

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN Y CUALIFICACIÓN DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS QUE CONTROLAN LA GENERACIÓN DE SEDIMENTOS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO CANOABO ESTADO CARABOBO

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
POR EL BACHILLER LUIS H. SUÁREZ P.

Caracas Mayo 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN Y CUALIFICACIÓN DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS QUE CONTROLAN LA GENERACIÓN DE SEDIMENTOS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO CANOABO ESTADO CARABOBO

Tutor Académico: Prof.: Ing. Armando Díaz Quintero

Tutor Industrial: Ing Maria Auxiliadora De Colmenares. Ex-directora de la División General de Ambiente del Estado Carabobo.

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO GEÓLOGO
POR EL BACHILLER LUIS H. SUÁREZ P.

Caracas Mayo 2005

Caracas, Mayo de 2005

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Suárez Padrón, Luis H., titulado:

**“CARACTERIZACION Y CUALIFICACION DE LOS PROCESOS
GEOLOGICOS QUE CONTROLAN LA GENERACION DE SEDIMENTOS
DENTRO DE LA CUENCA DEL RIO CANOABO, ESTADO CARABOBO”**

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

Jurado

Jurado

**Tutor: Prof. Armando Díaz
Quintero**

I. AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a mi familia, por el apoyo durante toda mi carrera, en especial a mis padres y abuelos que me brindaron su hogar durante varios años. A Lourdes Bechara por ser la mujer mas especial de mi vida y con la cual me procuro un futuro.

A la Ing. Maria Auxiliadora de Colmenares Ex directora de la Dirección General de Ambiente del Estado Carabobo; un especial agradecimiento al Grupo Guarda Cuencas de Canoabo, en especial a Julio Mora, Guillermo (El potro), El negro, Fernando y a todas las demás personas que prestaron desinteresadamente su colaboración al realizar el trabajo de campo.

A todos los profesores que se encargaron de entrenarme y ensañarme muchos aspectos no solo de geología sino de la vida, especialmente a Ricardo Alezones, Feliciano De Santis, Lennin Gómez y al tutor de este trabajo Armando Díaz Quintero. Por ultimo a todos mis compañeros, con los cuales compartí toda mi carrera universitaria.

SUAREZ P., LUIS H.

CARACTERIZACION Y CUALIFICACION DE LOS PROCESOS
GEOLOGICOS QUE CONTROLAN LA GENERACION DE SEDIMENTOS
DENTRO DE LA CUENCA DEL RIO CANOABO

Palabras Claves: Movimientos de masa, geodinámica superficial, embalse de Canoabo, Canoabo, Estado Carabobo

Resumen

La cuenca de Canoabo se ubica al Noroeste del estado Carabobo, en la vertiente Norte de la Serranía del Litoral o Cordillera de la Costa, entre las coordenadas 10°25' -- 10°15' de Latitud y 68°21' -- 68°12' de longitud. Desde hace algún tiempo la *División General de Ambiente* del estado Carabobo ha sido notificada de que el embalse de Canoabo ha recibido en los últimos años, un aporte de sedimentos inusual, lo que esta provocando el ahogo o colmatación del mismo.

Debido a la problemática presente en la zona estudiada, se planteo realizar el trabajo geológico teniendo como objetivo fundamental, el de caracterizar y cualificar los distintos procesos de generación de sedimentos en la cuenca del río Canoabo estado Carabobo, desde la zona más alta de la cuenca hasta el embalse en cuestión.

Para la realización de este trabajo se levantaron mas de 45 km de carretera y un total de 10 cuerpos de agua, estos son: los ríos El Letrero, Ojo de Agua, Guineo, San Antonio, El Naranja, Capa y Cocorote; y las quebradas, La Seca, Capita y De Vaca; en los cuales se tomaron muestras de rocas, sedimentos y agua, para su posterior estudio granulométrico y en secciones finas. También se realizo la caracterización de los distintos tipos de movimientos de masa presentes en toda el área de la cuenca basándose principalmente en la clasificación de VARNES (1978).

Se encontraron rocas solo del Complejo San Julián, siendo las litologías dominantes los gneis cuarzo – moscovíticos y cuarzo plagioclásicos; los esquistos cuarzosos y plagioclásicos y las anfibolitas, no se identifico a la Formación Peña de Mora en este estudio. Luego de realizado el trabajo se logro concluir que la geodinámica superficial esta dominada por los procesos destructivos o erosivos siendo los flujos, principalmente de detritos y de lodo, los mas numerosos dentro de toda la cuenca. El dominio de los flujos esta controlado por la vegetación boscosa característica de las cuencas altas de la cordillera de la costa así como al dominio de las litologías esquistosas, las cuales son mas vulnerables a los procesos de meteorización.

Por otra parte las cárcavas son un factor determinante en la generación de sedimentos hacia el embalse ya que ellas son el producto de la concentración de flujos erosivos, los cuales han aumentado desproporcionadamente debido al mal uso de la tierra.

El aporte de sedimentos hacia el embalse de Canoabo se ha visto acrecentada debido a al mal uso de la tierra por parte del hombre. Los pobladores de la cuenca han talado y quemado grandes extensiones de bosques altos para la construcción de siembras de cítricos como naranjas y mandarinas, así como también para la construcción de potreros.

ÍNDICE

I. AGRADECIMIENTOS.....	V
II. RESUMEN.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos Específicos.....	1
1.3 Justificación.....	1
1.4 Ubicación de la Cuenca.....	2
1.5 Metodología.....	.5
1.5.1 Fase Pre-Campo.....	5
1.5.2 Fase de Campo.....	6
1.5.2.1 Levantamiento Geológico.....	6
1.5.2.2 Identificación y caracterización de los movimientos de masa.....	6
1.5.2.3 Recolección de muestras.....	9
1.5.3 Fase Post-Campo o de Laboratorio.....	9
1.5.3.1 Objetivos Específicos.....	9
1.5.3.2 Procedimiento realizado para el análisis de las muestras de sedimentos sueltos.....	10
1.5.3.3 Calculo de los parámetros granulométricos y texturales según FOLK (1969).....	13
1.5.3.4 Procedimiento para la estimación de la mineralogía presente en las muestras de sedimentos sueltos.....	14
1.5.3.5 Calculo de sólidos suspendidos totales en las muestras de agua.....	16
2. GEOGRAFÍA FÍSICA.....	17
2.1 Relieve.....	17
2.2 Drenaje.....	22
2.3 Vegetación.....	24
2.4 Clima.....	25
2.3.1 Precipitación.....	25
2.3.2 Temperatura	26
2.3.3 Evaporación.....	26
2.3.4 Relación precipitación evapotranspiracion.....	27
2.3.5 Vientos.....	28
3. MARCO TEÓRICO.....	29
3.1 Movimientos de masa.....	29

3.2 Nomenclatura general de los movimientos de masa.....	30
3.3 Etapas en el proceso de falla en laderas y taludes.....	30
3.4 Procesos en la etapa de deterioro de laderas y taludes.....	30
3.5 Clasificación de los movimientos de masa.....	37
3.6 Clasificación de los movimientos de masa según su actividad.....	45
3.7 Sedimentos en suspensión en el agua (sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables).....	46
4. GEOLOGÍA REGIONAL.....	49
4.1 Geología Estructural Regional.....	49
4.2 Estratigrafía Regional.....	54
5. GEOLOGIA LOCAL.....	61
5.1 Complejo San Julián	61
5.1.1 Gneis plagioclásico – clorítico – micáceo	62
5.1.2 Gneis cuarzo – moscovítico – plagioclásico	64
5.1.3 Gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico	67
5.1.4 Esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico	72
5.1.5 Esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico	75
5.1.6 Esquisto plagioclásico – moscovítico	81
5.1.7 Anfibolitas	84
5.2 Procesos geodinámicos superficiales.....	89
5.2.1 Clasificación de los movimientos de masa estudiados en la cuenca.....	89
5.2.1.1 Flujos de detritos	89
5.2.1.2 Flujos de lodo.....	95
5.2.1.3 Flujos de la formación superficial.....	98
5.2.1.4 Caído de bloques.....	100
5.2.1.5 Deslizamiento rotacional simple.....	102
5.2.1.6 Deslizamiento planar.....	103
5.2.1.7 Cárcavas de erosión.....	103
5.2.2 Acumulación de bloques.....	108
5.2.3 Terrazas.....	111
6. RESULTADOS.....	114
6.1 Granulometría.....	114
6.2 Parámetros granulométricos calculados por métodos estadísticos.....	120
6.3 Morfología.....	120
6.4 Sedimentos suspendidos totales presentes en las muestras de agua.....	122
6.5 Movimientos de masa dentro de la cuenca	123
6.6 Elementos estructurales.....	123
6.6.1 Foliación.....	123
6.6.2 Diaclasas	126
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	130

7.1 Parámetros granulométricos de los sedimentos encontrados en ríos y quebradas	130
7.1.1 Histogramas y curvas de frecuencias.....	130
7.1.2 Escogimiento.....	131
7.1.3 Tamaño promedio.....	131
7.1.4 Asimetría.....	132
7.1.5 Esfericidad.....	132
7.1.6 Redondez.....	133
7.1.7 Forma de Zingg.....	133
7.2 Mineralogía de los sedimentos.....	134
7.3 Muestras de agua.....	135
7.4 Geodinámica superficial.....	136
7.5 Elementos estructurales.....	137
7.5.1 Foliación.....	137
7.5.2 Diaclasas.....	138
8. CONCLUSIONES.....	142
9. RECOMENDACIONES.....	144
10. REFERENCIAS.....	145

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Regional de la Cuenca de Canoabo, Estado Carabobo. (Tomado y modificado de Atlas Práctico de Venezuela, Diario El Nacional Fascículo No. 8)	3
Figura 2: Ubicación local de la cuenca de Canoabo	4
Figura 3: Descripción de los rasgos y dimensiones de un deslizamiento. (Tomado y modificado de GONZÁLEZ, 2002)	8
Figura 4: Diagramas triangulares para la clasificación de sedimentos. (Tomado y Modificado de FOLK, 1969)	12
Figura 5: Carta comparativa para la estimación visual de porcentajes. Tomado de <i>BUKOR</i> y <i>TAGLIAFERRO</i> (2004)	14
Figura 6: Tabla para estimación visual de redondez según <i>POWERS</i> , 1953	15
Figura 7: Formas de <i>ZINGG</i> (1954). Tomado de <i>BUKOR</i> Y <i>TAGLIAFERRO</i> (2004)	15
Figura 8: Cortes Topográficos de la Cuenca de Canoabo, orientación N73°E. Muestra la geometría de las filas principales y como la cuenca se estrecha hacia en Norte	18
Figura 9: Corte Topográfico de la Cuenca de Canoabo, orientación S41°E. Muestra la Pendiente general de Norte a Sur	19
Figura 10: Distribución de los distintos paisajes dentro de la cuenca de Canoabo	20
Figura 11: Se observa en gran valle donde corren las aguas del río Guineo y al fondo y hacia el Norte corren las aguas del río Canoabo, se observa también la geometría de las laderas de la unidad de montañas las cuales son generalmente rectas con pequeñas irregularidad producto del modelado por parte del drenaje.	21
Figura 12: Mapa hidrográfico de la cuenca de Canoabo	23
Figura 13: Nomenclatura de los procesos de Movimiento. (Tomado y modificado de <i>TARBUCK</i> y <i>LUTGENS</i> 2000, con datos de <i>SUÁREZ</i> 1998)	31
Figura 14: Movimiento en masa tipo Caído. a. Representa caídos de bloques inestables por gravedad, caída libre, b. Representa caídos de bloques rodando y saltando. (Tomado y modificado de <i>SUÁREZ</i> 1998)	38
Figura 15: Proceso de volteo o inclinación de material rocoso, desde su fallamiento hasta la caída de los bloques. (Tomado y modificado de <i>SUÁREZ</i> 1998)	39
Figura 16: Movimiento de repteo (Tomado y Modificado de <i>TARBUCK</i> y <i>LUTGENS</i> 2000)	40
Figura 17: Corte esquemático que representa las características básicas de un movimiento en masa tipo deslizamiento. (Tomado y modificado de <i>SUÁREZ</i> 1998)	40
Figura 18: Movimiento rotacional típico, donde resalta la orientación de los árboles marcando la dirección del movimiento. (Tomado y modificado de <i>SUÁREZ</i> 1998)	41
Figura 19: Esparcimientos laterales. (Tomado y modifica de <i>GONZÁLEZ</i> 2002)	42
Figura 20: Tipos de flujos. (Tomado y modificado de <i>GONZÁLEZ</i> 2002)	44
Figura 21: Ubicación y extensión de las Fajas Tectónicas. (Tomado y modificado de <i>MENÉNDEZ A.</i> , <i>BELLIZIA A.</i> y otros (1975))	50

Figura 22: Afloramiento de gneis plagioclásico – clorítico – micáceo, en el río San Antonio, donde se observan las vetas de cuarzo y las tonalidades grises. (rumbo de la foto N15°W)	63
Figura 23: Representa un detalle del litotipo gneis cuarzo – moscovítico – plagioclásico, esta foto muestra como resalta la cantidad de micas y la foliación esta bien marcada. (rumbo de la foto N75°E).	66
Figura 24: Afloramiento de gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico ubicado en el río Ojo de Agua (punto 27 en el mapa), donde se puede observar la cantidad de diaclasas, así como la gran veta de cuarzo que supera los 30 cm. de espesor. (rumbo de la foto N – S).	68
Figura 25: Detalle del afloramiento mostrado en la foto anterior, donde resaltan las bandas de hasta 3 cm. del gneis.	69
Figura 26: Afloramiento del gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico, ubicado en el río Capa al Suroeste de la cuenca (punto 76 en el mapa). (rumbo de la foto S60°W)	70
Figura 27: Afloramiento de esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico ubicado en el río el lebrero (punto 3 en el mapa), se observa la meteorización biológica y mecánica que han ejercido las plantas y el agua del río. (rumbo de la foto N55°E).	73
Figura 28: Afloramiento de esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico ubicado en el río Ojo de Agua (punto 28 en el mapa), donde se observa una tonalidad clara en el color meteorizado, se acentúa mas la foliación ya que la cantidad de micas se incrementa. (rumbo de la foto N70°W).	74
Figura 29: Afloramiento de esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Capa al Suroeste de la cuenca (punto 84 en el mapa), se observa la tonalidad marrón tierra del color meteorizado así como las escasas dimensiones del afloramiento. (rumbo de la foto S65°W)	76
Figura 30: Afloramiento de esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Cocorote al Oeste de la cuenca (punto 94 en el mapa), donde se observa la foliación marcada y el grado de meteorización que presenta el afloramiento.	77
Figura 31: Afloramiento de esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Cocorote al Oeste de la cuenca (punto 90 en el mapa), donde se observa la foliación marcada y el grado de meteorización que presenta el afloramiento.	78
Figura 32: Detalle de la foliación de la figura anterior donde se observa un pequeño pliegue abierto. Resaltan los colores grises y blancos que representan al cuarzo y plagioclasas presentes en abundancia en esta litología.	79
Figura 33: Afloramiento de esquisto plagioclásico – moscovítico, ubicado en la quebrada La Seca al Este de la cuenca (punto 36 en el mapa), donde se observa la foliación y el grado de meteorización que presenta. En la parte inferior de este afloramiento se observo un flujo de agua natural y algunas vetas de cuarzo paralelas a la foliación. (rumbo de la foto N65°W).	82

Figura 34: Detalle de un afloramiento de anfibolita en la quebrada La Seca, al Sureste de la cuenca (punto 37 en el mapa), donde se resalta claramente los planos de diaclasas, y algunas vetas de cuarzo de poco espesor. (rumbo de la foto N70°W).	85
Figura 35: Afloramiento de anfibolita ubicado en la parte baja del río El Letrero al Este de la cuenca (punto 2 en el mapa), se observa la coloración oscura y el grado de meteorización que presenta todo el afloramiento. (rumbo de la foto N60°E)	87
Figura 36: Afloramiento de anfibolita ubicado en la parte alta del río El Letrero al Este de la cuenca (punto 6 en el mapa), donde se observa nuevamente el color gris verdoso producto de la meteorización y el alto grado de meteorización que presenta este afloramiento. (rumbo de la foto E-W)	88
Figura 37: Típico Flujo de detritos, se ubica en la quebrada La Seca (pto. 36). Se observa con claridad la gran heterogeneidad granulométrica que presenta este tipo de movimiento de masa. (Rumbo de la foto N75°E).	90
Figura 38: Flujo de detritos observado en el río San Antonio (pto. 58), se observan las grandes dimensiones y las características del material removido. (rumbo de la foto N-S) ...	91
Figura 39: Flujos de detritos, (I) ubicado en la carretera hacia Palmichal (pto 150) se observa en forma de corte como es la geometría del material desplazado; (II) ubicado en la carretera Bejuma – Canoabo (ptos 117) resalta la cantidad de plantas mezclados con los cantos y matriz. (rumbo foto I S30°W y II N-S)	92
Figura 40: Flujo de detritos, ubicado en la carretera Bejuma – Canoabo (pto 56), donde se observa la relación de tamaño y las características geométricas y composicionales del material desplazado. (Rumbo de la foto S75°E)	93.
Figura 41: Flujo de detritos, ubicado al Oeste de la cuenca en el río Cocorote (pto 175) donde se muestra que este tipo de flujos también pueden presentar geometrías alargadas. (rumbo de la foto S80°W).	94
Figura 42: Flujo de Lodo, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 147), se observa la geometría de la corona muy irregular estando asociado a un talud de gran pendiente donde aflora un suelo residual. (rumbo de la foto N25°E)	95
Figura 43: Deslizamiento con flujo de lodo observado en el río El Letrero (60 metros del pto 10), donde se resalta no solo la geometría alargada de este tipo de deslizamiento si no el poder de arrastre de los mismos (rumbo de la foto Norte – Sur)	96
Figura 44: Flujo de lodo, ubicado en la carretera hacia Palmichal (pto 159), resalta nuevamente la geometría alargada de este tipo de movimiento de masa, en este caso se presenta muy superficial. (rumbo de la foto S30°W)	97
Figura 45: Flujos de la formación superficial, ubicado al Este de la cuenca, en la ladera Sureste de la subcuenca del río Ojo de Agua (pto 174) se observan las distintas formas que presentan este tipo de flujo. (rumbo de la foto N30°E).	98
Figura 46: Flujo de la formación superficial, (I) se ubica al norte de la sub. cuenca del río El Letrero (pto. 166) y (II) se ubica al este de la cuenca en las laderas de quebrada La Seca. (rumbo de las fotos N25°E Y N85°E respectivamente)	99

Figura 47: Acumulación de bloques caídos antiguos, estos presentan diámetros de hasta 7 metros, se observa como la zona de origen de los grandes bloques esta desprovista de vegetación y presenta una pendiente de 75° (rumbo de la foto S50°W).	100
Figura 48: Caídos de bloques, (I) se ubica en la carretera hacia Palmichal (pto 160), (II) se ubica en el límite oeste de la cuenca en la margen del embalse (pto 170). Se evidencia la antigüedad de estos caídos de bloques, ya que las zonas de aporte se encuentran cubiertas por vegetación. (rumbo de las fotos S50°E Y N85°W)	101
Figura 49: Deslizamiento rotacional simple, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 135), se observa en gran tamaño del escarpe principal y la geometría circular alargada de la corona. (rumbo de la foto N65°E)	102
Figura 50: Deslizamiento Planar, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 136), se observa claramente el plano del deslizamiento y como queda expuesta la roca sana muy moscovítica presente en la zona. En la parte superior del escarpe se observan al menos 2 familias de diaclasas, las cuales fracturan al bloque para que pueda ser desplazado. (rumbo de la foto N10°E).	104
Figura 51: Representa la evolución natural de las cárcavas en zonas de vegetación alta. (I) Representa una etapa inicial o temprana donde la escorrentía o flujos superficiales se van concentrado en un canal o surco. (II) Representa una etapa media en la formación de cárcava, en esta imagen se observa como se ha acentuado y profundizado el canal o surco. (III) Representa la etapa final ya una cárcava, con una profundidad de 1,5 metros y hasta 2 metros de ancho. (Foto I, Río El Naranjo, foto II y III Carretera hacia Urama)	106
Figura 52: Proceso de formación de potreros dentro de la cuenca de Canoabo, (I) Etapa inicial, corte y quema de la vegetación en una zona aislada por lo general no visible; (II) posterior siembre de pasto en la zona anteriormente quemada para alimentar al ganado, (III) introducción del ganado en la zona, se observan ya los efectos sobre el terreno, (IV) Etapa final donde el potrero es abandonado, solo se observan grandes zonas donde el suelo queda vulnerable a la erosión. (Foto I y II Noroeste de la cuenca, foto III carretera hacia Canoabito, foto IV Norte del río Cocorote)	107
Figura 53: Detalle de una zona expuesta producto del mal uso de la tierra media la generación de potreros. Se observa claramente el desgaste y pérdida de cohesión del suelo, formando cárcavas. (rumbo de la foto S35°W)	108
Figura 54: (I) Acumulación de bloques en la parte alta de la quebrada La Seca (50 mts aguas arriba del pto 21), se observan bloques de hasta 2,5 metros de diámetro (rumbo de la foto Este – Oeste). (II) Acumulación de bloques en la parte media del río Guineo (pto 48), donde se observan bloques de hasta 4 metros de diámetro. (rumbo de la foto N55°W).	
Figura 55: (I) Acumulación de bloques en la parte media del río San Antonio (pto 58), observándose bloques hasta de 7 metros de diámetro (rumbo de la foto N80°E), (II) acumulación de bloques en la parte alta del río Ojo de Agua (40 mts aguas arriba del pto 21), observándose bloques de hasta 4 metros de diámetro (rumbo de la foto N45°E).	109

Figura 56: Terraza reciente ubicada en la parte baja de la quebrada La Seca, (pto 29), se resalta en un círculo el afloramiento de grandes cantos, lo que indica eventos torrenciales anteriores que desplazaron estos cantos de hasta 30 cm de diámetro.	110
Figura 57: Contacto entre los sedimentos aluvionales y la roca sana, este contacto queda expuesto en el corte de una terraza de más de 4 mts de altura, ubicada en el río La Seca (pto 31). (rumbo de la foto E – W).	111
Figura 58: Formación de Terrazas en las márgenes del río San Antonio (del pto 53 al pto 54).	112
Figura 59: Desarrollo de terrazas en las márgenes del río Capa (entre los ptos 74 – 75).	113
Figura 60: Desarrollo de pequeños niveles de Terraza en las márgenes del río Ojo de Agua, (entre los ptos 12- 13)	113
Figura 61. Histogramas de frecuencia. Arena y Grava de diez (10) ríos estudiados.	114
Figura 62. Curvas de frecuencia acumulada. Arena y Grava de diez (10) ríos estudiados. .	117
Figura 63: Diagramas de rosas que muestran los datos de foliación medidos en los distintos sectores de la cuenca de Canoabo.	124
Figura 64: Afloramiento ubicado en el río El Letrero al Este de la cuenca (punto 5 en el mapa) donde se observan al menos tres direcciones de diaclasas junto con una marcada foliación. (rumbo de la foto N-S).	126
Figura 65: Afloramiento ubicado en el río Ojo de Agua, (punto 26 en el mapa), donde resalta la gran cantidad de diaclasas que fracturan a la roca en pequeños bloques. (rumbo de la foto (N10°E).	127
Figura 66: Diagramas de rosas, donde se expresan las direcciones preferenciales de las familias de diaclasas por sector levantado.	128
Figura 67: Diagrama de rosas, donde se muestran los datos de foliación de toda la cuenca.	
Figura 68: Diagrama de rosa donde se muestran todos los datos de diaclasas medidos en la cuenca.	139
Figura 69: Cantos observados en quebrada La seca, donde resalta claramente un fuerte plegamiento, indicativo de esfuerzos de compresión o cizallamiento que actuaron en la zona.	140
Figura 70: Canto observado en la quebrada La seca, donde resalta el plegamiento de las vetas de cuarzo, indicando esfuerzos compresivos o de cizallamiento que actuaron en la zona	141

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios para la identificación de movimientos de masa en campo. (Tomado y Modificado de GONZÁLEZ 2002)	7
Tabla 2: Escala de tamaños de granos para la clasificación de sedimentos de Udden – Wentworth. (Tomada y modificada de FOLK 1969)	11
Tabla 3: Valores parámetros del grado de escogimiento.	13
Tabla 4: Valores parámetros de la asimetría:	13
Tabla 5 : Valores parámetros de la curtosis	14
Tabla 6: Precitaciones anuales reportadas por la estación metereologica de Palmichal.	26
Tabla 7: Datos de Temperatura media anual. Máxima absoluta y mínima absoluta desde 1988 hasta 2004. (Datos metereológicos Palmichal)	27
Tabla 8: Clasificación de los vientos según la velocidad de movimiento (Tomado y modificado de MARRERO L, 1970)	28
Tabla 9: Factores que originan o desencadenan un movimiento en masa y sus efectos (Tomado y modificado de GONZÁLEZ 2002)	29
Tabla 10: Clasificación de los movimientos de masa según su actividad en el tiempo. (Tomado y modificado de GONZÁLEZ 2002)	46
Tabla 11: Prueba y descripción para hallar los distintos tipos de sólidos en la muestra de agua (Tomado y modificado de Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 2000)	48
Tabla 12: Caracterización geológica de Peña de Mora, augengneis, según diversos autores.	55
Tabla 13: Caracterización geológica de San Julián, Esquisto según diversos autores.	56
Tabla 14: Caracterización geológica de la Formación Las Brisas, según diversos autores. ...	57
Tabla 15: Caracterización geológica de la Formación Las Mercedes, según diversos autores.	58
Tabla 16: Caracterización geológica de la Formación Antimano, según diversos autores.	59
Tabla 17: Caracterización geológica de la Formación Urama, según diversos autores.	60
Tabla 18: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss plagioclásico – clorítico – micáceo.	63
Tabla 19: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss cuarzo – moscovítico – plagioclásico.	65
Tabla 20: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss cuarzo – moscovítico – plagioclásico.	71
Tabla 21: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – moscovítico - plagioclásico.	73
Tabla 22: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – plagioclásico - clorítico.	80
Tabla 23: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – plagioclásico - clorítico.	82
Tabla 24: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para las Anfibolitas.	84

Tabla 25: Clasificación de las muestras según los diagramas triangulares para la caracterización de sedimentos, propuesto por FOLK, 1969	120
Tabla 26: Resultados de los parámetros estadísticos de cada una de las muestras estudiadas en la zona de estudio.	121
Tabla 27: Característica Morfológicas generales de los distintos ríos o quebradas estudiados dentro de la cuenca de Canoabo.	122
Tabla 28: Resultados de los análisis de sedimentos suspendidos totales en las muestras de aguas tomadas en la cuenca.	123
Tabla 29: Características principales y cantidad de movimientos de masa estudiados en la cuenca.	137

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo General

Caracterizar y cualificar los distintos procesos de generación de sedimentos en la cuenca del río Canoabo estado Carabobo, desde la zona más alta de la cuenca hasta el embalse de Canoabo.

1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la zona desde el punto de vista geológico, climático, topográfico, forestal e hidrográfico.
- Describir las formas como se presenta la erosión en áreas particulares haciendo énfasis en los movimientos de masas, y la influencia de diversos factores, tanto climáticos como físicos dentro de la cuenca, en la evaluación del proceso erosivo.
- Analizar el régimen de precipitaciones, escurrimiento y transporte de sedimentos hacia el embalse
- Caracterizar los sedimentos presentes en la cuenca, mediante estudios sedimentológicos y geotécnicos.

1.3 Justificación

Dentro del amplio y complejo campo correspondiente al aprovechamiento y conservación de los recursos hidráulicos, los procesos erosivos y de acumulación de sedimentos originan conflictos que inciden en el aprovechamiento de este recurso; este problema se agrava cuando dentro del área expuesta al proceso geológico erosivo se encuentra un embalse, el cual surte de agua a gran cantidad de centros poblados.

Desde hace algún tiempo la *División General de Ambiente* del estado Carabobo ha sido notificada de que el embalse de Canoabo ha recibido en los últimos años, un aporte de sedimentos inusual, lo que esta provocando el

ahogo o colmatación del mismo. En otras palabras el aporte de sedimentos posiblemente supero los cálculos realizados para cuando se construyo la presa.

Por esta razón es importante el pronto estudio cualitativo del proceso de sedimentación y acarreo en la cuenca, ya que este surte de agua a gran parte del norte del estado Carabobo, incluyendo Puerto Cabello, Morón, PEQUIVEN, PDVSA El Palito, entre otros centros poblados.

1.4 Ubicación de la Cuenca

La cuenca de Canoabo se ubica al Noroeste del estado Carabobo, en la vertiente Norte de la Serranía del Litoral o Cordillera de la Costa, entre las coordenadas 10°25' -- 10°15' de Latitud y 68°21' -- 68°12' de longitud. (Ver Figuras 1 y 2).

Limitada al Norte por la represa del embalse de Canoabo, al Sur por el cerro el Marquero el cual sirve de divisoria entre el distrito Montalbán y Bejuma, al Este por la Fila La Justa hasta el Cerro de Paja y al Oeste por la Fila Media Luna hasta el Cerro Paraquito.

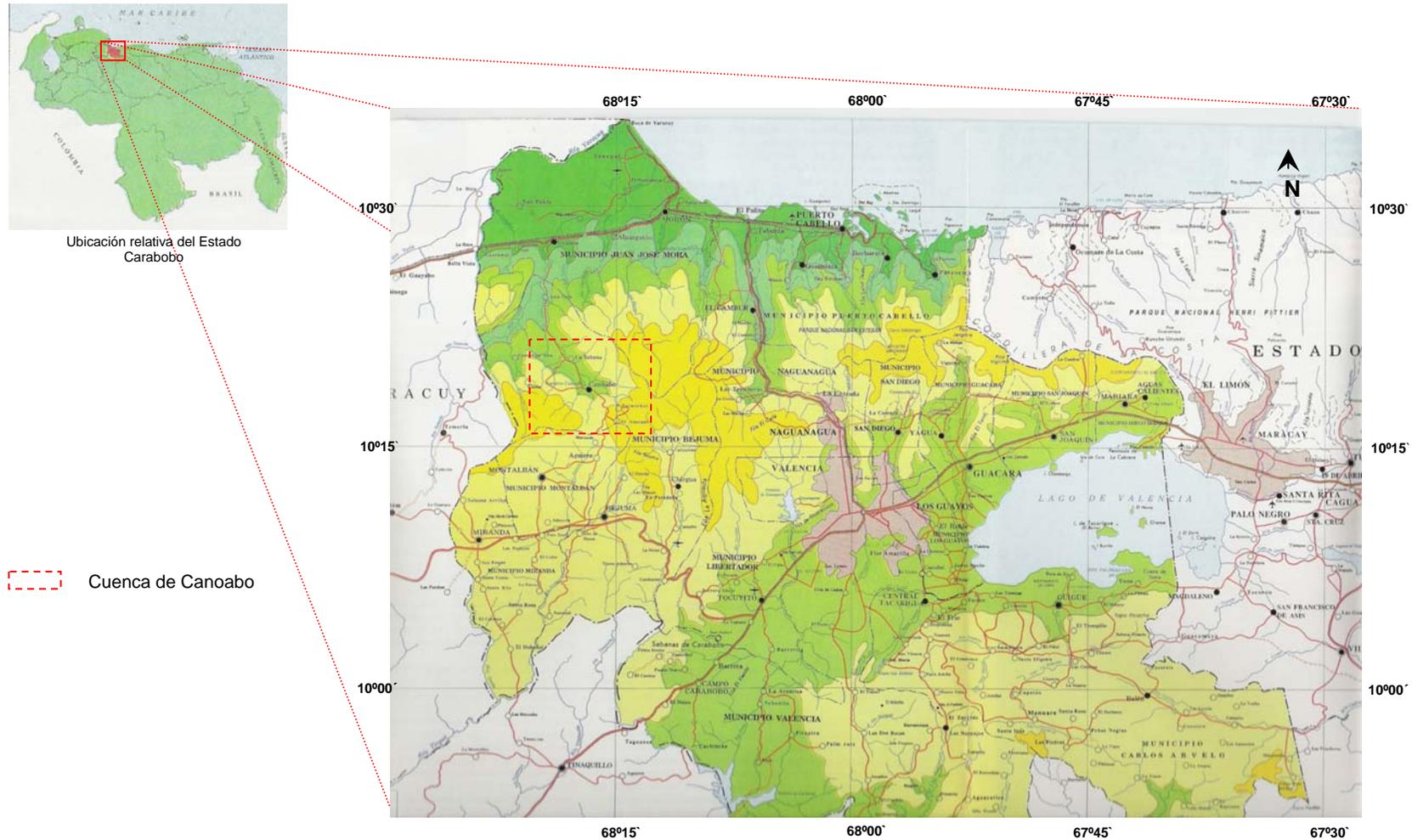


Figura 1: Ubicación Regional de la Cuenca de Canabobo, Estado Carabobo. (Tomado y modificado de Atlas Práctico de Venezuela, Diario El Nacional Fascículo No. 8).

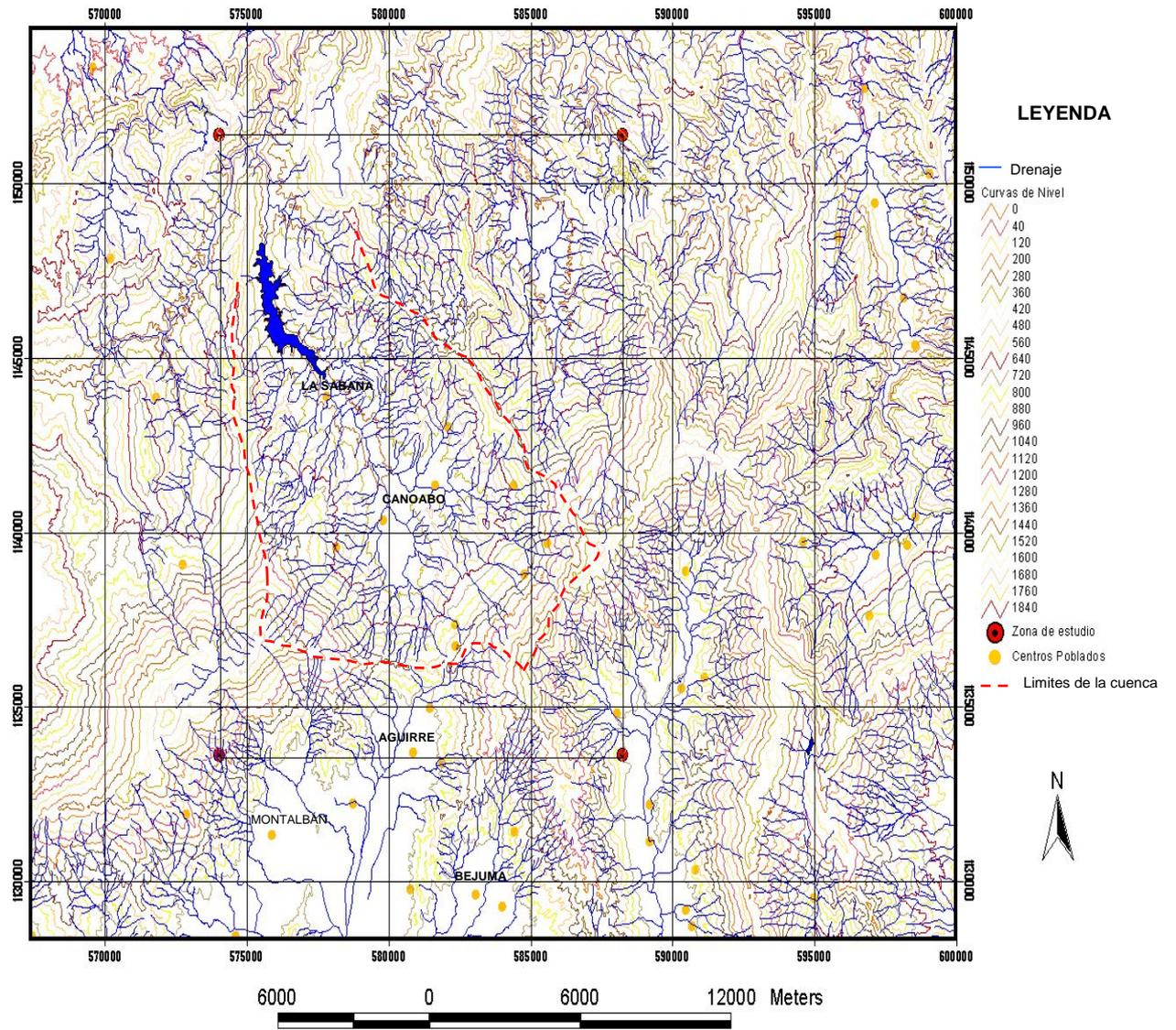


Figura 2: Ubicación local de la cuenca de Canoabo

1.5 Metodología

1.5.1 Fase Pre – Campo

En esta primera fase se realizaron varias etapas las cuales se describen a continuación:

- Revisión bibliográfica de trabajos previos, tomando en cuenta Tesis de Grado, publicaciones, libros e informes técnicos aportados por los distintos entes regionales del estado Carabobo.
- Interpretación de mapas a escala 1:40.000, aportados por la división de ordenación del territorio del estado Carabobo, este ente cuenta con una gran base de datos con mapas topográficos, hidrológicos, toponímicos, geológicos, uso de suelos, vegetación, entre otros.
- Interpretación de las hojas 6547 y 6546 a escala 1:100.000. del Instituto Geográfico Simón Bolívar (I.G.S.B.), y las hojas 6547 - III – SE, 6547 – II – SO, 6546 – IV – NE y 6546 – I – NO igualmente del I.G.S.B.
- Interpretación de fotografías aéreas misión 030198 a escala 1:25.000 de 1975, fotos 2897 – 2905, 2891 – 2883 y 5249 – 5256; y la misión 0202155 a escala 1:200.000, foto 1811 (se realizaron ampliaciones de 5x para obtener un buen detalle). En esta interpretación se destacaran los siguientes aspectos: Estructuras planares, movimientos de masas, desprendimientos de rocas, deslizamientos, diques naturales, acumulación de sedimentos, cárcavas de erosión y terrazas.
- Elaboración de mapas a partir del estudio de las fotografías aéreas, donde se resalten las vías de acceso para establecer los niveles de dificultad y facilidad dentro de la cuenca.

1.5.2 Fase de Campo

1.5.2.1 Levantamiento Geológico

Levantamiento geológico de los distintos afloramientos ubicados en la cuenca, tanto ríos y quebradas como cortes de carreteras, así como la descripción a detalle de los distintos movimientos de masas presentes en la cuenca.

Se levantaron aproximadamente 45 Km. de carreteras, tanto de tierra como asfaltadas, estas son: Canoabo – Canoabito, Palmichal, Canoabo – Bejuma, Canoabo – Urama.

Se levantaron aproximadamente 35 Km. correspondientes a 10 cuerpos de agua entre ríos y quebradas; estos son: Río El Letrero, Río Ojo de Agua, Quebrada La Seca, Río Guineo, Río San Antonio, Río El Naranja, Río Capa, Río Cocorote, Quebrada Capita, Quebrada De Vaca.

1.5.2.2 Identificación y caracterización de los movimientos de masa

Para identificar los movimientos de masa en campo y tener una referencia para su clasificación se emplearon una serie de criterios los cuales se presentan en la tabla 1.

Por otra parte, para la caracterización de los distintos procesos de la dinámica superficial, movimientos de masas en general, se empleo la clasificación de VARNES (1978) tomada de SUAREZ (1998) la cual se presenta a detalle en el marco teórico de este trabajo.

Se tomaron todas las dimensiones posibles para caracterizar de una forma mas detallada cada uno de los movimientos de masa que así lo permitieron, estos parámetros de longitud son los que se muestran en figura 3.

Tabla 1: Criterios para la identificación de movimientos de masa en campo. (Tomado y Modificado de GONZÁLEZ 2002)

Tipo de movimiento de masa	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de ladera	Geometría
Desprendimientos o Caídos	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos	Pendientes elevadas > 50°
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción curvas o cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior. Superficies basculadas con encharcamientos. Contraste de vegetación. Malas condiciones de drenaje y encharcamiento en depresiones.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces	Pendientes entre 20° - 40° D/L < 0,3 a 0,1
Deslizamientos traslacionales en roca o suelo	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamiento en cabecera. Drenaje desordenado o ausente.	Desvío de cauces, en ocasiones acumulación de material con forma de lóbulos.	Pendientes uniformes D/L < 0,1
Desplazamientos laterales	Bloques desplazados y basculados en varias direcciones. Pendientes suaves o muy suaves. Grandes grietas separando bloques. Bloques con formas irregulares controladas por fracturas. Sistema de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces, valles asimétricos.	—	Pendientes suaves, incluso < 10°
Flujos de Barro	Nichos cóncavos poco profundos. Pocas grietas. Contraste en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje.	Lóbulos. Morfología irregular ondulada.	Pendientes 15 - 25° D/L = 0,05 - 0,01
Flujos de Tierra o Derrubios	Concavidad y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada.	Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular.	Pendientes > 25° D/L muy pequeños

D/L = profundidad / longitud de la masa deslizada.

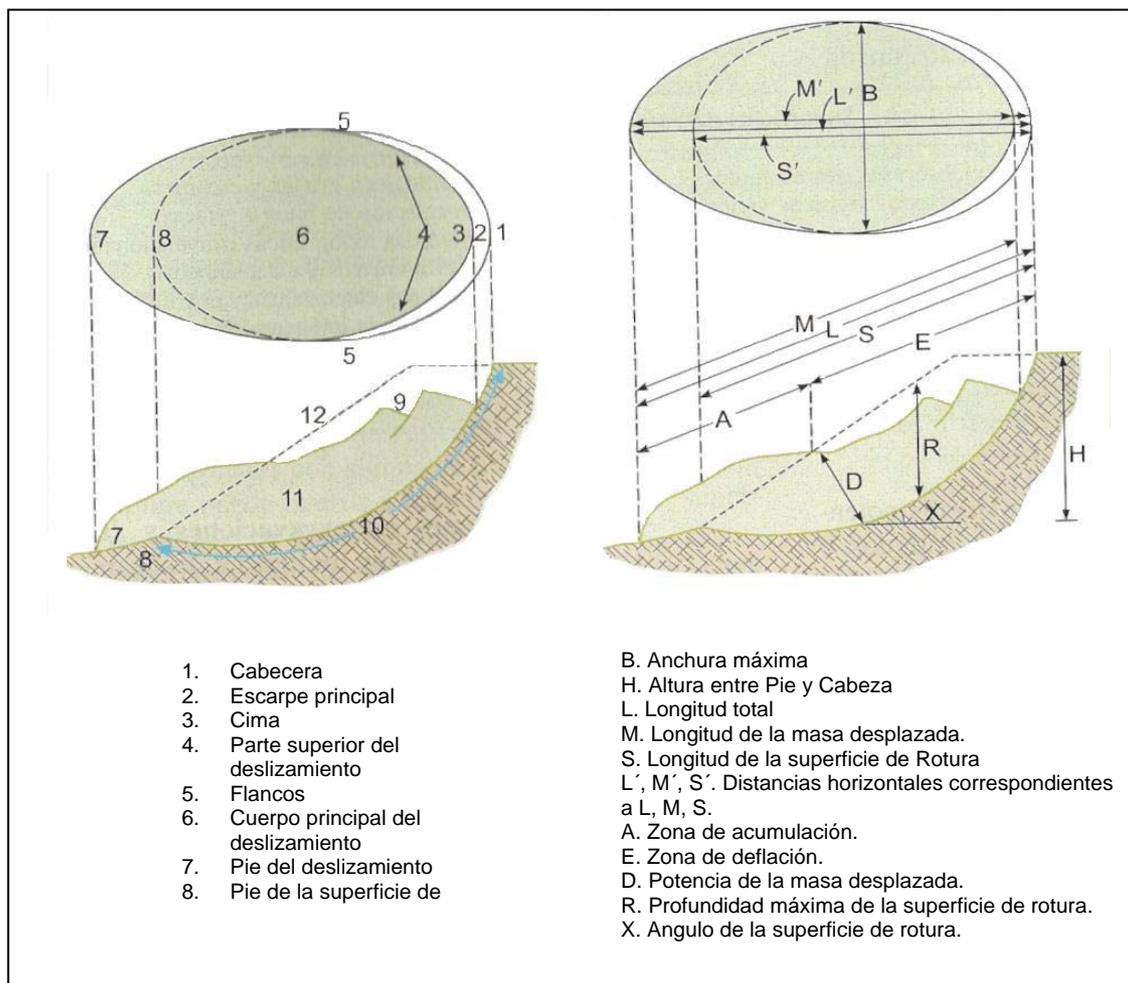


Figura 3: Descripción de los rasgos y dimensiones de un deslizamiento. (Tomado y modificado de GONZÁLEZ, 2002)

Adicionalmente al tipo de movimiento es importante definir en campo las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad y material (SUAREZ, 1998).

Tipo de material:

Roca: Se denomina "roca" a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de la iniciación del movimiento.

Residuos: Se denomina con el nombre de residuo o detritos, al suelo que contiene una significativa proporción de material grueso. Si más del 20% en peso del material son granos de más de 2 mm de diámetro debe llamarse residuo.

Tierra: Se denomina tierra al material de un deslizamiento que contiene más del 80% de las partículas menores a 2 mm de diámetros. Se incluyen los materiales desde arenas hasta arcillas muy plásticas.

Humedad:

Seco: No contiene humedad visible.

Húmedo: contiene algo de agua pero no posee agua libre, es decir en corrientes, comportándose como un sólido plástico no como un líquido.

Mojado: Contiene suficiente agua para comportarse en parte como un fluido denso, con partes de aguas muy visibles que se salen del material.

Muy Mojado: Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aun en bajas pendientes.

1.5.2.3 Recolección de muestras

Se tomaron muestras en toda la extensión de la cuenca, tanto de los distintos litotipos encontrados en los diferentes afloramientos, como de sedimentos sueltos presentes en zonas de acumulación dentro del drenaje. En total se tomaron 105 muestras de rocas duras y 20 muestras de sedimentos, distribuidas por toda la cuenca. La ubicación de estas muestras se presenta en el mapa anexo.

1.5.3 Fase Post – Campo o de Laboratorio

1.5.3.1 Objetivos específicos

- Determinar la granulometría de los sedimentos sueltos, mediante el tamizado de las muestras.

- Clasificar y agrupar los sedimentos según su granulometría, para esto se empleo la clasificación según el tamaño de grano UDDEN – WENTWORTH y los triángulos de clasificación de sedimentos según su granulometría propuestos por FOLK 1965. (Ver Tabla 2 y Figura 4)
- Interpretar los datos granulométricos obtenidos de los sedimentos estudiados, mediante el cálculo y análisis de los parámetros texturales según FOLK (1969).
- Estudio visual de los sedimentos para la estimación mineralógica.
- Estudio de las muestras de agua en el laboratorio para determinar la cantidad de sólidos en suspensión que pueden transportar los ríos de la zona.
- Estudio de secciones petrográficas de los distintos litotipo presentes en la zona, para poder así clasificar con exactitud estas rocas y definir una mejor geología local.

1.5.3.2 Procedimiento realizado para el análisis de las muestras de sedimentos sueltos:

- Se realizó el cuarteo a cada muestra para obtener una muestra representativa, basándose en la norma ASTM D-75-97, obteniendo muestras de 1000 gr. para arenas y 700 gr. para gravas.
- La muestra obtenida por el método del cuarteo fue secada, si así lo requería, en un horno a 110 ± 5 °C por 3 horas.
- Se tamizó la muestra, para esto se empleó un tambor vibratorio con los tamices C, A, 5, 7, 10, 14, 18, 25, 35, 45, 60, 80, 120, 170, 230, bandeja, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM C-136-96.
- Se pesaron los sedimentos aculados por tamiz, y con la tabla 2 se clasificaron, luego con los triángulos de la figura 4 se le dio nombre a la muestra, según fuera su granulometría.
- Con los datos de los pesos por tamiz se generaron los histogramas de frecuencias y las curvas de acumulación.
- Finalmente se calcularon y analizaron las parámetros granulométricos y texturales según FOLK (1996).

Tabla 2: Escala de tamaños de granos para la clasificación de sedimentos de UDDEN – WENTWORTH. (Tomada y modificada de FOLK 1969).

Tamices U.S.		Milímetros	PHI (?)	Nombre de la categoría
Standard	No. De malla			
		4096	-12	
		1024	-10	PEÑASCOS
		256	-8	
Se usa una		64	-6	GUIJONES
retícula de		16	-4	GUIJAROS
alambre		4	-2	
5		3,36	-1,75	
6		2,83	-1,5	GRANULO
7		2,38	-1,25	
8		2	-1	
10		1,68	-0,75	
12		1,41	-0,5	ARENA MUY GRUESA
14		1,19	-0,25	
16		1	0,0	
18		0,84	0,25	
20		0,71	0,5	ARENA GRUESA
25		0,59	0,75	
30		0,5	1,0	
35	1/2	0,42	1,25	
40		0,35	1,5	ARENA MEDIANA
45		0,3	1,75	
50		0,25	2,0	
60	1/4	0,21	2,25	
70		0,177	2,5	ARENA FINA
80		0,149	2,75	
100		0,125	3,0	
120	1/8	0,105	3,25	
140		0,088	3,5	ARENA MUY FINA
170		0,074	3,75	
200		0,0625	4,0	
230	1/16	0,053	4,25	
270		0,044	4,5	LIMO GRUESO
325		0,037	4,75	
	1/32	0,031	5,0	
	1/64	0,0156	6,0	LIMO MEDIANO
	1/128	0,0078	7,0	LIMO FINO
	1/256	0,0039	8,0	LIMO MUY FINO
			9,0	
			10,0	ARCILLA

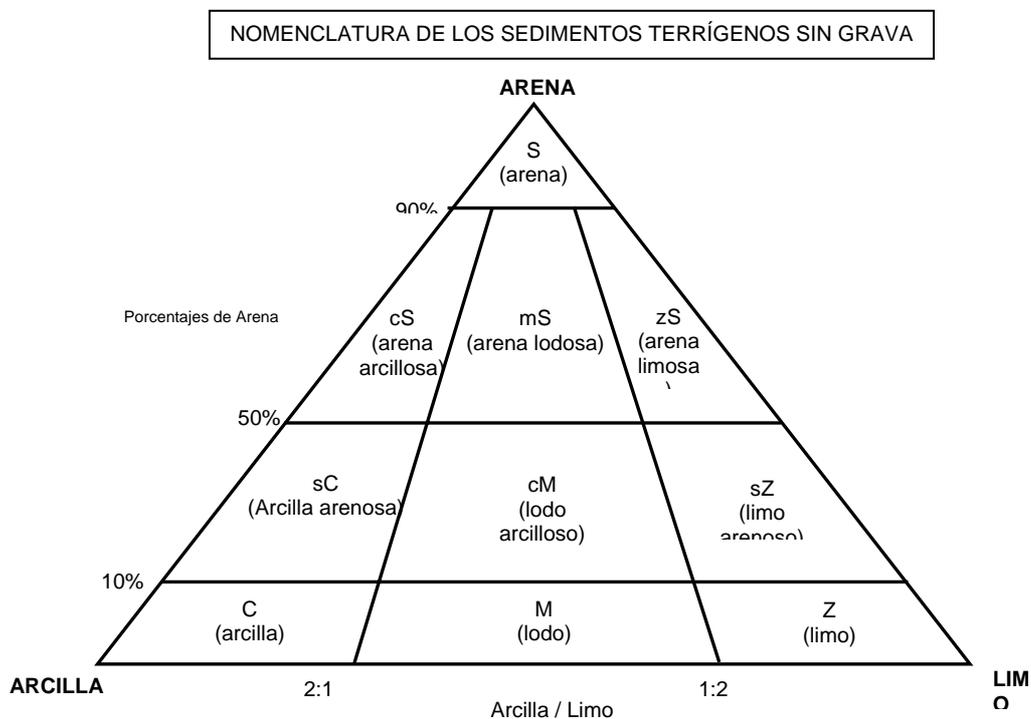
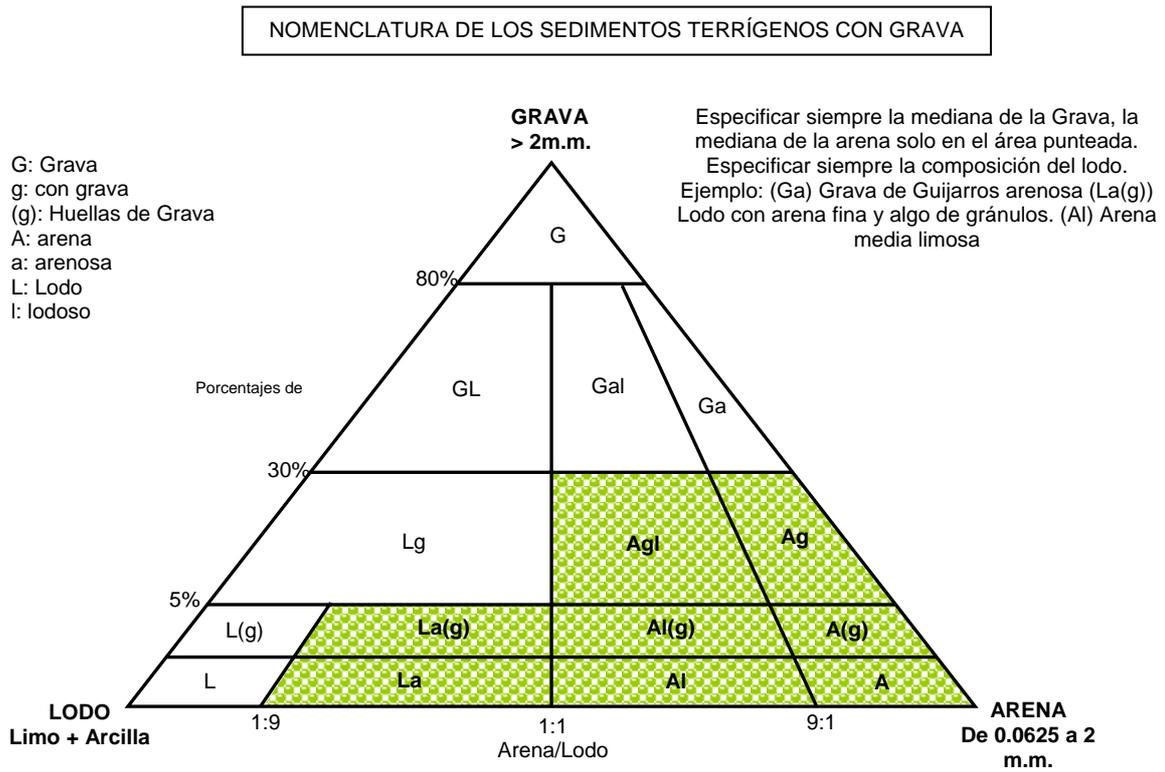


Figura 4: Diagramas triangulares para la clasificación de sedimentos. (Tomado y Modificado de FOLK, 1969)

1.5.3.3 Calculo de los parámetros granulométricos y texturales según FOLK (1969)

Mediana: f_{50}

Tamaño promedio: $Mz = (f_{16} + f_{50} + f_{84}) / 3$

Escogimiento: $S1 = (f_{84} - f_{15}) / 4 + (f_{95} - f_5) / 6,6$

Tabla 3: Valores parámetros del grado de escogimiento.

S1	Grado de Escogimiento
< 0,35	Muy Bien escogido
0,35 - 0,5	Bien escogido
0,5 - 0,71	Moderadamente bien escogido
0,71 - 1,00	Moderadamente escogido
1,00 - 2,00	Mal escogido
2,00 - 4,00	Muy mal escogido
> 4,00	Extremadamente mal escogido

Asimetría (Coeficiente de Asimetría Incluyente):

$$SK = (f_{16} + f_{84} + 2f_{50}) / 2(f_{84} - f_{16}) + (f_5 + f_{95} - 2f_{50}) / 2(f_{95} - f_5)$$

Tabla 4: Valores parámetros de la asimetría:

SK	Asimetría
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

Curtosis o Angularidad Grafica:

$$KG = (f_{95} - f_5) / 2,44(f_{75} - f_{25})$$

Tabla 5 : Valores parámetros de la curtosis

KG	Curtosis
< 0,67	Muy platicúrtica
0,67 - 0,90	Platicúrtica
0,90 - 1,11	Mesocúrtica
1,11 - 1,50	Leptocúrtica
1,50 - 3,00	Muy leptocúrtica
> 3,00	Extremadamente leptocúrtica

1.5.3.4 Procedimiento para la estimación de la mineralogía presente en las muestras de sedimentos sueltos.

- Se tomaron 5 gr. aproximadamente de la muestra obtenida luego del cuarteo de las distintas muestras y se colocaron sobre una superficie negra con la finalidad de que resalten los distintos colores y minerales presentes.
- Utilizando la carta comparativa para la estimación visual de porcentajes (Figura 5) se anotaron los porcentajes presentes de los distintos elementos identificables, cuarzo, micas, fragmentos de rocas entre otros.

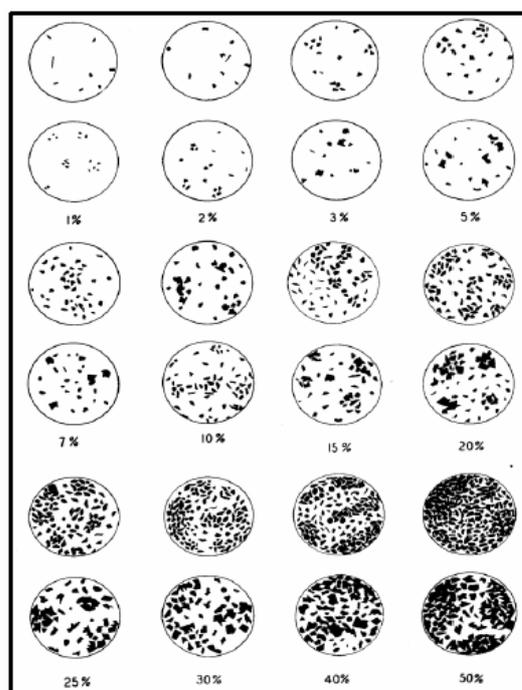


Figura 5: Carta comparativa para la estimación visual de porcentajes. Tomado de BUKOR Y TAGLIAFERRO (2004)

- Por cada familia mineral o fragmento de roca presentes en la muestra, se estimo utilizando las cartas comparativas, la esfericidad y las relaciones de los radios axiales. (Ver figuras 6 y 7)

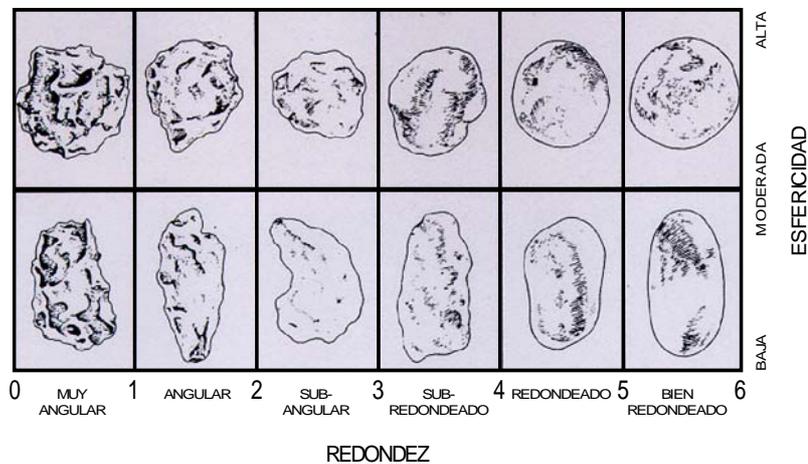


Figura 6: Tabla para estimación visual de redondez según POWERS, 1953

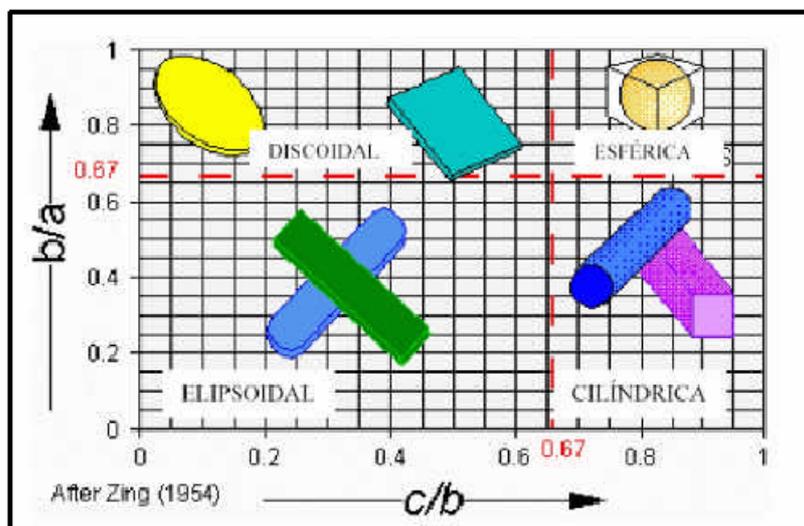


Figura 7: Formas de ZINGG (1954). Tomado de BUKOR Y TAGLIAFERRO (2004)

1.5.3.5 Calculo de sólidos suspendidos totales en las muestras de aguas:

Para el calculo de la cantidad de sólidos suspendidos totales, se empleo la metodología propuesta por "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" en la norma 2540 D. "Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C".

Esta metodología consiste básicamente en emplear un papel de filtro con tamaño nominal de poros de 1,58 micras, el cual es pesado inicialmente, luego la muestra de agua de 500 ml se hace pasar con mucho cuidado por el papel de filtro, para esto se emplea un embudo, finalmente el papel de filtro se introduce en una estufa a 103 -105 °C hasta que el mismo este totalmente seco.

El papel de filtro ya seco es pesado nuevamente, con la diferencia entre el peso inicial y este ultimo se logra saber con facilidad el porcentaje de sólidos existentes en las muestra.

2. GEOGRAFÍA FÍSICA

2.1 Relieve

La Cuenca de Canoabo se ubica dentro del Sistema Montañoso del Caribe o Cordillera de la Costa, la cual se caracteriza por la variedad de formas topográficas existentes. La altitud del área de estudio se encuentra entre 300 y 1.700 m. correspondiendo la más baja al sitio de emplazamiento de la represa Canoabo, al Norte, y la más alta al pico Cerro de Paja al Suroeste.

La cuenca presenta una forma triangular ligeramente alargada hacia el Norte, ocupando una superficie aproximada de 136 Km², esta relación espacial se observa claramente en los cortes topográficos. (Ver Figuras 8 y 9)

Se observan dentro de la cuenca dos tipos de paisajes principales (Ver Figura 10):

1- Paisaje de Montaña: ocupa el 70% del área total de la cuenca, está conformado por filas alargadas de orientación aproximada Norte – Sur, se ubican en el Oeste y Este de la cuenca, Fila Media Luna y Fila La Justa respectivamente, y una gran fila principal y muy alargada de orientación aproximada Este – Oeste, al Sur de la cuenca.

Estas filas son las divisorias de aguas que delimitan a la cuenca hidrográfica de Canoabo y se caracterizan por presentar laderas rectas y simétricas con pendientes que varían de medias (15° – 30°) en las zonas bajas, a fuertes (> 45°) cerca de la cima; crestas ligeramente redondeadas. El drenaje es denso, y poco entallado, solo los colectores de agua principales presentan un entallamiento considerable.

Estas tres filas principales presentan gran cantidad de estribaciones, de orientación preferencial Este – Oeste, las cuales presentan crestas muy puntiagudas y terminaciones en forma de ramales, sugiriendo importantes cambios litológicos.

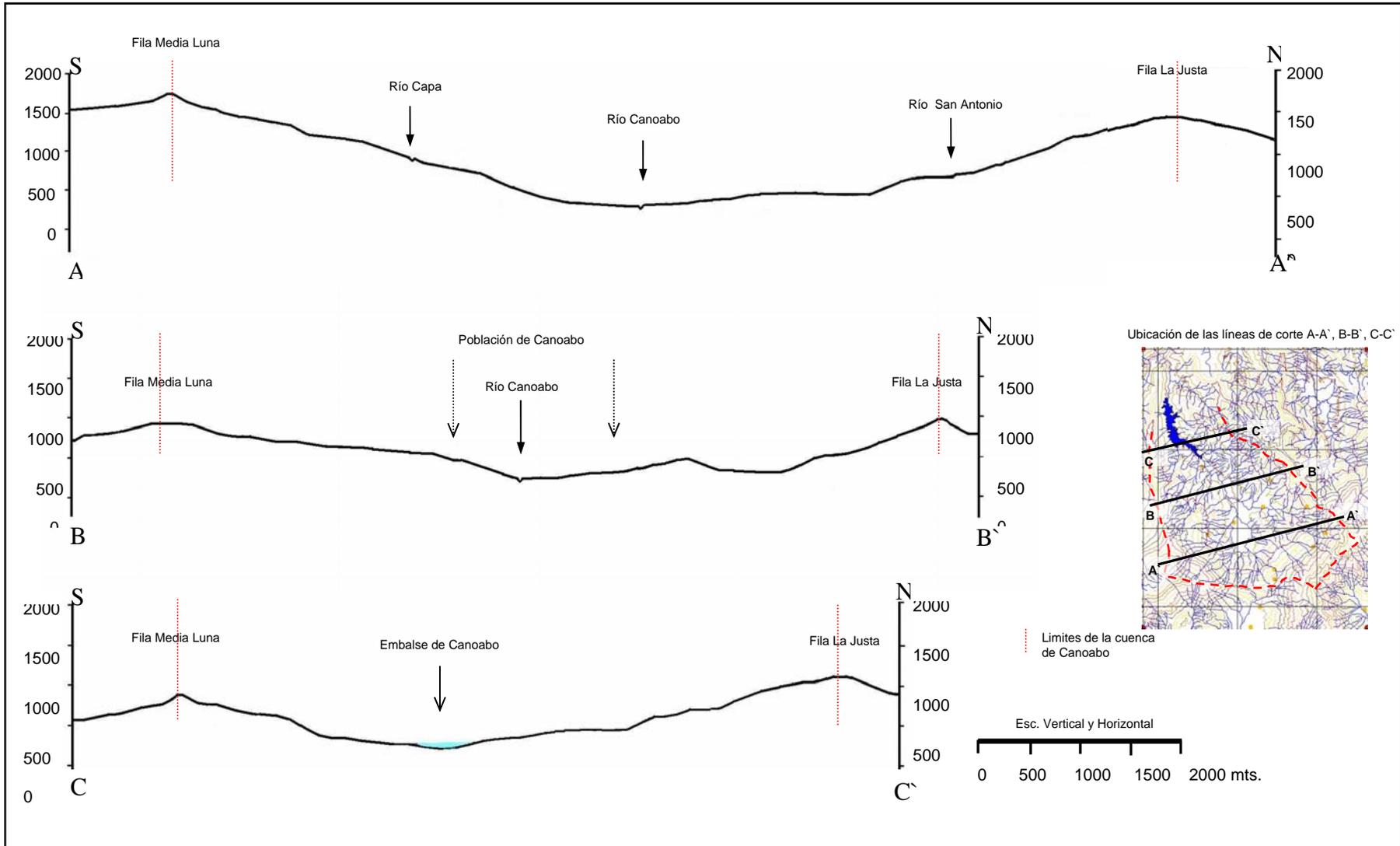


Figura 8: Cortes Topográficos de la Cuenca de Canoabo, orientación N73°E. Muestra la geometría de las filas principales y como la cuenca se estrecha hacia en Norte.

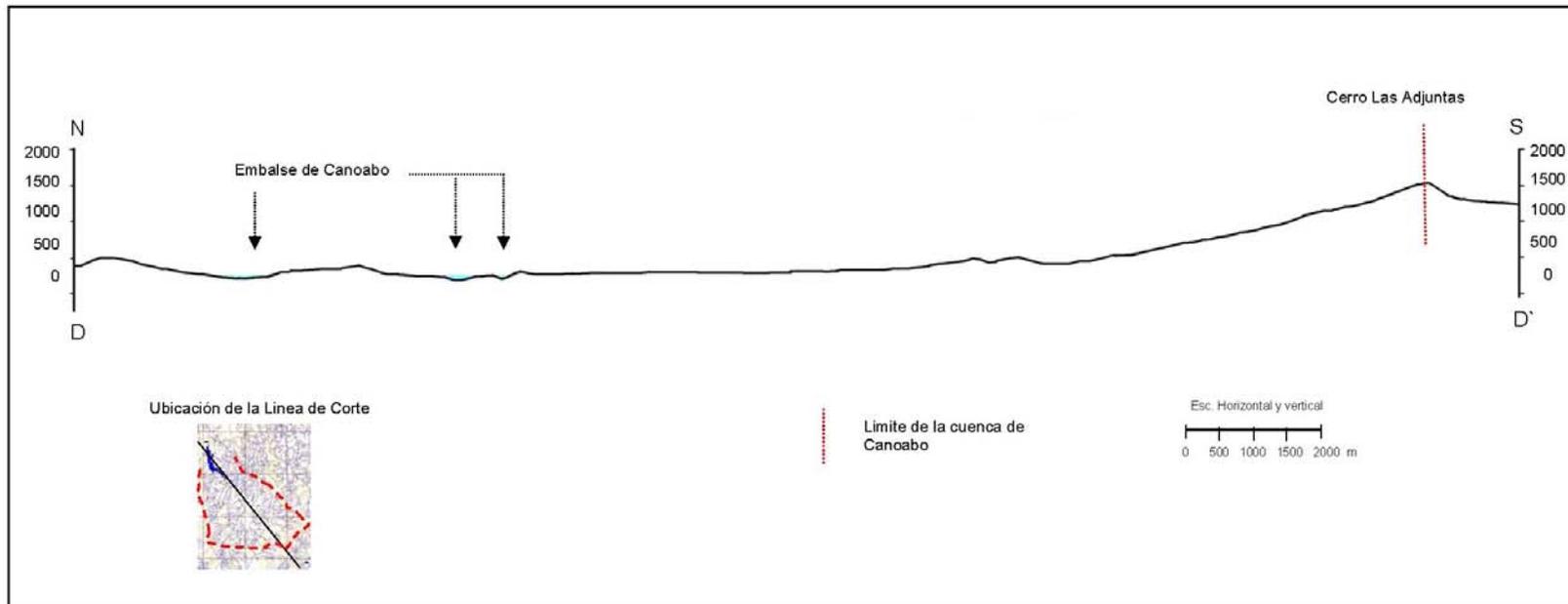


Figura 9: Corte Topográfico de la Cuenca de Canoabo, orientación S41°E. Muestra la Pendiente general de Norte a Sur.

2- Paisaje de Valle: ocupa el 30% del área total de la cuenca, este valle es generado por el río Canoabo, el cual es el colector principal de toda la cuenca. El valle es muy ancho hacia el Sur donde se encuentran las poblaciones de Canoabo, El Naranjo, Santa Ana, Canoabito y áreas de cultivo. (Ver figura 11)

Hacia el Norte el valle se estrecha hasta llegar a la zona del vaso de inundación del embalse Canoabo. Este valle es muy simétrico ya que las aguas del colector principal o río Canoabo corren por el centro en la parte más baja del fondo del valle.

El drenaje presenta mayor trayectoria al Este y Sur de la cuenca, siendo los ríos, Ojo de Agua, La Seca, Guineo, San Antonio, Capa y El Naranjo, los más largos; Estos cuerpos de agua se incorporan al río Canoabo casi en ángulo recto. Hacia el Oeste y Norte de la cuenca el drenaje presenta menor recorrido y se incorpora al colector principal formando un ángulo entre 45° y 70° .

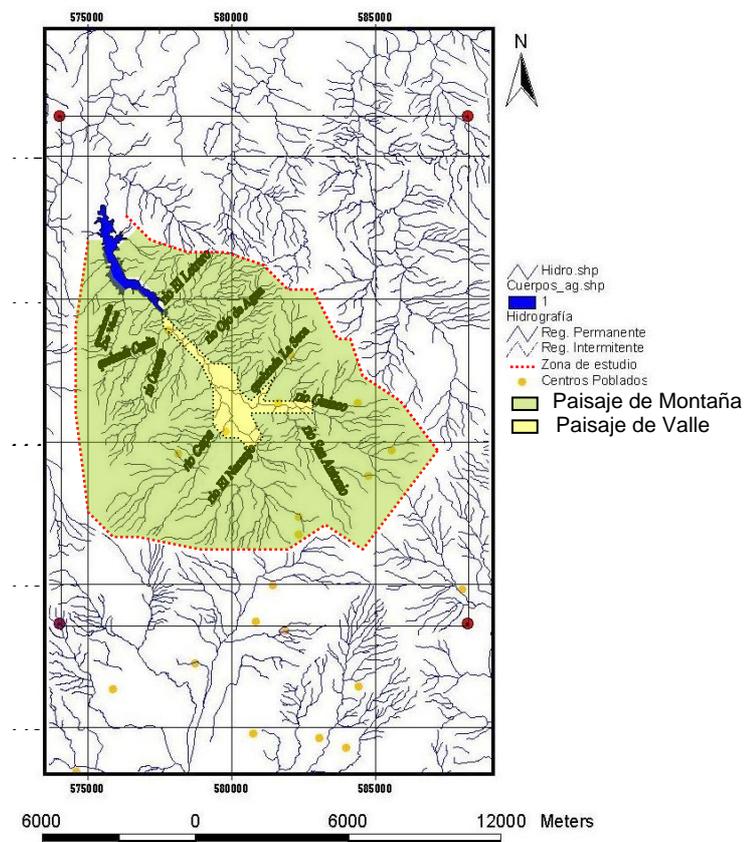


Figura 10: Distribución de los distintos paisajes dentro de la cuenca de Canoabo.



Figura 11: Se observa en gran valle donde corren las aguas del río Guineo y al fondo y hacia el Norte corren las aguas del río Canoabo, se observa también la geometría de las laderas de la unidad de montañas las cuales son generalmente rectas con pequeñas irregularidad producto del modelado por parte del drenaje.

2.2 Drenaje

La cuenca receptora del río Canoabo forma parte de la sección alta de los valles occidentales del estado Carabobo. Los cursos de agua están caracterizados por ser de corto recorrido y poseer una escorrentía permanente debido a los bosques que originan caudales potencialmente regulares.

El río El Naranjo al Sur de la cuenca, rodea el pueblo de Canoabo para desembocar en el río Capa, donde nace el río Canoabo. El río Guineo, San Antonio y La Seca, fluyen desde las cumbres de Guarapo, Palmichal y fila Rica al Sureste del valle, pasando por el sector de Canoabito.

El río Canoabo, colector principal de la cuenca, atraviesa todo el valle en sentido Sur-Norte, recibiendo como afluentes más importantes las quebradas que nacen a altitudes de 900 a 1.000 msnm como La Seca, Ojo de Agua y El Letrero, río Guineo por el Este, por el Oeste recibe los aportes de cursos de agua, cuyas cabeceras se encuentran a 800 msnm como la quebrada Capita, quebrada de Vaca y el río Cocorote y al Sur los ríos El Naranjo, el río Capa y San Antonio.

Antes de la construcción del embalse, el río Canoabo continuaba hacia el Norte para unirse al río Urama antes de desembocar en el mar Caribe.

De acuerdo a la densidad y geometría de los distintos cauces el patrón de drenaje es dendrítico, lo que indica que los materiales de la superficie son relativamente homogéneos. El drenaje ocurre sobre rocas metamórficas fuertemente plegadas (Ver Figura 12). La densidad de drenaje es de 5,1 Km de cursos de agua por cada Km² de la cuenca aproximadamente, según RIVERA (1998).

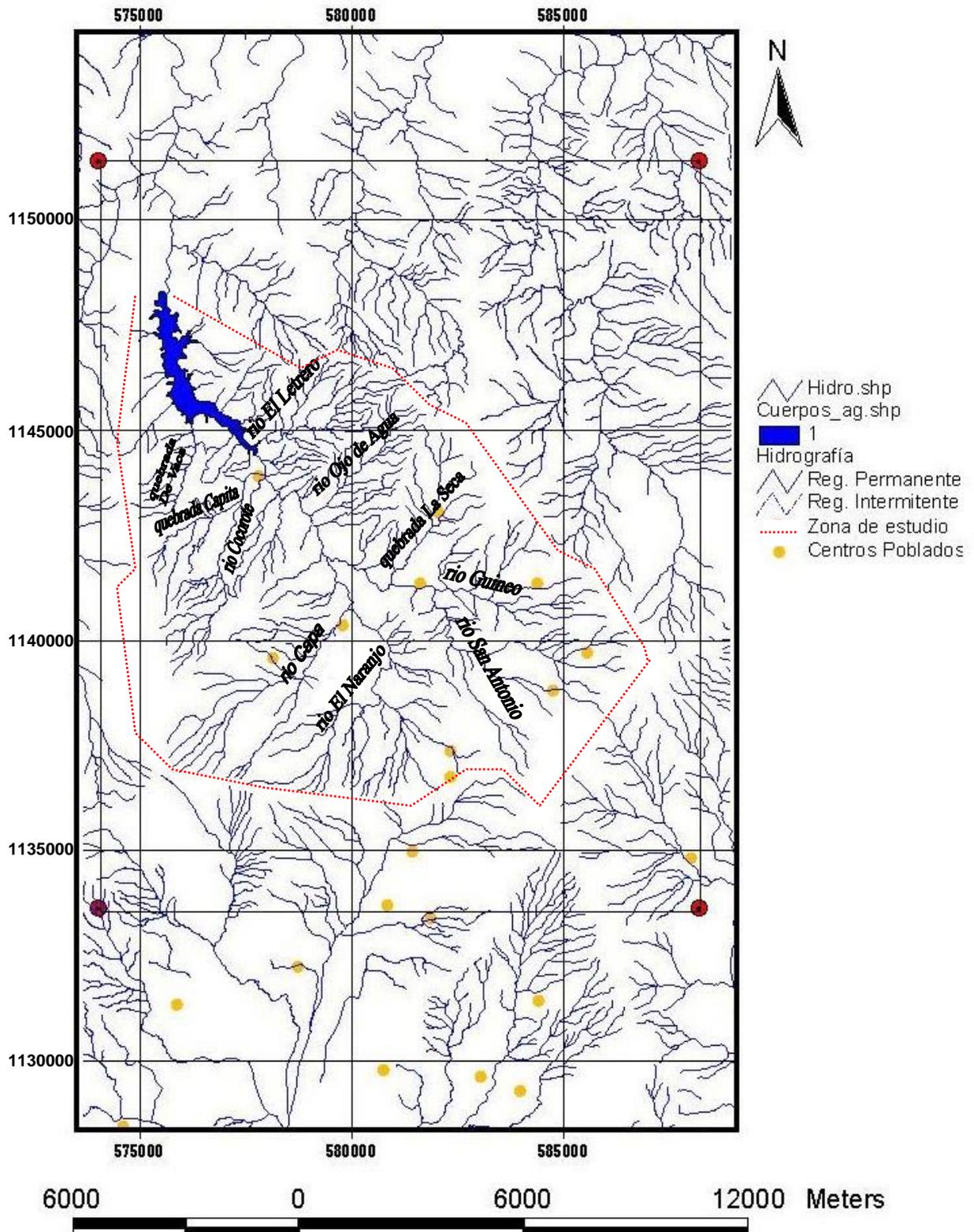


Figura 12: Mapa hidrográfico de la cuenca de Canoabo.

2.3 Vegetación

A lo largo del área de estudio se observan formaciones de bosque decíduo y semidecíduo, altamente intervenido; áreas de sabana situadas en la zona de aluviones y bosque tropical premontano.

La cuenca está cubierta por unidades de bosque alto, bosques medios, asociación bosque alto y bosques medios, bosques bajos, pastizales naturales, pastizales intervenidos, matorrales y cultivos. Conociendo el valor ocupado por cada una de las unidades se pudo observar que la mayor parte del área de la cuenca (85,5%) está cubierta por formaciones boscosas, distinguidas por la diferencia de nivel entre el suelo y el estrato más alto: bosques altos (25 m. o más); bosques medios (15-25 m.); y bosques bajos (5-15 m.). Los pastizales ocupan el 10,5% del área total, de las cuales el 17,19% son naturales y el 82,81% intervenidos. Los matorrales, abarcan espacios entre las 680 y 870 msnm, con una extensión de 2 % del área total. Los cultivos permanente (principalmente frutales cítricos) están localizados en el valle y cubren 1,5% del área total de la cuenca. En las vertientes de la cuenca se observan conucos en forma dispersa, ocupando una extensión aproximada de 0,5% del área total. (RIVERA, 1998).

Los Árboles más comunes y en mayor abundancia en las partes altas son: Cedro, Pardillo, Mijaus, Jabillo, Palmas (cocotero, chaguaramos), Roble blanco, Castaño, Samán, Apamate, Araguaney, Bucare y Camoruco.

Otro tipo de vegetación presente es: Helechos, bambú, asajar, galán, mango, mamon.

Las siembras son principalmente de cítricos como naranja y mandarina, pero a nivel de conucos se encuentra por toda la cuenca siembras de: Plátano, yuca, ocumo, maíz, parchita, quinchoncho, caraota, tomate, aguacate, cacao, café.

Los potreros presentes en la cuenca se realizan en zonas donde existían bosques altos los cuales son cortados y sembrados con pasto chiriguero y pasto lengua de vaca.

2.4 Clima

Para realizar la caracterización climática se analizaron las características geográficas y topográficas de la zona junto con los datos aportados por la estación meteorológica de Palmichal, dicha estación se ubica al Sureste de la cuenca a pocos Km. del Cerro de Paja, más específicamente latitud Norte 10°18`00" y Longitud Oeste 68°14`00" a 1000 metros sobre el nivel del mar.

Los registros meteorológicos suministrados constan de datos de: Temperaturas, Humedades, Presión, Insolación, Radiación, Precipitación, Evaporación, Vientos y Nubosidad, desde el año 1988 hasta el 2004.

2.4.1 Precipitación.

La distribución pluviométrica en la cuenca está determinada por la altitud. Debido a ello se presenta una variación en cuanto a la cantidad de precipitación caída sobre el área. Además intervienen factores mesoclimáticos tales como la orientación de los valles secundarios en relación a la circulación predominante del aire y la exposición de las vertientes según Este u Oeste, RIVERA (1998).

Estos factores locales determinan el comportamiento del régimen pluviométrico y explican la diferenciación en la cantidad de precipitación distribuida en el área de estudio.

Palmichal se presenta con un microclima particular debido a precipitaciones de origen orográfico, siendo el relieve del lugar un factor determinante en el

registro de máximas precipitaciones. Igual que en el resto de Venezuela, la pluviosidad se registra en el marco de estaciones secas y húmedas, como se observa en tabla 6.

Tabla 6: Precitaciones anuales reportadas por la estación metereologica de Palmichal.

AÑO	Precipitacion anual (mm)	Mes de mayor precipitacion / monto (mm)		Mes de menor precipitacion / monto (mm)	
1988	1423,8	Octubre	299,8	Enero	0,9
1989	1042,3	Septiembre	297,3	Diciembre	4,6
1990	1361,5	Octubre	205,6	Diciembre	28,6
1991	1084,2	Noviembre	209,4	Febrero	5
1992	1197,5	Mayo	235,2	Marzo	6,6
1993	1091,5	Abril	226,3	Febrero	8,7
1994	1186,9	Octubre	240,4	Enero	4,1
1995	967,3	Julio	230,9	Febrero	2,3
1996	1515,6	Mayo	242,3	Enero	10,2
1997	1058,9	Julio	179,4	Enero	17,7
1998	1305,3	Abril	236,7	Enero	6,6
1999	1386,5	Abril	301,5	Enero	31,2
2000	1089	Junio y Julio	127,7	Diciembre	5,2
2001	837,5	Agosto	126,2	Febrero y Marzo	2,7
2002	947,9	Junio	208,3	Febrero	2,5
2003	1178,3	Agosto	197,5	Marzo	2,3
2004	1316,9	Mayo	249,7	Febrero	10,9

2.4.2 Temperatura.

La temperatura media anual de los últimos 16 años es en promedio de 20,2 °C presentando fluctuaciones entre 12.5 °C – 32.4°C. Los meses de Enero y Diciembre suelen ser los más fríos, mientras que las temperaturas más altas se registran en los meses de Marzo – Abril y Septiembre - Octubre. (Ver Tabla 7)

En general dentro de la cuenca las temperaturas varían fuertemente, ya que este factor climático esta condicionado por la variación altitudinal y por la conformación fisiográfica.

2.4.3 Evaporación.

Los valores promedios de evaporación en la tina aportados por la estación Palmichal abarcan un rango de 2,9 a 3,5 mm al año. La variación mensual presenta un ligero aumento en los meses de junio a septiembre debido a una mayor insolación. Los valores más bajos se presentan entre los meses noviembre y enero.

Tabla 7: Datos de Temperatura media anual. Máxima absoluta y mínima absoluta desde 1988 hasta 2004. (Datos metereológicos Palmichal)

Año del registro	Temp. Media Anual (°C)	Temp. Máxima Absoluta (°C)	Mes de registro de la máxima	Temp. Mínima Absoluta (°C)	Mes de registro de la mínima
1988	20,00	31,6	Abril	14,0	Enero
1989	19,60	30,2	Septiembre	13,0	Febrero
1990	19,90	30,7	Septiembre	13,4	Diciembre
1991	19,86	31,3	Marzo	12,5	Diciembre
1992	20,26	32,4	Abril	12,9	Enero
1993	20,55	29,0	Abril	14,3	Enero
1994	20,48	29,6	Octubre	14,4	Enero
1995	20,87	29,0	Mayo	15,3	Enero
1996	20,47	28,7	Abril	15,4	Enero
1997	20,68	28,9	Octubre	15,9	Diciembre
1998	20,98	30,0	Marzo	15,9	Marzo
1999	20,38	28,9	Octubre	15,4	Febrero
2000	20,11	27,3	Septiembre	15,4	Diciembre
2001	19,98	27,8	Mayo	14,4	Febrero
2002	20,46	28,0	Octubre	15,0	Diciembre
2003	20,66	29,8	Abril	15,3	Enero
2004	20,11	28,2	Noviembre	15,2	Febrero

2.4.4 Relación Precipitación-Evapotranspiración.

La precipitación supera durante casi todo el año a la evapotranspiración, excepto los tres primeros meses del año (período de mínima precipitación) cuando las plantas usan la humedad del suelo y se alcanzan niveles en los cuales la disponibilidad de agua puede ser deficiente. A partir del mes de abril aumenta la humedad en el suelo, producto del aumento de precipitación, lo cual implica, según RIVERA (1998), que no existe déficit estacional de agua en el sector Sureste, con la excepción del área de la población de Canoabo que

presenta un déficit de agua casi todo el año, obteniendo en los meses de agosto una recarga de agua.

2.4.5 Vientos

La tendencia general de los vientos en los últimos 10 años es hacia el Este, presentando variaciones en los cuatro primeros meses del año a Norte – Noreste y en los últimos meses del año a Sur – Sureste.

La velocidad promedio del viento esta entre 12,5 y 14 mts./seg. , alcanzando valores de hasta 22 mts/seg. en los meses de Junio – Agosto.

Según la clasificación de los vientos tomada de MARRERO LEVI (1970), los vientos dominantes son del tipo Vientos Fuertes, alcanzando en los meses de mayor fuerza hasta un grado de Temporal (Ver Tabla 8)

Tabla 8: Clasificación de los vientos según la velocidad de movimiento (Tomado y modificado de MARRERO L, 1970)

TERMINO DESCRIPTIVO	VELOCIDAD		EFECTOS
	Km/hr.	Mts./Seg.	
<i>Calma</i>	1	0 a 1	El humo se eleva verticalmente
<i>Viento Debil</i>	1 a 5	1 a 2	La direccion del viento se aprecia por la desviacion del humo
<i>Brisa Ligera</i>	6 a 11	2 a 4	Se agitan las hojas, el viento se siente en el rostro
<i>Brisa Continua</i>	12 a 19	4 a 6	Las hojas y ramas muy delgadas se mueven
<i>Brisa Moderada</i>	20 a 28	6 a 8	Se levantan los papeles sueltos
<i>Brisa Fresca</i>	29 a 38	8 a 10	Se balancean los arbustos con hojas, en los estanques se observan pequeñas ondas
<i>Brisa Fuerte</i>	39 a 49	10 a 12	Se mueven las ramas gruesas, silvan las lineas de cableado
<i>Viento Fuerte</i>	50 a 61	12 a 14	Se mueve todos los arboles
<i>Viento muy Fuerte</i>	62 a 74	14 a a16	Se rompen las ramas de los arboles, es dificil caminar
<i>Violento</i>	75 a 88	16 a 20	Caen chimeneas y tejas
<i>Temporal</i>	89 a 102	20 a 25	Los arboles son arrancados de raiz
<i>Tempestad</i>	103 a 117	25 a 30	Grandes daños en zonas extensas
<i>Huracan</i>	> 118	> 30	Grandes daños en zonas extensas

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Movimientos de masa

Se definen como movimientos gravitacionales que ocurren pendiente abajo, estos pueden ser de roca, regolito, vegetación o suelo, pero siempre bajo la influencia de la gravedad. Se diferencia de otros procesos erosivos por que los movimientos de masas gravitacionales no precisan un medio de transporte.

Los movimientos de masas son ocasionados por diversos factores, los principales o condicionantes, están relacionados a las características geométricas y climáticas de la zona, mientras que los desencadenantes son factores que generalmente están relacionados con la actividad humana o con cambio inesperados en el clima. (Ver tabla 9).

Tabla 9: Factores que originan o desencadenan un movimiento en masa y sus efectos (Tomado y modificado de GONZÁLEZ 2002)

	FACTORES	INFLUENCIA Y EFECTO
Condicionantes	Relieve (pendientes, geometría)	Distribución del peso del terreno.
	Litología (composición y textura)	Densidad, resistencia, Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisótropo. Zonas de debilidad
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales.
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
Desencadenantes	Precipitaciones y aporte de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno. Saturación en suelos. Erosión.
	Cambio en las condiciones hidrológicas	
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales.
	Cambios morfológicos y de geometría en las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado tensional
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera.
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes.

3.2 Nomenclatura general de los movimiento de masa

En la figura 13, se muestra un movimiento en masa típico, donde se resaltan y explican cada uno de los elementos principales que lo conforman.

3.3 Etapas en el proceso de falla en laderas y taludes

La clasificación para los movimientos de masa pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. Las clasificaciones existentes son esencialmente geomorfológicos y solamente algunas de ellas introducen consideraciones mecánicas o propiamente geológicas SUÁREZ (1998).

Por esta razón las clasificación eminentemente topográficas y morfológicas deben ser adaptadas a las condiciones verdaderas de los movimientos, para lo cual se deben tomar en cuenta cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos de masa, SUÁREZ (1998):

- Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo es esencialmente intacto.
- Etapa de falla caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- La etapa post-falla que incluye los movimientos de la masa involucrada, desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.
- La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que deben considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores.

3.4 Procesos en la etapa de deterioro de laderas y taludes

El deterioro con el tiempo puede dar lugar a la necesidad de mantenimiento o construcción de obras de estabilización. A esta etapa sin embargo, se le da

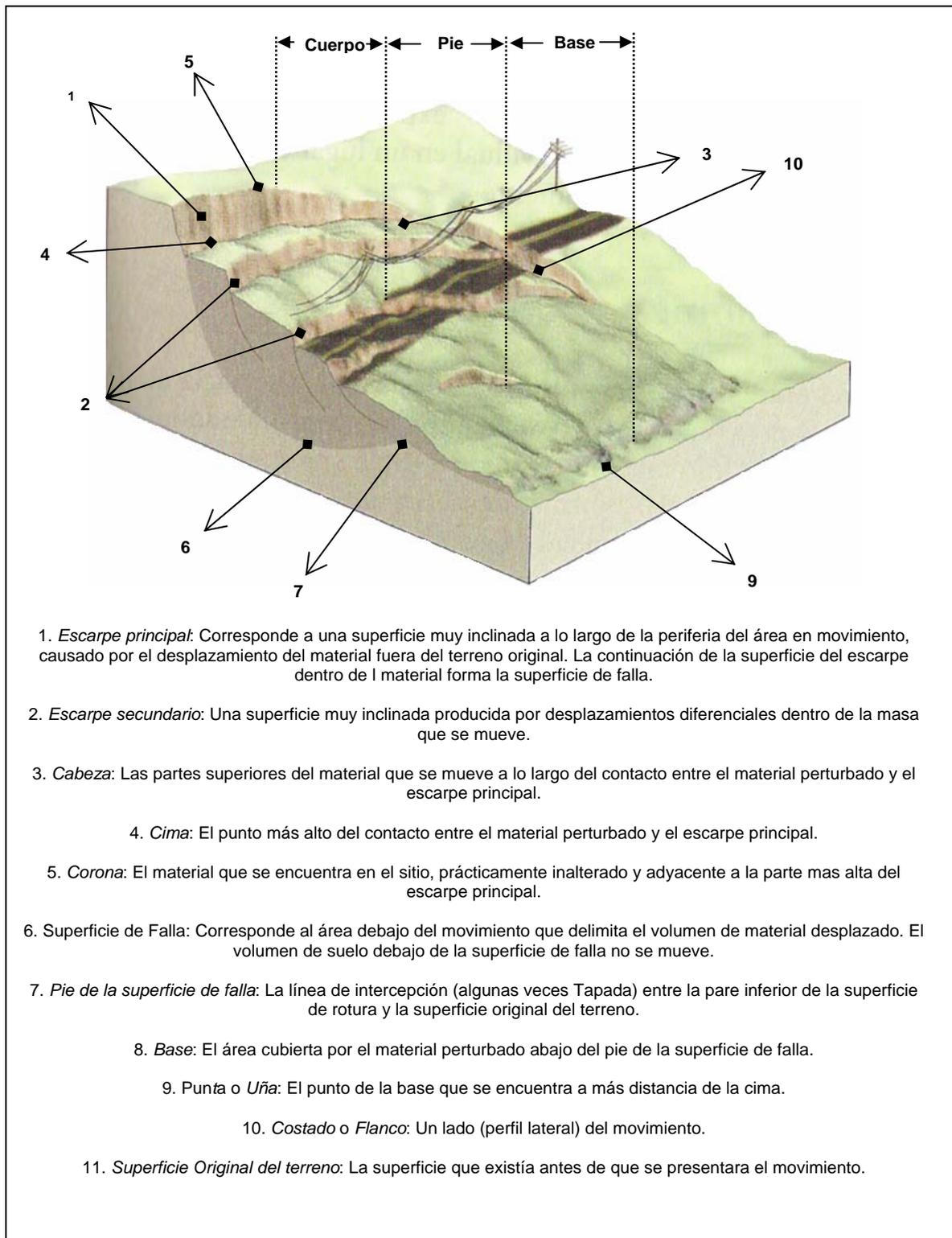


Figura 13: Nomenclatura de los procesos de Movimiento. (Tomado y modificado de TARBUCK Y LUTGENS 2000, con datos de SUÁREZ 1998)

muy poca atención en el momento del diseño y el énfasis se dirige a evitar las fallas profundas, mas que ha evitar los fenómenos anteriores a ella. (SUÁREZ, 1998).

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsiguiente desprendimiento o remoción del material, incluyendo la alteración mineral, los efectos de relación por el corte del talud y la abrasión.

Se presentan a continuación la mayoría de los procesos que ocurren previamente a la falla masiva: (SUÁREZ 1998)

Caída de granos

Consiste en la caída de granos individuales de la masa de roca con desintegración física a granos como prerequisite. Depende de la resistencia de las uniones intergranulares y las microgrietas relacionadas con los granos.

Causa un debilitamiento general del material rocoso. No representa una amenaza en si misma pero puede conducir a la perdida de soporte y subsecuente colapso en pequeña escala.

Descascaramiento

Caída de cáscaras de material de la masa rocosa. Las cáscaras tienen forma de laminas con una dimensión significativamente menor a las otras dos dimensiones. Puede reflejar la litología, fisilidad o puede reflejar la penetración de la meteorización.

Los fragmentos en forma de lamina no son grades y no constituyen una amenaza significativa, sin embargo, se produce un deposito de sedimentos en el pie del talud.

Formación, inclinación y caída de losas de roca

Se forman prismas a pequeñas placas con dimensiones mínimas de 50 mm, pudiendo existir deslizamiento y rotación. Generalmente, las fracturas a tensión paralelas a la superficie del talud son prerequisite para su ocurrencia, seguidas por la pérdida de soporte.

Pueden caer grandes bloques de material y pueden significar una amenaza importante, causando daño a los canales de drenajes, cercas y pavimento.

Caídos de bloques

Pueden caer por gravedad, en forma ocasional en bloques individuales de roca de cualquier dimensión, produciendo un deterioro en la estructura del talud.

La amenaza es difícil de predecir debido al gran rango de tamaños que pueden caer especialmente los bloques grandes pueden causar daño estructural. En ocasiones bajan saltando o rodando, pudiendo alcanzar grandes distancias.

Desmoronamiento del talud

El desmoronamiento general del talud produce la caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontinua. Puede causar una amenaza significativa y crear grandes acumulaciones de detritos en el pie del talud.

Caídos de roca

La caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” requiere que haya ocurrido un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y la

falta de soporte lateral. El volumen de la falla depende de los diversos planos de discontinuidad.

Lavado superficial o erosión

La erosión es el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelos o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas.

Las gotas de lluvia pueden contribuir al desprendimiento de las partículas o granos. Se conocen varios tipos de erosión:

- Erosión laminar: El proceso de erosión laminar se inicia por el impacto de las gotas de agua de lluvia contra la superficie del suelo, complementada por la fuerza de la escorrentía produciendo un lavado de la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos.
- Erosión en surcos: Los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente, paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie del talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas del suelo, formando surcos. Los surcos forman una compleja microrred de drenaje donde un surco al profundizarse va capturando a los vecinos, formando surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas en forma de V que pueden transformarse a forma de U.
- Erosión en Cárcavas: Las cárcavas constituyen el estado mas avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendientes altas que conforman el perímetro de la cárcava.

- Erosión interna: El agua al fluir por ductos concentrados dentro del suelo produce erosión interna, la cual da origen a derrumbamientos o colapsos que pueden generar un hundimiento del terreno o la formación de una cárcava.
- Erosión por afloramiento de agua: Un caso de erosión puede ocurrir en los sitios de afloramientos de agua, formando pequeñas cavernas y/o taludes negativos, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelo.

Flujo de detritos

El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado. Los flujos de detritos son impredecibles, mueven grandes volúmenes de material y pueden crear una amenaza moderada a alta.

Colapso

Bloques independientes de gran tamaño colapsan debido a la falta de soporte vertical. El tamaño de los bloques es de más de 500 mm e incluyen a los taludes negativos. Representan una escala grande de amenazas, de acuerdo a su tamaño y potencial de colapso.

Disolución

La disolución de materiales solubles en agua que pueden ser acelerado por las condiciones locales, especialmente la presencia de aguas agresivas. Puede producir cavidades internas que podrían colapsar o formar cárcavas cársticas.

Expansión y contracción

En los suelos arcillosos se producen cambios de volumen por cambios de humedad asociados con el potencial de succión del material. Estas Expansiones y contracciones producen agrietamientos y cambios en la estructura del suelo generalmente, con pérdida de la resistencia cortante.

Agrietamiento cosismico

Los eventos sísmicos pueden producir agrietamientos especialmente en los materiales rígidos y frágiles. Los agrietamientos cosismicos debilitan la masa del talud y generan superficies preferenciales de fallas, siendo menor cuando existe buen refuerzo sobre suelos subsuperficial con raíces de la cobertura vegetal.

Deformaciones por concentración de esfuerzos y fatiga

Los materiales al estar sometidos a esfuerzos de compresión o cortante sufren deformaciones, las cuales aumentan con el tiempo en una especie de fatiga de los materiales de suelo o roca, esto debilita al macizo rocoso haciendo mas susceptible a los movimientos de masa.

Agrietamiento por tensión

La mayoría de los suelos poseen muy baja resistencia a la tensión y la generación de esfuerzos relativamente pequeños, (especialmente arriba de la cabeza de los taludes y laderas), puede producir grietas de tensión las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de suelo permitiendo la formación de superficies de falla.

3.5 Clasificación de los movimientos de masa

Las clasificaciones de los movimientos de laderas suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, y al mecanismo y tipo de rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido de agua del terreno y la velocidad. Algunas de las clasificaciones más extendidas son las de VARNES (1978), HUTCHINSON (1988) Y DIKAU et. Al. (1996). (GONZÁLEZ, 2002).

Para la clasificación de los movimientos en masa se tomo de SUÁREZ (1998), la clasificación de VARNES (1978), la cual tipifica los principales tipos de movimientos, estos son:

a. *Caído*

En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.

Este tipo de movimiento es extremadamente rápido, y se da por caída libre en pendientes de más de 75° , a saltos en pendientes $75^\circ - 45^\circ$ y rodando en pendientes menores de 45° . El material que involucran este tipo de movimiento es muy variado desde roca suelta, vegetación y suelo. (Ver Figura 14).

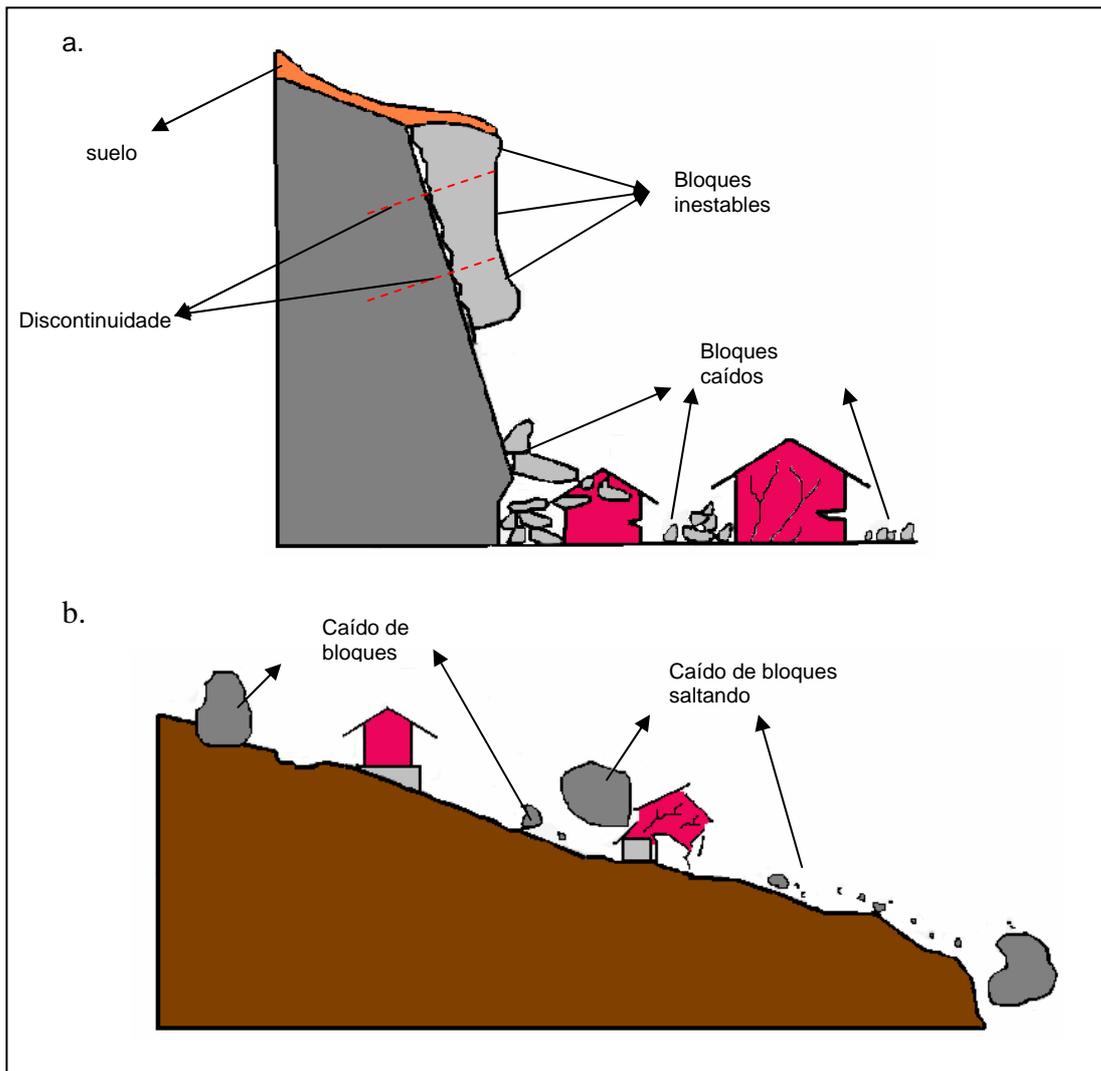


Figura 14: Movimiento en masa tipo Caído. a. Representa caídos de bloques inestables por gravedad, caída libre, b. Representa caídos de bloques rodando y saltando. (Tomado y modificado de SUÁREZ 1998)

b. *Inclinación o volteo*

Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia delante de una unidad o unidades de material terreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurre en formaciones rocosas. (Ver Figura 15)

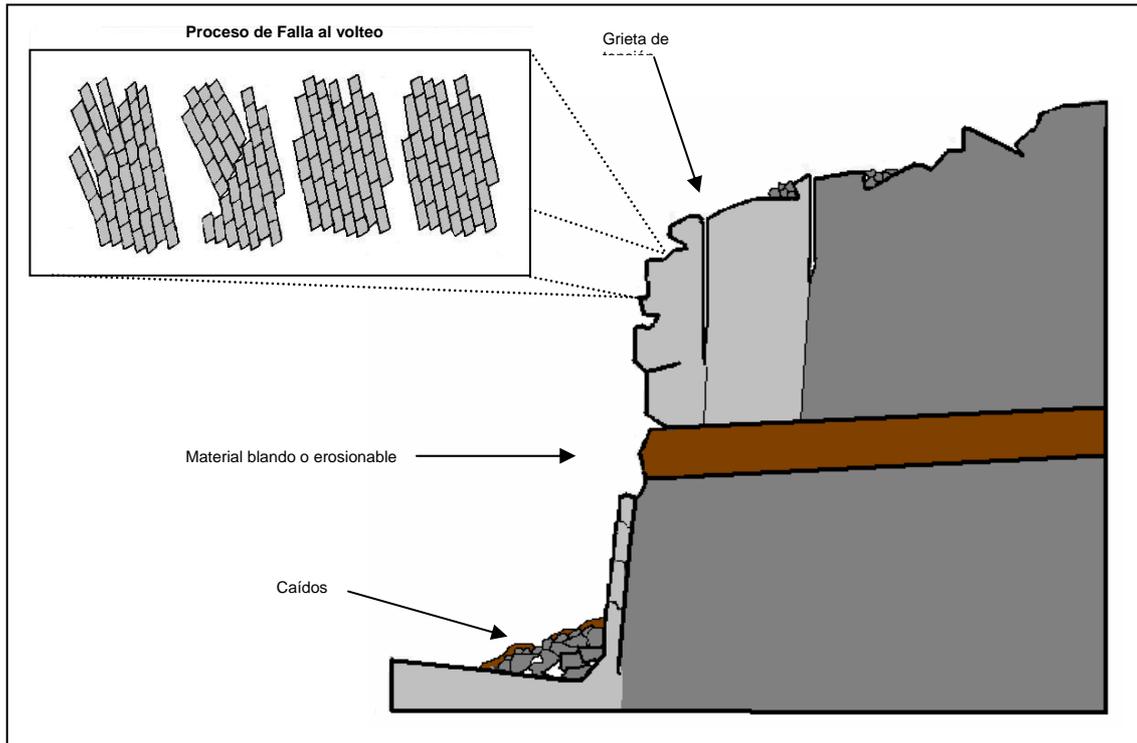


Figura 15: Proceso de volteo o inclinación de material rocoso, desde su callamiento hasta la caída de los bloques. (Tomado y modificado de SUÁREZ 1998)

c. *Reptación*

La reptación consiste en movimientos lentos a extremadamente lentos del suelo superficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. (Ver Figura 16)

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como flujos o deslizamientos.

d. *Deslizamientos*

Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies. El movimiento pueden ser progresivo donde puede moverse una sola masa o varias unidades de manera diacrónica. (Ver figura 17).

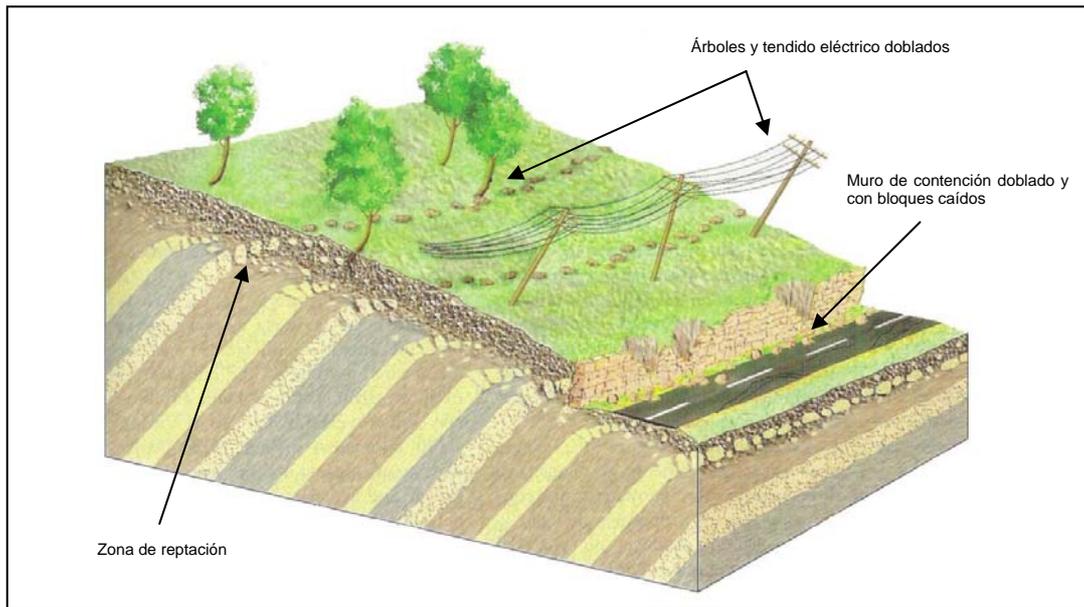


Figura 16: Movimiento de repteo (Tomado y Modificado de TARBUCK Y LUTGENS 2000)

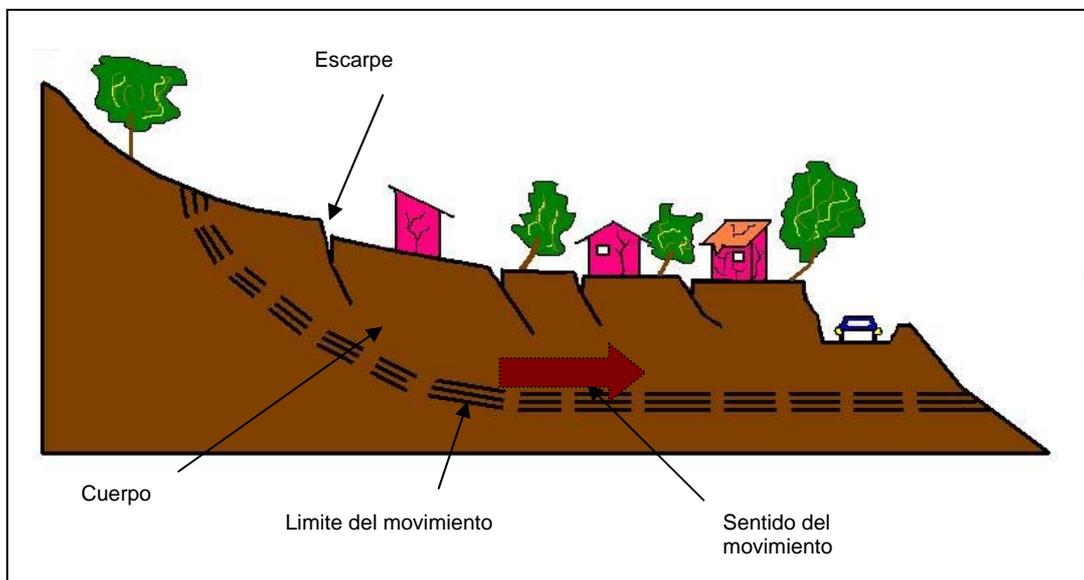


Figura 17: Corte esquemático que representa las características básicas de un movimiento en masa tipo deslizamiento. (Tomado y modificado de SUÁREZ 1998)

Los deslizamientos como movimientos en masa, son de los más estudiados por esta razón presentan una subdivisión, basada en la dinámica de su movimiento, esta es:

d.i. *Deslizamiento rotacional*: Es un deslizamiento donde la superficie de falla esta formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo en movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento. (Ver Figura 18)

Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia del movimiento. Los deslizamientos rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos.

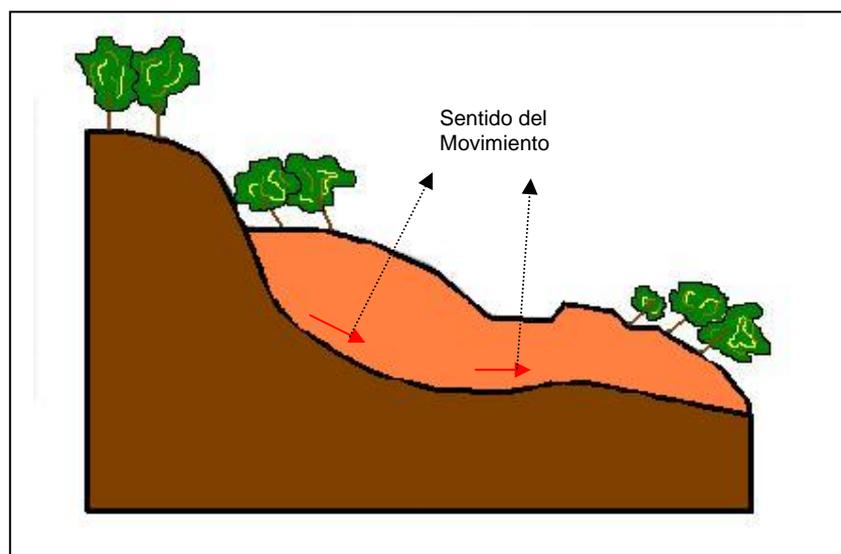


Figura 18: Movimiento rotacional típico, donde resalta la orientación de los árboles marcando la dirección del movimiento. (Tomado y modificado de SUÁREZ 1998)

d.ii. *Deslizamiento de traslación*: En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie mas o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

La diferencia importante entre los movimientos de rotación y de traslación es principalmente que el movimiento de rotación trata de auto-estabilizarse, mientras que el movimiento de traslación puede proseguir indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo.

e. *Esparcimiento Lateral*

En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir movimientos de rotación, traslación y flujo. Este tipo de movimiento es muy lento y la falla se inicia de manera local y progresivamente se extiende.

Estos movimientos se dan principalmente en masas de roca sobre frágil sobre rocas más plásticas como las lutitas (arcillas en general), siendo estos movimientos muy complejos y difíciles de caracterizar. (Ver figura 19)

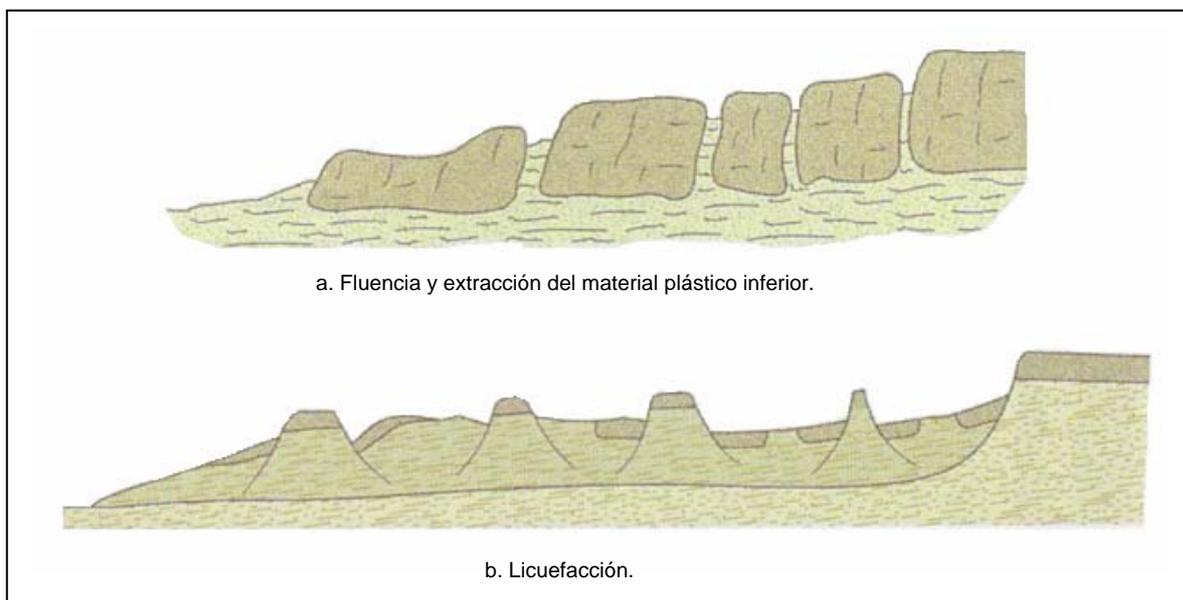


Figura 19: Esparcimientos laterales. (Tomado y modifica de GONZÁLEZ 2002)

f. *Flujo*

Los flujos como movimientos en masa, se caracterizan por el movimiento relativo de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se desliza o mueve sobre una superficie. Estos flujos pueden ser lentos o rápidos así como húmedos o secos, pudiendo ser a su vez de rocas, residuos, suelo o una combinación de materiales.

Los flujos muy lentos suelen confundirse con el *repteo*, pero su diferencia consiste en que en los flujos existe una clara y marcada superficie de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras que en el repteo el movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

Este tipo de movimiento es muy común y complejo por lo cual presenta según sus características principales de velocidad, medio y material transportado una sub.-clasificación:

f.i. Flujo en roca: Comprende las deformaciones que se distribuyen a lo largo de muchas fracturas grandes y pequeñas. La distribución de velocidades puede simular la de líquidos viscosos. Su ocurrencia es mayor en clima tropical en rocas ígneas o metamórficas muy fracturadas en pendientes mayores de 45°. Estos movimientos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad de rápida a muy rápida. (Ver figura 20 b.)

f.ii. *Flujo de residuos*: Por lo general, un flujo de rocas termina en un flujo de residuos. Los materiales se van triturando a medida que se desplazan y se observa una gradación muy marcada entre la cabeza y el pie del movimiento.

Por lo general este tipo de movimientos son activados por lluvias, debido a la pérdida de cohesión de los materiales y por la fuerza que ejercen las aguas subterráneas. (Collins y Znidarcic, 1997). Estos movimientos ocupan grades extensiones de terreno. (Ver Figura 20 d.)

f.iii. *Flujo de suelo*: Los flujos de suelos también pueden ser secos y más lentos de acuerdo a la humedad y pendiente de la zona de ocurrencia. En zonas de alta montaña y desérticas ocurren flujos muy secos, por lo general pequeños pero de altas velocidades. (Ver figura 20 c.)

f.iiii. *Flujo de lodo*: Son una variación de los flujos de suelo, en los cuales los materiales de suelo son muy fino y las humedades tan altas que se puede hablar de viscosidad propiamente, llegándose al punto de suelos suspendidos en agua. Estos flujos poseen fuerzas destructoras dependiendo de su caudal y velocidad. (Ver figura 20 a.)

Los flujos de lodo poseen tres unidades morfológicas:

- El origen, que consiste en una serie de escarpes de fallas o deslizamientos.
- El camino o canal, que generalmente es un área estrecha a través del cual fluye el material viscoso, donde la velocidad, profundidad y pendiente son muy variables.
- Zonas de acumulación, generalmente áreas planas en las cuales el flujo pierde velocidad y fuerza, formando un abanico de depositación.

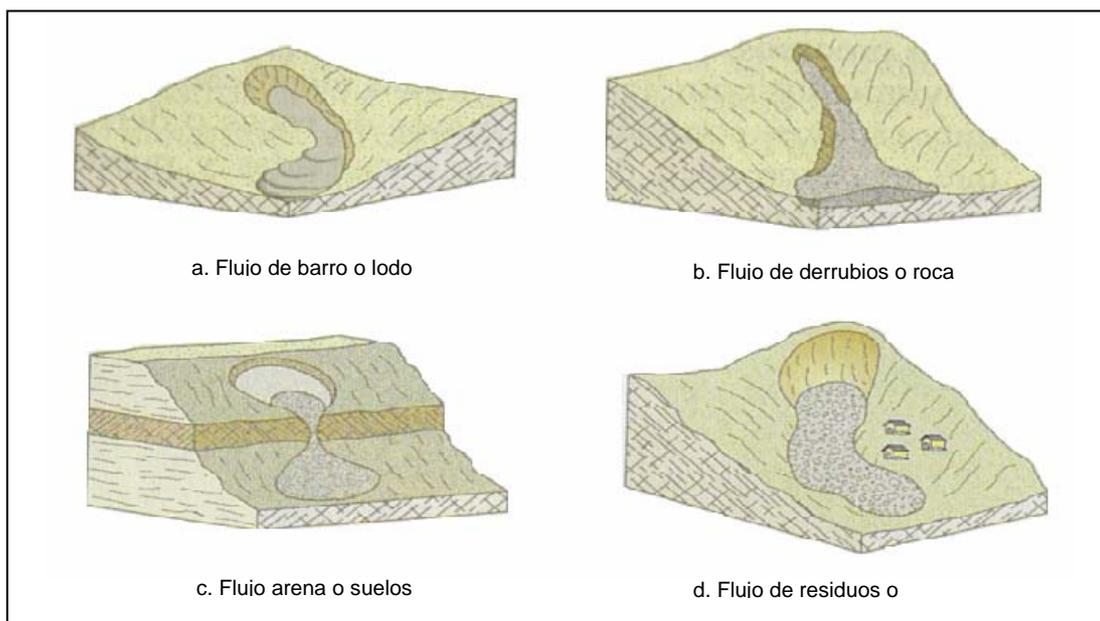


Figura 20: Tipos de flujos. (Tomado y modificado de GONZÁLEZ 2002)

g. *Avalanchas*

En las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de ríos de roca y suelo. Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales, de índices inusuales de precipitaciones, deshielos o movimientos sísmicos, todos en zonas de altas montañas y aunque no siendo un pre-requisito es una condición importante la falta de vegetación.

El movimiento de las avalanchas se le puede relacionar con flujo turbulento de granos. Este mecanismo no requiere de la presencia de una fase líquida o gaseosa, y el movimiento se produce por transferencia de momentum al colisionar las partículas o bloques que se mueven.

h. *Movimientos combinados*

Son movimientos que presentan características mixtas y que no pueden ser descritos y clasificados como un movimiento en masa puro sino como una combinación de los antes descritos.

3.6 Clasificación de los movimientos de masa según su actividad

Los movimientos de masas pueden clasificarse según el tiempo transcurrido desde su último movimiento. Para esto se conocen algunos factores principalmente topográficos y de vegetación que permiten estimar dicho tiempo. (ver tabla 10).

Tabla 10: Clasificación de los movimientos de masa según su actividad en el tiempo. (Tomado y modificado de GONZÁLEZ 2002)

Clasificación y edad estimada	Descripción	Rasgos característicos
<i>Activo</i> < 100 años	Se mueve actualmente. Puede corresponder a una reactivación.	Topografía irregular y lobulada. Escarpe principal bien definido y sin vegetación. Depresiones encharcadas. Arroyos en los flancos. Depósitos a pie de ladera. Desvío de cauces.
<i>Inactivo</i> 100 - 5.000 años (Holoceno superior)	No presenta movimiento actualmente.	Relieve lobulado, escarpes vegetados en parte. Depresiones drenadas o sin drenaje. Vegetación diferente de las zonas adyacentes. El pie puede estar cortado por corrientes actuales.
<i>Fósil o antiguo</i> 5.000 - 10.000 años (Holoceno inferior)	Inactivo desde hace miles de años. Se reconoce en el relieve.	Relieve y escarpes suaves. Con vegetación. Drenaje modificado. Vegetación diferente en las zonas adyacentes. Terrazas fluviales cubiertas por la masa de deslizada. Cauce actuales sobre la masa deslizada. Llanuras de inundación más anchas aguas arriba.
<i>Relicto</i> > 10.000 años (Pleistoceno superior)	Inactivo desde hace miles de años. No se reconoce en el relieve.	Topografía suave y ondulada. Sin escarpes. Terrazas excavadas en la masa deslizada. Llanura de inundación actual uniforme.

3.7 Sedimentos en suspensión en el agua (sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables)

El agua contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. En sentido estricto, toda la materia excepto el agua contenida en los materiales líquidos se clasifica como sustancia sólida.

Sin embargo, la definición usual de sólidos, se refiere al material que queda como residuo después de la evaporación y el secado entre 103 – 105 °C. Desde luego, todas las sustancias que ejercen considerable presión de vapor a estas temperaturas se pierden en los procesos de evaporación y secado. (SAWYER C., MC CARTY P., PARKIN G., 2000)

En las muestras de agua existen sólidos disueltos y no disueltos, la mayor parte de la materia se encuentra en forma disuelta y esta constituida

principalmente por sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos; mientras que la materia no disuelta se denomina sólidos suspendidos. (SAWYER C., MC CARTY P., PARKIN G., 2000)

Dentro de los sólidos suspendidos se encuentran los sólidos sedimentables, estos son los que pueden sedimentar en condiciones de quietud por la influencia de la gravedad. Sólo se pueden sedimentar los sólidos en suspensión mas gruesos y con un peso especifico lo suficientemente mayor que el agua. (SAWYER C., MC CARTY P., PARKIN G., 2000)

La medición de este tipo de sólido suspendido es muy importante en la práctica de la ingeniería, ya que con este se definen las unidades de sedimentación y el comportamiento físico de las corrientes de residuos que entran a los cuerpos de agua naturales o artificiales (embalses).

Debido a la gran variedad de materiales inorgánicos y orgánicos que se encuentran en los análisis de sólidos, las pruebas tienen carácter empírico y se realizan con relativa facilidad, utilizando en caso todos los casos métodos gravimétricos. (SAWYER C., MC CARTY P., PARKIN G., 2000).

La clasificación de los diferentes tipos de sólidos y la prueba para determinarlos en la muestra de agua, se presentan en la tabla 11.

Tabla 11: Prueba y descripción para hallar los distintos tipos de sólidos en la muestra de agua (Tomado y modificado de Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 2000)

Prueba	Descripción
Sólidos Totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 - 105 °C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ± 50 °C)
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica.
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatizados e incinerados cuando los SST son calcinados (500 ± 50 °C).
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinas SST (500 ± 50 °C)
Sólidos disueltos totales (SDT)(ST-SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0,001 a 1 µm.
Sólidos disueltos volátiles (SDV)(SVT-SST)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT (500 ± 50 °C)
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litro, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un periodo de tiempo específico.

4.GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 Geología estructural regional

La cuenca de Canoabo se ubica dentro del Sistema Montañoso del Caribe o Cordillera de la Costa, al Noroeste de la ciudad de Valencia capital del Estado Carabobo; formada por un sector montañoso compuesto por rocas metamórficas fuertemente plegadas y el sector del valle constituido por sedimentos cuaternarios, los cuales se desarrollaron a consecuencia de procesos tectónicos que combinados con variaciones climáticas y ciclos sucesivos de erosión y sedimentación han dado origen a la topografía característica que se observan en la actualidad

El sistema montañoso fue subdividido por MENÉNDEZ (1966) en ocho fajas tectónicas: (Ver Figura 21)

- 1) *Faja Tectónica de la Cordillera de la Costa*, limitada al norte por el sistema de fallas del Caribe y al sur por la falla de La Victoria;
- 2) *Faja Tectónica de Caucaqua -El Tinaco*, entre la zona de fallas de santa Rosa al sur y la falla de La Victoria al norte;
- 3) *Faja de Paracotos*, entre la falla de Santa Rosa al norte y la de Agua Fría al sur;
- 4) *Cinturón Volcánico-Tectónico del Grupo Villa de Cura*, limitado por las fallas de Agua Fría y Cantagallo al norte y sur respectivamente;
- 5) *Faja Piemontina*, la más extensa, forma el cinturón sur que bordea al Grupo Villa de Cura, limitada al norte por la falla de Cantagallo y al sur por el Corrimiento Frontal;
- 6) *Cinturón de Fallas de Corrimiento*; se ha denominado así a un sistema discontinuo de fallas que repiten secciones de formaciones expuestas al norte del mismo;
- 7) *Faja Volcada*, un cinturón angosto de rocas terciarias jóvenes volcadas

hacia el sur;

8) *Faja de Buzamientos Suaves*, constituida por rocas sedimentarias del Eoceno; forman un homoclinal regional hacia el sur y constituyen la parte septentrional de Los Llanos a medida que el buzamiento se suaviza progresivamente hacia el sur.



Figura 21: Ubicación y extensión de las Fajas Tectónicas. (Tomado y modificado de MENÉNDEZ A., BELLIZIA A. y otros (1975)).

La zona de estudio está ubicada en la Faja Tectónica de La Cordillera de La Costa, la cual se describe de manera general a continuación.

Faja Tectónica de La Cordillera de La Costa

Es la Faja, más septentrional del Sistema Montañoso del Caribe, está constituida por un gran volumen de sedimentos metamorfizados y parcialmente meta somatizados que conforman al Grupo Caracas, discordante a su vez sobre el núcleo de la Cordillera, denominado Complejo de Sebastopol. Discordantemente por encima del Grupo Caracas aflora otro conjunto de rocas metasedimentarias, designadas "post-Grupo Caracas", las cuales se han descrito unos 50 Km. al este de la región de Caracas; éstas son las formaciones Urape, Muraguata y Paracotos, la última de las cuales se considera como faja tectónica individual por sus caracteres estructurales. La

Formación Chuspita, descrita en esta misma región, se considera como tope del Grupo Caracas.

En el tope de la secuencia afloran rocas del Terciario Inferior (Formación Urama) y Superior (Formación Maporita), no metamorfizadas.

Numerosos autores han estudiado la evolución tectónica de la Cordillera de la Costa, algunos de ellos son los que se presentan a continuación (OMAHÑA, 2002):

DENGO (1951-1953) apoya la premisa del paralelismo entre planos de foliación y estratificación, en la cual, en un principio, se basaron los estudios estructurales realizados en la Cordillera de la Costa.

MORGAN (1969) en la zona Valencia - Puerto Cabello, concluye que las estructuras metamórficas son producto de un mismo período de deformación; y que metamorfismo y deformación son sincrónicas, existiendo paralelismo entre la superficie de estratificación y la foliación.

Distingue pliegues de deslizamiento por cizalla presentes en rocas metamórficas en la facies de los esquistos verdes; así como en las rocas del Esquisto de Las Brisas (Complejo San Julián del norte), en la facies de la anfibolita epidótica; y pliegues de flujo en zonas de metamorfismo alto cerca de los contactos con el Granito de Guaremal en rocas cuarzo feldespáticas

Este autor, a escala regional, determina que la estructura predominante de la Cordillera de la Costa, está dominada por amplios pliegues abiertos que conforma una gran anticlinorio que limita al norte con la falla del Caribe y al sur con la zona de falla de La Victoria, en cuyo núcleo aparecen expuestos el Metagranito de Guaremal y el Gneis de Sebastopol.

Distingue, además, como estructuras postmetamórficas, dos sistemas de fallas principales. Uno transversal con rumbo que oscila entre N20W y N40W y otro

longitudinal con rumbos N70E y Este-Oeste.

GONZÁLEZ SILVA (1972) efectúa estudios en la zona centro occidental de la Cordillera de la Costa, describe un gran anticlinorio con rumbo general N80E limitado al norte por la falla del Caribe y al sur por la falla de La Victoria.

Reconoce tres sistemas de fallas: fallas longitudinales de rumbo E- W; fallas transversales inversas de rumbo aproximado N40W y fallas menores transversales que desplazan a las principales en forma escalonada. Considera además que el plegamiento más complejo se encuentra hacia la parte superior de la Asociación Metasedimentaria Caracas, donde la litología es más incompetente.

WHERMANN (1972) en estudios realizados en la región de Guatire - Colonia Tovar, señaló diversos casos donde la foliación y estratificación son oblicuas, alcanzando hasta 25° entre ambas. Considera tres tipos de pliegues: flexurales, de escurrimiento y de flujo pasivo, según el tipo litológico predominante. Este autor además señala que en las capas más compactas como mármoles y cuarcitas, la foliación de los esquistos asociados es siempre paralela a ellas.

Refirió, de igual manera, tres sistemas de fallas, todas con orígenes diferentes. En orden decreciente de antigüedad son: 1) Oblicuas, con rumbo N50-80W, son fallas de gravedad y corrimiento con expresión topográfica pobre; 2) Longitudinales, con rumbo E-W, fallas de gravedad con movimiento posterior transcurrente, con fuerte expresión topográfica y de mayor longitud; y 3) Transversales, con rumbo N60W, son fallas de rasgadura con movimientos verticales, presentando paralelismo entre sí.

MATTSON (1981) asumiendo los datos de campo de JUARBE (1978) en el área de Las Trincheras, especifica cuatro deformaciones, basado en la diversidad de tipos de pliegues, superficie de foliación, así como sus relaciones

espaciales. Tales deformaciones son las siguientes: D1 Y D2, deformación de tipo dúctil y muy intensa que determina las primeras asociaciones minerales metamórficas, los pliegues isoclinales y la foliación regional; D3, deformación de tipo frágil que estableció los " *kink-bands*" durante un fenómeno de (subducción hacia el sur, de edad Cretácico tardío a Paleoceno; y D4, deformación igualmente de tipo frágil, de edad Eoceno tardío a Post-Eoceno que produce el arqueamiento y levantamiento de la Cordillera de La Costa, siendo correlacionables aun deslizamiento de gravedad hacia el sur.

Por otra parte determina sólo en Sebastopol (nuestro Cabriales) y en los gneis graníticos de Guaremal, una foliación anterior y de menor importancia que la regional, la cual tal vez se relacione con una deformación anterior a D1.

TALUKDAR & LOUREIRO (1982) realiza estudios en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, determinando cuatro pliegues: f1, f2, f3 Y f4. De los cuales sólo f2 y ,f3 corresponden a la nomenclatura usada por VIGNALI (1972, 1979).

BELLIZZIA (1984) iguala a la Cordillera de la Costa con un edificio polifásico, donde la base está integrada por un zócalo Precámbrico Paleozoico, complejo Basal de Sebastopol y una cobertura Jurásico tardío - Cretácico temprano (nuestra Asociación Metasedimentaria Caracas) metamorfizando a las facies de los esquisto s verdes y localmente a las fáciles de la anfibolita.

NAVARRO, *et al.* (1987) realiza estudios en el Grupo Villa de Cura y propone un modelo de evolución tectónica para la parte norcentral de Venezuela, durante el Jurásico Medio Paleógeno, a partir de la apertura y cierre de la cuenca marginal de Altamira Cordillera de la Costa, proponiendo que la evolución de gran parte de la misma tiene su origen en mecanismos de expansión y subducción de placas

OSTOS (1987) realizando estudios en las estructuras de cizalla en augengneis y gneises finos del Augengneis de Peña de Mora; concluye que tales planos de

cizalla estudiados, son indicativos de un transporte tectónico desde el N-E hacia el S- W durante la etapa final de deformación

4.2 Estratigrafía regional

En esta parte se hace una revisión de las distintas unidades aflorantes en las inmediaciones de la zona de estudio, tomando como base las distintas ideas y características propuestas por distintos autores.

A continuación se presentan en forma de tablas las características más relevantes de las distintas unidades presentes, las cuales son, según el orden estratigráfico mostrado en *Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela* (1999):

- Peña de Mora, Augengneis de
- Fm. San Julián
- Fm. Las Brisas
- Fm. Las Mercedes
- Fm. Antimano
- Fm. Urama

Tabla 12: Caracterización geológica de Peña de Mora, augengneis, según diversos autores.

Autor de la descripción	Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Aguerrevere y Zuloaga (1937)	Sitio de Peña de Mora, en la antigua carretera de Caracas a La Guaira	Augengneis de composición granítica	Formado por inyecciones de un magma granítico en una roca laminar conglomerática	Se ha sugerido una edad genérica de Paleozoico - Precámbrico al Complejo Avila	NO SE HA MEDIDO NI ESTIMADO	En muchos casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes. El contacto con el Esquistos de San Julián, cuando es visible se muestra abrupto y en concordancia estructural, en otras ocasiones son gradacionales con intercalaciones de ambos tipos de litologías. Los contactos con las rocas del Complejo la Costa al norte (fases Nirgua, Antímano y Tacagua) son predominantemente de fallas de corrimiento (Urbani y Ostos, 1989). En particular en la localidad tipo, Ostos (1990) reconoce que esta unidad está sobrecorrida por un klippe de la Fase Antímano	Introducen el nombre de Augengneis de Peña de Mora
Dengo (1951, 1953)		Añadió a esta descripción niveles sin estructura augen, capas de cuarcita y diques de aplita, que generalmente no sobrepasan 30 cm. de espesor, igualmente incluye en su unidad a lentes de mármoles en la parte superior del augengneis.					Eleva la unidad a rango Formacional
Wehrmann (1972)		Augengneises gruesos y bandeados, gneises de grano fino a medio, algunas cuarcitas delgadas, esquistos cuarzo - muscovíticos y ocasionalmente anfibolitas, mármoles delgados, así mismo dentro de esa secuencia identifica cuerpos dispersos de roca ultramáficas, máficas y félsicas. Encuentra que los augengneises son de colores claros ligeramente verdosos y meteorización marrón claro; los "augen" son mayoritariamente de feldespatos potásico, llegando a alcanzar hasta 3 cm. de largo y están rodeados por minerales micáceos y cuarzo.					Amplió la acepción de la Formación Peña de Mora definiéndola como un complejo ígneo - metamórfico equivalente lateral, por lo menos en parte, de la Formación Las Brisas que prácticamente forma el núcleo de la Cordillera de la Costa
Ostos (1981)	Peña de Mora y Chichiriviche	Augengneis y gneis de grano grueso	Ígneo				
Urbani y Ostos (1989)	Río Chichiriviche	Augengneises con núcleo de feldespatos potásico con ojos de 2,5 a 3 cm. orientados paralelamente a la foliación, con una matriz de granulometría que oscila entre 0,4 y 2 Mm. Presenta la asociación mineralógica de biotita y granate, sugerente de haber sido sometidos a un metamorfismo de facies de la anfibolita epidótica, zona de la actinolita, con una relación P/T baja	Ígneo				Proponen volver al nombre original de Augengneis de Peña de Mora
Ostos (1990)		Indica que hay zonas esquistosas formadas por cizallamiento del augengneis, siendo los augen reliquias de textura ígnea.	Meta Igneo				1.560 ± 83 m.a.,

Tabla 13: Caracterización geológica de San Julián, Esquisto según diversos autores.

Autor de la descripción	Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Urbani y Ostos (1989)	Quebrada de San Julián, que nace en la Silla de Caracas y desemboca en el mar Caribe	Las rocas preponderantes son el esquisto y gneis cuarzo - plagioclásico - micáceo, frecuentemente se nota una rápida gradación desde una textura esquistosa haciéndose la granulometría más gruesa hasta que pasa a rocas de carácter gnéisico. Las litologías minoritarias (menos del 5%) son mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas meta ígneas mayoritariamente máficas como anfibolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita.		Han sugerido una edad genérica de Paleozoico - Precámbrico	NO SE HA MEDIDO NI DETERMINADO	En muchos casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes. El contacto con el Augengneis de Peña de Mora, cuando es visible se muestra abrupto y en concordancia estructural, pero en otras ocasiones son gradacionales con intercalaciones de ambos tipos de litologías	Proponen volver al nombre original propuesto por Aguerrevere y Zuloaga (1937) de Augengneis de Peña de Mora para referirse únicamente a los cuerpos dispersos de augengneises y gneises de grano grueso, mientras que proponen el nombre de Esquisto de San Julián para incluir las litologías esquistosas y gnéisicas que los circundan
García (1995)		Esquistos (plagioclásico - micáceo - epidótico, micáceo - cuarcífero, cuarzo - epidótico, micáceo - plagioclásico, clorítico - epidótico, anfibólico - plagioclásico, plagioclásico - epidótico, plagioclásico - anfibólico - epidótico) y gneises (plagioclásico - cuarzo - micáceo, plagioclásico - micáceo).					
Sabino y Urbani (1995)	Flanco sur del pico Naiguatá	Esquistos (feldespático - cuarzo - micáceo, cuarzo - micáceo, epidótico - cuarcífero), gneises (feldespático - cuarzo - micáceo) y cantidades menores de cuarcita y mármol.					
Arangure (1997)	Cuenca de la quebrada La Encantada, al norte de Caucaguita, Miranda	Gneis cuarzo - feldespático - micáceo, esquisto cuarzo - plagioclásico - micáceo, augengneis cuarzo - feldespático - micáceo, esquisto (con ligera textura augen) cuarzo - feldespático - muscovítico que considera originados por el metamorfismo de rocas ígneas (granitos y tonalita), encuentra un pequeño cuerpo de tonalita, también hay esquisto cuarzo - micáceo - clorítico, esquisto epidótico - cuarzo - clorítico	Rocas volcánicas, probablemente tobas				

Tabla 14: Caracterización geológica de la Formación Las Brisas, según diversos autores.

Autor de la descripción	Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Aguerrevere y Zuloaga (1937),		Menciona un conglomerado basal arkósico, con cantos rodados derivados de la roca basal de Sebastopol, redondeados a subangulares, hasta de 30 cm. de diámetro, cantos de cuarzo y cemento, principalmente silíceo. Esta litología dista de ser la principal, ni mucho menos la única componente de la formación.		La Edad de esta Formación es de Jurásico Tardío, según Urbani (1969)		La Formación Las Brisas descansa sobre el Complejo Basal de Sebastopol. El contacto, ya sea por la foliación discordante, sea por el hiatus de tiempo que separa ambas formaciones, es discordante, según la opinión generalizada	
Dengo (1951)		Observa que la mayor parte de la formación, está constituida por esquistos cuarzo-micáceo, en el que se incluye gneis microclínico, esquistos granatíferos, cuarcitas y calizas					
Smith (1952)		Divide la formación en dos miembros: miembro inferior, constituido por gneises y esquistos microclínicos conglomeráticos y miembro superior, formado casi enteramente por esquistos sericiticos. Este autor opina que los grupos litológicos de los miembros inferior y superior, se originan de conglomerados y lutitas respectivamente, y que las calizas son de origen biotermal.					
Seiders (1965),		Encuentra en el tope de la formación, conglomerados gnéisicos y areniscas esquistosas, con cantidad menor de caliza negra en capas delgadas, y grandes guijarros de granito, y resalta la ausencia de los esquistos sericiticos de Smith					
Morgan (1969)		Añade anfibolitas estratificadas concordantes, que interpreta como tobas, sills o flujos metamorizados.					
Wehrmann (1972)		Afirma que la Formación Las Brisas, está constituida en un 90% de esquistos cuarzo-feldespático-moscovíticos; el 10% restante lo constituyen, en orden de abundancia, esquistos cuarzo-feldespáticos, epidóticos o cloriticos, calizas, cuarcitas y metaconglomerados. Menciona igualmente, mineralizaciones pobres de cobre en algunas calizas, en forma de sulfuros y sulfatos. Este autor no menciona el gneis microclínico de Dengo, pero hace referencia a conglomerados y areniscas intraformacionales, ricas en microclino (15%), sin hacer referencia a su relación con los gneises del mismo género.					
González Silva (1972)	Sur del Estado Carabobo	Parte inferior de cuarcitas de grano fino de color gris claro pasando a esquistos cuarzo - feldespáticos y algo grafitosos, esquistos cloriticos - micáceos y cuarzosos, lentes calcáreos que alternan con cuarcitas y gneises cuarzo feldespáticos					1000 m
Talukdar y Loureiro (1982)		Analizan exhaustivamente los tipos litológicos, en un área reducida de la Cordillera de la Costa, sin relacionarla con las formaciones tradicionales, estableciendo la dificultad e inconveniencia en el uso de unidades litoestratigráficas, en estudios detallados de rocas metamórficas. El grado de metamorfismo es bajo, aunque existen diferencias entre las opiniones de Dengo, Smith y Seiders, quienes opinan que predomina la facies de la anfibolita y el glaucofano, mientras que Wehrmann le asigna grados más bajos de presión (facies del esquistos verde).					

Tabla 15: Caracterización geológica de la Formación Las Mercedes, según diversos autores.

Autor de la descripción	Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Aguerreverre y Zuloaga (1937)		Esquistos principalmente calcáreos, con zonas grafitosas y localmente zonas micáceas, de un tinte rosado gris, con zonas blancas cuando frescas		Mesozoica sin diferenciar		La mayoría de los autores hasta los años 70 han considerado el contacto entre las formaciones Las Mercedes y Las Brisas, como concordantes y de tipo sedimentario. Mientras que autores más recientes considera que es de tipo tectónico conservando paralelismo en la foliación en ambas unidades	
Smith (1952)		Opina que la coloración rosada proviene de la meteorización de la sericita. Otra característica es la extraordinaria proporción de vetas de calcita recristalizada, en colores blanco, pardo y marrón, que ha sido identificada erróneamente como ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente					
Oxburgh (1965)		incluye el conglomerado de Charallave en la parte superior de Las Mercedes y discrimina una facies oriental, de esquistos grafiticos, en su mayoría no calcáreos, granatíferos, con capas cuaríticas de 20-70 cm. de espesor y esquistos micáceos granatíferos, donde las capas cuarzosas están ausentes; y una facies occidental más arenosa, menos grafitica y carente de capas calcáreas, con abundante granate, y filitas grafiticas de color variable, predominantemente negro en la parte superior de la sección					
Seiders (1965)		Menciona además, meta-areniscas puras, feldespáticas y cuarzosas, de estratificación de grano variable, a veces gradada.					
Morgan (1969)	Norte del estado Carabobo	Mármoles, Esquistos calcáreos, esquistos grafitosos - muscovíticos y esquistos intercalados con anfibolitas y eclogitas.	Disposición batial caliza - lutita.				
Urbani y Quesada (1972)							
Urbani et al. (1989)	Zona de Valencia - Mariara, estado Carabobo zona de La Sabana - Chirimena - Capaya, Distrito Federal y Miranda	La mayoría de esquistos calcíticos - grafitosos y mármol, con una asociación mineralógica de cuarzo, calcita, muscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Una segunda subunidad minoritaria de cuerpos de mármol masivo, contenido de calcita, cuarzo, muscovita, grafito y albita					
Wehrmann (1972)		Esquisto cuarzo - muscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Caliza de Los Colorados". Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris parduzco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica.					
González Silva (1972)	Norte del estado Carabobo	Secuencia que varía de base a tope, Esquistos cuarzo - micáceos - sericiticos, esquistos grafitosos, esquistos calcáreos y piriticos, intensamente deformados y fracturados, rellenos de cuarzo, calcita y óxido de hierro. En la parte superior pasan a calizas cristalinas delgadas deformadas intercaladas con esquistos.	Secuencia sedimentaria lutitas - calizas en la zona batial con abundante material orgánico.				800 m

Tabla 16: Caracterización geológica de la Formación Antimano, según diversos autores.

Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Norte de Antimano, Distrito Federal	Mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%).		Ante la ausencia de fósiles y por su posición estratigráfica ha sido propuesta de edad Mesozoico medio a superior. Según los modelos de evolución de la Cordillera de la Costa de Ostos <i>et al.</i> (1987) y Navarro <i>et al.</i> (1989) se sugiere sea del Cretácico.	40 m en la localidad tipo	Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes	
Norte del Estado Carabobo	Calizas lenticulares metamorfizadas que afloran en capas potentes notándose mas prominentes a pocos metros de Valencia	Representa un periodo de tranquilidad en la sedimentación, con periodos aislados de vulcanismo		15 a 60 m		
En la región del Camino de los Españoles, Parque Nacional El Ávila	Esquisto cuarzo-moscovítico y mármol cuarcífero equivalente a esta Fase, encontrando los siguientes tipos litológicos: esquisto cuarzo-muscovítico, mármol y esquistos calcáreos, esquisto cuarzo-feldespático y feldespático, cuarcita muscovítica-feldespática, epidocita y claucofanita granatífera			Máximo 300 m		
	Asociación de anfibolita, mármol, esquisto calcáreo-muscovítico ± grafitoso, esquisto cuarzo-muscovítico ± granatífero, esquisto cuarzo-muscovítico-graucofánico-granatífero					Denominan como Fase Antimano
Chichiriviche-Colonia Tovar	Anfibolita granatífera y esquisto albítico-clorítico. La anfibolita tiene porfiroblastos de granate, mientras que el esquisto los tiene de albita con sombras de presión simétricas y bien desarrolladas. s.					Las asociaciones mineralógicas metamórficas indican un primer evento de alta relación P/T en la facies de la eclogita, siendo impreso por un segundo evento metamórfico de P/T intermedia en la facies de los esquistos verde
Chichiriviche, Distrito Federal	Estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta oeste de la bahía de Chichiriviche, Distrito Federal, encontrando que carecen de dolomita					

Tabla 17: Caracterización geológica de la Formación Urama, según diversos autores.

Autor de la descripción	Localidad Tipo	Litología	Roca Proto-Lito	Edad	Esp.	Contactos	Observaciones
Liddle (1928)				Eoceno superior, en base a sus faunas	Estimada en 500 m	La formación está en contacto de falla con el Grupo Caracas infrayacente, e infrayace discordantemente a la Formación Maporita del Mio-Plioceno.	Publicó originalmente el término "capas de Urama", que posteriormente consideró como unidad estratigráfica formal
González S. (1968)		Lutitas de colores gris oscuro a negro que meteorizan pardo claro, piriticas, con fractura en lápices; calizas fosilíferas (<i>Lepidocyclina</i>) macizas, de color gris claro a gris oscuro; capas pequeñas de arenisca cuarzosa con pirita de espesores no mayores de 10 centímetros, intercaladas con las lutitas, y un nivel de conglomerado de cuarzo, de grano grueso redondeado a subredondeado y cemento silíceo. La litología representa sedimentos marinos de una cuenca pre-orogénica, situada en el flanco norte de la actual Cordillera de la Costa.					

5. GEOLOGIA LOCAL

5.1 Complejo San Julián

El complejo San Julián aflora en toda el área de la cuenca de Canoabo, presentando una gran variedad de litotipos metamórficos, los cuales varían textural y composicionalmente a lo largo de toda la zona de estudio, las muestras estudiadas pertenecen a la facie de los esquistos verdes.

Contactos

No se reconocieron otras formaciones o complejos dentro del área de estudio por lo cual no se establecieron contactos. Algunos autores como URBANI (2003) presentan afloramientos de Augengneis de Peña de Mora hacia el Noreste y Suroeste de la zona de estudio, en este trabajo no se identificó dicho complejo metamórfico.

Características de campo

Este complejo presenta una variedad de matices en sus colores frescos, siendo los tonos grises dominantes, y colores meteorizados que varían entre verdosos y marrones claros (pardos).

Las texturas presentes en este complejo son muy variadas y transicionales pasando de gneises a esquistos.- En algunas zonas se observaron rocas anfíbolíticas como cuerpos aislados en contacto principalmente con esquistos ricos en micas claras.

La mineralogía primaria de este complejo metamórfico está dominada por cuarzo, plagioclasa, clorita, epidoto, gran cantidad de micas claras como moscovita y fengita, y granate en la gran mayoría de las muestras estudiadas.

Litotipos

Se encontraron dentro del área de estudio al menos siete sub.-unidades litológicas o litotipos, las cuales se presentan como variaciones composicionales dentro de una misma zona textural. Estos litotipos son:

- Gneis plagioclásico – clorítico – micáceo.
- Gneis cuarzo - moscovítico – plagioclásico.
- Gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico.
- Esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico.
- Esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico.
- Esquisto plagioclásico – moscovítico.
- Anfibolitas

5.1.1 Gneis plagioclásico – clorítico - micáceo.

Ubicación y extensión

Se localiza principalmente al Noreste de la cuenca, en la parte baja del río San Antonio, con una orientación Norte – Noroeste.

Características de Campo

Los afloramientos de este tipo litológico presentan poca extensión areal, y se muestra donde el río San Antonio aumenta de pendiente y se forman pequeñas caídas de agua de hasta 5 metros. Presenta un color meteorizado gris verdoso y un color fresco gris oscuro. La foliación y mandamientos están poco marcados. Presenta vetas de cuarzo de hasta 5 cm. de espesor paralelas a la foliación. (Ver figura 22).



Figura 22: Afloramiento de gneis plagioclásico – clorítico – micáceo, en el río San Antonio, donde se observan las vetas de cuarzo y las tonalidades grises. (rumbo de la foto N15°W)

Petrografía

La tabla 18 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Tabla 18: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss plagioclásico – clorítico – micáceo.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Turm	Apt	Esf	Opa
SA - 01	50	4	3	10	15	8	5	< 1	< 1	< 1	4

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Feng = fengita, Grant = granate, Turf = turmalina, Apt = apatito, Esf = esfena, Opa = opacos.

Plagioclasa (albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños de hasta 2 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Los de mayor tamaño presentan gran cantidad de inclusiones de apatito y micas claras. Presentan formas ovaladas, y generalmente no presentan maclas.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Se encuentra asociado generalmente con la moscovita y fengita definiendo planos de foliación los cuales en muestra de mano no son muy marcados.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Cuarzo: Se observa en muy poca cantidad, la extinción ondulatoria generalmente es muy marcada. En algunos casos es difícil de diferenciar de la plagioclasa ya que esta última no presenta maclas.

Esfena, Epidoto, Apatito, Turmalina: Se presentan como minerales accesorios, generalmente subhedrales, el apatito se encuentra como pequeñas inclusiones mientras que la turmalina se presenta como grandes cristales de hasta 1 mm.

Granate: Se presenta bien distribuido en la sección, con cristales muy bien formados muy fracturados.

5.1.2 Gneis cuarzo – moscovítico – plagioclásico

Ubicación y extensión

Se localiza principalmente al Noreste de la cuenca, en la parte baja del río San Antonio, con una orientación Norte – Noroeste, en contacto transicional con el gneis plagioclásico - clorítico - micáceo.

Características de campo

Los afloramientos de este tipo litológico presentan poca extensión areal, y se muestra donde el río San Antonio aumenta de pendiente y se forman pequeñas caídas de agua de hasta 5 metros. Presenta un color meteorizado marrón claro y un color fresco gris claro. La foliación esta bien marcada debido al alto contenido de micas claras. Presenta vetas de cuarzo de hasta 5 cm. de espesor paralelas a la foliación. (Ver figura 23)

Petrografía

La tabla 19 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Tabla 19: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss Cuarzo – moscovítico – plagioclásico.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Turm	Apt	Esf	Opa
SA - 02	15	40	7	18	10	2	2	< 1	< 1	1	3

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Feng = fengita, Grant = granate, Turf = turmalina, Apt = apatito, Esf = esfena, Opa = opacos.



Figura 23: Representa un detalle del litotipo gneis cuarzo – moscovítico – plagioclásico, esta foto muestra como resalta la cantidad de micas y la foliación esta bien marcada. (rumbo de la foto N75°E).

Cuarzo: Se presenta como agregados policristalinos, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación bien marcados. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 1 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente

fracturados. Los de mayor tamaño presentan gran cantidad de inclusiones de apatito y micas claras. Presentan formas ovaladas, y generalmente no presentan maclas. Algunos granos presentaron una marcada zonación.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Se encuentra asociado generalmente con la moscovita y fengita definiendo los marcados planos de foliación.

Epidoto: Se presenta como pequeños cristales anhedrales muy fracturados, distribuidos irregularmente por la sección. Generalmente se encuentra asociado con la moscovita y la clorita. El mineral más común es la Zoicita.

Esfena, turmalina, apatito, granate: Se presentan como minerales accesorios, de poco tamaño y generalmente anhedrales.

5.1.3 Gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico.

Ubicación y extensión

Este tipo litológico se encontró en los ríos Ojo de Agua, Capa y quebrada La Seca, al Sur y Este de la cuenca. Se interpreto en el mapa geológico anexo en este trabajo, como una franja delgada que se extiende en forma “u” por la cuenca.

Características de campo

Los afloramientos de este tipo litológico presentan poco extensión areal, Presenta un color meteorizado gris azulado y un color fresco gris claro. Presentan gran cantidad de vetas de cuarzo de hasta 5 cm. de espesor paralelas a la foliación. Estas rocas se encuentran muy diaclasadas,

encontrado afloramientos con hasta 3 familias de diaclasas. (Ver figuras 24, 25 y 26).



Figura 24: Afloramiento de gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico ubicado en el río Ojo de Agua (punto 27 en el mapa), donde se puede observar la cantidad de diaclasas, así como la gran veta de cuarzo que supera los 30 cm. de espesor. (rumbo de la foto N – S).



Figura 25: Detalle del afloramiento mostrado en la foto anterior, donde resaltan las bandas de hasta 3 cm. del gneis.

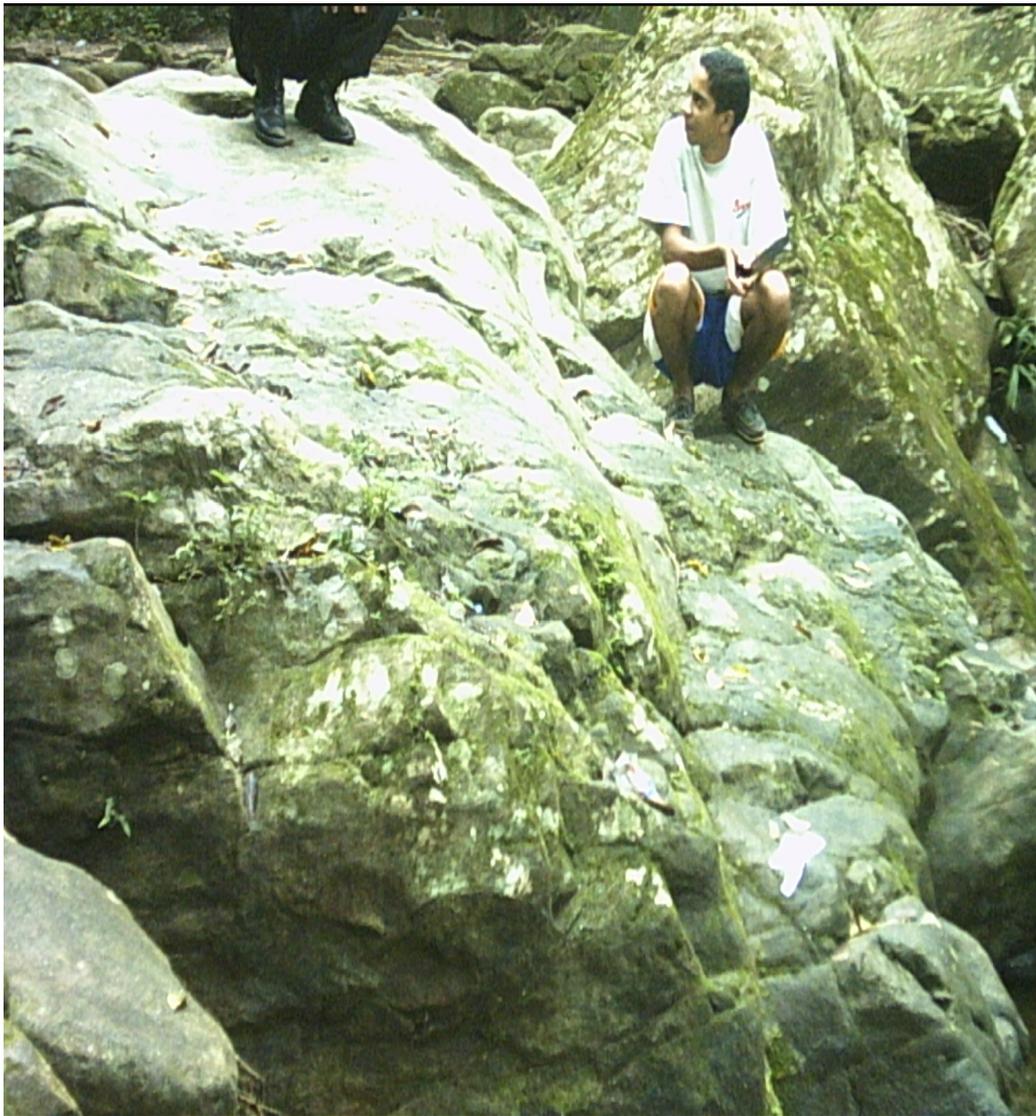


Figura 26: Afloramiento del gneis cuarzo – plagioclásico – epidótico – clorítico, ubicado en el río Capa al Suroeste de la cuenca (punto 76 en el mapa). (rumbo de la foto S60°W)

Petrografía

La tabla 20 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Tabla 20: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Gneiss Cuarzo – moscovítico – plagioclásico.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Biot	Apt	Esf	Opa
CK - 05	17	40	15	5	15	0	0	0	2	2	4
CP - 02	15	45	5	8	10	0	5	7	0	2	3
PT - 11	10	60	15	5	5	0	2	0	0	1	2
Promedio	14	48	12	6	10	0	2	2	1	2	3

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Feng = fengita, Grant = granate, Biot= biotita, Apt = apatito, Esf = esfena, Opa = opacos.

Cuarzo: Se presenta como agregados equigranulares y policristalinos de tamaños muy variados, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección.

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 1 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Presentan formas ovaladas, y generalmente no presentan maclas.

Epidoto: Se presenta como pequeños cristales anhedrales muy fracturados, distribuidos irregularmente por la sección. Generalmente se encuentra asociado con la moscovita y la clorita. El mineral más común es la Zoicita.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita.

Biotita: Se presenta como pequeños cristales, pleocroicos con tonos pardos, se encuentran asociados con la moscovita y la clorita.

Esfena, apatito, granate: Se presentan como minerales accesorios, de poco tamaño y generalmente anhedrales.

5.1.4 Esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico

Ubicación y extensión

Se reconoce en toda la cuenca en una gran franja en forma de “u” que recorre la cuenca, los mejores afloramientos se ubican en los ríos Ojo de agua, El letrero y las quebradas La seca y Vaca.

Características de campo

Este tipo litológico presenta colores meteorizados que varían entre gris oscuro y marrón amarillento y color fresco gris claro, la presencia de moscovita le acentúa la foliación. En algunos afloramientos esta roca se presenta muy diaclasada.

Los afloramientos de este tipo litológico son muy pequeños y se encuentran muy meteorizados por la acción constante de las aguas en los distintos ríos y quebradas donde pudo ser estudiada. (Ver figuras 27 y 28).

Petrografía

La tabla 21 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Cuarzo: Se presenta como agregados policristalinos, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección. En algunos casos es difícil diferenciarlo para la estimación de porcentajes, de la plagioclasa ya que la misma no presenta maclas.

Tabla 21: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – moscovítico - plagioclásico.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Biot	Apt	Esf	Opa
PT - 07	15	45	5	20	12	0	1	0	1	2	2
PT - 12	15	50	12	15	0	0	1	0	2	0	5
LRO - 02	5	40	1	30	5	0	15	0	2	0	5
LRO - 09	5	60	7	12	7	0	2	0	2	0	5
VK - 06	7	50	10	17	0	5	7	0	3	1	0
CK - 02	10	50	7	15	10	0	5	0	2	0	1
GO - 04	15	35	3	17	10	10	2	0	3	0	5
Promedio	10	47	6	18	6	2	5	0	2	0	3

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Feng = fengita, Grant = granate, Biot= biotita, Apt = apatito, Esf = esfena, Opa = opacos.



Figura 27: Afloramiento de esquisto cuarzo – moscovítico – plagioclásico ubicado en el río el lebrero (punto 3 en el mapa), se observa la meteorización biológica y mecánica que han ejercido las plantas y el agua del río. (rumbo de la foto N55°E).



Figura 28: Afloramiento de esquistos cuarzo – moscovítico – plagioclásico ubicado en el río Ojo de Agua (punto 28 en el mapa), donde se observa una tonalidad clara en el color meteorizado, se acentúa más la foliación ya que la cantidad de micas se incrementa. (rumbo de la foto N70°W).

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas en algunos casos en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación bien marcados. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 1 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Los de mayor tamaño presentan gran cantidad de inclusiones de apatito y micas claras. Presentan formas ovaladas, y generalmente no presentan maclas. En algunos granos se observaron maclas.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Se encuentra asociado generalmente con la moscovita definiendo los marcados planos de foliación.

Epidoto: Se presenta como pequeños cristales anhedrales muy fracturados, distribuidos irregularmente por la sección. Generalmente se encuentra asociado con la moscovita y la clorita. El mineral más común es la Zoicita.

Apatito, granate: Se presentan como minerales accesorios, de poco tamaño y generalmente anhedrales. Se encontraron muestras con buena cantidad de granate muy fracturado perfectamente cristalizado.

5.1.5 Esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico

Ubicación y extensión

Por la interpretación de los datos geológicos de foliación y muestras de mano esta litología se ubica dentro de una alargada franja que recorre toda la

cuenca, y es una variación composicional que presentan las rocas de textura esquistosa dentro de la cuenca. Se estudiaron secciones finas de los ríos Cocorote y Capa y de la carretera hacia Urama.

Características de campo

Presenta color meteorizado marrón tierra a pardo claro, y color fresco gris claro con machas blancas, estas son de cuarzo o plagioclasa. En los afloramientos la roca se observa muy meteorizada y muy foliada. (Ver figuras 29, 30, 31 y 32).

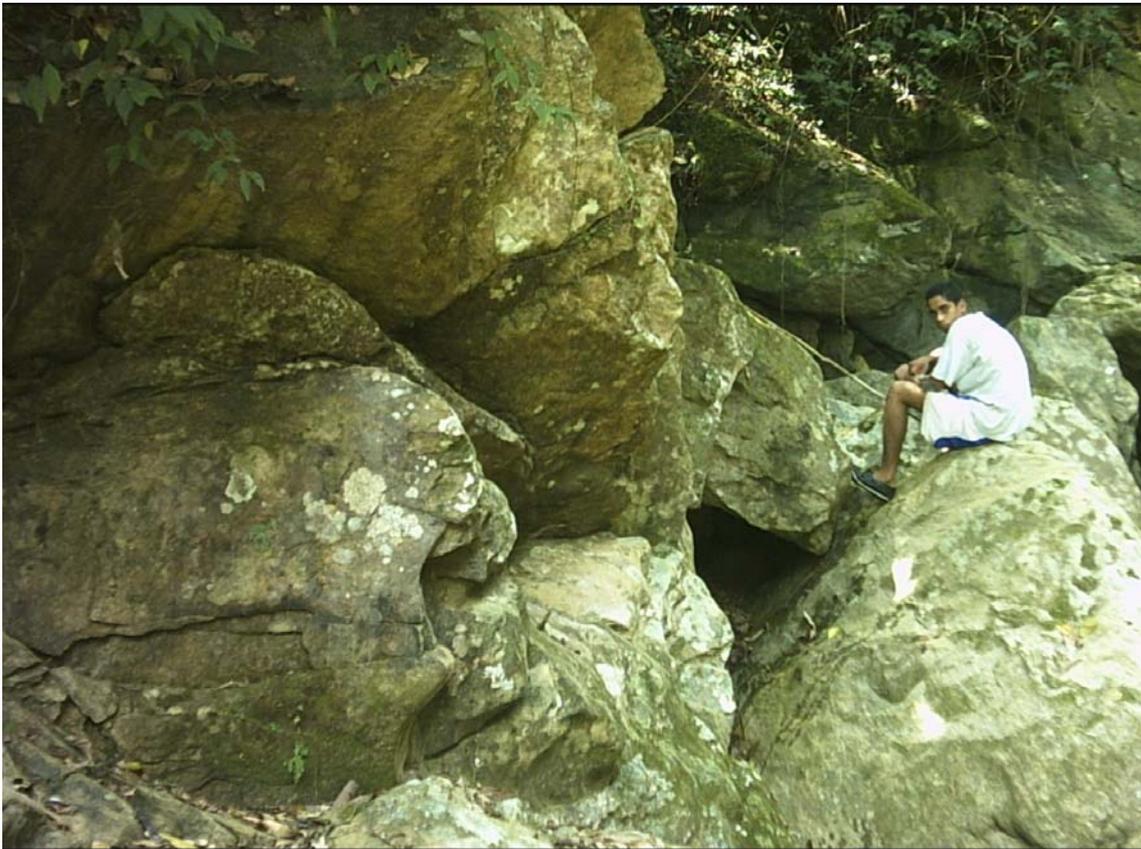


Figura 29: Afloramiento de esquistos cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Capa al Suroeste de la cuenca (punto 84 en el mapa), se observa la tonalidad marrón tierra del color meteorizado así como las escasas dimensiones del afloramiento. (rumbo de la foto S65°W).



Figura 30: Afloramiento de esquisto cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Cocorote al Oeste de la cuenca (punto 94 en el mapa), donde se observa la foliación marcada y el grado de meteorización que presenta el afloramiento.



Figura 31: Afloramiento de esquistos cuarzo – plagioclásico – clorítico, ubicado en el río Cocorote al Oeste de la cuenca (punto 90 en el mapa), donde se observa la foliación marcada y el grado de meteorización que presenta el afloramiento.

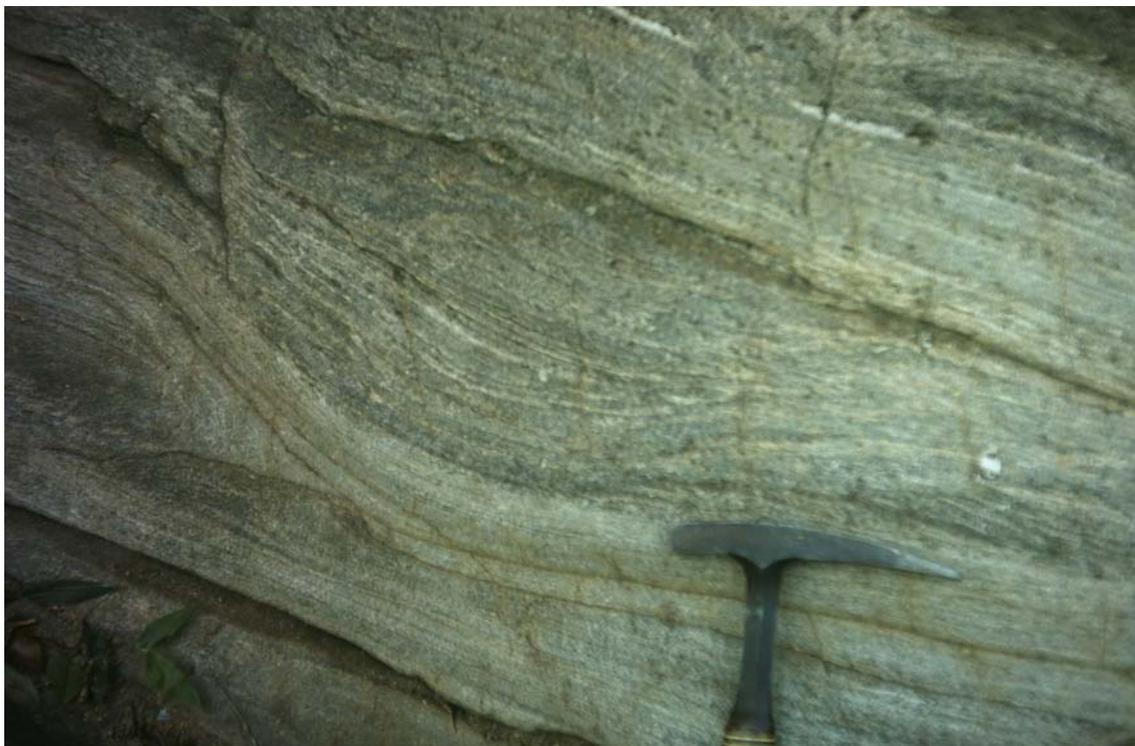


Figura 32: Detalle de la foliación de la figura anterior donde se observa un pequeño pliegue abierto. Resaltan los colores grises y blancos que representan al cuarzo y plagioclasas presentes en abundancia en esta litología.

Petrografía

La tabla 22 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Cuarzo: Se presenta como agregados policristalinos, donde los cristales presentan muy poco tamaño, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección.

Tabla 22: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – plagioclásico - clorítico.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Biot	Apt	Esf	Opa
CC - 05	18	50	10	5	12	0	0	0	2	0	3
CP - 10	23	30	5	10	14	5	9	0	2	0	2
CR NW - 08	17	40	12	7	3	7	0	6	3	5	0
Promedio	19	40	9	7	10	4	3	2	2	2	2

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Feng = fengita, Grant = granate, Biot= biotita, Apt = apatito, Esf = esfena, Opa = opacos.

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 0.5 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Generalmente no presentan maclas.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Se encuentra asociado generalmente con la moscovita y fengita definiendo los marcados planos de foliación. En nícoles cruzados se observan claramente los colores verdes y marrones con formas alargadas que presenta este mineral.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación bien marcados. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Biotita: Se presenta como pequeños cristales, pleocroicos con tonos pardos, se encuentran asociados con la moscovita y la clorita.

Epidoto: Se presenta como pequeños cristales anhedrales muy fracturados, distribuidos irregularmente por la sección. Generalmente se encuentra asociado con la moscovita y la clorita. El mineral más común es la Zoicita.

Esfena, apatito, granate: Se presentan como minerales accesorios, de poco tamaño y generalmente anhedrales. El granate se encuentra bien aunque muy escaso bien distribuido y muy fracturado.

5.1.6 Esquisto plagioclásico – moscovítico.

Ubicación y Extensión

Se ubica dentro de una gran franja que recorre toda la cuenca y presenta forma de “u” , como otro de las variaciones composicionales que presentan las rocas de textura esquistosa de la zona, se estudio una sección fina en la quebrada La Seca.

Características de campo

Este tipo litológico presenta color fresco gris verdoso claro, y color fresco gris con manchas blancas. Se caracteriza por presentar gran cantidad de micas claras y se encuentra muy diaclasada. (Ver figura 33)

Petrografía

La tabla 23 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Tabla 23: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para el Esquisto cuarzo – plagioclásico - clorítico.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Epidoto	Musc	Clor	Feng	Grant	Anf.	Apt	Calc.	Opa
CK3 - B	30	15	0	20	10	5	0	10	2	5	3

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Clor = clorita, Feng = fengita, Grant = granate, Anf= Anfíboles, Apt = apatito, Calc.= calcita, Opa = opacos.



Figura 33: Afloramiento de esquisto plagioclásico – moscovítico, ubicado en la quebrada La Seca al Este de la cuenca (punto 36 en el mapa), donde se observa la foliación y el grado de meteorización que presenta. En la parte inferior de este afloramiento se observó un flujo de agua natural y algunas vetas de cuarzo paralelas a la foliación. (rumbo de la foto N65°W).

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 0.5 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Generalmente no presentan maclas.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación bien marcados. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Cuarzo: Se presenta como agregados policristalinos, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección.

Clorita: Los cristales de clorita presentan un fuerte pleocroismo de tonos verdes, su habito es tabular alargado, hojoso. Presenta bordes muy irregulares y esta mal distribuida por la sección.

Se encuentra asociado generalmente con la moscovita y fengita definiendo los marcados planos de foliación. En nícoles cruzados se observan claramente los colores verdes y marrones con formas alargadas que presenta este mineral.

Anfíboles: se presentan como cristales aislados asociados con la clorita, este anfíbol es actinolita tremolita, se presenta incoloro en nícoles paralelos y de colores de interferencias marrones y rojizos. Se encuentran bien distribuidos en toda la sección.

Carbonato: se presenta como vetas de calcita con cristales muy pequeños que no superan los 0.2 mm de diámetro.

Apatito: Se presenta como mineral accesorio, de poco tamaño y generalmente anhedrales.

5.1.7 Anfibolita

Ubicación y Extensión

Este tipo litológico se presenta como cuerpos aislados de no mas de 10 Km² , se reconocieron al menos cinco de estos cuerpos, tres en el río El Letrero al Este, uno el río Guineo, el cual se extiende y aflora hasta quebrada La Seca al Sureste de la cuenca y otro en la quebrada De Vaca al Oeste.

Características de campo

Este tipo litológico encontrado en la cuenca se presenta con un aspecto muy homogéneo y compacto con un color meteorizado gris verdoso y color fresco gris. Se observaron familias de diaclasas bien definas en esta litología. (Ver figuras 34, 35 y 36).

Petrografía

La tabla 24 muestra el análisis petrográfico de la muestra que representa este tipo litológico.

Tabla 24: Valores mineralógicos expresados en porcentajes (%) para las Anfibolitas.

Muestra	Plag. (albita)	Qz	Anf.	Epidoto	Musc	Clor	Gran.	Apat.	Esf	Opac.
LRO - 01	5	3	85	0	3	0	0	2	1	1
LRO - 05	10	0	65	0	5	0	15	3	1	1
LRO - 06	9	10	70	0	5	0	0	1	3	2
CK - 04	4	3	80	5	3	0	0	2	2	1
CR NW - 05	10	3	74	2	5	0	3	1	1	1
Promedio	8	4	75	1	4	0	4	2	2	1

Plag.= plagioclasa, Qz = cuarzo, Musc = moscovita, Clor = clorita, Grant = granate, Anf= Anfíboles, Apt = apatito, Esf.= esfena, Opa = opacos.

Anfiboles: Se observaron al menos dos tipos de anfíboles, uno de birrefringencia baja, con colores de interferencia naranja de primer orden, anhedrales y con hábito tabular alargado, posiblemente actinolita o tremolita. Otro con birrefringencia muy baja, con colores de interferencia grises de primer orden, estos cristales se observaron muy alterados con los bordes irregulares.



Figura 34: Detalle de un afloramiento de anfíbolita en la quebrada La Seca, al Sureste de la cuenca (punto 37 en el mapa), donde se resalta claramente los planos de diaclasas, y algunas vetas de cuarzo de poco espesor. (rumbo de la foto N70°W).

Plagioclasa (Albita): Los granos de plagioclasa presentan tamaños menores a 0.5 mm, anhedrales en su mayoría, los cuales se encuentran altamente fracturados. Generalmente no presentan maclas.

Moscovita: Los cristales son anhedrales con formas tabulares alargadas rodeando a las plagioclasas y en asociación con la clorita. Esta mica se encuentra bien orientada formando planos de foliación bien marcados. En algunos casos esta mica se presenta como acumulaciones de pequeños cristales, pasando hacer fengita.

Cuarzo: Se presenta como agregados policristalinos, con formas de cristales anhedrales y extinción ondulatoria muy marcada. Se encuentra bien distribuido por toda la sección.

Apatito, granate y esfena: Se presentan como minerales accesorio, de poco tamaño y generalmente anhedrales. El granate se encuentra como cristales muy pequeños y muy fracturados.



Figura 35: Afloramiento de anfibolita ubicado en la parte baja del río El Letrero al Este de la cuenca (punto 2 en el mapa), se observa la coloración oscura y el grado de meteorización que presenta todo el afloramiento. (rumbo de la foto N60°E).



Figura 36: Afloramiento de anfibolita ubicado en la parte alta del río El Letrero al Este de la cuenca (punto 6 en el mapa), donde se observa nuevamente el color gris verdoso producto de la meteorización y el alto grado de meteorización que presenta este afloramiento. (rumbo de la foto E-W).

5.2 Procesos geodinámicos superficiales

5.2.1 Clasificación de los movimientos de masa de la cuenca de Canoabo

5.2.1.1 Flujo de detritos

Estos flujos se encuentran en toda la cuenca, se observaron en algunas de las quebradas, pero principalmente están asociados a los taludes expuestos debido a los cortes de las carreteras. Representan el 51 % de los movimientos de masa observados.

Están caracterizados por el desplazamiento de detritos con heterogeneidad granulométrica muy importante (Ver figura 37 y 38). En algunos caso se observo el arrastre de la cobertura vegetal y una parte importante del suelo residual, sin llegar a observar la roca sana (Ver figura 39)

La geometría de estos deslizamientos es muy variada, generalmente presentan planos de deslizamientos muy irregulares, con pendientes que varían entre 50° y 80° , figura 40, con coronas principalmente redondeadas y dimensiones alto – ancho muy similares, aunque en algunos casos son muy alargados como el mostrado en la figura 41.



Figura 37: Tipico Flujo de detritos, se ubica en la quebrada La Seca (pto. 36). Se observa con claridad la gran heterogeneidad granulometrica que presenta este tipo de movimiento de masa. (Rumbo de la foto N75°E).

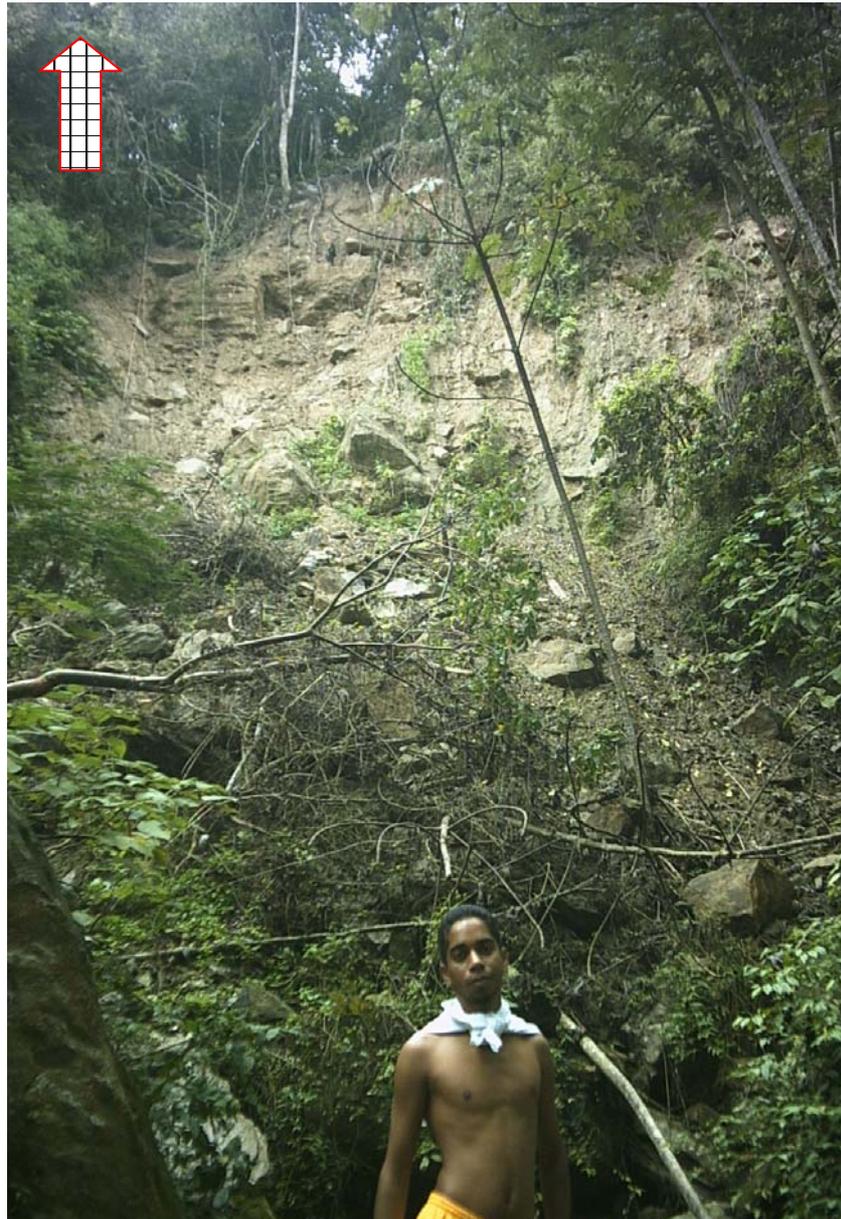


Figura 38: Flujo de detritos observado en el río San Antonio (pto. 58), se observan las grandes dimensiones y las características del material removido. (rumbo de la foto N-S)



Figura 39: Flujos de detritos, (I) ubicado en la carretera hacia Palmichal (pto 150) se observa en forma de corte como es la geometría del material desplazado; (II) ubicado en la carretera Bejuma – Canoabo (ptos 117) resalta la cantidad de plantas mezclados con los cantos y matriz.
(rumbo foto I S30°W y II N-S)



Figura 40: Flujo de detritos, ubicado en la carretera Bejuma – Canoabo (pto 134), donde se observa la relacion de tamaño y las características geometricas y composicionales del material desplazado. (Rumbo de la foto S75°E)



Figura 41: Flujo de detritos, ubicado al Oeste de la cuenca en el río Cocorote (pto 175) donde se muestra que este tipo de flujos también pueden presentar geometrías alargadas. (rumbo de la foto S80°W).

5.2.1.2 Flujos de lodo

Este tipo de movimiento se observa en todos los ríos y quebradas de la cuenca. Representan el 18% de los movimientos de masas estudiados, sin incluir al menos 50 flujos encontrados en las distintas quebradas de la cuenca que por sus dimensiones no fueron estudiados en detalle, todos estos fueron generalizados por presentar un comportamiento similar.

Se presentan en zonas donde la pendiente supera los 70°, con formas característicamente muy alargadas y estrechas, y coronas redondeadas principalmente. (Ver figura 42)

Estos deslizamientos se generan ya que en las zonas boscosas muy densas, la luz solar no llega al suelo debido a los grandes árboles, lo que no permite el desarrollo de pequeñas plantas, por lo cual el suelo solo es cubierto por las hojas y troncos caídos de la vegetación alta. Al quedar el suelo expuesto es muy vulnerable al efecto de arrastre por flujo laminar (escorrentía), saturándose en agua comienza a fluir formando progresivamente y según la topografía formas generalmente alargadas. (Ver figuras 43 y 44)



Figura 42: Flujo de Lodo, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 147), se observa la geometría de la corona muy irregular estando asociado a un talud de gran pendiente donde aflora un suelo residual. (rumbo de la foto N25°E)



Figura 43: Deslizamiento con flujo de lodo observado en el río El Letrero (60 metros del pto 10), donde se resalta no solo la geometría alargada de este tipo de deslizamiento si no el poder de arrastre de los mismos (rumbo de la foto Norte – Sur)

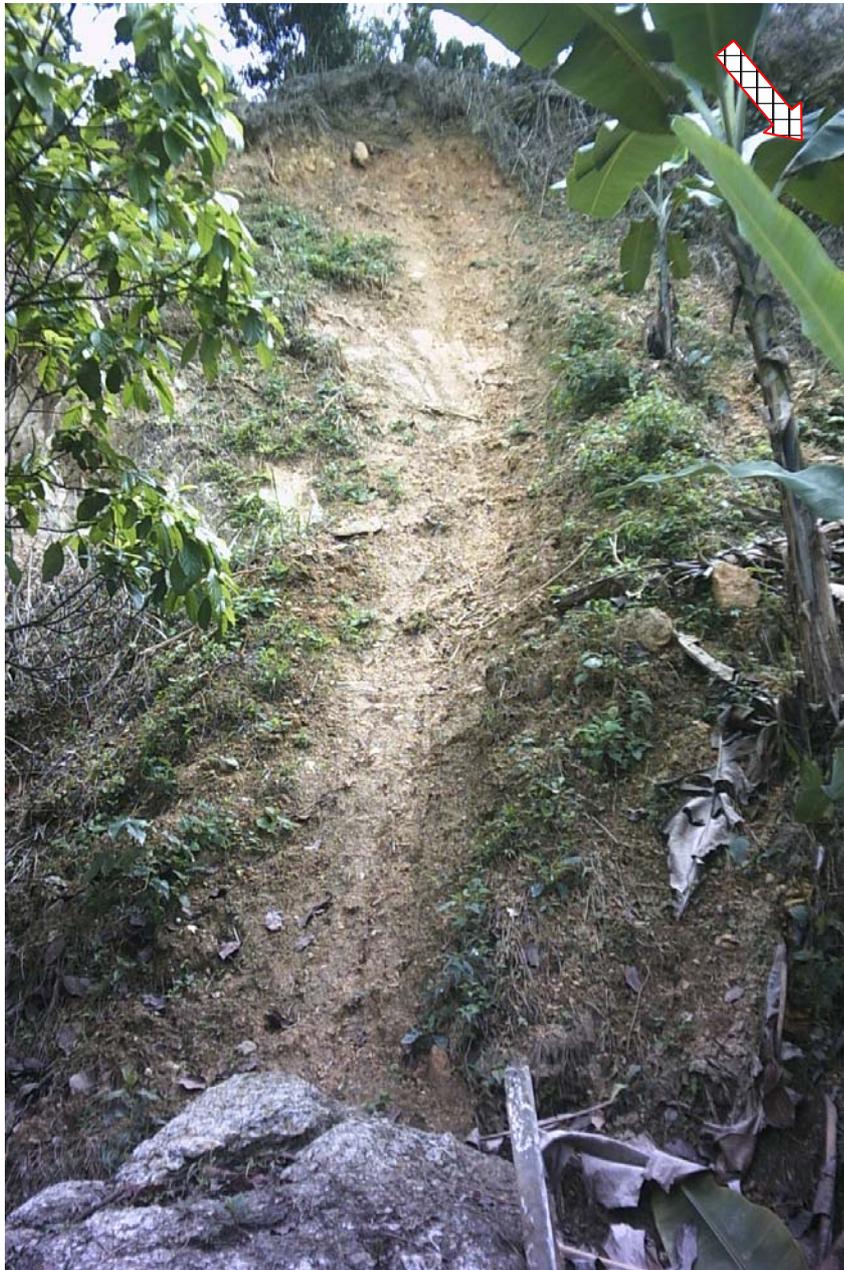


Figura 44: Flujo de lodo, ubicado en la carretera hacia Palmichal (pto 159), resalta nuevamente la geometría alargada de este tipo de movimiento de masa, en este caso se presenta muy superficial. (rumbo de la foto S30°W)

5.2.1.3 Flujo de la Formación Superficial

Se localizan principalmente al Noreste de la cuenca, hacia la sub. cuenca del río El Letrero, en las zonas más altas de la Fila La Justa. Representan el 4% de los movimientos de masa estudiados dentro de la cuenca.

Este tipo de deslizamiento se caracteriza por la remoción de toda la capa vegetal y parte del suelo residual, dejando expuesto a los agentes climáticos la fracción del suelo que no fue removida; se presentan en zonas donde la pendiente supera los 65° . (ver figura 45)

En general estos deslizamientos presentan dimensiones muy variables, desde los 5 hasta los 30 metros de largo y hasta 10 metros de ancho con planos de deslizamientos bien definidos y coronas de formas muy variadas, donde las más comunes son las medias elipses. (Ver figura 46)



Figura 45: Flujos de la formación superficial, ubicado al Este de la cuenca, en la ladera Sureste de la subcuenca del río Ojo de Agua (pto 174) se observan las distintas formas que presentan este tipo de flujo. (rumbo de la foto $N30^\circ E$).



Figura 46: Flujo de la formación superficial, (I) se ubica al norte de la sub. cuenca del río El Letrero (pto. 166) y (II) se ubica al este de la cuenca en las laderas de quebrada La Seca. (rumbo de las fotos N25°E Y N85°E respectivamente)

5.2.1.4 Caído de bloques

Se ubican en toda la cuenca, principalmente hacia el Sureste y Noroeste de la misma, dentro de las sub cuencas de los ríos Cocorote y Quebrada de Vaca; y en la carretera hacia palmichal.

Los caídos de bloques estudiados son muy antiguos, y se encuentran como acumulaciones de bloques en las partes mas bajas de las laderas, donde en algún tiempo estuvieron expuestos continuamente a los procesos exógenos, es decir, libres de toda formación superficial. (Ver Figura 47)

Las laderas de donde cayeron estos bloques presentan laderas superiores a los 70° de pendiente y los bloques presentan diámetros de hasta 10 metros de diámetro. (Ver Figura 48)



Figura 47: Acumulación de bloques caídos antiguos, estos presentan diámetros de hasta 7 metros, se observa como la zona de origen de los grandes bloques esta desprovista de vegetación y presenta una pendiente de 75° (rumbo de la foto S50°W).



Figura 48: caídos de bloques, (I) se ubica en la carretera hacia Palmichal (pto 160), (II) se ubica en el límite oeste de la cuenca en la margen del embalse (pto 170). Se evidencia la antigüedad de estos caídos de bloques, ya que las zonas de aporte se encuentran cubiertas por vegetación. (rumbo de las fotos S50°E Y N85°W)

5.2.1.5 Deslizamiento rotacional simple

Este tipo de movimientos de masa se ubican solo en la carretera hacia Urama, asociado con los taludes formados para la construcción de la misma. Representan solo el 2,5% de los movimientos de masa estudiados en la cuenca.

Se caracterizan por presentar una corona con geometría redondeada muy alargada y el escarpe muy irregular, de hasta 4 metros de ancho. Presentan dimensiones muy grandes alcanzando los 30 mts de altura y 55 mts de ancho. Se observa claramente como solo un gran bloque es desplazado y rotado, empleando para ello una superficie definida, generalmente la foliación. (Ver figura 49).

Asociado a estos movimientos se encuentran flujos de detritos, como una dinámica secundaria al quedar expuesta la roca en el escarpe.



Figura 49: Deslizamiento rotacional simple, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 135), se observa en gran tamaño del escarpe principal y la geometría circular alargada de la corona.
(rumbo de la foto N65°E)

5.2.1.6 Deslizamiento Planar

Este tipo de movimiento de masas se ubica en la carretera hacia Urama, asociado con los cortes de la carretera. Este tipo de movimiento es el más escaso dentro de la cuenca representando solo el 1% de los movimientos encontrados.

Estos deslizamientos se caracterizan por el movimiento de traslación de un gran bloque rocoso, sobre una superficie muy uniforme y lisa, la cual en este caso corresponde a un plano de foliación de una roca esquistosa rica en moscovita.

La foliación o plano del deslizamiento presenta un buzamiento de 55°S, y es paralelo a la dirección del talud, condiciones necesarias para que ocurra el desplazamiento planar, hacia la carretera.

Se diferencia de otros deslizamientos ya que deja expuesta a la roca sana. (Ver Figura 50)

5.2.1.7 Cárcavas de erosión

Este tipo de movimiento de masa representado por canales producto la concentración de aguas de escorrentías, se ubican en toda la cuenca y representan el 15% de los movimientos estudiados aunque en área afectada son los más importantes, y los que transportan mayor cantidad de sedimentos.

Las Cárcavas estudiadas en la cuenca, están relacionadas con dos procesos de formación de distinta naturaleza, pudiendo diferenciar muy claramente dos contextos muy específicos para cada una de ellas.



Figura 50: Deslizamiento Planar, ubicado en la carretera hacia Urama (pto 136), se observa claramente el plano del deslizamiento y como queda expuesta la roca sana muy moscovítica presente en la zona. En la parte superior del escarpe se observan al menos 2 familias de diaclasas, las cuales fracturan al bloque para que pueda ser desplazado. (rumbo de la foto N10°E).

- Cárcavas que se originan en zonas no alteradas por el hombre y solo por la evolución sistemática en la relación existente entre los procesos naturales de dinámica superficial, cohesión de los suelos y escorrentía. Este proceso natural se presenta en la figura 51, donde se observa progresivamente tres etapas para la generación de las cárcavas.

- Cárcavas que se originan como una consecuencia directa del mal uso de la tierra por parte del hombre, estas cárcavas son las más numerosas y se ubican en los potreros. En la figura 52 se observan las distintas etapas para crear los potreros observando un progresivo desgaste de la capa vegetal, hasta que deja expuesto por completo al suelo, es allí donde las aguas por escorrentía forman canales o surcos los cuales finalmente generan las cárcavas (ver figura 53).



Figura 51: Representa la evolución natural de las cárcavas en zonas de vegetación alta. (I) Representa una etapa inicial o temprana donde la escorrentía o flujos superficiales se van concentrado en un canal o surco. (II) Representa una etapa media en la formación de cárcava, en esta imagen se observa como se ha acentuado y profundizado el canal o surco. (III) Representa la etapa final ya una cárcava, con una profundidad de 1,5 metros y hasta 2 metros de ancho.

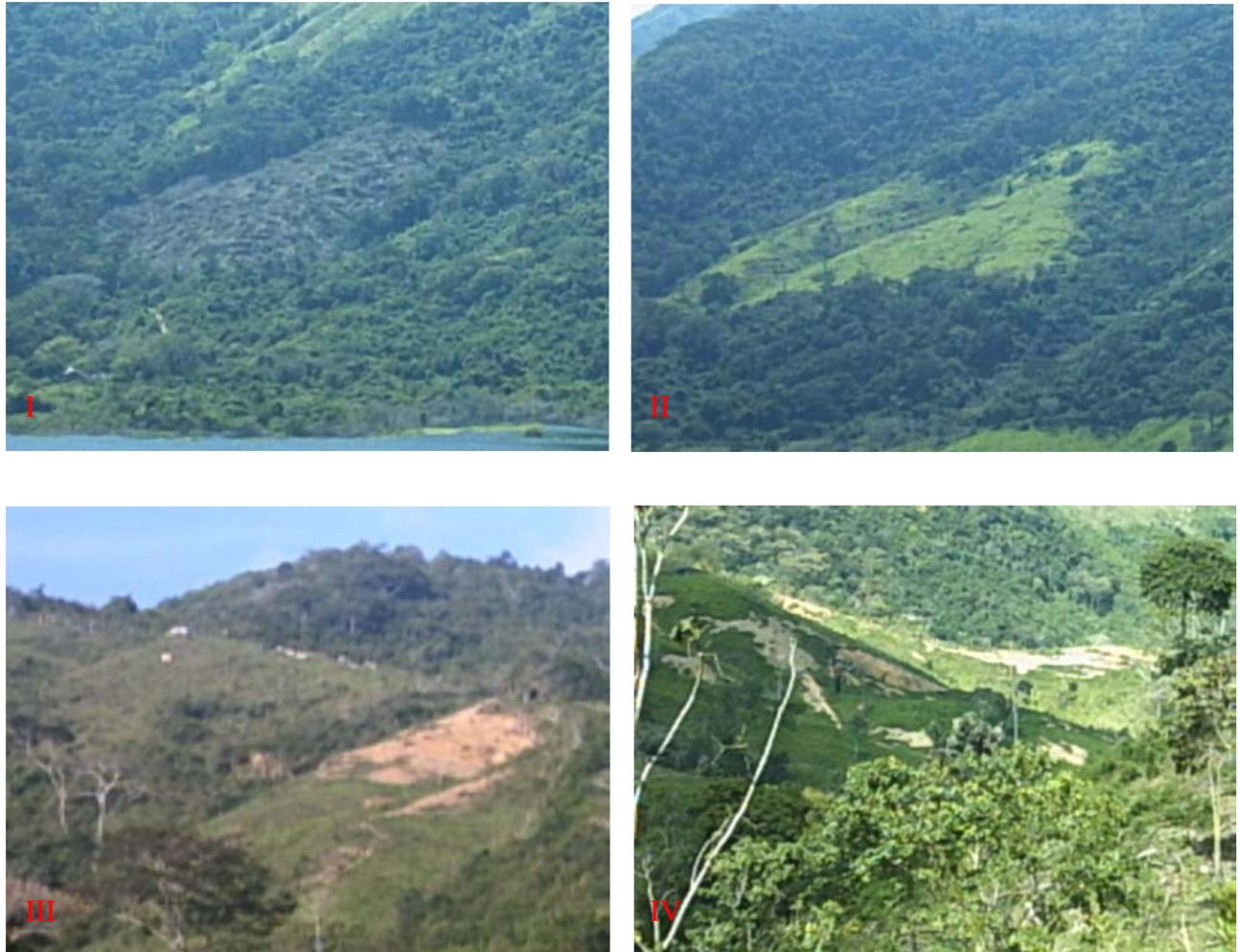


Figura 52: Proceso de formación de potreros dentro de la cuenca de Canoabo, (I) Etapa inicial, corte y quema de la vegetación en una zona aislada por lo general no visible; (II) posterior siembra de pasto en la zona anteriormente quemada para alimentar al ganado, (III) introducción del ganado en la zona, se observan ya los efectos sobre el terreno, (IV) Etapa final donde el potrero es abandonado, solo se observan grandes zonas donde el suelo queda vulnerable a la erosión. (Foto I y II Noroeste de la cuenca, foto III carretera hacia Canoabito, foto IV Norte del río Cocorote)



Figura 53: Detalle de una zona expuesta producto del mal uso de la tierra media la generación de potreros. Se observa claramente es desgaste y pérdida de cohesión del suelo, formando cárcavas. (rumbo de la foto S35°W)

5.2.2 Acumulaciones de bloques

Se encuentran en las partes medias y altas de todos los ríos y quebradas estudiados en la cuenca. Estas grandes acumulaciones corresponden a la fracción más gruesa arrastrada por los distintos drenajes de la zona.

Se forman durante eventos de fuertes lluvias, cuando se produce el transporte de bloques de gran tamaño que se sedimentan cuando existe un cambio en la pendiente del drenaje o cuando varía la energía del agente de transporte. (Ver figuras 54 y 55)

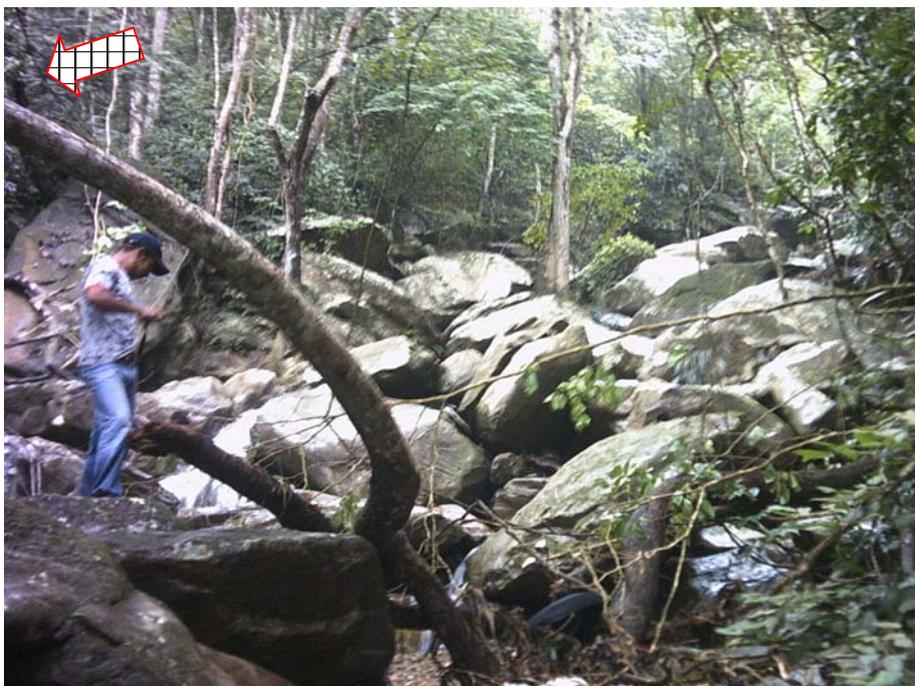


Figura 54: (I) Acumulación de bloques en la parte alta de la quebrada La Seca (50 mts aguas arriba del pto 21), se observan bloques de hasta 2,5 metros de diámetro (rumbo de la foto Este – Oeste). (II) Acumulación de bloques en la parte media del río Guineo (pto 48), donde se observan bloques de hasta 4 metros de diámetro. (rumbo de la foto N55°W).

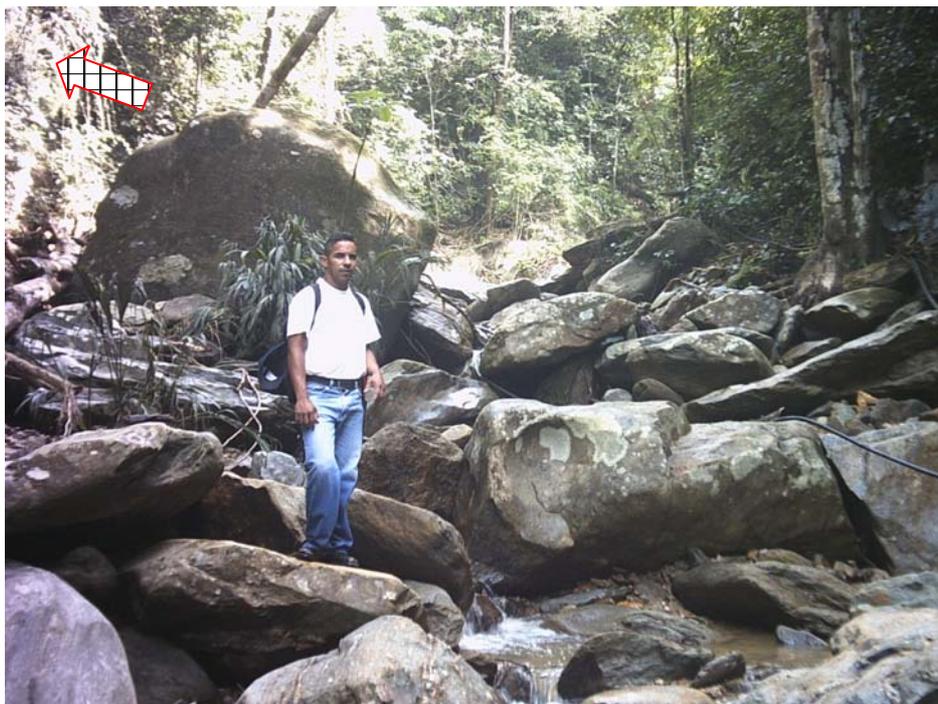


Figura 55: (I) Acumulación de bloques en la parte media del río San Antonio (pto 58), observándose bloques hasta de 7 metros de diámetro (rumbo de la foto N80°E), (II) acumulación de bloques en la parte alta del río Ojo de Agua (40 mts aguas arriba del pto 21), observándose bloques de hasta 4 metros de diámetro (rumbo de la foto N45°E).

5.2.3 Terrazas

Las terrazas observadas son recientes, las cuales se formaron por la acumulación de material tipo aluvión, acumulado en las zonas bajas y sinuosas del drenaje en eventos torrenciales bastante recientes. (ver figura 56)

Las terrazas están siendo formadas gracias al corte por los distintos ríos, sobre la gran llanura aluvial donde están fundadas las poblaciones de Canoabo, El Naranjo, Santa Ana y La Seca.

Estas terrazas presentan distintos espesores, lo que sugiere una variación en la energía de los distintos ríos, y por ende un menor o mayor nivel de empotramiento y corte de terrazas recientes. (ver figuras 57, 58 , 59 Y 60)



Figura 56: Terraza reciente ubicada en la parte baja de la quebrada La Seca, (pto 29), se resalta en un círculo el afloramiento de grandes cantos, lo que indica eventos torrenciales anteriores que desplazaron estos cantos de hasta 30 cm de diámetro.



Figura 57: Contacto entre los sedimentos aluvionales y la roca sana, este contacto queda expuesto en el corte de una terraza de más de 4 mts de altura, ubicada en el río La Seca (pto 31). (rumbo de la foto E – W).



Figura 58: Formación de Terrazas en las márgenes del río San Antonio (del pto 53 al pto 54).



Figura 59: Desarrollo de terrazas en las márgenes del río Capa (entre los ptos 74 – 74).



Figura 60: Desarrollo de pequeños niveles de Terraza en las márgenes del río Ojo de Agua, (entre los ptos 12- 13)

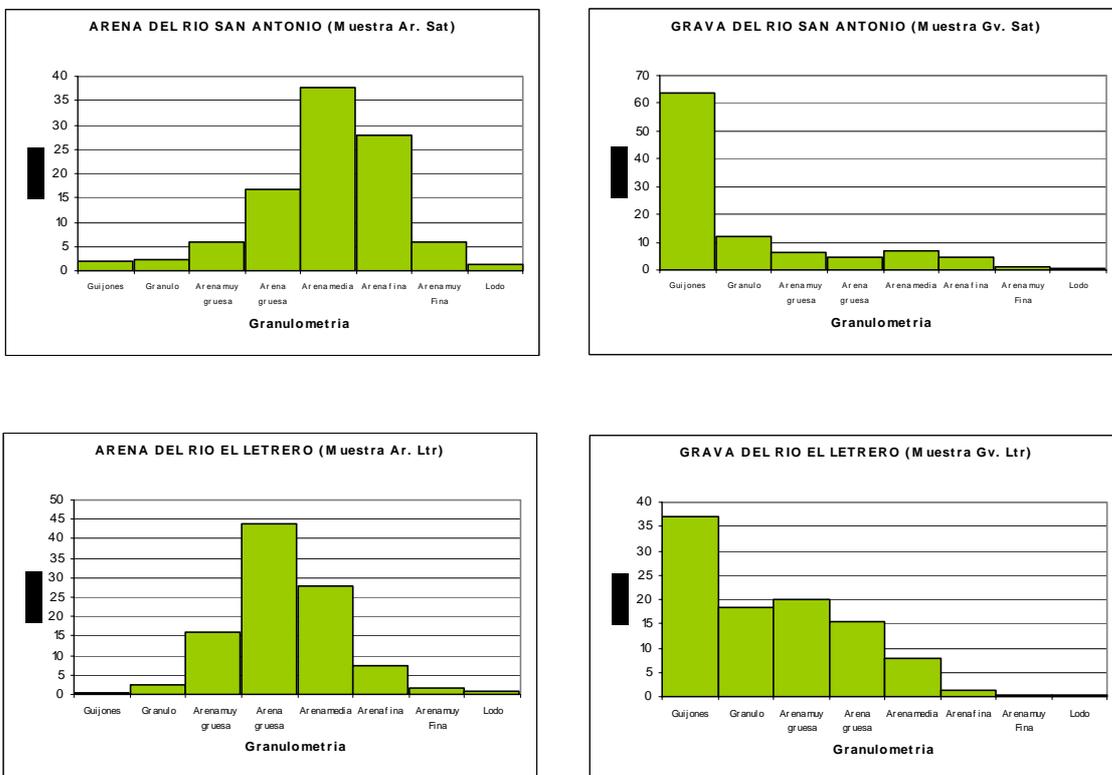
6. RESULTADOS

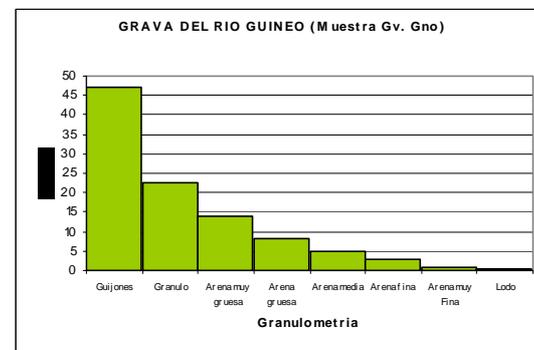
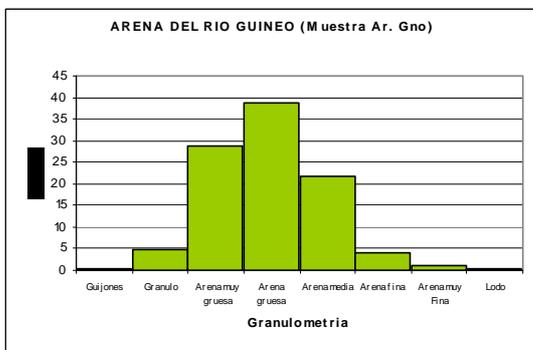
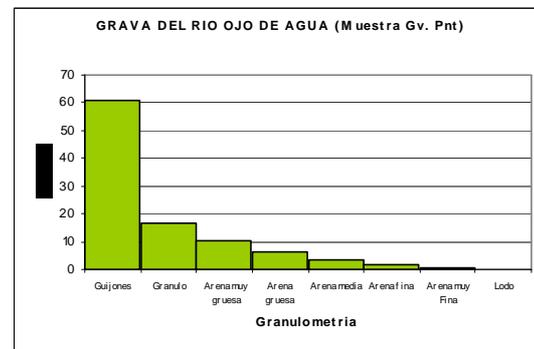
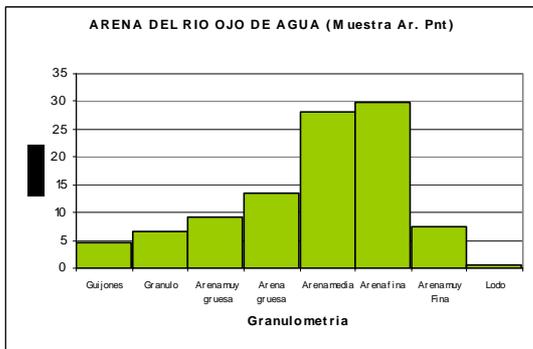
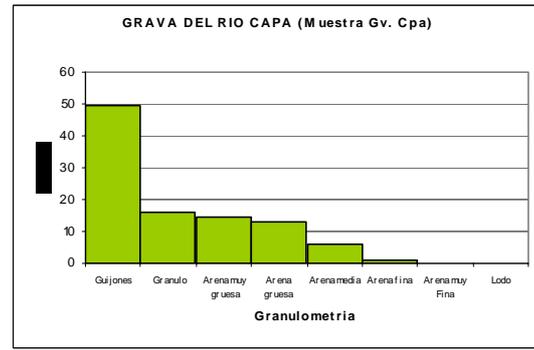
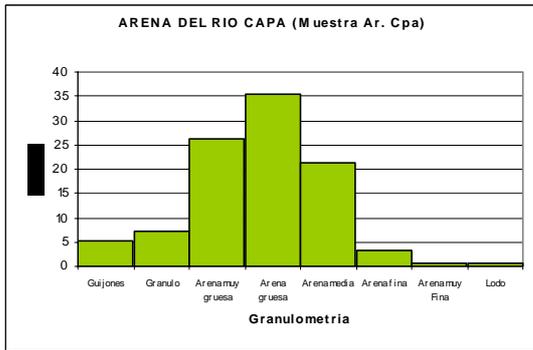
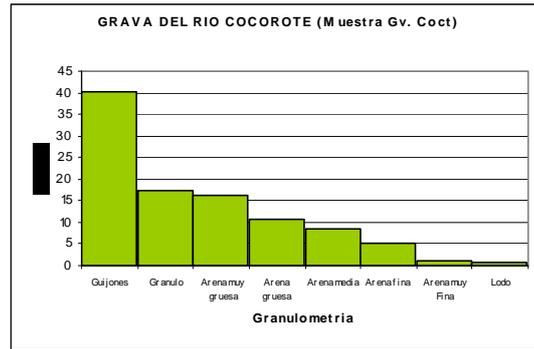
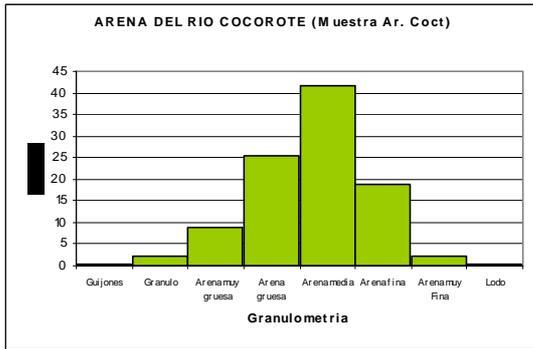
6.1 Granulometría

Se tomaron 20 muestras de sedimentos fluviales, de manera tal que por cada río o quebrada de la cuenca estudiada, se analizaran 2 muestras, una correspondiente a la fracción mas gruesa depositada en el centro del cauce (grava de río) y la otra correspondiente a una fracción mas fina depositada hacia los lados del cauce (arena de río).

A continuación se presentan los resultados obtenidos del tamizado de las muestras, dichos resultados son expresados a través de análisis estadísticos: histogramas de frecuencia (Figura 61) y curvas de frecuencia acumulada (Figura 62).

Figura 61. Histogramas de frecuencia. Arena y Grava de diez (10) ríos estudiados.





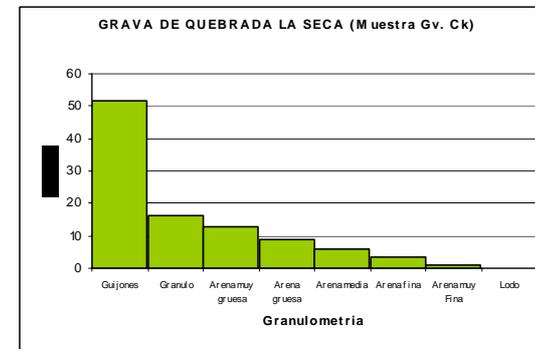
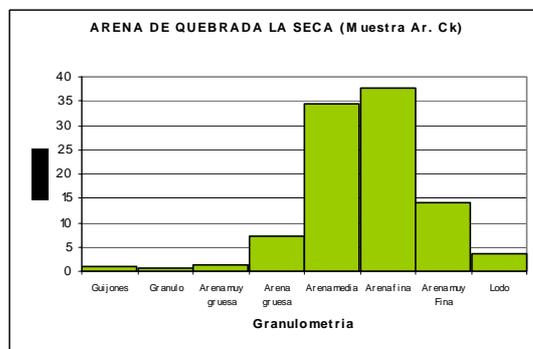
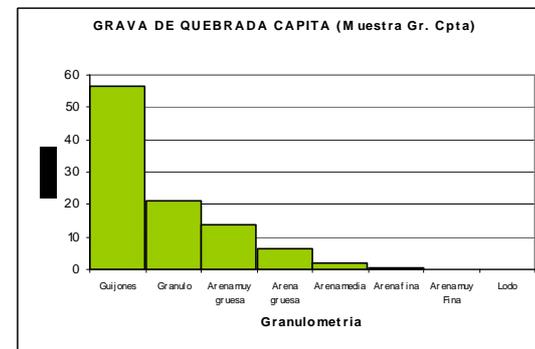
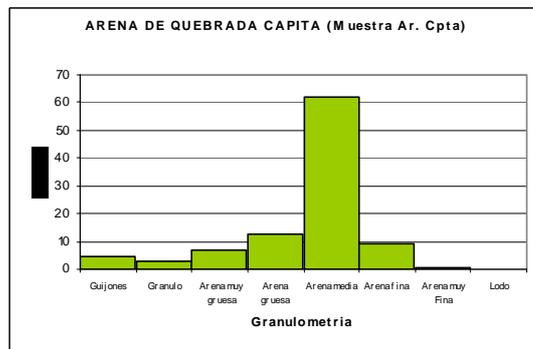
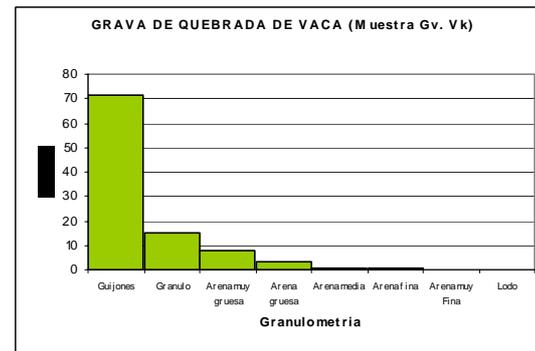
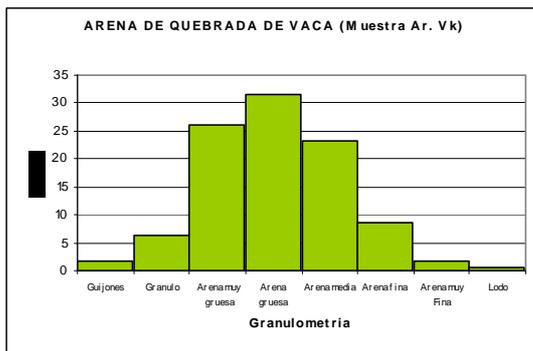
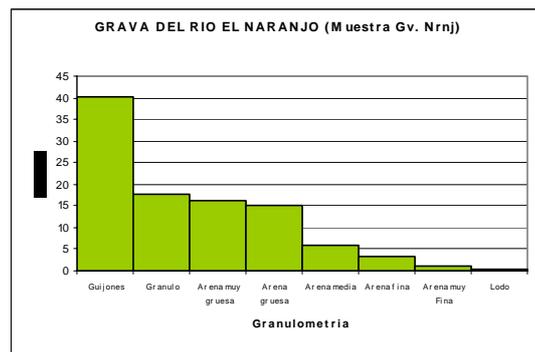
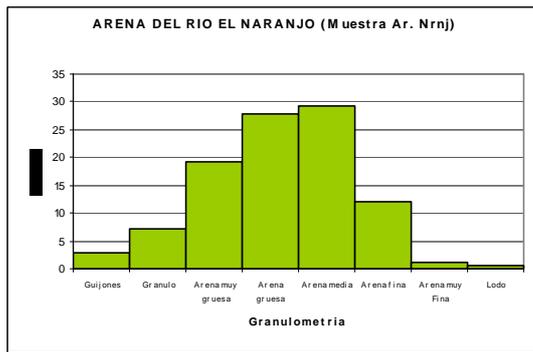
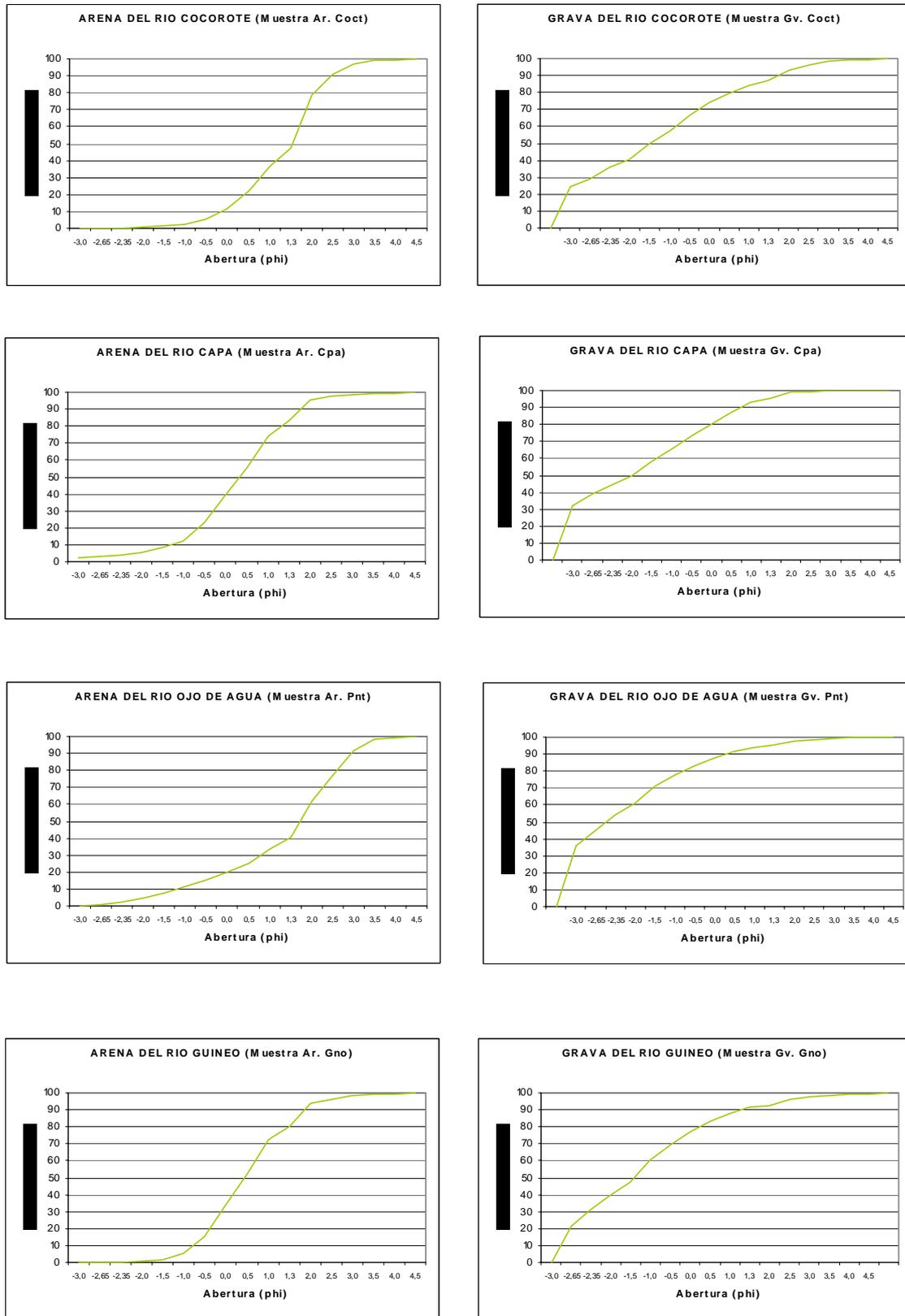
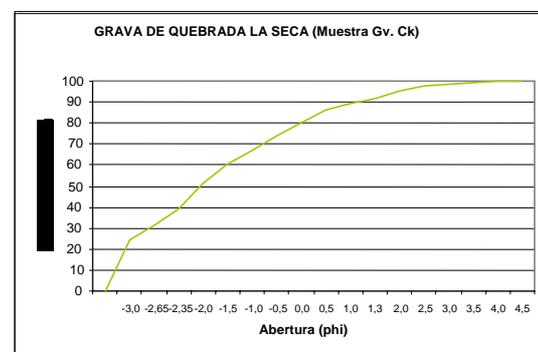
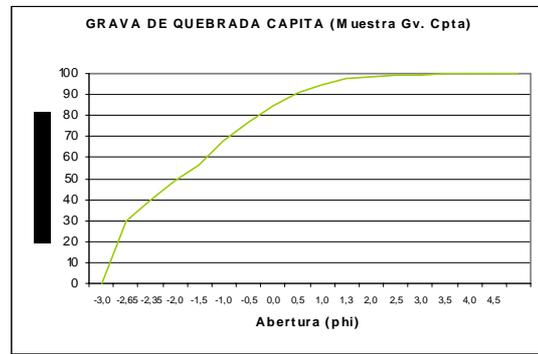
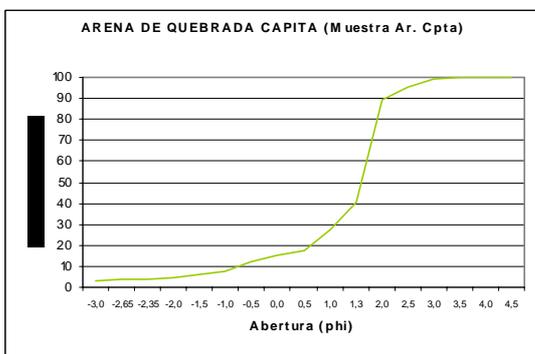
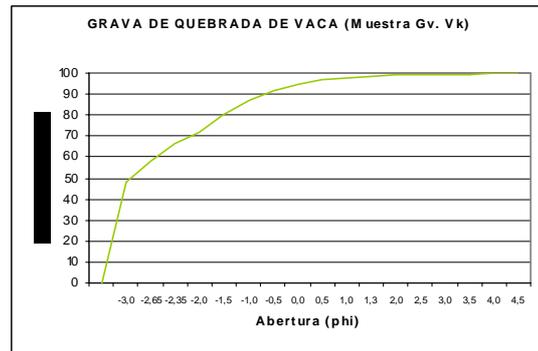
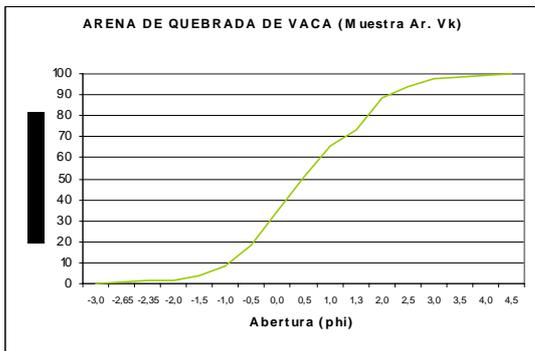
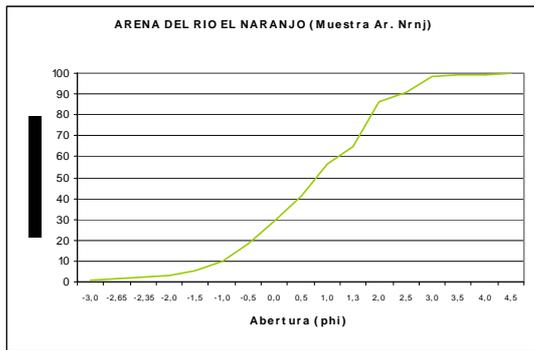
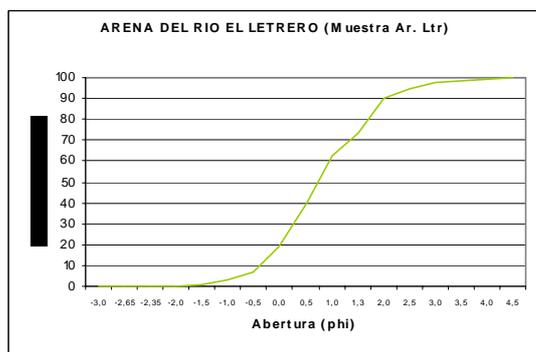
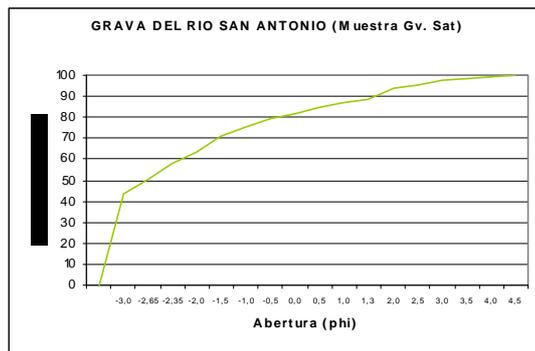
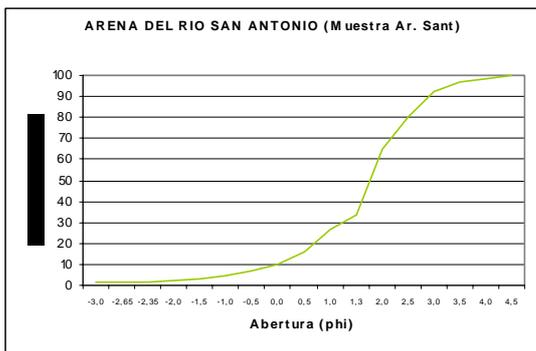


Figura 62. Curvas de frecuencia acumulada. Arena y Grava de diez (10) ríos estudiados.







Las curvas de frecuencia acumulada para los sedimentos tamaño grava, presenta una pendiente abrupta en su parte inicial, esto se debe a limitaciones en el ensayo de tamizado, ya que no se contaba con tamices de mayor abertura, que permitieran una mejor gradación de la fracción gruesa.

Cada una de las muestras fue clasificada también según los porcentajes en peso de las clases principales, según los triángulos para la clasificación de sedimentos tomados de FOLK (1969) , obteniéndose los siguientes resultados, Tabla 25.

Tabla 25: Clasificación de las muestras según los diagramas triangulares para la caracterización de sedimentos, propuesto por FOLK, 1969.

MUESTRA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MUESTRA	NOMBRE DE LA MUESTRA
Ar. Coct	Arena media con huellas de granulos	Ar. Vk	Arena gruesa con granulos
Gv. Coct	Guijones con arena muy gruesa	Gv. Vk	Guijones
Ar. Cpa	Arena gruesa con granulos	Ar. Cpta	Arena media con granulos
Gv. Cpa	Guijones con arena muy gruesa	Gv. Cpta	Guijones con arena muy gruesa
Ar. Pnt	Arena media - fina con granulos	Ar. Ck	Arena fina - media
Gv. Pnt	Guijones con arena muy gruesa	Gv. Ck	Guijones con arena muy gruesa
Ar. Gno	Arena gruesa con granulos	Ar. Sant	Arena media con huellas de granulos
Gv. Gno	Guijones con arena muy gruesa	Gv. Sant	Guijones con arena muy gruesa
Ar. Nrnj	Arena media - gruesa con granulos	Ar. Ltro	Arena gruesa con huellas de granulos
Gv. Nrnj	Guijones con arena muy gruesa - gruesa	Gv. Ltro	Guijones con arena muy gruesa

6.2 Parámetros granulométricos calculados por métodos estadísticos

Se emplearon las formulas matemáticas propuestas por FOLK (1969), para reflejar: tamaño de grano promedio, asimetría, grado de escogimiento y curtosis, estas formulas se muestran en la metodología, capítulo 1 Introducción, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 26.

6.3 Morfología

Las características morfológicas de los distintos granos o clastos fueron estimadas por métodos visuales, solo la forma de Zingg presenta mediciones por cada partícula estudiada, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 27.

Tabla 26: Resultados de los parámetros estadísticos de cada una de las muestras estudiadas en la zona de estudio.

MUESTRA	Rio o Quebrada	TAMAÑO PROMEDIO (Mz)	GRADO DE ESCOGIMIENTO (S1)	ASIMETRÍA (SK)	CURTOSIS (KG)
Ar. Coct	Cocorote	Arena media	Moderadamente escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Mesocurtica
Gv. Coct		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Platicurtica
Ar. Cpa	Capa	Arena gruesa	Mal escogido	Casi asimétrica	Leptocurtica
Gv. Cpa		Gujiones	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Muy platicurtica
Ar. Pnt	Ojo de Agua	Arena gruesa	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Mesocurtica
Gv. Pnt		Gujiones	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Mesocurtica
Ar. Gno	Guineo	Arena gruesa	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Platicurtica
Gv. Gno		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Mesocurtica
Ar. Nrnj	Naranja	Arena gruesa	Mal escogido	Asimétrica hacia tamaños finos	Mesocurtica
Gv. Nrnj		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Platicurtica
Ar. Vk	De Vaca	Arena gruesa	Mal escogido	Asimétrica hacia tamaños finos	Mesocurtica
Gv. Vk		Gujiones	Moderadamente escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Muy leptocurtica
Ar. Cpta	Capita	Arena media	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Muy leptocurtica
Gv. Cpta		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Mesocurtica
Ar. Ck	La Seca	Arena fina	Moderadamente escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Leptocurtica
Gv. Ck		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Mesocurtica
Ar. Sant	San Antonio	Arena media	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Muy leptocurtica
Gv. Sant		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Leptocurtica
Ar. Ltro	El Letrero	Arena gruesa	Moderadamente escogido	Muy asimétrica hacia tamaños finos	Mesocurtica
Gv. Ltro		Granulo	Mal escogido	Muy asimétrica hacia tamaños gruesos	Platicurtica

Tabla 27: Característica Morfológicas generales de los distintos ríos o quebradas estudiados dentro de la cuenca de Canoabo.

Río o quebrada	ESFERICIDAD	REDONDEZ	FORMA DE ZING
Cocorote	Baja - Moderado	Sub redondeados	Discoidal - elipsoidal
Capa	Baja	Angular , sub angular	Discoidal
Ojo de agua	Baja	Sub angularo	Elipsoidal, discoidal
Guineo	Baja	Sub redondeado, sub angular.	Discoidal
Naranjo	Baja	Sub angularo, sub redondeados	Discoidal, elipsoidal
Vaca	Baja - Moderado	Sub redondeado	Elipsoidal, discoidal
Capita	Baja	Sub angularo, sub redondeados	Discoidal
La Seca	Baja	Angular , sub angular	Discoidal
San Antonio	Baja	Sub angular	Elipsoidal, discoidal
Letrero	Baja	Sub angular	Discoidal

6.4 Sedimentos suspendidos totales presentes en las muestras de agua

Mientras se realizó el trabajo de campo se tomaron muestras de aguas de cinco de los ríos estudiados, ya que solo estos presentaron crecida como consecuencias de precipitaciones que se presentaron en algunas zonas de la cuenca, estos ríos son: El Naranjo, Capa, Ojo de Agua, El letrero y Guineo.

Los resultados obtenidos al aplicar la norma 2540-D "Total Suspended Solids Dried at 103^o- 105^oC" de la "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", son los mostrados en la tabla 28.

Tabla 28: Resultados de los análisis de sedimentos suspendidos totales en las muestras de aguas tomadas en la cuenca.

Ubicación de las Muestras	Peso (gr) / 600 ml
Rio Naranjo	48,25
Rio Capa	20,03
Rio Ojo de Agua	11,84
Rio El letrero	2,73
Rio Guineo	0,091

6.5 Movimientos de Masa dentro de la cuenca

Al realizar el trabajo de campo, se identificaron 80 movimientos de masas, sin incluir al menos 50 pequeños flujos de lodos, observados en los cauces de los distintos ríos estudiados en toda la cuenca. Estos pequeños flujos de lodo presentan una geometría alargada y el material desplazado cae a las aguas de los distintos drenajes.

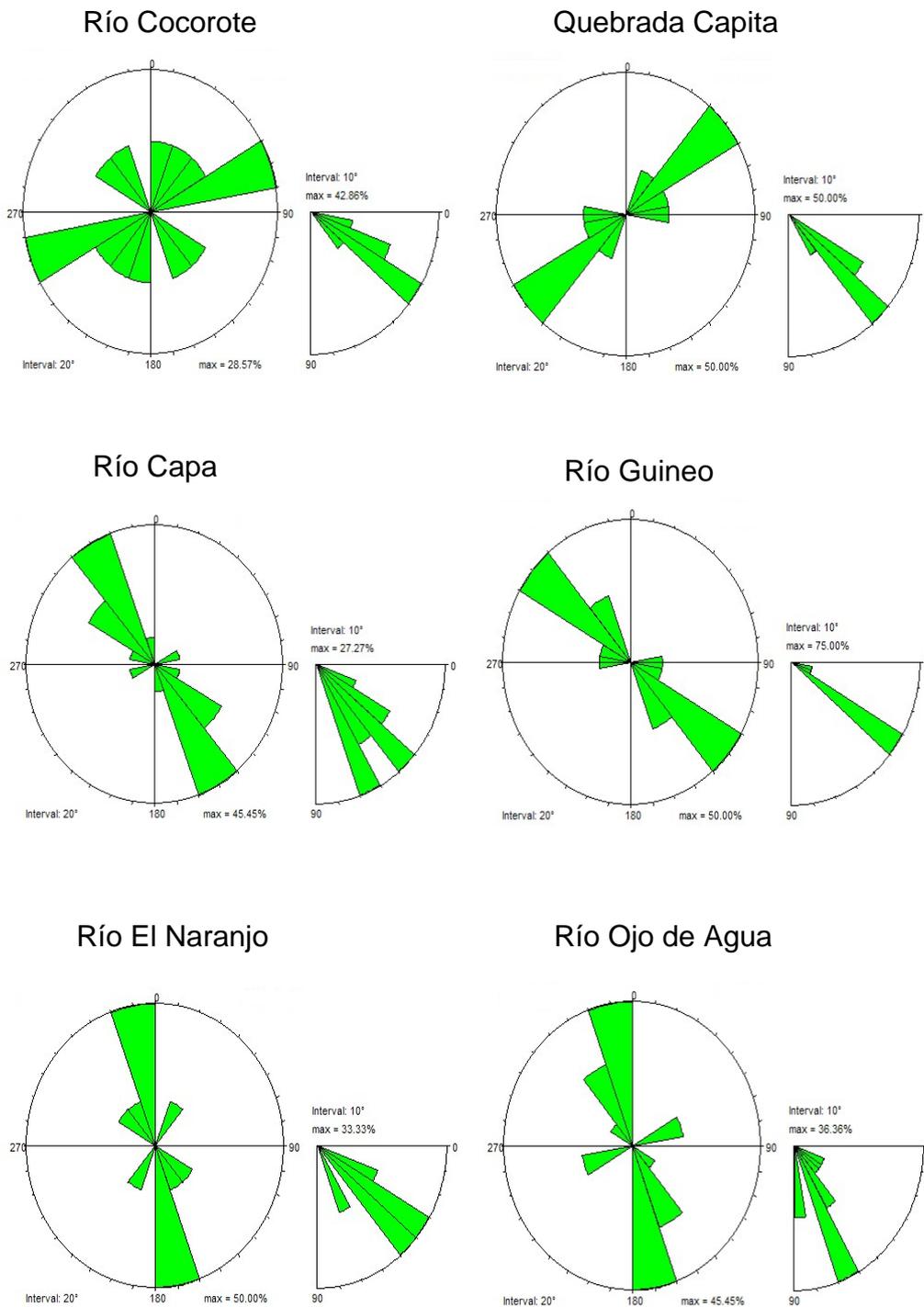
Los 80 movimientos de masa estudiados a detalle, se presentan en forma de tabla como anexo 2.

6.6 Elementos estructurales identificados

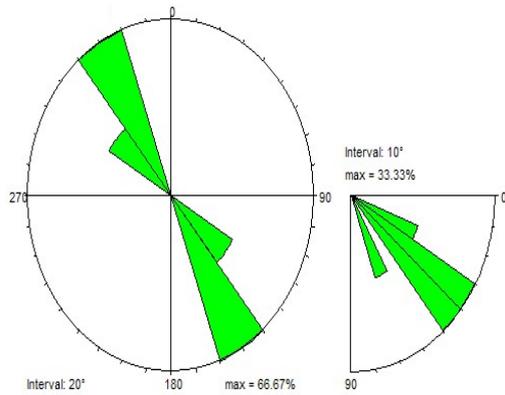
6.6.1 Foliación

Los datos de foliación medidos en la cuenca se presentan por sectores o zonas de trabajo dentro de la cuenca, como diagramas de rosas, también se presenta un diagrama del mismo estilo donde se muestra los resultados integrados de toda la cuenca. Estos resultados se muestran en la figura 63.

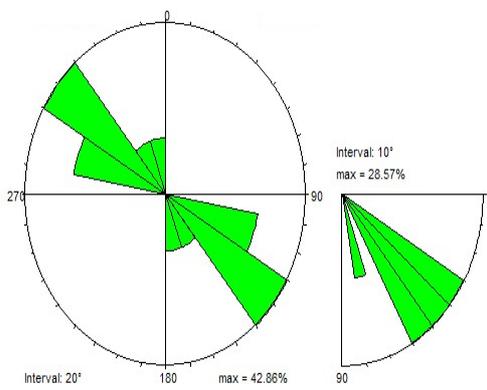
Figura 63: Diagramas de rosas que muestran los datos de foliación medidos en los distintos sectores de la cuenca de Canoabo.



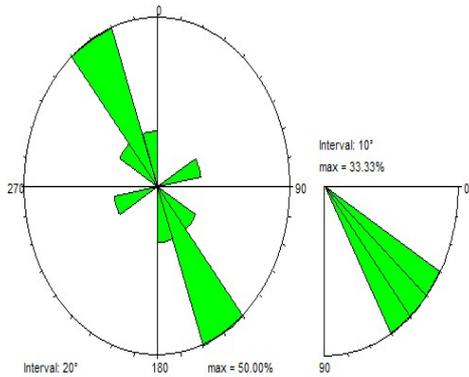
Carretera hacia Urama



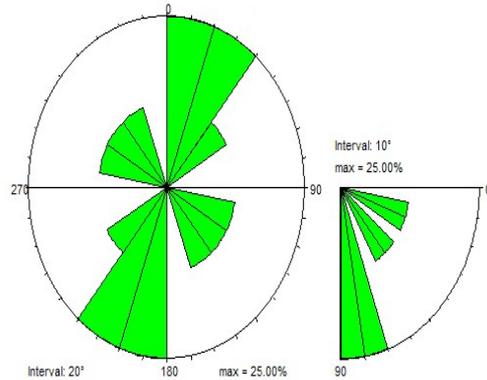
Carretera Bejuma - Canoabo



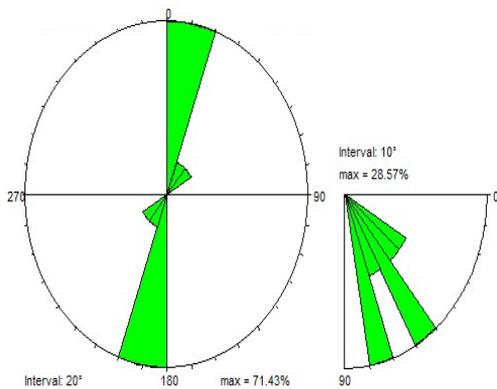
Río San Antonio



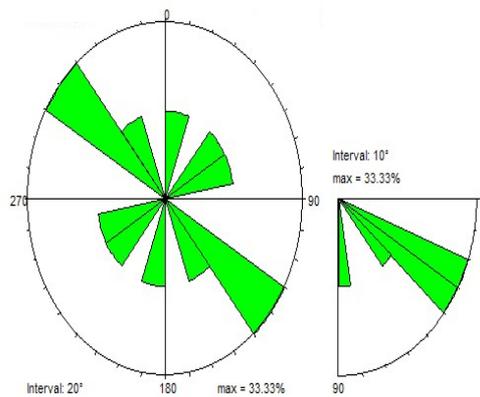
Quebrada La Seca



Río El Letrero



Quebrada de Vaca



6.6.2 Diaclasas

La mayor parte de los afloramientos rocosos estudiados, muestran un estado de deformación estructural importante, ya que los mismos se encuentran muy diaclasados. (Ver figuras 64 y 65)

Los datos de diaclasas medidos en la cuenca se presentan por sectores o zonas de trabajo dentro de la cuenca, como diagramas de rosas, con el fin de precisar las direcciones de las familias principales por sector. Estos resultados se muestran en la figura 66.

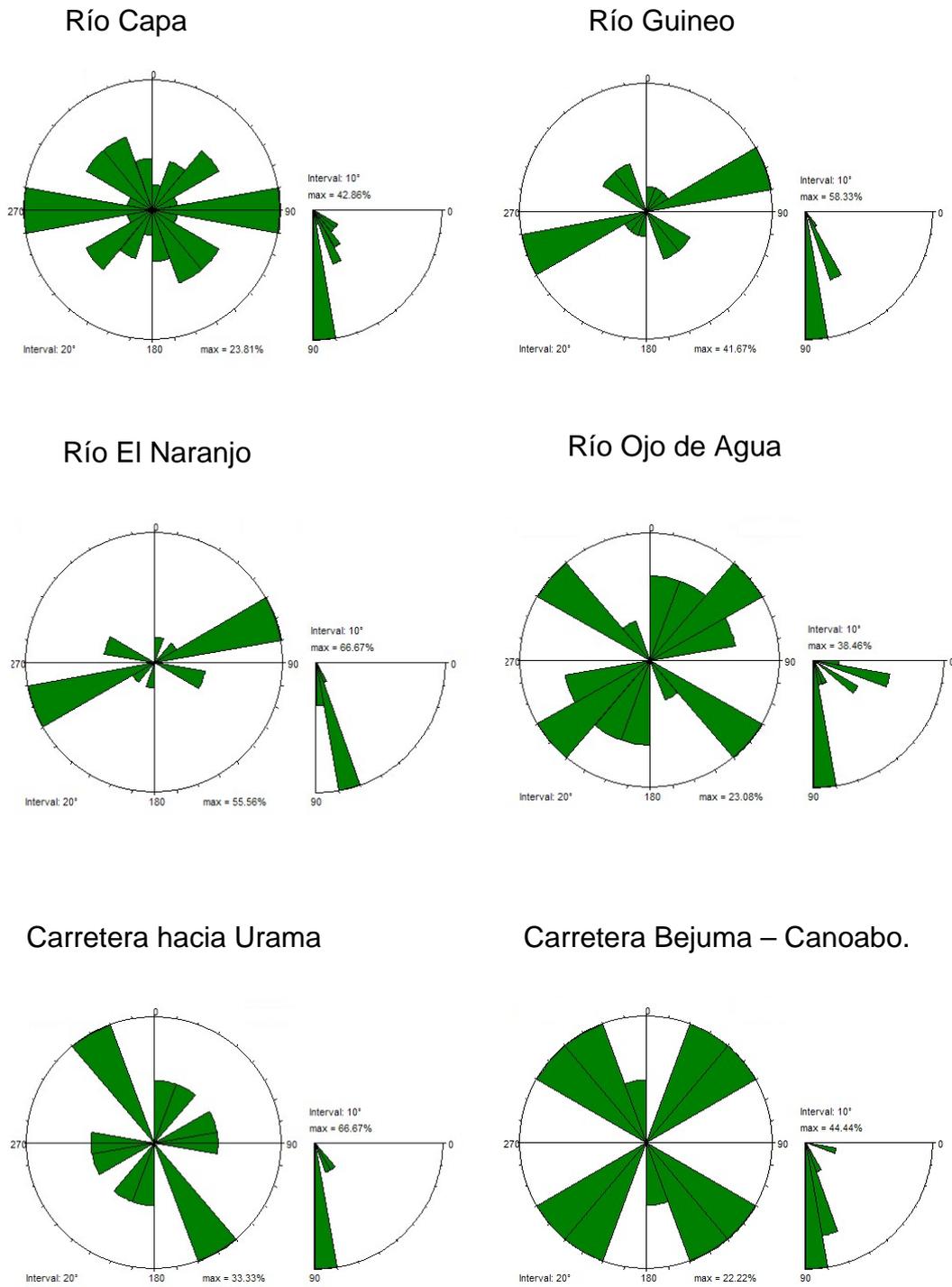


Figura 64: Afloramiento ubicado en el río El Letrero al Este de la cuenca (punto 5 en el mapa) donde se observan al menos tres direcciones de diaclasas junto con una marcada foliación. (rumbo de la foto N-S).

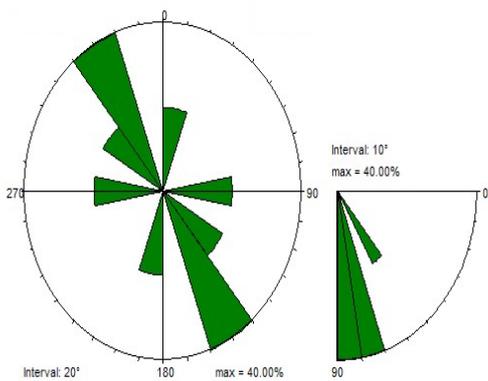


Figura 65: Afloramiento ubicado en el río Ojo de Agua, (punto 26 en el mapa), donde resalta la gran cantidad de diaclasas que fracturan a la roca en pequeños bloques. (rumbo de la foto (N10°E).

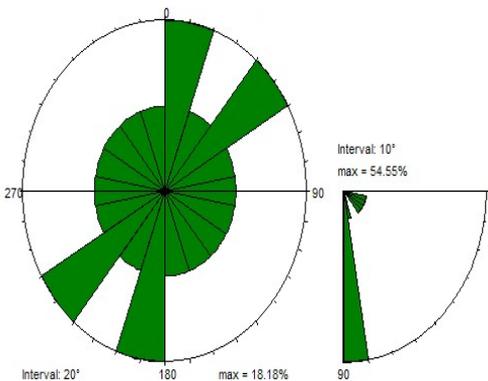
Figura 66: Diagramas de rosas, donde se expresan las direcciones preferenciales de las familias de diaclasas por sector levantado.



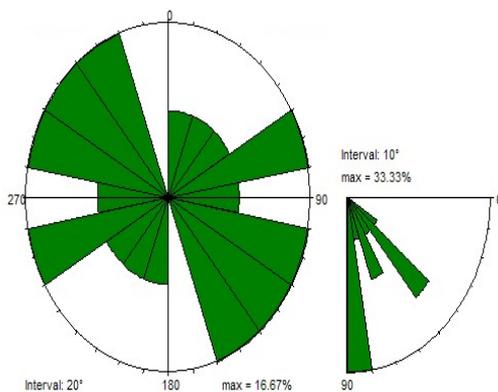
Río San Antonio



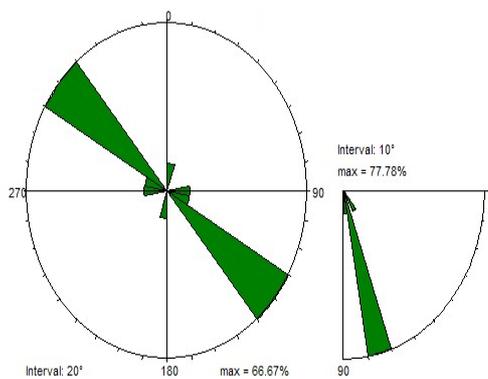
Quebrada La seca



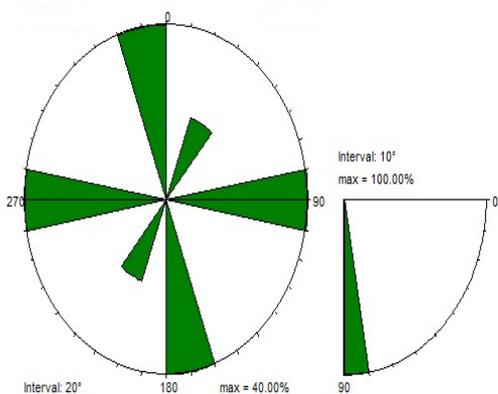
Río El Letrero



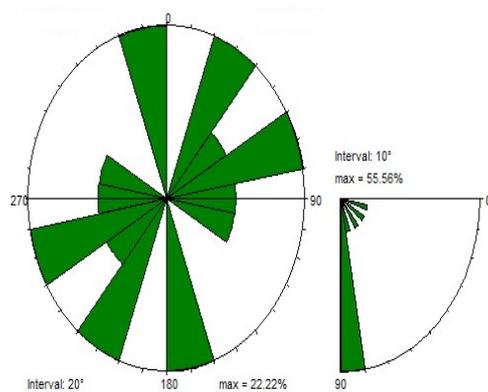
Quebrada de Vaca



Río Cocorote



Quebrada Capita



7. ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Parámetros granulométricos de los sedimentos recolectados en los ríos y quebradas estudiadas.

7.1.1 Histogramas y curvas de frecuencia.

En los histogramas y curvas de frecuencia se puede observar, que los distintos tipos modales encontrados se distribuyen de la siguiente forma, el 90% son unimodales y el 10% restante son bimodales, en ausencia de muestras polimodales.

A pesar del dominio de muestras unimodales los histograma reflejan una gran distribución o buena gradación de los sedimentos, lo que se corrobora al estudiar los parámetros estadísticos, principalmente el parámetro escogimiento, ya que el mismo, presenta solo 7 muestras donde mas de un 45% en peso corresponde a la clase modal, en las otras 13 muestras la clase modal no es dominante por la cual es escogimiento es malo.

En todos los elementos del sistema fluvial estudiaron se identificaron tres tipos litológicos: esquistos, gneis y anfibolitas, con poca variación mineralógica o composicional, lo que justifica la gran gradación e incluso la bimodalidad de las muestras estudiadas.

Otro factor que controla la buena gradación de las muestras son las características topográficas y climáticas que dominan al sistema fluvial, los ríos estudiados son de alta montaña o de cuenca alta, y presentan perfiles muy irregulares con zonas muy horizontales y otras con pendientes que superan los 75°.

Estas características en el drenaje se reflejan en una mala distribución de los sedimentos que transporta, agrupando de una forma desordenada los distintos tamaños de granos, donde las distintas precipitaciones controlan el volumen de

agua y por ende el poder de arrastre del cuerpo de agua; depositando granos de grandes tamaños en zonas donde inicialmente solo se encontraban granos pequeños.

7.1.2 Escogimiento

Al observar y comparar los histogramas de frecuencias con los datos estadísticos se nota claramente la relación existente, siendo estos dos concordante en todos los casos.

El 80% de las muestras están mal escogidas y el 20% restante moderadamente escogida. Las muestras moderadamente escogidas corresponden a las ríos ubicados al norte de la cuenca, río Cocorote, Quebrada de Vaca y río El letrero.

Esto se explica al tomar en cuenta dos factores: primero, los ríos y quebradas estudiadas presentan un trayecto o longitud muy corta por lo cual existe mucha cercanía con la fuente de aporte; y el segundo factor corresponde a las fluctuaciones de energía que presentan estos ríos de alta montaña, presentando grandes crecidas durante todo el año.

El moderado escogimiento de las muestras ubicadas al Norte de la cuenca esta controlado por dos factores: la litología presente en esa zona es mucho homogénea siendo los gneis y las anfibolitas las litologías mas comunes; la pendiente de estos ríos es muy alta la que aumenta la energía en el medio de transporte pudiendo distribuir de una forma mas uniforme y regular los distintos tamaños de granos.

7.1.3 Tamaño Promedio

Los tamaños promedios son muy variables, siendo el tamaño granulo los más dominantes con un 35%, las arenas gruesas con un 30%, los guijones y arenas medias con 30% y el 5% restante corresponde a las arenas finas.

Se observa como dominan los sedimentos gruesos (tamaño gránulos para las gravas y arenas muy gruesas para las arenas) sobre los finos. Esta relación granulométrica esta controlada por varias razones:

- Cercanía con las distintas fuentes de aporte, esquistos, gneis o anfibolitas.
- Características geométricas relacionadas con los cuerpos de agua, como altas pendientes y corta longitud, no permitiendo el retrabajo de los sedimentos.
- Dominio de altas energías, que permiten el transporte de partículas de gran tamaño.

7.1.4 Asimetría

Este parámetro estadístico es muy variable en las distintas muestras estudiadas, en general las muestras presenta asimetría hacia los tamaños finos, esto refleja las fluctuaciones del nivel de energía que presentan los cuerpos de agua dentro de esta cuenca, con grandes crecidas en épocas de lluvias y corrientes permanentes de muy poca energía durante la mayor parte del año.

7.1.5 Esfericidad

Este parámetro se calculo por métodos de estimación visuales como se explica en la metodología (capitulo 1 Introducción), obteniendo que el 80% de las muestras presentan una baja esfericidad y el 20% restante una esfericidad de baja a moderada, estas últimas corresponden a los ríos del Norte de la cuenca, río Cocorote y Quebrada de Vaca.

Esto indica el poco transporte y por ende poco retrabajo que han sufrido los sedimentos. Esto se explica de nuevo, como una consecuencia directa de la cercanía con las distintas zonas de aporte de sedimentos.

Las muestras tomadas en el Norte de la cuenca presentan mayor esfericidad ya que las litologías encontradas en esta parte del sistema fluvial, no presentan planos de foliación tan marcados, siendo su mineralogía escasa en micas, lo que implica que los fragmentos de roca inicialmente ya presenten geometrías mas esféricas, que luego al ser transportadas por las altas pendientes y a alta energía, son aun mas retrabajadas.

7.1.6 Redondez

Este parámetro fue calculado por métodos de estimación visual como se explica en la metodología (capitulo 1 Introducción), obteniéndose que el 75% de las muestras son angulosas - sub.-angulosas y el 25% restante corresponde a una tendencia sub. redondeada, siendo los ríos del Norte los que presentan los sedimentos más redondeados (río Cocorote y quebrada de Vaca).

Debido al análisis de este parámetro morfológico, nuevamente se logra interpretar el poco retrabajo sufrido por la gran mayoría de las muestras, siendo consecuencia del poco trayecto de los ríos y por ende su cercanía a las zonas fuentes de aporte de sedimentos.

Los ríos del norte nuevamente se ven favorecidos por la alta pendiente y características litológicas locales, como rocas poco foliadas, permitiendo que los sedimentos presenten inicialmente geometrías mas redondeadas.

7.1.7 Forma de Zing

Al analizar las distintas muestras recolectadas en la cuenca se observa la siguiente tendencia: el 80% son Discoidales, el 20% restante presentan una forma Elipsoidal.

Esto podría explicarse debido a que la geología de la cuenca es muy homogénea, siendo las litologías esquistosas las que dominan toda la zona de estudio.

Estas rocas de textura esquistosa presentan un plano de debilidad preferencial de espesor menor a 2 mm, el cual es la foliación, lo que genera que los fragmentos de roca derivados de estas litologías presenten formas discoidales siendo la longitud del eje "c" la correspondiente a los planos de foliación. Como las muestras no presentan retrabajo ya que su transporte es muy corto, conservan o mantienen su forma inicial, discoidal.

Esta forma inicial de los sedimentos va a repercutir en su forma de transporte, ya que las partículas planas son transportadas por suspensión y no son tan retrabajadas, las partículas cúbicas a redondas son transportadas por tracción de fondo donde son muy retrabajadas, y finalmente las partículas discoidales y elipsoidales son transportadas por saltación, estas van impactando con el duro fondo del río y por abrasión se van redondeando.

7.2 Mineralogía de los sedimentos

Las muestras estudiadas presentan un dominio de de fragmentos de rocas, esto debe a que el patrón de drenaje en la zona esta influenciado por eventos de alta energía, lo cual impide la escogencia de los minerales mas resistentes (meta – estables), provocando la depositación de sedimentos inmaduros.

Por el poco transporte que han sufrido los sedimentos debido a la cercanía con la roca fuente, los fragmentos de roca no han sido lo suficientemente retrabajados o triturados para la separación de sus minerales esenciales, esto

explica el dominio en un 60% - 70% de los fragmentos de rocas y solo un 25% integrado por cuarzo y moscovita principalmente.

En general las litologías encontradas como fragmentos de rocas en los sedimentos fueron: esquistos cuarzo – micáceos, esquistos plagioclásicos, gneiss cuarzoso, gneis plagioclásicos y posibles anfibolitas de colores grises con tonalidades verdes.

Estas litologías presentan una mineralogía muy variada donde las micas claras (moscovita), cuarzo, plagioclasa, granate y anfíboles muy aciculares varían en porcentaje y son los únicos minerales reconocibles con solo la lupa.

7.3 Muestras de agua

Las muestras de agua fueron tomadas en las ultimas precipitaciones de la época de lluvias del país, por lo cual no son indicativos limites de la capacidad de arrastre de los ríos, por el contrario se estima que estos valores estén muy debajo de los máximos, ya que los valores máximos se logran en las 3 primeras precipitaciones de la época de lluvias.

Con el análisis de las muestras, se logra observar como el drenaje transporta mas de 80 gr. de sedimentos por litro de agua, estimando que en las primeras lluvias este valor pueda aumentar hasta los 150-200 gr. por litro de agua.

Los sedimentos analizados en las muestras de agua son en un 90% arcilloso y 10% limoso, al realizar una pequeña extrapolación, un río con un flujo de solo 100 Lt/sg puede durar hasta 3 horas en condiciones similares, lo que generaría un aporte de sedimentos de aproximadamente 85.000 Kg hacia el embalse solo por carga en suspensión.

7.4 Geodinámica superficial

La geodinámica superficial esta controlada por procesos erosivos o destructivos, evidenciados por los distintos tipos de movimientos de masa identificados y estudiados en toda la cuenca de Canoabo.

Estos movimientos de masa están controlados por la litología y vegetación, generalmente siendo las litologías esquistosas ricas en moscovita, las más propensas a generar movimientos de masa dentro de la cuenca. Se identificaron 7 tipos de movimientos de masa, donde los flujos son los dominantes en un 69%, del cual el 51% corresponde a los flujos de detritos.

Los deslizamientos solo ocupan solo un 4% de los movimientos de masa y la generación de cárcavas un 15%. (Ver tabla 29)

El dominio de los flujos se debe principalmente a que el tipo de vegetacion dominante en la cuenca es boscosa y la litologia dominante son los esquistos ricos en micas, lo que explica el dominio de los flujos dentro de la cuenca, ya que la vegetacion boscosa tiene la capacidad de almacenar gran cantidad de agua en la parte baja o suelo, lo que altera rapidamente a las rocas principalmente si son esquistos; generando suelos superficiales que van perdiendo cohesion y fluyen, arrastrando toda la formacion superficial y en algunas casos donde la pendiente supera los 55° son arrastrados bloques de roca.

Como otra parte de los procesos de la geodinamica superficial se observa la formacion de terrazas, lo que refleja la erosion de los antiguos depositos de los rios, aumentando la generacion de sedimentos que son transportados hacia el embalse.

Los elementos constructivos que se observan dentro de la cuenca son muy limitados y estan asociados a la generacion o formacion de una gran llanura aluvial, la cual ha sido formada por la acumulacion de sedimentos que han transportados los rios en el paso del tiempo geologico. En esta gran llanura

aluvial se encuentran asentados las poblaciones principales de la zona, Canoabo, El Naranjal, Canoabito, La Seca y Santa Ana.

Tabla 29: Características principales y cantidad de movimientos de masa estudiados en la cuenca.

TIPO DE MOVIMIENO DE MASA	CANTIDAD	UBICACIÓN PREFERENCIAL	CARACTERISTICAS GENERALES
Flujo de Detritos	41	En toda la cuenca, principalmente asociados a los cortes o taludes de las carreteras.	Presentan dimensiones muy variables, coronas generalmente redondeadas y una heterogeneidad granulométrica muy importante en el material desplazado.
Flujos de Lodo	14	En toda la cuenca, principalmente asociados a los cortes de las carreteras y del drenaje principal.	Presentan dimensiones muy variables, generalmente con una relación alto ancho que los hacen alargados, con coronas de geometrías muy variables.
Carcavas	12	En toda la cuenca, asociadas a los potreros.	Se presentan como etapa de erosión muy avanzada en suelos que han quedado expuestos a la erosión, presentan una profundidad no mayor a los 1,5 metros y anchos de hasta 2 metros.
Caido de Bloques	7	En toda la cuenca, principalmente hacia el Sureste de la cuenca.	En general son Paleos caídos de bloques y no se observan las características de la zona fuente de los bloques, presentan bloques de hasta 7 metros de diámetro.
Flujo de la Formación Superficial	3	Al Este y Noreste de la cuenca en las sub cuencas de los ríos El Letrero y La Seca.	Las coronas presentan geometrías muy variadas, siendo las medias elipses las más comunes, se observan en las partes altas de las laderas. Es importante resaltar la geometría alargada de los movimientos. Sus dimensiones varían de 5 hasta los 30 metros de altura y hasta 10 metros de ancho.
Deslizamiento Rotacional Simple	2	Solo al Noreste de la cuenca, en la carretera hacia Urama.	La corona presenta una geometría redondeada muy alargada y el escarpe muy irregular y diaclasado de hasta 4 metros de espesor. Presentan dimensiones de 30 mts de altura y 55 mts de ancho.
Deslizamiento Planar	1	Solo al Noreste de la cuenca, en la carretera hacia Urama.	La corona presenta una geometría muy redondeada, y el escarpe es muy regular. De dimensiones 12 mts de alto y 20 de ancho.

Total de Movimientos 80

Si se considera el área de afectación de cada uno de los movimientos de masa, serían las carcavas las más dominantes, ya que las mismas se ubican en toda la cuenca y en este trabajo todas las zonas afectadas dentro de un mismo potrero se tomo como uno.

7.5 Elementos Estructurales

7.5.1 Foliación

Al analizar los datos de foliación de toda la cuenca (Figura 67), se observa claramente una tendencia principal de rumbo N 40°-70° E, con ángulos de

buzamientos que se ubican entre los 30° – 40° tanto hacia el Sur, en las rocas ubicadas al Este de la cuenca, como al Norte en las rocas ubicadas al Oeste de la cuenca.

7.5.2 Diaclasas

Al analizar los datos de diaclasa tomados dentro de toda la cuenca (figura 68), se lograron identificar dos familias de diaclasas principales, una de rumbo $N30^{\circ}-50^{\circ}E$ y otra con rumbo $N10^{\circ}-30^{\circ}W$, ambas presentan buzamientos que van desde los 75° hasta la verticalidad.

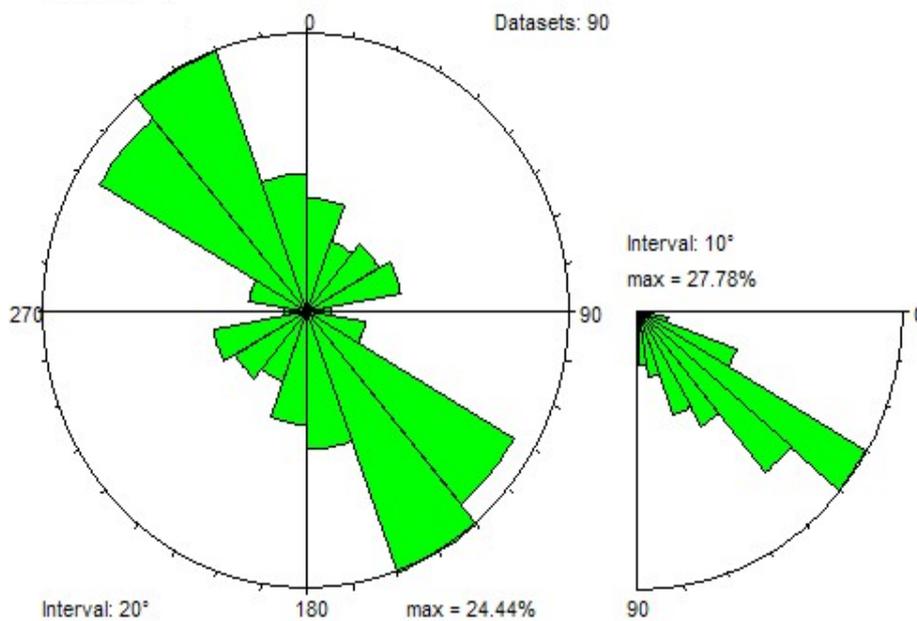


Figura 67: Diagrama de rosas, donde se muestran los datos de foliacion de toda la cuenca.

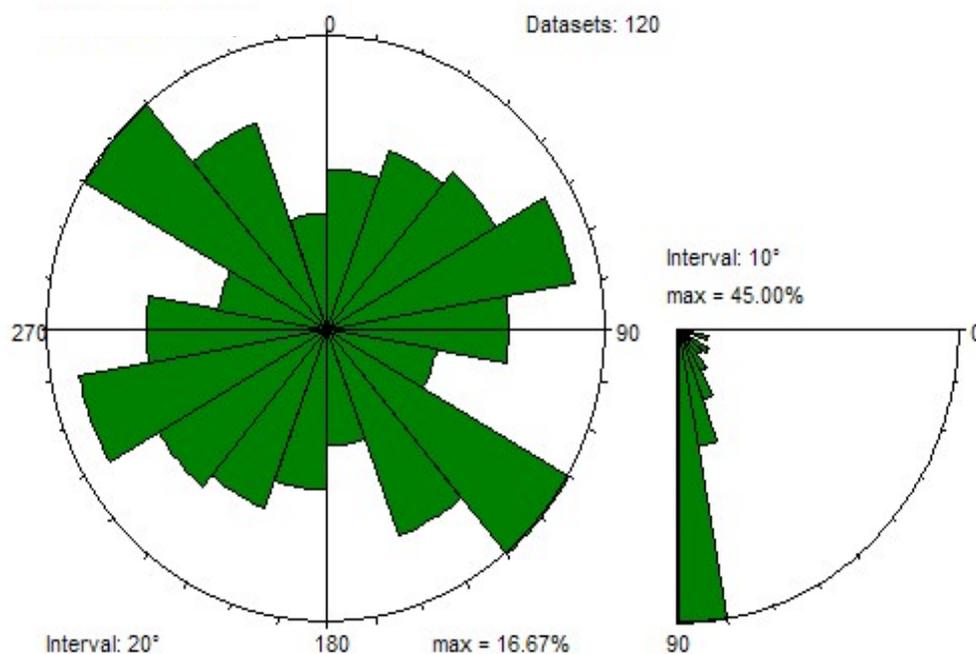


Figura 68: Diagrama de rosa donde se muestran todos los datos de diaclasas medidos en la cuenca.

No se identificaron fallas en campo, aunque se sabe de la presencia de elementos indicativos de este tipo de estructuras. Se conocen aguas termales, estas actualmente se encuentran bajo las aguas del embalse.

También se tienen otros elementos que sugieren el grado de actividad tectónica que ha sufrido la zona, sometida a continuas fases de deformación producto del continuo levantamiento de la Cordillera de la Costa (ver figuras 69 y 70).



Figura 69: Cantos observados en quebrada La seca, donde resalta claramente un fuerte plegamiento, indicativo de esfuerzos de compresión o cizallamiento que actuaron en la zona.



Figura 70: Canto observado en la quebrada La seca, donde resalta el plegamiento de las vetas de cuarzo, indicando esfuerzos compresivos o de cizallamiento que actuaron en la zona.

8. CONCLUSIONES

1) La zona de estudio se ubica en una zona muy homogénea geológicamente, solo se encontraron rocas pertenecientes a la Formación Esquisto de San Julián, donde dominaron las texturas gnéisicas y esquistosas con grandes variaciones composicionales, y hacia el Noreste de la cuenca se encontraron anfibolitas, todos estos tipos litológicos pertenecen a la facie de los esquistos verdes. Coincidiendo con el Atlas Geológico de La Cordillera de la Costa recopilado por Urbani (2003). La Formación Peña de Mora no fue identificada en este trabajo.

2) El rumbo general de la foliación dentro de la cuenca es $N40^{\circ}$ - 70° E, con buzamientos que varían entre 30° - 40° , donde las rocas del Oeste de la cuenca buzán Sur, y las del Este buzán Norte.

Se identifican dos familias de diaclasas principales en toda la cuenca: $N30^{\circ}$ - 50° E y $N10^{\circ}$ - 30° W, ambas con buzamientos de van desde 75° hasta la verticalidad.

3) La geodinámica superficial está dominada por los procesos destructivos o erosivos siendo los flujos, principalmente de detritos y de lodo, los más numerosos dentro de toda la cuenca, lo que es una característica común encontrada en los distintos trabajos realizados en la Cordillera de la Costa, como el de Bukor y Tagliaferro (2004) en la zona de Macuto Estado Vargas.

El dominio de los flujos está controlado por la vegetación boscosa característica de las cuencas altas de la cordillera de la costa así como al dominio de las litologías esquistosas, las cuales son más vulnerables a los procesos de meteorización.

Por otra parte las cárcavas son un factor determinante en la generación de sedimentos hacia el embalse ya que ellas son el producto de la concentración

de flujos erosivos, los cuales han aumentado desproporcionadamente debido al mal uso de la tierra.

4) El aporte de sedimentos hacia el embalse de Canoabo se ha visto acrecentada debido a al mal uso de la tierra por parte del hombre. Los pobladores de la cuenca han talado y quemado grandes extensiones de bosques altos para la construcción de siembras de cítricos como naranjas y mandarinas, así como también para la construcción de potreros.

Según Morris G (1998) si se asume una rata de erosión de suelos de 1 para los bosques, los cultivos en zonas de pendientes moderadas se ubican entre 200 y 500. Al tomar en cuenta esta relación se observa claramente como el aumento de aportes de sedimentos al embalse está controlado por hombre como una consecuencia directa de la mala práctica y planificación en el uso de la tierra.

5) Los sedimentos estudiados en la cuenca presenta poca madurez textural y mineralógica debido a su poco retrabajo, lo que no ha permitido la separación de minerales aislados, sino acumulación de fragmentos de rocas, dominando morfológicamente las formas discoidales muy mal escogidas en toda la cuenca.

9. RECOMENDACIONES

1) Realizar un estudio a detalle del proceso de sedimentación que está operando en el embalse, el cual debe incluir la toma muestras de fondo y la realización de sondeos eléctricos, para generar mapas de distribución de sedimentos e isopacos de sedimentos recientes. Esto permitirá el calculo no solo de volúmenes de sedimentos, si no diferenciar cual es la fracción granulométrica que mas esta afectando, con lo cual se podrá sectorizar la cuenca según su nivel de aporte.

2) Diseño y construcción de obras para la retención de sedimentos que son transportados hacia el embalse, esto apoyado con los resultados obtenidos en el estudio antes recomendado.

3) Revisar el régimen de tenencia de la tierra en la cuenca, a fin de poder diseñar un plan educativo basado en el uso correcto y eficiente del terreno, este plan debe informar sobre la situación actual de deterioro y sedimentación, y enseñar nuevas técnicas de siembra y ganadería que minimicen la erodabilidad de los suelos.

4) Construcción de obras de protección, reforestación y contención en los distintos taludes observados dentro de la cuenca, recomendando en la mayoría de los casos la construcción de cunetas de coronación.

10. REFERENCIAS

- BELLIZZIA A. (1967). Rocas Ultrabásicas en el sistema montañoso del Caribe y yacimientos minerales asociados. Bol. Ceol., Caracas, 8(16): 159- 168 p.
- CANO B. y MELO L. (2001). Reconocimiento geológico entre las cuencas de quebrada Seca y río Care, estado Vargas. Trabajo Especial de Grado U.C.V.
- DENGO, G. (1951). Geología de la Región de Caracas. Bol. Geol. Caracas. 1(1): 39-115 p.
- DIKAU, BRUNDSSEN, D., SHOROTT, L. e IBSEN, M (1966). Landslide recognition: Identification, movement and causes. Publication of the international Association of Geomorphologist, p.p. 1-12
- FOLK, Robert. (1969). Petrología de las rocas sedimentarias. México, D.F. Instituto de Geología de U.N.A.M., p.p. 63- 97
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis. (2002). Ingeniería Geológica. Prentice Hall. España, p.p. 622-662.
- GONZÁLEZ SILVA. (1972). Geología de la Cordillera de la Costa, zona centro-occidental. Bol. Geol. Caracas. Public. Esp. 5, 3: 1589-1616
- HERMELIN, S (1987). Estimación de la producción de sedimentos de las cuencas receptoras de los excedentes del lago de Valencia. Informe Técnico. MARNE. Caracas – Venezuela.
- HUBER O. (1984). Mapa de vegetación de Venezuela.
- HUTCHINSON j.n. (1968). Mass Movement Encyclopedia of Geomorphology, p.p. 688- 695.

- HUTCHINSON. (1988). General Report. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology. Proc. 5th Int. Symposium on landslides, Lausanna. Tomo 1 p.p 3-36.
- MACUARE, G. (1994) Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Valencia estado Carabobo. Tesis de grado. Facultad de ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela.
- MATTSON P. H. (1980). Geology of Las Trincheras área, State of Carabobo, Venezuela. Mem, IX Conferencia geológica Caribe. Santo Domingo; 1-17
- MENÉNDEZ A. (1966). Tectónica de la parte central de las Montañas occidentales del Caribe de Venezuela. Bol. De Geol. 8(15).
- MORALES, A. E. (1997). Evaluación de las Obras de Infraestructura y su Efecto sobre el Ambiente. Estudio de Caso, Cuenca Alta y Media del Río Canoabo, Estado Carabobo. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.
- MORRIS, G (1997). Reservoir Sedimentation Handbook. Editorial McGraw – Hill, New York, Estados Unidos de Norte América.
- OMAÑA A., Lisely. (2002). Integración de la Geología de la zona de Morón-Valencia- Ocumare de la Costa, Estado Carabobo y Aragua. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- OSTOS. (1987). Transporte tectónico de la Formación Peña de Mora, parte central de la cordillera de la costa, D. F. Mem. 1eras. Jornadas de Investigación, Ingeniería, UCV, Caracas, p.p. 106-109.

- PERERA, S. (1987). Estudio Hidrogeológico de Las Cuencas Receptoras de Excedentes del Lago de Valencia. Informe técnico MARNE. Caracas – Venezuela.
- PEREZ, D. (____). Pautas de Trabajo para el Estudio del Almacenaje y Control de Sedimentos en Embalses. 5TO. Seminario Latinoamericano de Irrigación. MARNR División de Hidrología. Caracas – Venezuela.
- PETTIJOHN F., POTTER P., SIEVER R. (1987?). Sand and Sandstones. Second edition. Spring-Verlag. New York Inc.
- POWER M. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. Jour. Sed. Petrol. V. 23
- QUIDO Z. y VOJTECH M. (1969). Landslides and their control. Czechoslovak academy of sciences. Checoslovaquia.
- RIVERA. (1998). Determinación y análisis de las características físicas y Socio económicas como elementos básicos para la ordenación de la cuenca del río Canoabo, Municipio Bejuca, Estado Carabobo. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- SAWYER C., MC CARTY P y PARKIN G. (2000). Química para Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición, Colombia.
- Secretaria de Planificación, Ambiente y Ordenamiento Territorial. (1994). Estudio Socio – Económico y del Ambiente del Área de Protección del Embalse de Canoabo. Gobernación del Estado Carabobo – Venezuela.
- Segundo Congreso Latino Americano de Geología. (1975). Editorial Sucre, Publicación especial #7. Excursión #4- Sistema montañoso del Caribe (Alirio Bellizzia, Alfredo Menéndez, otros), p.p. 341- 342

- SINGER A. (1983). Inventario Nacional de riesgos Geológicos, Caracas-Venezuela. Fundación Venezolana de investigaciones sismológicas.
- SUAREZ, L (1995). Trabajos Requeridos para la Reparación de Fugas de la Presa Canoabo Río Canoabo Estado Carabobo. MARNE Dirección general de Infraestructura. Caracas – Venezuela.
- SUAREZ D. (1999). Control de erosión en zonas tropicales. Ediciones Universidad Centra de Santander.
- SUÁREZ DÍAZ, Jaime. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga- Colombia., p.p. 1- 24
- TALUKDAR S. y LOUREIRO D. (1982). Geología de una zona ubicada en el segmento nor-central 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, Caracas, (27): 15-76
- URBANI, RODRIGUEZ J. (2003). Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa. Venezuela. UCV. FUNVISIS.
- VARNES. (1984). Landslides hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazard 3. UNESCO
- VIGNALI M. (1972). Análisis Estructural y Eventos Tectónicos en la Península de Macanero, Margarita-Venezuela. Conferencia Geológica Caribe VI, Mem. Venezuela. 241-246
- WEHRMANN M. (1972). Geología de la región de Caracas-Colonia Tovar. Bol. Geol. Caracas, Public. Esp. 5, 4: 2093-2121

_____, (2000) Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Editorial Mc Graw Hill, Tomo 1.