

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN DE FACIES DEL ABANICO ALUVIAL UBICADO EN EL SECTOR CAMURÍ CHICO, ESTADO VARGAS.**

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de Ingeniero Geólogo por el Br. Adrián Alberto León Cedeño.

Caracas, Octubre 2003

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN DE FACIES DEL ABANICO ALUVIAL UBICADO EN EL SECTOR CAMURÍ CHICO, ESTADO VARGAS.**

**Tutor Académico: Dr. José Mendez Baamonde**

**Cotutor: Prof. María Eugenia Sandoval**

Trabajo Especial de Grado, presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de Ingeniero Geólogo por el Br. Adrián Alberto León Cedeño.

Caracas, Octubre 2003

Sólo el amor convierte en milagro el barro  
Sólo el amor engendra la maravilla...

A Dayana, mi espejo, mi amor más profundo...  
A Ale, mi alma en la distancia...  
A mi mamá, responsable de mis alegrías y pilar de mis logros  
A mi papá, refugio de mi esencia  
A Iván, mi niñez acompañada y protegida

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la Universidad Central de Venezuela, ese recinto sagrado donde me crié y he pasado mis mejores años. La UCV siempre será uno de los lugares más especiales en mi vida.

Al Dr. José Méndez Baamonde y su esposa, quien con su incondicional apoyo hizo posible la realización de este trabajo. Gracias por sus invaluable consejos.

A la profesora María Eugenia Sandoval por sus prácticos consejos en la revisión del manuscrito.

A mi esposa Dayana, quien ha sido la mayor ayuda en el cierre de este ciclo. Su apreciación científica, incondicional apoyo y amor guió en todo momento la elaboración de este trabajo. Nunca olvidaré las palabras de aliento en los momentos difíciles, gracias por arriesgarte a compartir el resto de tu vida conmigo.

A Andrés Pereira y Norberto por su invaluable apoyo en el levantamiento de campo y toma de fotografías, por su amistad y solidaridad cada vez que la necesité.

A Diego Rojas y Roger Fuentes por su ayuda en el procesamiento estadístico de los datos, además por prestarme sin dudar los materiales del laboratorio de sedimentología del IZT, en el momento en que más los necesité.

A Adriana Gamboa, mi madrina coralística y primera amiga en la Coral de Ciencias, quién me ayudó a conseguir tutor y tema de tesis, gracias por esa valiosa ayuda que no olvidaré.

A Jack Pugh por su ayuda en la realización de las gráficas y mapas, además por todos esos momentos que hemos compartido juntos y que me han dejado el gran valor de tu amistad.

Al profesor Ricardo Alezones, por sus importantes apreciaciones en las distintas etapas del trabajo, además del préstamo de la brújula. Gracias además por todas tus enseñanzas a lo largo de mi carrera.

A mis amigos Daniel, Jack y Salvador, quienes son parte fundamental de mi vida, los cuatro fantásticos siempre estaremos juntos aunque la distancia nos separe. A Jorge, Andrés, Jonathan, José, Iván, Alexis, Javier, Rodolfo, Erasmo, Diego, Juli, Elizabeth y Jennymar, por todos los momentos que hemos compartido y crecido juntos. A mis amigos de la carrera, Erick, Alonso, Arturo, Matías, Alejandro, Oswaldo, Elías, y a todos aquellos que en algún momento compartieron conmigo días y noches de estudio y que me dejaron un grato recuerdo de compañerismo y amistad.

A Mariana, Mariela y Miguel, quienes estuvieron tan pendientes de la culminación exitosa de este ciclo. Gracias por hacerme sentir en familia siempre. A Paco, Yeniana, Ángel, Carlos, y a todos los que alguna vez me demostraron su apoyo incondicional en todo momento.

A Dayanopo y Leoncio, quienes siempre estuvieron a mi lado, acompañándome y ayudándome en todas las etapas del trabajo, nunca dejen de ser los niños que nos alegran la existencia.

A mi mamá y a mi papá, por toda su ayuda y sacrificios siempre. Ustedes son los responsables de toda mi formación y gracias a ustedes estoy ahora aquí. Les regalo este logro que hoy culmino.

A mis hermanos Alejandra e Iván, quienes han sido en muchas oportunidades mi mayor compañía. La distancia que nos separa no nos limita porque ustedes ya forman parte de mi alma.

A la música y a la vida, que siempre me ha inspirado a hacer todas las cosas que hago. Gracias Silvio, Pablo, Fito, Charly, Freddy, Brian, Roger, John, Paul, George, Ringo, Roger, David, Sting y a todos. Sin ustedes la vida sería vacía.

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado calificador asignado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Br. Adrián Alberto León Cedeño titulado:

**“Características Sedimentológicas y Distribución de Facies del Abanico Aluvial Ubicado en el Sector Camurí Chico, Estado Vargas”.**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hagan solidarios con las ideas expuestas por el autor.

---

Prof. José Méndez Baamonde  
Jurado (tutor)

---

Prof. Rafael Falcón  
Jurado

---

Prof. Mauricio Bermudez  
Jurado

León C., Adrián A.

## **CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN DE FACIES DEL ABANICO ALUVIAL UBICADO EN EL SECTOR CAMURÍ CHICO, ESTADO VARGAS.**

**Tutor: Doc. José Méndez B. Co-tutor: Prof María Eugenia Sandoval.  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología,  
Minas y Geofísica. Año 2003, 213 p.**

**Palabras Clave:** Flujo Torrencial, Abanico Aluvial, Camurí Chico, Sedimentos, Facies.

**Resumen.** A raíz de los flujos torrenciales, producto de las intensas lluvias sobre el estado Vargas en diciembre de 1999, se realizó un estudio de los sedimentos depositados sobre el abanico aluvial del sector Camurí Chico. Se recogieron 100 muestras de sedimento, las cuales fueron tamizadas, y pesadas las fracciones retenidas en los tamices tamaño peñas ( $\Phi-6$ ), hasta limos ( $\Phi 4,5$ ) para su interpretación textural partir de métodos gráficos y estadísticos. También se estimó la morfología promedio de los clastos a partir de cartas de estimación visual y el cálculo de índices de forma y esfericidad. Finalmente se estudiaron evidencias para comprender el ambiente del abanico aluvial y los procesos que controlan su evolución morfológica. Se realizó un mapa de ubicación de las muestras, así como tablas de clasificación de las facies encontradas.

El abanico aluvial se desarrolló sobre una superficie de 2 km<sup>2</sup>, con una geometría cónica, bastante entallada en el ápice, zona superior y media por terrazas aluviales antiguas, abriendo en su parte más distal unos 2 km de ancho. La zona superior posee una pendiente mayor. Allí se depósito el mayor porcentaje de los bloques observados, la proporción de gnéises es mayor que la de esquistos. La zona media posee una pendiente moderada. Hay mayor definición de canales de distribución del sedimento. Los bloques se encuentran suspendidos sobre una matriz de arena, limo-arcilla y grava heterométrica, a una altura de 3m. La zona inferior es la de menor pendiente. Disminuyen considerablemente los tamaños de grava, y los grandes bloques, aumentando la proporción de arena y limo-arcilla. Hay poca definición de canales de sedimentación.

Los sedimentos estudiados son texturalmente inmaduros. Las muestras presentaron curvas mayormente bimodales. Respecto a la media y la mediana colocan el mayor porcentaje de las muestras en el orden de las arenas, con variaciones hacia los tamaños de grava a medida que se

avanza hacia la zona superior del abanico. Son muy mal escogidos a mal escogidos (1,0-3,6), presentaron un 43% de clastos asimétricamente positivos. Las curvas de frecuencia son un 48% platicúrticas. El estudio de la morfología arrojó una predominancia de las formas discoidales, con un 45% de las muestras. En cuanto a la redondez se estimó un 41% de formas subredondeadas, debido a la meteorización *in situ*, y un 37% de formas subangulares, debido a el fracturamiento durante el transporte. El índice de esfericidad estimado para las muestras es intermedio a bajo (0,5 -0,8).

La composición de la roca fuente se deriva de las rocas de la Asociación Metamórfica Ávila y de la Asociación Metamórfica de la costa. Los bloques, pertenecen al Complejo San Julián y al augengneis de Peña de Mora. Los esquistos pertenecen en su mayoría al esquisto de Tacagua.

Se encontraron 6 tipos de facies Las arenas están ubicadas en la línea de playa principalmente, presentan un 45% de arenas medias. Las facies de arenas y limos se depositaron hacia la zona media-distal del abanico, presentan un 60% de arenas finas con limos. Las facies de gravas son ubicadas en la zona superior, ápice y en el cauce del curso tributario principal, con un 40% de subfacies de gránulos. Las facies de gravas y arenas presentan una gran extensión a lo largo del canal principal en la línea de playa, y zonas distal, media y superior. Dominan las subfacies de arenas medias con grava, con un 31%. Las facies de gravas y limos presentan un 50% de subfacies de peñas finas con limo. Las facies de gravas, arenas y limos se distribuyen en toda la superficie del abanico aluvial. Presentaron un mayor porcentaje de peñas finas con arena y limo.

Las facies de arenas, de gravas y de gravas y arenas se corresponden con los depósitos de canal. Las facies de arenas dentro del cauce, de arenas y limos y algunas facies de gravas, pueden constituirse como depósitos de corrientes laminares. Las facies de gravas y limos, y de gravas, arenas y limos pueden ser constituyentes de depósitos de tamiz y depósitos de flujo de detritos.



## INDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
CAPITULO I. MARCO REFERENCIAL.....	4
Trabajos Previos.....	4
Aspectos Teóricos.....	9
Geología Regional.....	10
Flujos Torrenciales y Abanicos Aluviales...	30
CAPITULO II. ÁREA DE ESTUDIO.....	42
Geografía Física.....	43
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
Metodología precampo.....	49
Metodología de campo.....	49
Metodología de Laboratorio.....	50
Procesamiento de datos.....	51
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	58
Abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	
Descripción General.....	58
Contenido Litológico.....	66
Estructuras Sedimentarias.....	75
Indicadores Ambientales.....	78
Textura General.....	81
Tamaño de grano.....	81
Morfología de los granos.....	156
Clasificación de las facies sedimentarias...	172
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	188
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	198

	Pág.
RECOMENDACIONES .....	201
BIBLIOGRAFÍA .....	202
ANEXOS	
1 MAPA DE MUESTRAS.....	209
2 MORFOLOGÍA DE BLOQUES.....	210
3 MORFOLOGIA DE CLASTOS.....	211
4 TRABAJOS DE RECONSTRUCCIÓN.....	212

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Características de los dos tipos principales de flujos torrenciales. Tomado de Coussot 1996.....	39
2. Escalas de Clasificación de acuerdo al tamaño de grano de los sedimentos clásticos.....	53
3. Intervalos del grado de Escogimiento según Folk (1974).....	54
4. Intervalos de Curtosis.....	54
4.1 Intervalos de Asimetría, según Folk (1974).....	55
5. Cuadro Comparativo de la Moda y la Modalidad correspondientes a las 100 muestras de sedimento estudiadas.....	111
6. Percentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84 y 95, correspondientes a la frecuencia acumulada de las 100 muestras estudiadas.....	128
7. Valores de la Media y la Mediana para las 100 muestras de sedimento en las distintas zonas del abanico en estudio.....	132
8. Valores del escogimiento para las 100 muestras de sedimento estudiadas.....	140
9. Valores de la asimetría para las 100 muestras de sedimento estudiadas.....	145
10. Valores de la curtosis para las 100 muestras de sedimento estudiadas.....	152
11. Formas de Zingg aplicadas a las muestras correspondientes a las seis transectas, la línea de playa y el cauce de la quebrada.	157
12. Estimación obtenida de la redondez en las muestras correspondientes a las 6 transectas, la línea de playa y el cauce de la quebrada.....	164
13. Índices de esfericidad según Krumbein (1941), para las muestras correspondientes a las 6 transectas estudiadas, la línea de playa y el cauce de la quebrada.....	171

Tabla		Pág.
14.	Clasificación de la facie tipo arena.....	174
15.	Clasificación de la facie tipo arena con limo.....	176
16.	Clasificación de la facie tipo gravas.....	178
17.	Clasificación de la facie tipo gravas y arenas.....	179
18.	Clasificación de la facie tipo gravas y limos.....	182
19.	Clasificación de la facie tipo gravas, arenas y limos.....	184

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Mapa Geológico de El Ávila, D.F. Tomado del “Léxico Estratigráfico de Venezuela y Modificado de Urbani y Ostos (1981).....	10
2. Cuadro de disposición de las formaciones sedimentarias de la región. Tomado del Léxico Estratigráfico de Venezuela y Modificado de Méndez y Scherer (1998).....	27
3. Flujo Torrencial en la zona de Camurí Chico. Tomado y Modificado de <a href="http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newletter/8_4..">http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newletter/8_4..</a>	30
4. Abanico aluvial en el sector Camurí Chico. Edo. Vargas. Tomado de <a href="http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newletter/8_4.....">http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newletter/8_4.....</a>	32
5. Características generales de los abanicos aluviales y sus facies características. Tomado y modificado de Méndez (2003).....	34
6. Mapa topográfico 6847-IV-NE. El Caribe. Sector Camurí Chico	42
7. Cuenca de drenaje de la quebrada Camurí Chiquito.....	46
8. Bolsas de muestras correspondientes al abanico aluvial.....	50
9. Clases de formas de granos según Zingg (1954).....	56
10. Gráficos de Estimación Visual de redondez de los granos, según Krumbein (1941).....	56
11. Foto aérea del sector Camurí chico. Diciembre de 1999. Tomado y modificado de Grauer (2001).....	59
12. Vista parcial de la zona distal del abanico.....	60
13. Bloque en zona media del abanico aluvial.....	61
14. Variaciones en el tamaño de los clastos dentro del flujo, zona media del abanico .....	62
15. Zona superior del abanico aluvial.....	63
16. Bloques de gran tamaño, suspendidos en la zona superior.....	64

Figura	Pág.
17. Cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	65
18. Cauce del curso tributario principal de la quebrada Camurí Chiquito.....	66
19. Fanglomerado en la zona media-superior del abanico aluvial...	67
20. Fanglomerados en terrazas aluviales antiguas.....	68
21. Acumulaciones de arenas finas en la zona media-superior del abanico aluvial.....	69
22. Contenido de limo arcilla dentro de los sedimentos de la parte inferior del abanico.....	70
23. Detalle de Gneis verde-azulado.....	71
24. Detalle de un bloque de gneis con marcada foliación.....	72
25. Bloque de Esquisto.....	73
26. Contacto entre el sedimento aluvial y los afloramientos de esquisto.....	74
27. Contacto entre los sedimentos del abanico y las terrazas aluviales adyacentes.....	74
28. Gradación normal en la zona distal del abanico aluvial.....	76
29. Depósitos de flujo de gravas y arena, zona media del abanico.	77
30. Estrías en el afloramiento de Esquisto.....	78
31. Bloque arrastrado por flujos torrenciales antiguos.....	79
32. Terrazas aluviales antiguas.....	80
33. Composición litológica de la terraza aluvial antigua.....	80
34. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras correspondientes a la línea de playa en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	83
35. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 8 muestras correspondientes a la línea de playa en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	84

Figura	Pág.
36. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 9 muestras pertenecientes a la 1era Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	85
37. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 1era Transecta del abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	86
38. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 5 muestras de la 2da Transecta del abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	86
39. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 2da Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	87
40. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en las 3 muestras de la 3era Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	87
41. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 4ta Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	87
42. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 4ta Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	88
43. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en las 2 muestras de la 5ta Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	88
44. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en las 2 muestras de la 6ta Transecta tomada en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.....	88

Figura	Pág.
45. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	90
46. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	91
47. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	92
48. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	93
49. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 8 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	94
50. Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en las 3 muestras tomadas del cauce del curso tributario principal de la quebrada Camurí Chiquito.....	95
51. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 6 muestras de la línea de playa.....	97
52. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la línea de playa.....	98
53. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 2 muestras de la línea de playa.....	99
54. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 6 muestras de la 1era Transecta.....	99
55. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 5 muestras de la 1era Transecta.....	100
56. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 4 muestras de la 2da Transecta.....	100
57. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 3 muestras de la 2da Transecta.....	101
58. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 3 muestras de la 3era Transecta.....	101



Figura	Pág.
59. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 4 muestras de la 4ta Transecta.....	102
60. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 2 muestras de la 5ta Transecta.....	102
61. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 2 muestras de la 6ta Transecta.....	102
62. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 4 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	104
63. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	105
64. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	106
65. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	107
66. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	108
67. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 5 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	109
68. Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 3 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.....	109
69. Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 18 muestras de la línea de playa.....	119
70. Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 11 muestras de la 1era Transecta.....	119
71. Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 7 muestras de la 2da Transecta.....	120
72. Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 3 muestras de la 3era Transecta.....	120

Figura		Pág.
73	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 4 muestras de la 4ta Transecta.....	121
74	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 2 muestras de la 5ta Transecta.....	121
75.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 2 muestras de la 6ta Transecta.....	122
76.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	122
77.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	123
78.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	123
79.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.....	124
80.	Curvas de Frecuencia Acumulativas correspondientes a las 3 muestras del cauce de curso tributario principal de la quebrada .....	124
81	Distribución porcentual de las diferentes grados de escogimiento en las 100 muestras seleccionadas.....	144
81.1	Distribución porcentual de las diferentes grados de asimetría para las 100 muestras seleccionadas.....	151
82	Distribución porcentual de las diferentes grados de curtosis en las 100 muestras seleccionadas.....	156
83.	Porcentaje de formas de Zingg para la línea de playa.....	158
84.	Porcentaje de formas de Zingg para la 1era transecta.....	159
85.	Porcentaje de formas de Zingg para la 2da transecta.....	159
86.	Porcentaje de formas de Zingg para la 3era transecta.....	160
87.	Porcentaje de formas de Zingg para la 4ta transecta.....	160
88.	Porcentaje de formas de Zingg para la 5ta transecta.....	161

Figura	Pág.
89. Porcentaje de formas de Zingg para la 6ta transecta.....	161
90. Porcentaje de formas de Zingg para el cauce de la quebrada, a la altura de las zonas media, superior y ápice del abanico aluvial.....	162
90.1 Distribución de las formas de Zingg a lo largo del abanico aluvial.....	163
91. Distribución de las clases de redondez para la línea de playa...	165
92. Distribución de las clases de redondez para la 1era transecta.....	166
93. Distribución de las clases de redondez para la 2da transecta.....	166
94. Distribución de las clases de redondez para la 3era transecta.....	167
95. Distribución de las clases de redondez para la 4ta transecta.....	167
96. Distribución de las clases de redondez para la 5ta transecta.....	168
97. Distribución de las clases de redondez para la 6ta transecta.....	169
98. Distribución de las clases de redondez para el cauce de la quebrada, a la altura de las zonas media, proximal y ápice del abanico.....	169
99. Distribución de las clases de redondez a lo largo del abanico aluvial.....	170
100. Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de arenas.....	175
101. Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de arenas con limos.....	177

102.	Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de gravas.....	178
103.	Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de gravas y arenas.....	181
104.	Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de gravas y limos.....	183
105.	Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de gravas, arenas y limos.....	186

## INTRODUCCIÓN

El Sector de Camurí Chico en el Litoral Central del estado Vargas era una de las zonas turísticas más visitadas por la población caraqueña, el balneario fue desarrollado por el Centro Simón Bolívar a mediados de la década de los 70's, creando un sistema de playas protegidas por escolleras. En los años 80 y 90 las zonas vecinas al sector fueron urbanizadas, se construyó sobre las colinas, mediante terracedos para desarrollos residenciales y apartamentos vacacionales.

No obstante, la cuenca del Río Camurí tenía poca intervención antrópica en relación a otras áreas del Litoral Central, debido a la presencia de terrenos privados vacantes, que limitaban con los terrenos del Parque Nacional El Ávila y ausencia de asentamientos de tipo informal. Esto traía como resultado el alto valor paisajístico de la zona, así como buena calidad de sus aguas. La vialidad que atravesaba el sector se ubicaba hacia el sur, al pie de las primeras colinas. La distancia entre la vía y la línea de costa era de aproximadamente 300 m (Grauer, 2001).

En el mes de diciembre de 1999, una lluvia continua, originada por un frente frío en una zona de alta presión proveniente del norte; una vaguada de nubes y precipitaciones sobre el Caribe; un flujo de inyección o de chorro y una situación estacionaria sobre la costa central del país durante veinte días, causó que gran cantidad de material como bloques de decenas de toneladas, troncos de árboles y restos de construcciones antrópicas se desprendiera de las laderas y corriera por los cauces de los drenajes, (Salcedo,2000; Urbani, 2000).

Adicionalmente a los daños acarreados por los flujos torrenciales en los cauces principales, también ocurrieron flujos superficiales en los suelos

residuales, producidos por la saturación progresiva del suelo residual, pérdida de la succión y de la resistencia cohesiva, que dejaban la roca infrayacente expuesta y ocasionalmente con bloques en posición inestable. (Barboza y Rodríguez, 2001)

Después de los aludes torrenciales de diciembre de 1999, el balneario de Camurí quedó totalmente devastado. La amplitud de la cuenca, la cantidad de material de arrastre y la topografía de relativas suaves pendientes de la llanura de inundación, fueron factores que en su conjunto transformaron por completo el paisaje de la zona. Se generó un abanico aluvial, el cual pudo desarrollarse completamente debido a la poca intervención antrópica en el sector. Según Grauer (2001) resultaron destruidas la totalidad de las instalaciones recreacionales, se colmataron las playas y la línea de costa avanzó más de 200 m.

En la presente investigación se realizó un estudio sedimentológico del abanico aluvial del sector Camurí Chico en el estado Vargas, recogiendo muestras de sedimento que fueron interpretadas texturalmente a partir de métodos estadísticos. También se estudiaron las evidencias que nos permiten comprender el ambiente del abanico aluvial y los procesos que controlan su evolución morfológica.

Asimismo, se intenta promover una política de control y gestión de riesgos ante fenómenos naturales, para lo cual es importante crear una cultura de prevención para evitar que esta clase de fenómenos no se conviertan en grandes tragedias para las comunidades.

## OBJETIVOS

**General:** Caracterizar los sedimentos y establecer la distribución de facies sedimentarias de los conos aluviales en la zona de Camurí Chico, Edo. Vargas, tomando en cuenta su origen y desarrollo morfológico

### **Específicos:**

1. Caracterizar los sedimentos en los diferentes ambientes que constituyen la zona de estudio. Textura general. Composición mineralógica y proporción relativa entre sus componentes minerales.
2. Determinar las facies sedimentarias existentes en el área y la asociación entre los tipos de facies.
3. Interpretación Ambiental

## CAPÍTULO I MARCO REFERENCIAL

### *Trabajos Previos:*

- ◆ **HUMBOLDT (1799):** Hace una descripción de los desastres ocasionados por las lluvias torrenciales en el Litoral Central en 1797. "Desde el año de 1797 todo ha cambiado. (...) admitían una alteración extraordinaria en la constitución atmosférica causada por el desbordamiento del río de La Guaira. Este torrente (...), tuvo, después de sesenta horas de lluvia en las montañas, una creciente tan extraordinaria, que arrastró troncos de árboles y masas de rocas de un volumen considerable. El agua medía durante la creciente de 30 a 40 pies de anchura por 8 a 10 pies de profundidad".
  
- ◆ **AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937):** Hicieron un estudio de la geología regional de la parte central de la Cordillera de la Costa.
  
- ◆ **LIDDLE (1946):** Dividió el grupo Cabo Blanco en las capas de Cabo Blanco de edad Mioceno y las capas de La Guaira de edad Pleistoceno.
  
- ◆ **ROHL (1950):** Recopiló la información sobre daños causados por precipitaciones intensas en el flanco norte de la Cordillera de la Costa en los años 1798, 1914, 1938, 1944 y 1948.
  
- ◆ **ROYO Y GÓMEZ (1956):** Publicó un capítulo sobre el "Cuaternario en Venezuela" en el Léxico Estratigráfico de Venezuela (L.E.V.) y agruparon las terrazas y afloramiento a lo largo de la costa norte de Venezuela.



- ◆ **GARNER (1959):** Realizó una descripción de la cadena montañosa de los Andes y otras zonas montañosas asociadas en donde el tipo de sedimento, la pendiente del relieve, las condiciones atmosféricas, la humedad, los procesos químicos, la erosión y el tipo de vegetación juegan un papel importante en los deslaves que se han producido a través de la historia.
  
- ◆ **MENÉNDEZ (1966):** Describió la litología y estableció dos patrones de fallas para la zona de Caraballeda y Los Caracas; E-W y N50-75W.
  
- ◆ **PICARD Y GODDARD (1975):** Realizaron un estudio de varios abanicos aluviales en la costa norte de Venezuela, entre Mamo y Cabo Codera, que están actualmente inundados por el ascenso eustático del nivel del mar. Estos autores destacan los abanicos aluviales en el tramo de Macuto y en el de Los Caracas.
  
- ◆ **GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980):** Estudiaron los tópicos importantes relacionados con el Cuaternario en Venezuela entre los cuales se encuentran las divisiones del Cuaternario en Venezuela, los ambientes sedimentarios, la geomorfología de las costas, los macizos centrales de la Cordillera de la Costa y la actualización de algunas formaciones del Pleistoceno.
  
- ◆ **VIVAS (1984):** Describió los cambios climáticos y sus causas, las formas de relieve del cuaternario y los métodos de datación relativa y absoluta para determinar las edades de los sedimentos.
  
- ◆ **MÉNDEZ (1985):** Estudió los efectos de las transgresiones y regresiones marinas en términos de subsidencia y levantamiento ocurrido

en el Pleistoceno tardío sobre la zona de Los Roques, Las Aves y La Blanquilla.

- ◆ **SORRISO & VALVO (1988):** Concluyeron que los abanicos aluviales en el estado Vargas están en una etapa joven.
  
- ◆ **URBANI Y OSTOS (1989):** Redefinieron y cartografiaron la geología de la región de la costa norte de Venezuela. Agruparon las rocas en el Complejo de la Costa, el Complejo Ávila y el Grupo Caracas. Utilizaron el método Rb-Sr para calcular una edad de 1560 Ma. del Aungengneis de Peña de Mora.
  
- ◆ **MÉNDEZ (1997):** Explica cómo las variaciones climáticas generadas por los ciclos glaciales y el levantamiento tectónico en las cordilleras de Los Andes y del Caribe han condicionado la Geología del Cuaternario en Venezuela.
  
- ◆ **MÉNDEZ Y SCHERER (1998):** Realizaron la tabla de correlación del Cuaternario para el Léxico Estratigráfico de Venezuela.
  
- ◆ **MARN (1999-2000):** Realizó la cartografía y estudio ambiental en el Edo. Vargas, para evaluar y tratar de manera integral las cuencas afectadas por las lluvias torrenciales de diciembre de 1999.
  
- ◆ **SALCEDO (2000):** Describió y cartografió la geología de la región de la costa norte de Venezuela. Realizó un estudio de las propiedades de los suelos, incluyendo su distribución granulométrica, plasticidad, gravedad específica y contenido de agua.

- ◆ **SANCIO (2000):** Analizó las teorías vigentes que explican el comportamiento de los deslizamientos tubulares por franjas, de ancho constante, con el inicio de los movimientos relacionados con el fenómeno hidrometeorológico de diciembre de 1999 en el estado Vargas. También realizó una interpretación matemática para los flujos de detritos y la flotación de peñones.
  
- ◆ **URBANI et al. (2000):** Hicieron un estudio de la geología del estado Vargas a raíz de los aludes torrenciales de diciembre de 1999.
  
- ◆ **LÓPEZ et al. (2000):** Realizaron una evaluación hidrogeomorfológica de los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela.
  
- ◆ **LARSEN et al. (2001):** Presentaron trabajos sobre los aludes torrenciales e inundaciones que ocurrieron en los conos aluviales del Edo. Vargas en diciembre de 1999.
  
- ◆ **GRAUER (2001):** Realiza una compilación para la Maestría en Diseño urbano de la Universidad Metropolitana sobre la Rehabilitación urbana del Litoral Central, con una propuesta de Diseño urbano y estrategias de implementación para las áreas de actuación especial de Macuto-ElCojo, Camurí Chico (zona de estudio), Los Corales, Tanaguarena y Carmen de Uria.
  
- ◆ **WIECZOREK et al. (2001):** Examinaron las características meteorológicas, geológicas, hidrológicas y topográficas de las inundaciones y derrumbes producidos durante las lluvias torrenciales de 1999 en nueve cuencas hidrográficas, en el flanco norte de la Cordillera de la Costa.

- ◆ **AMBROSIO (2001):** Realiza un modelo gravimétrico del basamento para los conos aluviales de La Guaira, Caraballeda y Macuto. Estado Vargas.
  
- ◆ **BARBOZA Y RODRIGUEZ (2001):** Hicieron una integración de la Geología del Estado Vargas y del flanco sur del Macizo Ávila al norte de Caracas y realizaron un mapa geológico compilado referente a la zona de estudio.
  
- ◆ **URBANI Y RODRIGUEZ (2002):** describieron sobre la geología y geofísica del estado Vargas y el macizo del Ávila, correspondientes al período 1999-2000.
  
- ◆ **BRAVO Y VILAS (2002):** Realizaron un estudio microtectónico de la vertiente norte del macizo Ávila entre Punta Care y La Guaira, encontrando los vectores de compresión tanto regionales como del sector Camurí Chico.
  
- ◆ **LA FORTUNE (2002):** Realiza un estudio sedimentológico sobre los conos aluviales en el sector Los Corales, donde realiza un enfoque en su origen y desarrollo morfológico de los mismos en la línea de costa, así como la acción antrópica en la zona.

### **Aspectos Teóricos:**

La composición de los abanicos aluviales esta dada generalmente por cuatro factores principales (Blissenbach, 1954): la composición de la roca madre de la cual se obtienen los depósitos aluviales, el tipo y grado de meteorización al cual está sometida esa roca madre, los cambios singenéticos durante el transporte de la fuente hasta la depositación y las alteraciones epigenéticas que ocurren posterior a su depositación.

Debido a lo anterior, la formación y características de estos abanicos se encuentran estrechamente relacionadas a la geología, la geografía y las características de los flujos torrenciales asociados a la zona de estudio. Así, para desarrollar una caracterización sedimentológica detallada, además de la determinación de las facies asociadas a un abanico aluvial determinado, es importante hacer un marco geológico regional para la interpretación de las fuentes de sedimento de los abanicos presentes en el área de investigación.

A continuación se resumen los aspectos más resaltantes de la geología de El Ávila, con énfasis en las formaciones geológicas asociadas, la geología estructural y la descripción de la geología histórica. Asimismo, se describen las características principales de la formación de abanicos aluviales y su relación con los flujos torrenciales.

## Geología Regional:

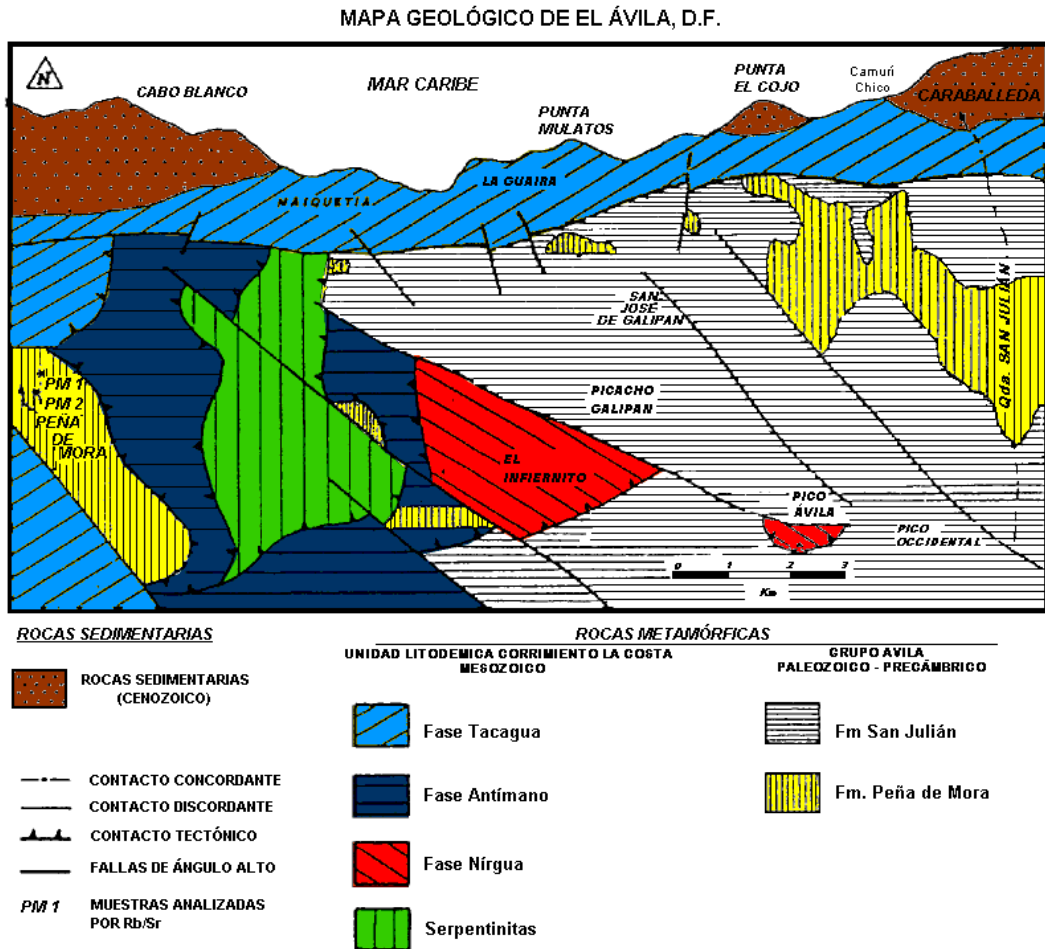


Fig. 1. Mapa Geológico de El Ávila, D.F. Tomado del "Léxico Estratigráfico de Venezuela" y modificado de Urbani y Ostos (1989)

### A. Formaciones Geológicas Asociadas a la Región

En la figura 1 se presenta el mapa Geológico de El Ávila, en donde se pueden observar la ubicación, alcance y contactos de las formaciones que se describen a continuación.

## **1. Asociación Metamórfica de la Costa**

### **1.1. Esquisto Tacagua**

La unidad se extiende, en dirección E-W, desde la localidad de Osma hasta Oricao, Estado Vargas, con un ancho medio de unos 2 km, según Dengo (1951) el espesor aparente de la unidad varía de 150 a 200m en la localidad tipo, ubicada en la quebrada Tacagua, al norte de su intersección con la quebrada Topo, cerca del viaducto 2 de la autopista Caracas- La Guaira. En los afloramientos se observan asociaciones entre esquistos de color gris oscuro, constituidos por cuarzo, albita, calcita, grafito y micas; intercalados concordantemente con esquistos de color verde claro, con contenido de cuarzo, albita, alto contenido de minerales del grupo del epidoto, así como actinolita, clorita, muscovita y trazas de hematita, calcita, pirita, anfíbol y granate.

Urbani y Ostos (1989), Barboza y Rodríguez (2002), Cano y Melo (2002) y Castillo y Suárez (2002), indican que los contactos de la unidad son tectónicos y se establecen con unidades como el Complejo de San Julián y el Augengneis de Peña de Mora, de la Asociación Metamórfica Ávila, así como el mármol de Antímamo, la anfíbolita de Nirgua y cuerpos de Serpentinita de la misma Asociación Metamórfica de la Costa.

Con base en los modelos tectónicos establecidos por Talukdar y Loueriro (1982) y Navarro et al (1988), la unidad se considera de edad Cretácica y su correlación según Smith (1952) se establece litológicamente con la filita de Paracotos y las rocas metavolcánicas de la Formación Copey, en la península Araya-Paria. Estos autores sugieren una sedimentación en un Surco, formado dentro del prisma de Acreción en un tiempo contemporáneo a la colisión. Méndez y Navarro (1987) analizan los componentes mayoritarios y algunas trazas de diversas muestras de las rocas verdes (metavolcánicas) de esta unidad, que sugieren su origen en un magmatismo de afinidad subalcalina de

tendencia toleítica, probablemente formadas en un ambiente tectónico de dorsales y fondos oceánicos.

En varias localidades del Estado Vargas, las rocas verdes muestran anfíbol verde-azul, que ha sido interpretado como formado en un régimen metamórfico de alta relación p/t.

## **2. Asociación Metamórfica Ávila**

### **2.1. Complejo San Julián:**

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997), esta unidad forma parte de la Asociación Metamórfica Ávila, que constituye el núcleo de la Cordillera de la Costa, razón por la cual sus afloramientos serán en zonas de topografía muy abrupta y con grandes pendientes. Se extiende desde la localidad tipo en la quebrada San Julián, estado Vargas, hacia el Oeste hasta la zona de El Cambur en el Edo. Carabobo y hacia el Este hasta el Cabo Codera en el Estado Miranda.

El Complejo San Julián presenta una litología de esquistos con una gradación en su granulometría, haciéndose más gruesa hasta alcanzar texturas de carácter gnéisico. Las rocas presentan una litología cuarzo-plagioclasa-micas, con un contenido minoritario (menos del 5%) de mármol, cuarcita y rocas máficas como anfíbolita, metagabro, metadiorita, metatonalita, y metagranodiorita. Estos esquistos presentan un color que va de gris a gris oscuro con tonalidades verdes, meteoriza a tonos pardos y usualmente se presenta muy bien foliado. El gneis siempre tiene colores más claros que los esquistos, ya que su textura se debe fundamentalmente a la mayor proporción de feldespatos y menor de filosilicatos (Urbani y Ostos, 1989).



A lo largo de su extensión geográfica la unidad presenta algunas variaciones en cuanto a los contenidos minerales (Ostos, 1981), encontrándose así en los picos Ávila y Silla de Caracas que los esquistos y gnéises son cuarzo-feldespático-micáceo (con litologías minoritarias como cuarcita, epidocita, cloritocita, esquisto anfibólico y otras), en la zona de Cabo Codera- La Sabana los esquistos y gneises son de carácter cuarzo-plagioclásico-micáceo (con rocas minoritarias como esquistos anfibólicos, anfibolita y mármol), en la zona de Puerto Cruz los tipos de rocas en orden decreciente de abundancia son esquistos y gnéises cuarzo-feldespático-micáceo  $\pm$  granate  $\pm$  epidoto  $\pm$  esquisto feldespático, esquisto epidótico, esquisto muscovítico-cuarcífero, cuarcita y anfibolita. Aranguren (1997) localiza en la cuenca de la quebrada La Encantada, al Norte de Caucagüita, Estado Miranda, entre otros tipos litológicos ya mencionados, esquistos cuarzo-feldespático-muscovítico, con ligera textura augen, que considera originados por el metamorfismo de rocas ígneas (granito y tonalita), encuentra un pequeño cuerpo de tonalita y un cuerpo de esquistos cuarzo-micáceo-clorítico, esquisto epidótico-cuarzo-clorítico, que interpreta formados a partir de rocas volcánicas, probablemente tobas.

Según Urbani y Ostos (1989) la unidad se encuentra al norte en contacto de falla de corrimiento y de ángulo bajo con las rocas de la Asociación metamórfica de la Costa. El contacto con el Aungengneis de Peña de Mora se muestra en ocasiones abrupto y en concordancia natural y en otras el contacto es gradacional con intercalaciones de ambos tipos de litologías. Urbani y Ostos (1989) sugirieron una edad genérica para la unidad de Paleozoico-Precámbrico al complejo Ávila, debido a los escasos datos geocronológicos que aporta la misma, estableciendo una correlación con las rocas esquistosas del Complejo de Yaritagua.

## 2.2. Augengneis de Peña de Mora

El nombre de Augengneis de Peña de Mora fue introducido por Agerrevere y Zuloaga (1937), donde describen augengneis que interpretan como formados por inyección “lit-par-lit” de un magma granítico en una roca laminar. Posteriormente Dengo (1951, 1953) añadió a esta descripción niveles sin estructura augen, capas de cuarcita y diques de aplita, que generalmente sobrepasan 30 cm de espesor, igualmente incluyen su unidad a lentes de mármol en la parte superior del augengneis. Wehrmann (1972) describe la unidad con un color claro, ligeramente verdoso, y con una meteorización marrón claro; los “augen” son mayoritariamente de feldespato potásico, llegando a alcanzar hasta 3 cm de largo y están rodeados por minerales micáceos y cuarzo, presenta 35% de cuarzo, 25% de plagioclasa, 20% de microclino, 8% de muscovita, 5% de epidoto y cantidades menores de biotita, clorita, granate, zircón, opacos y apatito.

Estas rocas son cuerpos graníticos metamorfizados que han sufrido diferentes grados de deformación. Aún cuando se carece de información concluyente al respecto, se estima que algunos de estos cuerpos gnéisicos, pueden ser intrusivos dentro de las rocas esquistosas adyacentes, pero debido al gran contraste mecánico ante la deformación de ambos tipos rocas (granito vs. metasedimentos pelíticos quizás en la mayoría de los casos, las rocas graníticas han sido emplazadas tectónicamente dentro del esquisto adyacente. En algunos lugares (quebrada San Julián, río Caruao, entre otros) se observan estructuras migmatíticas sugiriendo que estas rocas pueden haber alcanzado condiciones anatécticas y las relaciones iniciales fueron borradas.

Urbani et al (1989) señala la presencia de cuerpos separados de augengneis con núcleo de feldespato potásico con ojos de 2.5-3cm en la zona de El Cambur, edo. Carabobo; y ojos que varían entre los 7mm y los

3 cm en las localidades de Aguas Calientes, río Aricagua, La Sabana y río Caruao en los Estados Vargas y Miranda, con buena foliación, de color blanco grisáceo y con granulometría gruesa.

Según el Léxico estratigráfico de Venezuela (1997), la unidad aflora en cuerpos de topografía muy abrupta y con grandes pendientes desde la localidad tipo en el sitio Peña de Mora al noreste de Caracas, se ha extendido hacia el oeste hasta la zona de El Cambur, en el estado Carabobo, y hacia el este hasta cerca de Chirimena en el Estado Miranda.

El Augengneis de Peña de Mora se encuentra en contacto abrupto y en concordancia estructural con el Complejo San Julián, también se presentan transicionales e inclusive gradacionales con intercalaciones de litologías. Los contactos con las rocas de la Asociación Metamórfica de la Costa al norte son predominantemente de fallas de corrimiento (Urbani y Ostos 1989) y en menor nivel, el contacto con el Esquisto de Tacagua por medio de fallas normales, en particular en la localidad tipo. Ostos (1990) reconoce que esta unidad está sobrecorrida por un Klippe del mármol de Antímano.

Se le ha asignado una edad de Paleozoico-Precámbrico, como a toda la Asociación Metamórfica Ávila, debido a la estructura augen que se forma por la deformación de rocas graníticas de grano grueso a muy grueso, por consiguiente no se puede esperar que todos los cuerpos cartografiados como pertenecientes a esta unidad, provengan de un protolito de la misma edad que en la localidad tipo. El augengneis de Peña de Mora ha sido correlacionado con las rocas pertenecientes del complejo Yaritagua por Bellizzia y Rodríguez (1968).

Con base en el estudio geoquímico de elementos mayoritarios y trazas realizado por Ostos (1981), se confirma la naturaleza metaígneas de rocas de esta unidad.

### **3. Rocas Sedimentarias**

#### **3.1. Formación La Playita**

Esta Unidad se restringe a la zona litoral del Estado Vargas, desde Punta El Burro hasta las inmediaciones de Boca de Aricagua, pasando por punta Urama, hasta el Frontón del Fraile, siendo interrumpida por los aluviones de los ríos La Sabana, Caruao y Chuspa. Tarache (1975) midió el espesor de la unidad en la quebrada Capino de unos 1185m y en la sección de Punta de Playa Grande, entre Caruao y Chuspa, de unos 1480m.

Según el léxico Estratigráfico de Venezuela (1997), los sedimentos piemontinos de la Formación La Playita se dividen en dos facies. La primera facies con sección tipo en el Frontón del Fraile, esta constituida por conglomerados polimícticos y areniscas, grauvacas y arcosas de granulometría variable. Los conglomerados polimícticos son de tipo torrencial, con granulometría variable desde cantos rodados, hasta tamaño arena, mal escogidos, angulares a subredondeados, compuestos de fragmentos de rocas metamórficas y cuarzo con matriz arenácea; dentro de las capas de conglomerados, es común observar lentes de areniscas grauvaquicas de grano fino. Las grauvacas conglomeráticas son friables, mal escogidas, de color gris oscuro, que meteorizan en verde azulado, con granos angulares a subangulares, de esquistos y gneises, cuarzo, micas y feldespatos. Las arcosas son de grano fino, friables, mal escogidos, de angularidad variable, entre angular y subangular, con fragmentos de rocas, cuarzo, mica y feldespato.

La segunda facies, con sección tipo en los cortes de carretera sobre 2 km. al oeste de Caruao, se caracteriza por presentar intercalaciones de limolitas, fanglomerados, conglomerados, lutitas y grauvacas. Las limolitas son de colores gris oscuro, friables, con

espesores de capas entre 0,8 y 4 km; hacia la base son arcillosas, mientras que hacia el tope se observan esporádicos guijarros finos. Los fanglomerados, por lo general, se presentan en formas de lentes con espesores variables de 0,5 m a 2m, mal escogidos, de granulometría variable entre arcilla y tamaño de guijas, friables y meteorización a color pardo claro; los granos angulares a redondeados son de rocas metamórficas, mica, cuarzo y feldespato. Las lutitas son limosas, de color gris oscuro que meteorizan en gris claro-ocre, de consistencia poco consolidada con laminación paralela y espesores variables de 0,3 a 3m. Los conglomerados de guijarros son mal escogidos, de grano subangular a redondeado de rocas metamórficas y cuarzo, con matriz arenácea. Las grauvacas son de grano medio y color gris que meteorizan en ocre, con granos angulares y subangulares, mal escogidos de esquistos, gneises y micas, en feldespatos y cuarzo.

La Formación La Playita suprayace discordantemente a los sedimentos marino litorales de la Formación La Sabana y esta cubierta por suelos y aluviones recientes. Con base en sus relaciones estratigráficas de edad Mioceno tardío-Plioceno, así como las características de los sedimentos acumulados que corresponden a variaciones climáticas del Plioceno tardío y Pleistoceno en la Cordillera de la Costa, permiten considerar a los sedimentos de la Formación La Playita como Pleistoceno. La correlación más cercana y estrecha que se ha establecido con la unidad es con la Formación Las Pailas del grupo Cabo Blanco.

La unidad es característica de un ambiente de sedimentación piemontino, con facies de abanico aluvial, en el cual se han identificado flujos torrenciales y flujos o coladas de barro, así como otras características sedimentarias propias de los abanicos aluviales.

Estas características coinciden con las de los sedimentos acumulados a consecuencia de las variaciones climáticas del Plioceno tardío y Pleistoceno en la Cordillera de la Costa y Los Andes.

### **3.2. Formación Abisinia**

La Formación Abisinia se extiende por unos 4 Km. aproximadamente, entre punta Gorda al este y el club Playa Grande al oeste, y desde el Aeropuerto hasta la línea de costa (Weisbord, 1957), teniendo un espesor que no supera los 13 m. La unidad junto con las demás formaciones del Grupo Cabo Blanco, forman una colina alargada paralela a la costa, que es cortada por quebradas generalmente secas excepto durante la temporada de lluvia. La localidad tipo se ubica cerca del caserío Abisinia, entre Maiquetía y Catia La Mar, en el Estado Vargas, 15 Km. al norte de Caracas. Actualmente esta zona está urbanizada y quedan sólo afloramientos esporádicos.

La Formación Abisinia consiste de arcillas, limolitas, areniscas y gravas, con algunos fragmentos de fósiles mal preservados. Las arcillas son oscuras hacia el oeste y de color gris claro hacia el este. Las areniscas son calcáreas de grano fino. Las gravas están compuestas por cuarzo, areniscas, esquisto, gneis, en una matriz de arena fina. La unidad se encuentra en contacto discordante.

Weisbord (1964) asigna una edad de Pleistoceno para la formación Abisinia, con base en el estudio de macrofósiles (gasterópodos, pelecípodos, escafópodos, serpuloides, cirrípedos y briozoarios) y su porcentaje de especies aún vivientes. Dataciones radiométricas por el método de U/Th efectuadas en conchas de gasterópodos, indicaron una edad de 300.000 años, lo cual es equivalente al Pleistoceno medio.

Bermúdez (1966) correlacionó la unidad con la Fm. Tortuga y las terrazas de Juan Griego y Punta Galera en la isla de Margarita. También se puede correlacionar con las terrazas pleistocenas del Castillo de Araya, que forman la parte superior de la Fm. Cumaná.

Las secuencias litológicas y los Fósiles de la Formación Abisinia indican un ambiente inicial de deposición de sedimentos en el rango de las gravas y arenas, en parte derivados de un ambiente piemontino por medio de abanicos aluviales (las gravas son cuarzosas con guijarros y gránulos de gneis y otras metamórficas), retrabajados en la línea de costa. El relleno sedimentario inicial permitió el desarrollo de un ambiente marino litoral, que se mantuvo durante la sedimentación de la unidad y el desarrollo de la biota fosilífera estudiada.

### **3.3. Grupo Cabo Blanco**

#### **3.3.1. Formación Las Pailas**

La unidad está limitada a la región de Cabo Blanco en el Distrito Federal, su localidad tipo aflora a lo largo de la quebrada Las Pailas, desde su desembocadura hasta un punto situado 2,6 Km. al oeste. Weisbord (1957) midió 375 m de espesor estimando que puede ser mayor. La base de la unidad no aflora; la sección más vieja aflora en la playa en una terraza de erosión por olas y la parte superior esta truncada por erosión y cubierto discordantemente por un conglomerado basal de la Formación Playa Grande.

Según Rivero (1956), la unidad consiste en conglomerados y areniscas no fosilíferas de origen no marino, que presentan indicios locales de estratificación cruzada, de colores gris y verdoso, y en los afloramientos se nota un color blanquecino por meteorización y en

contraste con los colores pardo amarillentos de la Formación Playa Grande suprayacente. Localmente contiene capas carbonosas con restos de hojas y troncos, así como granos de polen (Bermúdez y Fuenmayor, 1962). Según Picard y Goddard (1975), la parte inferior esta compuesta de lodolitas, limolita y arenisca fina, intercalada con arenisca gruesas y conglomerados; la parte superior consiste principalmente de conglomerados y areniscas gruesas con intervalos ocasionales de sedimentos finos.

Según el L.E.V. (1970), la unidad se presume suprayacente a las rocas metamórficas del grupo Caracas, ya que el contacto inferior no se ha observado. El contacto superior con el miembro Catia de la Formación Playa Grande, es de discordancia angular, con diferencias de hasta 40° en los buzamientos.

La Formación Las Pailas se considera, con base en sus relaciones con la Formación Playa Grande suprayacente, correspondiente al plioceno tardío-pleistoceno temprano. Bolli y Krause (1964), indican una posible correlación con las capas de la Formación La Sabana, las cuales se encuentran en la Formación La Playita, de edad Plioceno tardío-Pleistoceno.

La Formación Las Pailas parece representar una sedimentación de conos aluviales piemontinos cuyos sedimentos se derivan de las rocas metamórficas y metasedimentarias del Grupo Caracas, retrabajadas activamente en la línea de playa. Estos sedimentos fueron rellenando la línea de costa y progresivamente se desarrollaron drenajes de carácter fluvial de menor pendiente, originando pequeñas lagunas costeras, como parece indicar la presencia local de capas carbonosas con restos de troncos, hojas y granos de polen.



### 3.3.2. Formación Playa Grande

La unidad se extiende dentro de la región de Cabo Blanco, en el Distrito Federal. La localidad tipo esta ubicada en los acantilados del norte de la meseta de Playa Grande. El miembro Catia es la sección mejor desarrollada de la Formación, e inclusive de todo el grupo Cabo Blanco, aflorando a lo largo de la carretera entre Playa Grande y Catia La Mar con un espesor que varía entre 156 y 233m. El miembro Maiquetía aflora al norte del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y mide aproximadamente 34m (L.E.V., 1970)

La unidad comprende sedimentos clásticos de granulometría desde conglomerados a lutitas, con contenido fosilífero. Weisbord (1957) dividió la unidad en dos miembros; Catia y Maiquetía, expuestos al norte y al sur respectivamente de la falla de Las Bruscas. El miembro Catia es la sección mejor desarrollada del Grupo Cabo Blanco, comienza con un conglomerado basal discordante sobre la Fm. Las Pailas, seguido por limolitas y areniscas calcáreas, lutitas, calizas coquinas con *Ostrea sp.* y *Lyropecten arnoldi* y algunos arrecifes tipo biostromas de algas calcáreas coralinas. Los colores marrón claro y amarillo quemado son característicos y persistentes. El miembro Maiquetía comprende Lutitas, Limolitas, areniscas calcáreas y conglomerados, de colores gris y pardo, expuestos al norte y oeste del aeropuerto de Maiquetía y por debajo de la Fm. Mare, a varios niveles contienen biohermas de algas calcáreas coralinas, especialmente en el flanco norte del anticlinal de Punta Gorda.

Según el L.E.V. (1970), la base del miembro Catia, formada por un conglomerado basal, descansa con marcada discordancia angular sobre la Formación Las Pailas. El miembro Maiquetía es angularmente discordante por debajo de la Formación Mare del mismo Grupo. Estas relaciones parecen indicar una mayor edad para el miembro Catia, aun cuando no se observan en una sección continua.

En la Formación Playa Grande se han estudiado y publicado una amplia Fauna de microfósiles dentro de las cuales se encuentran las capas guías de *Lyropecten arnoldi* y *Ostrea sp.*, así como algas calcáreas *Lythothamnium* y numerosas especies de gasterópodos, pelecípodos, escafópodos, poliquetos, serpuloides, cirrípedos y briozoarios. También se ha estudiado la fauna microfosilífera, encontrando a la Fm. Playa Grande como la localidad tipo dentro de la zona de *Globorotalia truncatulinoides*, particularmente la parte inferior que contiene los marcadores zonales (Bolli y Bermúdez, 1965).

Según González de Juana (1980), basado en los estudios de Cati et al (1968) y Bolli y Premoli Silva (1973) y en las relaciones de la Fauna microfosilífera con el Reciente. La Formación abarca todo el Pleistoceno, y su correlación más estrecha se establece con las Fm Cumaná del Oriente de Venezuela.

Los conglomerados basales del miembro Catia indican una acumulación de sedimentos fluviales provenientes de las secuencias metasedimentarias del Grupo Caracas, los cuales posteriormente fueron retrabajados en las líneas de playa. Finalmente se desarrolla un ambiente sedimentario marino, costero-litoral, Plataforma amplia, con poca inclinación, de aguas someras y nivel de energía del oleaje moderado, y ambientes de lagunas litorales asociadas. Los desarrollos biohermales y biostromales de *Lythothamnium*, indican desarrollos paralelos a la línea de costa similares a los que forman las rocas de playa actuales, con un mayor nivel de energía.

### **3.3.3. Formación Mare:**

La unidad aflora en la región de Cabo Blanco, Distrito Federal, con un espesor máximo de 19m (L.E.V., 1970). La localidad está ubicada en la quebrada Mare, detrás del caserío Mare Abajo, al norte del Aeropuerto

Simón Bolívar. Esta Formación ha sido parcialmente destruida por las obras de ampliación del Aeropuerto.

La Formación Mare comienza con 3-4m de asperones o gravas friables de grano fino, que pasan hacia arriba a arenas de grano progresivamente más fino; su parte superior se compone de limos consolidados homogéneos de colores grises y pardos claros, con un gran contenido fosilífero dentro del cual los gasterópodos son los fósiles más abundantes dentro de la Formación. También se aprecia un abundante contenido de bivalvos, así como cantidades menores de pelecípodos, escafópodos, poliquetos, serpuloides, cirrípedos, briozoarios y corales. Los Foraminíferos han sido estudiados por Bermúdez y Fuenmayor (1962), los cuales se mantienen en el Reciente. Bolli y Bermúdez (1965) asignan la Formación dentro de la zona de *Globorotalia truncatulinoides*.

Por las relaciones fosilíferas con el Reciente y el estudio de la zona de *Globorotalia truncatulinoides* se asigna a la unidad dentro del Pleistoceno y, por dataciones realizadas por el método Th/U, efectuadas en varios especímenes del gasterópodo *Mazatlanica aciculata*, el cual es el molusco más abundante en la Formación Abisinia, suprayacente a la Formación Mare, indicaron un máximo de 300.000 A.P., esto indica Pleistoceno medio, y cerca del límite con el Pleistoceno superior que es 130.000 años A.P. por lo que podemos ubicar a la Formación Mare en el Pleistoceno medio, siendo su correlación más estrecha, la Fm Cumaná del oriente de Venezuela.

El ambiente sedimentario de la unidad es marino, costero-litoral. Plataforma amplia, con muy poca inclinación, similar a un sistema tipo rampa, de aguas someras, y nivel de energía del oleaje moderado, principalmente en la línea de costa, que no permitió el desarrollo de estructuras de biohermas, biostromas o facies de roca de playa.

## **B. Geología Estructural Regional**

La zona de Caraballeda-Los Caracas, presenta un sistema de fallas orientado en forma paralela a la costa, con rumbo E-W y un buzamiento ligero hacia el norte, donde la falla dominante en la zona es la Falla de San Sebastián, la cual ha generado un campo de esfuerzos para desarrollar otras fallas en la zona. Otra falla importante en la zona es la Falla de Macuto, también orientada paralela a la costa, el movimiento de este sistema de fallas es dextral, debido a los esfuerzos de cizallamiento generados por el desplazamiento de la Placa del Caribe hacia el este.

Según Bravo y Vilas (2002), los esfuerzos compresivos asociados a el Esquisto de Tacagua para la zona de Camurí Chico son N 27,1° W con un declive de 9,2° SE, y expresan que la unidad litodémica presenta en su mayoría estructuras de deformación dúctil, donde los vectores de compresión son muy similares, indicando que se corresponden a una misma fase de deformación evidenciada actualmente y cuyo origen es el proceso de movimiento de la Placa Caribe hacia el este con una componente transpresiva hacia la Placa Suramericana. Esta unidad litodémica presenta estructuras que han surgido como resultado de fases de deformación dúctil anteriores a la fase más reciente de deformación; pudiendo, a través del estudio de las distintas generaciones de pliegues, obtener por lo menos 3 fases de deformación; una primera fase para la formación de foliación ( $S_1$ ), una segunda fase para la formación de una primera generación de pliegues ( $S_2$ ), y una tercera fase para una segunda generación de pliegues ( $S_3$ ).

Para el complejo San Julián establecen una dirección de esfuerzos compresivos  $\sigma_1$  de 18,5° W y un declive de 6,8° SE, indicando que esta unidad ha sido más influenciada por la última fase de deformación de tipo elástico-frágil, que las demás unidades puesto que se observaron gran numero de fallas y fracturas, sin embargo también se observaron pliegues

cerrados a isoclinares en las direcciones generales de los planos axiales que están presentes en la unidad litodémica. Para el Augengneis de Peña de Mora establecen un vector compresivo  $\sigma_1$  N 35° W con un declive de 4,2° SE

Bravo y Vilas (2002) establecen un vector compresivo general  $\sigma_1$  N 21,6° W y un declive 16° E, indicando que las rocas pertenecientes a estas unidades presentan un dominio frágil con deformación tanto dúctil como frágil, en condiciones tectónicas de origen diverso, evidenciándose estructuras correspondientes a la última fase de deformación. También encontraron una orientación preferencial de fracturas y fallas dextrales en la dirección NNO-SSE, donde el buzamiento tiende generalmente hacia el sur y varía entre 35°-75°. Se presentan tres familias de diaclasas, dos orientadas en NNE-SSO, y una orientada en la dirección NNO-SSE, donde se pudo medir una apertura de 10 cm; el buzamiento es subvertical hacia el norte para la familia orientada NNE-SSO y hacia el sur en la otra familia.

### **C. Geología Histórica Regional**

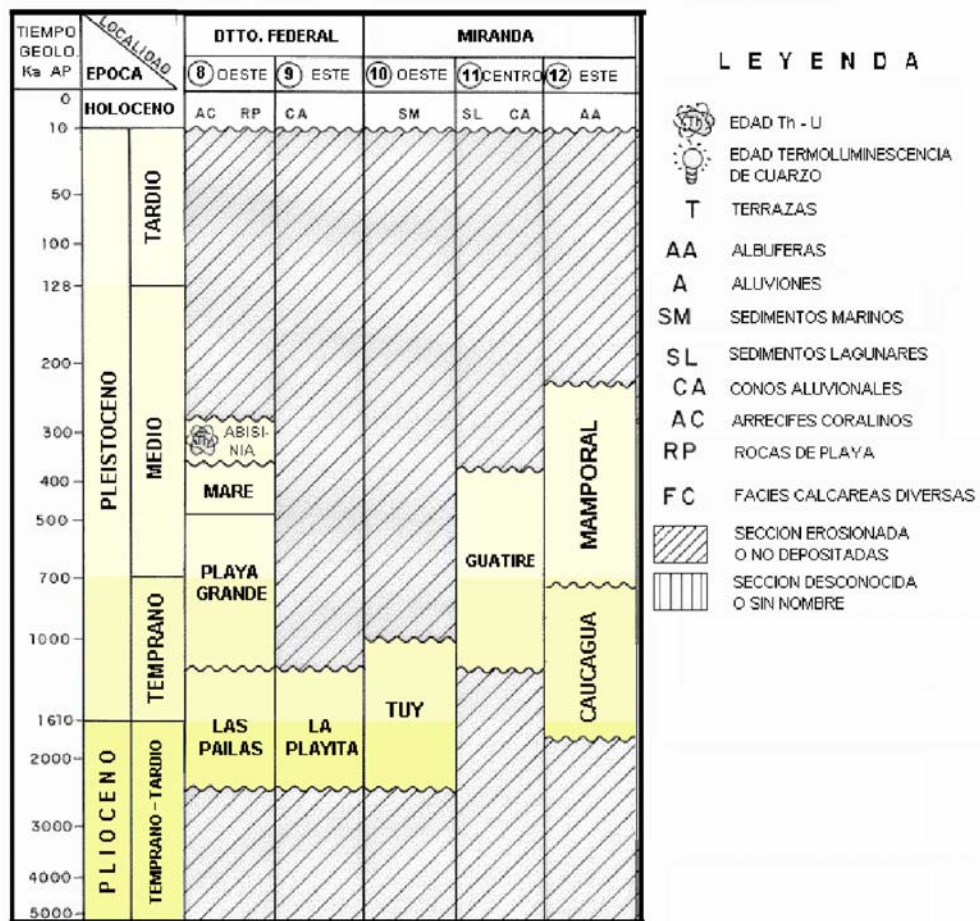
Los primeros estudios geológicos formales del Cuaternario en Venezuela fueron realizados por Humboldt (1801) sobre lo que conocemos actualmente como el Grupo Cabo Blanco, el cual fue designado como sedimentos no consolidados, estos sedimentos fueron correlacionados con capas expuestas en el oriente del país.

La Cordillera de la Costa comienza su levantamiento en el período Mioceno-Plioceno, debido a la interacción entre la Placa del Caribe y la Placa Sudamericana. Posteriormente en el Pleistoceno se acentuó el vulcanismo en las Antillas menores

Según Méndez (1997), el evento más importante relacionado al límite Plioceno-Pleistoceno corresponde al levantamiento de Los Andes y la Cordillera de la Costa. La disminución de la vegetación y el incremento en la erosión hace evidente el descenso de la temperatura, la cual se traduce en una reducción en los pluviales, esto trae como consecuencia el transporte de sedimentos con las lluvias ocasionales pero torrenciales. En la Cordillera de la Costa la mayor parte de las formaciones están relacionadas con variaciones morfoclimáticas y erosión y sedimentación en ambientes de abanicos aluviales. Las formaciones Las Pailas. La Playita, Maporita, Tuy, Caucagua, Mamporal y Río Salado, en la Cordillera de la Costa, tanto en sus vertientes norte y sur, son el resultado de estas variaciones morfoclimáticas (Fig. 2).

Las secuencias de conglomerados y areniscas que afloran en el flanco norte de la Cordillera de la Costa, se desarrollaron durante el límite Plioceno-Pleistoceno en ambientes sedimentarios de abanicos aluviales morfoclimáticos. Algunos de ellos han sido bien estudiados e incluidos como formaciones, y corresponden al levantamiento experimentado por la Cordillera de la Costa durante el Plioceno-Pleistoceno (Méndez, 1997).

Entre el Plioceno Tardío y el Pleistoceno Temprano se fueron acentuando las condiciones climáticas, con variaciones importantes en las temperaturas, ampliándose cada vez más hasta dar origen a estadios de glaciación e interglaciación. Durante los climas de baja pluviosidad y semi-aridez en la Cordillera de la Costa, la baja densidad de la capa vegetal favoreció los procesos de erosión y transporte durante los intervalos cortos de fuertes lluvias, lo que originó un proceso común en las laderas del flanco norte del sistema montañoso, propiciando el desarrollo de abanicos aluviales.



**Fig. 2.** Cuadro de disposición de las formaciones sedimentarias de la región. Tomado del Léxico Estratigráfico de Venezuela y modificado de Méndez y Scherer (1998)

Durante el Pleistoceno Temprano, todas las formaciones que se han incluido en el límite Plioceno-Pleistoceno, continuaron su desarrollo sedimentario. Es el caso de las formaciones continentales originadas por variaciones morfoclimáticas y pertenecientes a abanicos aluviales.

La Formación Playa Grande del Grupo Cabo Blanco, representa junto con la Formación Cumaná, las formaciones características del Pleistoceno Temprano y parte del Pleistoceno Medio. La Formación Playa Grande, inicialmente con base en su contenido fósil, había sido considerada Plioceno.

En las costas del litoral central en el Distrito Federal, las formaciones representativas del Pleistoceno Medio son Playa Grande, Mare y Abisinia, pertenecientes al grupo Cabo Blanco. La Formación Playa Grande se sedimentó durante el Pleistoceno Temprano y parte del Pleistoceno Medio. La Formación Mare, en discordancia sobre la Formación Playa Grande, comienza la unidad sedimentaria con asperones o graves friables, que pasan hacia arriba a arenas progresivamente mas finas y finaliza la secuencia con limos, muy fosilíferos. La forma similar a Playa Grande, la base indica un ambiente inicialmente de origen continental derivado de abanicos aluviales, cuyas graban rellenan la línea de costa y son retrabajadas activamente. Subiendo en la secuencia se va haciendo francamente marino de plataforma abierta.

Según Picard y Goddard (1975), la costa central de Venezuela desde Puerto Cabello hasta Cabo Codera es una franja angosta, con plataforma continental que rápidamente se hace profunda, dominada por acantilados de las rocas ígneas metamórficas de la Cordillera de la costa, y con sedimentación fluvial que se reduce al curso corto de quebradas y pequeños ríos. Entre Puerto Cabello y Puerto Cruz, en los límites con el Distrito Federal, es una costa de ríos con valles inundados y acantilados



sumergidos hasta mas de 200 m. Desde Puerto Cruz hasta Cabo Codera, la plataforma continental es algo más amplia y los acantilados tienen terrazas erosionadas por el oleaje. En el tramo entre Carayaca y Cabo Codera, el acarreo de sedimentos por ambientes de abanicos aluviales es importante, como lo fue, en mayor medida durante el Pleistoceno Temprano y Medio, principalmente en el área de Macuto, Chuspa y Cabo Codera.

Según Méndez (1997), durante el Holoceno, originado hace 10.000 años, estos ambientes sedimentarios han continuado depositando sedimentos en forma de abanicos aluviales, de los cuales uno de los más importantes, por la magnitud del sedimento depositado y el tamaño de la cuenca depósito final del abanico aluvial, es el desarrollado por la quebrada San Julián y sus quebradas adyacentes, en la zona que se conoce actualmente como Los Corales, Camurí Chico, El Palmar, Caribe y Caraballeda.

### ***Flujos Torrenciales y Abanicos Aluviales:***

Cuando una zona determinada es sometida a intensas lluvias durante un periodo continuo de tiempo, se forman corrientes de barro y rocas que vienen en los torrentes de montaña, a estas corrientes se les denomina flujos torrenciales. Éstos contienen, además de agua, sedimentos que van desde arcilla a bloques que pueden variar desde algunos kilogramos hasta varias toneladas, presentando un movimiento de aspecto de un fluido de gran viscosidad, siendo su característica esencial el comportarse como no-newtoniano (Barboza y Rodríguez, 2001). En la figura 3 se observa el flujo torrencial asociado a la formación del abanico aluvial de la zona de Camurí Chico.



**Fig. 3.** Flujo Torrencial en la zona de Camurí Chico. Tomado y modificado de [http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newsletter/8\\_4/8.htm](http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newsletter/8_4/8.htm)

Cuando ocurren estos fenómenos, la mayoría de las veces, el agua corre por el cauce del drenaje, para el momento de la crecida, las partículas sólidas son transportadas en suspensión o acarreadas. El flujo se forma por una mezcla viscosa que se derrama en el lecho del río como un gran volumen de fluido. La cantidad de materiales sólidos transportados y la energía desarrollada cuando tales fenómenos ocurren son mucho más elevados que en las inundaciones y deslizamientos ordinarios. Coussot (1996).

Estas corrientes, finalizado su recorrido, se depositan en el lecho del torrente, Sin embargo, cuando su volumen es importante, pueden desplegarse en un abanico aluvial. Los depósitos más viscosos, los cuales quedan estancados en el lecho por falta de energía, son lavados y arrastrados por el extremo final del flujo, el cual está constituido por una mezcla de agua y de sedimentos de menor viscosidad.

Los abanicos aluviales son acumulaciones cónicas de sedimento formadas al pie de las montañas donde las corrientes confinadas por los valles estrechos emergen en una tierra baja adyacente, generando una cuña clástica. Las facies proximales de los abanicos aluviales y las partes subaéreas del delta del abanico son esencialmente iguales, pero los sedimentos subacuáticos de los deltas del abanico se diferencian fuertemente de los de sus contrapartes subaéreas. Hay también algunas diferencias entre los abanicos aluviales en climas áridos y húmedos. Los abanicos aluviales de regiones en climas áridos a semiáridas han sido con frecuencia descritos, mientras que los abanicos en regiones húmedas se han estudiado poco.

En la figura 4 se puede observar la geometría cónica del abanico aluvial de la zona de estudio, se aprecia el entallamiento del abanico en las zonas media y superior.



**Fig. 4.** Abanico aluvial en el sector Camurí Chico. Edo Vargas. Tomado y modificado de [http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newsletter/8\\_4/8.htm](http://www.incede.iis.utokyo.ac.jp/newsletter/8_4/8.htm)

Haciendo un perfil radial de un abanico aluvial se pueden observar una zona superior (fanhead), donde nace el drenaje en la montaña; una zona media (midfan), ubicada entre el ápice o zona superior y la parte del abanico de menor pendiente; y la base del abanico (fanbase), zona de menor pendiente donde desemboca el drenaje (Fig. 5).

Según Blissenbach, (1954), la composición de los abanicos aluviales esta dada por cuatro factores principales. La composición de la roca madre de la cual se obtienen los depósitos aluviales, el tipo y el grado de meteorización al cual está sometida la roca madre, los cambios singenéticos durante el transporte de la fuente hasta la depositación y las alteraciones epigenéticas que ocurren posterior a su depositación

La sedimentación en los abanicos aluviales se origina cuando los flujos torrenciales salen de sus valles confinados y pierden algo de su eficacia del transporte. Básicamente los abanicos aluviales se componen de los siguientes tipos de sedimento: *depósitos de canal*, *depósitos de corrientes laminares*, y *depósitos de flujos de detritos* (Fig. 5). Generalmente predominan los sedimentos transportados en la corriente. Ellos son depositados a través del flujo efímero o perenne del agua en el sistema del canal o, después de tormentas extremas de lluvia, inundando grandes extensiones del abanico aluvial. Algunas veces, la grava se concentra localmente para formar “*depósitos de tamiz*” (grava gruesa y cantos rodados desprovistos de matriz fino-granulosa). Al paso del tiempo, las mayores partes del flujo torrencial con una matriz fangoso-arenosa alcanzan el área proximal y media del abanico, enterrando las preexistentes e irradiando el sistema del canal. En su extremo inferior, tales flujos terminan en lóbulos característicos, y concentran a menudo los cantos rodados y la grava de tamaños grandes en su margen externo, formando diques. Posteriormente, nuevos canales cortan en los depósitos del flujo total, reanudando y redistribuyendo grandes proporciones del material (Einsele, 1992).

La producción de arcilla en las cuencas hidrográficas esta controlada por el grado de cobertura vegetal, según Lustig (1965), la presencia de arcilla es debido a la meteorización química causada por los ácidos orgánicos alrededor de las raíces y de una mayor preservación de la humedad del suelo. Las alteraciones singenéticas no generan muchas variaciones en la composición de los depósitos debido a la corta distancia de transporte del material detrítico, así como el poco tiempo en el que se encuentra en contacto con el agua. Los cambios epigenéticos pueden llegar a agregar minerales durante el proceso de cementación.

ABANICO O CONO ALUVIAL

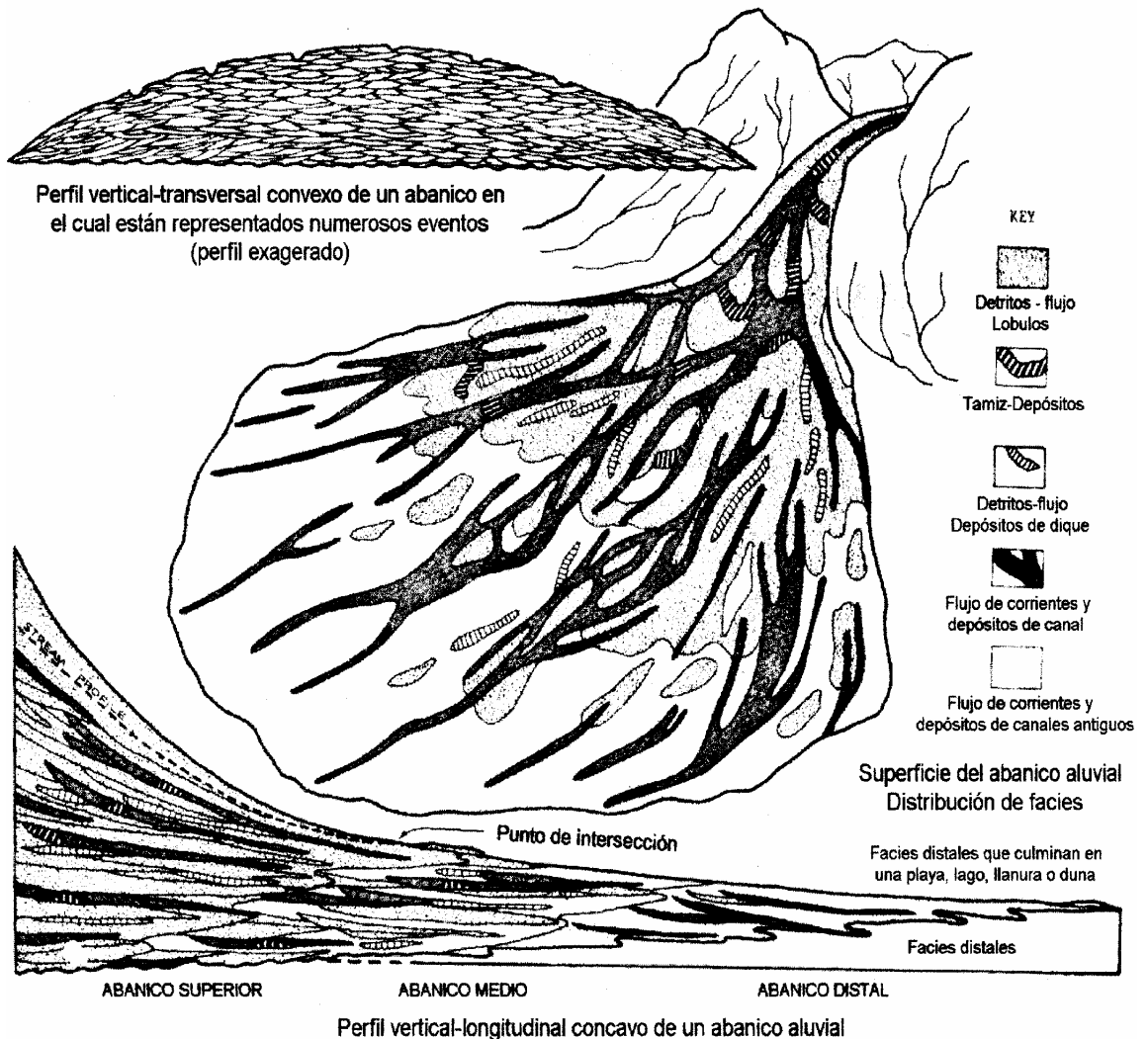


Fig. 5. Características generales de los abanicos aluviales y sus facies características.

Tomado y modificado de Méndez (2003).

En *regiones húmedas*, los abanicos aluviales tienen gradientes más bajos y son dominados por procesos de la corriente con marcadas variaciones estacionales dentro de ella. Las áreas medias y bajas del abanico son vegetadas y por lo tanto menos susceptibles a la reanudación. Son cortadas por un número limitado de canales activos, estrechos. Los procesos

sedimentarios en estos abanicos, particularmente los de regiones tropicales húmedas, se conocen muy poco (Einsele, 1992).

Según las clasificaciones hechas por Short et al. (1953), existen abanicos aluviales de una composición arcósica y grauvaca. La primera es formada cuando la roca fuente es plutónica o metamórfica de textura gruesa y cristalina. La segunda es desarrollada a través de una roca fuente metamórfica de granulometría fina, con un protolito sedimentario o volcánico.

Según Blissenbach, (1954), los sedimentos que conforman los abanicos aluviales presentan un grado de escogimiento que depende del rango de tamaños de las partículas de detritos preparadas para el transporte en la zona montañosa, el tipo de agente de transporte y de depositación y la distancia de transporte. Davis (1938) establece que se logra un mejor grado de escogimiento en los depósitos generados por los flujos en el canal inciso que por los flujos laminares.

Muchos abanicos aluviales abarcan solamente algunos kilómetros, pero algunos pueden alcanzar una longitud de más de 50 kilómetros. *Los gradientes de la corriente* de abanicos en climas áridos a semiáridos disminuyen a menudo a partir 1 a 3 grados en la zona superior del abanico a 0.1 a 0.5 grado en su base. Asimismo, el tamaño de grano disminuye abajo del abanico, y la redondez de los granos de la grava aumenta.

En todos los depósitos del abanico aluvial, las direcciones actuales deducidas de las estructuras sedimentarias demuestran los patrones del flujo radial desde la zona superior hasta la zona inferior del abanico (Pettijohn et al. 1973). Debido a su sistema trenzado de la corriente, las direcciones actuales medidas en un área limitada exhiben poca variación (en comparación a los sistemas sinuosos). Los perfiles verticales de la secuencia

pueden ser absolutamente irregulares sin demostrar una tendencia particular porque son controlados por varios factores.

Los acontecimientos de inundación y flujos torrenciales son procesos estocásticos con intervalos de repetición que varían considerablemente. Sin embargo, generan sucesiones repetidas a pequeña escala, que son con frecuencia algunos metros. Por otra parte, los procesos fuera del área de depositación (factores extra-cuenca) controlan las tendencias a largo plazo. Estos factores incluyen los cambios climáticos que afectan las condiciones de desgaste y erosión en el área de drenaje, y el nivel base del abanico en la desembocadura del mismo.

Los abanicos aluviales modernos se asocian al área de la fuente que contiene los depósitos de una corriente confinada, así como con el talud o el coluvio de las cuestas adyacentes. En general, estos tipos de facies no se preservan en eventos antiguos. Cuesta abajo, los abanicos se consideran en otros depósitos aluviales, sobre todo aquellos con un sistema trenzado de drenaje que fluye perpendicular o con alto ángulo con respecto a la desembocadura del abanico. Los sedimentos más bajos del abanico, consisten predominantemente en arena y barro. En superficies abandonadas del abanico, la vegetación comienza a crecer y los procesos de transformación del suelo ocurren. La parte distal del abanico puede alcanzar ambientes lacustres, como por ejemplo los lagos de playa en las regiones áridas.

La distribución de facies en los abanicos aluviales esta controlada por diversos factores como lo son el aporte sedimentario, el cual controla el espesor de las facies depositadas, así como la formación de estructuras sedimentarias como laminación paralela, la cual depende de la disponibilidad de cierta granulometría, así como el régimen de flujo. El clima, expresado en



el grado de pluviosidad y la temperatura, es uno de los causantes principales de la generación de flujos torrenciales los cuales controlan directamente la creación de nuevas facies. Los cambios climáticos globales generan eventos transgresivos o regresivos al haber aumentos o disminuciones en el nivel del mar, los cuales afectan directamente el aporte sedimentario y aceleran procesos como la erosión para generar una mayor acomodación del espacio en los ambientes de depositación.

La tectónica es otra variable fundamental en la generación de facies, ya que controla la formación de relieves abruptos que serán fuente sedimentaria en el crecimiento de abanicos aluviales.

### **Características de los Flujos Torrenciales**

Los flujos torrenciales presentan características variadas y complejas. La más resaltante de ellas es que son producidas bajo formas de “olas” de barro de hasta 10 metros de altura con densidad hasta dos veces mayor que el agua, espaciadas en el tiempo con intervalo de algunos minutos y que arrastran consigo grandes cantidades de material detrítico (arena, arcilla y grava) así como grandes bloques y troncos de árboles (Barboza y Rodríguez, 2001).

Según Sancio (2000) en el Estado Vargas la velocidad del frente de derrame variaba de un mínimo de 1 a 3 m/s, alcanzando entre 14 y 17 m/s en la ladera superior, aunque otros autores afirman velocidades intermedias de 7 y 8 m/s, para cuencas como Carmen de Uria y Cerro Grande. La velocidad va a depender directamente de la pendiente e irá en orden decreciente desde la parte alta hasta el abanico aluvial.

Los bloques que son arrastrados por el flujo presentan diámetros en el orden del metro, los cuales se desplazan flotando en la superficie del fluido. Según Coussot (1996) Los bloques son transportados no sólo porque están en la zona rígida situada en el centro del flujo sino también porque la diferencia de masa volumétrica entre esta zona rígida y la mezcla que rodea al bloque, es muy débil y por lo tanto la eventual caída de la zona rígida a través del flujo es muy lenta.

En el estudio de abanicos aluviales y en la exploración general de cuencas que han generado flujos torrenciales no se encuentra un área que pudiera haber sido fuente principal del volumen del flujo. Generalmente tanto las riberas de la cuenca como el lecho y el conjunto de la misma son erosionadas de manera uniforme. Coussot (1996) establece que la formación de un flujo torrencial, descansa sobre la erosión de toda una cuenca, teniendo en cuenta la rareza de formación de los flujos torrenciales en una cuenca dada, es cierto que éstos no se forman más que cuando un conjunto de condiciones críticas son reunidas.

La clasificación de los flujos torrenciales se hace con base en su comportamiento mecánico y su material constitutivo. Coussot (1996) los clasifica como los esencialmente fangosos y los esencialmente granulares.

Los flujos fangosos o viscosos están compuestos por mezclas que contienen una fracción considerable de partículas menores a 40 mm, las partículas gruesas son consideradas como dispersas en medio de un fluido intersticial, no ocupando una gran concentración dentro del fluido total.

Los fluidos esencialmente granulares presentan una gran concentración de granos en el seno del fluido intersticial y la mezcla agua-partículas finas es poco concentrada, lo cual la hace menos viscosa por lo

que los contactos entre los granos (colisiones, frotamientos) gobiernan el comportamiento mecánico del conjunto. Las mezclas de este tipo de flujos presentan una fracción arcillosa inferior o alrededor del 1%.

Existen intervalos de flujos intermedios, es decir, con fracciones finas entre 1% y 10%, de manera que aunque presentan frotamientos entre granos el fluido intersticial es más viscoso. Esto trae como consecuencia que el material obtenido tenga una viscosidad muy grande, por lo tanto se le hace más difícil correr bajo la forma de un flujo torrencial en el lecho del drenaje.

Las principales características de los flujos torrenciales fangosos y granulares se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Características de los dos tipos principales de flujos torrenciales. Tomado de Coussot (1996).

	<b>Mezcla con agua</b>	<b>Calidad de la superficie</b>	<b>Forma del depósito</b>
<b>Flujos Fangosos</b>	Muchas Concentraciones posibles	Suave exactamente después del vaciado. Rígido después del secado	Perfiles de los frentes de lóbulos curvos (en la dirección del flujo)
<b>Flujos granulares</b>	Una sola concentración = saturación	Muy friable, pero resiste bien el hundimiento	Lóbulos difícilmente identificables. Perfiles de los frentes de los depósitos rectos.

Sardi (2000), propone una escala de clasificación de flujos torrenciales, de acuerdo con las características del flujo y los daños materiales causados. Esta escala se basa en los cinco grados descritos a continuación:

**Grado I:** Pequeña inundación con profundidades del orden de los 30 cm; la zona inundada no es muy extensa y rápidamente se seca, sin dejar sedimentos. No causa mayores daños.

**Grado II:** Inundación regular con profundidades mayores y en áreas más extensas fue en el caso anterior, sin acarrear gran cantidad de sedimentos. Las pérdidas de vidas son por inmersión, y sólo perecen los animales que no pueden escapar. Las partes bajas de los edificios se inundan. Se requiere poco tiempo para que el terreno seque después de ocurrido el evento. Los daños son de relativa poca importancia.

**Grado III:** Condición igual a la anterior pero las aguas acarrear gran cantidad de sedimentos lo que lleva a trabajos de limpieza y bote de sedimentos en ciertas partes del área inundada. Además hay pérdida de sembradíos y de toda vegetación por inmersión en aguas cargadas de lodo. Hay algunas víctimas humanas.

**Grado IV:** Fuerte inundación que puede producir algunas víctimas humanas por inmersión; las aguas adquieren en ciertas zonas alta velocidad y arrastran gran cantidad de sedimentos finos y algunos clastos de tamaño grava gruesa o bloque (aproximadamente de 20 a 30 cm). Los cursos se desvían, sobretodo en los vértices de los conos de deyección. Se produce gran acumulación de sedimentos que llevarán cierto tiempo en su remoción después de terminado el evento. Las partes bajas de las edificaciones se inundan totalmente y se dañan algunos puentes. Abundantes viviendas son sepultadas. Se producen ciertos derrumbes en zonas críticas. El evento dura varios días.

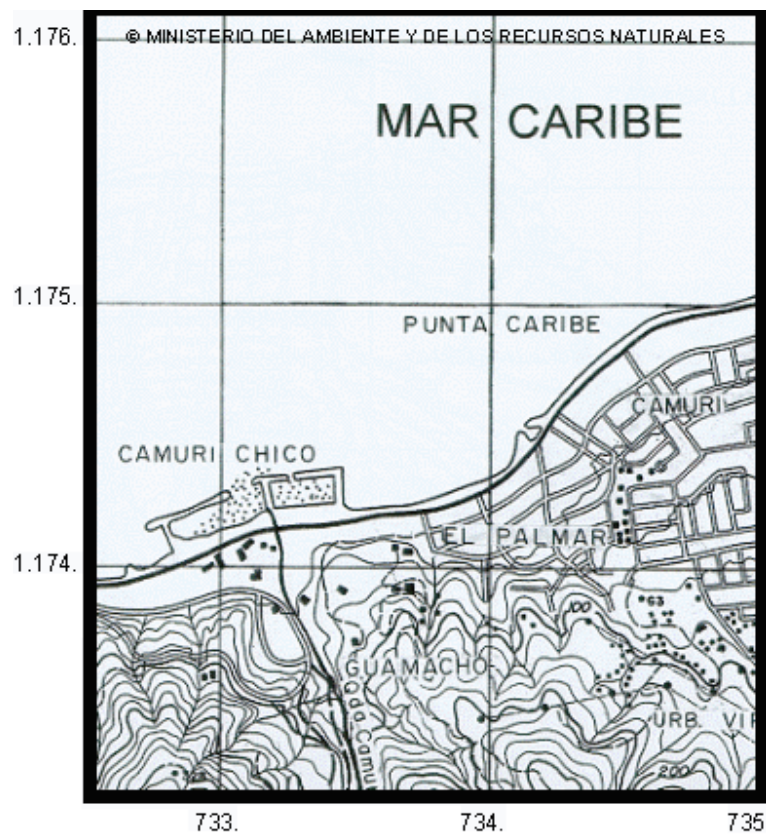
**Grado V:** Fortísima inundación como consecuencia de gran precipitación pluvial. Los torrentes se salen de cauce y sus aguas adquieren gran velocidad arrastrando muchos sedimentos y transportando rocas de grandes

dimensiones así como árboles. La depositación de estos bloques transforma la geografía del lugar y llevará mucho tiempo su remoción a fin de obtener el escenario original. Se derrumban algunos puentes, también se sepultan viviendas de poca altura. Hay muchas víctimas humanas por inmersión, tapiados o por traumatismos debido a la gran fuerza de las corrientes. Los conos de deyección aumentan su extensión llegando a solaparse los drenajes vecinos. La tormenta dura varios días.

## CAPÍTULO II

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector Camurí Chico, Litoral Central, estado Vargas, Venezuela. La zona se encuentra entre las coordenadas N:1.171 a N:1.174.5 y E:733 a E:734 (Fig. 6).



**Fig. 6.** Mapa Topográfico 6847-IV-NE El Caribe. Sector Camurí Chico

El sector Camurí Chico está limitado al norte por el mar Caribe, al sur por el Parque Nacional El Ávila, al este con el sector Los Corales y al oeste con la población de Macuto-El Cojo. La vía de acceso al sector es la autopista Caracas-La Guaira aproximadamente a 12 km al este del

aeropuerto “Simón Bolívar” de Maiquetía, hasta la entrada a la urbanización “La Llanada”.

## **Geografía Física:**

### **Climatología**

El Clima en la zona es muy variado debido, principalmente, a las diversas altitudes y a la vertiente de la cual se trate, bien sea la norte hacia la costa o la sur hacia los valles de Caracas

El gradiente térmico vertical calculado para Venezuela según Rohl (1950) es de  $0,61^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m, y es una buena aproximación para obtener los valores de temperatura media. La temperatura media anual, varía desde los  $21^{\circ}\text{C}$  en el valle de Caracas, a los  $13^{\circ}\text{C}$  en la cumbre del cerro del Ávila y los  $10^{\circ}\text{C}$  en el pico Naiguatá, a 2.765 m.s.n.m (Pereira, 1992).

Según Pereira y Aso (1992), los vientos predominantes en el parque son los Alisios del Noreste, los cuales soplan todo el año, en especial durante los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y diciembre. Durante los meses de marzo, abril y mayo también siguen soplando los vientos Alisios pero se encuentran con vientos del sur que soplan hacia el norte.

En estas regiones elevadas de la Cordillera de la Costa se presentan frecuentes nieblas y formaciones nubosas que mantienen condiciones de elevada humedad en el aire durante muchas horas del día. Esto ha favorecido el crecimiento de bosques densos y ricos en especies vegetales. Como son los diferentes tipos de selva nublada. Las formaciones de neblina se deben principalmente, a masas de aire calido y húmedo, traídas por los

vientos Alisios desde el mar, los cuales al subir por las laderas montañosas de la Cordillera de la Costa, sufren un rápido enfriamiento y por ende condensación, la cual finalmente se manifiesta en la típica faja de nubes a altitudes bien definidas. Estas fajas de neblina están ubicadas en las vertientes norte del Ávila, de la Silla y del pico Naiguatá, desde los 1.200 hasta los 2.000 m.s.n.m., mientras que en el lado sur, su extensión generalmente se desarrolla desde los 1.700/1.800 m hacia arriba. Por esta razón, las selvas nubladas de la vertiente norte son mucho más extensas en sentido altitudinal que en el lado sur (Pereira y Aso, 1992).

Los otros factores climáticos como humedad, evaporación, radiación, etc., son prácticamente desconocidos en sus fluctuaciones diarias y anuales en las regiones altas de la Cordillera de la Costa.

### **Fisiografía y Relieve**

El desarrollo fisiográfico de la zona esta en un estado de juventud temprana, es decir presenta un desarrollo de valles profundos y estrechos y divisorias angostas. Se han encontrado numerosas evidencias de rejuvenecimiento fisiográfico en otras partes de la región circundante al parque, tales como cursos de agua, con inclinaciones muy fuertes que excavan sus propios sedimentos y bancos de corales a flor de agua (Pereira y Aso, 1992).

### **Drenaje**

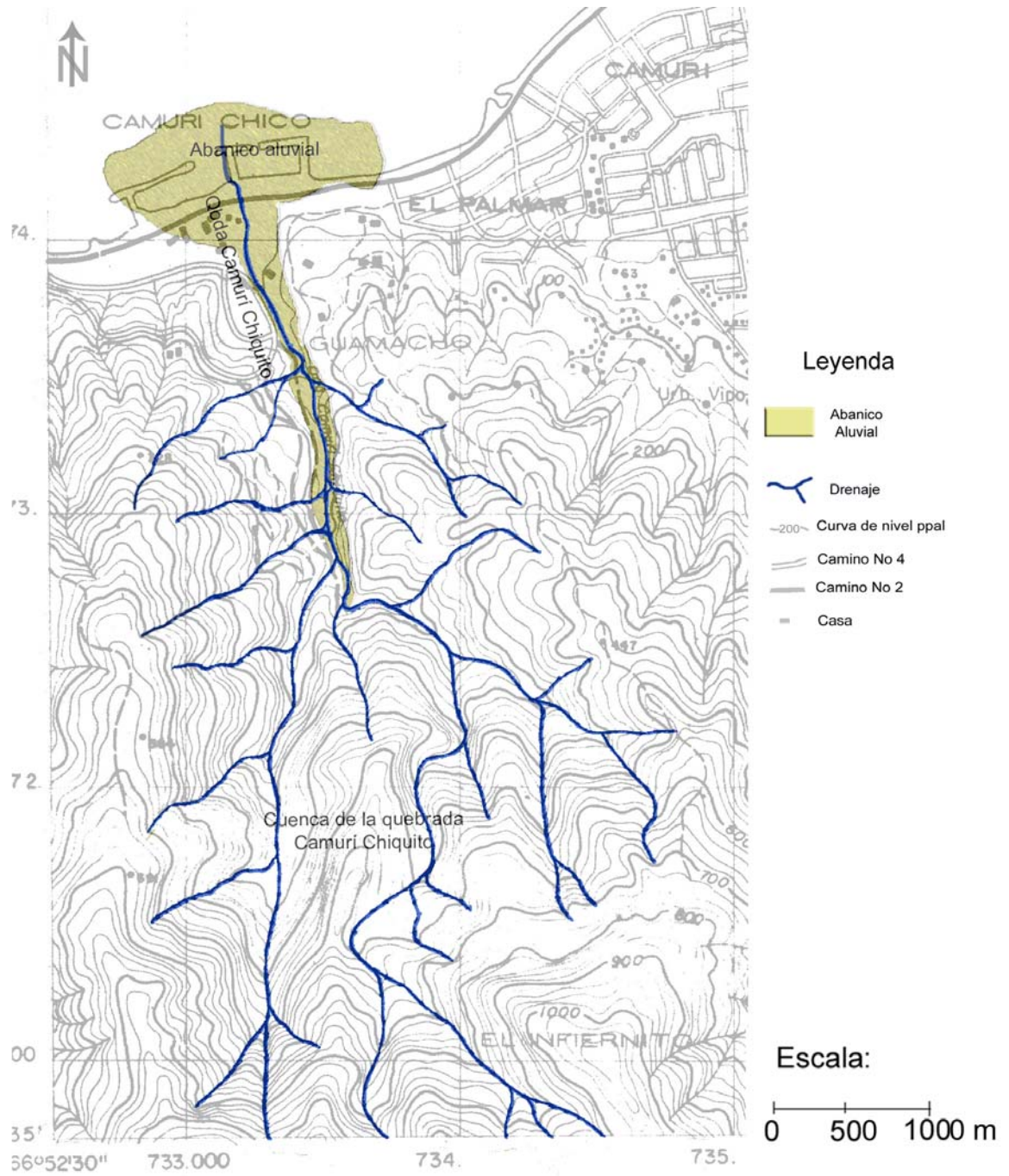
La quebrada Camurí Chiquito, es la cuenca receptora de los sedimentos depositados en el abanico aluvial de Camurí Chico. La quebrada nace en el Macizo Ávila, vertiente norte de la Cordillera de la Costa, entre los 2100 y 2200 m.s.n.m. a la altura del pico occidental, y durante su recorrido



atraviesa las zonas de Loma Larga, la hacienda El Palmar, El Infiernito y Guamacho para finalmente desembocar en el balneario de Camurí Chico (Fig. 7).

El patrón fluvial de drenaje de la quebrada Camurí Chiquito es dendrítico a subparalelo, con una orientación en su cauce principal de N 5° E desde los 2100 m.s.n.m., conservándose con una trayectoria bastante rectilínea hasta los 500 m.s.n.m., cambiando su orientación a N 12° W desde los 300 m.s.n.m. hasta su desembocadura en el mar Caribe. El tipo genético del curso del agua es consecuente ya que sigue la topografía original.

El curso de agua tributaria principal de la quebrada Camurí Chiquito, nace en los alrededores de la hacienda El Palmar de Azúcar y presenta una trayectoria bastante rectilínea con una fuerte pendiente hasta su desembocadura en la quebrada. Los tributarios de segundo y tercer orden presentan una pendiente un poco más fuerte que los canales principales, por lo que son más propensas a ser afectados por los flujos detríticos, por lo tanto durante las precipitaciones intensas los canales de mayor orden pueden recibir un aumento tanto en la escorrentía como en los detritos de gran tamaño como bloques, troncos de árboles y restos vegetales acompañados de grava, arena, limo y arcillas, las cuales generan las grandes oleadas de los flujos torrenciales.



**Fig 7.** Cuenca de drenaje de la Quebrada Camurí Chiquito. Modificado de Mapa Topográfico 6847-IV-NE El Caribe. Sector Camurí Chico

## **Vegetación**

Los diferentes tipos de vegetación que se pueden encontrar en la vertiente norte del Ávila y sus alrededores han sido clasificadas en bosque xerofítico, bosque tropófilo, selva nublada, matorral y páramo andino. La vegetación se observa dispuesta principalmente en fajas horizontales. Entre el nivel del mar y los 500 m, dominan las especies de espinares y matorrales densos de arbustos y herbáceas, características de las zonas secas en el bosque xerofítico. Más hacia arriba se encuentran tipos de vegetación de bosque más denso, el cual alcanza un límite superior entre los 2000 y 2200 m.s.n.m. En las regiones más elevadas, la vegetación es arbustiva, con algunas áreas desprovistas de vegetación.

La selva tropófila esta caracterizada por presentar un alto porcentaje (50 a 60 por ciento) de especies arbóreas decíduas, es decir, especies que pierden su follaje por un período más o menos prolongado durante la época de sequía. En los meses de enero a mayo la vegetación presenta una coloración grisácea de sus copas y ramas sin hojas. Sin embargo, en el estrato arbustivo permanecen siempre verdes. En estas zonas se consiguen árboles de 15 a 20m de altura caracterizados, muchas veces, por copas de forma triangular. El estrato arbustivo es por lo general denso y difícil de penetrar por la abundancia de enredaderas y de arbustos espinosos (Pereira y Aso, 1992).

Los bosques nublados del Ávila son los que están mejor conservados. Esto se debe probablemente a su difícil acceso y a su poca propensión de ser afectados por incendios forestales debido a su microclima netamente perhúmedo durante la mayor parte del año.

La selva nublada del parque se reconoce fácilmente por la abundancia de palmas que crecen especialmente en el estrato arbóreo medio. Las copas de los árboles son generalmente de forma irregular y no muy extendida. Las epífitas (Orquídeas, Bromelias, etc.) son abundantes en las ramas superiores y copas de los árboles, mientras que las lianas y bejucos son más escasos en la selva nublada no perturbada. Se pueden observar especies trepadoras, constituida principalmente por bambucillo (*Arthrostyloidum venezuelae*), en los claros del bosque que, en algunos casos alcanzan las partes inferiores de los árboles circundantes, invadidas violentamente por helechos tipo *Pterium caudatum* (Pereira y Aso, 1992).

El subpáramo es un tipo de vegetación que se desarrolla por encima de los 2200-2300 m.s.n.m., tanto en la Silla de Caracas como en el pico Naiguatá. Según Vareschi (1955), el subpáramo es un tipo de vegetación relativamente reciente e inmaduro que se encuentra en plena fase de desarrollo y evolución hacia comunidades estables y más específicamente seleccionadas.

Stephan (1991) clasificó la vegetación en la ladera norte de El Ávila en arbustos xerófitos litorales que van desde los 50 hasta los 100 m.s.n.m., bosques tropófilos basimontanos decíduos que van desde los 300 hasta los 600 m.s.n.m., bosques ombrófilos submontanos semi-decíduos, que van de los 600 a 800 m.s.n.m., bosques ombrófilos sub-siempreverdes, entre los 800 y los 1500 m.s.n.m., y bosques ombrófilos montanos siempreverdes de 1200 a 2200 m.s.n.m.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Metodología Pre-campo (Revisión Bibliográfica):**

- ◆ Recopilación bibliográfica de trabajos previos en el área de estudio y otros cuyo objetivo haya sido el estudio de los abanicos aluviales.
- ◆ Estudio de literatura acerca de la Geología Regional de la Zona, así como trabajos con referencia hacia una interpretación geotécnica y ambiental.
- ◆ Revisión de mapas y fotografías aéreas de la zona de estudio

#### **Metodología de Campo:**

Para la realización de este estudio se recogieron 100 muestras de sedimento a lo largo de 6 transectas, línea de playa y cauce de la quebrada. Las transectas levantadas son paralelas entre sí y a la línea de costa, abarcando así la mayor superficie dentro del abanico aluvial (Anexo 1). Las muestras sobre el cauce del río Camurí Chiquito se tomaron desde la línea de costa hasta un punto aproximadamente a 5 km en el piedemonte del cerro Ávila. Así se garantizó que la muestra tomada fuese representativa.

Para la toma de las muestras se cavó un hoyo de aproximadamente 10 cm de profundidad y se tomó una muestra de sedimento de un peso entre 500 g a 1 kg. La muestra se guardó en bolsas herméticas (Fig. 8). Las transectas fueron levantadas a partir de una poligonal con la brújula "Brunton" y la distancia fue medida con cinta métrica. Las muestras fueron distanciadas entre sí unos 25-50 m.



**Fig. 8.** Bolsas de muestras correspondientes al abanico aluvial.

Finalmente se realizó un recorrido a través del canal de la quebrada, así como de sus cursos tributarios, observando la mineralogía de la roca fuente, así como la morfología de los bloques de gran tamaño (Anexo 2).

#### **Metodología de Laboratorio:**

Una vez en el laboratorio se realizó el análisis de las muestras. Las 100 muestras de sedimento fueron secadas al aire, disgregando los grumos, tomando posteriormente de cada muestra una fracción equivalente a 500 g aproximadamente para ser tamizada.

Para la realización del tamizado de las muestras se ordenó en orden decreciente una torre de tamices ASTM desde la abertura  $\Phi = -6$  hasta  $\Phi = 4,5$ , sometiendo cada una de las muestras secadas previamente a vibración mecánica durante 15 minutos. Es importante destacar, que debido a la presencia abundante de guijarros y peñas pequeñas en las muestras, fue necesario el uso de la serie de tamices hasta la abertura  $\Phi = -6$ . Posteriormente fueron limpiados los tamices con cepillos y brochas de metal

para finalmente ser pesadas las muestras retenidas en cada uno de ellos en una balanza electrónica de precisión de 0,1 g. El tamizado de las muestras se realizó con la finalidad de determinar el porcentaje en peso de las fracciones de tamaño grava, arena y limo; así como para la determinación del coeficiente de escogimiento, curtósis y asimetría, los cuales constituyen un aporte importante en la clasificación de los ambientes sedimentarios.

Por último, la morfología de granos se determinó midiendo los tres ejes principales a (mayor), b (intermedio) y c (menor) de los clastos pertenecientes a la fracción más gruesa de cada transecta, así como las muestras del cauce de la quebrada más representativas de las zonas del abanico aluvial. Posteriormente los ejes medidos fueron utilizados en la determinación de las formas de los clastos según las cartas de comparación visual de Zingg. (1954). La redondez y esfericidad fueron estimadas mediante los criterios de comparación de Krumbein (1941) (Anexo 3).

Es importante destacar que la madurez mineralógica es el grado de estabilidad que tienen los minerales constituyentes de la roca y esta determinado por los tipos de granos presentes, mientras que la madurez textural es definida por el grado de escogimiento, redondez y contenido del material intersticial de tamaño fino.

### **Procesamiento de Datos**

Una vez tamizadas y pesadas cada una de las muestras y realizadas las estimaciones visuales para la determinación de la morfología de los granos, se procedió a elaborar las tablas de datos para la utilización de métodos tanto gráficos como estadísticos en la designación de la tendencia central de las muestras, para la cual se utilizaron tres parámetros: la media, la moda y la mediana. Una fórmula común del cálculo de la media es el

promedio percentil 35, 50 y 75. La moda es el tamaño dominante de la muestra, y la mediana corresponde al percentil  $\Phi 50$  y es el tamaño que separa 50% una muestra de la otra. Se graficaron los histogramas de frecuencia, las curvas de frecuencia y las curvas acumulativas.

Las escalas utilizadas para definir el tamaño de granos en los sedimentos muestreados son escalas graduadas, que han sido creadas por una subdivisión arbitraria en una continuidad natural. Las razones de estas escalas son debido a la necesidad en usar uniformidad en los términos para la descripción sistemática de los materiales sedimentarios, evitando confusiones de significados, y la subdivisión de clases para realizar los análisis estadísticos correspondientes. La escala utilizada para la estimación fue la de Krumbein (1934) o phi ( $\Phi$ ) la cual es una modificación de la escala de Udden (1914)-Wentworth (1922), y donde se toma como dimensiones del logaritmo negativo en base dos del diámetro (Tabla 2).

Como primer coeficiente de descripción global de la distribución granulométrica del conjunto de sedimentos, se determinó la desviación típica incluyente (escogimiento). Para la estimación del grado de escogimiento se utilizó la tabla de intervalos según Folk (1974) (Tabla 3), la cual indica la respuesta de las fluctuaciones en el nivel de energía de la corriente, basándose en la variedad de tamaños. El parámetro se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{85}}{6,6}$$



**Tabla 2.** Escalas de Clasificación de acuerdo al tamaño de grano de los Sedimentos Clásticos. Modificado de Udden(1914)-Wentworth (1922)

Phi ( $\Phi$ )	GRADO	CLASE	SEDIMENTO
-12	Muy Grueso	Peñones	Grava
	Grueso		
	Medio		
	Fino		
-8	Muy gruesas	Peñas	
	Gruesas		
	Medias		
	Finas		
-6	Medios	Guijarros	
-5			
-4			
-3			
-2			
-1		Gránulos	
0	Muy Gruesa	Arenas	Arena
	Gruesa		
	Media		
	Fina		
1			
2			
3	Muy Fina		
4	Grueso	Limos	Limo
	Medio		
	Fino		
	Muy Fino		
5			
		Arcillas	Arcilla
14			

Seguidamente, se determinó el coeficiente de angulosidad o curtosis, donde se indica el grado de agudeza de la curva de frecuencia, lo cual es reflejo del grado de escogimiento. Se estimó a través de la siguiente ecuación y se analizó según la tabla 4:

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

**Tabla 3.** Intervalos del grado de escogimiento según Folk (1974)

$\sigma_1$	<b>Grado de Escogimiento</b>
< 0,35	Muy bien escogido
0,35 – 0,50	Bien escogido
0,50 – 0,71	Moderadamente bien escogido
0,71 - 1,0	Moderadamente escogido
1,0 – 2,0	Mal escogido
2,0 – 4,0	Muy mal escogido
> 4,0	Extremadamente mal escogido

**Tabla 4.** Intervalos de curtosis

$K_G$	<b>Curtosis</b>
< 0,67	Muy Placticúrtica
0,67 – 0,90	Placticúrtica
0,90 – 1,11	Mesocúrtica
1,11 – 1,50	Leptocúrtica
1,50 – 3,00	Muy Leptocúrtica
> 3,00	Extremadamente Leptocúrtica

La tercera propiedad estudiada en el análisis fue el coeficiente de asimetría gráfica incluyente, el cual indica la asimetría de la curva de

frecuencias. Esta propiedad es útil en la interpretación de las tendencias de la energía promedio del agente de transporte. Se calcula según la siguiente ecuación y su significado se resume en la tabla 4.1:

$$SK_I = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

**Tabla 4.1.** Intervalos de Asimetría, según Folk (1974).

<b>SK<sub>I</sub></b>	<b>Asimetría</b>
1,0 a 0,3	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
0,3 a 0,1	Asimétrica hacia tamaños finos
0,1 a -0,1	Casi Asimétrica
-0,1 a -0,3	Asimétrica hacia tamaños gruesos
-0,3 a -1,0	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos

La determinación de la forma se realizó con base en el diagrama de Zingg (1954) , en el cual se grafica la relación existente entre los ejes corto (c) e intermedio (b) con respecto a la relación entre los ejes intermedio (b) y largo (a), para así obtener cuatro categorías de formas denominadas discoidales, esféricas, elipsoidales y cilíndricas (Fig. 9).

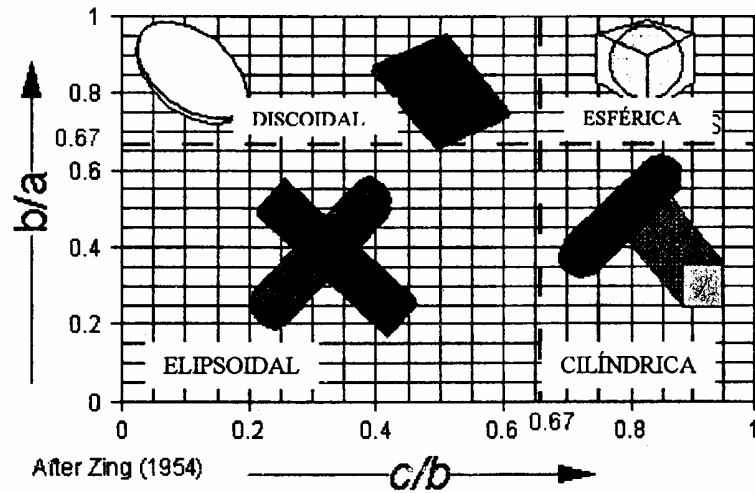


Fig 9: Clases de formas de granos según Zingg (1954)

La redondez está determinada por la angulosidad de las aristas del grano, y representa el resumen de la historia abrasiva. Para la estimación de la redondez de las muestras se utilizaron las cartas de estimaciones visuales de Krumbein (1941), la cual está basada en dos ejes para estudiar los granos (Fig 10).

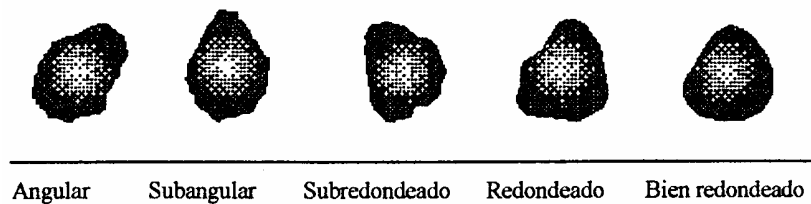


Fig 10: Gráficos de Estimación Visual de redondez de los granos, según Krumbein (1941)

Para la estimación de la esfericidad de los granos se utilizó el índice de esfericidad según Krumbein (1941) el cual se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$E_k(\Psi_I) = \sqrt[3]{\frac{C \times B}{A^2}}$$

Finalmente se llevaron a cabo los mapas de muestras, para los cuales se graficaron las poligonales levantadas en campo con el fin de ubicar en el mapa las muestras (Anexo 1). También se realizó la interpretación de las fotos tomadas y cuadros de distribución de facies.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **Abanico Aluvial del Sector Camurí Chico**

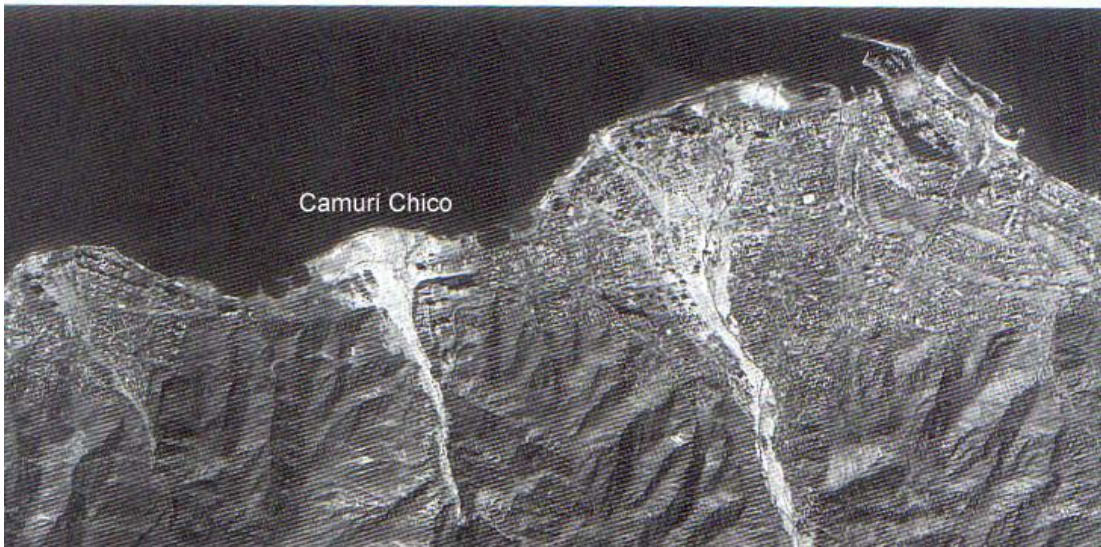
##### **1. Descripción General**

Los flujos torrenciales que generaron la depositación de los abanicos aluviales en el Edo. Vargas fueron generados por extensas precipitaciones anómalas, originadas según Salcedo (2000), y Urbani (2000), por un frente frío proveniente del norte, en una zona de alta presión, una vaguada de nubes y precipitaciones sobre el Caribe, un flujo del suroeste (corriente de inyección o chorro) y una situación estacionaria sobre la costa central del país durante veinte días, las cuales causaron un incremento de la pluviometría superior al de todo un año. El gran volumen de las precipitaciones se unió a la gran pendiente existente y a la saturación de los suelos que originaron numerosos deslizamientos, los cuales se unieron a los flujos de agua.

Los flujos torrenciales fangosos fueron originados mayoritariamente con materiales de granulometría fina y de colores oscuros, y los granulares con sedimentos de granos tamaño arena hasta grandes bloques de rocas.

El abanico aluvial generado en el sector Camurí Chico a raíz de los flujos torrenciales de Diciembre de 1999 tomo una geometría cónica, bastante entallada en el ápice y zona media del abanico por las terrazas antiguas, de origen aluvial, abriendo en su parte más distal unos 2 km de ancho, desarrollándose así sobre una superficie de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>. En la figura 11 se observa una foto aérea del sector Camurí Chico,

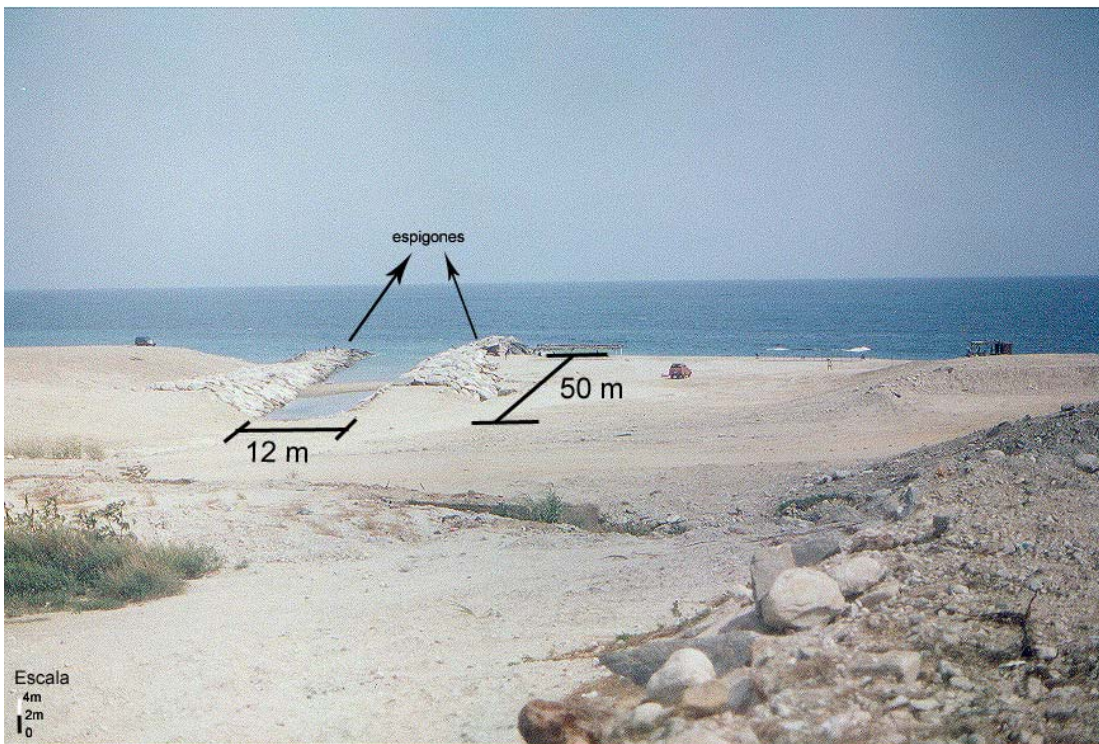
observándose el abanico aluvial generado por los flujos torrenciales de Diciembre de 1999.



**Fig. 11.** Foto aérea del Sector Camurí Chico. Diciembre 1999. Tomado y modificado de Grauer (2001).

Para el momento del levantamiento de campo se estaban efectuando las obras de reconstrucción del balneario, por lo que gran cantidad del material fue removido y alterado (Anexo 4), sin embargo se observó una composición mayoritaria de bloques, compuestos por gnéises subredondeados (Anexo 2), y una menor proporción de esquistos bastante foliados y angulosos. El tamaño de dichos bloques varía desde el abanico inferior, donde son más pequeños y tienen una mayor proporción de arenas, limos y arcillas; hasta el abanico superior, donde se encuentra un gran número de bloques de gran tamaño con una menor proporción de sedimentos finos.

La línea de costa en la desembocadura de la quebrada esta desplazada aproximadamente 50 m al sur debido a un embaulamiento realizado con dos espigones perpendiculares a la costa y separados entre sí unos 12 m. Se observó un aumento relativo de los clastos de mayores tamaños, a medida que se aleja del cauce (Figura 12). El resto de la zona inferior del abanico presenta una pendiente relativamente suave y una topografía irregular, con poca definición de los canales de sedimentación asociados a este tipo de eventos geológicos. La proporción de sedimentos tamaño limo y arcilla aumenta considerablemente respecto a la línea de costa, sin embargo disminuye a medida que se avanza en dirección al sur.

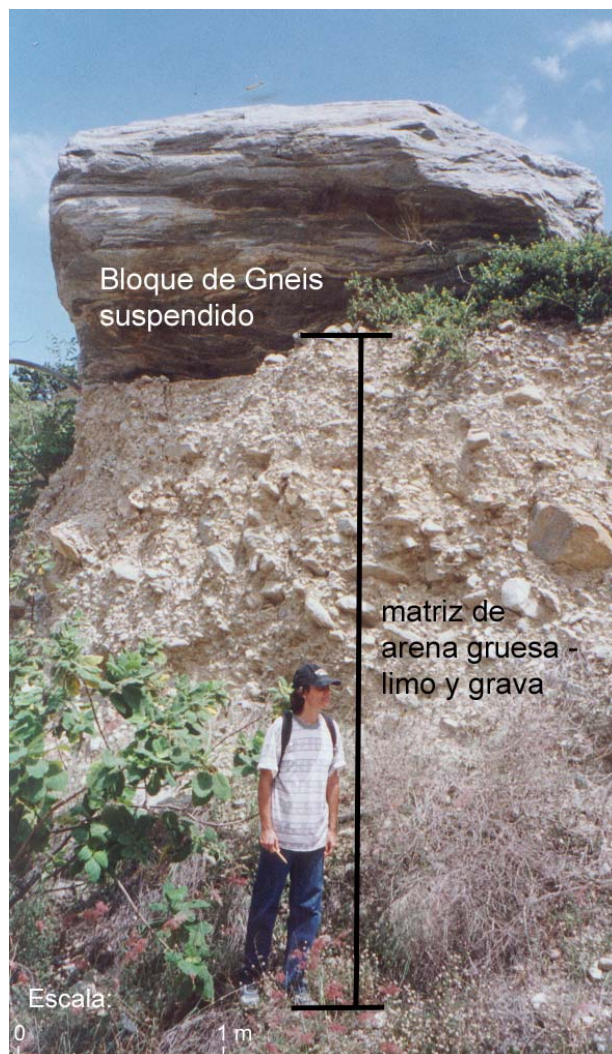


**Fig. 12.** Vista parcial de la zona distal del abanico. Se observa la pendiente suave, mayor proporción de los tamaños arena y limo, con poca distribución de bloques menores

La zona media del abanico se desarrolló sobre una pendiente un poco mayor con relación a la zona distal del abanico. Se observó un aumento considerable en los tamaños de los bloques depositados, los cuales se

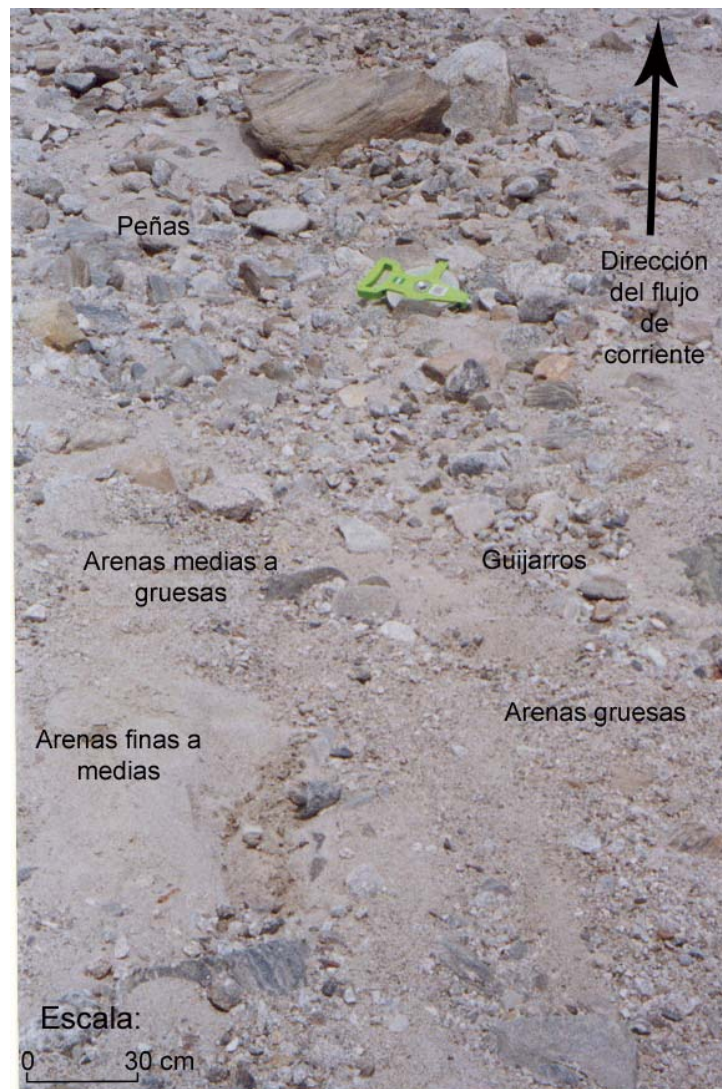


encuentran suspendidos sobre una matriz de arena gravosa. En la figura 13 se indica la presencia de bloques de gran tamaño en la zona media del abanico los cuales fueron transportados en dicha matriz, la cual presenta una alta densidad y viscosidad, compuesta principalmente por arena y limo pero con cantidades considerables de clastos tamaño guijarros, peñas y peñones. Este flujo es capaz de transportar grandes bloques de varias toneladas de peso, ya que los mismos van flotando sobre la corriente de gran viscosidad. Estos bloques se encontraron suspendidos a una altura de 3 a 4 metros.



**Fig. 13.** Bloque en zona media del abanico aluvial. Se observa la matriz areno-limosa.

En la zona media del abanico se observaron variaciones laterales del tamaño del sedimento, distribuyéndose en pequeños canales según el tamaño de grano. En la figura 14 se ve la distribución de tamaños de grano en pequeños canales de depositación.



**Fig. 14.** Variaciones en el tamaño de los clastos dentro del flujo, zona media del abanico.

En la zona superior del abanico se depositó el mayor porcentaje de los bloques observados en la zona de estudio, la pendiente aumenta desde la zona media hasta el ápice, ubicado en el piedemonte de El Ávila, allí se

observaron una mayor proporción de bloques de esquisto, con relación a la zona media y distal del cono aluvial, no obstante, la proporción de bloques de gneis es mayor. En la figura 15 se distingue el ápice del abanico aluvial, en el punto más al sur del abanico y con una pendiente superior, seguido por la zona superior del cono aluvial, con una gran depositación de bloques de diversos tamaños y de composición gnéisica mayoritariamente.

En la zona superior se encontraron también gran cantidad de bloques de gran tamaño. En la figura 16 se observan bloques depositados en suspensión, aproximadamente a 3m de altura, los flujos confinados debajo de los bloques presentan variaciones verticales en el tamaño de los clastos depositados, indicando variaciones en el régimen y viscosidad del flujo.



**Fig. 15.** Zona superior del abanico aluvial. Se observa la mayor proporción de bloques.



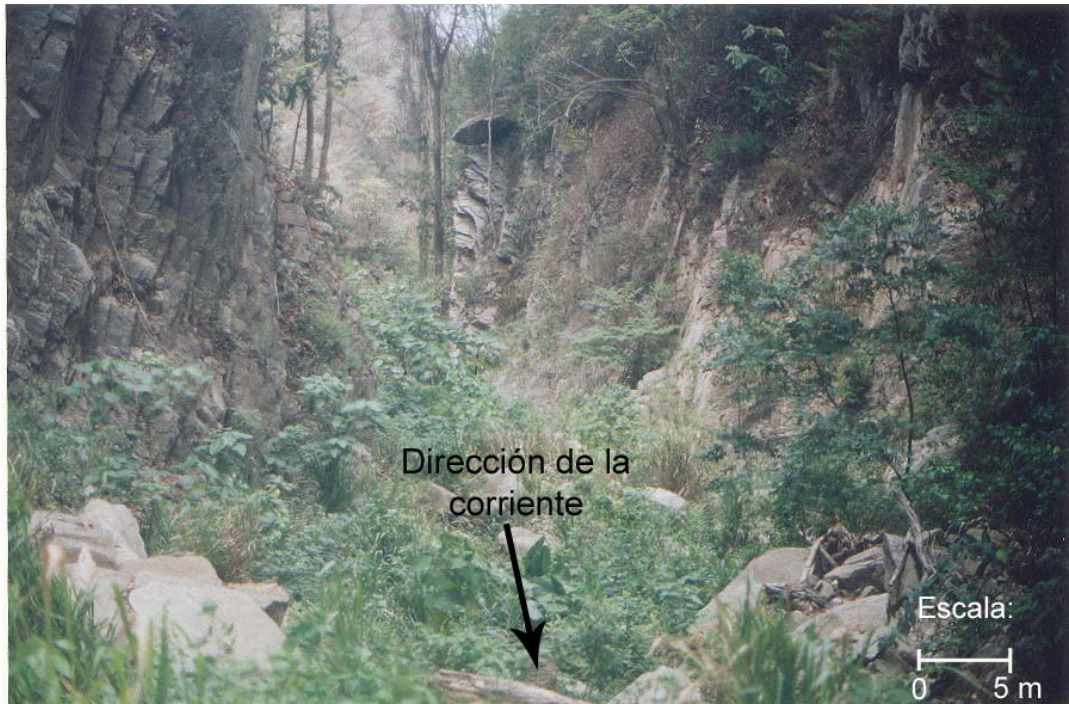
**Fig. 16.** Bloques de gneis de gran tamaño, suspendidos en la zona superior.

Adicionalmente se realizó un recorrido a lo largo del cauce de la quebrada Camurí Chiquito, así como de sus cursos principales, observándose el entallamiento de la quebrada en la topografía sobre el curso principal, y la roca fuente de los sedimentos depositados sobre el abanico aluvial. Se observó una mayor presencia de afloramientos de gneis de colores que van desde grises claros hasta azulados sobre el cauce de la quebrada con una textura lisa y bastante fracturados, mientras que en el curso secundario se destaca la presencia de bloques de grandes tamaños, así como un mayor contenido de afloramientos de esquistos de colores que van desde gris oscuro hasta marrón. La figura 17 muestra una zona del cauce de la quebrada, a aprox. a 700 m del ápice del abanico, allí se observó el entallamiento de la quebrada en la topografía, así como la litología predominante que está compuesta por los afloramientos de gneis de la Asociación Metamórfica Ávila.



**Fig. 17.** Cauce de la quebrada Camurí Chiquito. Se observa el entallamiento de la quebrada sobre afloramientos de gnéises de colores grises claros, con foliación y textura lisa.

La figura 18 es una vista parcial del cauce del curso de agua tributaria principal de la quebrada Camurí Chiquito, esta ubicada, aproximadamente a 300 m de la zona superior del abanico aluvial. Se observa el entallamiento de la quebrada en afloramientos de esquistos muy foliados.



**Fig. 18.** Cauce del curso tributario principal de la Quebrada Camurí Chiquito. Se observa el entallamiento en afloramientos de esquistos de colores grises oscuros

## 2. Contenido Litológico

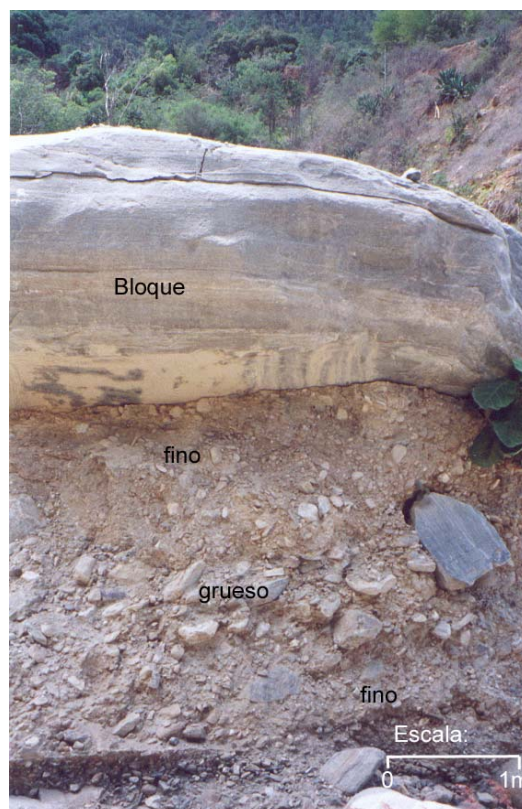
El abanico aluvial del sector Camurí Chico está compuesto por depósitos detríticos de diversos tamaños, principalmente fanglomerados en el ápice, la zona superior y la zona media, arenas de distintos tamaños, y limos hacia la parte más distal del abanico.

### ◆ Fanglomerados

Se observaron en su mayoría en la zona apical del abanico, así como en la zona proximal y media, notándose una disminución en los tamaños de los clastos hacia la zona distal. Los bloques son en su mayoría gnéises y esquistos. Los gnéises son de colores gris claro, colores verde-azulados y marrón y presentan tamaños variables entre los 0,5 m hasta 5 m en su eje

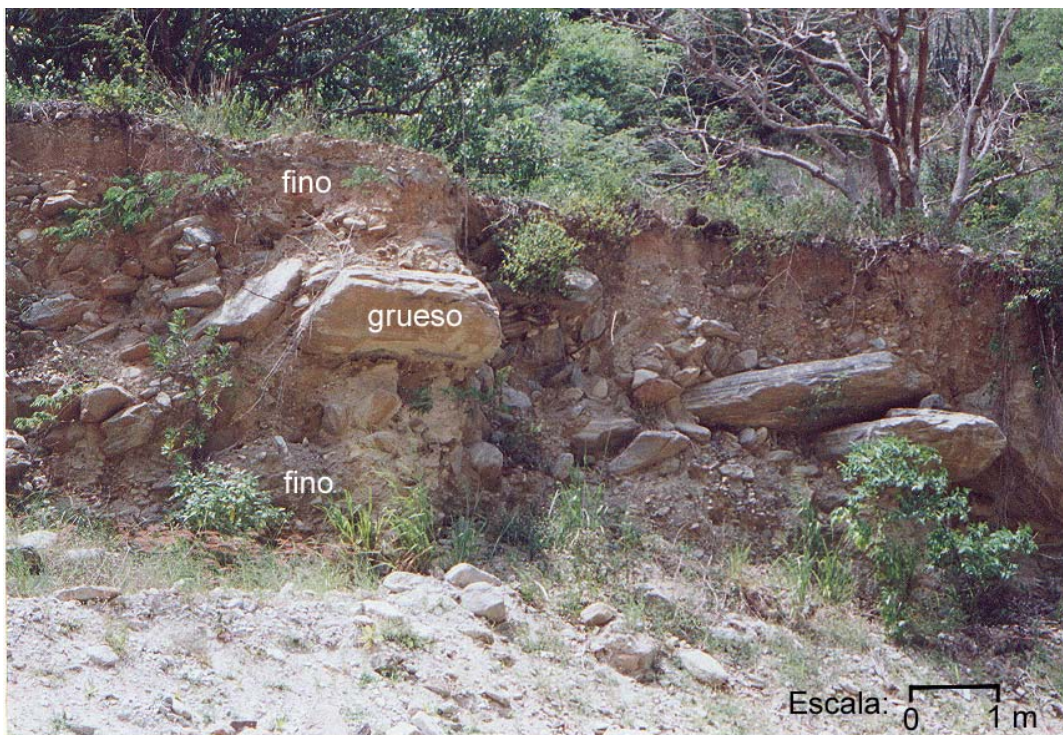
mayor, presentan una textura masiva, generalmente con poca foliación en los clastos de colores más claros y más marcada en los clastos de colores pardos y verde azulados. Los bloques de esquisto son un poco más pequeños, con colores gris oscuro y marrón, bien foliados, presentan vetas de cuarzo y calcita.

Los bloques se depositaron suspendidos en una matriz de arena gruesa, con fracciones de limo-arcilla, observándose una variación vertical del tamaño de grano dentro del flujo. De tope a base se observa una fracción de material fino debajo de los bloques, seguido por una capa de esquistos y gnéises de tamaños variables desde 5 cm hasta 0,5 m. La base de la secuencia es de material fino, parecido al del tope (Fig.19).



**Fig. 19.** Fanglomerado en la zona media-superior del abanico aluvial. Se observa la matriz del flujo fangoso

También se observaron fanglomerados en las terrazas aluviales antiguas que entallan la morfología del abanico aluvial, estos mantienen una relativa similitud con las formas de depositación de los fanglomerados estudiados (Fig. 20).



**Fig. 20.** Fanglomerados en terrazas aluviales antiguas. Se observa la litología similar a los bloques suspendidos en la zona media y superior

### ◆ Arenas

Las arenas se observan en toda la superficie del abanico. En la parte más distal (zona inferior), la proporción de arenas es mucho mayor con respecto a las partes más proximales del cono aluvial. Se observó una variación en los tamaños de grano de las arenas que va desde más fina en la



parte inferior, y a los lados del canal principal a más gruesa en las partes media y superior del abanico.

También se observa una variación en la proporción de arenas con respecto de los limos y gravas en la morfología del abanico en estudio. En la línea de playa y zona distal del abanico hay una mayor proporción de arenas respecto de la parte media y proximal.

En las zonas media y proximal del abanico, en el ápice y en el cauce superior de la quebrada se observaron pequeñas acumulaciones de arenas finas, de no más de 2 m de diámetro y poca profundidad (Fig. 21).

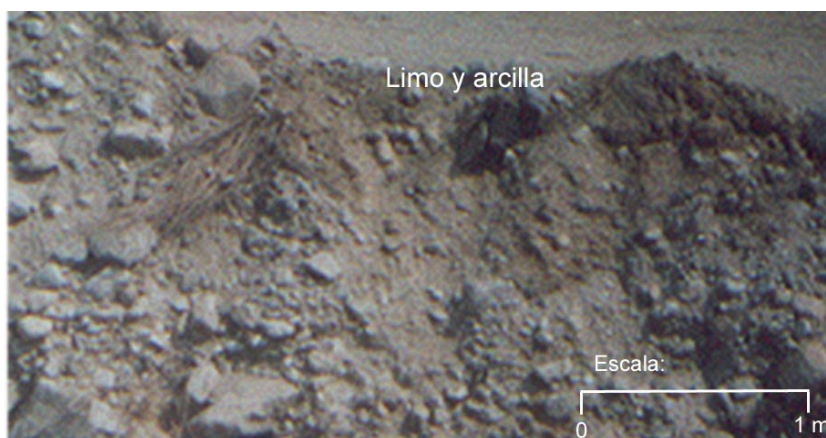


**Fig. 21.** Acumulaciones de arenas finas en la zona media-superior del abanico aluvial. Presentan una superficie no mayor de 2m<sup>2</sup>.

## ◆ Limos

La proporción de material fino tamaño limo y arcilla se encuentra distribuida mayoritariamente a lo largo de la zona distal del abanico, la cual tiene una extensión relativamente amplia con respecto de las zonas media y proximal. Las fracciones de limo-arcilla se encontraban en proporciones relativamente iguales a las fracciones de arenas finas, medias y gruesas, y encontrándose clastos de tamaños pequeños e intermedios (2cm hasta 2m aproximadamente). No se observaron acumulaciones de limo arcilla con buen escogimiento, la existencia de la fracción de finos dentro del abanico siempre esta ligada a la presencia de clastos de menor o mayor tamaño.

Se evidenciaron variaciones laterales en la proporción de material tamaño limo-arcilla, encontrándose una mayor proporción de arenas hacia el canal de la quebrada y una mayor proporción de material fino hacia las partes más alejadas. Los colores de este material varían de marrón a rojizo, generalmente el color fresco es marrón claro y el color meteorizado marrón oscuro. En la figura 22 se observa la fracción limo arcillosa dentro de la zona inferior del abanico.



**Fig. 22.** Contenido de limo-arcilla dentro de los sedimentos de la parte inferior del abanico.

## 2.1 Composición Mineral

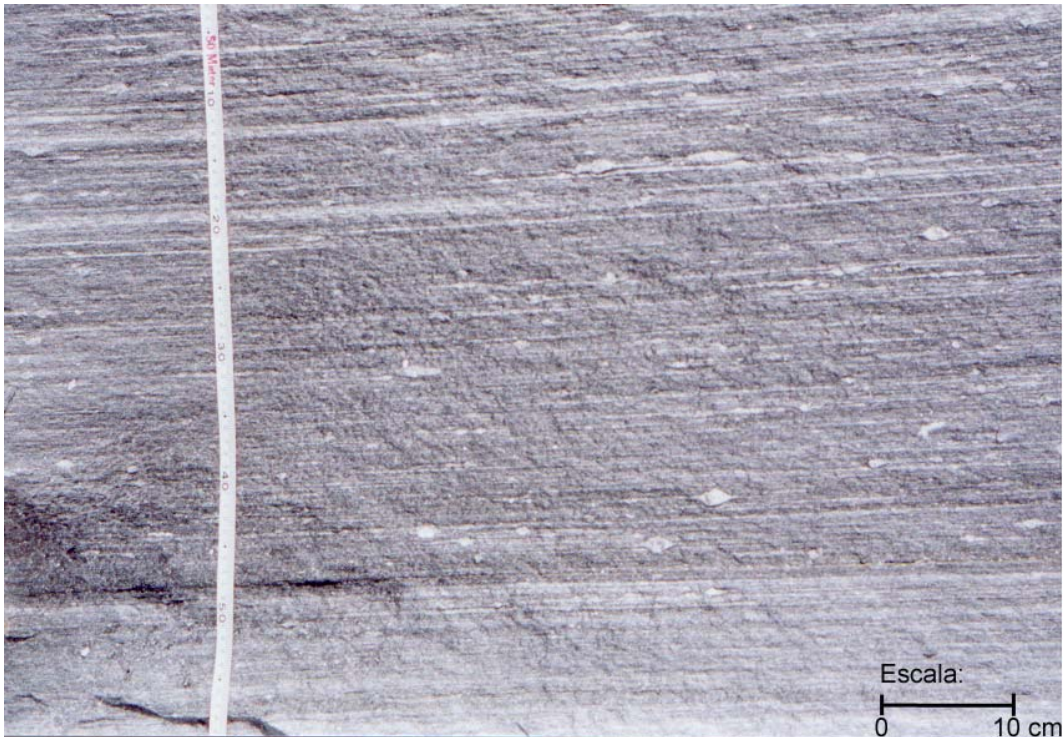
Durante el levantamiento de campo realizado se observó la composición mineralógica general de algunos clastos, a lo largo del abanico aluvial, así como de los clastos tomados para medir la morfología de los granos.

Los gnéises son la litología predominante en los clastos depositados en el abanico aluvial del sector, su composición mineral es cuarzo-feldespático- micácea, con una mayor proporción de feldespato que de filosilicatos, lo cual les da los tonos grises claros. Otros gnéises observados presentaron colores verde-azulados, los cuales presentan una composición mineral cuarzo-feldespática-micácea, con contenido de epidoto y actinolita. También se observaron contenidos menores de muscovita y clorita (Fig. 23).

Se observó una foliación más marcada en algunos bloques de gneis, estos presentan colores grises oscuros a gris pizarra y contienen vetas de cuarzo y calcita, de 1 a 2 cm de espesor (Fig. 24).



**Fig. 23.** Detalle de gneis verde-azulado. Se observan las marcas de oxidación en las grietas.



**Fig. 24.** Detalle de un bloque de gneis con marcada foliación. Se observan las vetas de cuarzo de aproximadamente 1cm de espesor.

El color meteorizado de estos gneises es marrón, con frecuencia se encuentran tonos rojizos y amarillentos, muestra de oxidación y contenido de hierro en estas rocas.

Los esquistos se presentan en colores más oscuros que los gnéises, tienen contenido calcáreo y se caracterizan por estar intensamente foliados. Están constituidos por cuarzo, albita, calcita, grafito y micas. Por presentar mayores proporciones de minerales blandos y su relación con la foliación, se encontró una proporción mucho menor de bloques de esta litología, con respecto a los gnéises, encontrándose su mayoría hacia la zona proximal y ápice del abanico.

En este conjunto de rocas se encuentran vetas de cuarzo y calcita, de espesor variable aproximado entre 1 a 6cm, frecuentemente se encuentran deformados y plegados (Fig. 25).



**Fig. 25.** Bloque de Esquisto. Se observan los pliegues y fracturas rellenas con vetas de cuarzo y calcita de 1 a 6 cm de espesor.

## 2.2 Contactos

Los contactos observados en el campo fueron en su mayoría de tipo abrupto, en contacto con los afloramientos pertenecientes al Esquisto

Tacagua y al Complejo San Julián, estos contactos son laterales y discordantes sobre las secuencias de esquistos que afloran (Fig. 26).



**Fig. 26.** Contacto lateral entre el sedimento aluvial y los afloramientos de esquistos.

También se observaron los contactos con las terrazas aluviales antiguas que entallan el cauce de la quebrada, estos son contactos de tipo abrupto y discordante, generalmente erosivo (Fig. 27).



**Fig. 27.** Contacto erosivo entre los sedimentos del abanico y las terrazas aluviales adyacentes.

### **3. Estructuras Sedimentarias**

Las estructuras sedimentarias son formadas por medios físicos, químicos o biológicos en los sedimentos, durante o después de la depositación. Las estructuras sedimentarias se pueden dividir en primarias y secundarias. Las primarias resultan principalmente de los procesos físicos, y se originan en el momento de la depositación o muy poco tiempo después de esta. Las estructuras secundarias son las formadas por procesos tectónicos, como pliegues y carga diferencial, así como los químicos, los cuales por medio de diagénesis, forman concreciones, nódulos, etc.

Debido a las obras de remoción de sedimentos por causa de la reconstrucción del balneario, así como la construcción de diques en la zona media y proximal del abanico muchas de las estructuras sedimentarias presentes en la depositación del cono aluvial fueron destruidas. Por esta razón fueron pocas las evidencias encontradas en el campo de la existencia de estructuras sedimentarias en el área de estudio. No obstante se describen a continuación las evidencias encontradas.

#### **◆ Gradación Normal**

En la zona inferior del abanico aluvial se observó una disminución progresiva del tamaño de grano de base a tope, esto se debe a una disminución de la energía de la corriente durante la depositación de los sedimentos.

La figura 28 es tomada en un agujero de unos 5 m de profundidad, producto de una tubería de agua, en la cual se observa una relativa

disminución progresiva en los tamaños de grano que varían desde peñones hasta arena gruesa, el desarrollo de esta estructura es pobre.



**Fig. 28.** Gradación normal en la zona distal del abanico aluvial. Se observa el aumento progresivo vertical de tope a base.

#### ◆ Depósitos de flujo de gravas y arenas

Esta estructura es muy común a lo largo de la zona media y distal del abanico, se observó en los bordes del cauce de la quebrada Camurí Chiquito. Se desarrollan en los canales principales y están constituidos por sedimentos de tamaños variados, por lo tanto con un escogimiento muy pobre (Fig. 29).



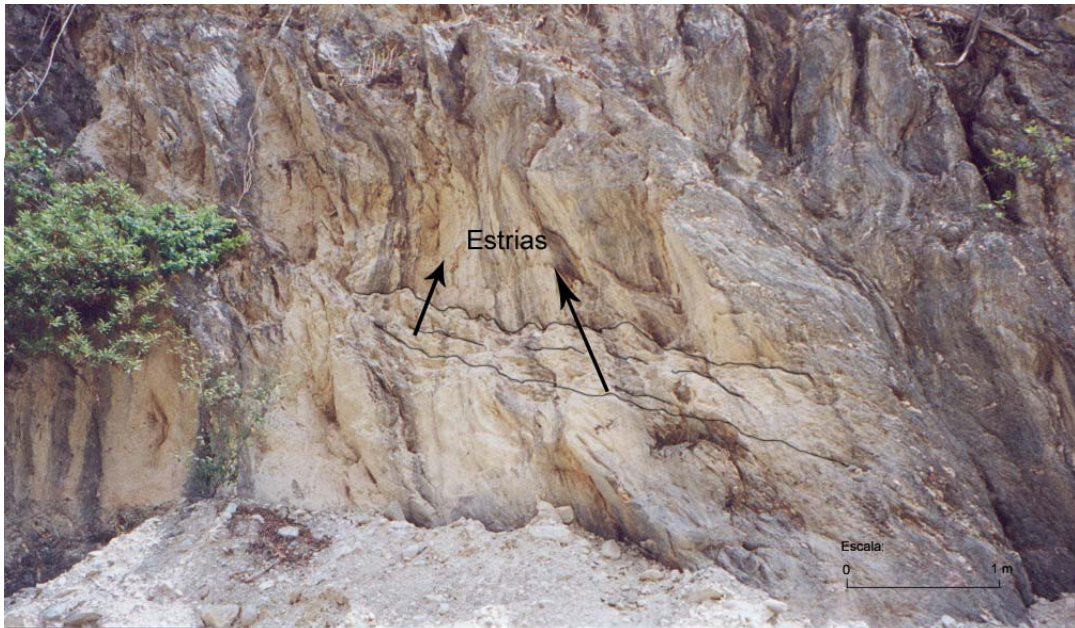


**Fig. 29.** Depósitos de flujo de gravas y arena, zona media del abanico. Indicadores de alta energía y mal escogimiento

#### ◆ **Marcas de colisiones en los afloramientos**

Esta estructura determina nivel que alcanzó el flujo detrítico, para el momento de la depositación del abanico aluvial. En la zona media del cono se evidenciaron estrías en los afloramientos de esquistos, las cuales no concordaban con los planos de fractura y foliación normales del mismo, se concluyó que estas fracturas se forman como consecuencia de colisiones de los grandes bloques y del flujo torrencial en general.

En la figura 30 se observan las estrías generadas en el esquistos, estas son indicadores del nivel de la corriente.



**Fig. 30.** Estrias en el afloramiento de Esquisto. Indicador de la altura del flujo de detritos.

#### **4. Indicadores Ambientales**

Durante el levantamiento de campo se observaron algunas evidencias de la formación de abanicos aluviales antiguos en la zona, tales como bloques transportados, sedimentos de flujo detrítico preservados y terrazas aluviales levantadas. Tales indicadores se describen a continuación:

##### **◆ Bloques Transportados**

Se encontró y fotografió la evidencia de un bloque arrastrado en un flujo torrencial anterior al ocurrido en diciembre de 1999. Se ubicó en el límite entre la zona media y la zona más distal del abanico aluvial (Fig. 31). La presencia de estos bloques es evidencia de la formación de abanicos aluviales durante el Holoceno.



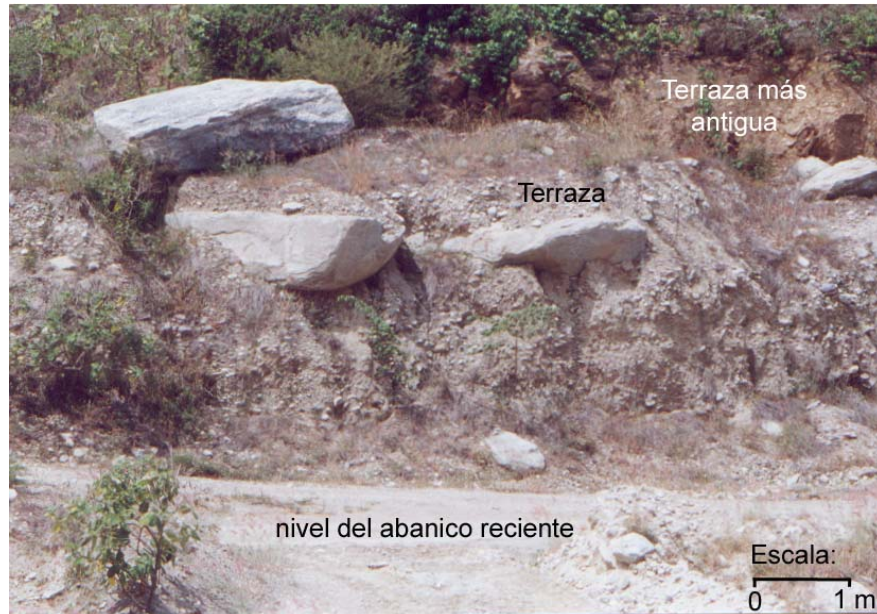
**Fig. 31.** Bloque arrastrado por flujos torrenciales antiguos. Por el tamaño del bloque y su distancia recorrida es indicador de un flujo de mayor o igual energía.

### ◆ Terrazas

Son depósitos aluviales que fueron posteriormente levantados por tectonismo. Se encontró la presencia de terrazas aluviales entallando la geometría del abanico reciente, en la zona del ápice y en la zona superior a media del abanico aluvial. Estas terrazas no han sido datadas con precisión anteriormente.

Los depósitos de las terrazas aluviales son bastante parecidos a los estudiados en el abanico reciente, presentan un color marrón-amarillento debido a la meteorización, y un contenido de gnéises y esquistos de tamaños variables que alcanzan hasta 2 y 3m en su eje mayor. En la figura 32 se distinguen varios niveles de terrazas que representan eventos aluviales de

distintas épocas, se distinguen por su altura y diferencia de color, debido a la meteorización. La figura 33 muestra la litología que comprende estos depósitos.



**Fig. 32.** Terrazas aluviales antiguas. Los colores mas oscuros representan las terrazas más antiguas



**Fig. 33.** Composición litológica de la terraza aluvial antigua. Obsérvese que la forma depositacional es similar a la encontrada en el flujo reciente

## **5. Textura General**

Uno de los principales objetivos que se persigue al realizar un análisis sedimentológico es inferir bajo que condiciones ambientales una capa de sedimentos o de roca fue transportada y depositada. La determinación de ambientes sedimentarios a partir de análisis texturales ha sido en general, mucho más exitosa con sedimentos recientes que con rocas antiguas, dado que en este último caso se desconoce si las características estudiadas son el producto de una historia sedimentaria previa o fueron generadas exclusivamente por los procesos previos al enterramiento de los sedimentos en el último ambiente. Para tal fin deben analizarse no sólo las características texturales de la muestra, sino también las estructuras sedimentarias presentes y la litología que la conforma.

La textura de una roca sedimentaria o un conjunto de sedimentos comprende las propiedades inherentes al tamaño de grano y la morfología de los granos.

### **5.1 Tamaño de Grano**

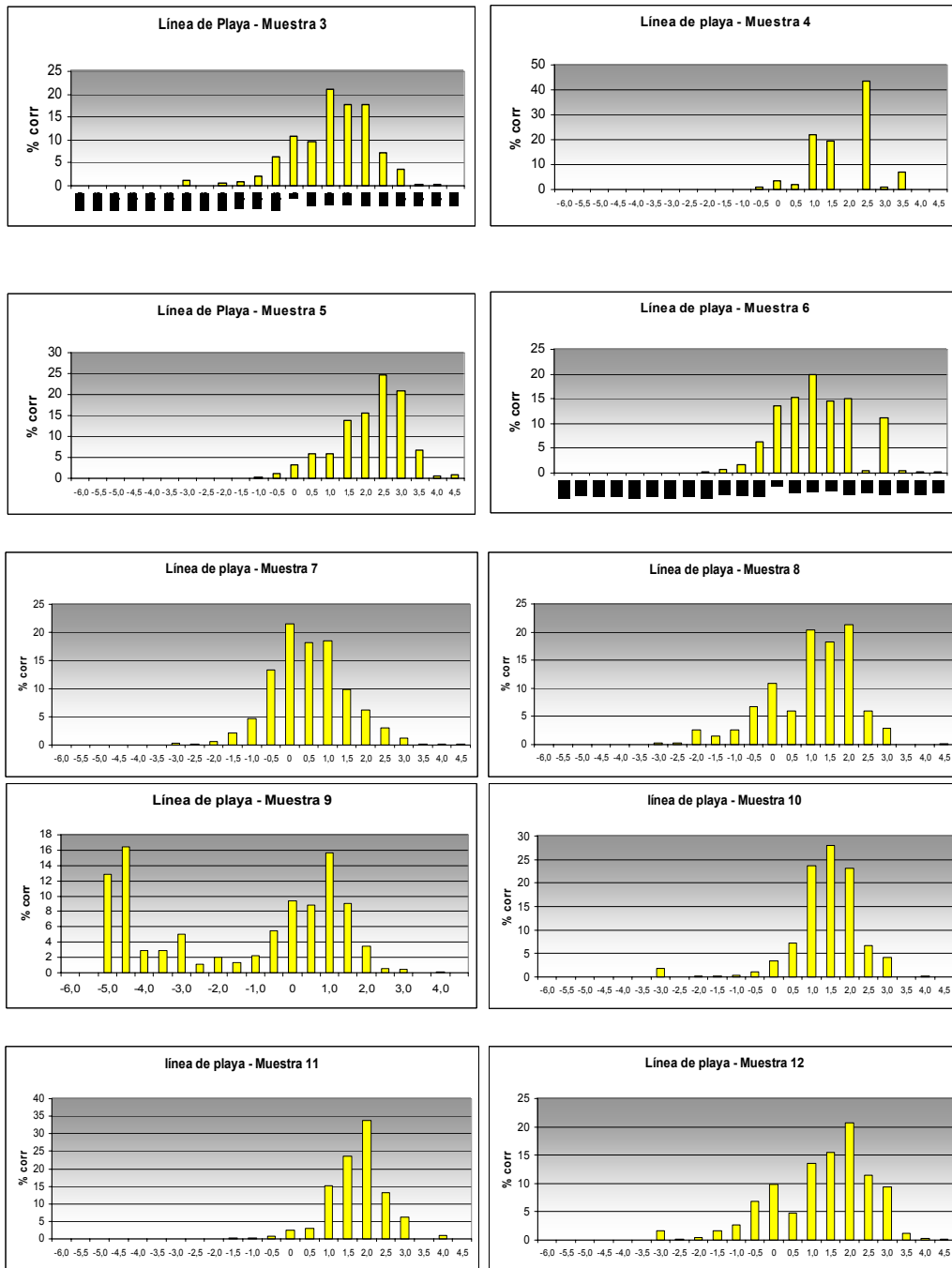
Las técnicas utilizadas para manipular y presentar datos granulométricos incluyen métodos tanto gráficos como estadísticos. Los métodos gráficos consisten generalmente en representar los datos en diagramas de dos variables en donde se presenta el peso individual de cada clase de tamaño de grano o su peso acumulado, en función de la escala phi. Así, estos métodos representan una manera conveniente de manipular estos datos, sin embargo, la comparación de estos diagramas en algunos casos resulta poco práctica para establecer conclusiones cuantitativas, como el tamaño promedio de grano de una muestra o su nivel de escogimiento.

Por esta razón, para manejar una gran cantidad de información, como es el caso de esta investigación, se debe aplicar un tratamiento estadístico a los datos, lo que permite que se presenten a continuación en los resultados no sólo análisis gráficos sino además ciertos parámetros estadísticos que describen las distribuciones de frecuencia de las muestras matemáticamente.

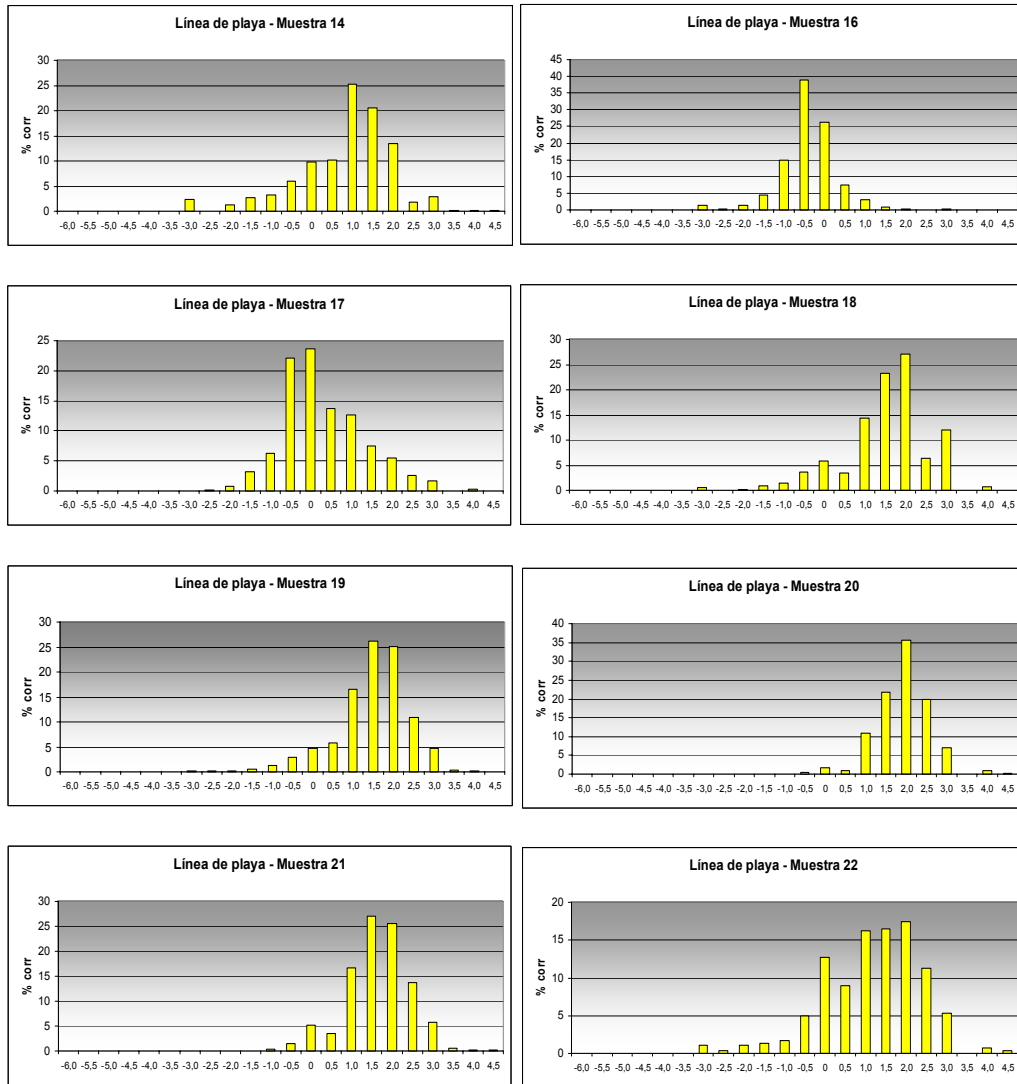
En la siguiente serie de figuras se muestran los resultados correspondientes a los tamaños de grano obtenidos con cada una de las muestras, con relación al  $\Phi$  de los tamices utilizados.

En las figuras 34 y 35, pueden observarse los porcentajes de peso corregido para cada uno de los tamaños obtenidos en las muestras correspondientes a la línea de playa.

En la mayoría de las gráficas puede observarse un patrón de distribución similar con relación al tamaño de grano, con mayores porcentajes hacia los tamaños retenidos en los tamices  $\Phi$  0, a 2, quedando muy pocos porcentajes hacia los tamices de mayores y menores tamaños. La muestra 09 (figura 34-7) presenta un patrón de distribución distinto a la mayoría de las muestras de la línea de playa, con un alto porcentaje de peso hacia los tamaños retenidos los tamices  $\Phi$  5 y 5,5, y una distribución importante en los tamaños  $\Phi$  0, a 1,5.



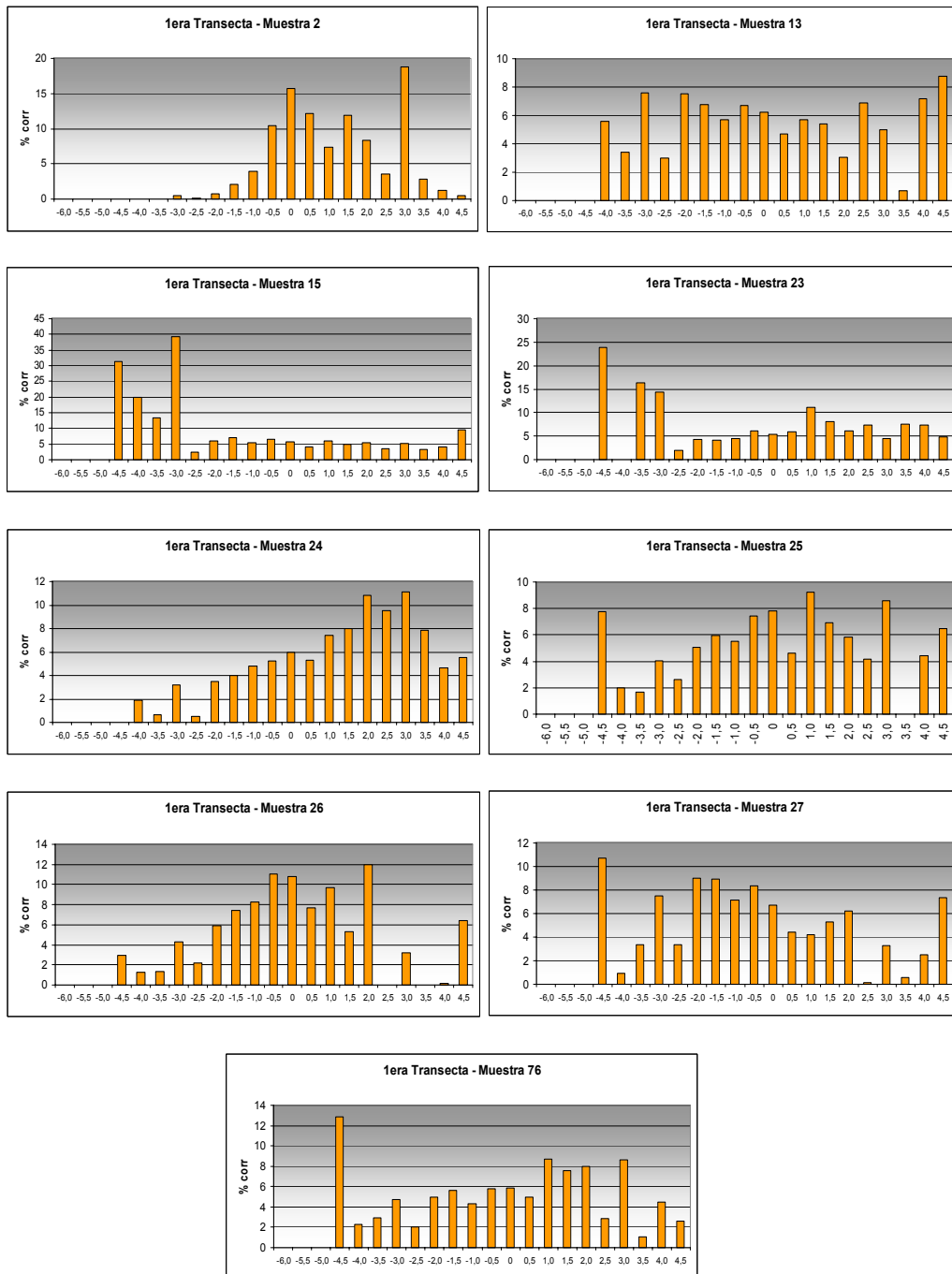
**Fig. 34.** Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 10 muestras correspondientes a la línea de playa en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.



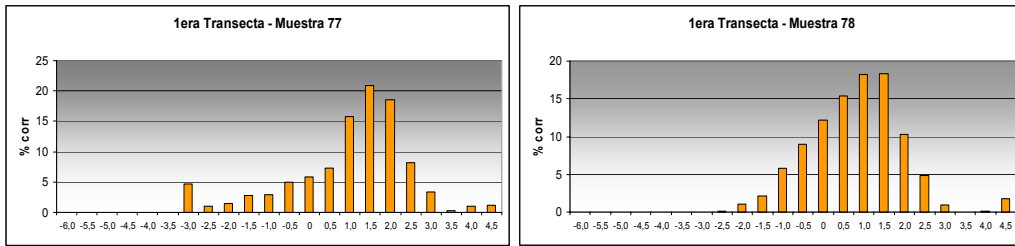
**Fig. 35.** Porcentaje de peso corregido para cada tamaño obtenido en 8 muestras correspondientes a la línea de playa en el abanico aluvial del sector Camurí Chico.

Por otra parte, se presentan a continuación los porcentajes de peso corregido de los tamaños retenidos en cada tamiz, en las muestras correspondientes a las 6 transectas estudiadas.

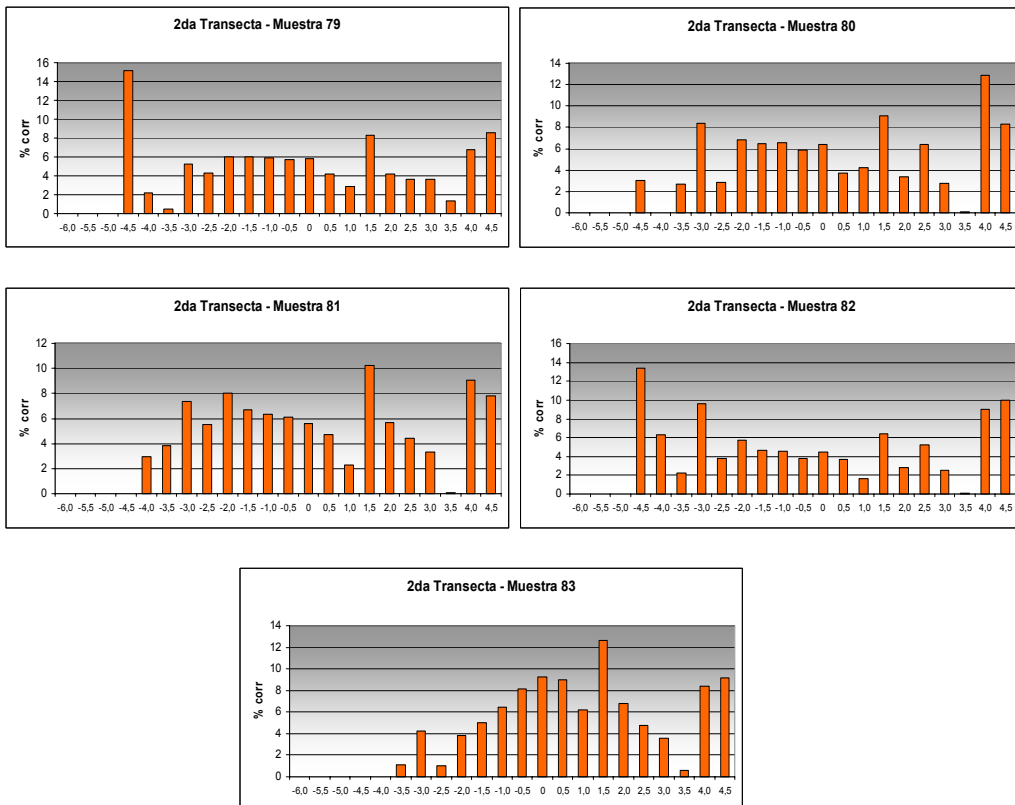




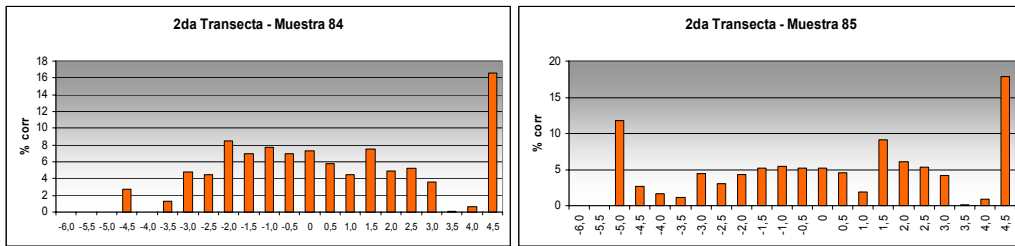
**Fig. 36.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 9 muestras pertenecientes a la 1era Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



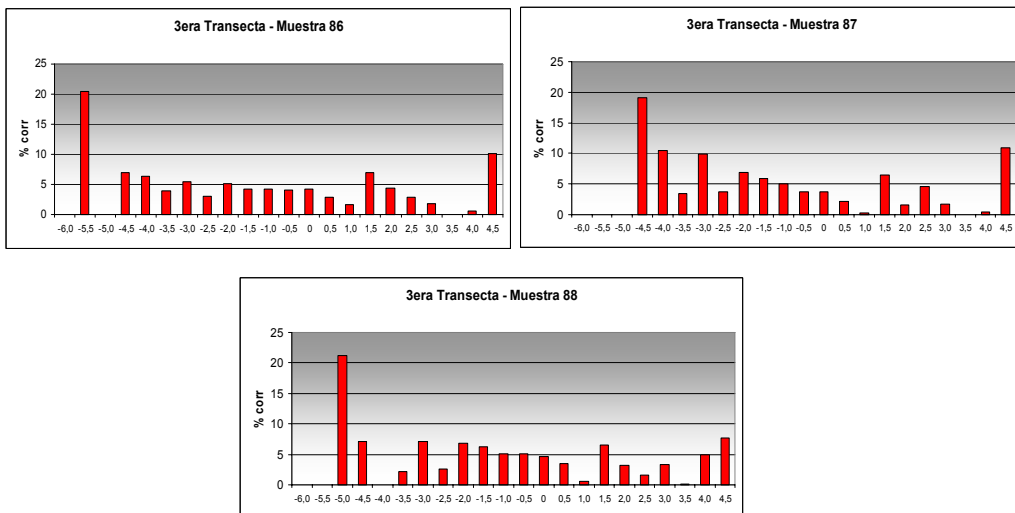
**Fig. 37.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 1era Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



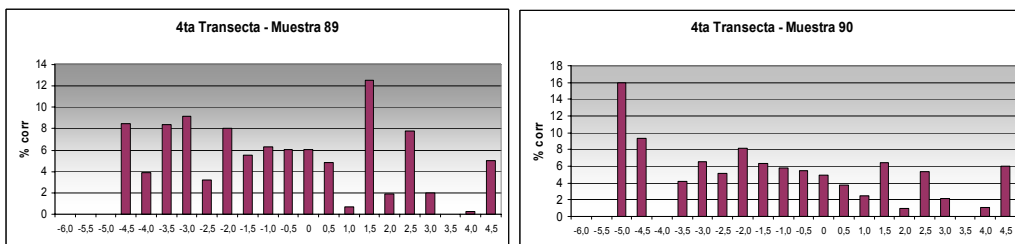
**Fig. 38.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 5 muestras de la 2da Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



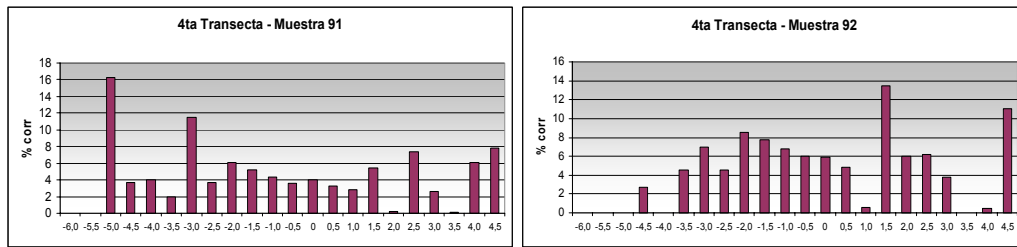
**Fig. 39.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 2da Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



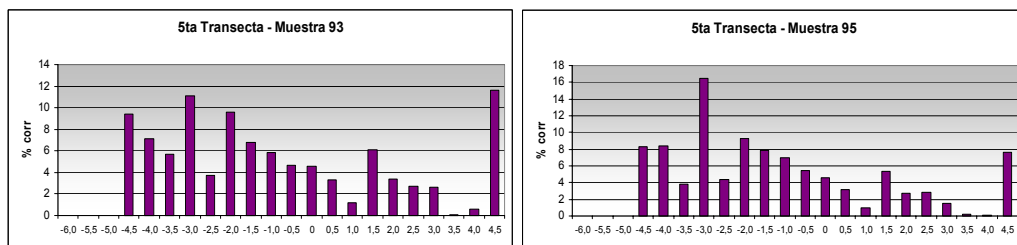
**Fig. 40.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en las 3 muestras de la 3ra Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



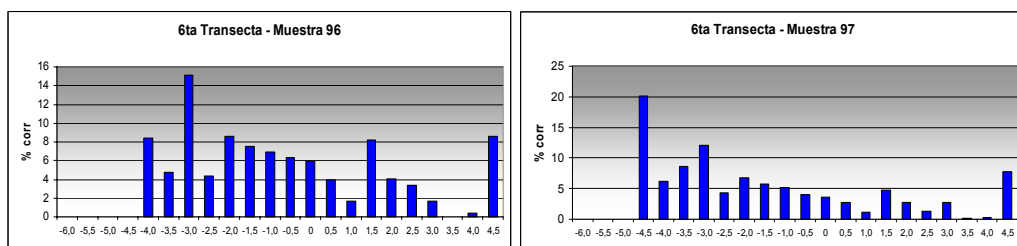
**Fig. 41.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 4ta Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



**Fig. 42.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 2 muestras de la 4ta Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



**Fig. 43.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en las 2 muestras de la 5ta Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.



**Fig. 44.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en las 2 muestras de la 6ta Transecta tomada en el abanico aluvial de Camurí Chico.

En las figuras puede observarse que las transectas 1 y 2 presentan un patrón de distribución similar, con porcentajes de peso más o menos iguales de los tamaños -4,5 hasta 4,5, presentando un patrón de distribución bastante irregular. En la 1era transecta (Figs. 36 y 37), se presentan patrones

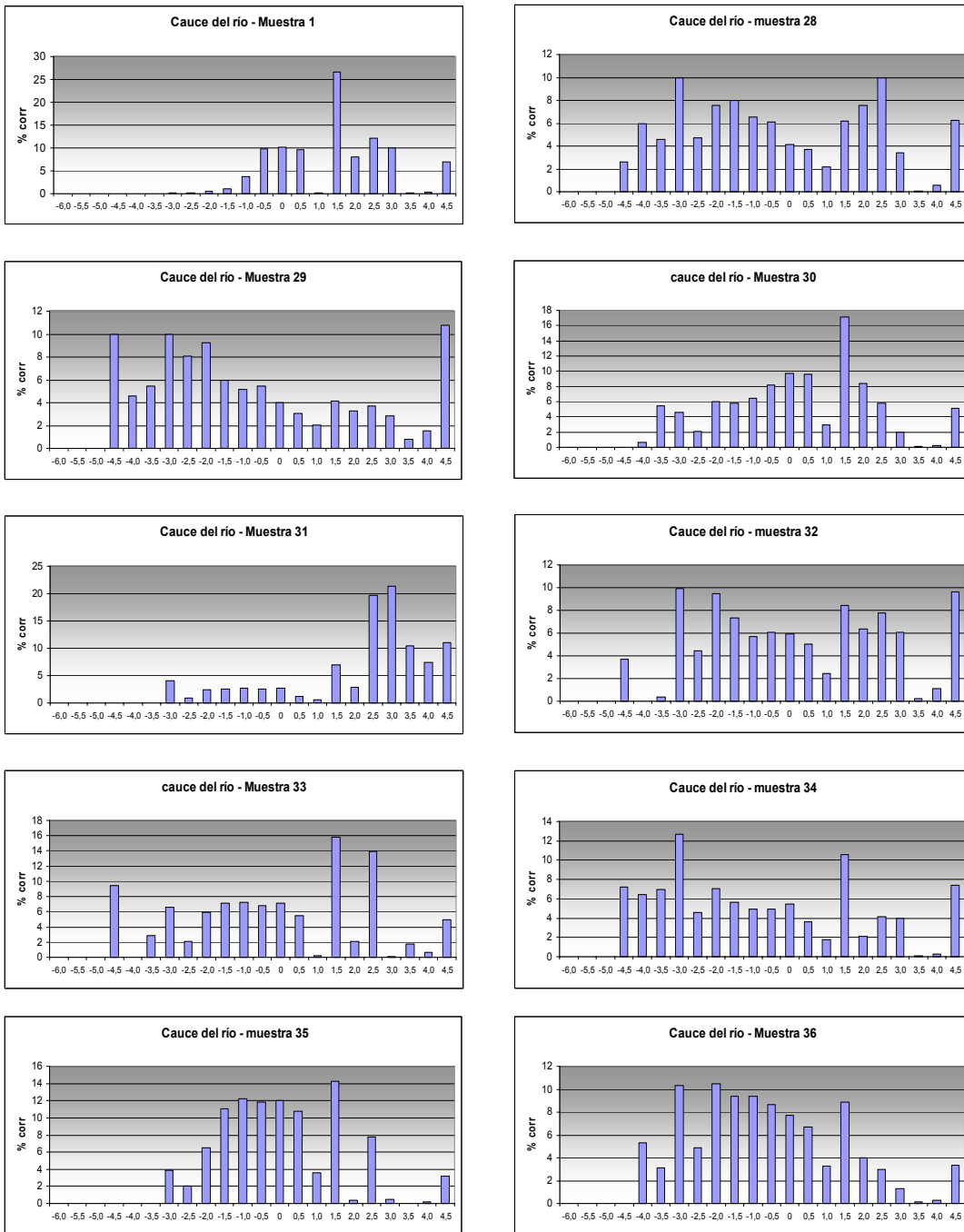
de distribución con relevancia en los tamaños de  $\Phi$  1, 1,5 y 2, así como tamaños mayores como  $\Phi$  4,5 y 4 en algunas muestras. La mayoría de las muestras de esta transecta presentan un porcentaje importante de tamaños entre  $\Phi$  4 y 4,5.

En las figuras 38 y 39 pertenecientes a las muestras tomadas en la segunda transecta se observa un mayor porcentaje de distribución hacia los tamaños 4 y 4,5, así como los tamaños  $\Phi$  -5, 5,5 y 4,5. También se observa un porcentaje relevante en los tamaños que van de -3 a 3.

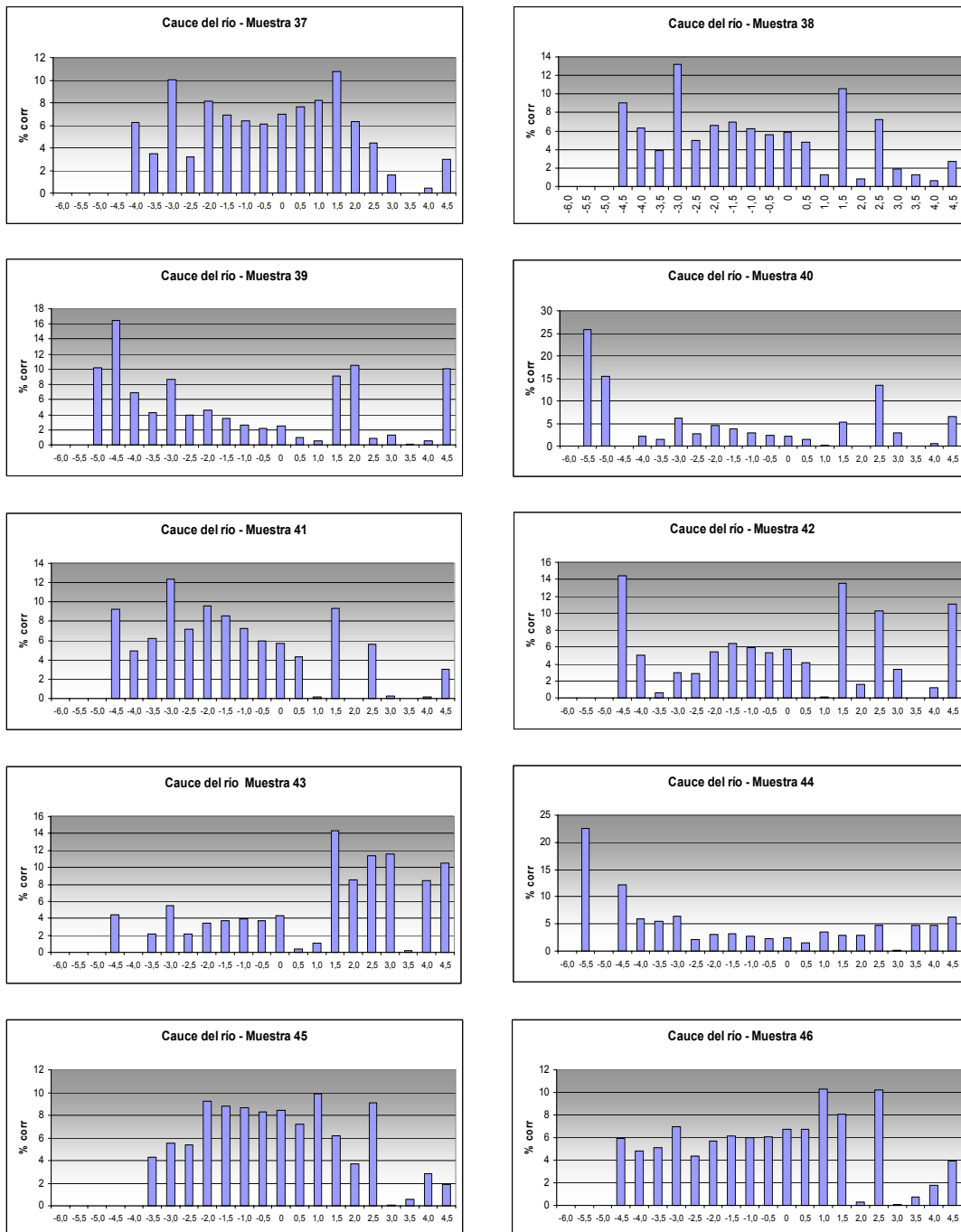
En contraste, en las transectas 3, 4, 5 y 6 pueden observarse similitudes entre la distribución de los tamaños de grano de las muestras dentro de cada transecta. En la figura 40, que representa la 3era transecta, se observan patrones de distribución muy similares en cada una de las muestras, con una mayor proporción de peso retenido en los tamices  $\Phi$  -5,5, 5 y 4,5 y en los tamaños finos  $\Phi$  4,5. Estas muestras presentaban bajos porcentajes en los tamaños que van desde  $\Phi$  -4 hasta 4.

En la 4ta transecta (Figs. 41 y 42), se observan patrones de distribución variados. En general los tamaños que predominan son los retenidos en los tamices  $\Phi$  -5, -4,5, 1,5 y 4,5. En la figura 43 se observa que en la 5ta transecta los tamaños más relevantes son los retenidos en los tamices  $\Phi$  -3 y 4,5, y en la 6ta transecta (Fig. 44), predominan los tamaños  $\Phi$  -4,5, -3 y 4,5.

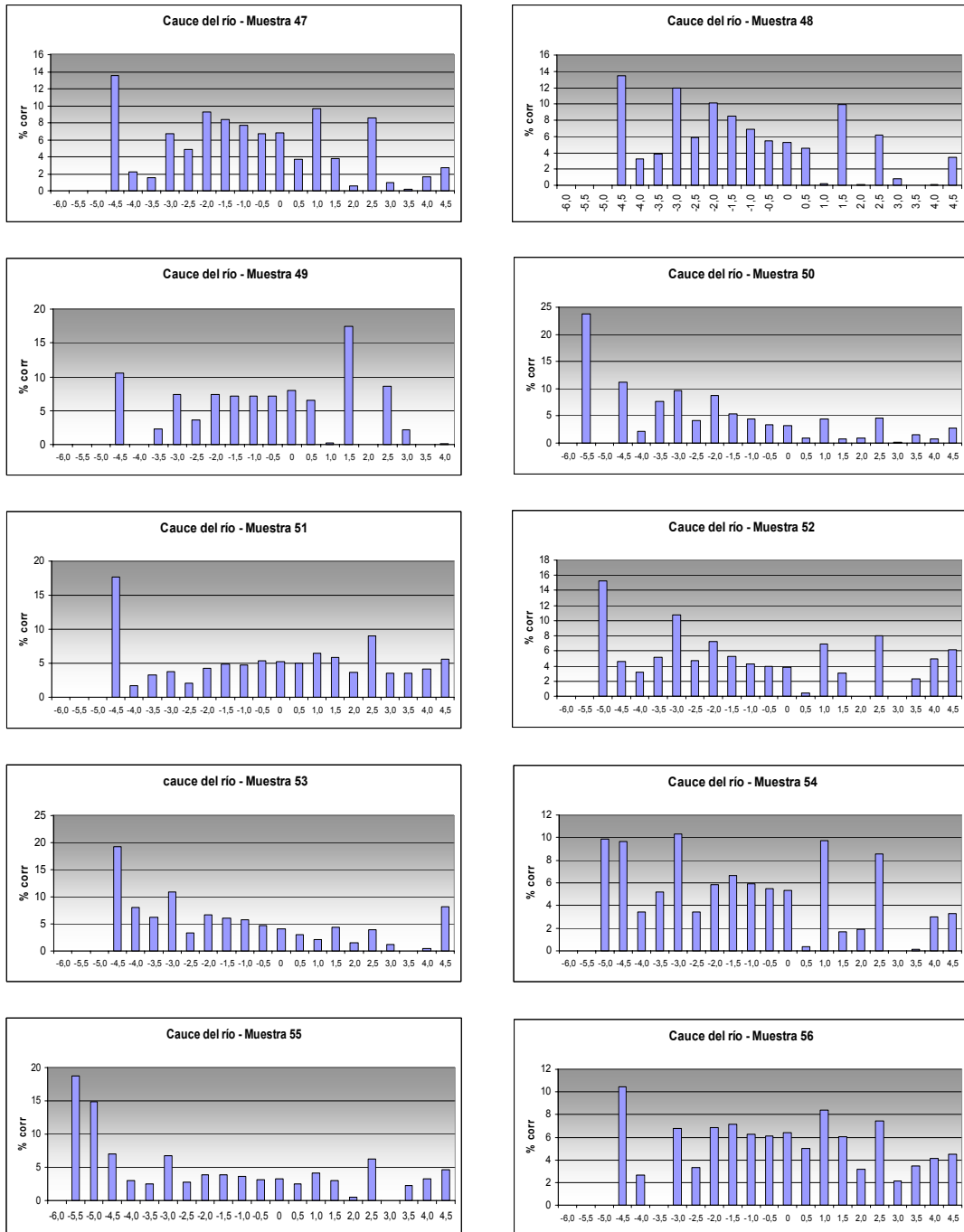
Por último, para completar esta serie de gráficas se presentan los porcentajes de peso corregido para cada tamaño de  $\Phi$  correspondientes a las muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito (Figuras 45, a 49), y al curso tributario principal de la quebrada que generó el abanico aluvial en estudio (Fig. 50).



**Fig. 45.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.

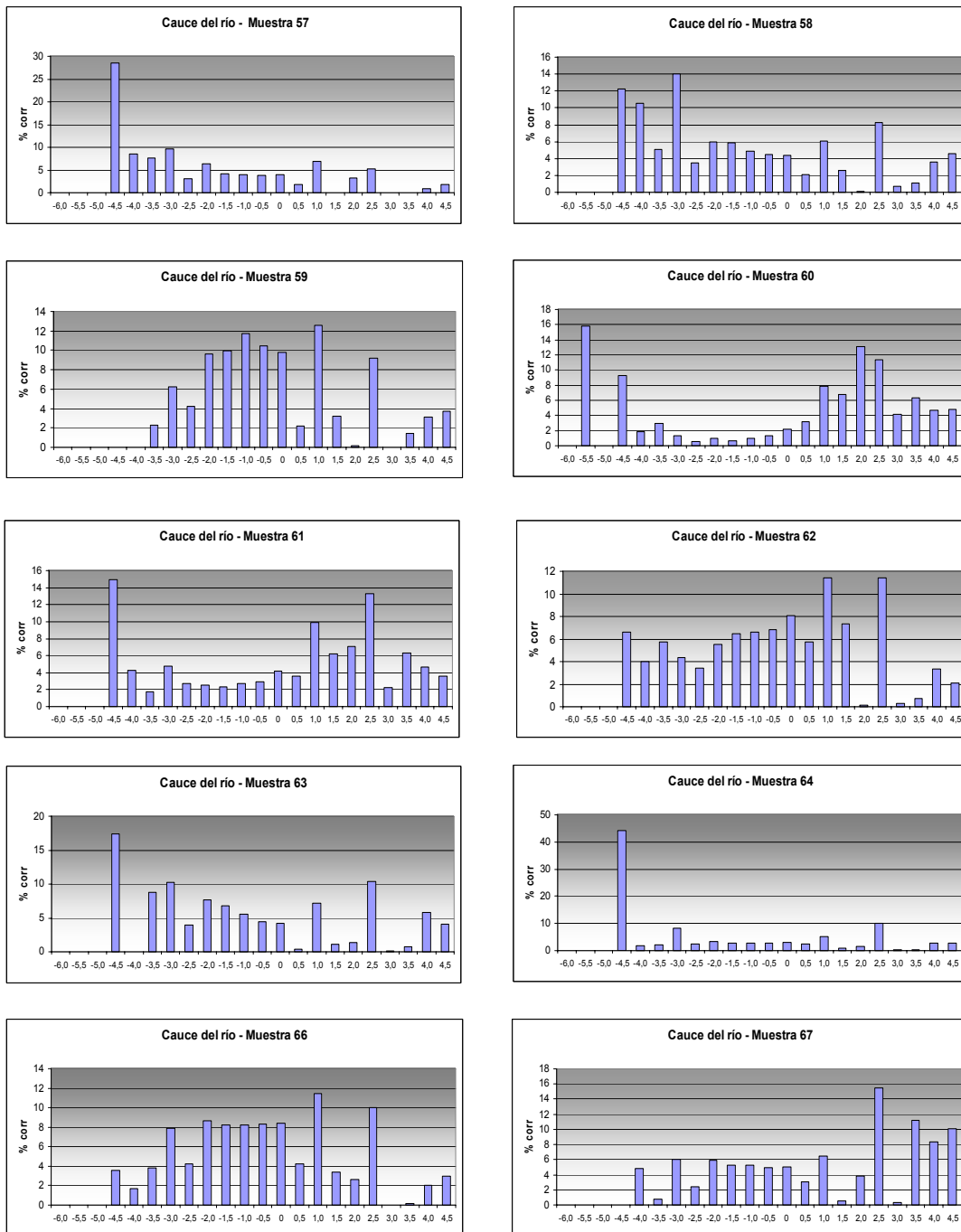


**Fig. 46.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.

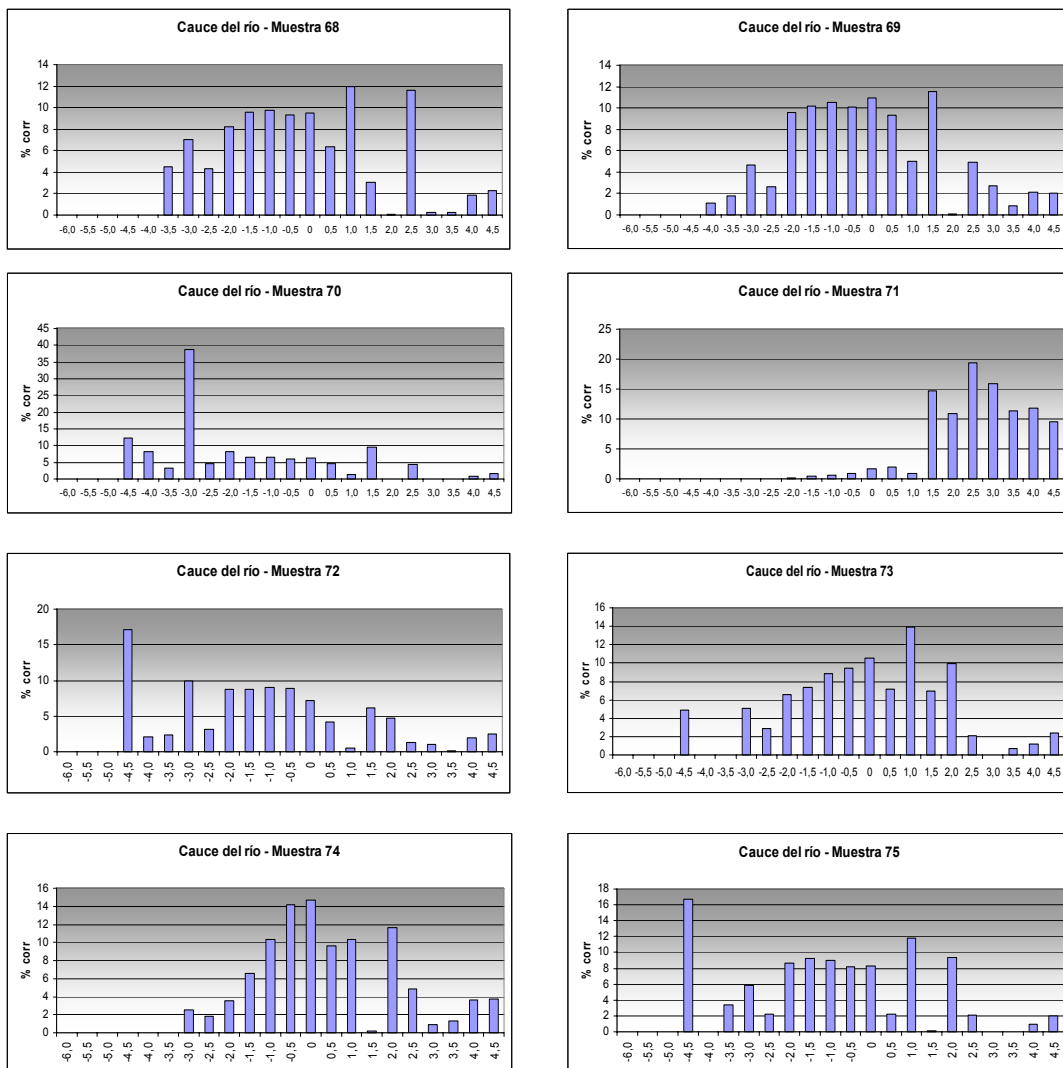


**Fig. 47.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.

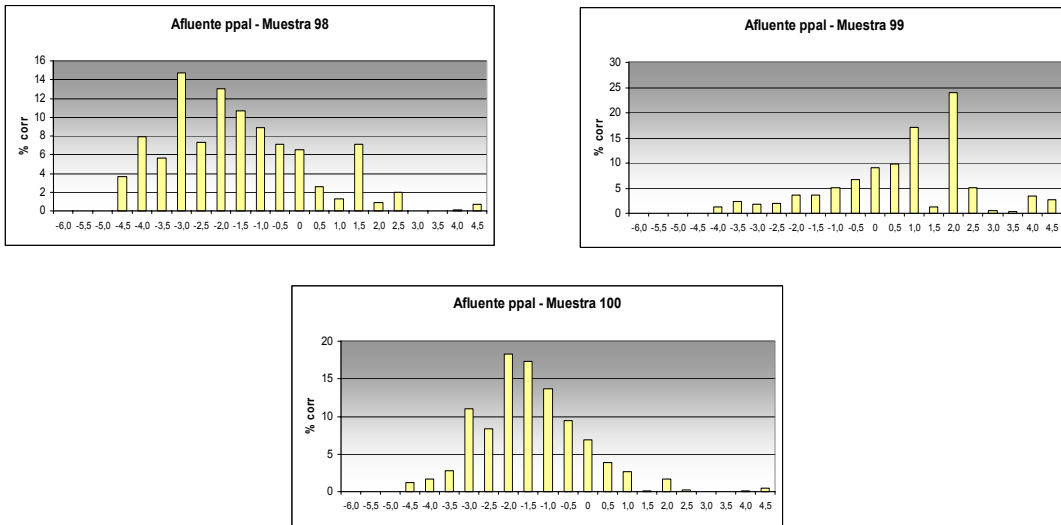




**Fig. 48.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 10 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.



**Fig. 49.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en 8 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chiquito.



**Fig. 50.** Porcentaje de peso corregido de cada tamaño obtenido en las 3 muestras del cauce del curso tributario principal de la quebrada Camurí chiquito.

En las figuras 45, a 49 pertenecientes al cauce de la quebrada podemos establecer un patrón relativamente parecido en los porcentajes de distribución de tamaños de grano retenidos en los distintos tamices  $\Phi$ . Sin embargo podemos decir que las muestras pertenecientes a la zona inferior del abanico aluvial presentan un porcentaje de tamaños  $\Phi$  4,5 mucho mayor que la zona media y superior del abanico. Podemos establecer un predominio sobre los tamaños de grano retenidos en los tamices  $\Phi$  -5,5, -4,5, 1, 1,5 y 4,5, estableciendo mayores rangos en los tamices de mayor tamaño en la medida en que se avanzaba en el cauce hacia arriba. Las zonas media y superior del abanico presentan una pequeña proporción de tamaños  $\Phi$  4,5, y una mayor proporción hacia los tamaños mayores. Se observaron algunas muestras (como la muestra 71 (Fig. 49-4)) que presentaron un alto porcentaje de granos retenidos en los tamices  $\Phi$  1,5, 2, 2,5 y 3, mientras que no tuvieron tamaños de grano gruesos (tamices  $\Phi$  -5,5 a -2).

En la figura 50 se muestran los valores de los porcentajes en peso obtenidos para las muestras pertenecientes al afluente principal de la quebrada, allí se puede observar que las muestras 98 y 100 presentan un mayor porcentaje de peso retenido en los tamices de tamaño grueso, mientras que la muestra 99 presenta una mayor predominancia de tamaños retenidos en los tamices intermedios a finos, en ninguna de las muestras tomadas se observan porcentajes relevantes de tamaños  $\Phi$  4,5.

### **5.1.1 Análisis Gráficos**

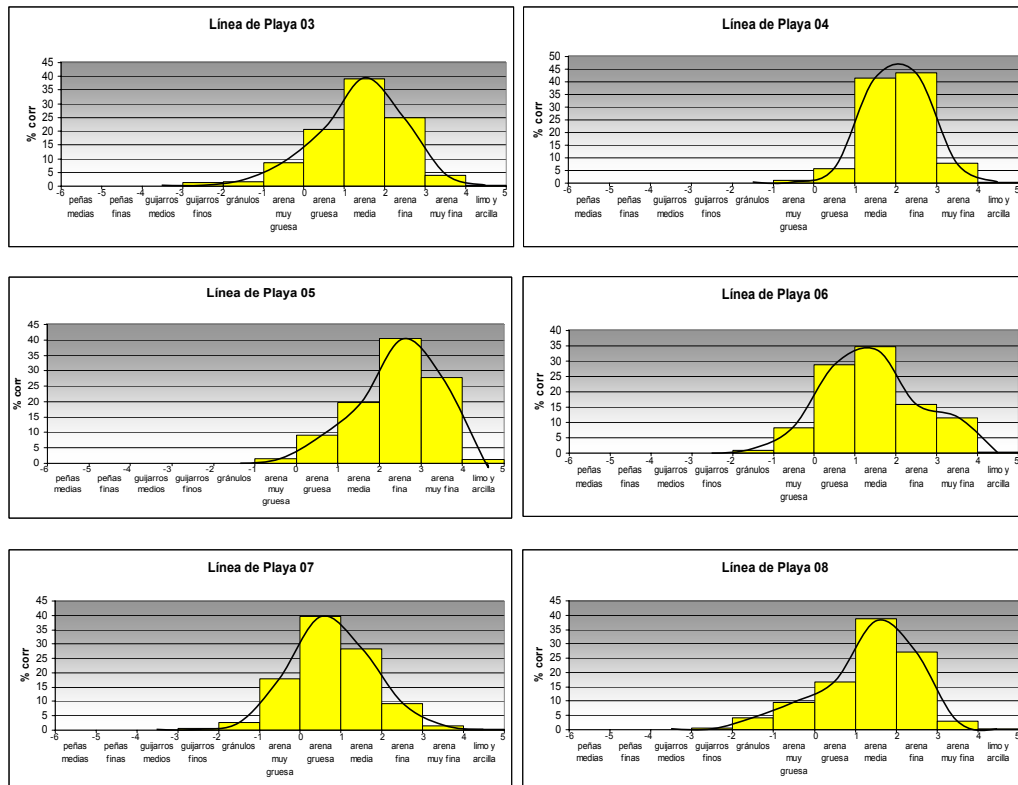
#### **A. Histogramas y Curvas de Frecuencia**

En los histogramas de frecuencia puede observarse la frecuencia de aparición de cada una de las clases de tamaño de grano de las muestras establecidas en la escala  $\Phi$ , expresada en porcentaje de peso corregido.

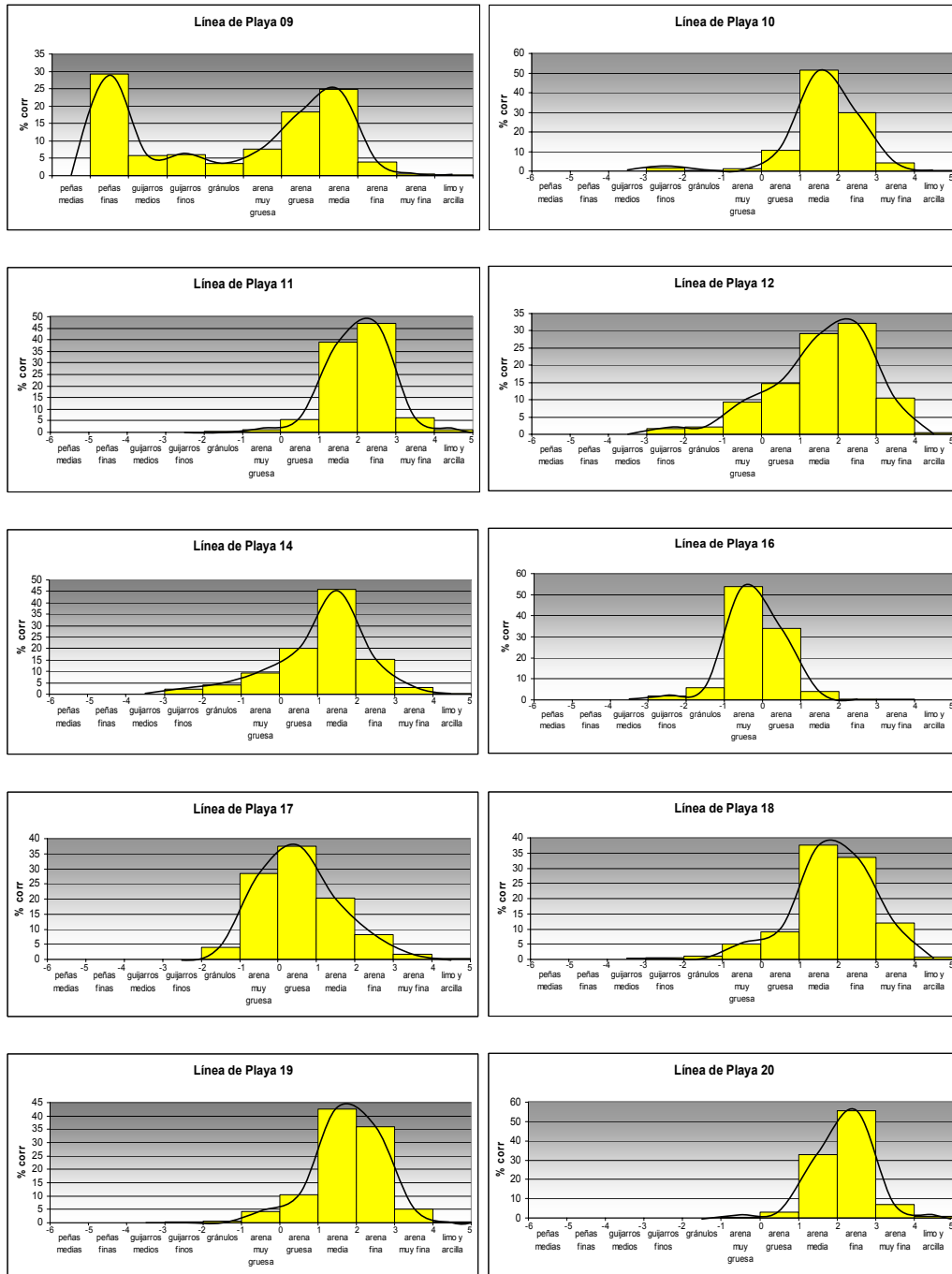
El histograma también es conocido como pirámide de frecuencia de distribución. En este género de diagrama de columnas, el área de estas es proporcional a la cantidad de material de la clase. El ancho de las columnas se determina por los límites establecidos para la clase. Como en el caso del presente estudio, estos límites son iguales, la altura de la columna será directamente proporcional a la cantidad en la clase granulométrica. La cantidad de la clase granulométrica en los histogramas presentados en esta sección es medida en porcentaje de peso corregido.

Asimismo, las curvas de frecuencia se construyen de manera similar a los histogramas de frecuencia, pero en este caso los diagramas de barras se reemplazan por su envolvente a partir de los valores correspondientes a los puntos medios de cada clase (marca de clase).

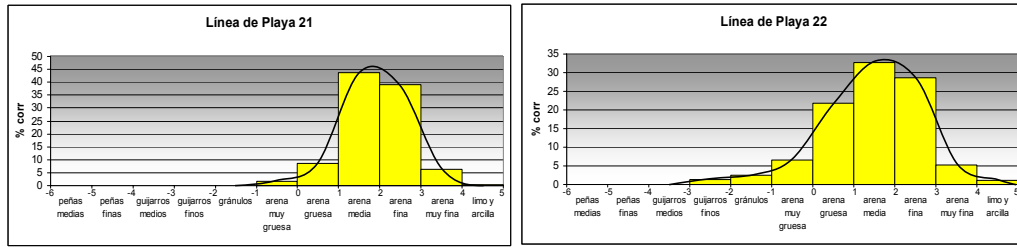
A continuación se presentan en las figuras 51, a 61 los histogramas y curvas de frecuencia para las muestras ubicadas en la línea de playa y en las seis transectas estudiadas.



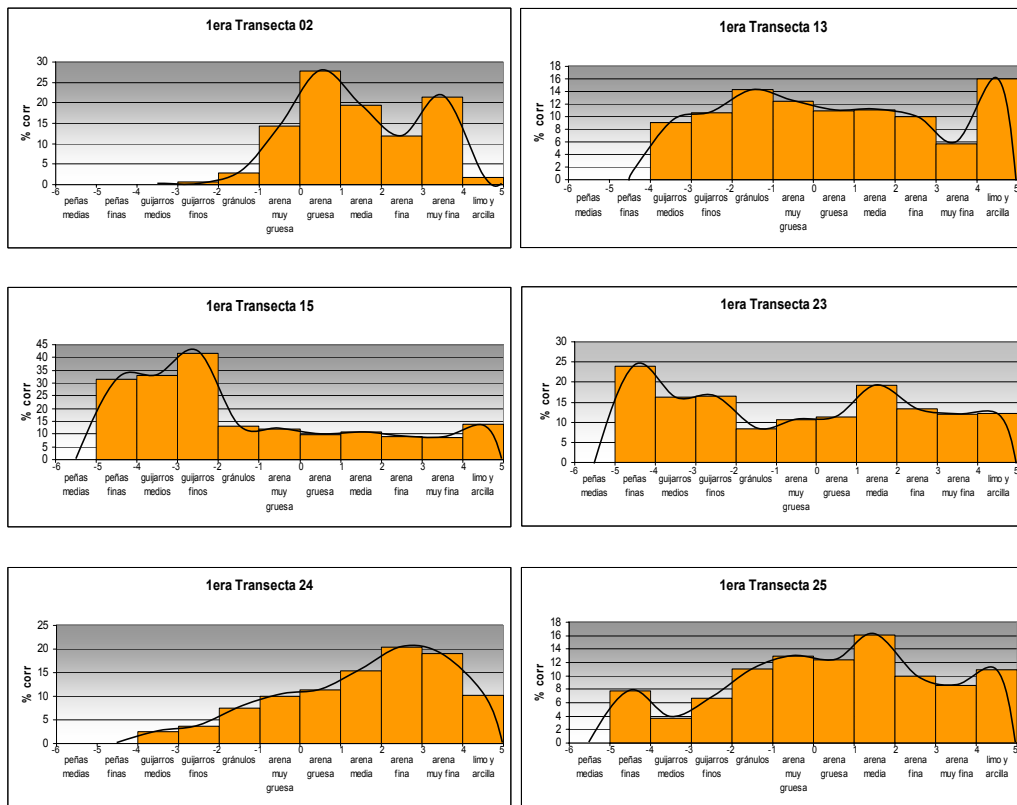
**Fig. 51.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 6 muestras de la línea de playa.



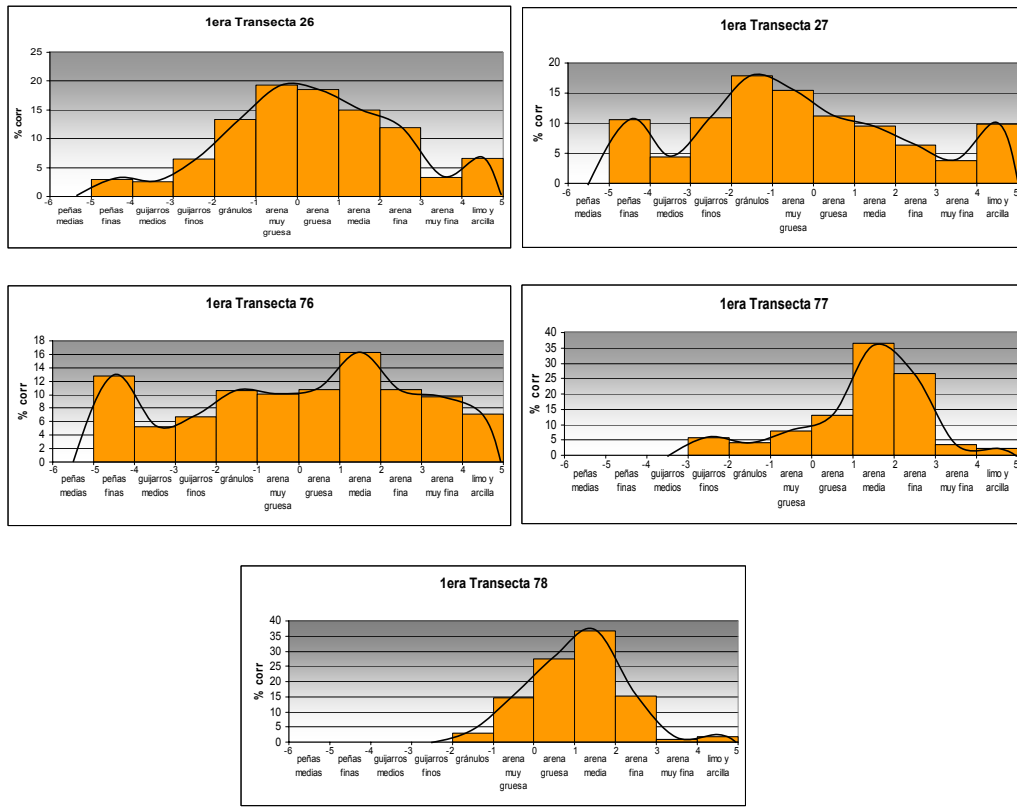
**Fig. 52.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la línea de playa.



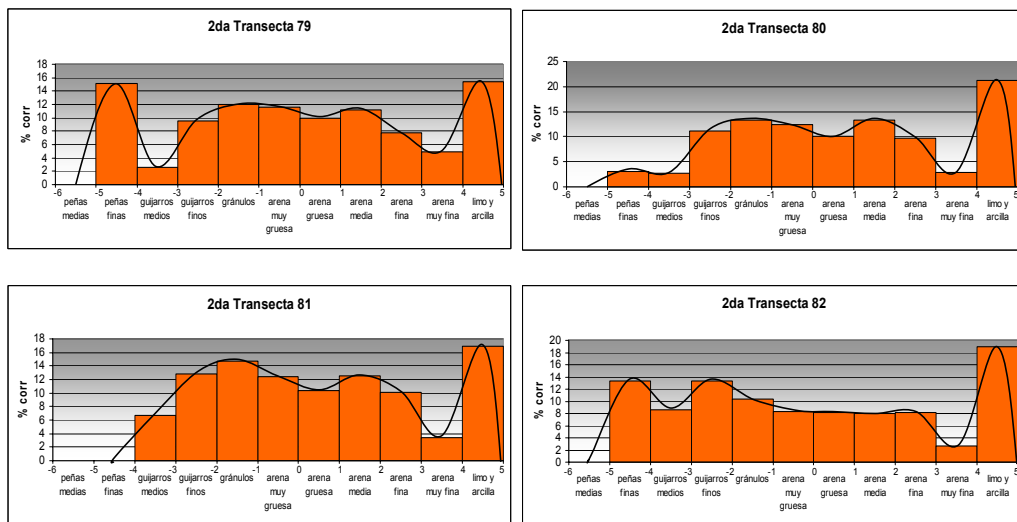
**Fig. 53.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 2 muestras de la línea de playa.



**Fig. 54.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 6 muestras de la 1era Transecta tomada en el abanico aluvial.

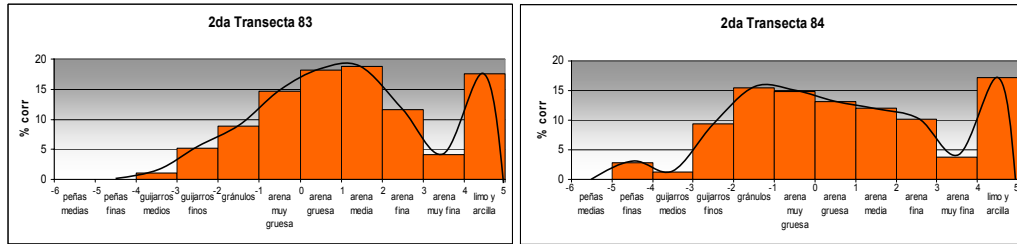


**Fig. 55.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 5 muestras de la 1era Transecta tomada en el abanico aluvial.

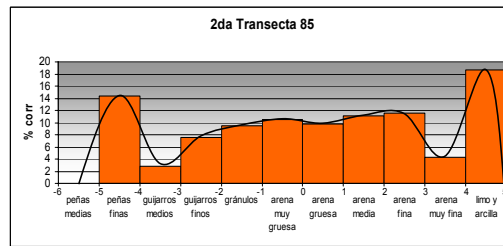


**Fig. 56.** Histogramas correspondientes a 4 muestras de la 2da transecta.

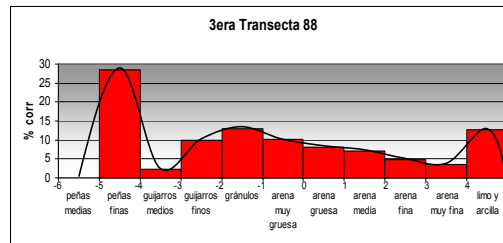
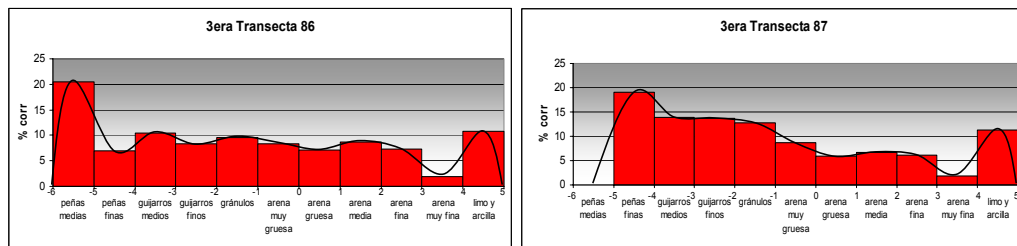




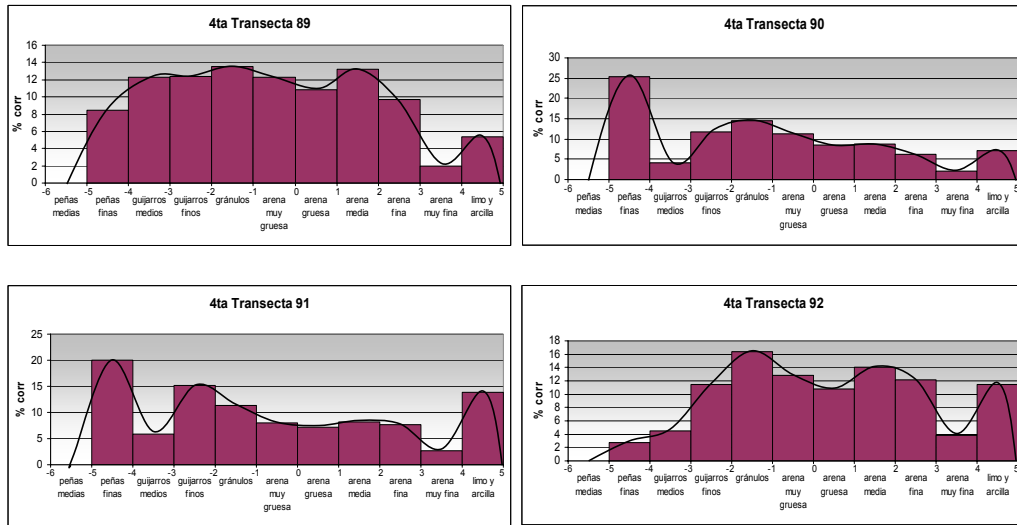
**Fig. 57.**  
de frecuencia  
muestras de la  
tomada en el



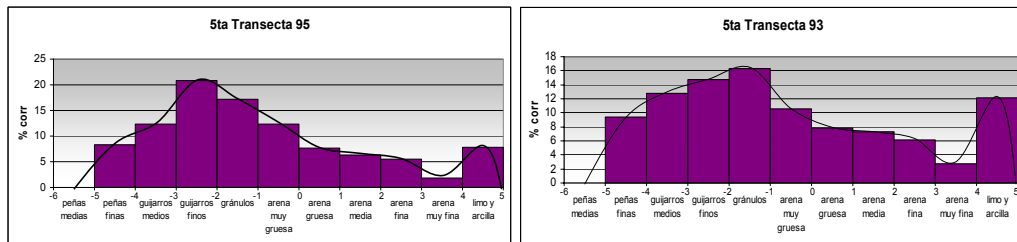
Histogramas y curvas  
correspondientes a 3  
2da Transecta  
abanico aluvial.



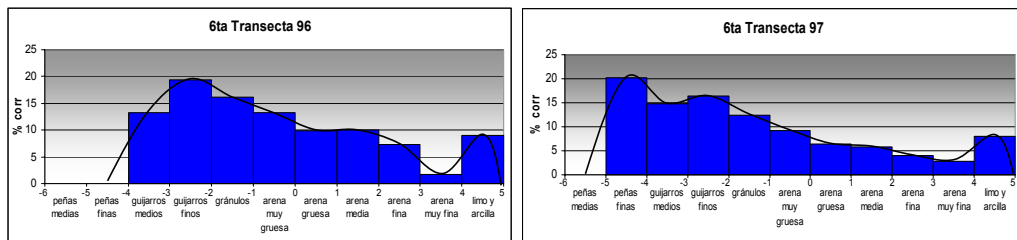
**Fig. 58.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 3 muestras de la 3ra  
Transecta tomada en el abanico aluvial.



**Fig. 59.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 4 muestras de la 4ta Transecta tomada en el abanico aluvial.



**Fig. 60.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 2 muestras de la 5ta Transecta tomada en el abanico aluvial.



**Fig. 61.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a las 2 muestras de la 6ta Transecta tomada en el abanico aluvial.

En las figuras 51, a 53, correspondientes a los histogramas y curvas de frecuencia de las muestras tomadas en la línea de playa, podemos establecer que el patrón de distribución general está dentro del rango de las arenas, con una predominancia hacia las arenas medias, pero con marcadas relevancias en algunas muestras hacia las arenas gruesas o las arenas finas. En la muestra 9 se presenta un porcentaje considerable de peñas finas, tendiendo la muestra hacia las arenas gruesas. En la línea de playa no se observan porcentajes de limo y arcilla.

En la 1era Transecta (Figs. 54 y 55), se puede observar un incremento considerable en las proporciones de limo y arcilla, no obstante la predominancia de la muestra sigue siendo en el orden de las arenas, con mayores porcentajes de arenas medias y gruesas y con un alto porcentaje de gránulos, guijarros y peñas. No se observó ninguna muestra con porcentajes en peso retenidos en el orden de peñas medias ( $\Phi$  -5,5 y -5).

La 2da Transecta (Figs. 56 y 57) presenta un alto porcentaje de limos y arcilla en las muestras recogidas, con un rango entre 15 y 20% de peso retenido en los tamices  $\Phi$  4 y 4,5. La transecta presenta una proporción intermedia de arenas y una relevante proporción de peñas finas y guijarros. No presenta porcentajes retenidos del orden de las peñas medias.

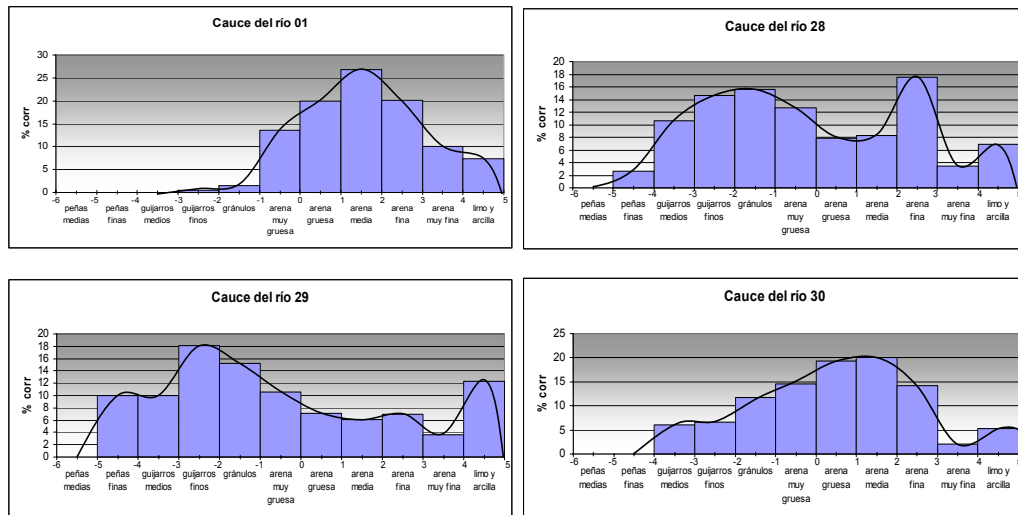
Las muestras recogidas en la 3era transecta (Fig. 58), presentan una marcada relevancia en el orden de las peñas medias y peñas finas, con una proporción intermedia de arenas y un importante porcentaje en el orden de limos y arcillas (10-15%)

En la figura 59, perteneciente a la 4ta transecta observamos menores proporciones en el orden de los limos y arcillas y una mayor predominancia

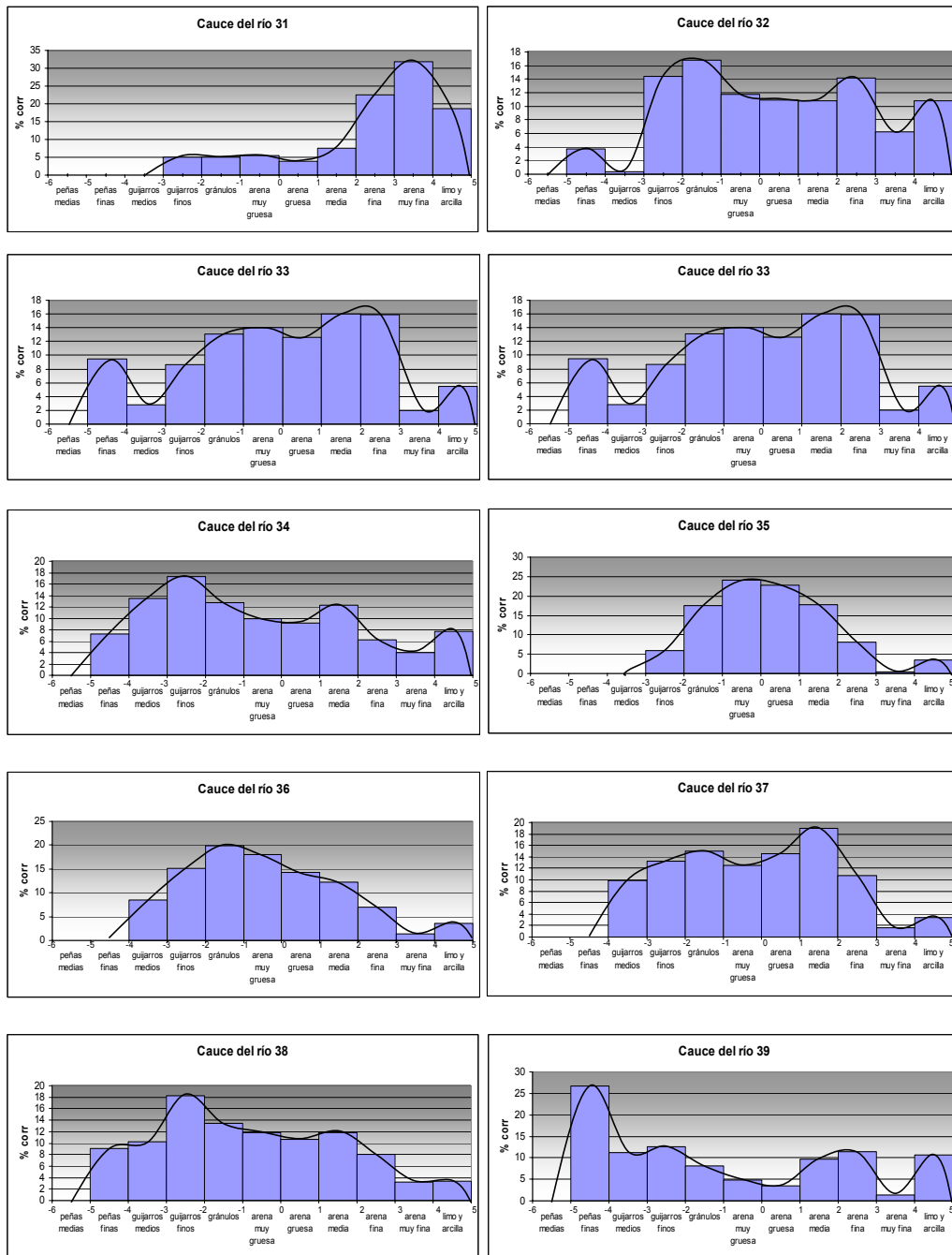
de los clastos tamaño gránulo, guijarro y peña. El orden de las peñas medias no se observó en estas muestras.

En la transecta 5 (Fig. 60), se observa una mayor proporción en el orden de los guijarros y gránulos, con una proporción del 15 al 22% para los guijarros finos y del 16-18% para los gránulos. La proporción de limo y arcilla es considerable en las muestras de la transecta (7-12%). En la figura X que corresponde a la 6ta transecta (Fig. 61), hay una predominancia en el rango de las peñas finas a las arenas gruesas con porcentajes en peso considerables retenidos en los tamices correspondientes al orden de las peñas medias y los guijarros finos. Las muestras presentan un 7-9% de limo y arcilla.

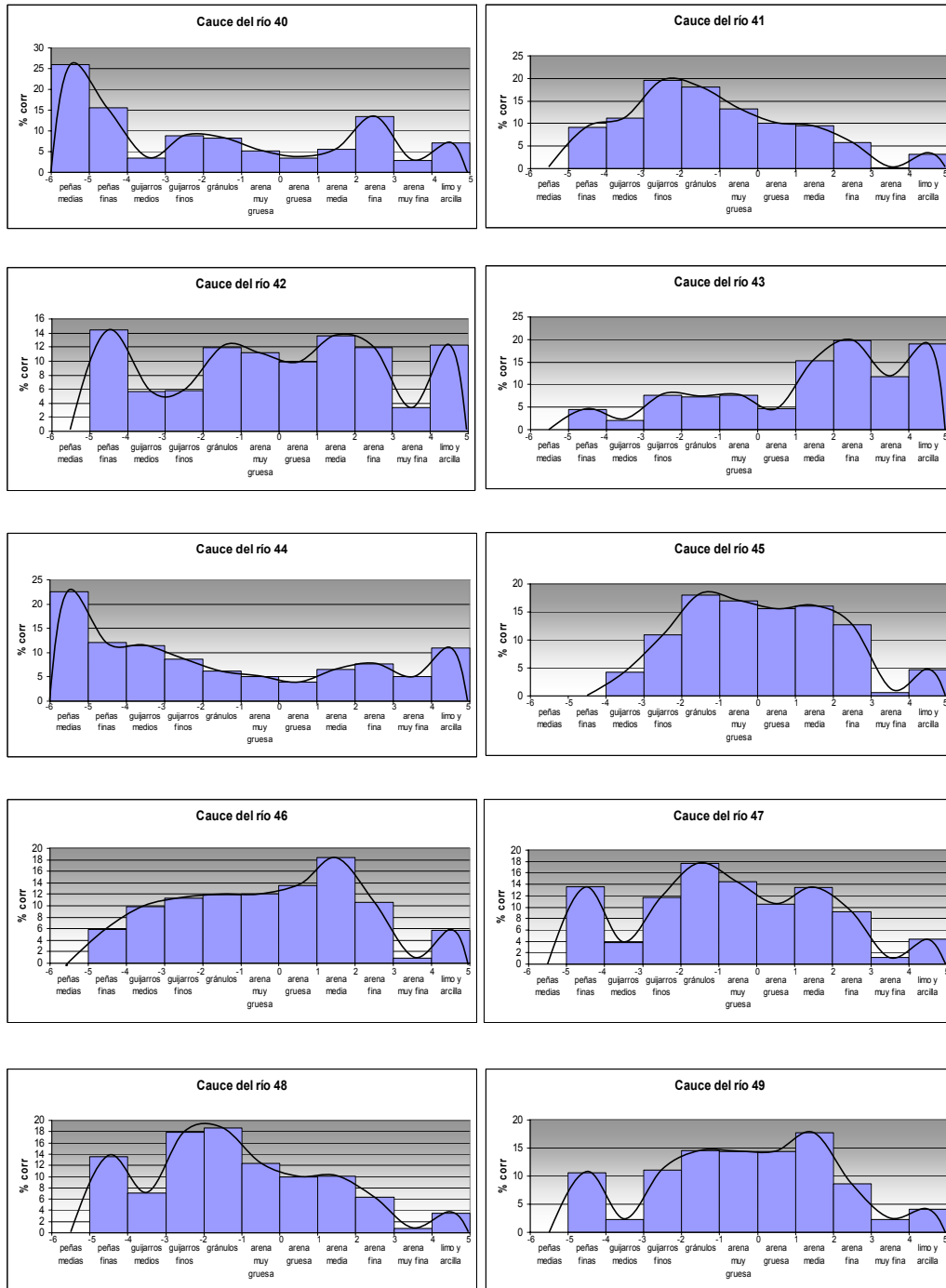
De igual forma, en la figuras 62 a 68 se muestran los histogramas y curvas de frecuencia asociados a las muestras del cauce de la quebrada y su curso tributario principal.



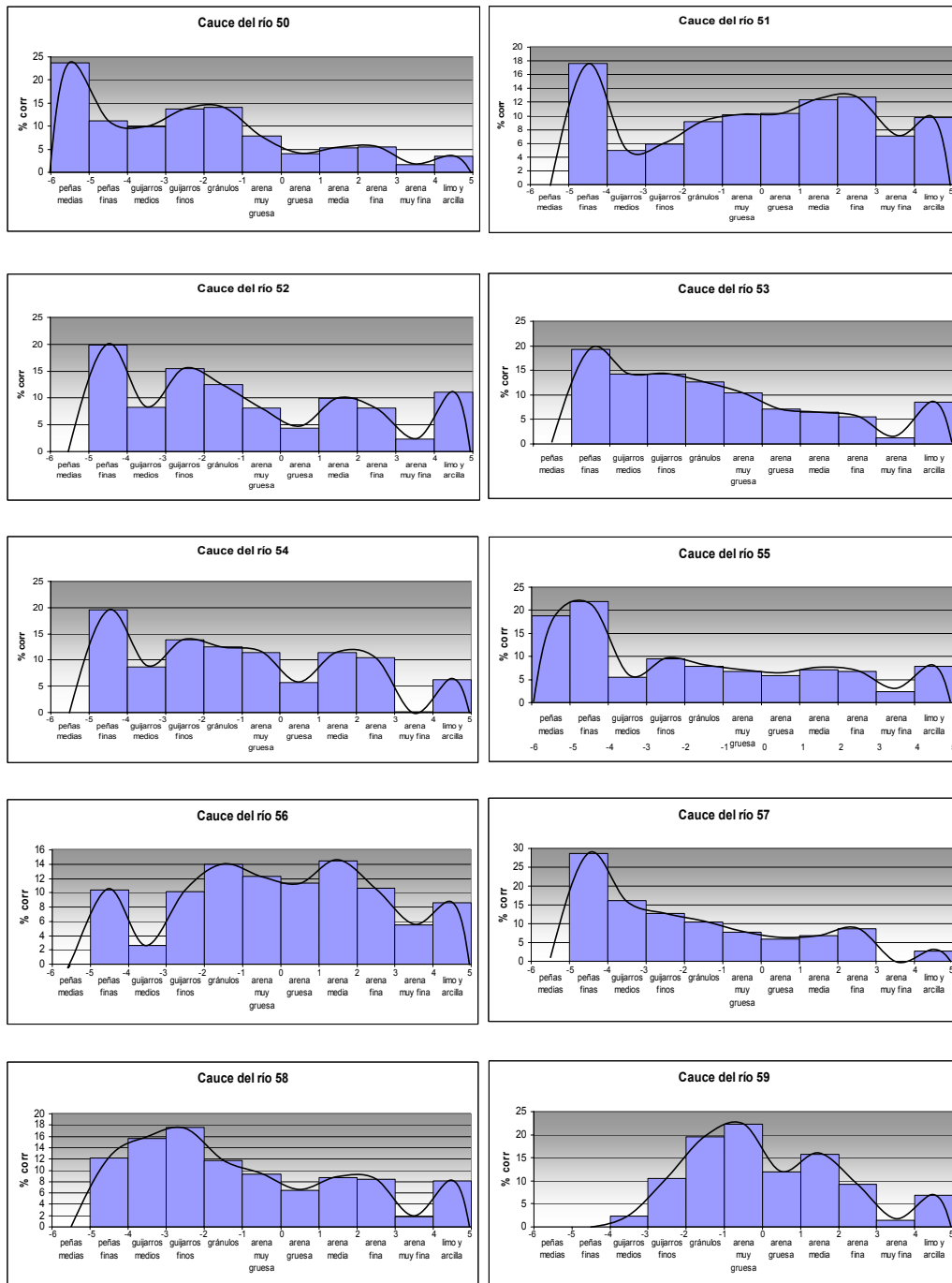
**Fig. 62.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 4 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.



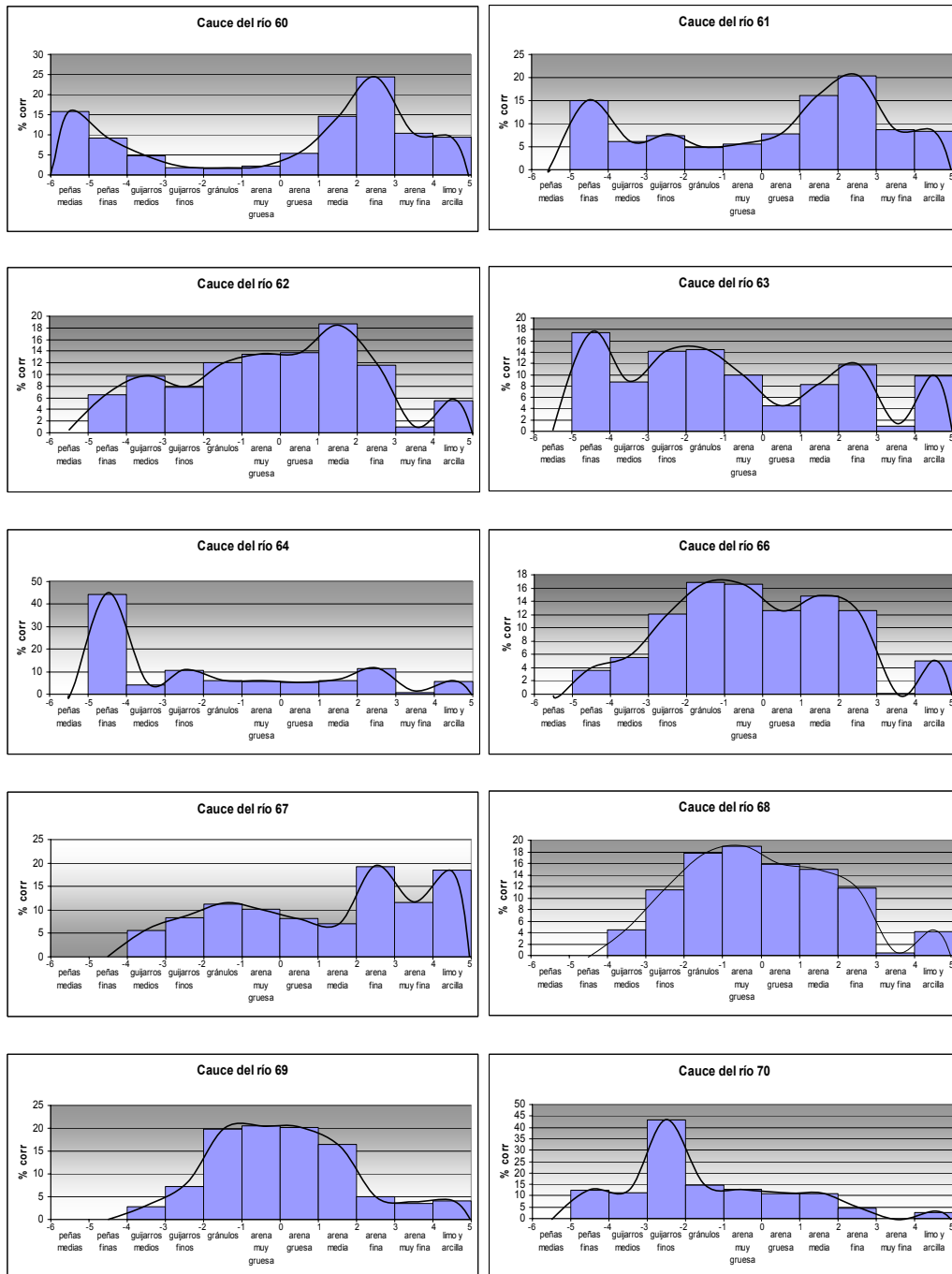
**Fig. 63.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.



**Fig. 64.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.

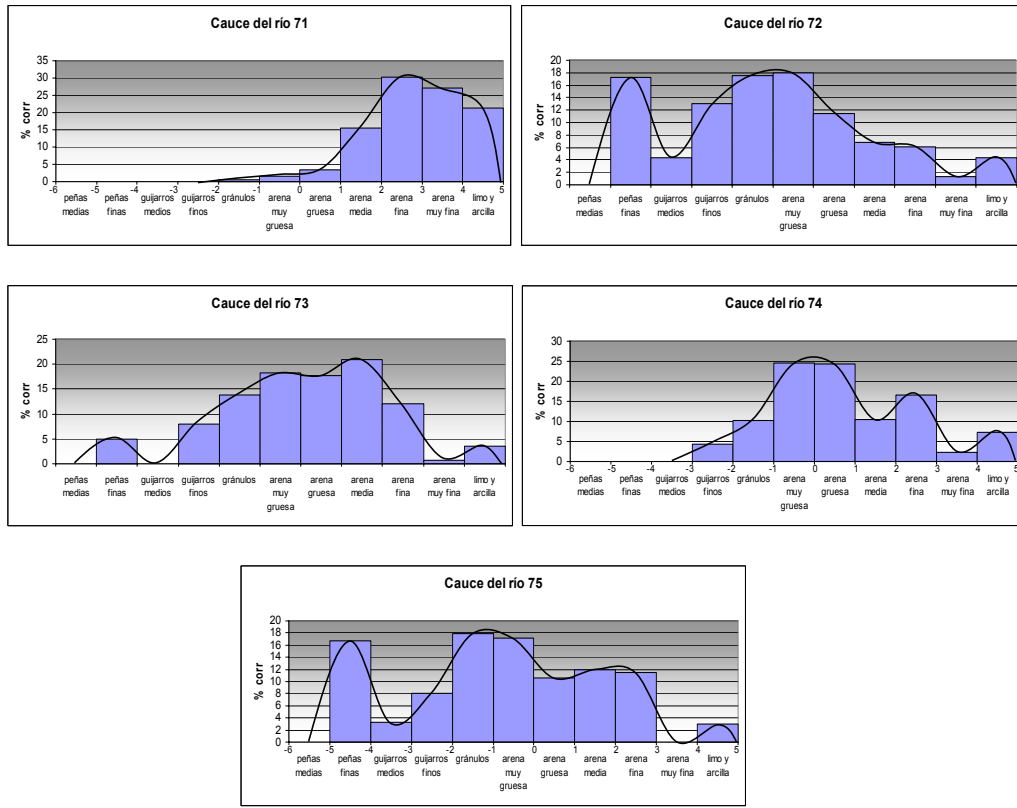


**Fig. 65.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.

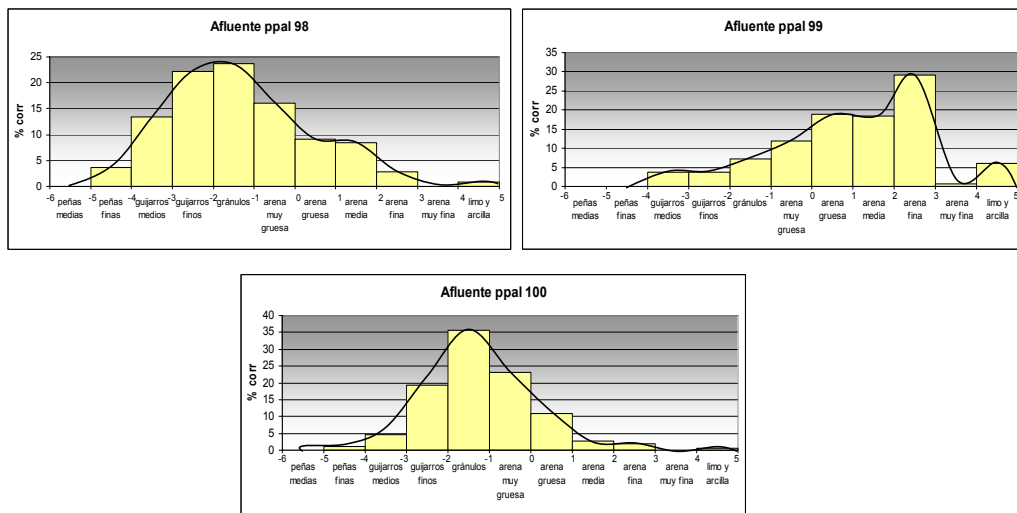


**Fig. 66.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 10 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.





**Fig. 67.** Histogramas y curvas de frecuencia correspondientes a 5 muestras de la quebrada Camurí Chiquito.



**Fig. 68.** Histogramas y curvas correspondientes a las 3 muestras del afluente

En las figuras 62 a 67, correspondientes a los histogramas y curvas de frecuencia de las muestras tomadas en el cauce de la quebrada Camurí Chico, podemos establecer que el patrón de distribución general está dentro un rango desde las peñas finas hasta las arenas finas, con un aumento relativamente proporcional de las fracciones más gruesas, a medida que se avanza en la quebrada. Así en la zona más distal del abanico aluvial, las muestras presentan una proporción importante dentro del rango de las arenas, con variaciones dentro de los rangos y con una tendencia a engrosar el tamaño de grano hacia la zona media del abanico, estos sedimentos también presentan una fracción importante de clastos tamaño limo y arcilla.

Hacia la zona media, la tendencia de las muestras ubicadas en el cauce de la quebrada esta en un rango desde las peñas medias hasta las arenas gruesas, con una marcada relevancia en los rangos de tamaño del orden de los guijarros y los gránulos, en algunas muestras los tamaños llegan hasta el orden de las peñas medias, y con un porcentaje menor de limo y arcilla.

En la zona superior del abanico aluvial las muestras presentan un incremento considerable en los porcentajes de tamaños mayores: peñas medias, peñas finas, guijarros medios, guijarros finos y gránulos. También se observan en algunas muestras porcentajes importantes de arenas medias y finas. El porcentaje de limo y arcilla en estas muestras es inferior al 10%.

En la zona del ápice del abanico y las muestras recogidas en la parte superior de la quebrada se observa la misma tendencia de depositación. También se destacan algunas muestras de sedimentos dentro del rango de las arenas finas, y con muy poco porcentaje de clastos de tamaños mayores.

En las muestras relacionadas al curso tributario principal (Fig. 68), se presentan muestras con porcentajes relevantes de guijarros, gránulos y arenas gruesas, con porcentajes de limo y arcillas casi nulos. Se observa que la muestra 99 pertenece al rango de arenas finas.

Es importante señalar que a partir de estos histogramas y curvas de frecuencia se obtuvo la moda y la modalidad, la asimetría y la curtosis, las cuales se describen a continuación.

## B. Moda y Modalidad

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los histogramas de frecuencia, con relación a la Moda y la Modalidad (Tabla 5). Es importante señalar que la Moda corresponde a la clase de mayor frecuencia en el histograma correspondiente a cada muestra y la Modalidad es el número de modas presentes en cada distribución granulométrica obtenida.

**Tabla 5.** Cuadro Comparativo de la Moda y la modalidad correspondientes a las 100 muestras de sedimento estudiadas.

Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
1	Cauce	Unimodal	[1,2]	Arena media
2	1era Transecta	Bimodal	[0,1] y [3,1]	Arena gruesa y arena muy fina

3	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media
4	Línea de playa	Unimodal	[1,3]	Arena media y arena fina
5	Línea de playa	Unimodal	[2,3]	Arena fina
6	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media
7	Línea de playa	Unimodal	[0,1]	Arena gruesa
8	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media

Cont.				
Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
9	Línea de playa	Bimodal	[-5,-4] y [1,2]	Peñas finas y arena media
10	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media
11	Línea de playa	Unimodal	[2,3]	Arena fina
12	Línea de playa	Unimodal	[2,3]	Arena fina
13	1era Transecta	Bimodal	(-4,3) y [4,5]	Varios, limo y Arcilla
14	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media
15	1era Transecta	Unimodal	[-3,-2]	Guijarros finos
16	Línea de playa	Unimodal	[-1,0]	Arena muy gruesa
17	Línea de playa	Unimodal	[0,1]	Arena gruesa
18	Línea de playa	Unimodal	[1,3]	Arena media y arena fina
19	Línea de playa	Unimodal	[1,3]	Arena media y arena fina
20	Línea de playa	Unimodal	[2,3]	Arena fina
21	Línea de playa	Unimodal	[1,3]	Arena media y arena fina
22	Línea de playa	Unimodal	[1,2]	Arena media
23	1era Transecta	Bimodal	(-5,-2) y [1,2]	Peñas finas, guijarros y arena media
24	1era Transecta	Unimodal	[2,4]	Arena fina y arena muy fina
25	1era Transecta	Polimodal	[-5,-4], [1,2] y [4,5]	Peñas finas, arena media y limo y arcilla
26	1era Transecta	Bimodal	[-1,1] y [4,5]	Arena gruesa y muy gruesa y limo y arcilla
27	1era Transecta	Polimodal	[-5,-4], [-2,-1] y [4,5]	Peñas finas, gránulos y limo y arcilla

28	Cauce	Polimodal	(-5,1), [2,3], [4,5]	Varios, arena fina y limo y arcilla
29	Cauce	Bimodal	(-5,3), [4,5]	Varios y limo y arcilla
30	Cauce	Bimodal	(-2,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
31	Cauce	Unimodal	[3,4]	Arena muy fina

Cont.				
Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
32	Cauce	Polimodal	[-5,-4], (-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
33	Cauce	Polimodal	[-5,-4], (-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
34	Cauce	Polimodal	[-3,-2], [1,2] y [4,5]	Guijarros finos, arena media y limo y arcilla
35	Cauce	Unimodal	[-1,0]	Arena muy gruesa
36	Cauce	Unimodal	[-2,-1]	Gránulos
37	Cauce	Bimodal	[-2,-1] y [1,2]	Gránulos y arena media
38	Cauce	Bimodal	[-3,-2] [1,2]	Guijarros finos y arena media
39	Cauce	Polimodal	[-5,-4], [1,3] y [4,5]	Peñas finas, arena media y fina y limo y arcilla
40	Cauce	Polimodal	[-6,-4] [-3,-1] [2,3] y [4,5]	Peñas medias y finas, guijarros y gránulos, arena fina y limo y arcilla
41	Cauce	Unimodal	[-3,-1]	Guijarros finos y gránulos
42	Cauce	Polimodal	[-5,-4], (-2,3) y [4,5]	Peñas finas, varios, limo y arcilla
43	Cauce	Bimodal	[2,3] y [4,5]	Arena fina y limo y arcilla
44	Cauce	Bimodal	[-6,-5] y [4,5]	Peñas medias y limo y arcilla
45	Cauce	Bimodal	(-2,3) y [4,5]	Varios, limo y arcilla
46	Cauce	Bimodal	[1,2] y [4,5]	Arena media y limo y arcilla
47	Cauce	Polimodal	[-5,-4] (-3,3) y	Peñas finas, varios y limo

			[4,5]	y arcilla
48	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [-3,-1]	Peñas finas, guijarros y gránulos
49	Cauce	Bimodal	[-5,-4], [1,2]	Peñas finas y arena media

Cont.				
Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
50	Cauce	Bimodal	[-6,-5] y [-3,-1]	Peñas medias, guijarros finos y gránulos
51	Cauce	Polimodal	[-5,-4], [1,3] y [4,5]	Peñas finas, arena media y fina, limo y arcilla
52	Cauce	Polimodal	[5,4], [-3,-2], [1,3] y [4,5]	Peñas finas, varios, limo y arcilla
53	Cauce	Bimodal	[-5,-4], [4,5]	Peñas finas y limo y arcilla
54	Cauce	Polimodal	[-5,-4], [-3,0], [1,3] y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
55	Cauce	Bimodal	[-6,-4], [4,5]	Peñas medias y finas, limo y arcilla
56	Cauce	Polimodal	[-5,-4] (-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
57	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [2,3]	Peñas finas y arena fina
58	Cauce	Polimodal	[-3,-2], [1,2] y [4,5]	Guijarros finos, arena media y limo y arcilla
59	Cauce	Polimodal	[-1,0], [1,2] y [4,5]	Arena muy gruesa, media y limo y arcilla
60	Cauce	Bimodal	[-6,-5] y [2,3]	Peñas medias y arena fina
61	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [2,3]	Peñas finas y arena fina
62	Cauce	Polimodal	[-4,-3], [1,2] y [4,5]	Guijarros medios, arena media y limo y arcilla
63	Cauce	Polimodal	[-5,-4], [-3,-1], [2,3] y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
64	Cauce	Polimodal	[-5,-4], [-3,-2] [2,3]	Peñas finas, guijarros finos y arena fina

66	Cauce	Bimodal	[-2,0] y [4,5]	Gránulos, arena muy gruesa y limo y arcilla
67	Cauce	Polimodal	(-4,1), [2,3] y [4,5]	Varios, arena fina y limo y arcilla

Cont.				
Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
68	Cauce	Bimodal	[-2,0] y [4,5]	Gránulos, arena muy gruesa y limo y arcilla
69	Cauce	Unimodal	(-2,1)	Gránulos, arena gruesa y muy gruesa
70	Cauce	Unimodal	[-3,-2]	Guijarros finos
71	Cauce	Unimodal	[2,3]	Arena fina
72	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [-2,0]	Peñas finas, gránulos y arena muy gruesa
73	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [1,2]	Peñas finas y arena media
74	Cauce	Polimodal	[-1,1], [2,3] y [4,5]	Arena gruesa y muy gruesa, arena fina y limo y arcilla
75	Cauce	Bimodal	[-5,-4] y [-2,0]	Peñas finas, gránulos y arena muy gruesa
76	1era Transecta	Bimodal	[-5,-4] y [1,2]	Peñas finas y arena media
77	1era Transecta	Unimodal	[1,2]	Arena media
78	1era Transecta	Unimodal	[1,2]	Arena media
79	2da Transecta	Polimodal	[-5,-4], (-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
80	2da Transecta	Bimodal	(-3,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
81	2da Transecta	Bimodal	(-4,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
82	2da Transecta	Polimodal	[-5,-4], [-3,-2] y [4,5]	Peñas finas, guijarros finos y limo y arcilla
83	2da Transecta	Bimodal	[0,2] y [4,5]	Arena gruesa, arena media y limo y arcilla

84	2da Transecta	Bimodal	[-2,0] y [4,5]	Gránulos, arena muy gruesa y limo y arcilla
85	2da Transecta	Polimodal	[-5,-4], (-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla

Cont.				
Nº Muestra	Ubicación	Modalidad	Clase Modal	Clasificación
86	3era Transecta	Polimodal	[-6,-5], (-4,3) y [4,5]	Peñas medias, varios y limo y arcilla
87	3era Transecta	Bimodal	(-5,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
88	3era Transecta	Polimodal	[-5,-4],(-3,3) y [4,5]	Peñas finas, varios y limo y arcilla
89	4ta Transecta	Bimodal	(-5,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
90	4ta Transecta	Polimodal	[-5,-4], (-2,-1) y [4,5]	Peñas finas, gránulos y limo y arcilla
91	4ta Transecta	Polimodal	[-5,-4] (-3,-2) y [4,5]	Peñas finas, guijarros finos y limo y arcilla
92	4ta Transecta	Bimodal	(-2,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
93	5ta Transecta	Bimodal	(-5,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
95	5ta Transecta	Bimodal	(-5,3) y [4,5]	Varios y limo y arcilla
96	6ta Transecta	Bimodal	[-3,-2] y [4,5]	Guijarros finos y limo y arcilla
97	6ta Transecta	Bimodal	[-5,-2] y [4,5]	Peñas finas, guijarros y limo y arcilla
98	Afluente	Unimodal	[-3-1]	Guijarros finos y gránulos
99	Afluente	Bimodal	[2,3] y [4,5]	Arena fina y limo y arcilla
100	Afluente	Unimodal	[2,1]	Gránulos

En la tabla 5 se observan 31 muestras unimodales, de las cuales 17 pertenecen a la línea de playa, 8 al cauce de la quebrada 4 a la 1era transecta y 2 al afluente principal. 39 de las muestras son bimodales, de las cuales 21 pertenecen al cauce de la quebrada, 5 pertenecen a la 1era transecta, 4 a la 2da transecta, 1 a la 3era transecta, 2 a la 4ta transecta,



2 a la quinta, 2 a la sexta, 1 a la línea de playa y 1 al afluente principal. Las 28 muestras restantes son polimodales, de las cuales 19 pertenecen al cauce de la quebrada, 2 se ubican en la 1era transecta, 3 en la 2da transecta, 2 en la tercera y 2 en la cuarta.

En líneas generales podemos decir que las muestras de la línea de playa son unimodales y se ubican en el rango de las arenas, a excepción de la muestra 09 que es bimodal y presenta un proporción elevada de gravas.

En la primera transecta la mayoría de las muestras son bimodales, con altas proporciones de limo y arcilla, como de arenas gruesas y gravas. También se presentan algunas muestra unimodales, en el rango de las arenas y polimodales con contenidos de gravas arenas y limos

Las muestras de la segunda transecta son de órdenes bimodales y polimodales, con altos porcentajes dentro del rango de las arenas gruesas y gránulos con alta proporción de limos y arcillas en el caso de las bimodales, y con contenidos de gravas gruesas (peñas y guijarros) con contenido de arenas y arcillas en el caso de las polimodales.

La tercera transecta presenta la mayoría de sus muestras de tipo polimodal, y algunas de tipo bimodal con alto contenido de arenas y arcillas y una proporción importante de gravas gruesas.

La cuarta transecta presenta dos muestras en el orden de las bimodales y dos en el orden de las polimodales, todas las muestras presentan contenidos importantes de arenas y arcillas y en algunas, proporciones elevadas de gravas.

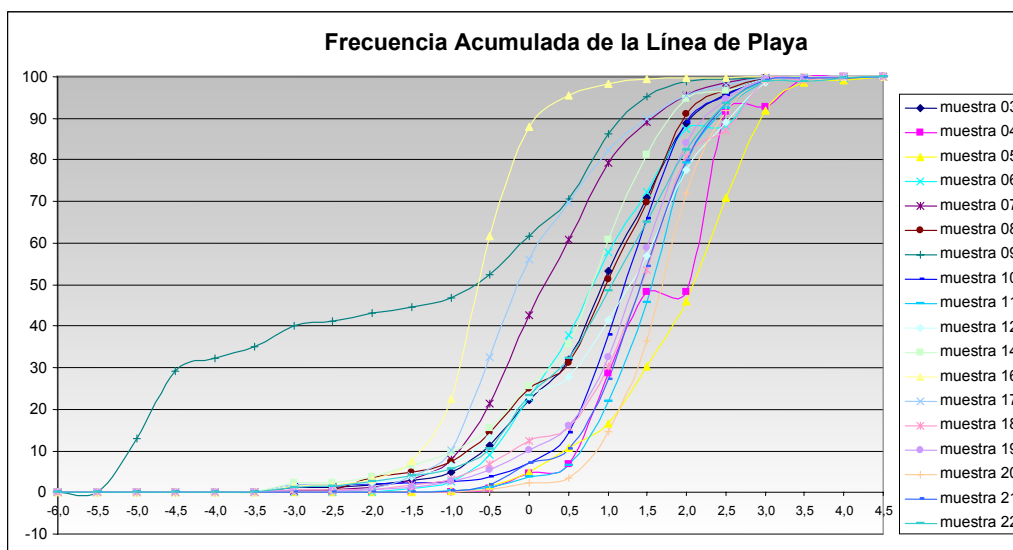
La quinta transecta presenta todas sus muestras en el orden de las bimodales, con una proporción muy elevada dentro del rango de las arenas y gravas menores (guijarros y gránulos) y un importante porcentaje de granos tamaño limo y arcilla.

En la sexta transecta se observa que la totalidad de las muestras son del tipo bimodal. Dentro de las proporciones de tamaños de grano encontramos un alto porcentaje de los tamaños retenidos en los tamices del rango de las gravas gruesas, tal como son las peñas finas y los guijarros medios y finos. Las otras modas pertenecientes a las muestras de esta transecta son los tamaños dentro de las categorías de limo y arcilla.

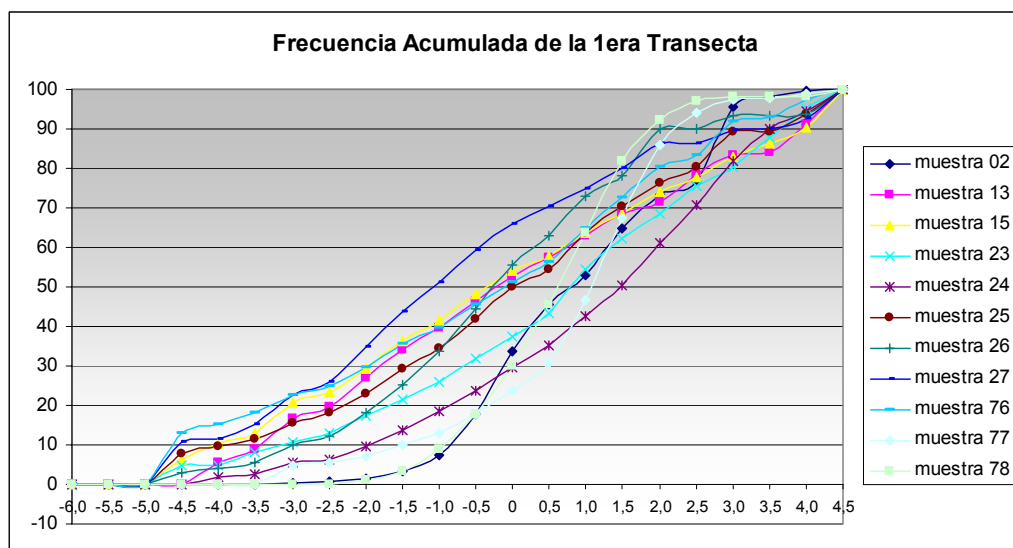
En el cauce de la quebrada se observan 21 muestras del tipo bimodal, ubicados a lo largo de todo el cauce de la quebrada. Algunas de estas muestras presentan modas en el orden de las arenas y limos, y otras en el orden de las gravas y arenas. 19 de las muestras son de tipo polimodal, presentando importantes proporciones de los tamaños de grava, de arena y de limo y arcilla, y ubicándose a lo largo de la quebrada. Finalmente 8 muestras del cauce son del tipo unimodal, encontrándose algunas muestras dentro del rango de las arenas y otras en el rango de las gravas. Algunas de estas muestras unimodales se encontraron en la zona superior y ápice del abanico aluvial, así como en la zona superior del cauce. En el afluente principal se encontraron 2 muestras de tipo unimodal, dentro del rango de las gravas, y 1 muestra bimodal, con porcentajes de arena fina y limo.

### **C. Curvas de Frecuencia Acumulativa**

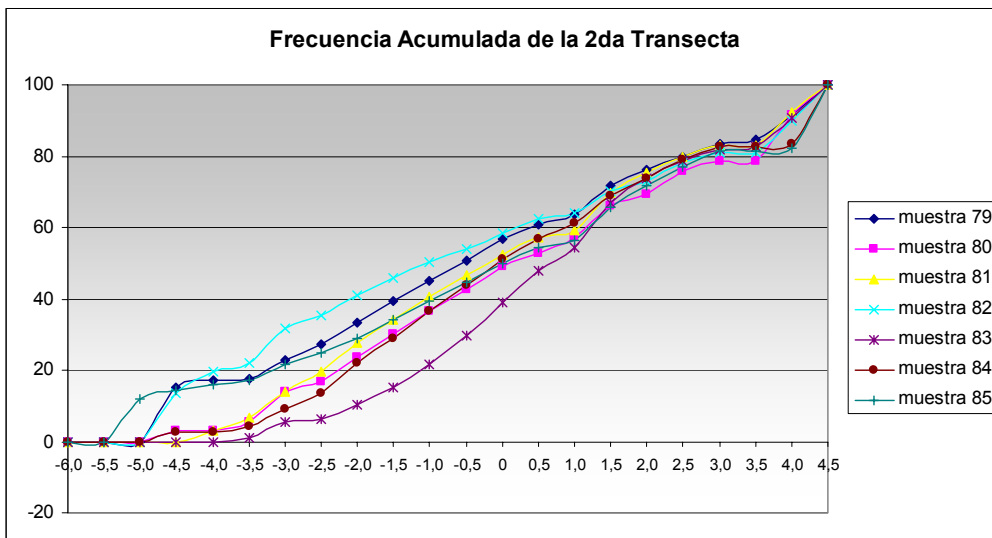
Este tipo de curvas se generan al representar los porcentajes de peso acumulado (frecuencia acumulada) en función de las clases establecidas en la escala de phi ( $\Phi$ ). A continuación se presentan las curvas de frecuencia acumulativa para las 100 muestras estudiadas (Figs. 69 a 80)



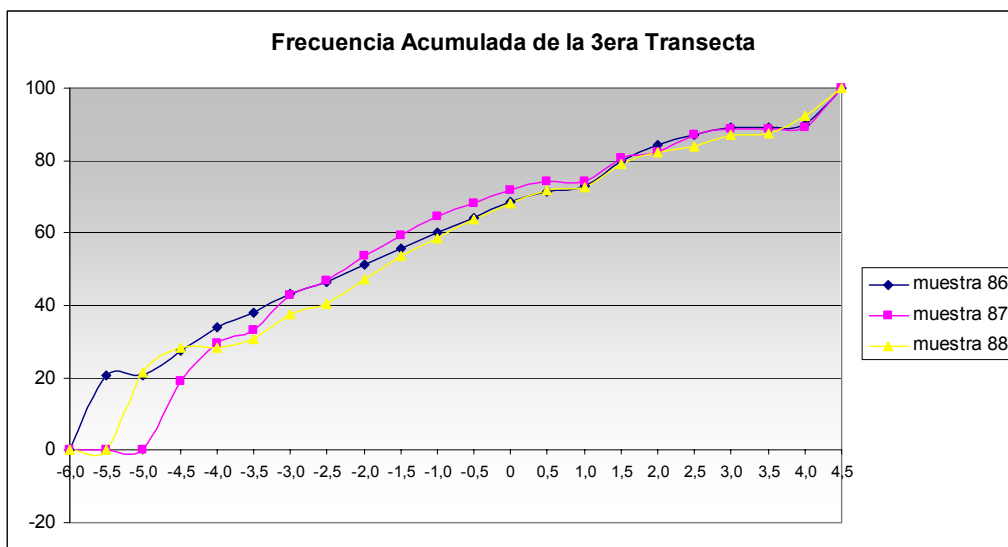
**Fig. 69.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 18 muestras de la línea de playa.



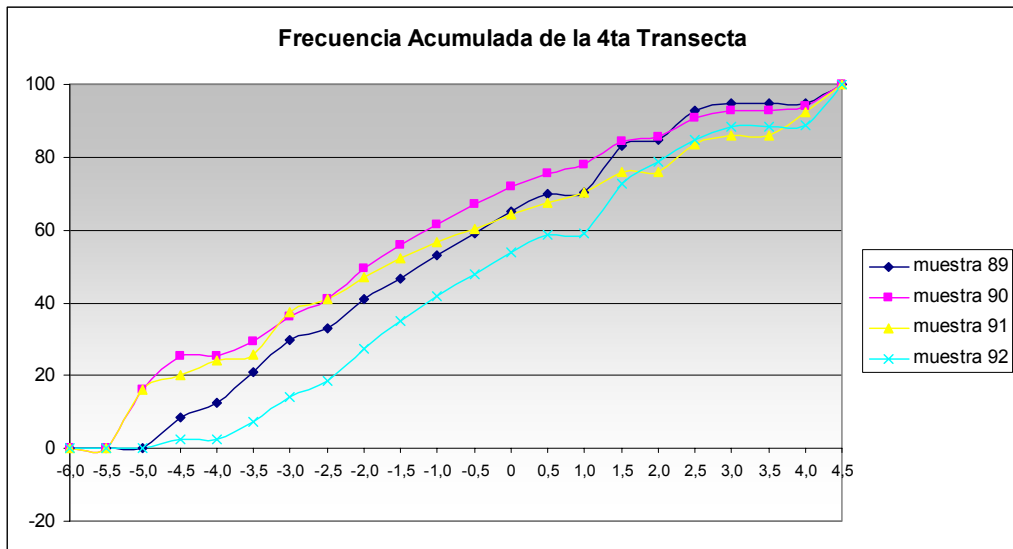
**Fig. 70.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 11 muestras de la 1era Transecta.



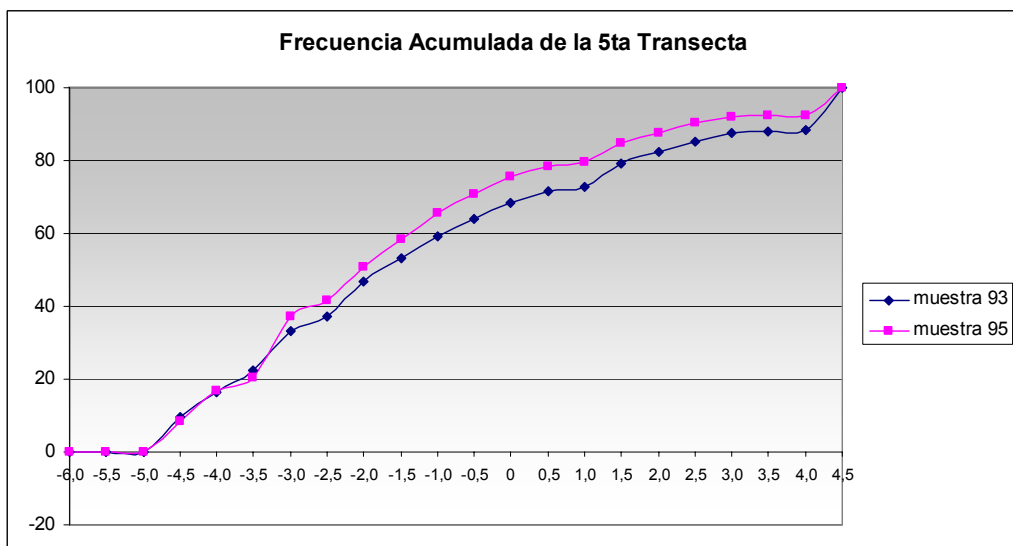
**Fig. 71.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 7 muestras de la 2da Transecta.



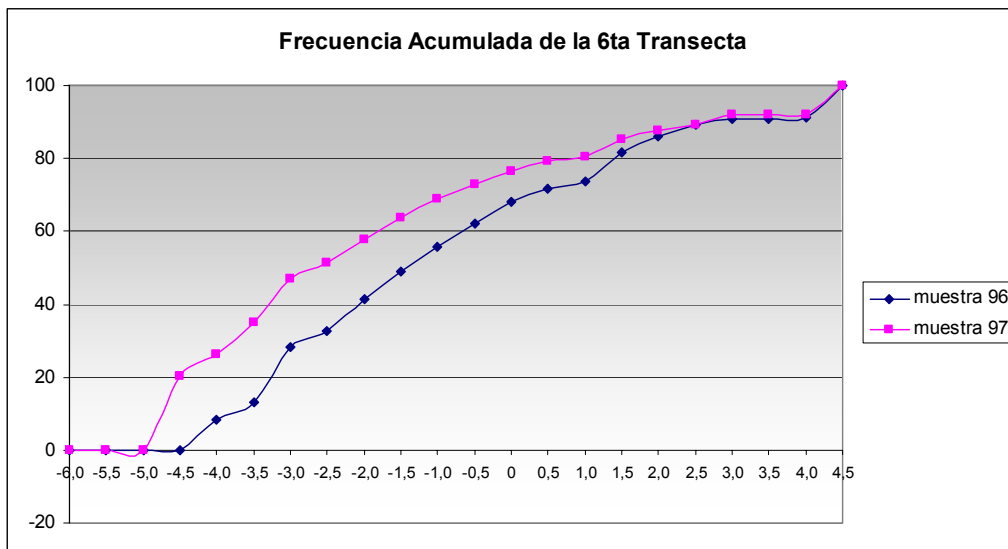
**Fig. 72.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 3 muestras de la 3ra Transecta.



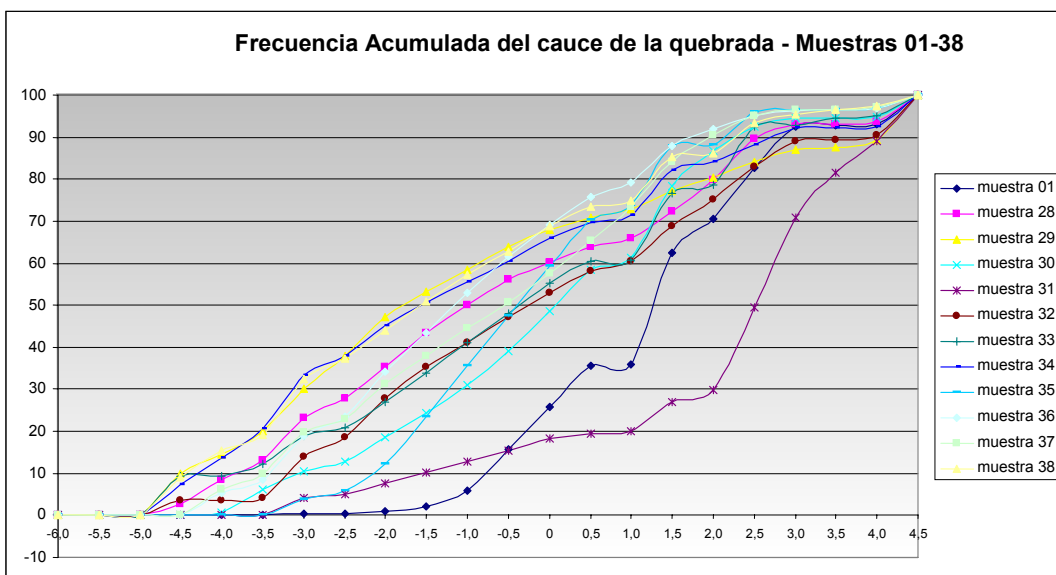
**Fig. 73.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 4 muestras de la 4ta Transecta.



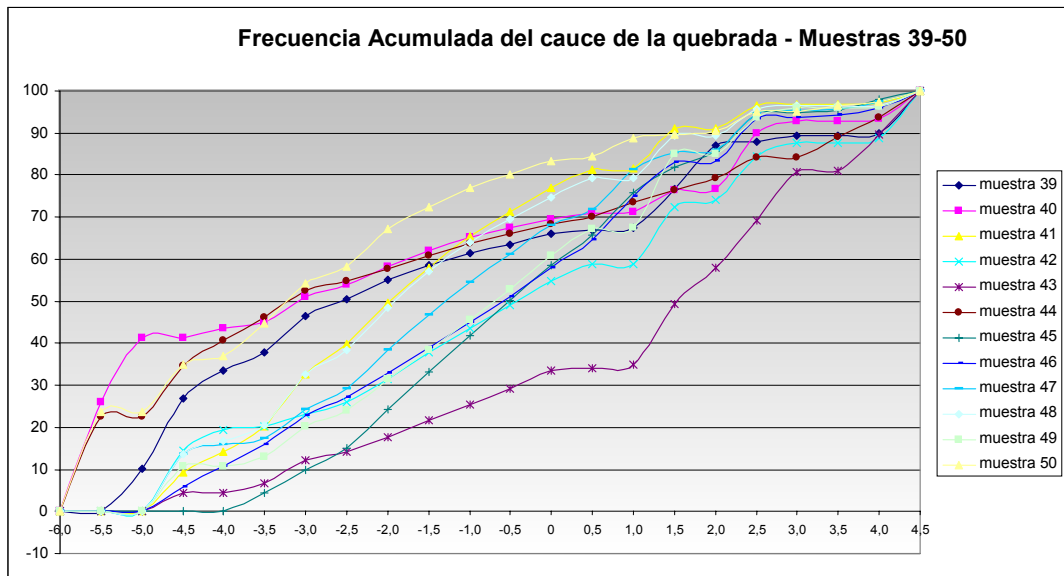
**Fig. 74.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 2 muestras de la 5ta Transecta.



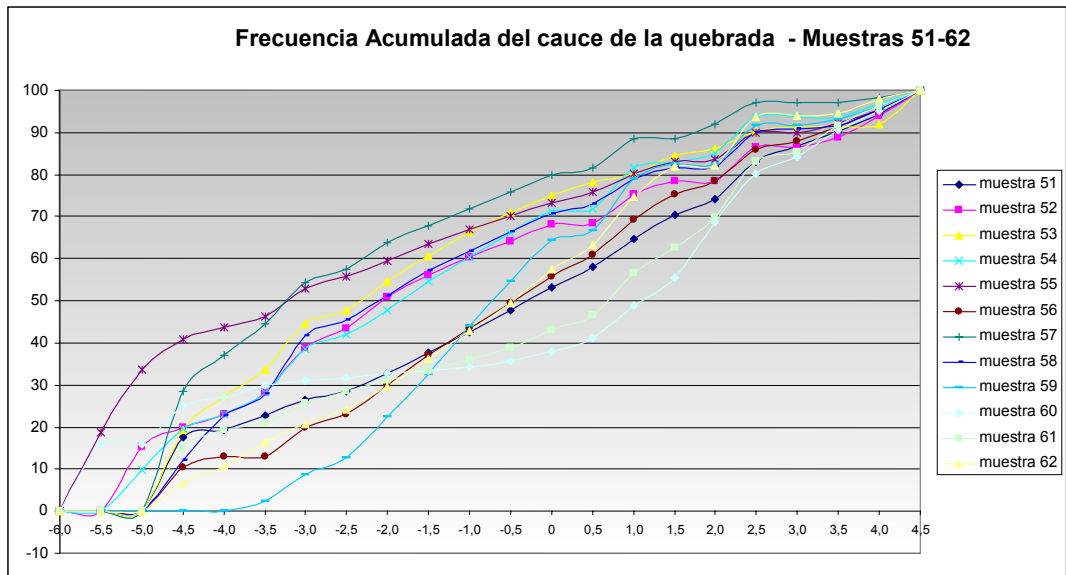
**Fig. 75.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 2 muestras de la 5ta Transecta.



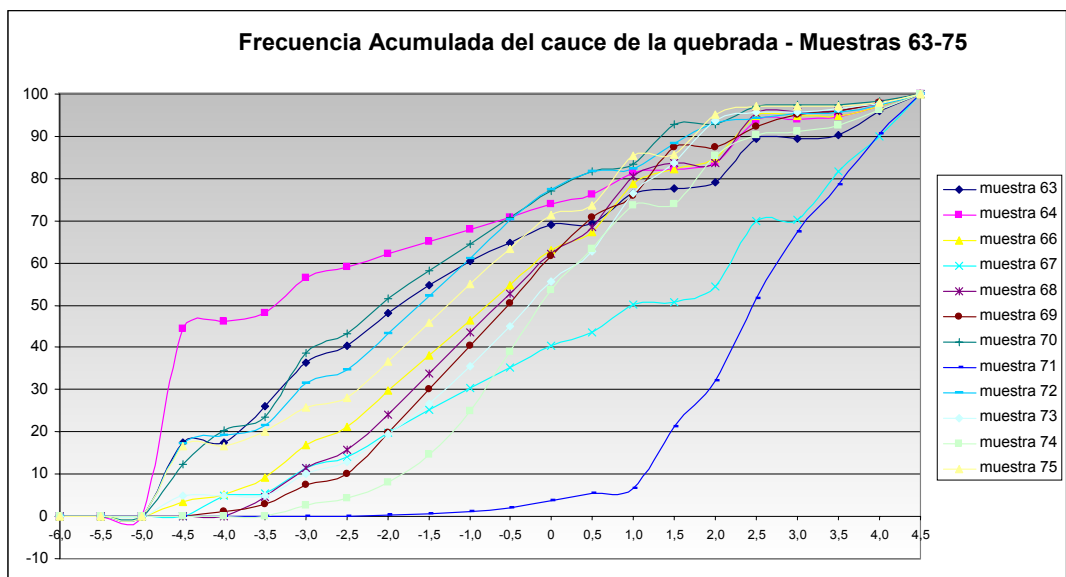
**Fig. 76.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chico.



**Fig. 77.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chico.

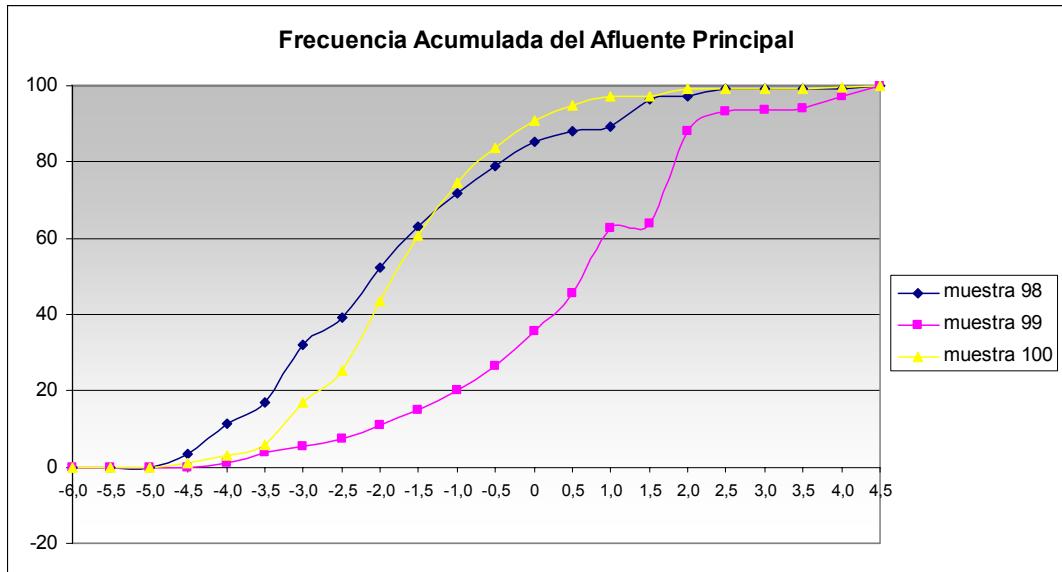


**Fig. 78.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chico.



**Fig. 79.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a 12 muestras del cauce de la quebrada Camurí Chico.





**Fig. 80.** Curvas de Frecuencia acumulativas correspondientes a las 3 muestras del cauce del curso tributario principal de la quebrada..

En la figura 69, correspondiente a la frecuencia acumulada de la línea de playa se puede observar una clara tendencia general de las muestras, exceptuando la muestra 9, la cual presenta una tendencia diferente. Se aprecia un aumento en la pendiente de la curva hacia los tamaños de tamices  $\Phi$  -1 a 1,5, que corresponde al rango de las arenas gruesas hasta las arenas medias. La pendiente de la curva se suaviza hacia los tamaños menores ( $\Phi$  2 a 4,5). En la muestra 9 la curva acumulativa presenta una pendiente fuerte en los tamaños del tamiz  $\Phi$  -5,5 a -4,5, después la pendiente de la curva se suaviza hasta los tamaños  $\Phi$  -0,5, donde vuelve a aumentar hasta los tamaños de grano  $\Phi$  1,5. La pendiente de esta hacia los tamaños finos ( $\Phi$  2 a 4,5), es bastante suave.

En la primera transecta (Fig. 70), se puede apreciar una misma tendencia de la curva acumulativa en todas las muestras estudiadas. La pendiente es suave desde los tamaños de grano retenidos en los tamices  $\Phi$  -

5,5 a -1, donde aumenta progresivamente hasta alcanzar los tamaños menores de grano ( $\Phi$  4,5).

En la figura 71 perteneciente a la 2da transecta podemos apreciar una pendiente de las curvas acumulativas que aumenta progresivamente desde los tamaños de grano retenidos en los tamices  $\Phi$  -4,5 a 3, donde refleja un brusco aumento en la pendiente. En algunas de las muestras la pendiente de la curva aumenta bruscamente desde los tamaños  $\Phi$  -5,5 a -4,5.

Las pendientes de las curvas acumulativas generadas del tamizado de las muestras pertenecientes a la 3era transecta (Fig. 72), son fuertes en el rango de los tamaños mayores ( $\Phi$ -6,0 a -4,5), suavizándose después hasta alcanzar los tamaños finos, donde presentan un brusco aumento nuevamente.

En la cuarta transecta (Fig. 73), se aprecia una tendencia relativamente similar a la tercera transecta, la pendiente es fuerte en los tamaños gruesos ( $\Phi$ -6 a -4,5) suave en los tamaños intermedios ( $\Phi$ -4 a 4) y fuerte de nuevo hacia los tamaños más finos ( $\Phi$  4,5). En algunas muestras de esta transecta se puede apreciar un brusco aumento en la pendiente de las curvas en los tamaños  $\Phi$  1 a 2.

En la figura 74 perteneciente a la 5ta transecta podemos apreciar una pendiente un poco fuerte hacia los tamaños  $\Phi$  -5 a -3, hacia los tamaños  $\Phi$  -3,5 a 4 la pendiente de la curva es más suave y hacia los tamaños finos, la pendiente aumenta nuevamente.

En la figura 75 se muestra la frecuencia acumulada de la sexta transecta, la pendiente de las curvas de estas muestras se presenta fuerte hacia los tamaños  $\Phi$ -5,5 a -3, donde se suaviza hasta los tamaños más finos. En los tamaños finos ( $\Phi$  4,5) la pendiente nuevamente es fuerte.

En las figuras 76, 77, 78 y 79, pertenecientes al cauce de la quebrada Camurí Chiquito se observa que las muestras 1 a la 38 (Fig. 76) presentan una tendencia similar, exceptuando las muestras 1 y 31 que presentan tendencias distintas. Las muestras de esta figura, las cuales pertenecen a la parte distal del abanico, presentan una pendiente fuerte en el rango de las arenas ( $\Phi$  1 a 2,5) y una pendiente más suave que va desde los tamaños mayores ( $\Phi$ -5,5 a -4). En las muestras 1 y 31 la curva de frecuencia acumulativa comienza desde el punto -3,5 y -3 con una pendiente muy suave que aumenta bruscamente en los tamaños  $\Phi$  1 a 3, manteniéndose relativamente fuerte hasta alcanzar los tamaños más finos.

Las muestras del cauce de la quebrada reflejadas en las curvas acumulativas de la figura 77, que representan la zona media del abanico aluvial, presentan curvas distintas entre sí, adoptando tres tendencias generales. La primera tendencia presenta una pendiente muy fuerte a lo largo del rango de peñas, y gujarros ( $\Phi$  -5,5 a -4,5), y después mantienen una pendiente más suave hasta los tamaños más finos. La segunda tendencia presenta una pendiente relativamente suave desde los tamaños mayores hasta el rango de las arenas, donde la pendiente es más fuerte y suaviza nuevamente hacia los rangos de tamaño limo y arcilla. La tercera tendencia presenta una curva que parte con una pendiente un poco más fuerte que la segunda tendencia desde los tamaños gujarro y gránulo ( $\Phi$  -4 a -3), haciéndose más fuerte en los rangos de tamaño de arenas medias y finas, ( $\Phi$  1 a 3), las curvas vuelven a suavizarse hacia los tamaños más finos.

Las curvas pertenecientes a la zona superior del abanico aluvial, dentro del cauce de la quebrada (Figs. 78 y 79), presentan una pendiente

muy fuerte en los tamaños de granos mayores ( $\Phi$  -6 a -4,5), para después mantener una pendiente suave hasta los tamaños más finos.

Las pendientes de las curvas pertenecientes al curso tributario principal son suaves en los tamaños  $\Phi$  -5,5 a -4 y después aumentan progresivamente hasta los tamaños tipo arenas medias y finas, donde la pendiente de la curva se hace mucho más suave. La pendiente de la muestra 99 se suaviza bruscamente en el rango  $\Phi$  1 para después aumentar bruscamente en los tamaños  $\Phi$  1,5 a 2. Después suaviza nuevamente (Fig. 80).

Hay que destacar que algunas de las curvas presentan inflexiones en su pendiente, las cuales se atribuyen a ausencia de sedimento retenido en el máximo punto de inflexión de la curva. De esta serie de curvas acumulativas se determinaron un conjunto de datos llamado percentiles, los cuales fueron empleados en el cálculo de los parámetros granulométricos.

#### D. Percentiles

En la tabla 6 se presentan algunos percentiles obtenidos en las curvas de frecuencia acumulativa para cada una de las muestras de sedimento estudiado. Se debe resaltar que cada percentil representa el valor en el eje de las abscisas ( $\Phi$ ) para un porcentaje de frecuencia dado en la curva de frecuencia acumulativa correspondiente.

**Tabla 6.** Percentiles 5, 16 25, 50, 75, 84 y 95 correspondientes a la frecuencia acumulada de las 100 muestras estudiadas

Nº muestra	Ubicación	Percentil 5	Percentil 16	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 84	Percentil 95
1	Cauce	-1,1075	-0,4826	-0,0433	1,2672	2,1892	2,5740	4,1429

2	1era Transecta	-1,3047	-0,5893	-0,2734	0,7955	2,2451	2,6922	2,9861
3	Línea de Playa	-0,9966	-0,2875	0,1382	0,9241	1,6134	1,8665	2,4349
4	Línea de Playa	0,1345	0,7190	0,9184	2,0192	2,3079	2,4109	3,1655
5	Línea de Playa	0,0215	0,9430	1,3019	2,0809	2,5991	2,8130	3,2283
6	Línea de Playa	-0,8188	-0,2448	-0,0785	0,8052	1,5857	1,8832	2,8115
7	Línea de Playa	-1,3088	-0,6960	-0,4120	0,2009	0,8828	1,2379	1,9679
8	Línea de Playa	-1,4740	-0,4193	-0,0051	0,9655	1,6244	1,8362	2,3403
9	Línea de Playa	-5,3057	-4,9053	-4,6314	-0,7147	0,6412	0,0275	1,4847
10	Línea de Playa	-0,2922	0,5372	0,7280	1,2170	1,6981	1,8932	2,4590
11	Línea de Playa	0,2265	0,8070	1,0659	1,5653	1,9350	2,1766	2,6954
12	Línea de Playa	-1,2722	-0,3597	0,2004	1,2756	1,9371	2,2786	2,8146
13	1era Transecta	-4,0527	-3,0400	-2,1445	-0,2091	2,2550	3,4746	4,2145
Cont.								
Nº muestra	Ubicación	Percentil 5	Percentil 16	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 84	Percentil 95
14	Línea de Playa	-1,7643	-0,4795	-0,0261	0,7845	1,3451	1,5993	2,0819
15	1era Transecta	-4,6010	-3,3006	-2,3474	-0,3419	2,1233	3,1561	4,2407
16	Línea de Playa	-1,7941	-1,2189	-0,9689	-0,6489	-0,2452	-0,0736	0,4702
17	Línea de Playa	-1,4171	-0,8711	-0,6682	-0,1296	0,7076	1,1061	1,9659
18	Línea de Playa	-0,7315	0,5042	0,8190	1,4241	1,8953	2,2608	2,8292
19	Línea de Playa	-0,5757	0,4927	0,7683	1,3302	1,8217	2,0051	2,5280
20	Línea de Playa	0,5675	1,0345	1,2405	1,6916	2,0757	2,3021	2,7220
21	Línea de Playa	-0,1997	0,0664	0,9336	1,4204	1,9062	2,1552	2,6394
22	Línea de Playa	-1,1671	-0,2860	0,0958	1,0476	1,7881	2,0725	2,6295
23	1era Transecta	-3,9650	-2,1450	-1,0950	0,8052	2,4517	3,2502	3,9887
24	1era Transecta	-3,1145	-1,2618	-0,3963	1,4701	2,6879	3,1289	4,0514
25	1era Transecta	-4,6760	-2,8934	-1,8433	-0,0210	1,8817	2,7022	4,1136

26	1era Transecta	-3,7011	-2,1670	-1,5248	-0,2511	1,2034	1,7441	4,1110
27	1era Transecta	-4,7666	-3,4329	-2,6324	-1,0683	1,0277	1,8220	4,1601
28	Cauce	-4,2968	-3,3558	-2,7961	-0,9946	1,6871	2,2158	4,1011
29	Cauce	-4,7482	-3,8666	-3,2497	-1,7711	1,2437	2,4888	4,2679
30	Cauce	-3,6001	-2,2214	-1,4537	-0,0655	1,4000	1,8320	4,0148
31	Cauce	-2,5257	-0,4057	1,3582	2,5108	3,1927	3,6691	4,2741
32	Cauce	-3,4541	-2,7736	-2,1545	-0,2546	1,9842	2,5829	4,2396
33	Cauce	-4,7354	-3,2710	-2,1586	-0,3592	1,4497	2,1939	3,9175
34	Cauce	-4,6548	-3,8327	-3,3289	-1,5604	1,1678	1,9659	4,1601
35	Cauce	-2,7151	-1,8349	-1,4344	-0,3932	1,0476	1,3629	2,4318
36	Cauce	-4,0286	-3,1329	-2,4337	-1,1520	0,4368	1,2745	2,5087
37	Cauce	-4,1008	-3,1909	-2,3772	-0,5495	1,0737	1,4910	2,5174
38	Cauce	-4,7248	-3,9183	-3,2836	-1,5688	1,0099	1,4377	2,9176
39	Cauce	-5,2562	-4,8260	-4,5529	-2,5634	1,4141	1,8545	4,2527
40	Cauce	-5,9036	-5,6906	-5,5165	-3,0912	1,3650	2,2770	4,1204
41	Cauce	-4,7284	-3,8482	-3,3112	-1,9714	-0,1751	1,1302	2,3575
42	Cauce	-4,8260	-4,3442	-2,6549	-0,4104	2,0485	2,4846	4,2752
43	Cauce	-3,8723	-2,2528	-1,0646	1,5381	2,7503	3,6759	4,2626
44	Cauce	-5,8894	-5,6453	-4,8982	-3,1973	1,2599	2,4966	4,0979
45	Cauce	-3,4336	-2,4551	-1,9653	-0,5086	0,9670	1,7870	3,2455
46	Cauce	-4,5770	-3,4888	-2,7511	-0,5929	1,0062	2,0365	3,7047
47	Cauce	-4,8154	-3,9303	-2,9122	-1,2900	0,6684	1,3362	2,7858

Cont.								
Nº muestra	Ubicación	Percentil 5	Percentil 16	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 84	Percentil 95
48	Cauce	-4,8147	-4,1093	-3,3140	-1,9139	0,0404	1,2332	2,4485
49	Cauce	-4,7638	-3,2928	-2,4348	-0,6975	1,2128	1,4701	2,8015
50	Cauce	-5,8958	-5,6638	-4,9428	-3,2249	-1,2079	0,3233	2,5395
51	Cauce	-4,8586	-4,5458	-3,1874	-0,2917	2,0495	2,6180	4,0556
52	Cauce	-5,3361	-4,9208	-3,8022	-2,0540	0,9723	2,3424	4,0901
53	Cauce	-4,8699	-4,5862	-4,1475	-2,3396	-0,0104	1,4293	4,1931
54	Cauce	-5,2470	-4,6824	-3,8044	-1,8398	0,6669	1,7220	3,7141
55	Cauce	-5,8668	-5,5739	-5,2901	-3,2178	0,3186	2,0338	3,9359
56	Cauce	-4,7602	-3,2808	-2,3631	-0,4591	1,4806	2,3753	3,9389
57	Cauce	-4,9123	-4,7206	-4,5621	-3,2242	-0,5950	0,6736	2,2964
58	Cauce	-4,7956	-4,3208	-3,7768	-2,1058	0,6710	2,1348	3,9546
59	Cauce	-3,2808	-2,3323	-1,8694	-0,7200	0,8347	2,0804	3,7946
60	Cauce	-5,8420	-4,9916	-4,5055	1,0857	2,2781	2,9720	3,9745
61	Cauce	-4,8324	-4,3803	-3,0806	0,6679	2,1947	2,6954	3,8537
62	Cauce	-4,6201	-3,5291	-2,4180	-0,4716	1,0198	2,0804	3,5708
63	Cauce	-4,8571	-4,5437	-3,5688	-1,8579	0,8969	2,2435	3,9197
64	Cauce	-4,9435	-4,8196	-4,7185	-3,3968	0,2480	2,0161	3,5922
66	Cauce	-4,0796	-3,0622	-2,2831	-0,7793	0,8352	1,8607	3,5174
67	Cauce	-3,8942	-2,3307	-1,5149	0,9953	3,2094	3,6477	4,2522
68	Cauce	-3,4640	-2,4907	-1,9542	-0,6463	0,7662	2,0114	2,4846
69	Cauce	-3,2702	-2,1952	-1,7434	-0,5297	0,9179	1,3556	2,9971
70	Cauce	-4,7963	-4,2685	-3,4527	-2,0985	-0,1599	1,0387	2,2435

71	Cauce	0,3442	1,3226	1,6740	2,4627	3,3402	3,7271	4,2370
72	Cauce	-4,8543	-4,5352	-3,3247	1,6216	0,1625	1,1505	2,7790
73	Cauce	-3,4902	-2,2601	-1,6142	-0,2597	0,9424	1,5193	2,3387
74	Cauce	-2,4091	-1,4265	-0,9935	-0,1249	1,5496	1,9350	3,8260
75	Cauce	-4,8501	-4,5204	-3,0761	-1,2775	0,5528	0,9362	2,0040
76	1era Transecta	-4,8055	-3,8433	-2,4745	-0,1108	1,6597	2,5421	3,7341
77	1era Transecta	-2,8196	-0,6766	0,0971	1,0805	1,7007	1,9449	2,6195
78	1era Transecta	-1,3387	-0,6044	-0,2070	0,6266	1,3106	1,5982	2,2749
79	2da Transecta	-4,8345	-4,2933	-2,7647	-0,5731	1,8696	3,2575	4,2093
80	2da Transecta	-3,6183	-2,6460	-1,8987	0,1235	2,4349	3,7036	4,1994
81	2da Transecta	-3,7287	-2,8228	-2,1628	-0,2080	1,9758	3,5499	4,1800
82	2da Transecta	-4,8126	-4,2911	-3,3409	-1,0254	2,1829	3,6686	4,2517
83	2da Transecta	-3,0402	-1,4385	-0,7960	0,6606	2,1437	3,5901	4,2266
84	2da Transecta	-3,4032	-2,3474	-1,7774	-0,0695	2,1227	4,0169	4,3484
85	2da Transecta	-5,2873	-3,9926	2,4614	0,0158	2,3153	4,0524	4,3599

Cont.								
Nº muestra	Ubicación	Percentil 5	Percentil 16	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 84	Percentil 95
86	3era Transecta	-5,8781	-5,6114	-4,6788	-2,1393	1,1404	1,9486	4,2558
87	3era Transecta	-4,8685	-4,5812	-4,2168	-2,2585	1,0538	2,1801	4,2694
88	3era Transecta	-5,3821	-5,1246	-4,7376	-1,7832	1,1935	2,5280	4,1753
89	4ta Transecta	-4,7036	-3,7831	-3,2688	-1,2351	1,1799	1,7525	4,0059
90	4ta Transecta	-5,3439	-5,0000	-4,5175	-1,9458	0,4263	1,4701	4,0848
91	4ta Transecta	-5,3460	-5,0086	-3,7371	-1,7256	1,4267	2,6164	4,1805
92	4ta Transecta	-3,7421	-2,7956	-2,1299	-0,3152	1,7023	2,4391	4,2736
93	5ta Transecta	-4,7354	-4,0400	-3,3742	-1,7523	1,1699	2,2880	4,2841
95	5ta Transecta	-4,6980	-4,0435	-3,3657	-2,0368	-0,0438	1,4183	4,1716
96	6ta Transecta	-4,2020	-3,4067	-3,1103	-1,4119	1,0873	1,7682	4,2098
97	6ta Transecta	-4,8755	-4,6031	-4,1051	-2,6361	-0,1950	1,3885	4,1816

98	Afluente	-4,2027	-3,4251	-3,1846	-2,0859	-0,7707	-0,1050	1,4068
99	Afluente	-3,1202	-1,3862	-0,6243	0,6318	1,7300	1,9172	3,6586
100	Afluente	-3,6282	-3,3046	-2,5054	-1,8088	-0,9667	-0,4899	0,5644

## 5.1.2 Parámetros Estadísticos

### A. Media y Mediana

La media es el promedio aritmético de todos los tamaños de las partículas que conforman la muestra. Es importante señalar que dado que los métodos disponibles para establecer la distribución granulométrica del conjunto de sedimentos no proporcionan tamaños individuales, sólo fue posible calcular una media aproximada, determinada por la expresión propuesta por Folk (1974) para el tamaño promedio.

Así este parámetro fue obtenido a partir de los valores correspondientes a los percentiles estimados en las curvas de frecuencia acumulada para cada una de las muestras estudiadas. De igual forma, se obtuvieron los valores correspondientes a las Mediana, la cual representa el punto medio de la distribución de tamaños de grano. La mediana corresponde al diámetro (en escala  $\Phi$ ) del percentil 50 en la curva de frecuencia acumulada.

En la tabla 7 se pueden observar los valores obtenidos para la media y la mediana para las 100 muestras de estudio con su respectivo significado en la escala  $\Phi$ .

**Tabla 7.** Valores de Media y Mediana para las 100 muestras de sedimento en las distintas zonas del abanico en estudio.

Nº Muestra	Ubicación	Tamaño	Significado	Mediana	Significado
------------	-----------	--------	-------------	---------	-------------



		<b>Promedio (Mz)</b>	<b>en la escala Φ (Folk)</b>		<b>en la escala Φ (Folk)</b>
1	Cauce	1,1377	Arena media	1,2672	Arena media
2	1era Transecta	0,9224	Arena gruesa	0,7955	Arena gruesa
3	Línea de Playa	0,8919	Arena gruesa	0,9241	Arena gruesa
4	Línea de Playa	1,7485	Arena media	2,0192	Arena fina
5	Línea de Playa	1,9940	Arena media	2,0809	Arena fina
6	Línea de Playa	0,7708	Arena gruesa	0,8052	Arena gruesa
7	Línea de Playa	0,2239	Arena gruesa	0,2009	Arena gruesa
8	Línea de Playa	0,8616	Arena gruesa	0,9655	Arena gruesa
9	Línea de Playa	-1,5683	Gránulos	-0,7147	Arena muy gruesa

Continuación					
<b>Nº Muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tamaño Promedio (Mz)</b>	<b>Significado en la escala Φ (Folk)</b>	<b>Mediana</b>	<b>Significado en la escala Φ (Folk)</b>
10	Línea de Playa	1,2144	Arena media	1,217	Arena media
11	Línea de Playa	1,5221	Arena media	1,5653	Arena media
12	Línea de Playa	1,1377	Arena media	1,2756	Arena media
13	1era Transecta	-0,0329	Arena muy gruesa	-0,2091	Arena muy gruesa
14	Línea de Playa	0,7012	Arena gruesa	0,7845	Arena gruesa
15	1era Transecta	-0,1887	Arena muy gruesa	-0,3419	Arena muy gruesa
16	Línea de Playa	-0,6210	Arena muy gruesa	-0,6489	Arena muy gruesa

17	Línea de Playa	-0,0301	Arena muy gruesa	-0,1296	Arena muy gruesa
18	Línea de Playa	1,3795	Arena media	1,4241	Arena media
19	Línea de Playa	1,3067	Arena media	1,3302	Arena media
20	Línea de Playa	1,6693	Arena media	1,6916	Arena media
21	Línea de Playa	1,4201	Arena media	1,4204	Arena media
22	Línea de Playa	0,9772	Arena gruesa	1,0476	Arena media
23	1era Transecta	0,7206	Arena gruesa	0,8052	Arena gruesa
24	1era Transecta	1,2539	Arena media	1,4701	Arena media
25	1era Transecta	0,0058	Arena gruesa	-0,021	Arena muy gruesa
26	1era Transecta	-0,1908	Arena muy gruesa	-0,2511	Arena muy gruesa

Continuación					
Nº Muestra	Ubicación	Tamaño Promedio (Mz)	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)	Mediana	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)
27	1era Transecta	-0,891	Arena muy gruesa	-1,0683	Gránulos
28	Cauce	-0,7012	Arena muy gruesa	-0,9946	Arena muy gruesa
29	Cauce	-1,2590	Gránulos	-1,7711	Gránulos
30	Cauce	-0,0397	Arena muy gruesa	-0,0655	Arena muy gruesa
31	Cauce	2,3539	Arena fina	2,5108	Arena fina
32	Cauce	-0,1416	Arena muy gruesa	-0,2546	Arena muy gruesa
33	Cauce	-0,3560	Arena muy gruesa	-0,3592	Arena muy gruesa
34	Cauce	-1,2405	Gránulos	-1,5604	Gránulos

35	Cauce	-0,2600	Arena muy gruesa	-0,3932	Arena muy gruesa
36	Cauce	-1,0496	Gránulos	-1,152	Gránulos
37	Cauce	-0,6177	Arena muy gruesa	-0,5495	Arena muy gruesa
38	Cauce	-1,2808	Gránulos	-1,5688	Gránulos
39	Cauce	-1,9007	Gránulos	-2,5634	Guijarros finos
40	Cauce	-2,4142	Guijarros finos	-3,0912	Guijarros finos
41	Cauce	-1,8192	Gránulos	-1,9714	Gránulos
42	Cauce	-0,3389	Arena muy gruesa	-0,4104	Arena muy gruesa
43	Cauce	1,0746	Arena media	1,5381	Arena media
44	Cauce	-2,2785	Guijarros finos	-3,1973	Guijarros medios
45	Cauce	-0,5023	Arena muy gruesa	-0,5086	Arena muy gruesa

Continuación					
Nº Muestra	Ubicación	Tamaño Promedio (Mz)	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)	Mediana	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)
46	Cauce	-0,7793	Arena muy gruesa	-0,5929	Arena muy gruesa
47	Cauce	-1,1779	Gránulos	-1,29	Gránulos
48	Cauce	-1,7292	Gránulos	-1,9139	Gránulos
49	Cauce	-0,6398	Arena muy gruesa	-0,6975	Arena muy gruesa
50	Cauce	-3,1252	Guijarros medios	-3,2249	Guijarros medios
51	Cauce	-0,4765	Arena muy gruesa	-0,2917	Arena muy gruesa
52	Cauce	-1,6280	Gránulos	-2,054	Guijarros finos

53	Cauce	-2,1658	Guijarros finos	-2,3396	Guijarros finos
54	Cauce	-1,6591	Gránulos	-1,8398	Gránulos
55	Cauce	-2,7298	Guijarros finos	-3,2178	Guijarros medios
56	Cauce	-0,4472	Arena muy gruesa	-0,4591	Arena muy gruesa
57	Cauce	-2,7938	Guijarros finos	-3,2242	Guijarros medios
58	Cauce	-1,7372	Gránulos	-2,1058	Guijarros finos
59	Cauce	-0,5849	Arena muy gruesa	-0,72	Arena muy gruesa
60	Cauce	-0,3806	Arena muy gruesa	1,0857	Arena media
61	Cauce	-0,0727	Arena muy gruesa	0,6679	Arena gruesa

Continuación					
Nº Muestra	Ubicación	Tamaño Promedio (Mz)	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)	Mediana	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)
62	Cauce	-0,6233	Arena muy gruesa	-0,4716	Arena muy gruesa
63	Cauce	-1,5099	Gránulos	-1,8579	Gránulos
64	Cauce	-2,6224	Guijarros finos	-3,3968	Guijarros medios
66	Cauce	-0,7424	Arena muy gruesa	-0,7793	Arena muy gruesa
67	Cauce	0,8966	Arena gruesa	0,9953	Arena gruesa
68	Cauce	-0,6114	Arena muy gruesa	-0,6463	Arena muy gruesa
69	Cauce	-0,4517	Arena muy gruesa	-0,5297	Arena muy gruesa

70	Cauce	-1,9037	Gránulos	-2,0985	Guijarros finos
71	Cauce	2,4923	Arena fina	2,4627	Arena fina
72	Cauce	-0,5135	Arena muy gruesa	1,6216	Arena media
73	Cauce	-0,3105	Arena muy gruesa	-0,2597	Arena muy gruesa
74	Cauce	0,1437	Arena gruesa	-0,1249	Arena muy gruesa
75	Cauce	-1,2669	Gránulos	-1,2775	Gránulos
76	1era Transecta	-0,3085	Arena muy gruesa	-0,1108	Arena gruesa
77	1era Transecta	0,9594	Arena gruesa	1,0805	Arena media
78	1era Transecta	0,5767	Arena gruesa	0,6266	Arena gruesa
79	2da Transecta	-0,4894	Arena muy gruesa	-0,5731	Arena muy gruesa

Continuación					
Nº Muestra	Ubicación	Tamaño Promedio (Mz)	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)	Mediana	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)
80	2da Transecta	0,2199	Arena gruesa	0,1235	Arena gruesa
81	2da Transecta	-0,1317	Arena muy gruesa	-0,208	Arena muy gruesa
82	2da Transecta	-0,7278	Arena muy gruesa	-1,0254	Gránulos
83	2da Transecta	0,6694	Arena gruesa	0,6606	Arena gruesa
84	2da Transecta	0,0919	Arena gruesa	-0,0695	Arena muy gruesa
85	2da Transecta	1,5975	Arena media	0,0158	Arena gruesa

86	3era Transecta	-1,8926	Gránulos	-2,1393	Guijarros finos
87	3era Transecta	-1,8072	Gránulos	-2,2585	Guijarros finos
88	3era Transecta	-1,7758	Gránulos	-1,7832	Gránulos
89	4ta Transecta	-1,1080	Gránulos	-1,2351	Gránulos
90	4ta Transecta	-2,0123	Guijarros finos	-1,9458	Gránulos
91	4ta Transecta	-1,3453	Gránulos	-1,7256	Gránulos
92	4ta Transecta	-0,2476	Arena muy gruesa	-0,3152	Arena muy gruesa
93	5ta Transecta	-1,3189	Gránulos	-1,7523	Gránulos
95	5ta Transecta	-1,8154	Gránulos	-2,0368	Guijarros finos
96	6ta Transecta	-1,1450	Gránulos	-1,4119	Gránulos
97	6ta Transecta	-2,3121	Guijarros finos	-2,6361	Guijarros finos

Continuación					
Nº Muestra	Ubicación	Tamaño Promedio (Mz)	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)	Mediana	Significado en la escala $\Phi$ (Folk)
98	Afluente	-2,0137	Guijarros finos	-2,0859	Guijarros finos
99	Afluente	0,5792	Arena gruesa	0,6318	Arena gruesa
100	Afluente	-1,7603	Gránulos	-1,8088	Gránulos

Se puede observar en la tabla 7 que en líneas generales el tamaño de grano promedio aumenta progresivamente desde la línea de playa hasta la zona superior del abanico aluvial, teniendo la mayoría de las muestras dentro del rango de las arenas, y aumentando desde arenas medias a finas en la

zona inferior hasta gránulos, guijarros finos y guijarros medios en la zona media y superior del abanico aluvial.

De las 100 muestras que conforman el estudio, 25 no coinciden en los rangos de la escala  $\Phi$  con respecto a la media y la mediana, obteniendo valores generalmente más gruesos en la mediana que en la media.

En la línea de playa el tamaño promedio de grano se ubica en su mayoría en las arenas, variando según la muestra de arena media a arena gruesa y muy gruesa. La muestra 09 presenta una media dentro del rango de los gránulos.

En la 1era Transecta las muestras se ubican dentro del rango de arenas gruesas a muy gruesas, excepto la muestra 24 que se encuentra dentro de las arenas medias. Se presentaron tres muestras que no coinciden en los valores de la media y la mediana con los mismos rangos de la escala  $\Phi$ .

En la segunda transecta los valores se ubican en los valores de arena gruesa y muy gruesa. En la muestra 82 la mediana presenta un valor dentro del rango de los gránulos, el cual no coincide con el valor de la media. En la tercera transecta las muestras se encuentran en el rango de los gránulos, y en ninguna de las muestras coincide el valor de la media con el de la mediana.

En la cuarta transecta los valores de la media y la mediana se ubican en los rangos de gránulos y guijarros finos. La muestra 92 se ubica en el rango de las arenas gruesas. En la muestra no coinciden los valores de la media y la mediana. En la quinta y sexta transecta, los tamaños promedio de

los granos se ubican en los valores de gránulos y guijarros finos. La muestra 95 presenta significados según la escala  $\Phi$  distintos de la media y mediana.

En el cauce de la quebrada el tamaño promedio de los granos varía desde la desembocadura en la línea de playa hasta el punto más alto medido dentro del cauce (muestra 75), obteniendo valores de tamaño de grano más fino en la parte más distal del abanico, en el rango de las arenas y tamaños de grano medios a gruesos en la zona media y superior, en los rangos de gránulos y guijarros. En varios puntos superiores del cauce se tomaron muestras que se encuentran en el rango de las arenas medias a finas (muestra 71 por ejemplo), siendo el rango general de esa zona dentro de los gránulos y guijarros.

Las muestras pertenecientes al curso tributario principal de la quebrada se ubica en el rango de los gránulos y guijarros, sin embargo se tomó una muestra en el rango de las arenas gruesas.

### **B. Escogimiento**

El escogimiento es la medida del rango de los tamaños de granos presentes y la magnitud de ancho o angosto de estos tamaños alrededor del tamaño promedio. Representa la dispersión alrededor de una medida de tendencia central y su expresión matemática es la desviación estándar. Es indicado gráficamente por la pendiente de la curva de frecuencia acumulada. El cálculo del escogimiento en el presente estudio se hizo a partir del método de Folk (1974), el cual creo una escala cualitativa de escogimiento con base en los valores obtenidos analíticamente a partir de los percentiles hallados en la curva de frecuencia acumulada.



En la tabla 8 se pueden observar los valores obtenidos para el escogimiento en las 100 muestras de estudio con su respectivo significado en la escala del grado de escogimiento según Folk (1974).

**Tabla 8.** Valores del escogimiento para las 100 muestras de sedimento estudiadas

<b>Nº de Muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b><math>\sigma_1</math></b>	<b>Grado de Escogimiento</b>
1	Cauce	1,5597	Mal escogido
2	1era Transecta	1,4705	Mal escogido
3	Línea de Playa	1,0584	Mal escogido
4	Línea de Playa	0,8822	Moderadamente escogido
5	Línea de Playa	0,9534	Moderadamente escogido
6	Línea de Playa	1,0820	Mal escogido
7	Línea de Playa	0,9799	Moderadamente escogido
8	Línea de Playa	1,1418	Mal escogido
9	Línea de Playa	2,2620	Muy mal escogido
10	Línea de Playa	0,7558	Moderadamente escogido
11	Línea de Playa	0,7165	Moderadamente escogido
12	Línea de Playa	1,2788	Mal escogido
13	1era Transecta	2,8813	Muy mal escogido
14	Línea de Playa	1,1025	Mal escogido

Continuación			
<b>Nº de Muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b><math>\sigma_1</math></b>	<b>Grado de Escogimiento</b>
15	1era Transecta	2,9538	Muy mal escogido
16	Línea de Playa	0,6294	Moderadamente bien escogido
17	Línea de Playa	1,0069	Mal escogido
18	Línea de Playa	0,9787	Moderadamente escogido
19	Línea de Playa	0,8484	Moderadamente escogido
20	Línea de Playa	0,6433	Moderadamente bien escogido
21	Línea de Playa	0,9524	Moderadamente escogido
22	Línea de Playa	1,1649	Mal escogido
23	1era Transecta	2,5539	Muy mal escogido
24	1era Transecta	2,1834	Muy mal escogido
25	1era Transecta	2,7307	Muy mal escogido

26	1era Transecta	2,1614	Muy mal escogido
27	1era Transecta	2,6663	Muy mal escogido
28	Cauce	2,6653	Muy mal escogido
29	Cauce	2,9549	Muy mal escogido
30	Cauce	2,1671	Muy mal escogido
31	Cauce	2,0490	Muy mal escogido
32	Cauce	2,5048	Muy mal escogido
33	Cauce	2,6773	Muy mal escogido
34	Cauce	2,7852	Muy mal escogido
35	Cauce	1,5793	Mal escogido
36	Cauce	2,0924	Muy mal escogido
37	Cauce	2,1732	Muy mal escogido
38	Cauce	2,4969	Muy mal escogido
39	Cauce	3,1109	Muy mal escogido
40	Cauce	3,5107	Muy mal escogido
41	Cauce	2,3182	Muy mal escogido
42	Cauce	3,0862	Muy mal escogido
43	Cauce	2,7147	Muy mal escogido
44	Cauce	3,5487	Muy mal escogido
45	Cauce	2,0725	Muy mal escogido
46	Cauce	2,6361	Muy mal escogido

Continuación			
Nº de Muestra	Ubicación	$\sigma_1$	Grado de Escogimiento
47	Cauce	2,4683	Muy mal escogido
48	Cauce	2,4361	Muy mal escogido
49	Cauce	2,3370	Muy mal escogido
50	Cauce	2,7749	Muy mal escogido
51	Cauce	3,1416	Muy mal escogido
52	Cauce	3,2440	Muy mal escogido
53	Cauce	2,8771	Muy mal escogido
54	Cauce	2,9588	Muy mal escogido
55	Cauce	3,3872	Muy mal escogido
56	Cauce	2,7321	Muy mal escogido
57	Cauce	2,4408	Muy mal escogido

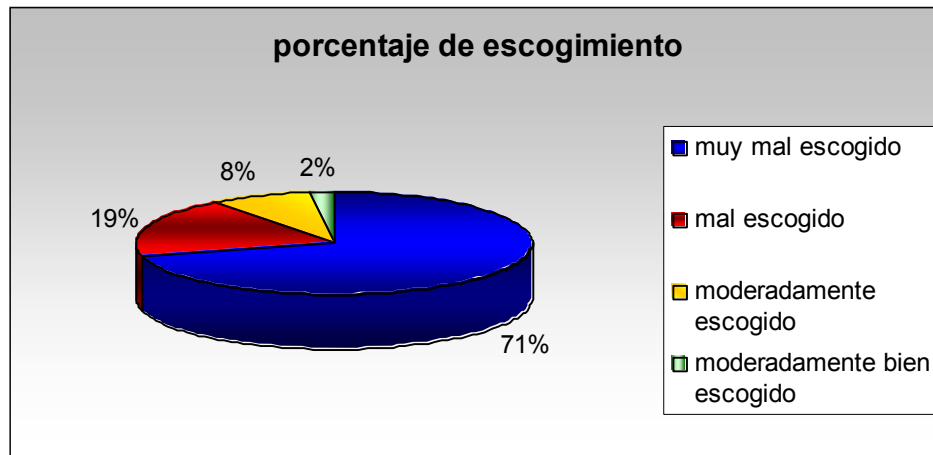
58	Cauce	2,9397	Muy mal escogido
59	Cauce	2,1752	Muy mal escogido
60	Cauce	3,4782	Muy mal escogido
61	Cauce	3,0850	Muy mal escogido
62	Cauce	2,6434	Muy mal escogido
63	Cauce	3,0266	Muy mal escogido
64	Cauce	3,0022	Muy mal escogido
66	Cauce	2,3818	Muy mal escogido
67	Cauce	2,7289	Muy mal escogido
68	Cauce	2,0268	Muy mal escogido
69	Cauce	1,8373	Mal escogido
70	Cauce	2,3934	Muy mal escogido
71	Cauce	1,1909	Mal escogido
72	Cauce	2,5780	Muy mal escogido
73	Cauce	1,8280	Mal escogido
74	Cauce	1,7851	Mal escogido
75	Cauce	2,4027	Muy mal escogido
76	1era Transecta	2,8902	Muy mal escogido
77	1era Transecta	1,4795	Mal escogido
78	1era Transecta	1,0982	Mal escogido
79	2da Transecta	3,2580	Muy mal escogido

Continuación			
Nº de Muestra	Ubicación	$\sigma_1$	Grado de Escogimiento
80	2da Transecta	2,7719	Muy mal escogido
81	2da Transecta	2,7915	Muy mal escogido
82	2da Transecta	3,3633	Muy mal escogido
83	2da Transecta	2,3582	Muy mal escogido
84	2da Transecta	2,7656	Muy mal escogido
85	2da Transecta	3,4729	Muy mal escogido
86	3era Transecta	3,4254	Muy mal escogido
87	3era Transecta	3,0749	Muy mal escogido
88	3era Transecta	3,3612	Muy mal escogido
89	4ta Transecta	2,7035	Muy mal escogido
90	4ta Transecta	3,0461	Muy mal escogido

<b>91</b>	4ta Transecta	3,3497	Muy mal escogido
<b>92</b>	4ta Transecta	2,5232	Muy mal escogido
<b>93</b>	5ta Transecta	2,9486	Muy mal escogido
<b>95</b>	5ta Transecta	2,7093	Muy mal escogido
<b>96</b>	6ta Transecta	2,5682	Muy mal escogido
<b>97</b>	6ta Transecta	2,8702	Muy mal escogido
<b>98</b>	Afluente	1,6799	Mal escogido
<b>99</b>	Afluente	1,8529	Mal escogido
<b>100</b>	Afluente	1,3389	Mal escogido

De la tabla 8 podemos establecer un amplio número de muestras muy mal escogidas, sobre todo en las transectas tomadas en la zona media y distal del abanico, una menor proporción de muestras mal escogidas y un pequeño número de muestras moderadamente escogidas y moderadamente bien escogidas.

En la figura 81 se presentan los porcentajes de escogimiento a lo largo de las 100 muestras tomadas en la zona de estudio. Se observa un amplio dominio de muestras con un muy mal escogimiento, con un 71%, las muestras con mal escogimiento representan el segundo porcentaje dominante en la muestra, con un 19%, las muestras moderadamente escogidas presentan un 8% y las muestras moderadamente bien escogidas representan un 2%. En las 100 muestras recogidas no se observaron muestras muy bien escogidas, bien escogidas o extremadamente mal escogidas.



**Fig. 81.** Distribución porcentual de los diferentes grados de escogimiento en las 100 muestras seleccionadas.

### C. Asimetría

La asimetría es una medida adicional que refleja el grado de escogimiento a través de la cola de la población de tamaño de grano. Las poblaciones de sedimentos que se encontraron en la zona de estudio no están representadas por distribuciones de frecuencia normales, es decir con forma de campana simétrica. Por el contrario tienden a mostrar una distribución asimétrica. Cuando existe exceso de partículas finas dentro de la muestra, la curva de frecuencia muestra una cola hacia valores mayores que la moda en la escala de tamaño y se dice que la distribución es asimétricamente positiva. Cuando el exceso es de granos más gruesos que la media, la cola se presenta hacia los valores negativos de  $\Phi$ , la distribución es asimétricamente negativa.

En la tabla 9 se pueden observar los valores obtenidos para la asimetría en las 100 muestras de estudio con su respectivo significado en la escala del grado de asimetría según Folk (1974).

**Tabla 9.** Valores de la asimetría para las 100 muestras de sedimento estudiadas

<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>SK<sub>1</sub></b>	<b>Asimetría</b>
1	Cauce	-0,025	Casi Asimétrica
2	1era Transecta	0,089	Casi Asimétrica
3	Línea de Playa	-0,122	Asimétrica hacia tamaños gruesos
4	Línea de Playa	-0,390	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
5	Línea de Playa	-0,251	Asimétrica hacia tamaños gruesos
6	Línea de Playa	0,059	Casi Asimétrica
7	Línea de Playa	0,075	Casi Asimétrica
8	Línea de Playa	-0,254	Asimétrica hacia tamaños gruesos
9	Línea de Playa	-0,526	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
10	Línea de Playa	-0,050	Casi Asimétrica
11	Línea de Playa	-0,096	Casi Asimétrica
12	Línea de Playa	-0,243	Asimétrica hacia tamaños gruesos
13	1era Transecta	0,101	Asimétrica hacia tamaños finos
14	Línea de Playa	-0,271	Asimétrica hacia tamaños gruesos
15	1era Transecta	0,060	Casi Asimétrica

Continuación			
<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>SK<sub>1</sub></b>	<b>Asimetría</b>
16	Línea de Playa	-0,003	Casi Asimétrica
17	Línea de Playa	0,244	Asimétrica hacia tamaños finos
18	Línea de Playa	-0,129	Asimétrica hacia tamaños gruesos
19	Línea de Playa	-0,168	Asimétrica hacia tamaños gruesos

20	Línea de Playa	-0,040	Casi Asimétrica
21	Línea de Playa	-0,219	Asimétrica hacia tamaños gruesos
22	Línea de Playa	-0,149	Asimétrica hacia tamaños gruesos
23	1era Transecta	-0,147	Asimétrica hacia tamaños gruesos
24	1era Transecta	-0,262	Asimétrica hacia tamaños gruesos
25	1era Transecta	-0,043	Casi Asimétrica
26	1era Transecta	0,069	Casi Asimétrica
27	1era Transecta	0,136	Asimétrica hacia tamaños finos
28	Cauce	0,183	Asimétrica hacia tamaños finos
29	Cauce	0,340	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
30	Cauce	0,004	Casi Asimétrica
31	Cauce	-0,456	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
32	Cauce	0,114	Asimétrica hacia tamaños finos
33	Cauce	-0,039	Casi Asimétrica
34	Cauce	0,257	Asimétrica hacia tamaños finos
35	Cauce	0,098	Casi Asimétrica

Continuación			
Nº de muestra	Ubicación	SK <sub>1</sub>	Asimetría
36	Cauce	0,111	Asimétrica hacia tamaños finos
37	Cauce	-0,101	Asimétrica hacia tamaños gruesos
38	Cauce	0,148	Asimétrica hacia tamaños finos

39	Cauce	0,378	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
40	Cauce	0,393	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
41	Cauce	0,234	Asimétrica hacia tamaños finos
42	Cauce	-0,061	Casi Asimétrica
43	Cauce	-0,305	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
44	Cauce	0,430	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
45	Cauce	0,103	Asimétrica hacia tamaños finos
46	Cauce	-0,005	Casi Asimétrica
47	Cauce	0,035	Casi Asimétrica
48	Cauce	0,190	Asimétrica hacia tamaños finos
49	Cauce	-0,082	Casi Asimétrica
50	Cauce	0,276	Asimétrica hacia tamaños finos
51	Cauce	-0,106	Asimétrica hacia tamaños gruesos
52	Cauce	0,257	Asimétrica hacia tamaños finos
53	Cauce	0,347	Muy Asimétrica hacia tamaños finos

Continuación			
Nº de muestra	Ubicación	SK <sub>1</sub>	Asimetría
54	Cauce	0,176	Asimétrica hacia tamaños finos
55	Cauce	0,420	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
56	Cauce	0,007	Casi Asimétrica
57	Cauce	0,488	Muy Asimétrica hacia



			tamaños finos
58	Cauce	0,349	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
59	Cauce	0,273	Asimétrica hacia tamaños finos
60	Cauce	-0,469	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
61	Cauce	-0,347	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
62	Cauce	-0,052	Casi Asimétrica
63	Cauce	0,263	Asimétrica hacia tamaños finos
64	Cauce	0,611	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
66	Cauce	0,102	Asimétrica hacia tamaños finos
67	Cauce	-0,157	Asimétrica hacia tamaños gruesos
68	Cauce	0,117	Asimétrica hacia tamaños finos
69	Cauce	0,094	Casi Asimétrica
70	Cauce	0,208	Asimétrica hacia tamaños finos
71	Cauce	-0,018	Casi Asimétrica
72	Cauce	-0,931	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos

Continuación			
Nº de muestra	Ubicación	SK <sub>1</sub>	Asimetría
73	Cauce	-0,084	Casi Asimétrica
74	Cauce	0,246	Asimétrica hacia tamaños finos
75	Cauce	-0,116	Asimétrica hacia tamaños gruesos
76	1era Transecta	-0,134	Asimétrica hacia tamaños

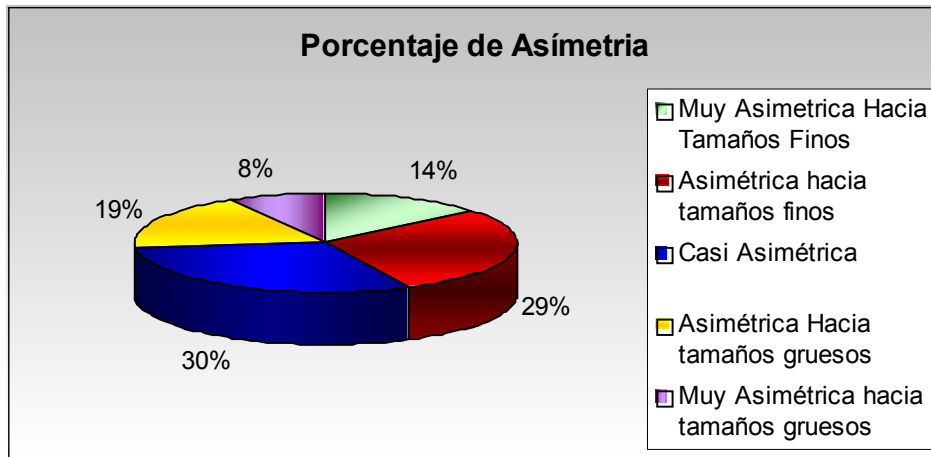
			gruesos
77	1era Transecta	-0,387	Muy Asimétrica hacia tamaños gruesos
78	1era Transecta	-0,103	Asimétrica hacia tamaños gruesos
79	2da Transecta	0,036	Casi Asimétrica
80	2da Transecta	0,085	Casi Asimétrica
81	2da Transecta	0,145	Asimétrica hacia tamaños finos
82	2da Transecta	0,172	Asimétrica hacia tamaños finos
83	2da Transecta	0,073	Casi Asimétrica
84	2da Transecta	0,212	Asimétrica hacia tamaños finos
85	2da Transecta	-0,048	Casi Asimétrica
86	3era Transecta	0,172	Asimétrica hacia tamaños finos
87	3era Transecta	0,371	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
88	3era Transecta	0,187	Asimétrica hacia tamaños finos
89	4ta Transecta	0,141	Asimétrica hacia tamaños finos
90	4ta Transecta	0,168	Asimétrica hacia tamaños finos

Continuación			
Nº de muestra	Ubicación	SK <sub>1</sub>	Asimetría
91	4ta Transecta	0,189	Asimétrica hacia tamaños finos
92	4ta Transecta	0,099	Casi Asimétrica
93	5ta Transecta	0,308	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
95	5ta Transecta	0,333	Muy Asimétrica hacia

			tamaños finos
<b>96</b>	6ta Transecta	0,283	Asimétrica hacia tamaños finos
<b>97</b>	6ta Transecta	0,424	Muy Asimétrica hacia tamaños finos
<b>98</b>	Afluente	0,219	Asimétrica hacia tamaños finos
<b>99</b>	Afluente	-0,164	Asimétrica hacia tamaños gruesos
<b>100</b>	Afluente	0,035	Casi asimétrica

En la tabla 9 podemos establecer que los rangos de asimetría de las muestras estudiadas son distribuidos a lo largo de la superficie del abanico aluvial. La predominancia de la asimetría esta en las muestras casi asimétricas, una proporción similar es de muestras asimétricas hacia tamaños finos, otro grupo de menor proporción es de muestras asimétricas hacia los tamaños gruesos, y las menores proporciones dentro del abanico aluvial son las muestras muy asimétricas hacia los tamaños finos y muy asimétricas hacia los tamaños gruesos.

En la figura 81.1 se presentan los porcentajes de asimetría a lo largo de las 100 muestras tomadas en la zona de estudio. Se observa el dominio de muestras casi asimétricas, con un 30%, seguido por las muestras Asimétricas hacia tamaños finos, con un 29%, las muestras asimétricas hacia tamaños gruesos presentan un 19%, las muestras muy asimétricas hacia tamaños finos representan un 14% y las muestras muy asimétricas hacia los tamaños gruesos representan un 8%.



**Fig. 81.1.** Distribución porcentual de los diferentes grados de asimetría para las 100 muestras seleccionadas.

#### D. Curtosis

Podemos definir la curtosis como la medida de la agudeza de la curva de frecuencia. Una curva de frecuencia que indica un sedimento bien escogido presenta un pico prominente y presenta un corto rango de clases de tamaños de granos. Mientras que la curva de frecuencia que indica un sedimento pobremente escogido es de pico bajo y presenta un ancho rango de clases de tamaño de granos. Las curvas muy agudas se denominan leptocúrticas, mientras que las muy achatadas se denominan platicúrticas.

El cálculo de la curtosis se puede apreciar en la tabla X, donde se expresa el coeficiente ( $K_G$ ) para las 100 muestras de estudio con su respectivo significado en la escala de curtosis

Podemos establecer en líneas generales una agudeza de las curvas en la tabla 10, donde predominan las curvas platicúrticas, seguido por las mesocúrticas. Las curvas muy Platicúrticas, leptocúrticas y muy leptocúrticas

son escasas. En la línea de playa y primera transecta, la tendencia de las curvas es mesocúrtica a platicúrtica, con algunas curvas leptocúrticas. En la segunda tercera y cuarta transecta la tendencia de las curvas es platicúrtica, con algunas curvas muy platicúrticas y algunas curvas mesocúrticas. En la quinta y la sexta transecta se encuentran curvas platicúrticas y mesocúrticas.

**Tabla 10.** Valores de la curtosis para las 100 muestras de sedimento estudiadas.

<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>K<sub>G</sub></b>	<b>Curtosis</b>
1	Cauce	0,9639	Mesocúrtica
2	1era Transecta	0,6982	Platicúrtica
3	Línea de Playa	0,9533	Mesocúrtica
4	Línea de Playa	0,8940	Platicúrtica
5	Línea de Playa	1,0132	Mesocúrtica
6	Línea de Playa	0,8940	Platicúrtica
7	Línea de Playa	1,0372	Mesocúrtica
8	Línea de Playa	0,9593	Mesocúrtica
9	Línea de Playa	0,5278	Muy Platicúrtica
10	Línea de Playa	1,1623	Leptocúrtica
11	Línea de Playa	1,1642	Leptocúrtica
12	Línea de Playa	0,9644	Mesocúrtica
13	1era Transecta	0,7701	Platicúrtica
14	Línea de Playa	1,1496	Mesocúrtica
15	1era Transecta	0,8105	Platicúrtica
16	Línea de Playa	1,2823	Mesocúrtica
17	Línea de Playa	1,0078	Mesocúrtica
18	Línea de Playa	1,3559	Mesocúrtica
19	Línea de Playa	1,2075	Mesocúrtica
20	Línea de Playa	1,0572	Mesocúrtica
21	Línea de Playa	1,1963	Mesocúrtica

Continuación			
<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>K<sub>G</sub></b>	<b>Curtosis</b>
22	Línea de Playa	0,9194	Mesocúrtica
23	1era Transecta	0,9191	Mesocúrtica

24	1era Transecta	0,9522	Mesocúrtica
25	1era Transecta	0,9671	Mesocúrtica
26	1era Transecta	1,1736	Mesocúrtica
27	1era Transecta	0,9996	Mesocúrtica
28	Cauce	0,7677	Platicúrtica
29	Cauce	0,8223	Platicúrtica
30	Cauce	1,0936	Mesocúrtica
31	Cauce	1,5191	Muy Leptocúrtica
32	Cauce	0,7619	Platicúrtica
33	Cauce	0,9828	Mesocúrtica
34	Cauce	0,8034	Platicúrtica
35	Cauce	0,8499	Platicúrtica
36	Cauce	0,9334	Mesocúrtica
37	Cauce	0,7860	Platicúrtica
38	Cauce	0,7295	Platicúrtica
39	Cauce	0,6531	Muy Platicúrtica
40	Cauce	0,5970	Muy Platicúrtica
41	Cauce	0,9260	Mesocúrtica
42	Cauce	0,7930	Platicúrtica
43	Cauce	0,8739	Platicúrtica
44	Cauce	0,6647	Muy Platicúrtica
45	Cauce	0,9335	Mesocúrtica
46	Cauce	0,9033	Platicúrtica
47	Cauce	0,8700	Platicúrtica
48	Cauce	0,8874	Platicúrtica
49	Cauce	0,8500	Platicúrtica
50	Cauce	0,9256	Mesocúrtica
51	Cauce	0,6976	Muy Platicúrtica

continuación			
Nº de muestra	Ubicación	K <sub>G</sub>	Curtosis
52	Cauce	0,8091	Platicúrtica
53	Cauce	0,8978	Platicúrtica
54	Cauce	0,8214	Platicúrtica

55	Cauce	0,7163	Platicúrtica
56	Cauce	0,9275	Mesocúrtica
57	Cauce	0,7447	Platicúrtica
58	Cauce	0,8063	Platicúrtica
59	Cauce	1,0724	Mesocúrtica
60	Cauce	0,5931	Muy Platicúrtica
61	Cauce	0,6748	Platicúrtica
62	Cauce	0,9765	Mesocúrtica
63	Cauce	0,8055	Platicúrtica
64	Cauce	0,7044	Platicúrtica
66	Cauce	0,9985	Mesocúrtica
67	Cauce	0,7067	Platicúrtica
68	Cauce	0,8962	Platicúrtica
69	Cauce	0,9652	Mesocúrtica
70	Cauce	0,8762	Platicúrtica
71	Cauce	0,9575	Mesocúrtica
72	Cauce	0,8971	Platicúrtica
73	Cauce	0,9344	Mesocúrtica
74	Cauce	1,0048	Mesocúrtica
75	Cauce	0,7741	Platicúrtica
76	1era Transecta	0,8466	Platicúrtica
77	1era Transecta	1,3901	Leptocúrtica
78	1era Transecta	0,9759	Mesocúrtica
79	2da Transecta	0,7998	Platicúrtica
80	2da Transecta	0,7393	Platicúrtica
81	2da Transecta	0,7832	Platicúrtica
82	2da Transecta	0,6725	Platicúrtica
83	2da Transecta	1,0131	Mesocúrtica
84	2da Transecta	0,8146	Platicúrtica
85	2da Transecta	0,8277	Platicúrtica

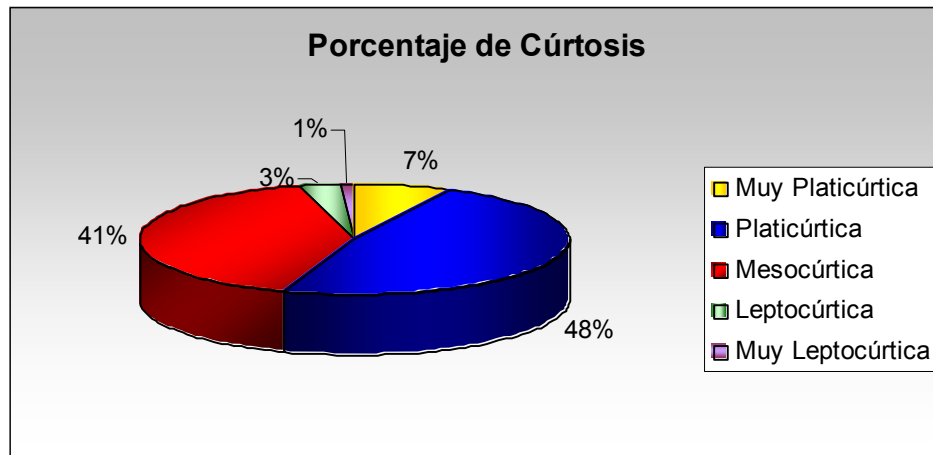
Continuación			
Nº de muestra	Ubicación	K <sub>G</sub>	Curtósis
86	3era Transecta	0,7137	Platicúrtica

<b>87</b>	3era Transecta	0,7106	Platicúrtica
<b>88</b>	3era Transecta	0,6604	Muy Platicúrtica
<b>89</b>	4ta Transecta	0,8024	Platicúrtica
<b>90</b>	4ta Transecta	0,7816	Platicúrtica
<b>91</b>	4ta Transecta	0,7561	Platicúrtica
<b>92</b>	4ta Transecta	0,8572	Platicúrtica
<b>93</b>	5ta Transecta	0,8135	Platicúrtica
<b>95</b>	5ta Transecta	1,0943	Mesocúrtica
<b>96</b>	6ta Transecta	0,8213	Platicúrtica
<b>97</b>	6ta Transecta	0,9493	Mesocúrtica
<b>98</b>	Afluente	0,9524	Mesocúrtica
<b>99</b>	Afluente	1,1801	Mesocúrtica
<b>100</b>	Afluente	1,1167	Mesocúrtica

En el cauce de la quebrada la tendencia de las curvas es platicúrtica y mesocúrtica, con algunas curvas muy platicúrticas, sin mayor distinción por regiones del cauce. Sin embargo se destaca la muestra 31 por ser muy leptocúrtica.

En la figura 82 se presentan los porcentajes de curtosis a lo largo de las 100 muestras tomadas en la zona de estudio. Se observa el dominio de muestras casi platicúrticas, con un 48%, seguido por las muestras mesocúrticas, con un 41%, las muestras muy platicúrticas 7%, las muestras leptocúrticas representan un 3% y las muestras muy leptocúrticas representan un 1%





**Fig. 82.** Distribución porcentual de los diferentes grados de curtosis para las 100 muestras seleccionadas

## 5.2 Morfología de los Granos

La morfología de las partículas es considerada como parte de la descripción litológica estándar e incluye, rasgos como esfericidad, forma y redondez de las partículas sedimentarias de estudio. De la morfología de las partículas puede obtenerse una información cualitativa.

En el estudio morfológico, las muestras que presentaron la fracción de tamaño más grueso de partículas corresponden a los números 9, 76, 85, 86, 90, 95, 97 40, 50, 55 y 64, pertenecientes a la línea de playa, las seis transectas y el cauce de la quebrada respectivamente. Es importante señalar, que de las muestras correspondientes al cauce de la quebrada se seleccionaron sólo las muestras 40, 50, 55 y 64, debido a que representan la zona media, la superior y el ápice del abanico aluvial.

### 5.2.1 Forma

La Forma del grano se refiere a las características geométricas de las tres dimensiones de los granos y refleja el origen, historia y estructura interna de las partículas. Las formas obtenidas según la clasificación de formas según Zingg (1935), son expresadas en la tabla 11.

**Tabla 11.** Formas de Zingg aplicadas a las muestras correspondientes a las seis Transectas, la línea de playa y el cauce de la quebrada

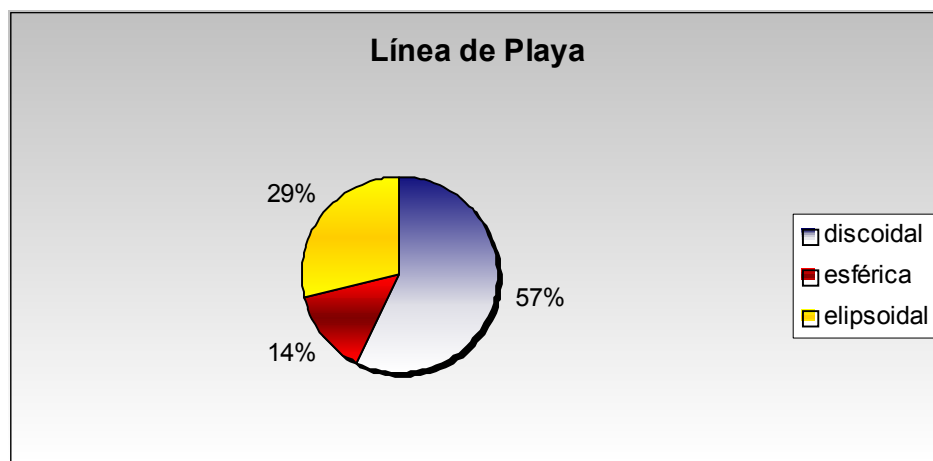
Muestra	ubicación	zona del abanico	No de clastos	discoidal	esférica	elipsoidal	cilíndrica
9	línea de playa	distal	7	4	1	2	0
76	1era Transecta	distal	5	1	0	2	2
85	2da Transecta	distal	6	3	1	0	2
86	3ra Transecta	distal-media	8	2	3	1	2
90	4ta Transecta	media	6	2	2	1	1
95	5ta Transecta	media	7	2	3	2	0
97	6ta Transecta	media	7	4	1	0	2
40	Cauce	media	6	4	2	0	0
50	Cauce	proximal	7	3	2	0	2
55	Cauce	proximal	7	5	1	0	1
64	Cauce	ápice	7	3	2	0	2

En tabla 11 se observa que la forma que más se repite a lo largo de la zona de estudio es la discoidal, la cual presenta una distribución relativamente similar a lo largo de las zonas del abanico, la forma esférica es la segunda más relevante presentando una distribución un poco mayor en la zona media, seguida de la forma cilíndrica, la cual tuvo una mayor frecuencia

en la zona distal. La forma elipsoidal se distribuye a lo largo de las zonas distal y media, mientras que no se observó en la zona proximal.

Se calculó el porcentaje de cada una de las formas en las transectas correspondientes a las muestras estudiadas. De esta forma se puede observar gráficamente la distribución de formas para cada una de las zonas del abanico aluvial. Así las transectas 1,2 y 3, como la línea de playa representan la zona distal del abanico, las 4, 5 6 y la muestra 40 del cauce la zona media y las muestras 50, 55 y 64 abarcan la zona superior y el ápice.

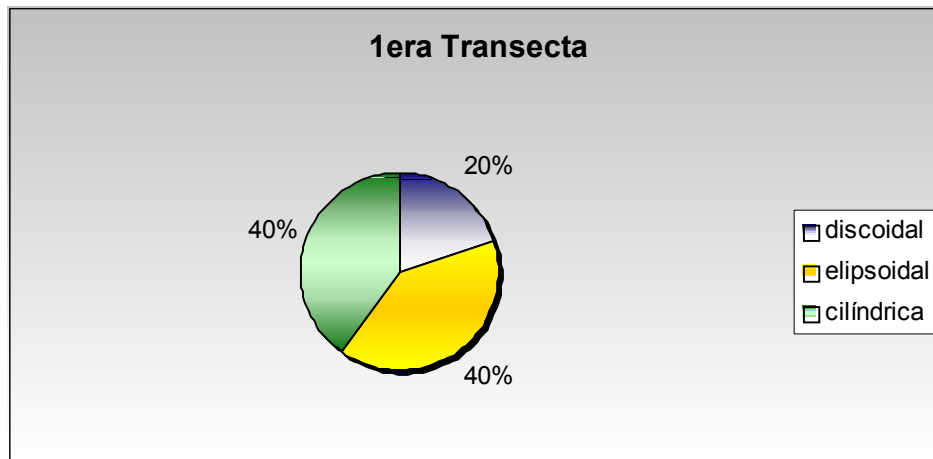
En la figura 83 se muestra la proporción de las distintas formas obtenidas para la línea de playa. Se observa el mayor porcentaje en la forma discoidal, con un 57% de la muestra total, seguido por un 29% para las formas elipsoidales y un 14% para las formas esféricas. No se observó la presencia de formas cilíndricas.



**Fig. 83 .** Porcentaje de formas de Zingg para la línea de playa

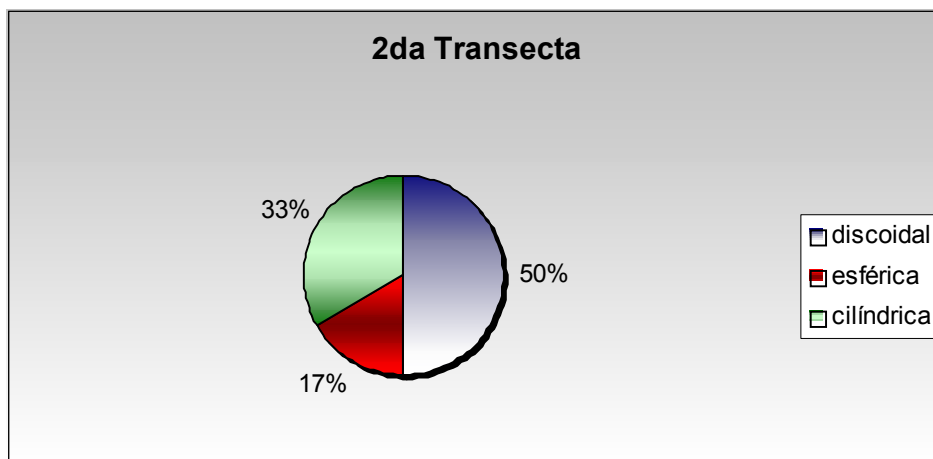
De igual forma se presentan la figuras 84 a 89 para las seis distintas transectas. En la 1era transecta (Fig. 84), se observa una igual distribución en las formas elipsoidales y cilíndricas, ambas con un 40%, mientras que las

formas discoidales presentan un 20% de las formas estudiadas. Las formas esféricas no se observaron en esta transecta.



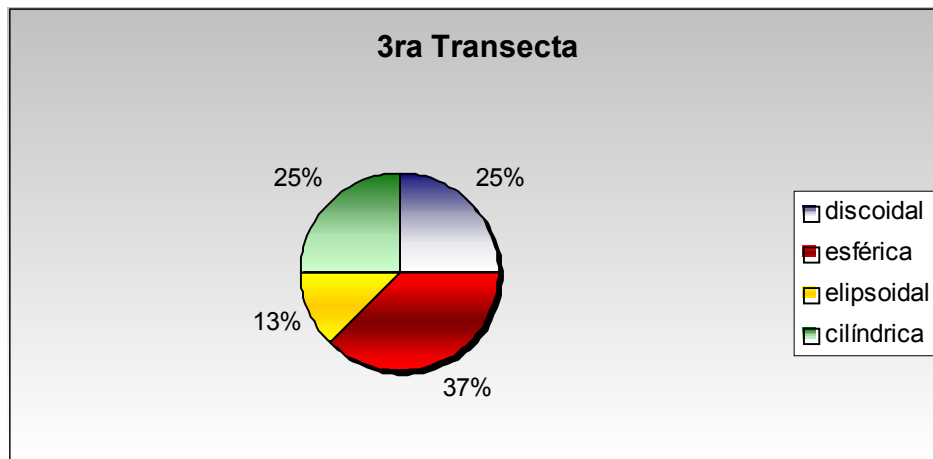
**Fig. 84.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 1era Transecta.

En la grafica 85 referente a la distribución de formas para la segunda transecta se observa un 50% de dominancia de las formas discoidales, seguida de las formas cilíndricas, con un 33% y un 17% para las formas esféricas. No se observan formas elipsoidales.



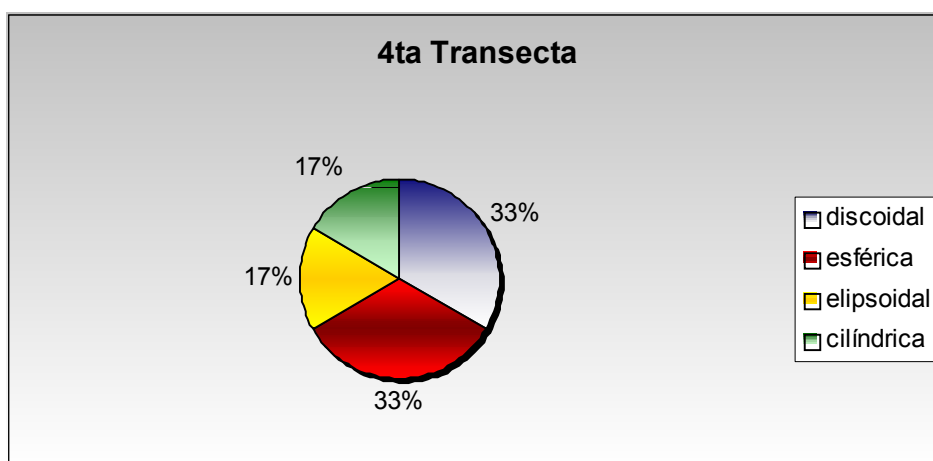
**Fig. 85.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 2da Transecta.

En la tercera transecta, representada en la figura 86, la forma dominante fue la esférica, con un 37%, mientras que las discoidales y las cilíndricas presentan un 25% cada una. La forma elipsoidal representa el 13% de la muestra.



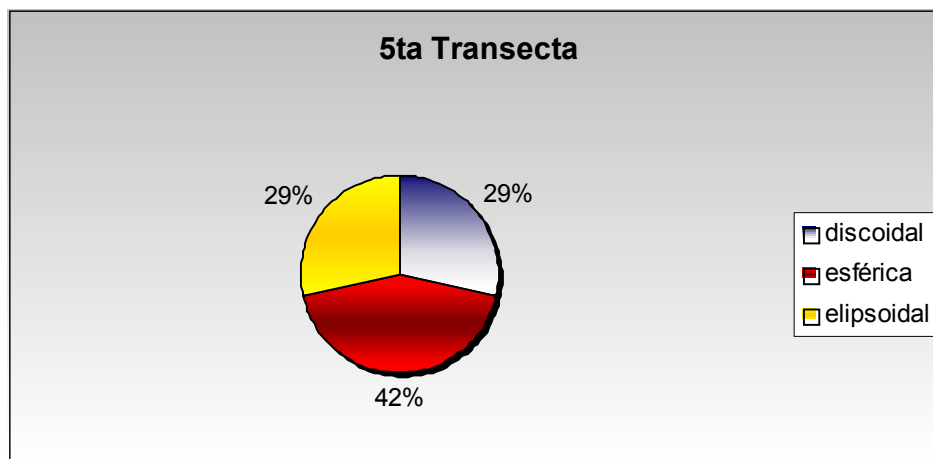
**Fig. 86.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 3ra Transecta.

En la 4ta transecta (Fig. 87), se observa una similitud en las formas discoidales y esféricas, ambas con un 33%, mientras que las formas elipsoidales y cilíndricas representan un 17% cada una.



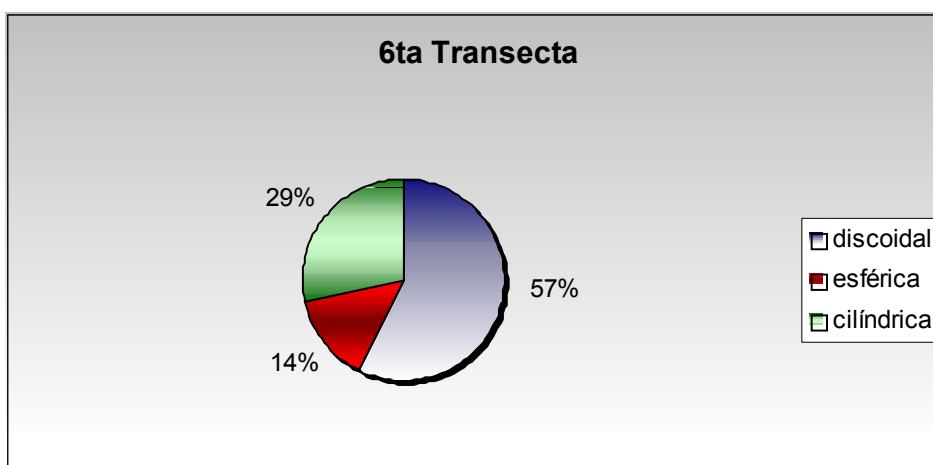
**Fig. 87.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 4ta Transecta.

En la quinta transecta se observa una mayor relevancia de las formas esféricas, con un 42% del total de la muestra. Las formas discoidales y elipsoidales representan un 29% del total. Las formas cilíndricas no se observaron en esta muestra (Fig. 88).



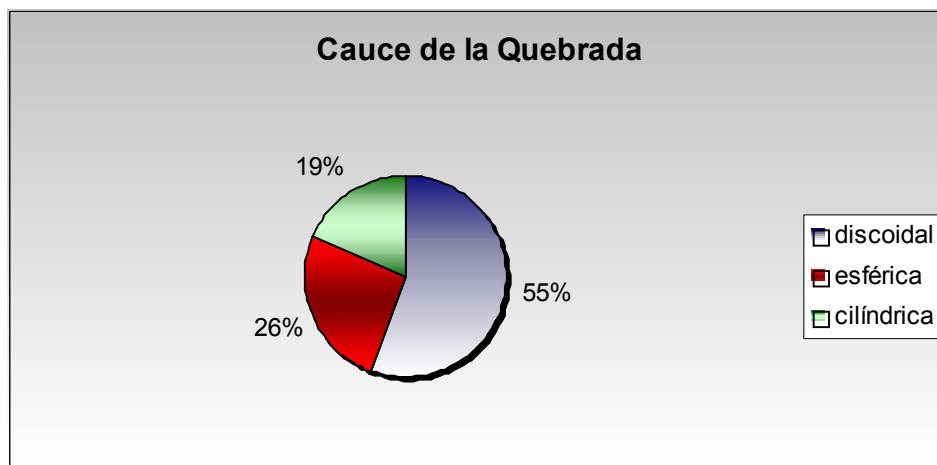
**Fig. 88.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 5ta Transecta.

En la Figura 89 se observa la relevancia de las formas discoidales para la 6ta transecta estudiada, representando un 57% de la muestra total. La forma cilíndrica es la segunda en importancia con un 29% y las formas esféricas representan un 14%. Las formas elipsoidales no se observaron.



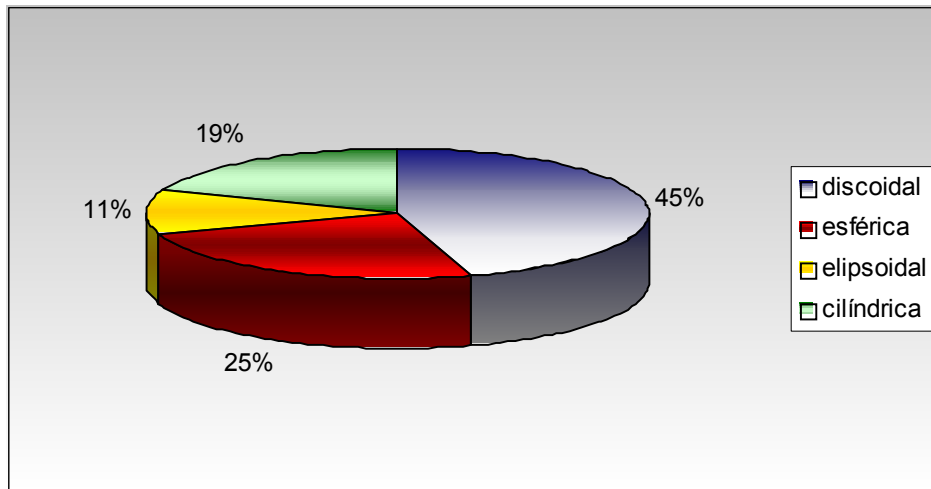
**Fig. 89.** Porcentaje de Formas de Zingg para la 6ta Transecta.

La figura 90 fue elaborada con los resultados de las muestras 40, 50, 55 y 64 pertenecientes al cauce de la quebrada Camurí Chico, a la altura de las zonas media y superior del abanico. Se observó una predominancia sobre las formas discoidales, con un 55%, las formas esféricas con un 26% y las formas cilíndricas con un 19%. No se observaron formas elipsoidales en las muestras que representan la zona.



**Fig. 90.** Porcentaje de Formas de Zingg para el cauce de la quebrada Camurí Chico a la altura de las zonas media, superior y ápice del abanico

Finalmente, en la figura 90.1 se estimó el porcentaje de distribución total de las formas estudiadas a lo largo del abanico aluvial. Se observa una predominancia sobre las formas discoidales, con un 45%, seguido por las formas esféricas, con un 25%, un 19% para las formas elipsoidales y un 11% en las formas cilíndricas.



**Fig. 90.1.** Distribución de las formas de Zingg a lo largo del abanico aluvial.

### 5.2.2 Redondez

La redondez de un grano está determinada por la angulosidad de sus aristas, puede ayudar a comprender la historia abrasiva de las partículas estudiadas.

La estimación de la redondez en las muestras estudiadas, realizada a partir de las cartas de estimación visual según Krumbein (1941) se reflejan en la tabla 12. Se puede observar una relevancia de los granos sub redondeados, sobre todo a lo largo de las muestras pertenecientes al cauce de la quebrada. Los granos sub angulares representan la segunda clase de redondez más relevante, siendo además la única clase presente en todas las muestras representativas del cono aluvial. La clase angular es la tercera en importancia, pero no se observa en los granos pertenecientes a las muestras del cauce de la quebrada. Las clases de granos redondeados y bien redondeados sólo se observaron en la muestra representativa de la línea de playa, representando un pequeño porcentaje sobre la muestra total.



**Tabla 12.** Estimación obtenida de la redondez en las muestras correspondientes a las 6 transectas, la línea de playa y el cauce de la quebrada.

muestra	ubicación	No de clastos	angular	sub angular	sub redondeado
9	línea de playa	7	1	2	1
76	1era Transecta	5	3	2	0
85	2da Transecta	6	2	3	1
86	3ra Transecta	8	1	3	4
90	4ta Transecta	6	2	3	1
95	5ta Transecta	7	1	3	3
97	6ta Transecta	7	3	2	2
40	Cauce	6	0	1	5
50	Cauce	7	0	1	6
55	Cauce	7	0	3	4
64	Cauce	7	0	4	3

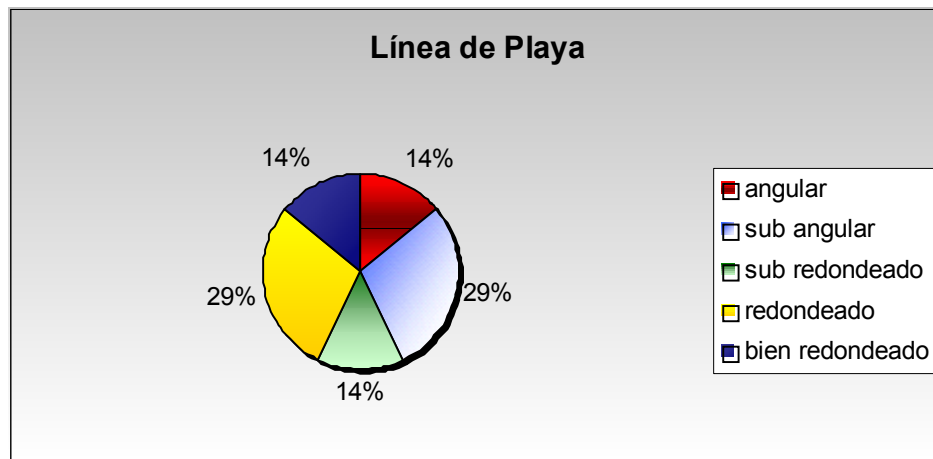
Continuación de la tabla 12

muestra	ubicación	No de clastos	redondeado	bien redondeado
9	línea de playa	7	2	1
76	1era Transecta	5	0	0
85	2da Transecta	6	0	0
86	3ra Transecta	8	0	0
90	4ta Transecta	6	0	0
95	5ta Transecta	7	0	0
97	6ta Transecta	7	0	0
40	Cauce	6	0	0
50	Cauce	7	0	0
55	Cauce	7	0	0
64	Cauce	7	0	0

A su vez se calculó la distribución porcentual de las clases de redondez según las cartas de estimación visual de Krumbein (1941) para la línea de playa, así como cada una de las transectas levantadas y el cauce de

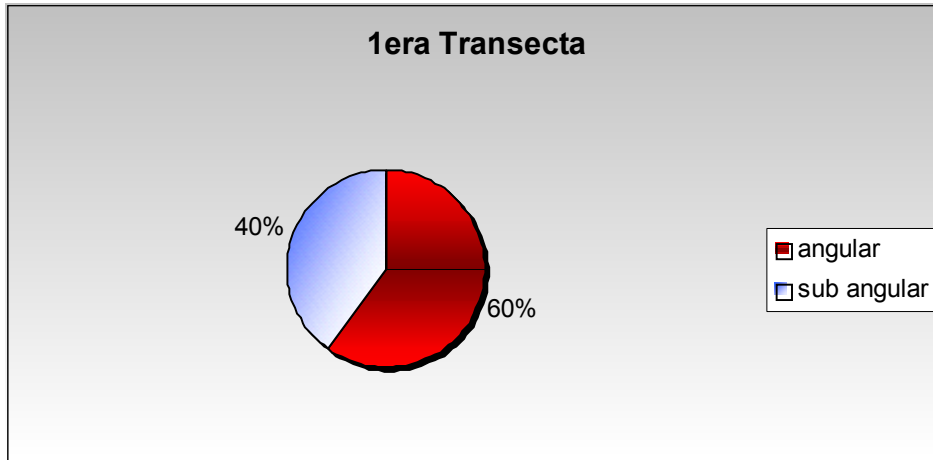
la quebrada. Esto facilitó la comprensión de la estimación de la redondez a lo largo de cada una de las zonas del abanico aluvial.

En la figura 91 que representa la línea de playa, se destacan los porcentajes de granos sub angulares y redondeados con un 29% cada uno. Los porcentajes de granos angulares sub redondeados y redondeados representan un 14% cada uno sobre la muestra total. La línea de playa fue la única transecta que contuvo un porcentaje de granos redondeados y bien redondeados.



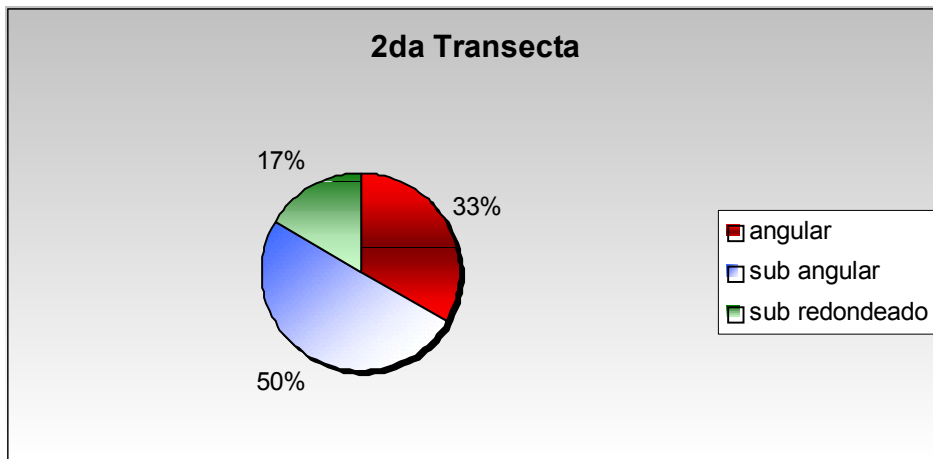
**Fig. 91.** Distribución de las clases de redondez para la línea de playa.

En la muestra que representa la primera transecta (Fig. 92), la distribución de clastos según su grado de redondez se restringe a las clases sub angulares y angulares, siendo las angulares las más representativas, abarcando un 60% de la muestra, mientras que las sub angulares representan el 40%. No se observaron granos sub redondeados, redondeados ni bien redondeados.



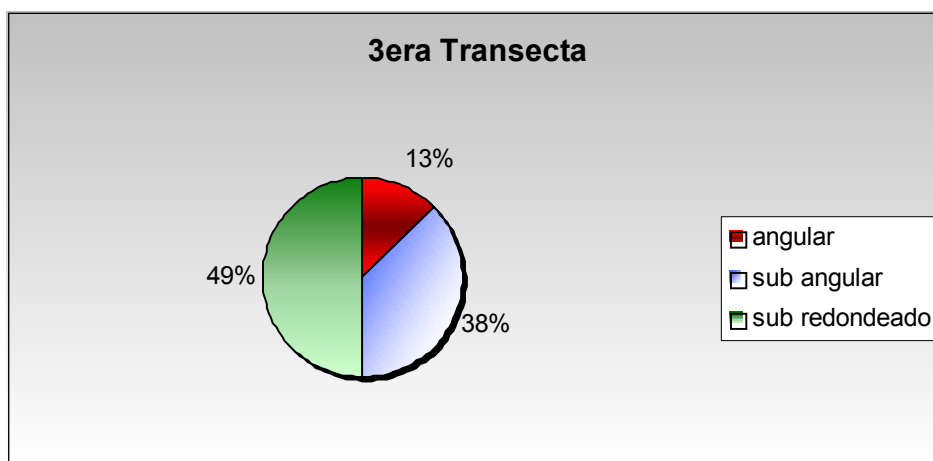
**Fig. 92.** Distribución de las clases de redondez para la 1era Transecta.

En la segunda transecta (Fig. 93), hubo una predominancia de granos sub angulares en la distribución de los clastos, abarcando un 50%, seguido por los granos angulares, con un 33% y un 17% perteneciente a los granos sub redondeados. No hay presencia de granos redondeados ni bien redondeados.



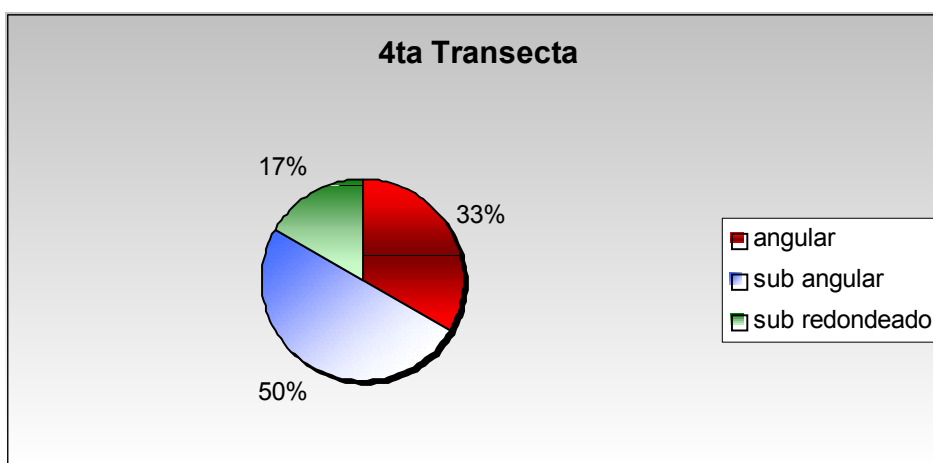
**Fig. 93.** Distribución de las clases de redondez para la 2da Transecta.

En la tercera transecta (Fig. 94), dominan los granos subredondeados, con un 49% de la muestra, observándose un 38% de granos subangulares y un 13 % de granos angulares.



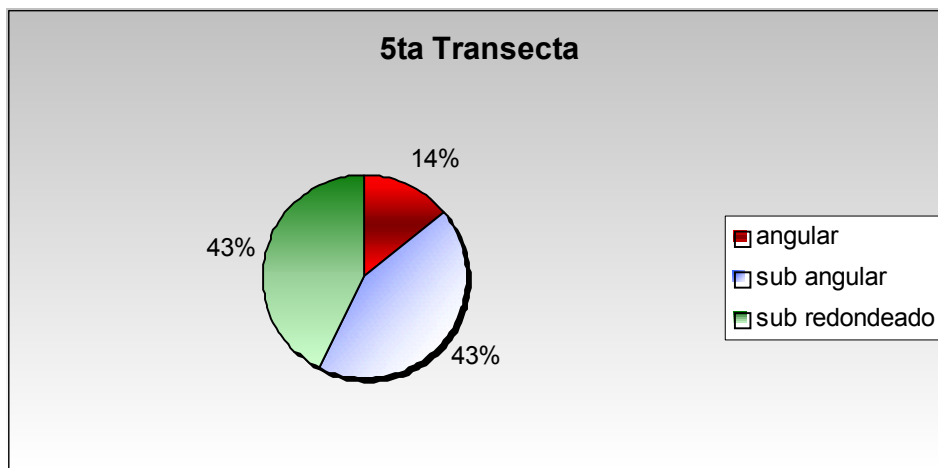
**Fig. 94.** Distribución de las clases de redondez para la 3era Transecta.

En la figura 95 se observa que los granos sub angulares son dominantes en la 4ta transecta, con un 50% del total de la muestra, los granos angulares representan un 33%, mientras que los granos sub redondeados un 17%



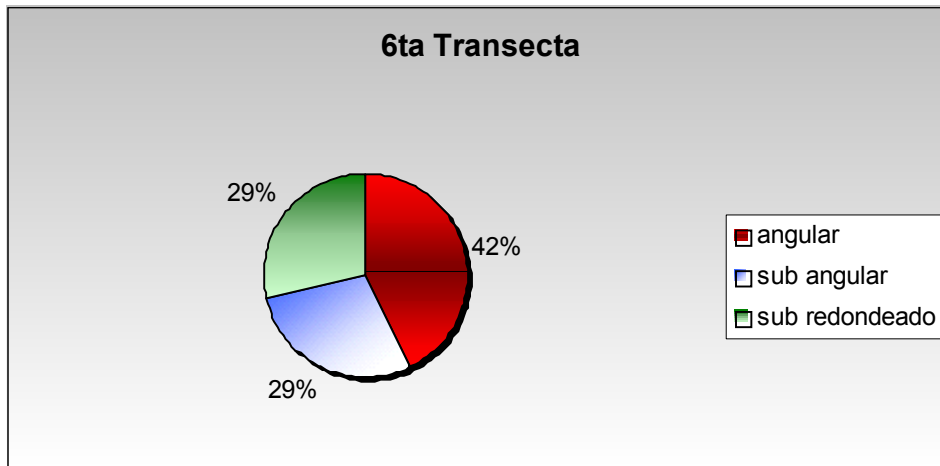
**Fig. 95.** Distribución de las clases de redondez para la 4ta Transecta.

La distribución del grado de redondez en la quinta transecta (Fig. 96) posee una igualdad de granos sub angulares y sub redondeados, con un 43% cada uno, mientras que los granos angulares representan un 14%. En esta zona tampoco se observaron granos redondeados ni bien redondeados.



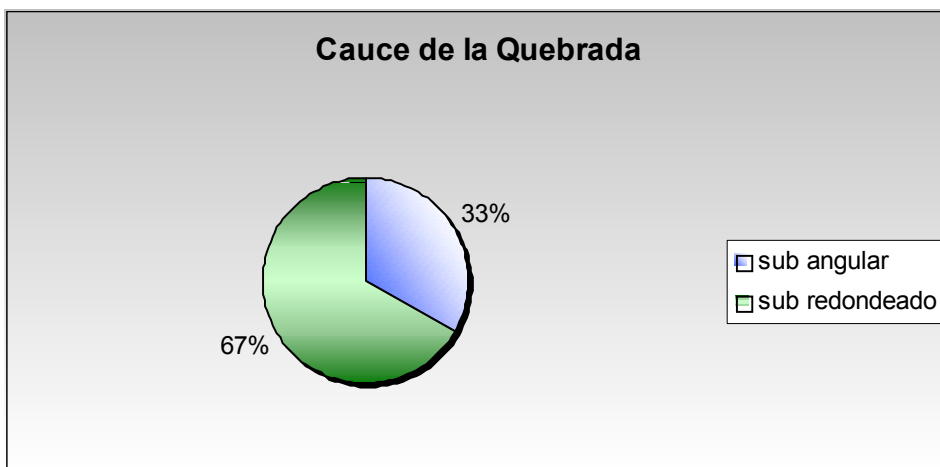
**Fig. 96.** Distribución de las clases de redondez para la 5ta Transecta.

En la sexta transecta (Fig. 97) se observa una distribución del 42% para los granos angulares, seguido de una similitud entre los granos sub angulares y los granos sub redondeados, ambos con un 29%. Los granos redondeados y sub redondeados no fueron observados.



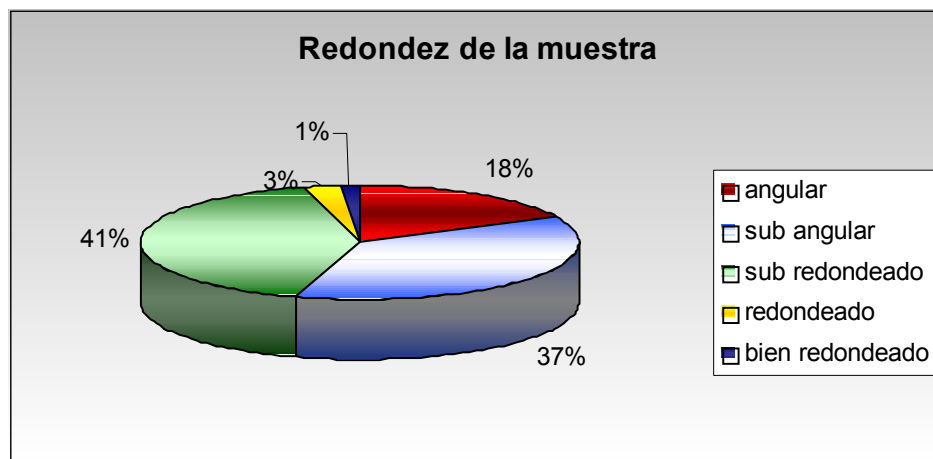
**Fig. 97.** Distribución de las clases de redondez para la 6ta Transecta.

En el cauce de la quebrada (Fig. 98) se observa una gran relevancia de granos sub redondeados, con un 67% de la muestra, mientras que el resto del porcentaje pertenece a los granos sub angulares, con un 33% sobre la muestra total. Los granos angulares no fueron observados en esta muestra.



**Fig. 98.** Distribución de las clases de redondez para el Cauce de la quebrada a la altura de las zonas media, proximal y el ápice del abanico.

Finalmente se estimó el porcentaje de redondez de granos en toda la superficie del abanico aluvial, observándose una predominancia en los granos sub redondeados, con 41%, esto se debe al número de muestras observadas en el cauce del río, las cuales representan las zonas media, superior y ápice del abanico aluvial. Sin embargo, es importante señalar, que en las zonas media-distal, distal y línea de playa representadas en las transectas 1 2 y 3, así como la de la línea de playa, hay una predominancia sobre los granos sub angulares, representando así un 37% sobre el total de muestras del abanico aluvial. Los granos angulares representan un 18% del total del sector, siendo más dominantes en las transectas 6, 4, 2 y 1, reflejando un mayor porcentaje de clastos angulares y sub angulares hacia la zona distal del abanico (Fig. 99), (Anexo 3).



**Fig. 99.** Distribución de las clases de redondez a lo largo del abanico aluvial.

### 5.2.3 Esfericidad

Esta propiedad describe cómo un grano se asemeja a la esfera y representa las condiciones originales y configuración original dadas por los mecanismos hidráulicos.

En esta sección se muestran los índices de esfericidad según Krumbein (1941), a partir de las relaciones entre los ejes a, b y c medidos sobre los clastos de las muestras antes mencionadas. Se debe destacar que una esfera perfecta presenta un índice de esfericidad de 1,0, aunque generalmente los granos sedimentarios ocupan un rango entre 0,6 y 0,7.

En la tabla 13 se muestran los índices de esfericidad para los clastos estudiados de las muestras representativas del abanico aluvial.

**Tabla 13.** Índices de esfericidad según Krumbein (1941), para las muestras correspondientes a las 6 transectas estudiadas, la línea de playa y el cauce de la quebrada a la altura de las zonas media, proximal y ápice del abanico aluvial.

No de clasto	Índice de Esfericidad Calculado				
	Muestra 09	Muestra 76	Muestra 85	Muestra 86	Muestra 90
1	0,792	0,72	0,585	0,76	0,77
2	0,688	0,683	0,692	0,81	0,588
3	0,679	0,712	0,787	0,707	0,761
4	0,58	0,574	0,506	0,856	0,646
5	0,649	0,582	0,773	0,755	0,693
6	0,624	-	0,744	0,801	0,649
7	0,743	-	-	0,753	-
8	-	-	-	0,72	-



Continuación de la tabla 13

No de clasto	Índice de Esfericidad Calculado					
	Muestra 95	Muestra 97	Muestra 40	Muestra 50	Muestra 55	Muestra 64
1	0,612	0,655	0,771	0,735	0,637	0,586
2	0,804	0,689	0,614	0,682	0,83	0,653
3	0,606	0,579	0,607	0,566	0,673	0,753
4	0,7018	0,781	0,709	0,49	0,641	0,777
5	0,76	0,692	0,728	0,623	0,793	0,675
6	0,732	0,768	0,807	0,845	0,744	0,695
7	0,746	0,802	-	0,666	0,688	0,81

En la Tabla 13 se observa que las muestras presentan un índice de esfericidad en un rango entre 0,4 y 0,9, siendo el clasto 6 de la muestra 86 es el que presenta un mayor índice de esfericidad, y la muestra 86 la que presenta un mayor número de clastos con índices de esfericidad altos (entre 0,7 y 0,9). Las muestras 09, 76, 85, 90, 97 y 64 presentan un índice de esfericidad de sus clastos que va en un rango de 0,5 a 0,8, mientras que las muestras que las muestras 95, 40 y 55 se ubican en un rango entre 0,6 y 0,83. El clasto 4 de la muestra 50 es el que presenta el menor índice de esfericidad (0,49), no obstante es la que presenta el segundo mayor valor en su clasto numero seis (0,845), siendo así, la muestra que se ubica en el rango más amplio (0,4 a 0,9).

## 6. Clasificación de las Facies sedimentarias

Un ambiente sedimentario depositacional es una unidad geomórfica característica en la cual los procesos físicos, químicos y biológicos actúan sobre la depositación y erosión para determinar unas características específicas sobre el depósito sedimentario producido.

Facies es una unidad de roca o sedimento, o grupo de unidades de rocas o sedimentos asociados, los cuales tienen características particulares litológicas, sedimentológicas y faunales que reflejan condiciones específicas de origen, formación y depositación. Una sucesión de facies esta caracterizada por cambios progresivos en uno o más parámetros, como pueden ser los incrementos de arena, tamaño de grano, o estructuras sedimentarias.

#### **6.1. Facies de Arenas**

Esta clasificación fue dada a los sedimentos con una amplia proporción de tamaños de granos dentro del rango de las arenas, y con un poco porcentaje de la fracción limo-arcilla y de fracciones gruesas tamaño grava. Se subdividen este tipo de unidad sedimentaria en arenas finas, medias y gruesas.

En la tabla 14 se presentan las muestras pertenecientes a las facies de tipo arena, con su respectiva clasificación dentro de la unidad, su ubicación y escogimiento

**Tabla 14.** Clasificación de la facie tipo arena

<b>N° de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Subfacies</b>	<b>Escogimiento</b>
1	Cauce	Arenas medias	Mal escogido
2	1era Transecta	Arenas gruesas	Mal escogido
3	Línea de playa	Arenas medias	Mal escogido
4	Línea de playa	Arenas finas	Moderadamente escogido
5	Línea de playa	Arenas finas	Moderadamente escogido
6	Línea de playa	Arenas gruesas	Mal escogido
7	Línea de playa	Arenas gruesas	Moderadamente escogido
8	Línea de playa	Arenas medias	Mal escogido
10	Línea de playa	Arenas medias	Moderadamente escogido
11	Línea de playa	Arenas finas	Moderadamente escogido
12	Línea de playa	Arenas medias	Mal escogido
14	Línea de playa	Arenas medias	Mal escogido
16	Línea de playa	Arenas muy gruesas	Moderadamente bien escogido
17	Línea de playa	Arenas muy gruesas	Mal escogido
18	Línea de playa	Arenas medias	Moderadamente escogido
19	Línea de playa	Arenas medias	Moderadamente escogido
20	Línea de playa	Arenas finas	Moderadamente bien escogido
21	Línea de playa	Arenas medias	Moderadamente escogido
22	Línea de playa	Arenas medias	Mal escogido
35	Cauce	Arenas muy gruesas	Mal escogido
74	Cauce	Arenas muy gruesas	Mal escogido
77	1era transecta	Arenas medias	Mal escogido
78	1era transecta	Arenas gruesas	Mal escogido
99	Afluente	Arenas gruesas	Mal escogido

En la tabla 14 se observan 24 muestras dentro de la facie de las arenas. Se denota que el mayor porcentaje se encuentra dentro de la línea de playa. Las subfacies de arenas medias son las más abundantes y se ubican en la línea de playa y cauce de la quebrada. Las subfacies de arenas gruesas se ubican en la línea de playa, 1era transecta y el curso tributario principal. Las subfacies de arenas muy gruesas se ubican en la línea de playa y el cauce de la quebrada y las subfacies de arenas finas se ubican en la línea de playa.

Los sedimentos pertenecientes a esta facie presentan un escogimiento malo a moderado, presentando una sola muestra (20) moderadamente bien escogida.

En la figura 100 se presentan los porcentajes cada subfacie representa en la facie de las arenas. Se observa un porcentaje de 45% para las arenas medias, un 21% para las arenas gruesas, y 17% para las arenas muy gruesas y arenas finas.

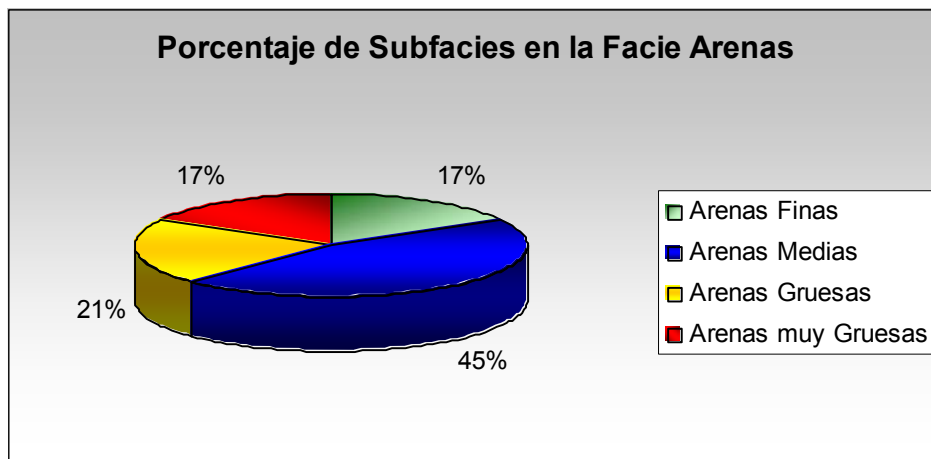


Fig. 100. Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de las facies de arenas.

## 6.2. Facies de Arenas con Limos

Esta Clasificación fue hecha a los sedimentos que presentaron un amplio porcentaje de tamaños de grano retenidos en los tamices correspondientes al rango de las arenas, pero también presentan una importante proporción de tamaños de limo y arcillas. En esta clasificación hay una poca proporción de tamaños de grava.

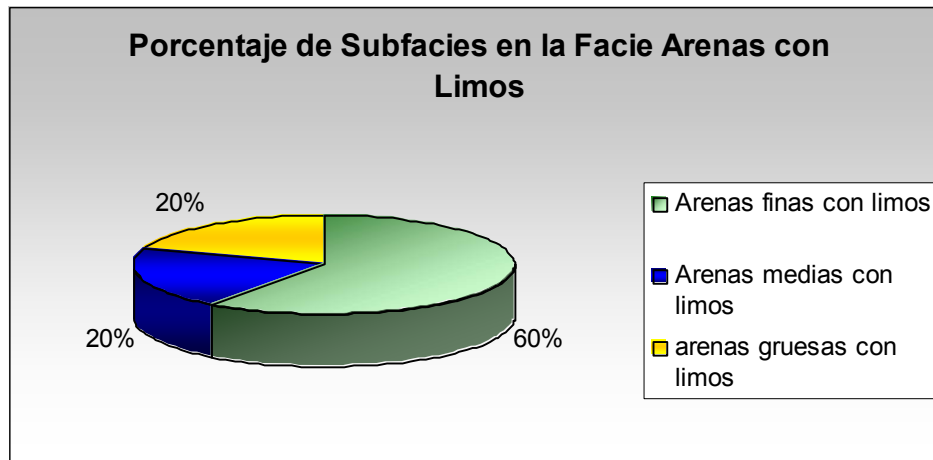
En la tabla 15 se presentan las muestras pertenecientes a la facies de arenas y limos, con su clasificación de subfacies, su ubicación y escogimiento. Se observan 5 muestras dentro de la clasificación de esta facie, y tres subfacies presentadas: arenas finas con limos, que es la predominante; arenas medias con limos y arenas gruesas con limos. Se ubican en el cauce de la quebrada y en las transectas 1 y 2.

Las facies de arenas con limos presentan un muy mal escogimiento en general. La muestra 71 perteneciente a las subfacies de arenas y limos presenta mal escogimiento.

**Tabla 15.** Clasificación de facies tipo arenas con limos

<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Subfacies</b>	<b>Escogimiento</b>
24	1era Transecta	Arenas finas con limos	Muy mal escogido
31	Cauce	Arenas finas con limos	Muy mal escogido
43	Cauce	Arenas medias con limos	Muy mal escogido
71	Cauce	Arenas finas con Limos	Mal escogido
83	2da Transecta	Arenas gruesas con limos	Muy mal escogido

En la Figura 101 se presenta la relación porcentual de las subfacies de arenas con limos. Se observa una predominancia de las arenas finas con limos, con un 60%, y una distribución similar entre las subfacies arenas medias con limos y arenas gruesas con limos.



**Fig. 101.** Distribución porcentual de las subfacies dentro de la clasificación de las facies de arenas con limos.

### 6.3. Facies de Gravas

Esta clasificación viene dada por aquellas muestras que presentaron tamaños de grano retenidos en los tamices tamaño grava, con pocos porcentajes de los tamaños tipo arena y tipo limo-arcilla.

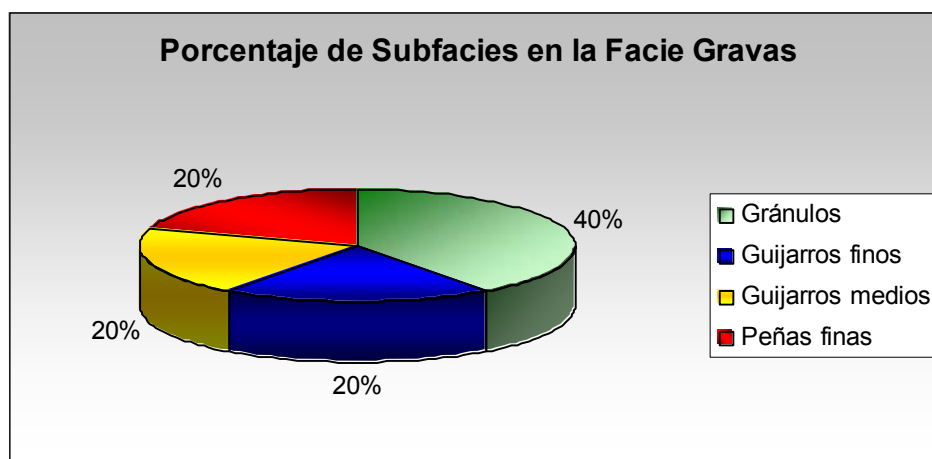
En la tabla 16 se presentan las muestras pertenecientes a la clasificación de gravas, con su ubicación, subfacies presentadas y escogimiento.

Se encontraron 10 muestras dentro de la clasificación de esta facie, ubicada a lo largo del cauce de la quebrada y en el curso tributario principal de la misma. La subfacie predominante es la de gránulos, dominando sobre las subfacies de guijarros finos, guijarros medios y peñas finas. El escogimiento de las muestras pertenecientes a la clasificación es muy malo, con la excepción de la muestras 98 y 100 pertenecientes al afluente principal, las cuales son mal escogidas.

**Tabla 16.** Clasificación de la facie de gravas.

Nº de muestra	Ubicación	Subfacies	Escogimiento
36	Cauce	Gránulos	Muy mal escogido
41	Cauce	Gránulos	Muy mal escogido
48	Cauce	Gránulos	Muy mal escogido
50	Cauce	Guijarros medios	Muy mal escogido
53	Cauce	Guijarros finos	Muy mal escogido
55	Cauce	Peñas finas	Muy mal escogido
57	Cauce	Guijarros medios	Muy mal escogido
64	Cauce	Peñas finas	Muy mal escogido
98	Afluente	Guijarros finos	Mal escogido
100	Afluente	Gránulos	Mal escogido

En la figura 102 se presenta la distribución porcentual de las diferentes subfacies asociadas a la clasificación de gravas. Se observa un dominio de la subfacie de gránulos, con un 40% y una distribución porcentual equitativa para las subfacies de guijarros finos, guijarros medios y peñas finas, con 20% cada una.



**Fig. 102.** Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de facies de gravas.

#### 6.4. Facies de Gravas y Arenas

Se hace esta clasificación para las muestras que presentaron una proporción importante de tamaños de grano retenidos en los tamices del rango de las gravas, pero también presentaron un importante porcentaje de peso en el rango de las arenas. En esta clasificación hay poca o ninguna proporción de limos y arcillas.

En la tabla 17 se presentan las muestras pertenecientes a la clasificación de gravas con arenas, con su respectiva ubicación, subfacie a la cual pertenece y escogimiento.

**Tabla 17.** Clasificación de la facie de gravas y arenas.

Nº de muestra	Ubicación	Subfacies	Escogimiento
9	Línea de playa	Peñas finas con arena	Muy mal escogido
26	1era Transecta	Arenas muy gruesas con grava	Muy mal escogido
28	Cauce	Arenas finas con grava	Muy mal escogido
30	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido
33	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido
34	Cauce	Guijarros finos con arena	Muy mal escogido
37	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido
38	Cauce	Guijarros finos con arena	Muy mal escogido
40	Cauce	Peñas medias con arena	Muy mal escogido
45	Cauce	Gránulos con arena	Muy mal escogido
46	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido

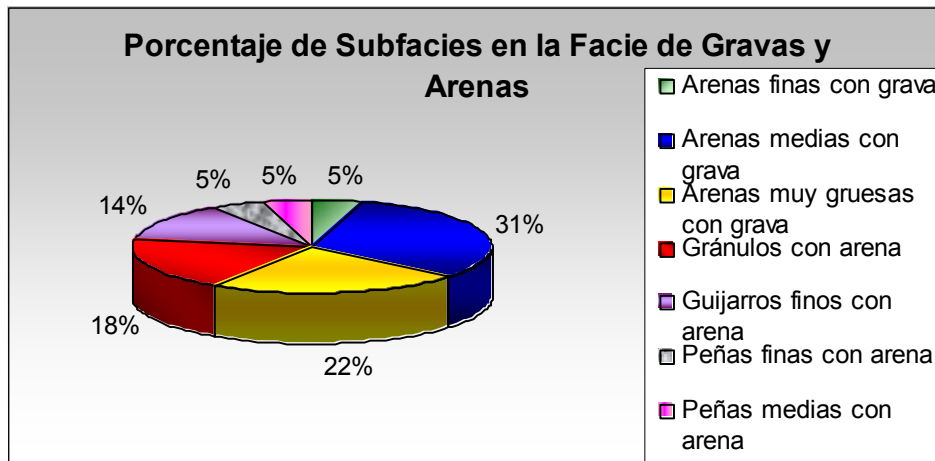


continuación			
Nº de muestra	Ubicación	Subfacies	Escogimiento
47	Cauce	Gránulos con arena	Muy mal escogido
49	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido
59	Cauce	Arenas muy gruesas con grava	Muy mal escogido
62	Cauce	Arenas medias con grava	Muy mal escogido
66	Cauce	Gránulos con arena	Muy mal escogido
68	Cauce	Arenas muy gruesas con grava	Muy mal escogido
69	Cauce	Arenas muy gruesas con grava	Mal escogido
70	Cauce	Guijarros finos con arena	Muy mal escogido
72	Cauce	Arenas muy gruesas con grava	Muy mal escogido
73	Cauce	Arenas medias con grava	Mal escogido
75	Cauce	Gránulos con arena	Muy mal escogido

Se encontraron 22 muestras dentro de la clasificación de gravas y arenas (Tabla 17), ubicadas casi en su totalidad dentro del cauce de la quebrada, pero también se ubican en la línea de playa y 1era transecta. La subfacie de arena media con grava es la dominante dentro de la clasificación, seguida de las arenas gruesas con grava, los gránulos con arena y los guijarros finos con arena. Las subfacies de arenas finas con grava, peñas finas con arena y peñas medias con arena presentan una baja distribución dentro de la facie.

El escogimiento de las muestras pertenecientes a la facie es muy malo. No obstante dentro del cauce se presentaron dos muestras con mal escogimiento, la muestra 69, dentro de la subfacie de las arenas muy gruesas con grava; y la muestra 73, dentro de la subclasificación de arenas medias con grava.

En la figura 103 se presenta la distribución porcentual de las subfacies obtenidas dentro de la clasificación de las gravas y arenas, mostrando el porcentaje de predominio dentro de la facie. Se observa que la subfacie de arenas medias con grava presenta un 31%, siendo la que domina, las arenas muy gruesas con grava presentan un 22%, los gránulos con arena un 18%, los guijarros finos con arena un 14%, y las arena finas con grava, así como las peñas finas con arena y las peñas medias con arena presentan un 5% cada una.



**Fig. 103.** Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de facies de gravas y arenas.

## 6.5. Facies de Gravas y Limos

Esta clasificación se hace para las muestras encontradas con una proporción similar relevante de tamaños de granos dentro del rango de las gravas y del rango de los limos. En esta clasificación hay una poca proporción de los tamaños del rango de las arenas.

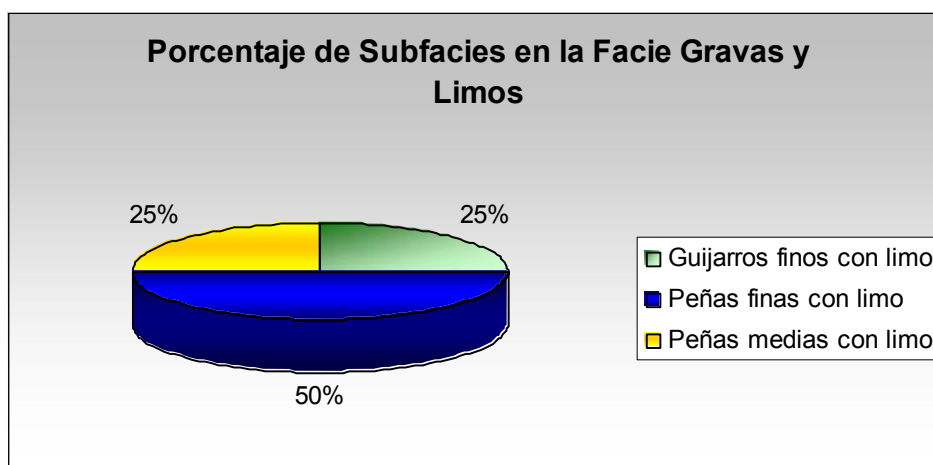
En la tabla 18 se presenta la clasificación de las distintas subfacies que se definieron dentro de la facie de gravas y limos, especificando su ubicación, subfacie y escogimiento de la muestra.

**Tabla 18.** Clasificación de la facie de gravas y limos

Nº de muestra	Ubicación	Subfacies	Escogimiento
15	1era Transecta	Guijarros finos con limo	Muy mal escogido
29	Cauce	Guijarros finos con limo	Muy mal escogido
44	Cauce	Peñas medias con limo	Muy mal escogido
86	3era Transecta	Peñas medias con limo	Muy mal escogido
87	3era Transecta	Peñas finas con limo	Muy mal escogido
88	3era Transecta	Peñas finas con limo	Muy mal escogido
91	4ta Transecta	Peñas finas con limo	Muy mal escogido
97	6ta Transecta	Peñas finas con limo	Muy mal escogido

Se encontraron 8 muestras dentro de la clasificación de gravas y limos (Tabla 18), ubicándose en las transectas 1, 3, 4 y 6, así como en el cauce de la quebrada. Las muestras ubicadas en esta facie se clasificaron en tres subfacies: Peñas finas con limo, que presenta la mayoría de las muestras; Peñas medias con limo y Guijarros finos con limo. El escogimiento de todas las muestras es muy malo.

En la figura 104 se presentan los porcentajes obtenidos para cada subfacie dentro de la clasificación de gravas y limos. Se observa un 50% obtenido en la subfacie de peñas finas con limo y una igual distribución porcentual de las subfacies de peñas medias con limo y guijarros finos con limo.



**Fig. 104.** Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de facies de gravas y limos.

## 6.6. Facies de Gravas, Arenas y Limos

Esta clasificación abarca las muestras que presentaron altos porcentajes de tamaños de grano retenidos en los tamices para los rangos de gravas, de arenas y de limos. Cabe destacar que en esta facie se ubicaron las muestras que presentaron una curva de frecuencia polimodal.

A continuación se presenta la clasificación de las distintas subfacies encontradas dentro de la facie de gravas, arenas y limos, especificando su ubicación y escogimiento (Tabla 19)

**Tabla 19.** Clasificación de la facie de gravas, arenas y limo

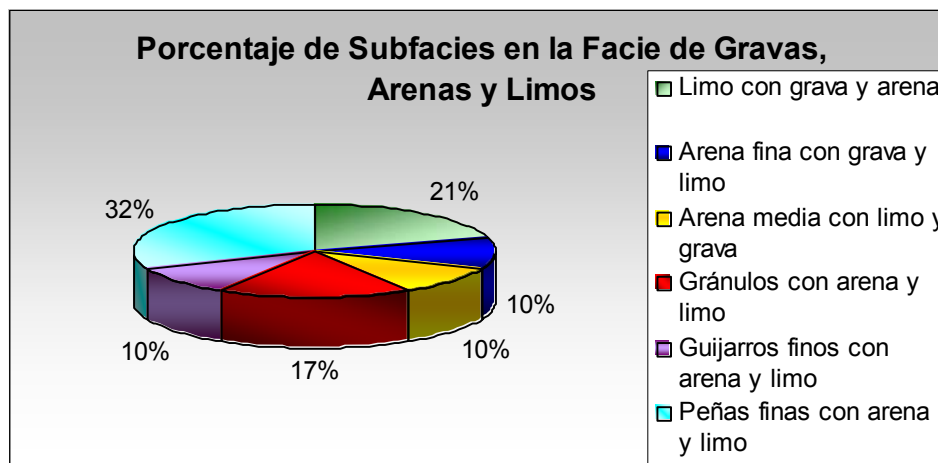
<b>Nº de muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Subfacies</b>	<b>Escogimiento</b>
13	1era Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
23	1era Transecta	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
25	1era Transecta	Arena media con limo y grava	Muy mal escogido
27	1era Transecta	Gránulos con arena y limo	Muy mal escogido
32	Cauce	Gránulos con arena y limo	Muy mal escogido
39	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
42	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
51	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
52	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
54	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
56	Cauce	Arena media con limo y grava	Muy mal escogido
58	Cauce	Guijarros finos con arena y limo	Muy mal escogido
60	Cauce	Arena fina con grava y limo	Muy mal escogido
61	Cauce	Arena fina con grava y limo	Muy mal escogido
63	Cauce	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
67	Cauce	Arena fina con grava y limo	Muy mal escogido

Continuación			
N° de muestra	Ubicación	Subfacies	Escogimiento
76	1era Transecta	Arena media con limo y grava	Muy mal escogido
79	2da Transecta	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
80	2da Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
81	2da Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
82	2da Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
84	2da Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
85	2da Transecta	Limo con grava y arena	Muy mal escogido
89	4ta Transecta	Gránulos con arena y limo	Muy mal escogido
90	4ta Transecta	Peñas finas con arena y limo	Muy mal escogido
92	4ta Transecta	Gránulos con arena y limo	Muy mal escogido
93	5ta Transecta	Gránulos con arena y limo	Muy mal escogido
95	5ta Transecta	Guijarros finos con arena y limo	Muy mal escogido
96	6ta Transecta	Guijarros finos con arena y limo	Muy mal escogido

Se encontraron 29 muestras dentro de la clasificación de gravas, arenas y limos, distribuidos a lo largo del cauce de la quebrada y de las transectas 1, 2, 4, 5 y 6. La mayoría de las muestras encontradas pertenecen al cauce de la quebrada, aunque se encontró una alta distribución a lo largo de las transectas mencionadas.

Se determinaron 6 subfacies dentro de la facie de gravas, arenas y limos (Tabla 19). La más destacada sobre la superficie del abanico aluvial es la facie de peñas finas con arena y limo, ubicadas en la 1era, 2da y 4ta transecta, así como en el cauce de la quebrada. La subfacie de limo con grava y arena se ubica mayoritariamente en la 2da transecta, pero también presenta muestras en la 1era. La subfacie de gránulos con arena y limo está ubicada en las transectas 1, 4 y 5, así como en el cauce. La subfacie de arena media con limo y grava se ubica en la 1era transecta y cauce de la quebrada, la subfacie de arena fina con grava y limo se distribuye sobre el cauce de la quebrada y la subfacie de guijarros finos con arena y limo se ubica en las transectas 5 y 6, así como en el cauce de la quebrada.

El escogimiento para la totalidad de las muestras clasificadas dentro de la facie de gravas, arenas y limos es muy malo. En la figura 105 se muestra la distribución porcentual de la clasificación de la facie de gravas, arenas y limos en las distintas subfacies encontradas.



**Fig. 105.** Distribución porcentual de las subfacies en la clasificación de facies de gravas, arenas y limos.

En la figura 105 se observa el dominio de la subfacies de peñas finas con arena y limo, con un 32%, seguido por los limos con grava y arena con 21%, los gránulos con arena y limo con 17% y las arenas finas con grava y limo, las arenas medias con grava y limo y los guijarros finos con arena y limo con un 10% cada una.



## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

El tamaño de grano, en líneas generales, varía con relación a su ubicación dentro del abanico aluvial, teniendo una mayor proporción de tamaños de grano tipo limo y arcillas en la zona distal del abanico (transectas 1, 2 y 3), e incrementando la proporción con respecto a los tamaños de arenas y gravas en los sedimentos ubicados en la zona media y proximal (transectas 4, 5, 6 y parte de las muestras tomadas en el cauce de la quebrada). En estas zonas se encuentran depositados los tamaños mayores de clastos, encontrándose en mayor cantidad y aumentando sus dimensiones a medida en que se avanza hacia la zona superior del abanico.

Esto se debe a que la energía del flujo es mucho mayor en estas zonas, donde la corriente se desplaza sobre una pendiente más pronunciada y en una superficie más estrecha. Esto se corresponde con los análisis hechos por Coussot en 1996, que indican que la velocidad del frente de derrame varía en función de su pendiente: de la parte alta de la cuenca al cono de deyección, su velocidad decrece algunos metros/segundo hasta que se detiene.

Resultados relacionados a los flujos torrenciales ocurridos en el estado Vargas son reportados por Sancio en el 2000, quien comprobó mediante videos que la velocidad del frente de derrame variaba de un mínimo de 1-3 m/s, alcanzando entre 14 y 17 m/s en la ladera superior. Salcedo en el 2000 mencionó que las velocidades en Cerro Grande y Carmen de Uria son de 7 y 8 m/s respectivamente.

Lo anteriormente dicho se corrobora si se consideran los resultados de los análisis gráficos y estadísticos con relación al tamaño de grano. Allí se

pudo observar la estrecha relación entre el tamaño de grano en las transectas y la energía del flujo de corrientes, donde los tamaños más gruesos están asociados a una energía mayor y los tamaños de grano fino a una energía menor.

Los resultados referentes a la asimetría de las muestras reflejan que la energía cinética del medio tuvo fluctuaciones, presentando una reducción en la energía promedio de los flujos que transportaban los sedimentos desde el ápice hasta la zona más distal del abanico aluvial. Esto se observa en las transectas 2, 3, 4, 5 y 6, así como en la mayoría de las muestras tomadas en el cauce de la quebrada, las cuales presentan una asimetría positiva que decrece a medida que avanza hacia la costa. En la zona más distal del abanico (1era transecta y línea de playa) las muestras son asimétricamente negativas.

Con relación a esto podemos decir que en la zona superior y media del abanico el flujo de la corriente fue mucho más denso y viscoso, correspondiendo al frente de derrame de flujo de detritos. Esta propiedad le permitió transportar una mayor proporción de clastos de tamaños de grava, así como bloques heterométricos, suspendidos en un flujo de materiales tamaño arena y limo-arcilla. Debido a la forma de depositación observada en los flujos se puede establecer que presentaba varios subflujos dentro del mismo, ya que siempre presentó una fracción de clastos más grandes en el medio de la matriz. La energía del frente fue disminuyendo hasta detenerse en la zona media del abanico, y los flujos estancados fueron lavados y arrastrados por la cola del flujo, la cual esta constituida por una mezcla mucho menos viscosa y con una apariencia más líquida, transportando los clastos de menor tamaño y arrastrando los sedimentos de grano medio y fino pertenecientes al fluido de mayor viscosidad depositados en las zonas superiores por falta de energía.

Esto se refleja en los resultados relacionados a la modalidad de las curvas de frecuencia, donde se observó una mayor proporción de distribuciones del tipo bimodal y polimodal tanto en el cauce de la quebrada como en las transectas 4, 5 y 6 pertenecientes a las zonas media y superior del abanico aluvial. En este tipo de curvas se observaron picos en los tamaños representativos de grava de grano grueso, de grano fino, así como de arenas y limo-arcilla. Hacia la zona inferior y la línea de costa, representados en las transectas 1,2, 3 y línea de playa respectivamente, se observó una mayor proporción de curvas de frecuencia del tipo unimodal y bimodal, con picos en los tamaños retenidos en los tamices relacionados a los rangos de las arenas y limo-arcilla.

Con respecto a la altura del frente de derrame, la cual se calculó en el campo y en la interpretación de las fotos tomadas, se corresponde con los estudios reportados por Sancio en el 2000, quien menciona que la altura del flujo ocurrido en el estado Vargas varía entre 2 y 4 metros. En los resultados obtenidos en la medición de los sedimentos depositados debajo de bloques más voluminosos, así como las estrías reportadas sobre afloramientos de esquisto, pertenecientes a la zona media del abanico, se estimó una altura entre 3 y 5 metros para el frente de derrame.

La madurez textural está definida por el grado de escogimiento, redondez y contenido del material intersticial de tamaño fino. Se establece que la textura de los granos de la zona de estudio, en general, presentan una distribución de granos texturalmente inmaduros, debido al mal escogimiento de sus muestras, las cuales se presentaron en gran mayoría muy mal escogidas y mal escogidas. Esto a su vez concuerda con los resultados obtenidos en la determinación del coeficiente de curtosis, el cual presentó un 96% de las muestras con un mal escogimiento. Estos resultados

son similares a los reportados por La Fortune en 2002 para el abanico aluvial generado en el sector Los Corales. Las muestras que presentaron un mejor escogimiento dentro de la zona de estudio fueron hacia la parte más distal del abanico, específicamente en la línea de playa, donde el escogimiento es moderado y se debe principalmente a los efectos del oleaje. Es importante destacar que en esta zona fueron muy pocos los sedimentos depositados de tamaño grava, esto se debe a que la energía promedio del transporte en esa zona era mucho menor con respecto a las zonas media y superior.

La observación mineralógica sobre los sedimentos del área de estudio revela que la composición de la roca fuente es de carácter metamórfico, con una mayor proporción de gnéises que de esquistos, y se deriva de las rocas de la Asociación Metamórfica Ávila y de la Asociación Metamórfica de la costa. Los bloques de mayor tamaño son, en su mayoría, gnéises derivados del Complejo San Julián, presentan colores grises claros, debido a la alta proporción de feldespato, y buena foliación. Los gnéises de colores verdes pertenecen al augengneis de Peña de Mora y deben su color al contenido de epidoto y actinolita, estos presentan una foliación más marcada. Los clastos de esquisto pertenecen en su mayoría al esquisto de Tacagua, presentan contenido calcáreo y colores grises oscuros debido al grafito. Son de naturaleza friable y con una intensa foliación.

Esta litología poco competente presumiblemente generó el mayor aporte de material fino que constituyeron los flujos fangosos. Esto se corresponde con la cartografía geológica realizada por Urbani (2000) y compilada por Barboza y Rodríguez en 2001, quienes establecen que los flujos torrenciales ocasionados en el estado Vargas presentaron flujos fangosos provenientes del Esquisto de Tacagua y flujos granulares de la Asociación Metamórfica Ávila.

La mayoría de las formas de los clastos medidos en el laboratorio, así como los bloques heterométricos observados en el campo, son de morfología discoidal. También se determinó un índice de esfericidad intermedio a bajo en los sedimentos estudiados. Esto revela la naturaleza metamórfica de la litología fuente, ya que tanto los gnéises como los esquistos de la Asociación Metamórfica Ávila, y la Asociación Metamórfica de la Costa, tienden a presentar una marcada foliación de sus clastos, estos planos de debilidad generan que los granos se fracturen a lo largo de un solo eje, con lo cual tienden a tener esta forma. Es importante destacar que las formas discoidales tienen una mayor capacidad de mantenerse flotando sobre las corrientes de gran viscosidad, debido a la superficie que ocupan con relación a su volumen.

La forma esférica de los granos no facilita su suspensión dentro del flujo torrencial fangoso, eso explica la poca distribución de formas esféricas hacia la zona distal del abanico, y su distribución más frecuente hacia las zonas media y superior hace suponer que los clastos con formas esféricas fueron depositados mayormente hacia las partes más proximales del abanico aluvial.

La composición gnéisica tiene la propiedad de redondearse *in situ*, como consecuencia de la meteorización, sin embargo los planos de foliación que presenta la litología de la fuente sedimentaria, compuesta por gnéises y esquistos, producen un grado de angulosidad en las rocas al ser fracturadas durante el transporte. Por consiguiente el abanico aluvial del sector presentó un grado de redondez intermedio, con clastos subredondeados, debido a la meteorización *in situ*, y clastos subangulares a angulares, debido a las fracturas sufridas durante su transporte.

Esto se corrobora en los resultados obtenidos con relación al grado de redondez de los sedimentos estudiados, los cuales presentaron un 41% de granos subredondeados, un 37% de granos subangulares y un 18% de granos angulares. Los granos redondeados y bien redondeados se ubicaron únicamente en la línea de playa, esto puede deberse al efecto del oleaje.

El color de los depósitos del abanico aluvial se presenta gris claro, en concordancia a la litología que los compone. Las terrazas observadas presentaron color marrón claro y amarillento, debido a la meteorización. Estas terrazas presentan un origen y composición litológica similar al abanico en estudio observándose que los bloques de mayores tamaños se encontraban depositados sobre una matriz areno limosa con contenidos de gravas de distintos tamaños. El levantamiento, así como la erosión en el canal de la quebrada Camurí Chiquito dio como resultado el entallamiento del abanico aluvial en el ápice, zona superior y zona media. Méndez (comunicación personal) destacó que debido al levantamiento de las terrazas y su relación con el nivel del mar, éstas deben tener una edad aproximada de 125.000 años.

Las facies de arenas están ubicadas en la línea de playa principalmente. Presentan un escogimiento ligeramente superior que el resto de las facies encontradas. Esto se debe a que la energía del oleaje en la línea de playa arrastra los sedimentos de grano tamaño limo y arcilla, lavando las arenas allí depositadas por el flujo torrencial. La composición de las arenas es media a gruesa, encontrándose pequeñas variaciones laterales a lo largo de la transecta, los cuales se deben a la cercanía del cauce de la quebrada, así como de los espigones construidos en el balneario de Camurí Chico.

Una vez depositados los grandes flujos fangosos y granulares sobre el abanico, pequeñas crecidas en la quebrada originaron que las aguas cargadas de sedimento rebasaran los canales principales, generando pequeñas acumulaciones, en forma de láminas de arenas y gravas. Estas subfacies de arenas fueron encontradas en las partes altas del cauce de la quebrada, así como del curso tributario principal, donde se generaron depósitos con un escogimiento moderado de arenas gruesas y gravas.

Las facies de arenas y limos se depositaron hacia la zona media-distal del abanico aluvial. Presentan un escogimiento muy malo y pueden deberse al lavado de los fluidos fangosos por los fluidos menos viscosos y de energía mucho menor, que arrastraron contenidos importantes de arena y limo-arcilla hasta ser depositados en estas zonas.

Las facies de gravas son ubicadas en la zona superior, ápice y en el cauce del curso tributario principal. Estos depósitos se generan en estas zonas debido a su peso y disminución de la energía de la corriente. El escogimiento de esas facies es muy malo y se compone principalmente de gránulos, pero con contenidos importantes de guijarros y peñas. Debido a la composición viscosa y con alto contenido de las fracciones finas de arena y limo de los flujos, estas facies fueron escasas.

Las facies de gravas y arenas presentan una gran extensión a lo largo del canal principal desde la línea de playa, así como las zonas distal media y superior. Tienen contenidos importantes de arena y menores de grava, y deben el escaso contenido de la fracción limo-arcillosa al lavado continuo producido por las corrientes de agua dentro del canal de la quebrada, dejando depositadas las fracciones de arena y grava que constituyen la facie.

Sobre las zonas media y distal del abanico se depositaron las facies de grava y limo. Estas presentan una fracción importante de grava tamaño peñas y guijarros, con contenido de limos y arcillas. El bajo nivel de arena en estas facies puede deberse a la litología del flujo en esas zonas, el cual presentaba un escaso contenido de materiales de mayor competencia de tamaños finos y un mayor contenido de materiales blandos que generan una mayor proporción de tamaños limo-arcillosos.

Debido al escogimiento caótico obtenido en la mayoría de las muestras de sedimento estudiadas, la proporción de facies de gravas, arenas y limos es mucho mayor. Se ubican desde el ápice del abanico aluvial, hasta la zona más distal. El hecho de que estas facies sean las predominantes sobre la superficie del cono, es una consecuencia directa del contenido del flujo, así como de la energía de la corriente, la cual depositó sedimentos de grava gruesa y fina, así como bloques de diversos tamaños, envueltos en una matriz de arena y limo-arcilla.

Este tipo de fluidos se corresponde con el descrito debajo de los grandes bloques depositados en las zonas media y superior, los cuales se encuentran suspendidos sobre esta matriz, la cual, dependiendo de la altura en la que se encuentre presenta un mayor o menor contenido de los clastos tamaño peñas y peñones que contenían estos flujos viscosos.

Este tipo de facies sedimentarias es común en los depósitos de estos abanicos aluviales. Se puede mencionar que la litología descrita en estas facies es similar a la vista en las terrazas aluviales, las cuales son descritas por Barboza y Rodríguez en 2001, quienes destacan que los aluviones y formaciones La playita, La sabana y el Grupo Cabo Blanco son abundantes en los conos aluviales, sobre todo en los afectados por los flujos torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en el estado Vargas, presentando una



litología conglomerática de escogimiento caótico, con fragmentos subangulares a subredondeados y envueltos en una matriz de grano fino, lo que indica una variación de la fuente de aporte y de la distancia del transporte de los sedimentos.

De lo anteriormente expuesto podemos establecer que las facies de arenas, las facies de gravas y las facies de gravas y arenas se corresponden con los depósitos de canal, los cuales se desarrollan en los canales principales del abanico aluvial y están constituidos por gravas y arenas.

Las facies de arenas dentro del cauce, así como las facies de arenas y limos y algunas facies de gravas en el cauce del curso tributario principal, pueden constituirse como depósitos de corrientes laminares, las cuales se producen por aguas cargadas de sedimento que no circulan por el canal principal o en un momento determinado rebasan a los canales principales. Son láminas de agua y sedimentos de muy poca profundidad que desarrollan pequeños canalillos en el abanico y originan depósitos en forma de láminas. El material suele estar constituido por gravas arenas y limos.

Las facies de gravas y limos, y las facies de gravas, arenas y limos pueden ser constituyentes de depósitos de tamiz y depósitos de flujo de detritos. Los depósitos de tamiz se producen por materiales formados por bloques y gravas donde la permeabilidad es muy alta y el flujo de la corriente circula con gran facilidad y no puede seguir acarreado este tipo de depósitos. De esta forma los bloques y gravas se acumulan formando una barrera para los sedimentos más finos que se depositan atrás. Los depósitos de flujo de detritos son corrientes cargadas con una gran cantidad de partículas finas (arenas y fango), con lo cual adquieren una gran densidad y alta viscosidad. Estos flujos son capaces de transportar los grandes bloques

de varias toneladas de peso ya que los mismos van flotando sobre la corriente de gran viscosidad (Méndez, 2003).

El cauce de la quebrada ha erosionado los afloramientos de gneis que se ubican en el cañón, entallándose bastante en las laderas de El Ávila. Los Gnéis que afloran presentan superficies lisas, producto de los procesos de abrasión y disolución. Esto trae como consecuencia que la granulometría de las muestras allí tomadas presenten poca cantidad de sedimentos de tamaño fino. Por lo tanto los procesos de sedimentación a lo largo del cauce del cañón actúan bajo condiciones de transporte normales.

La intensa actividad de camiones, producto de la reconstrucción del balneario del sector Camurí Chico, así como la construcción de diques para frenar la energía de la quebrada, en caso de futuras formaciones de flujos torrenciales de alto grado, ha sido responsable de la remoción de grandes cantidades de sedimento en la zona superior, media y distal del abanico. Esto impidió un mayor detalle en el estudio de las estructuras sedimentarias presentes durante la depositación, además, la remoción de sedimentos puede que haya generado que muchas de las muestras tomadas en estos puntos sean de orden polimodal.

En esta investigación se encontraron diferencias interesantes en cuanto a la depositación de los sedimentos a lo largo de la zona distal, media y proximal, así como el ápice del abanico aluvial, esto permitió diferenciar la energía del medio, la composición litológica de la roca fuente y los distintos tamaños de grano asociados a las diferentes zonas del cono aluvial. Lo anteriormente expuesto permite el desarrollo de estudios integrados de geotécnica para el planeamiento de futuros desarrollos urbanos en el sector. Sin embargo, debido al entallamiento del abanico en su parte media y superior, no se recomienda el desarrollo de complejos urbanos en la zona.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

- ◆ El abanico aluvial del sector Camurí Chico se desarrolló sobre una superficie de 2 km<sup>2</sup>, tomando una geometría cónica, bastante entallada en el ápice, zona superior y media por terrazas aluviales antiguas, abriendo en su parte más distal unos 2 km de ancho.
  
- ◆ La zona superior del abanico posee una pendiente mayor. Allí se depósito el mayor porcentaje de los bloques de variados tamaños observados en la zona de estudio, estos presentan una mayor proporción de gnéises que de esquistos debido a su naturaleza competente.
  
- ◆ La zona media del abanico posee una pendiente moderada. Allí se observó una mayor definición de canales de distribución del sedimento. Los bloques depositados se encuentran suspendidos sobre una matriz de arena, limo-arcilla y grava de distintos tamaños a una altura aproximada de 3m.
  
- ◆ La zona inferior del abanico aluvial es la de menor pendiente en el sector. Hay una disminución considerable de los tamaños de grano tipo grava, así como de los grandes bloques, aumentando la proporción de arena y limo-arcilla en la medida en que se acerca a la costa. Hay poca definición de canales de sedimentación.
  
- ◆ Los sedimentos analizados en la zona de estudio se presentan texturalmente inmaduros. Las muestras presentaron curvas de frecuencia en su mayoría bimodales. Los resultados respecto a la

media y la mediana colocan el mayor porcentaje de las muestras en el orden de las arenas, con variaciones hacia los tamaños de grava a medida que se avanza hacia la zona superior del abanico. De las 100 muestras que conforman el estudio, 25 no coinciden en los rangos de la escala  $\Phi$  con respecto a la media y la mediana, obteniendo valores generalmente más gruesos en la mediana que en la media.

- ◆ El estudio de la morfología de los granos arrojó una predominancia de las formas discoidales, con un 45% de las muestras concluyendo que este tipo de formas se debe a la naturaleza metamórfica de los clastos, los cuales presentan una marcada foliación y se fracturan a lo largo de un solo eje. En cuanto a la redondez se estimó un 41% de formas subredondeadas, debido a la meteorización *in situ*, y un 37% de formas subangulares, debido a el fracturamiento durante el transporte. El índice de esfericidad estimado para las muestras es intermedio a bajo (0,5 -0,8) y se debe a la predominancia de las formas discoidales en el abanico, las cuales tienen una mejor flotabilidad con respecto a las esféricas.
- ◆ Los sedimentos depositados en el abanico aluvial del sector son muy mal escogidos a mal escogidos (1,0-3,6), presentaron un 43% de clastos asimétricamente positivos, un 30% de clastos casi asimétricos y un 27% de clastos asimétricamente negativos. Las curvas de frecuencia son un 48% platicúrticas y un 41% mesocúrticas, las curvas leptocúrticas, muy leptocúrticas y muy platicúrticas presentan una escasa distribución porcentual en la superficie del abanico aluvial.
- ◆ La observación mineralógica revela que la composición de la roca fuente es de carácter metamórfico, con una mayor proporción de gnéises que de esquistos, y se deriva de las rocas de la Asociación

Metamórfica Ávila y de la Asociación Metamórfica de la costa. Los bloques de mayor tamaño, son gnéises derivados del Complejo San Julián. Los gnéises de colores verdes pertenecen al augengneis de Peña de Mora. Los clastos de esquisto pertenecen en su mayoría al esquisto de Tacagua.

- ◆ Las facies de arenas están ubicadas en la línea de playa principalmente, presentan un 45% de arenas medias. Las facies de arenas y limos se depositaron hacia la zona media-distal del abanico aluvial, presentan un 60% de arenas finas con limos. Las facies de gravas son ubicadas en la zona superior, ápice y en el cauce del curso tributario principal, con un 40% de subfacies de gránulos.
- ◆ Las facies de gravas y arenas presentan una gran extensión a lo largo del canal principal desde la línea de playa, así como las zonas distal media y superior. Dominan las subfacies de arenas medias con grava, con un 31%. Las facies de gravas y limos presentan un 50% de subfacies de peñas finas con limo. Las facies de gravas arenas y limos se distribuyen en toda la superficie del abanico aluvial. Presentaron un mayor porcentaje de peñas finas con arena y limo.
- ◆ Las facies de arenas, las facies de gravas y las facies de gravas y arenas se corresponden con los depósitos de canal. Las facies de arenas dentro del cauce, así como las facies de arenas y limos y algunas facies de gravas en el cauce del curso tributario principal, pueden constituirse como depósitos de corrientes laminares. Las facies de gravas y limos, y las facies de gravas, arenas y limos pueden ser constituyentes de depósitos de tamiz y depósitos de flujo de detritos.

## RECOMENDACIONES

- ◆ Se recomienda una mayor profundidad en el estudio de los flujos torrenciales, su comportamiento mecánico y su relación con la granulometría de la cuenca sedimentaria. Esto es importante para el diseño de mapas de riesgo en el sistema montañoso de la costa.
- ◆ El presente estudio permite el desarrollo de estudios integrados de geotecnia para el planeamiento de futuros desarrollos urbanos en el sector. Sin embargo, debido al entallamiento del abanico en su parte media y superior, no se recomienda el desarrollo de complejos urbanos en la zona.
- ◆ Es importante la necesidad de prohibir las construcciones en zonas de alto riesgo, como el sector Camurí Chico, en las partes bajas de las laderas o en el cauce de la quebrada. Esto debe ser una meta de las autoridades gubernamentales, quienes deben estudiar detalladamente las zonas más vulnerables y hacer una reubicación de las poblaciones que se encuentren en sectores de riesgo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ◆ AGUERREVERE, S.E. Y G. ZULOAGA (1937) Observaciones geológicas de la parte central de la cordillera de la costa, Venezuela. *Bol. Geol. y Min.* (MEM, Caracas, 1(2-4):8-24.
- ◆ AMBROSIO S., R.A. (2001) Modelo Gravimétrico del basamento de los conos aluviales de La Guaira, Macuto y Caraballeda. Estado Vargas. UCV-Egf. 105p.
- ◆ BARBOZA, L y RODRIGUEZ, S (2001). Integración de la Geología del Estado Vargas y del flanco sur del Macizo Ávila al norte de Caracas. UCV, EGMG.
- ◆ BERMÚDEZ, P.J. (1966). Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela. Primera parte. *Bol. Geol.*, Caracas, 7(14): 333-411.
- ◆ BERMÚDEZ, P.J. y FUENMAYOR, A.N. (1962). Notas sobre los formaminíferos del Grupo Cabo Blanco, Venezuela. *Asoc. Ven. Geol. Min y Petr.*, *Bol. Inform.*, 5(1): 3-16.
- ◆ BLISSENBACH, E. (1954). Geology of alluvial fans in semiarid regions, *Bull. Of the G.S.A.*, 65:175-189.
- ◆ BOLLI, H. y KRAUSE, H. H. (1964). Microfósiles del Terciario Superior de La Sabana. D.F. *Asoc. Ven. Geol. Min y Petr.*, *Bol. Inform.*, 7(5): 131-133.
- ◆ BOLLI, H. y BERMÚDEZ, P.J. (1965). Zonation based on planktonic foraminifera of middle Miocene to Pliocene warm-water sediments. *Asoc. Ven. Geol. Min. Y Petr.*, *Bol. Inform.*, 8(5): 121-149.

- ◆ BOLLI, H. y PREMOLI SILVA, I. (1973). Oligocene to Recent planktonic foraminifera and stratigraphy of the Leg-15 in the Caribbean Sea. En Initial Reports on the Deep Sea Drilling Project, **15**: 459-497, Edgar, N.T., Saunders, J.B. et al., eds, U.S. Government Printing Office, Washington, p. 1137.
  
- ◆ BRAVO, A Y VILAS, B (2002). Estudio microtectónico de la vertiente norte del macizo Ávila entre Punta Care y La Guaira, Estado Vargas. UCV, EGMG
  
- ◆ CANO, V.H. Y MELO, L. (2001) Reconocimiento geológico entre las cuencas de Quebrada Seca y Río Care, estado Vargas. UCV-EGMG.
  
- ◆ CASTILLO, A. y SUÁREZ, J.C. (2001). Reconocimiento Geológico de la región Anare-Osma. Vertiente norte del macizo Ávila. UCV-EGMG.
  
- ◆ CATI, F., M.L. CALALONG, U. CRESCENTI, S. D'ONOFRIO, U. FOLLADOR, C. PIRINI RADRIZZIANI, A. POMESANO CHERCHI, G. SALVADORINI, S. SARTONI, I. PREMOLLI SILVA, C.F. WEZEL, V. BERTOLINO, G. BIZON, H.M. BOLLI, A.M. BORSETTI CAT, L. DONDI, H. FEINBERG, D.G. JENKINS, E. PERCONING, M. SAMPO y R. SPOVIERI (1968). Bioestratigrafía del Neógeno mediterráneo basada sui foraminiferi planctonici. Soc. Geol. Italiana. Boll, **87**:491-503.
  
- ◆ DAVIS, W.M. (1938). Sheetfloods and streamfloods. G.S.A. Bull, **49**: 1337-1416.
  
- ◆ DENGO, G. (1951). Geología de la región de Caracas. Bol. Geol., Caracas, **1**(1): 39-115.
  
- ◆ EINSELE, G. (1992). Sedimentary Basins: Evolution, facies and sediment. Springer- Verlag, Berlin, 628 p.



- ◆ FOLK, R.L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Jour. Geol.*, **62**: 334-359.
- ◆ \_\_\_\_\_ (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill, Austin, Texas, 182 p.
- ◆ GARNER, H.F. (1959). Stratigraphic – Sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of The Andes Mountains. *Bulletin of The Geological Society of America*, Vol 70, N°10, pp1327-1368.
- ◆ GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980) *Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas, ed. Foninves, 2 tomos, 1021 p.
- ◆ GRAUER, O (2001) *Rehabilitación del Litoral Central, Venezuela*, UNIMET Maestría en Diseño Urbano, Oscar Toddman editores, Caracas 182 pp.
- ◆ HUMBOLDT, A. (1799). *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*. Tomo II, Monte Avila Editores, Edición de 1985. Caracas.
- ◆ KRUMBEIN, W.C. (1936). Size frequency distributions of sediments. *Jour. Sed. Petrol.*, **4**: 65-77.
- ◆ \_\_\_\_\_. (1941). Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Jour. Sed. Petrol.*, **11**: 64-72.
- ◆ LA FORTUNE, L. (2002) *Sedimentación de abanicos aluviales en el Litoral Central: Sector Los Corales*. UCV, EGMG
- ◆ LARSEN, MC., WIECZOREK, GF., EATON, L.S., MORGAN, BA., TORRES-SIERRA, H. (2001) *Natural Hazards on alluvial fans: the*

Venezuela debris flow and flash-flood disaster: U.S.G.S. *Fact Sheet*, FS 103-01, 4 p.

- ◆ LIDDLE, R.A. (1946) *The Geology of Venezuela and Trinidad*. 2<sup>nd</sup>. ed., Paleont. Res. Inst Ithaca, New York, 890p.
- ◆ LÓPEZ JL, PÉREZ H,D., GARCÍA M., R., Y SCHUCHENG, Z. (2000) Evaluación Hidrogeomorfológica de los aludes torrenciales de Diciembre de 1999 en Venezuela. *JIFI 2000*, p594.
- ◆ LUSTIG, L.K. (1965). Clastic sedimentation in deep Springs Valley, California. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 352-F.
- ◆ MARN (1999). Crónica Cartográfica de la Catástrofe de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, 15p
- ◆ MÉNDEZ (1985) Transgresiones y Regresiones marinas en el Pleistoceno tardío. Subsistencia y levantamiento en Los Roques, Las Aves y La Blanquilla. *Mem. VI Cong. Geol. Venez.*, 8: 5570-5597.
- ◆ MÉNDEZ (1997). El Cuaternario. *Boletín de Geología*, XVIII (31), Venezuela, MEM, Direcc.Gen.Sec.SERVIGEOMIN, pp. 74-114.
- ◆ MÉNDEZ, J. Y NAVARRO. E. (1987). Caracterización geoquímica de las metaladas de la Formación Tacagua. 1ras Jornadas de Investigación en Ingeniería, UCV, Facultad de Ingeniería, Caracas, Memorias, pp.44-47.
- ◆ MÉNDEZ, J. Y SCHERER, W. (1998). Tabla de Correlación del Cuaternario en Venezuela. *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. 3<sup>o</sup> Edición.
- ◆ MENÉNDEZ, A. (1966) Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. *Bol Geol.*, Caracas, 8(15): 116-139.

- ◆ OSTOS, M. (1981). Geología de una zona ubicada entre la autopista Caracas-La Guaira y el estribo Galindo, Parque Nacional El Ávila, D.F. UCV, Escuela de Geología, Trabajo de Ascenso, 279 p.
  
- ◆ \_\_\_\_\_. (1990). Evolución tectónica del margen Sur-Central del Caribe basado en datos geoquímicas. *Geos*, Caracas, **30**: 1-294.
  
- ◆ PEREIRA, J. y ASO, P. (1992) Guaraira Ripano. Sierra Grande. Cuadernos Lagoven. Caracas 95 p.
  
- ◆ PETTIJOHN, F., POTTER, P. y SIEVER, R. (1973). Sand and Sandstone. Springer-Verlag. N.Y., 618p.
  
- ◆ PICARD, X. Y GODDARD, D. (1975) Geomorfología y sedimentación de la costa entre Cabo Codera y Puerto Cabello. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petr. Inform.*, **18**(1):39:106.
  
- ◆ RÖHL, E. (1950). Los Diluvios en las Montañas de la Cordillera de la Costa. *Bol de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, Venezuela, **38**: 1-28.
  
- ◆ ROYO Y GÓMEZ, J. (1956) Quaternary in Venezuela. *Stratigraphical Lexico of Venezuela*. MMH, Caracas, 728p.
  
- ◆ SALCEDO, D.A. (2000) Los Flujos Torrenciales catastróficos de Diciembre de 1999, en el estado Vargas y en el área Metropolitana de Caracas. Características y Lecciones aprendidas. *Mem XVI Sem Venez Geotecnia*, Caracas, pp 128-175.
  
- ◆ SANCIO, R.T. (2000) Algunos aspectos científicos relacionados con el fenómeno hidrometeorológico de Diciembre de 1999 en el Estado Vargas. Los aludes torrenciales de Diciembre de 1999 en Venezuela, *JIFI 2000*.

- ◆ SHORT, M.N., McKee, E.D. y Jahns, R. (1953). Hand specimen petrology. N.Y., John Wiley & Sons.
- ◆ SMITH, R.J, (1952). Geología del área de Los Teques-Cúa. Bol. Geol., Caracas **2**(6):333-406.
- ◆ SORRISO-VALVO, M (1988). Landslide-related fans in Calabria. In: Harvey and Sasa, eds., Geomorphic processes in environments with strong seasonal contrasts, **1**, *Catena Suppl.* **13**: 109-121.
- ◆ STEPHAN, A. (1991). Parque Nacional El Ávila. Ed. Torino. Caracas, 186 p.
- ◆ TALUKDAR, S. y LOUREIRO, D. (1982). Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. Geos, UCV, Caracas, **27**:15-76.
- ◆ TARACHE, C.J. (1975). Secuencia sedimentaria Terciaria del área de La Sabana, franja costanera de Venezuela. UCV-EGMG.
- ◆ UDDEN, J.A. (Mechanical composition of clastic sediments. Bull. G.S.A., **25**: 655-744.
- ◆ URBANI, F. (2000). La catastrophe del Estado Vargas, Diciembre 1999. Foro "*Litoral Central: Geología Geomorfología y procesos asociados*" SVG, Caracas, Ed. en CD-Geos (35).
- ◆ URBANI, F. Y OSTOS, M. (1989). El Complejo Ávila, Cordillera de la Costa. Geos, UCV. Caracas **29**: 205-217.
- ◆ URBANI, F. Y RODRIGUEZ J.A. (2002) Cartografía Geológica del Estado Vargas y áreas circunvecinas, *GEOS*, UCV, Caracas, (**35**)

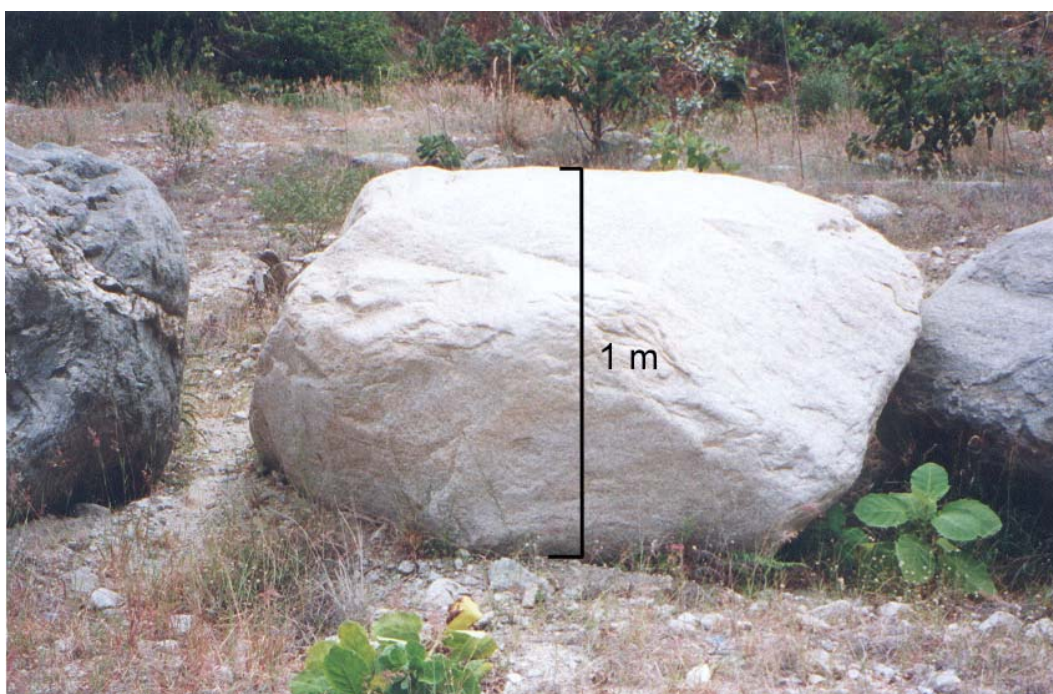
- ◆ VARESCHI, V. (1955) Rasgos geobotánicas sobre el pico Naiguatá, en: Monografías geobotánicas de Venezuela, Acta Cient. Venez., **6**(5): 180-201
  
- ◆ VIVAS, L. (1984). El Cuaternario. Mérida Venezuela. *La Imprenta. C.A.*,266p.
  
- ◆ WEISBORD, N.E. (1957). Notes on the geology of the Cabo Blanco area, Venezuela. Bull. Amer. Paleont., **38**(165): 5-25.
  
- ◆ \_\_\_\_\_ (1964a). Late Cenozoic pelecypods from northern Venezuela. Bull. Amer. Paleont. **45**(204): 564.
  
- ◆ \_\_\_\_\_ (1964b). Late Cenozoic scaphopodos and Serpulid polychaetes from northern Venezuela. Bull. Amer. Paleont. **47**(214): 111-203.
  
- ◆ WENTWORTH, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol., **30**:377-392.
  
- ◆ WHERMANN, M. (1972). Geología de la región de Caracas-Colonia Tovar. Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 5, **4**: 2093-2121.
  
- ◆ WIECZOREK, Z., LARSEN, MC., EATON, L.S., MORGAN, BA., Y BLAIR, JL. (2001) Debris-flow and flooding hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation *U.S.G.S. Open file report 01-144*, 40p
  
- ◆ ZINGG, T.H. (1954). Beiträgezur Schotteraanalyse: Schweiz, Mineralog. Petrog. Mitt., **15**: 39-140.

## **ANEXO 1**

## ANEXO 2



Morfología discoidal de bloque observado en el cauce del curso tributario principal.



Morfología de Bloques, en la zona media del abanico aluvial

### ANEXO 3



Clastos Subredondeados tamaño peñas y guijarros



Clastos subangulares y angulares



## ANEXO 4



Contrucción de Diques en la zona media-superior del abanico aluvial. Nótense los bloques suspendidos en la zona superior.

Diques en la zona media- superior del abanico aluvial. Su objetivo es frenar la energía del flujo torrencial, en caso de volver a ocurrir



Actividad de Camiones en la superficie del Abanico Aluvial.