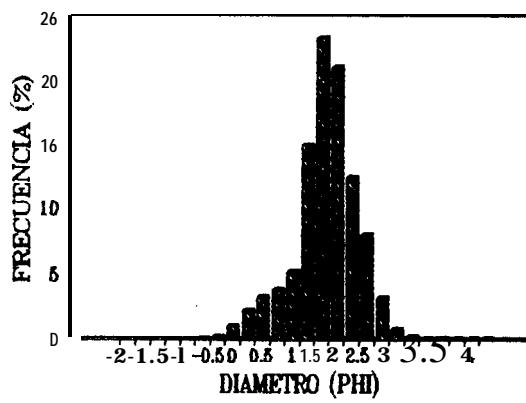
PERFIL 4: EL PALO
MUESTRA: 14b



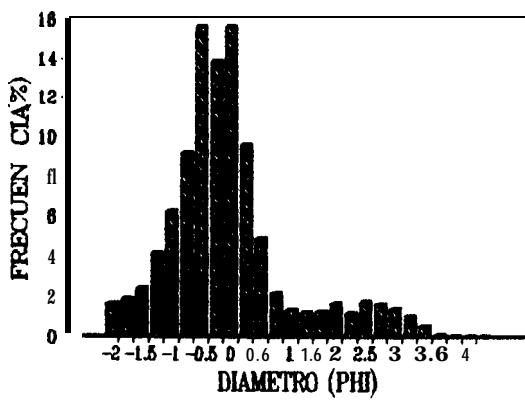
PERFIL 4: EL PALO
MUESTRA: 14c



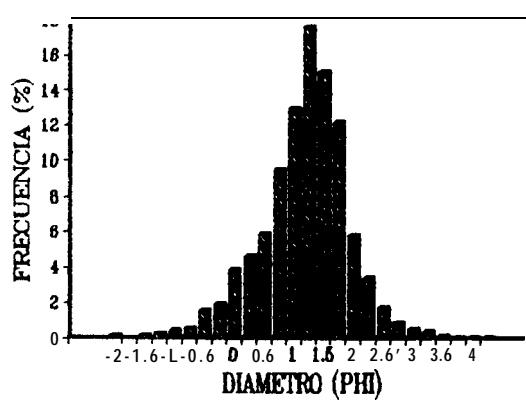
PERFIL 5: LAS CRUCES
MUESTRA: 15a



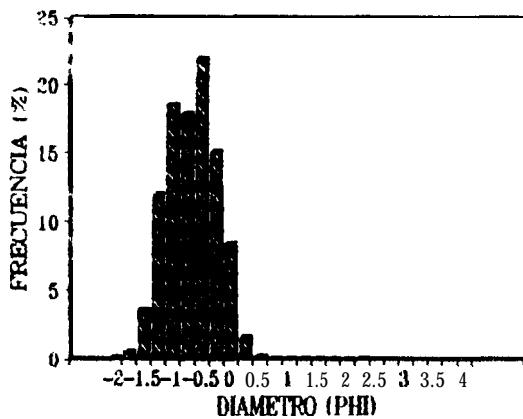
PERFIL 5: LAS CRUCES
MUESTRA: 15b



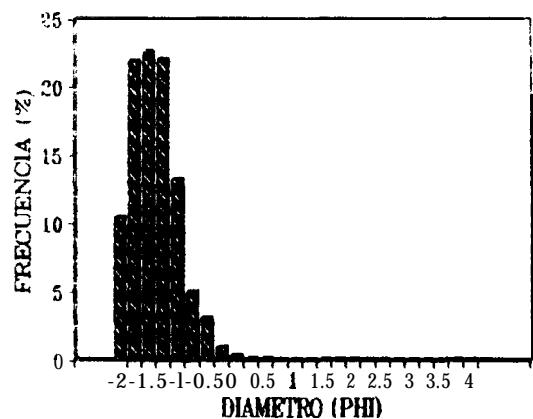
PERFIL 5: LAS CRUCES
MUESTRA: 15c



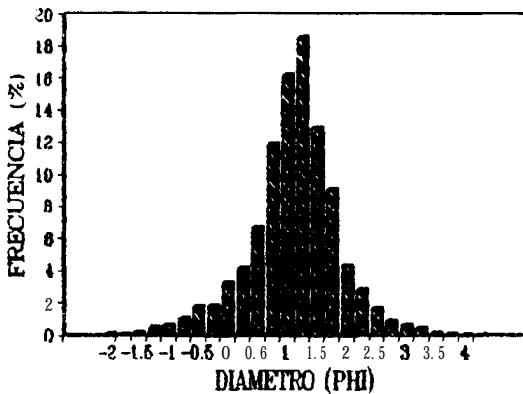
PERFIL 6: LA TIJERAS
MUESTRA: 16a



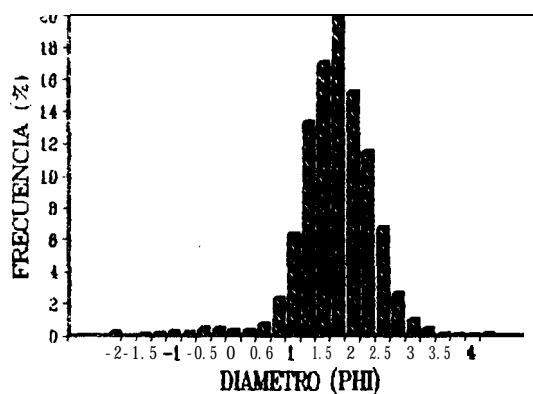
PERFIL 6: LA TIJERAS
MUESTRA: 16b



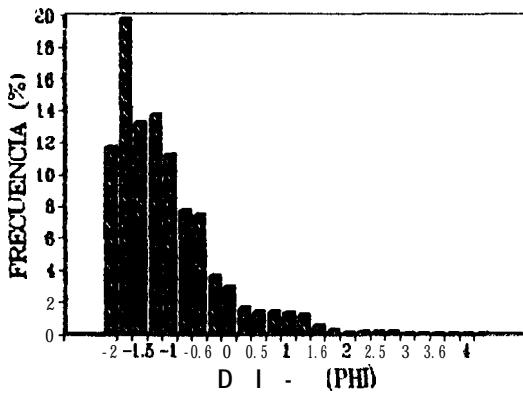
PERFIL 6: LA TIJERAS
MUESTRA: 16c



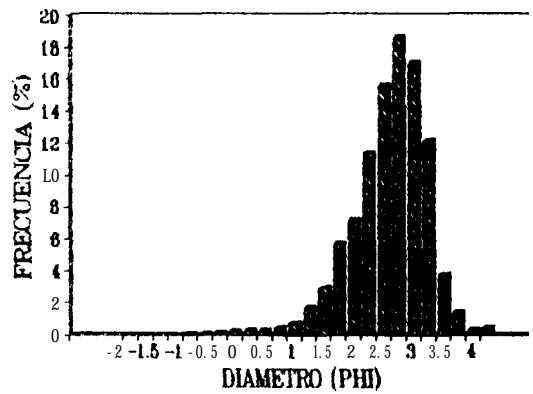
PERFIL 7: AGUA CALIENTE
MUESTRA: 17a



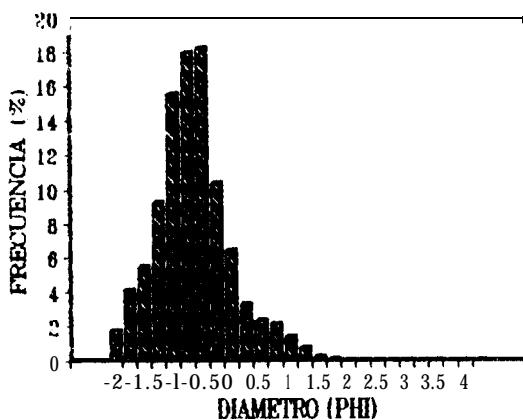
PERFIL 7: AGUA CALIENTE
MUESTRA: 17b



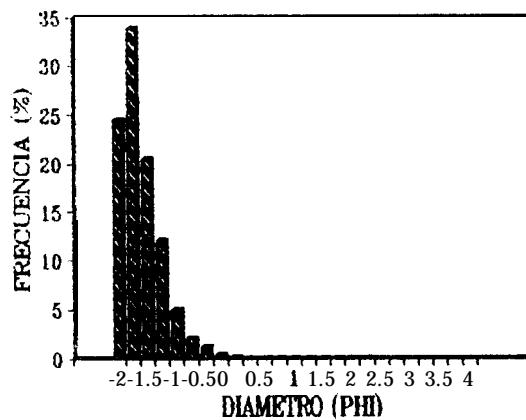
PERFIL 7: AGUA CALIENTE
MUESTRA: 17c



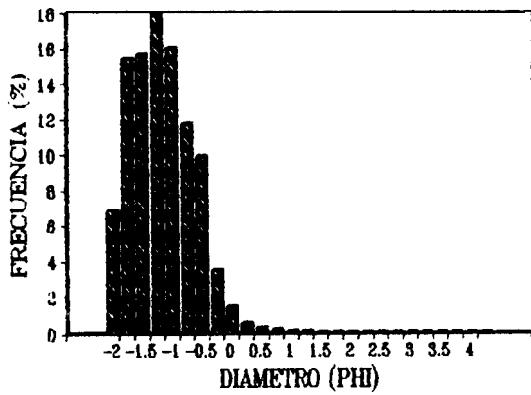
PERFIL 8: LAS ARENAS
MUESTRA: 18a



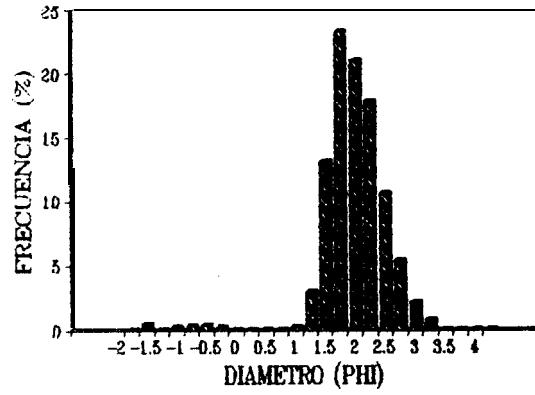
PERFIL 8: LAS ARENAS
MUESTRA: 18b



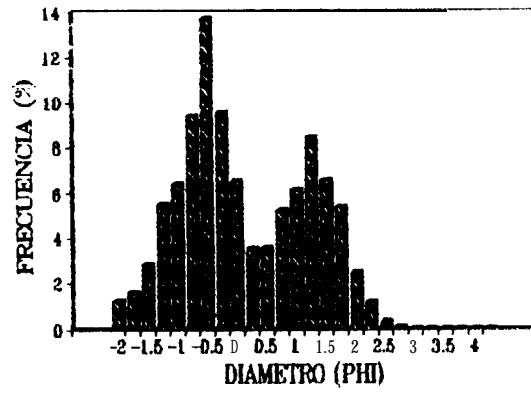
PERFIL 8: LAS ARENAS
MUESTRA: 18c



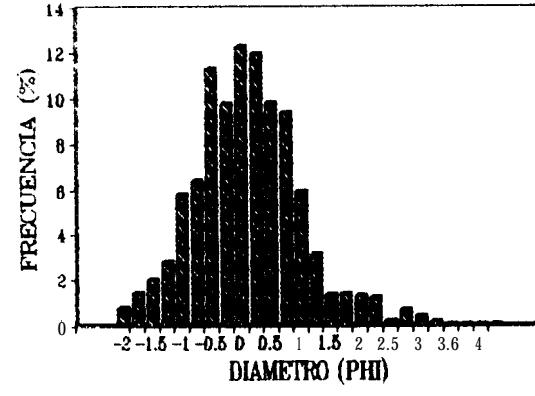
PERFIL 9: EL FARO
MUESTRA: 19a



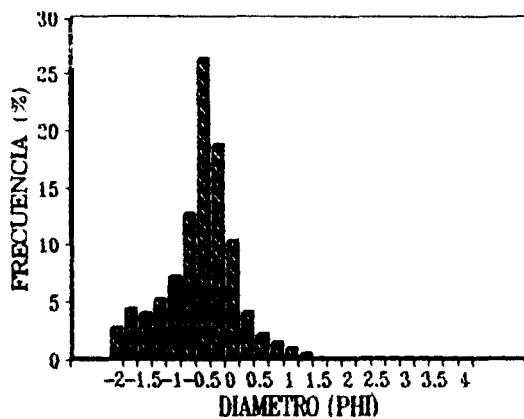
PERFIL 9: EL FARO
MUESTRA: 19b



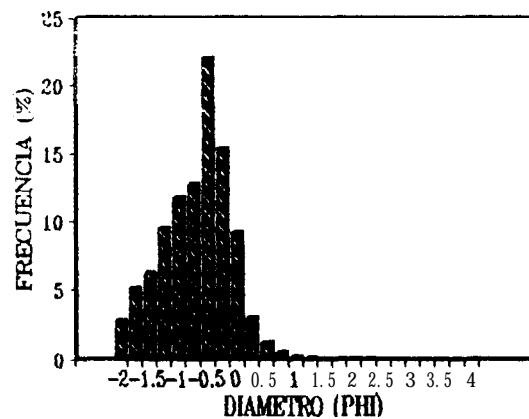
PERFIL 9: EL FARO
MUESTRA: 19c



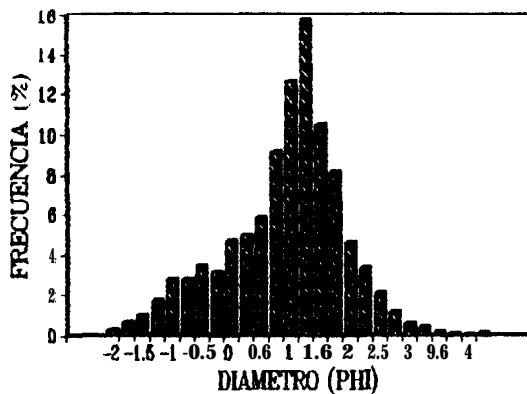
PERFIL 10: LA BOCANA
MUESTRA: 110a



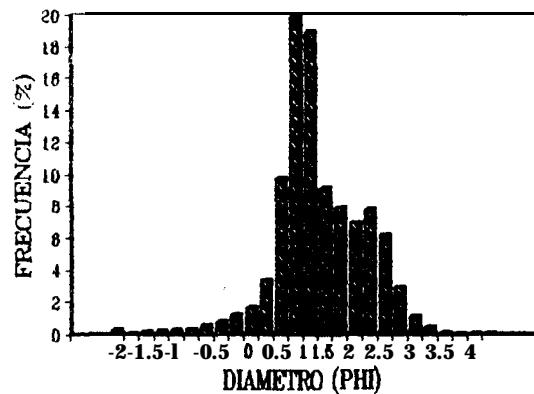
PERFIL 10: LA BOCANA
MUESTRA: 110b



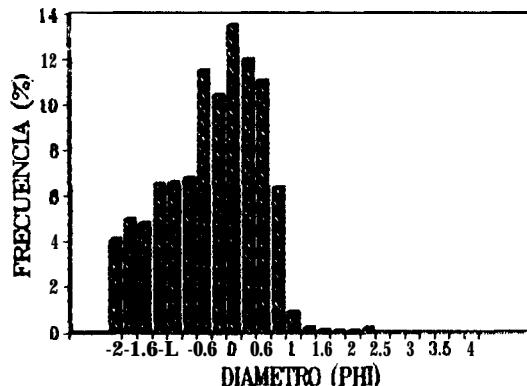
PERFIL 10: LA BOCANA
MUESTRA: 110c



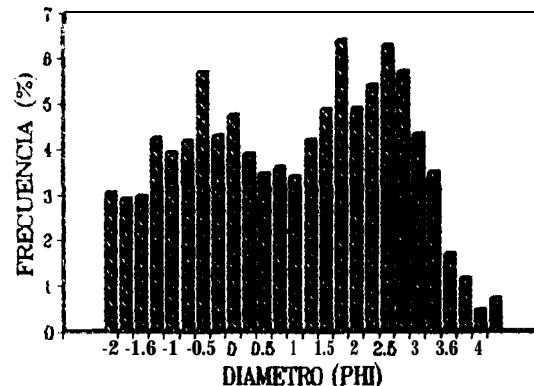
PERFIL II: LAS CANOAS
MUESTRA: 11 la



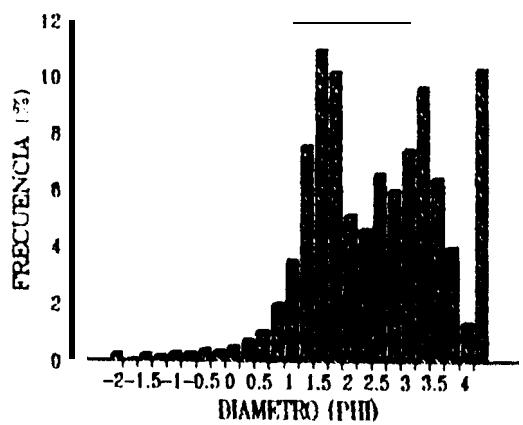
PERFIL II: LAS CANOAS
MUESTRA: IIIb



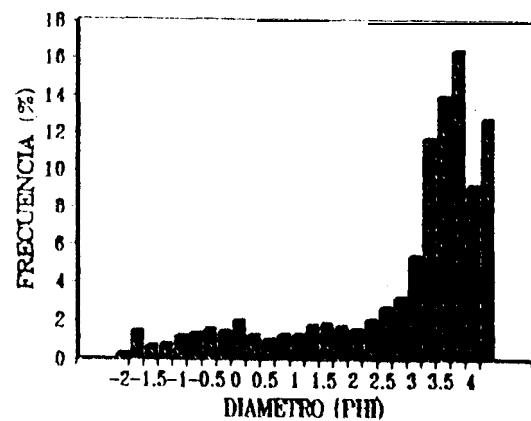
PERFIL II: LAS CANOAS
MUESTRA: IIIc



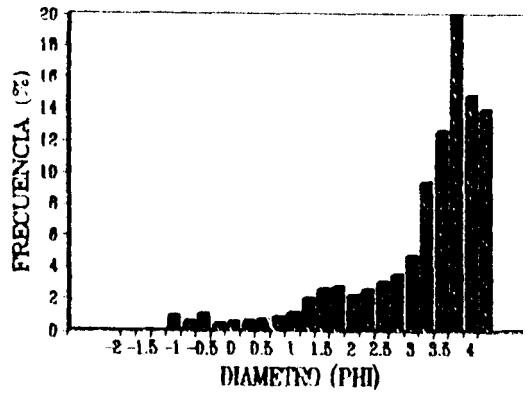
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m1



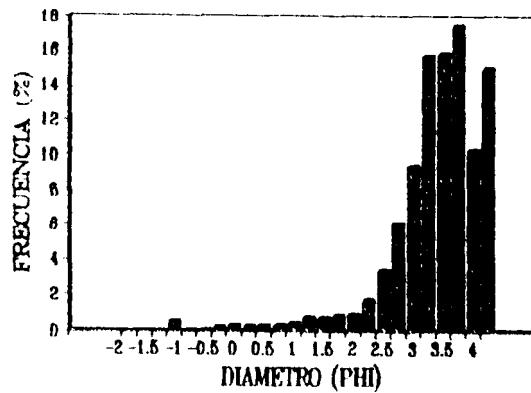
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m2



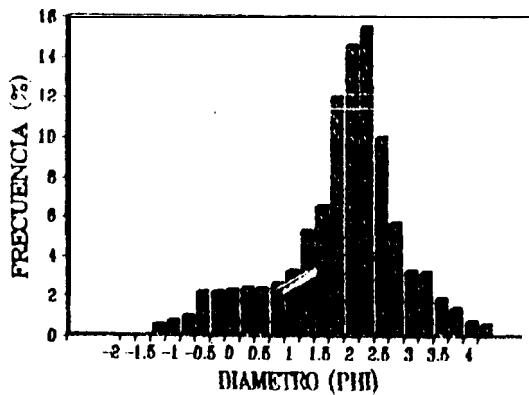
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m3



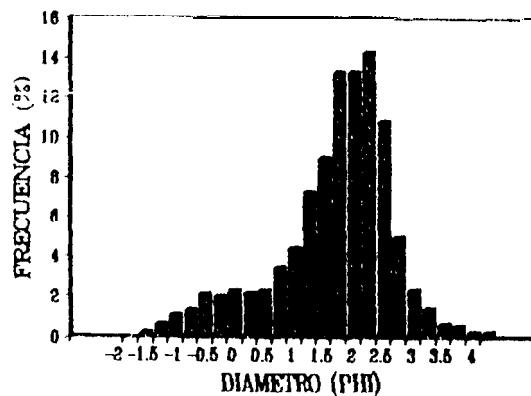
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m9



CANAL CERRALVO
MUESTRA: m10

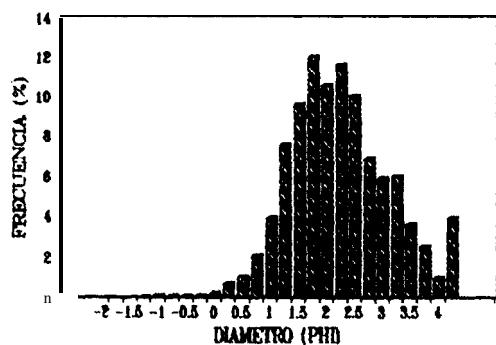


CANAL CERRALVO
MUESTRA: m12

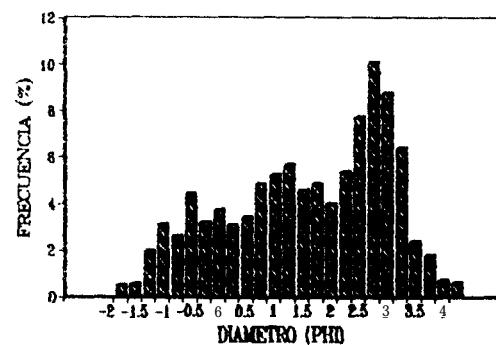


APENDICE 3. Histogramas de distribución de frecuencia del tamaño de grano para el sedimento del Canal Cerralvo.

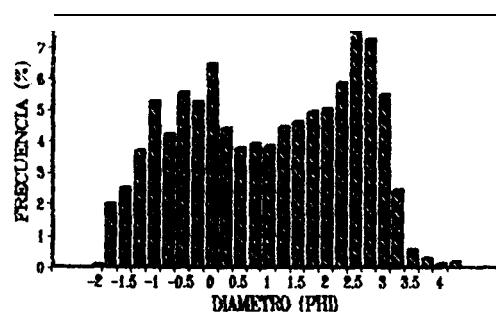
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m13



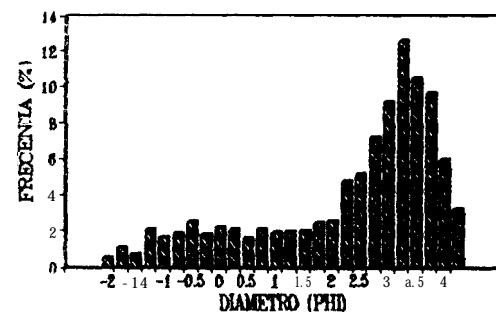
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m15



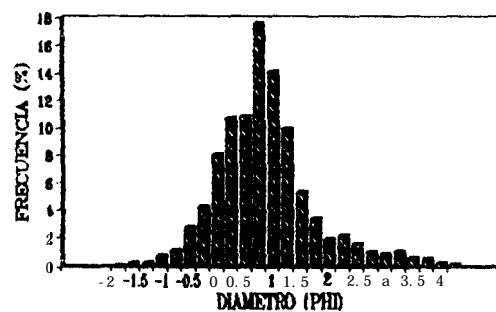
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m16



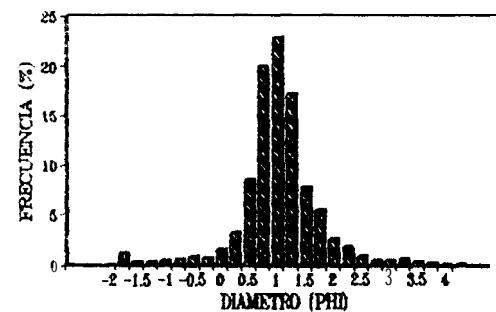
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m17



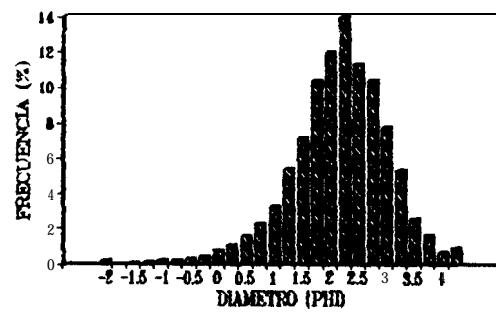
CANAL CERRALVO
MUESTRA: m18



CANAL CERRALVO
MUESTRA: m20



CANAL CERRALVO
MUESTRA: m29



APENDICE 3. Histogramas... continuación.