

similares y que pudiéramos estar conscientes –mas todavía no preparados psicológicamente– para recibir el impacto de un evento extremo a nivel de cuenca o de un sector de cuencas de dimensiones inferiores.

Las características básicas de los deslizamientos pueden ser definidas en forma sencilla pero no tan sencillos resultan los métodos de control e intervención de los mismos; ellos, los deslizamientos, son consecuencia directa de algunos factores pasivos y constantes como la litología, las discontinuidades, la clinometría y otros, activos y variables en el tiempo y en el espacio, como son las condiciones meteorológicas, sobre todo las precipitaciones, la actividad sísmica y la actividad antrópica.

Definir la potencial inestabilidad a nivel local, regional y hasta territorial, no significa tener resuelto el problema; mucho más delicados y engorrosos son los programas de defensa y reacondicionamiento del territorio que son parte del mismo problema.

De manera que establecer el nivel de inestabilidad existente en un sector puede resultar importante, pero mucho más valioso es poder definir en qué momento pueden movilizarse grandes volúmenes de material ya que del factor tiempo depende la evacuación inmediata del sector o la instrumentación de medidas correctivas para eliminar el peligro.

Las investigaciones y las medidas preventivas correspondientes representan una tarea bastante difícil en la cual deben actuar grupos multidisciplinarios de técnicos entrenados en diagnósticos de fenómenos tan complejos como son los movimientos de masas.

Las observaciones que se plantean en este informe son de suma importancia para la formulación de planes de recuperación del sector y emitir conclusiones y

Tabla 5.3
Características de las canteras estudiadas

Cantera	Ancho frente Mts.	Alto frente Mts.	Producción (TM/día)	% de roca para Coraza
* Marapa I	60	40	700	5-15
Marapa II	35	25	800	10-20
* Marapa III	60	15	500	5-15
* Guaracarumbo	160	55	2000	20-30
	60	40	2000	30-40
* Curucuti	60	60	1000	10-20
	60	20		
Piedra Azul	150	60	7000	15-25
* Macuto	150	50	500	5-15
Camurí Chico	150	50	1500	10-20
San Julián	200	90	1500	15-25
* Cerro Grande	130	50	1000	10-20
Camurí Grande	90 60	35 40	1000	10-20

*Canteras actualmente sin permiso de explotación (INCOSTAS S.A. 1976).
En negritas se han enfatizado las canteras señaladas en el Mapa Geológico.

Figura 5.7
Modelo de movimiento de masas, perfil esquemático, Cuenca del río San Juan, Estado Vargas
 Fuente: Feliziani et al., 1985

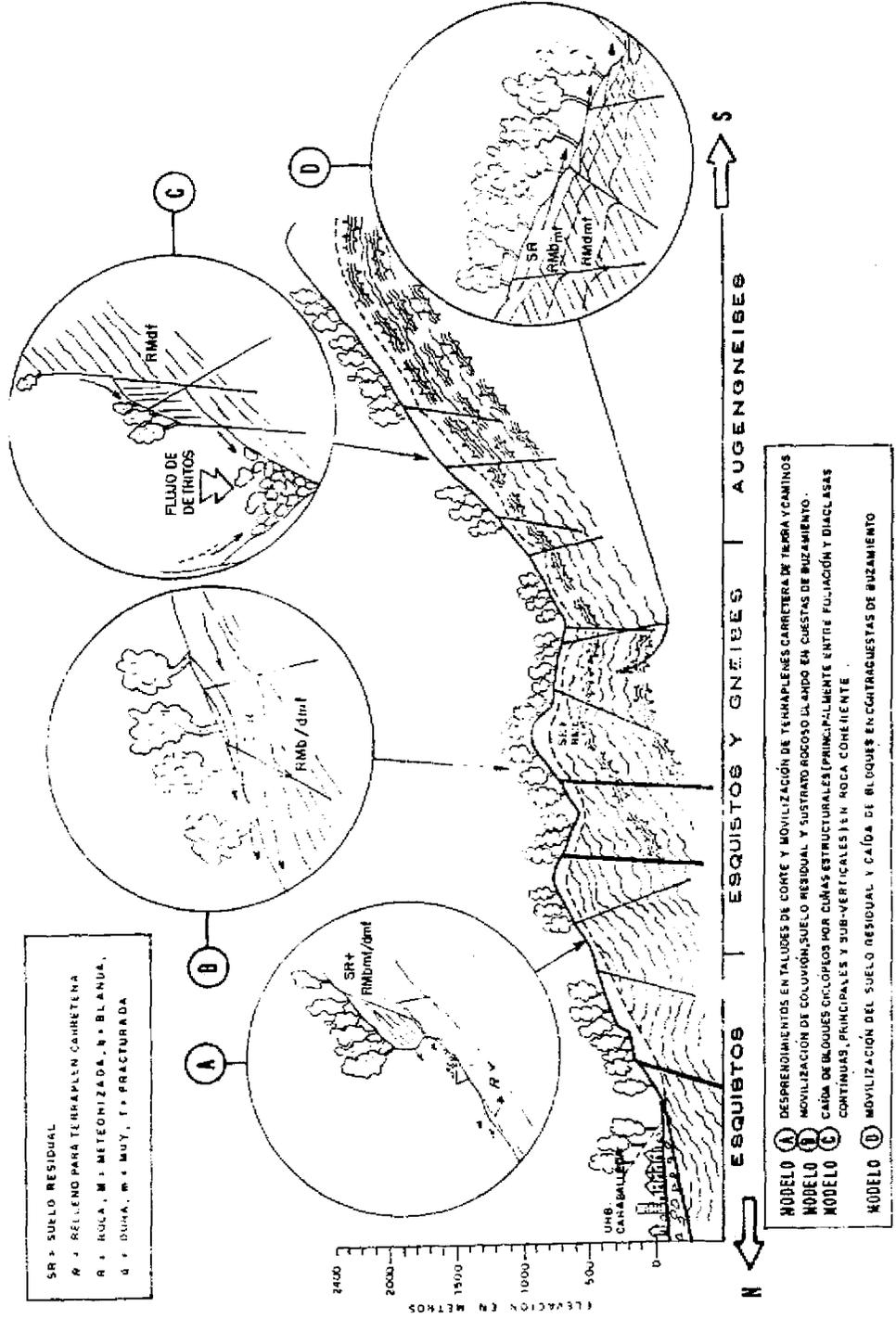
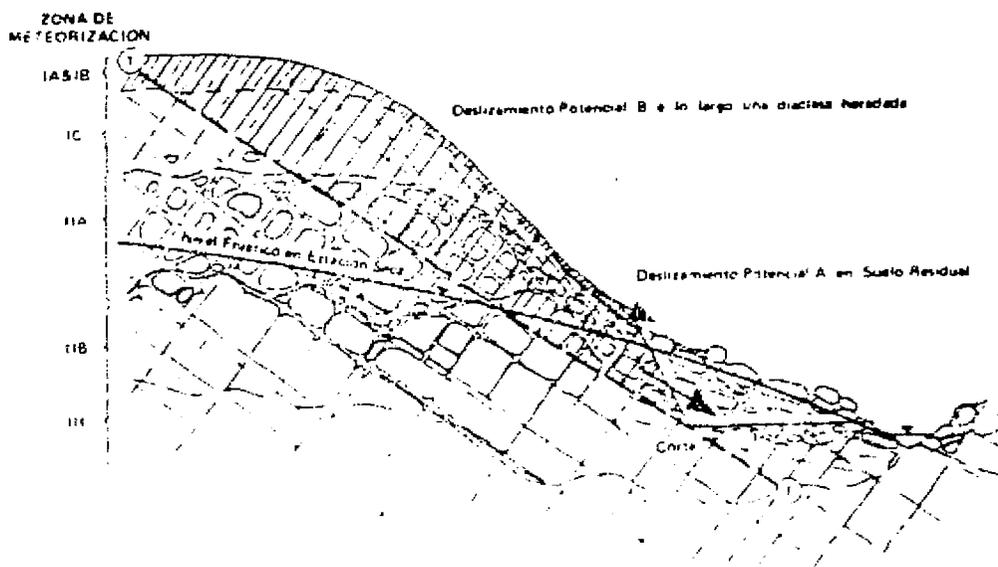


Figura 5.8
Croquis de mecanismos de ruptura y profundidad de los deslizamientos



Talud típico en rocas graníticas meteorizadas o gneísisas residuales.
(Deere y Patton, 1972)

recomendaciones que se ajusten a la realidad.

En efecto, el reconocimiento de superficie efectuado y la evaluación directa o indirecta de los parámetros físicos analizados, define una combinación desfavorable de los mismos la cual existía antes del evento y que continúa persistiendo.

Según se dedujo del análisis morfométrico del relieve de la cuenca del río Uria, y por cierta afinidad de la misma con las otras cuencas que conforman la totalidad del relieve, se deduce que casi todas ellas se encuentran en una fase de madurez (o de equilibrio) y por lo tanto todavía dispuestas a seguir evolucionando en el futuro con mayor o menor fuerza especialmente si se considera que la Cordillera está todavía en fase de levantamiento.

La disposición de los materiales, con buzamientos generalizados hacia el Norte, en unión con la orientación de las laderas, determina una situación desfavorable para todas las vertientes Norte. Esta inestabilidad potencial se ve incrementada aún más por los litotipos existentes afectados por niveles elevados de meteorización y suelos residuales metaestables.

Los valores de pendientes elevados y distribuidos uniformemente en todas las cuencas han magnificado la condición lito-estructural desfavorable existente facilitando la movilización de volúmenes considerables de materiales.

El efecto de todas estas causas negativas ha determinado el desarrollo de numerosos movimientos de masas que van desde un simple lavado superficial hasta vistosos desprendimientos de materiales de diferente granulometría. El carácter regresivo de estos fenómenos determina una dinámica todavía operante, altamente riesgosa y peligrosa.

Aunque no se puedan eliminar de una manera completa estos riesgos, es posible minimizar los efectos desastrosos que producen mediante la implementación de obras de contención y ajustes de cauces que son los conductos a través de los cuales se transmite la carga y el impacto final. Un método muy utilizado en otros países, en donde existen situaciones similares a la estudiada, es la construcción de una serie de adecuados diques en lugares estratégicos, como por ejemplo confluencias de quebradas, sitios de fuertes rupturas de pendientes y, sobre todo, en lugares cercanos a las zonas urbanizadas. La finalidad de estas obras no es solamente represar los materiales movilizados, sino también reducir la alta velocidad de las aguas de los cauces debido a las fuertes pendientes y al corto recorrido.

El empobrecimiento de la cobertura vegetal como consecuencia del evento excepcional ocurrido plantea la necesidad imperiosa de realizar planes de reforestación adecuada ya que el enriquecimiento del patrimonio forestal es un elemento natural importante para la conservación de las vertientes y la defensa del suelo. Es oportuno señalar que la cobertura vegetal no elimina los movimientos de masa que puedan manifestarse como consecuencia de eventos excepcionales, como lo que nos interesa, sino que aminora los efectos desastrosos de los mismos. Además, nunca estos fenómenos se desencadenan con el máximo de su energía y con una distribución areal uniforme, por lo contrario, se manifiestan localmente con niveles de mayor o menor intensidad: la cobertura vegetal en el primer caso podría ofrecer poca o ninguna protección a los efectos altamente destructores que se origi-

nan, mientras que seguramente tendrá un rol muy eficiente en el segundo caso.

Con la ayuda de especialistas de la ingeniería hidráulica se deberá definir acuciosamente el régimen hídrico de las cuencas definiendo con exactitud las zonas sujetas a inundaciones estacionales y excepcionales. Dicha zonificación permitirá implantar mecanismos que regulen el uso de estos terrenos destinándolos para diferentes fines previa realización de obras de canalización y embaulamiento de los cauces principales. Así mismo, debe prohibirse la proliferación anárquica de viviendas informales y/o de desarrollos habitacionales esparcidos en laderas debido a que esta actividad conlleva cambios profundos y altamente perjudiciales para las personas y los bienes en general (Fotos 5.7 y 5.8).

Por lo tanto, se sugieren las siguientes recomendaciones:

Restituir a la brevedad los canales de desagüe para que las aguas y los sedimentos que transportan escurran en forma controlada hacia el mar y no sigan afectando las propiedades que quedaron en buen estado. Por otra parte, el control de las aguas facilita las labores de recuperación y el tránsito vehicular así como todas aquellas gamas de actividades que lentamente están tomando nuevamente fuerza.

Promover, como se dijo anteriormente, la realización de obras de contención y control a nivel de cuenca con miras a contrarrestar los efectos combinados de los parámetros físicos analizados. A la vez y como medidas preventivas deben elaborarse e instrumentarse todos los planes de conservación de suelos y controles estrictos de todas aquellas actividades antrópicas no planificadas (quemadas, talas, uso agrícola irracional de los terrenos en pendientes, establecimientos de vivienda, realización de vías de penetración, etc.).

Estudiar la posibilidad de ejecutar a la brevedad un plan integral de reforestación con énfasis en los sitios actualmente desprovistos de una cobertura vegetal adecuada. En este sentido se podría ayudar a la recolonización de toda esta gran extensión, fuertemente dañada, instrumentando medidas de reforestación masivas mediante bombardeos racionales de especies autóctonas compatibles con el medio. Como apoyo para la realización de esta tarea podría ser de gran ayuda comparar fotografías aéreas del Litoral Vargas del año 1951 (pos-evento) con otras del año 1999 (anteriores al evento actual) y por similitud de daños, hacer lo mismo con la cuenca del río Limón usando fotografías aéreas del año 1987 pos-evento y actuales. Mediante esta simple tarea se podría conocer la tasa de recuperación natural que han tenido los dos sectores y estudiar aquellos lugares en donde los procesos han sido irreversibles. La misma tarea podría hacerse para comparar la densidad y magnitud de los movimientos de masas producidos en ambas oportunidades y la reincidencia de algunos de ellos, investigar las causas de estos últimos y, si fuera posible, aplicar los correctivos adecuados.

Tras los estudios de régimen hidráulico de ríos y quebradas se deben prohibir de manera categórica actividades con fines habitacionales en las zonas de inundación estacional y excepcional. Cualquier obra de infraestructura que contemple modificaciones de la topografía deberá ser respaldada por estudios geológico-geotécnicos detallados.

Todas estas recomendaciones son extensibles a las otras cuencas que confor-

man la Cordillera de la Costa.

Finalmente se deben hacer algunas reflexiones de carácter general para que el conjunto de programas que se realice tenga éxito. Por ejemplo:

Si se ha considerado difícil hasta la fecha la implantación de algunas medidas de control, debido principalmente a un marco geológico frágil y a una falta total de obras de infraestructura tendientes a mitigar los efectos de manifestaciones naturales de estas dimensiones, más difícil aún puede ser el proceso de formación e información de la población en general sobre el real poder destructor que encierra el tan pregonado y subestimado riesgo geológico y sísmico. Esta es la verdadera tarea.

Ahora, cuando lentamente se está empezando a vivir la *tercera fase* de este evento, es fácil emitir opiniones sobre eventuales programas de recuperación. Sin embargo, y de acuerdo con las metodologías adoptadas por otros países, la única salida posible es instrumentar racionalmente un plan de recuperación con programas sencillos a mediano, largo y muy largo plazo, tomando en cuenta el poder destructor que encierra el riesgo geológico y sísmico.

Referencias

- Badiola, I. A. (1979) Mapa geológico de la zona central de la Cordillera de la Costa- Flanco Norte (Trabajo especial de grado). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología y Minas, Departamento de Geología. Caracas, Venezuela.
- Deere, D. U./Patton, F. D. (1971) Estabilidad de taludes en suelos residuales. IV Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. (Memoria) Vol. 1, Escrito sobre el estado del arte, pp. 93-175. San Juan de Puerto Rico.
- Derrau, M. (1978) Geomorfología. II Edición ampliada. Editorial Ariel. España.
- Desio, Ardito (1971) Guida alla Classificazione delle frane ed ai primi interventi. Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo. Estratti dagli atti della Commissione. Roma.
- Dinelli, P. (1976) Principles and Techniques of Geological Photointerpretation. C.N.R. Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche. Pisa.
- Feliziani, Piero et al. (1987) Evaluación geotécnica de procesos extremos de vertientes ocurridos el 6-09-1987 en la cuenca del río Limón, estado Aragua. Ministerio de Energía y Minas. Inédito.
- Feliziani, Piero et al. (1985) Estudio geotécnico del Area Metropolitana de Caracas. Sector Central. Memoria del VI Congreso Geológico Venezolano. Tomo VII.
- González De Juana, C. et al. (1980) Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones Foninves. Caracas.
- INCOSTAS S. A. (1976) Estudio sobre la capacidad de las canteras del Litoral Central. Centro Simón Bolívar, C.A. Caracas.
- M.E.M. (1986) Mapa Geológico de Caracas. DG - Edición 1 - Ref. Hoja 6847.
- Montes, Leandro (1989) Avalanchas y aludes torrenciales en la cuenca del río Limón: estudio de vulnerabilidad. Memoria del VII Congreso Geológico Venezolano. Tomo III. Barquisimeto.
- Singer, Andrés (1977) Tectónica reciente, Morfogénesis Sísmica y Riesgo Geológico en el Graben de Caracas, Venezuela. Memoria del V Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Caracas.
- Strahler, A. N. (1977) Geografía física. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Tricart, J./Govea De Carpio, D. (1974) Muestrario Geomorfológico de Venezuela. Instituto Pedagógico. Caracas.
- Urbani/Ostos (1989) Léxico Estratigráfico de Venezuela. Caracas.
- Wehrmann, Miguel (1972) Geología de la Región de Guatire-Colonia Tovar. Memoria del IV Congreso Geológico Venezolano. Caracas.

6. Hidrología e hidráulica

6.1 Eventos excepcionales ocurridos en el estado Vargas en épocas recientes

Por su ubicación geográfica en zona tropical, en Venezuela se presentan dos estaciones bien definidas: la de lluvias, conocida como invierno, que corresponde a unos 5 meses entre mayo y octubre, y la de sequía o verano, que son más o menos 7 meses entre noviembre y abril. Sin embargo, la costa norte del país se encuentra expuesta a la influencia de los llamados “nortes” que son causantes de lluvias y, en consecuencia, de crecidas en las cuencas de los ríos de la vertiente del mar Caribe en épocas que para otras cuencas se identifican como de sequía.

En la última mitad del siglo XX se registraron en Caracas y sus alrededores varios casos de daños relacionados con desbordamientos de los cauces naturales y catástrofes originadas por las inundaciones y el arrastre de sedimentos de todo tipo y tamaño. Específicamente en el estado Vargas, se conoce de tres lluvias continuas de muy larga duración correspondientes a los antes mencionados frentes llamados “nortes”.

Febrero 1951

En febrero de 1951 se produjo una precipitación de muy larga duración (3 días) que ocasionó desastres nunca antes vistos en la zona del Litoral, entre Chuspa y Mamo (ver Anexo 1). Los arrastres que se produjeron en ríos y quebradas fueron –guardando proporción con la duración de la lluvia– similares a los ocurridos recientemente, pero los daños fueron incomparablemente menores por la escasa población que entonces ocupaba el Litoral Central.

Con las lluvias de febrero de 1951, en Caracas se desbordaron la Quebrada Chacaíto, la Quebrada Catuche, la Quebrada Anauco, la Quebrada Pajaritos y otras más pequeñas, causando destrozos y depositando enormes sedimentos en varios sitios de la ciudad. Para la población de ese entonces fue todo un acontecimiento y una tragedia.

En el Estudio Hidrológico preparado por Robert S. Wiese (1959), con ocasión de la elaboración del Proyecto de Canalización del Río Guaire por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias, se resumen las características más destacadas de algunas tormentas registradas en la cuenca del río Guaire y en zonas cercanas.

“La más grande de todas las tormentas registradas en la zona septentrional de Venezuela ocurrió entre el 15 y el 17 de febrero de 1951. Extensas inundaciones y deslizamientos de tierra ocasionaron enormes daños a propiedades y pérdidas de algunas vidas, principalmente en la vertiente norte de la Cordillera de la Costa. Este tipo frontal de tormenta, identificada como norte, es inusual, sobre todo por su gran magnitud. La tormenta tuvo sesenta horas de duración y ocurrió en lo que normalmente se identifica como época de sequías. Su extensión no se pudo precisar por

haberse producido sobre el litoral y el mar Caribe, con la Cordillera de la Costa sirviendo de barrera, las mayores precipitaciones a lo largo de la costa y sobre la vertiente septentrional de la montaña. La cuenca del río Guaire también recibió precipitaciones resultantes del desbordamiento de la masa inestable de aire sobre la cresta de la montaña. El centro de la tormenta fue registrado en El Infiernito con una precipitación total de 529mm. La precipitación superficial media se estimó en 485 mm, 300mm y 204mm sobre áreas de 10km², 500km² y 2.000km² respectivamente. (...) Algunos de los datos registrados en las estaciones pertenecientes a la cuenca del río Guaire son: Alto Ño León, 149mm; Topo Los Espejos, 109mm; Sabaneta, 181mm; Oficina INOS, 72mm; Chacaíto, 135mm y Fila Maestra, 105mm”.

De los datos diarios (FAV, Servicio de Meteorología, 1999) de la estación de Maiquetía se tiene que entre el 15 y 17 de febrero de 1951 se registraron 242,3mm de precipitación pero sólo había llovido 19,4mm en los 14 días anteriores del mes, registrándose 8 días sin lluvia y 6 con lluvia.

Enero 1969

En enero de 1969, “precipitaciones continuas de mucha intensidad, ocurridas entre los días 27 y 31 de enero de 1969 en las Costas del Litoral Central, provocaron un aumento del nivel de los ríos y quebradas de esa zona. Los sectores más afectados fueron Caraballeda, Naiguatá, Urbanización Caribe y el tramo de carretera comprendido entre Naiguatá y el Club Puerto Azul” (MOP, 1970). Cerca de Naiguatá, el edificio El Mirador y el Club Puerto Azul fueron afectados pero fue posible protegerlos con unas defensas improvisadas con sacos de arena que impidieron mayores daños aunque, la urbanización Longa España –entonces en proceso de construcción– fue prácticamente arrasada y los sedimentos obstruyeron unos 300m de carretera.

En Caraballeda, las aguas entraron en algunas casas depositando lodo; en Naiguatá, una quebrada casi siempre seca arrastró piedras y todo tipo de desperdicios para depositarlos en la calle San Francisco, paralela al balneario público, y en la urbanización Caribe se produjeron grandes arrastres de piedras que junto con el barro obstruyó el tránsito de vehículos por la Avenida Circunvalación.

De la misma referencia se ha copiado la Tabla 6.1, en la cual puede apreciarse que fue una tormenta que se concentró en la zona más oriental del Litoral Central con la máxima intensidad en Carua, siendo de menor duración y mucho menor intensidad las lluvias registradas en Maiquetía.

Diciembre 1999

Un mes verdaderamente notable por su pluviosidad; sin embargo, los pluviógrafos que se tenían en los alrededores de la ciudad de Caracas, en la fila del cerro del Avila y en el Litoral se encuentran desmantelados desde hace meses. Sólo se registró la máxima precipitación con un pluviómetro en el Aeropuerto de Maiquetía y en otras estaciones registradoras del Litoral.

Los datos presentados para Maiquetía son realmente extraordinarios pues podrían corresponder a una frecuencia milenaria. En efecto, en una estación donde para el período 1961-1990 la precipitación media para el mes de diciembre era de 54mm y la media anual de 510mm. durante los 17 primeros días del mes sólo se registraron 2 días secos. El total en esos 17 días fue de 1.209mm; sin embargo, entre los días 14 y 16 de diciembre se precipitaron 911mm y el día 16, entre 6:00am y 7:00am se registraron 72mm. Las imágenes de satélite permiten asegurar que la enorme zona de nubosidad se mantuvo estacionaria por más de 72 horas y se podría suponer que a una lluvia de tan larga duración se le superpusieron tormentas breves (chaparrones) de alta intensidad.

Por su posición geográfica, la estación de Maiquetía no es precisamente donde han debido caer las mayores lluvias; además, la barrera orográfica induce a un aumento de precipitación con la altura.

Por carecer de estaciones en la montaña y sólo con fines de comparación y referencia, considerando las isoyetas medias del período 1951-1970, se podrían haber registrado lluvias del orden de 3.000mm en la parte alta de las cuencas hidrográficas del Litoral Central, lo cual es realmente excepcional para un clima que podría ser clasificado como árido con un largo período seco en las cercanías de la costa pero que solamente cuenta con 2 meses secos en las alturas de la cordillera.

6.2 Características de las cuencas

Las cuencas de los ríos y quebradas (Figura 6.1) tienen muchas diferencias y muchas semejanzas. En la Tabla 6.2 se resumen sus características más importantes. Se han incluido valores de gastos máximos instantáneos estimados con base en un estudio hidrológico realizado por Ayala (1978).

En el estudio hidrológico de Ayala (1978), se utilizaron técnicas hidrológicas convencionales de hace treinta años: hidrogramas unitarios y curvas regionales de frecuencia. Sin embargo, la información básica bajo la forma de lluvias en diferentes estaciones pluviométricas diseminadas sobre todo el Litoral y con muchos años de registros continuos y confiables, puede resultar sumamente útil para poder ac-

Tabla 6.1
Nivel de precipitación en enero de 1969

Estación	Tipo estación	Serial	Precipitación					Total	Máxima intensidad mm/hr
			27	28	29	30	31		
Caruao	PR	5041	1	50	47	67	11	176	75
Osma	PR	5043	2	98	25	142	31	298	34
Oricao	PR	5042	0.6	71	43	121	43	279	62
Maiquetía	PR	0503	1	-	-	25	53	79	-
Aeropuerto									

tualizar los estudios hidrológicos de las cuencas del Litoral aplicando métodos contemporáneos y aprovechando las facilidades que brindan los modelos matemáticos.

Tabla 6.2
Características de las cuencas del Litoral Central
del estado Vargas

Nº	Nombre	Cuenca			Características								
		Área cuenca km ²	Máx. Elev. msnm	L Cauce km	Cuenca alta		Tramo inferior		Caudal máximo (m ³ /seg)				
					Pendiente Cauce	L (km)	Pendiente Cauce	L (km)	T 100 años	CMP	Estimado		
											26/12/99	18/01/00	
1	Río Chichirviche	76,1	2.290	16,1	0,50	2,0	0,020	4,7	261 ^(a)	567 ^(a)	410	200	
2	Río Uricao	62,6	2.000	17,4	0,45	2,0	0,018	4,9	237 ^(a)	361 ^(a)	265	165	
3	Qda. Carimagua	6,4	700	4,9	0,23	2,2	0,028	0,7	94 ^(b)	129 ^(b)	52	80	
4	Río Picure	17,6	700	8,5	0,15	1,5	0,032	1,9	160 ^(b)	220 ^(b)	106	120	
5	Río Mamo	139,6	2.130	38,4	0,10	5,5	0,014	3,5	358 ^(b)	494 ^(b)	336	275	
6	Qda. La Zorra	6,8	900	6,0	0,35	1,0	0,032	1,0	99 ^(c)	137 ^(b)	82	75	
7	Qda. Tacagua	102,0	1.920	21,5	0,40	1,0	0,013	3,0	330 ^(c)	456 ^(b)	485	250	
8	Qda. Las Pailas	6,9	1.050	7,5	0,30	1,0	0,032	1,0	100 ^(c)	139 ^(c)	76	100	
9	Qda. Curucuti	10,0	1.330	7,1	0,60	1,2	0,043	1,7	121 ^(b)	167 ^(b)	119	120	
10	Qda. Piedra Azul	24,8	1.950	8,7	0,25	2,0	0,048	2,1	187 ^(b)	258 ^(b)	278	250	
11	Río Osorio	4,6	1.700	4,0	0,60	1,2	0,044	0,5	76 ^(b)	105 ^(b)	101	105	
12	Qda. Cariaco	5,7	1.960	4,4	0,60	1,5	0,067	0,7	88 ^(b)	122 ^(b)	114	125	
13	Qda. Aicantarilla	1,5	1.050	3,6	0,40	2,4	0,087	1,2	29 ^(b)	40 ^(b)	30	25	
14	Río Macuto	14,0	2.300	8,7	0,40	1,6	0,063	1,6	143 ^(b)	198 ^(b)	185	190	
15	Qda. El Cojo	6,8	1.550	5,9	0,60	1,2	0,040	0,5	99 ^(c)	137 ^(b)	120	135	
16	Río Camurí Chico	11,2	2.350	7,7	0,55	1,4	0,057	0,8	129 ^(b)	179 ^(b)	160	180	
17	Río San Julián	23,6	2.490	9,5	0,60	2,0	0,061	3,3	184 ^(b)	255 ^(b)	310	255	
18	Qda. Seca	5,3	1.240	4,0	0,60	1,0	0,074	1,4	83 ^(b)	114 ^(c)	117	115	
19	Río Cerro Grande	26,6	2.750	7,7	0,90	0,8	0,036	2,3	193 ^(b)	266 ^(b)	380	270	
20	Qda. Tanaguarena	2,1	940	2,6	0,80	0,4	0,110	0,7	40 ^(b)	55 ^(b)	51	55	
21	Qda. Uria	11,6	2.150	6,9	0,90	0,3	0,075	2,0	131 ^(b)	181 ^(b)	166	180	
22	Qda. El Tigrillo	2,9	1.030	3,1	0,90	0,5	0,170	1,0	54 ^(b)	74 ^(b)	68	55	
23	Río Naiguatá	33,4	2.000	11,8	0,55	2,1	0,030	3,3	195 ^(a)	287 ^(a)	287	285	
24	Río Camurí Grande	42,9	2.196	10,3	0,65	2,0	0,027	2,3	234 ^(b)	323 ^(b)	433	270	
24 _A	Río Miqueleña	19,0	1.100	9,4	0,35	1,5	0,036	2,2	165 ^(c)	228 ^(b)	154	150	
25	Qda. Care	9,6	721	6,8	0,44	0,3	0,024	1,8	118 ^(c)	163 ^(c)	84	100	
26	Río Anare	24,8	2.170	13,9	0,50	1,0	0,020	4,1	165 ^(a)	262 ^(a)	174	165	
27	Río Los Caracas	77,7	1.030	15,6	0,30	2,7	0,010	5,8	303 ^(a)	535 ^(a)	303	300	
27 _A	Río Chiquito	21,1	1.450	10,2	0,25	1,5	0,014	5,0	173 ^(b)	239 ^(c)	127	150	
27 _B	Río El Limón	23,7	2.080	10,6	0,50	1,4	0,048	4,0	184 ^(b)	255 ^(c)	149	160	

CMP: Creciente máxima posible

^(a) Valores tomados de Ayala, 1978.

^(b) Valores estimados a partir de curva regional dada por Ayala, 1978.

Figura 6.1
Identificación de cuencas del Litoral

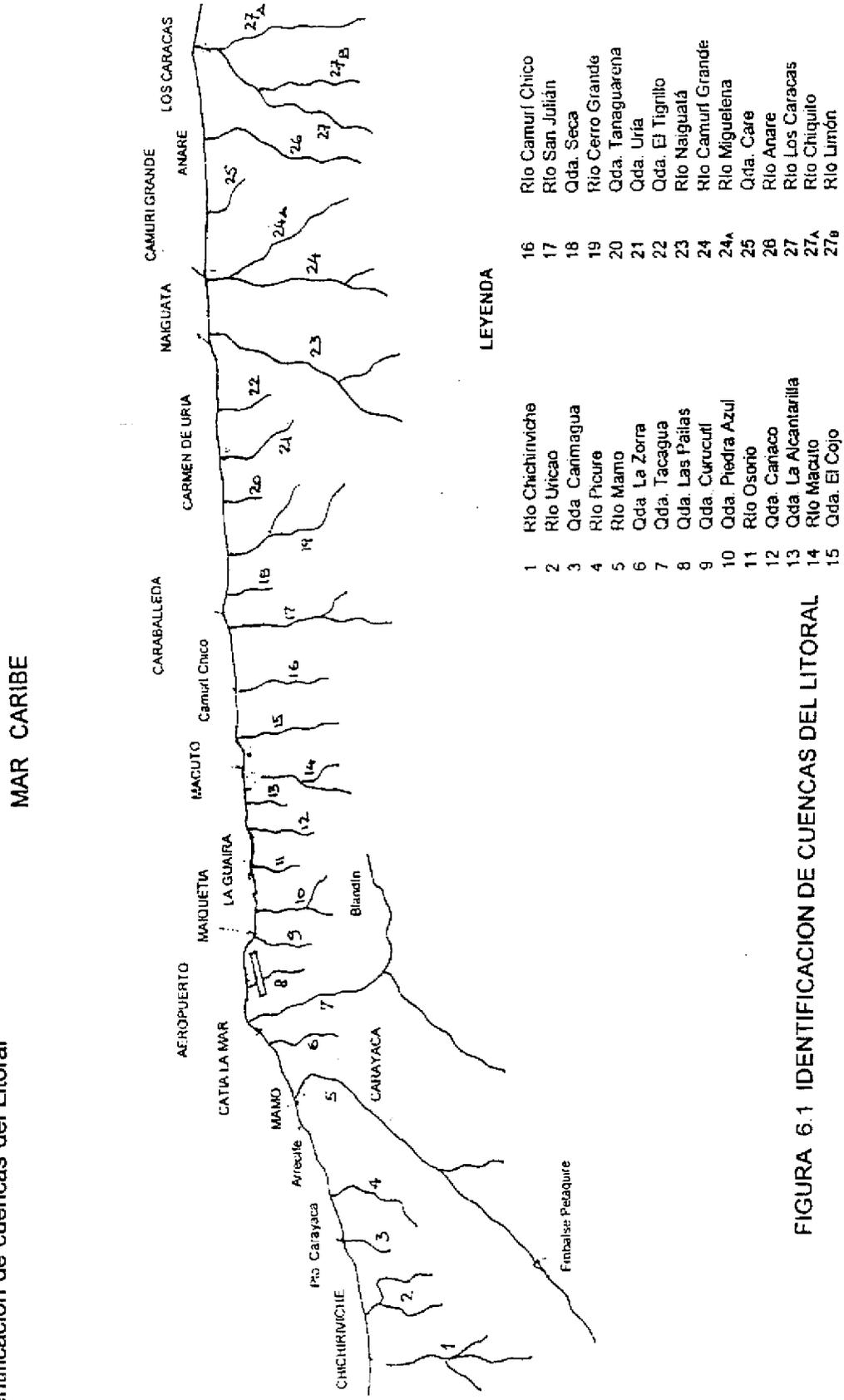


FIGURA 6.1 IDENTIFICACION DE CUENCAS DEL LITORAL

En la última columna del cuadro anterior se anotan valores subjetivamente estimados para los caudales máximos con base en estudios hidrológicos anteriores, inspecciones oculares y la observación de los fenómenos registrados en videos. No deben utilizarse sino por su orden de magnitud para comparar sus efectos devastadores y establecer sus probabilidades de ocurrencia. En cualquier caso, las decisiones futuras tendrán que fundamentarse en un estudio hidrológico coherente y ajustado a los datos de la creciente de diciembre de 1999 pero actualizado con base en datos ciertos y confiables.

Los perfiles longitudinales preparados para cada una de las cuencas identificadas en los esquemas que van como Anexo 7 servirán para interpretar mejor el fenómeno ocurrido en cada una de ellas.

6.3 Descripción del proceso

Con base en la información recopilada bajo la forma de datos, resultados de entrevistas (Anexo 4), vuelo de reconocimiento (8-1-2000), cintas de video, prensa, fotografías y cartas geográficas, se ha podido elaborar una hipótesis con relación al fenómeno que devastó las costas del norte del Venezuela en diciembre de 1999. Desafortunadamente, al no contar con los datos pluviométricos básicos para verificar la extensión, duración y variación temporal de la tormenta ocurrida entre el 14 y el 17 de diciembre de 1999, no es posible comprobar la mencionada hipótesis, la cual podría ser una explicación razonable del fenómeno.

En efecto, durante 4 días seguidos se presenta una lluvia pertinaz en el Litoral Central que parece haberse extendido a lo largo de las costas de los estados Vargas y Miranda. Durante dicha lluvia de larga duración y baja intensidad, pueden haber ocurrido fuertes chaparrones violentos de corta duración y muy alta intensidad que traen como consecuencia varias crecidas, o más bien aludes torrenciales de agua, lodo, piedras y enormes árboles que arrasan en sucesivas oleadas con todo lo que pueden para abrirse paso hasta el mar, creando finalmente los enormes abanicos típicos de los conos de deyección que conforman la topografía costera.

Al presentarse la lluvia pertinaz se encuentra con suelos bastante humedecidos por precipitaciones de menor magnitud que habían venido presentándose durante todo el mes de diciembre. Al ocurrir los chaparrones aislados se aumenta enormemente el escurrimiento superficial que, al ser encauzado, lleva consigo a los suelos sobresaturados que, junto con su cobertura vegetal, ya se habían deslizado hasta los cauces o canchales de elevada pendiente, característicos de la topografía de las partes altas de las cuencas cordilleranas.

En los cauces mayores probablemente se encontraban enormes cantos rodados en eventos anteriores, que no se habían movido; sin embargo, la presión del fluido conformado por suelo y agua y los excesos de aguas superficiales, inician el movimiento y desplazamiento sobre cauces de elevadísima pendiente de enormes masas rocosas creando una oleada similar a la que se produce por la ruptura de una presa de embalse.

Este mismo proceso podría haberse repetido aguas abajo y, con cada sucesiva

tormenta torrencial o ruptura de atascamiento natural, se producen nuevas oleadas que contribuyen a la destrucción total y a la reactivación de los conos de deyección, las cuales habían sido precisamente las mejores zonas para desarrollar los costosos urbanismos de la zona. Además, la ocupación de los cauces naturales con edificaciones de todo tipo incrementó los niveles de daños y, lo que es peor, aumentó el número de vidas humanas irremediablemente perdidas.

Es conveniente destacar que la deposición de materiales que pareciera haber sido hecha al azar responde, sin embargo, a un proceso físico de balance entre capacidad de transporte relacionada con la pendiente y el caudal líquido y la carga, ajustada al tamaño, forma y peso de los materiales sólidos en movimiento. Cuando la carga es mayor que la capacidad de transporte, el sedimento se deposita; por eso, los árboles, enfilados como arietes atravesaron edificaciones, y las rocas, rodando, destruyeron estructuras.

6.4 Zonificación de los procesos

Zona occidental

A lo largo de la costa que se extiende entre la Punta Puerto La Cruz y Cabo Blanco en el Aeropuerto de Maiquetía descargan los ríos de las cuencas que menos sufrieron con el fenómeno que se presentó a mediados de diciembre de 1999. Por el vuelo de reconocimiento realizado el 8 de enero de 2000, y por las notas de prensa y noticias transmitidas por radio y televisión se puede concluir que solamente en la cuenca del río Mamo ocurrieron daños de consideración y que las lluvias sobre las cuencas del río Limón ($A= 89\text{km}^2$) que desagua en Puerto La Cruz y, del río Chichiriviche ($A= 76\text{km}^2$) que lo hace al oeste de Punta El Vigía no parece que fueron tan extendidas ni tan intensas como en el resto de la zona occidental del Litoral Central. Unos 3km antes de la desembocadura, sus cauces tienen una pendiente igual a 0,02. Estas cuencas y la del río Mamo ($A= 140\text{km}^2$) son las más grandes de la zona occidental de la vertiente Litoral.

En la desembocadura del río Picure ($A= 18\text{km}^2$) no se apreciaron daños ni cono de deyección, aunque sí se vieron daños en el Club en la desembocadura del río Uricao ($A= 63\text{km}^2$) y en Puerto Carayaca (quebrada Carimagua, $A= 6\text{km}^2$), sin haberse hallado en sus cuencas evidencias de los movimientos de masa típicos del desastre ocurrido en el resto del Litoral.

Las precipitaciones sobre la cuenca alta del río Mamo tampoco fueron tan intensas como en el resto del Litoral; tanto fue así que la represa en Petaquire ni siquiera sufrió daños. La forma y la orientación de sus subcuencas y la pendiente del cauce principal hicieron que las precipitaciones sobre la cuenca del río Mamo ocasionaran graves debordamientos de un cauce que se encontraba seriamente constreñido por construcciones de viviendas y todo tipo de obstáculos (Foto 6.1), sin que se produjeran arrastres de sólidos ni de escombros de gran tamaño.

Ni en la cuenca de la quebrada La Zorra ($A= 7\text{km}^2$) ni en la cuenca de la quebrada Las Pailas ($A= 63\text{km}^2$), se apreciaron grandes movimientos de masa y,

por consiguiente, tampoco se produjeron daños notables, a pesar de que las pendientes longitudinales de sus cauces principales en el último tramo antes de descargar al mar son de más de 0,03.

La cuenca alta (Blandín) de la quebrada Tacagua, queda del lado sur de la cordillera, cercana a las cuencas de las quebradas Catuche y Anauco que sí ocasionaron serios daños en Caracas; en esa parte de la cuenca los daños fueron notables y lamentables, con movimientos de masas, arrastre de sólidos y pérdida de vidas humanas.

En la cuenca de Tacagua ($A= 102\text{km}^2$) sí se produjeron aludes torrenciales (Foto 6.2) que, por la longitud de su cauce principal y sus pendientes, no llegaron al mar. En la presa de control de sedimentos cerca de su desembocadura no se pudo apreciar ninguna roca de gran tamaño, pues gran parte de los sólidos rodaron y se encuentran aún en el cauce, aguas arriba de Boquerón y de los viaductos de la Autopista (Foto 6.3). Ya para descargar al mar, cerca de Catia La Mar, el cauce principal está controlado con una pequeña presa y su pendiente es de 0,015.

Maiquetía-Macuto-Caraballeda

Las cuatro pequeñas cuencas que descargan al mar entre el Aeropuerto de Maiquetía y Punta Mulatos causaron muchos daños. En primer lugar, en todas ellas se encuentran evidencias de que se produjeron precipitaciones que sobresaturaron los suelos que, por la acción de la gravedad y ayudados por las aguas de chaparrones aislados, cayeron hasta los pequeños cauces y llegaron como aludes que continuaron torrencialmente por los cauces principales, cuyas pendientes longitudinales son bastante elevadas antes de descargar al mar.

La quebrada Curucutí ($A= 25\text{km}^2$) o Montesano, con una pendiente longitudinal media de 0,045 atravesó Maiquetía erosionando sus márgenes (Foto 6.4), destruyendo edificaciones y ocasionando graves daños antes de descargar al sur del aeropuerto. La más grande de todas, la quebrada Piedra Azul ($A= 25\text{km}^2$) arrastró grandes sólidos y desguazó los contenedores en la zona portuaria (Foto 6.5); su pendiente longitudinal en los últimos 2km era de 0,05.

El río Osorio ($A= 5\text{km}^2$) pasa por La Guaira con una pendiente longitudinal media que era de 0,05. Los grandes movimientos de masas que se pudieron apreciar en la cuenca fueron los responsables de los flujos de lodo y enormes cantos rodados por las calles de La Guaira. En la quebrada Cariaco ($A= 6\text{km}^2$), el proceso fue similar pues en su último tramo, que tiene pendiente de 0,07, arrastró grandes cantidades de sedimento grueso para descargarlas en Punta Mulatos, adentrando su cono de deyección en el mar.

El proceso de deslave y flujos torrenciales se intensifica en las cuencas que corresponden a las quebradas que desembocan al mar entre Macuto y Camurí Chico. Los arrastres provenientes de Galipán (Foto 6.6) sepultaron Macuto y aumentaron el cono de deyección del río Macuto ($A= 14\text{km}^2$), también llamado San José de Galipán. Poco antes de entrar a Macuto, la pendiente de este cauce es muy grande (0,50) pero en su último tramo era de 0,06. La quebrada El Cojo ($A= 7\text{km}^2$) con

menos cuenca pero con arrastres potenciales mayores (Foto 6.7), y una pendiente longitudinal media de 0,04, arrasó con los barrios y las edificaciones cerca de la Estación Teleférico y el río Camurí Chico ($A= 11\text{km}^2$) que, en su último tramo de 1 km de longitud, tenía una pendiente media de 0,06, reactivó su cono de deyección acarreado grandes rocas que acabaron con el balneario público e interrumpieron la comunicación por tierra con Los Corales y Caraballeda.

El río San Julián ($A= 24\text{km}^2$) tenía una pendiente longitudinal media de 0,06 en su últimos 3km; reactivó su cono de deyección aprovechando las calles de las zonas urbanizadas, arrasando con viviendas, acarreado sólidos flotantes de gran tamaño y depositando enormes cantos rodados sobre una inmensa extensión (Foto 6.8). Ha creado al menos seis nuevas bocas de descarga al mar, extendiendo su efecto desde una primera boca, más al oeste de la Playa Lido, hasta una última descarga de aguas cargadas con sedimentos más finos y lodos en suspensión por la Avenida Caribe de la Urbanización Caraballeda hasta llegar a la Laguna de Caraballeda (Foto 6.9).

La zona de Caribe-Caraballeda fue afectada por los restos de sedimentos y aguas del río San Julián y por los flujos de lodo de la Quebrada Seca y del río Cerro Grande. La Quebrada Seca ($A= 5\text{km}^2$) tiene una pendiente de casi 0,10 antes de entrar a la zona verde de los campos de golf, pero, disminuye a 0,03; por ello arrastró sedimentos de todo tipo y los más finos los depositó en los campos de golf, pues su cono de deyección se reactivó más aguas arriba arrasando con las viviendas que ocupaban parte de su cauce, casi siempre seco. El río Cerro Grande ($A= 27\text{km}^2$), formado por tres cursos importantes: el San Pedro, el Casupo y el Grande, tenía una pendiente longitudinal media de 0,036 en sus últimos 2km. Parece haber reactivado su arrastre de sedimento grueso desde la confluencia con el San Pedro, comenzando a divagar y, al recibir los aportes de sedimento de la cuenca de la quebrada Casupo, se salió del cauce y tomó al menos cuatro vías principales (Foto 6.10). La primera, discurriendo paralelamente a la ladera derecha para descargar sobre el Club Tanaguarena; la segunda, atravesando en línea recta la urbanización; la tercera por su cauce original y la cuarta, por la ladera izquierda. Estos ríos, a diferencia del río San Julián, parecen haber aportado sedimentos provenientes de deslizamientos recientes y de erosión de sus márgenes.

Zona Oriental

La primera quebrada que se encuentra después de que se pasa el Club Tanaguarena es la quebrada Tanaguarena ($A= 2\text{km}^2$). Este curso de agua, que tenía una pendiente media de 0,11 en unos 1.000m antes de descargar al mar, destruyó la carretera y acabó con el sitio conocido como Los Caballos, acarreado sedimento relativamente fino hasta el mar.

La zona de Uria con su quebrada Uria ($A= 12\text{km}^2$), que arrastró sedimentos muy grandes y recientes (Foto 6.11), fue la que produjo los más graves desastres, ocasionando numerosas pérdidas de vidas humanas. Su cauce, densamente ocupado, no era capaz para conducir el flujo de aguas, piedras, palos y escombros a pesar