

Figura 7.5  
Precipitaciones mensuales (estación Maiquetía)

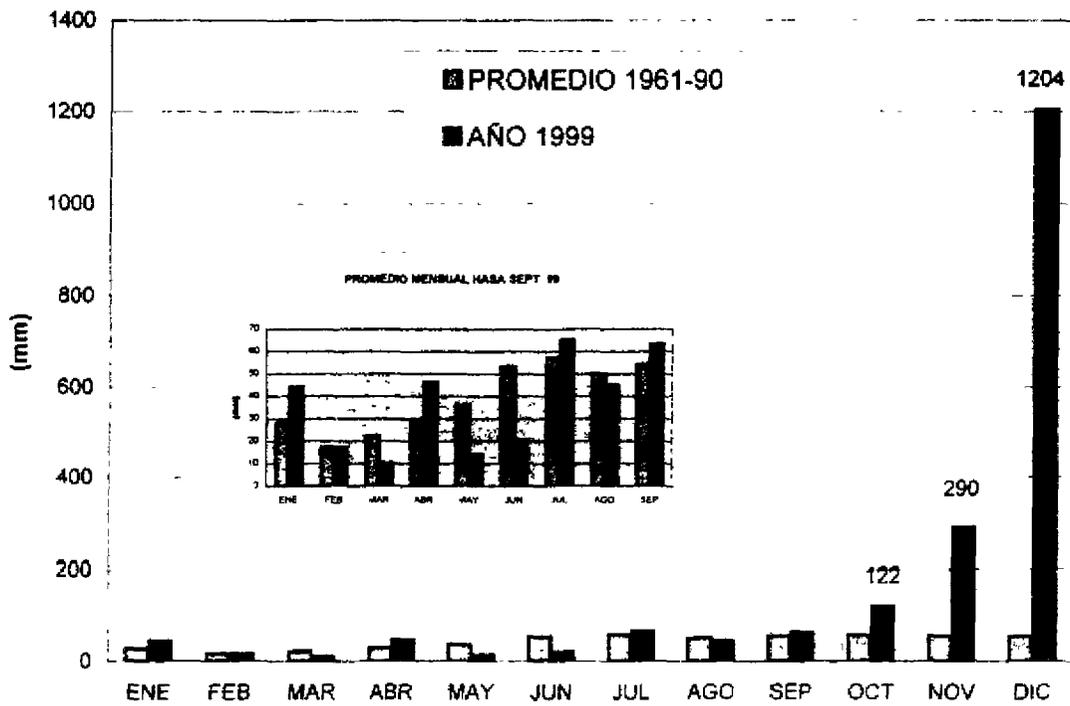
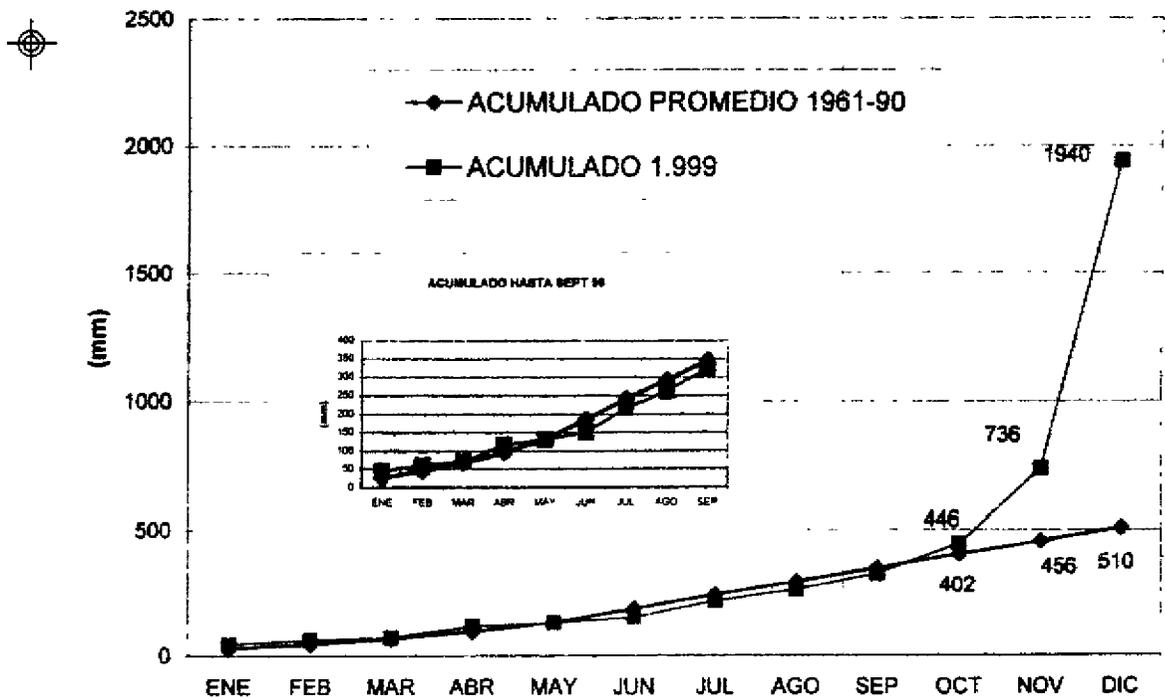


Figura 7.6  
Precipitación acumulada (estación Maiquetía)



## *Relación de las lluvias con los movimientos de masas*

La saturación de los suelos debido a las intensas lluvias fue el factor determinante que desencadenó la gran cantidad de movimientos de masa ocurridos en el Litoral en diciembre de 1999. Lamentablemente, no existen registros de las zonas altas del Litoral Central, lo cual dificulta que se puedan establecer correlaciones confiables entre las lluvias y los movimientos de masas ocurridos.

En general, según lo observado, se puede concluir lo siguiente:

- Los deslizamientos tuvieron lugar en el período del año en el que las precipitaciones comienzan a disminuir, inmediatamente antes de la época de sequía. Sin embargo, en 1999, en los meses de octubre (122mm), noviembre (290mm), y diciembre (1.204mm), las precipitaciones caídas fueron excepcionales, muy superiores a los promedios (Figura 7.3). Por ello, se puede inferir que en el momento de la ocurrencia de las lluvias más intensas (15 y 16 de diciembre), justo antes de formarse los flujos torrenciales, los suelos de las montañas se encontraban en una condición de saturación muy alta.
- El día 16 de diciembre, cuando ocurrieron los flujos torrenciales catastróficos, en Maiquetía se registraron 410mm, y el día anterior se registraron 381mm. Aunque es evidente que los elevados registros de lluvia en Maiquetía coinciden con la formación de flujos torrenciales, la estación Maiquetía no debe ser tomada como representativa de las cuencas afectadas en el Litoral Central. Como es sabido, hacia las zonas altas de las montañas las lluvias son por lo general mucho más intensas que en Maiquetía. Por ello la necesidad de crear una red de pluviógrafos que abarque toda la cordillera del Litoral Central, en especial las cuencas que afectan las zonas pobladas. Así mismo, se debe instrumentar a futuro un monitoreo de las lluvias y establecer su correlación con la ocurrencia de movimientos de masa. Este tipo de correlaciones ha sido estudiada en Brasil por Vargas (1999), encontrando que existe una correspondencia muy clara entre lluvias y movimientos de masa. El establecimiento de correlaciones de este tipo permite diseñar planes de prevención y sistemas de alarma.
- Los flujos torrenciales de material completamente licuado que arrastraron consigo bloques de roca y grandes árboles, tomaron lugar poco después de la ocurrencia de tormentas intensas de corta duración concatenadas con las lluvias excepcionales caídas entre el 14 y el 16 de diciembre (72mm entre las 6 y 7am del día 16 de diciembre de 1999). Este fenómeno coincide con observaciones hechas por Vargas en la Sierra del Mar, São Paulo, Brasil.

### **7.4 Efectos de la deforestación**

Los numerosos flujos de lodo y bloques de roca ocurridos en el Litoral Central arrastraron cantidades considerables de árboles de gran tamaño (zonas altas), arbustos y vegetación corta (zonas bajas), dejando grandes superficies de las laderas en casi todo el Litoral Central desprovistas de vegetación.

En las zonas altas, donde se encuentran los bosques con árboles de gran tamaño, las áreas deforestadas son menores. La pérdida de sustento del suelo debido a la sobresaturación por efecto de las lluvias resultó en el volcamiento y arrastre de una gran cantidad de árboles (Foto 7.9). En las zonas bajas de la cordillera las áreas deforestadas fueron mucho mayores, observándose que los arbustos y vegetación corta fluyeron junto con el lodo (Foto 7.10). Parece evidente intuir que los bosques en las zonas altas tienen una mayor capacidad de proteger las laderas de la erosión que la vegetación corta en las zonas bajas.

Según Gray (1974), los efectos de deforestación en las laderas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Las tensiones de succión en el suelo disminuyen cuando la vegetación es removida en una pendiente, debido a que se elimina el aporte de la transpiración, lo cual es desfavorable a la estabilidad.
- La presencia de raíces profundas refuerza mecánicamente el suelo y ayuda a la estabilidad de las pendientes. Sin embargo, al ser removidos los árboles, la descomposición de las raíces puede resultar en una disminución de la resistencia del suelo y de la estabilidad de la pendiente.
- La vegetación, cuando se trata de árboles de gran tamaño, genera una sobrecarga sobre la superficie de las pendientes. La remoción de esta sobrecarga es beneficiosa a la estabilidad.
- El viento aplica momentos y fuerzas de corte al suelo a través de los tallos de los árboles de gran altura. La remoción de estos árboles es beneficiosa a la estabilidad.

De acuerdo a lo anterior, se podría decir que el efecto de la deforestación de la cobertura vegetal de las laderas en relación con la estabilidad de las mismas, es ambiguo. Sin embargo, en términos globales, la vegetación actúa favorablemente en reducir la intensidad de la acción del clima en el macizo natural, favoreciendo de este modo la estabilidad de las pendientes. Se podría decir entonces que los dos primeros puntos prevalecen sobre los dos últimos, con un balance positivo de la vegetación en contribuir a la estabilidad de las laderas.

Existen otros dos factores adicionales no considerados por Gray que son desfavorables a la estabilidad:

- La deforestación facilita la infiltración del agua en el macizo, lo cual acelera el proceso de meteorización de la roca.
- La deforestación facilita los procesos de erosión en las laderas.

Estos dos factores pueden ser evidenciados observando el deslizamiento de una cuña de roca ocurrido en la parte alta de la quebrada El Cojo, el cual se muestra en la Foto 7.1. Como se puede ver en la foto, existían dos grandes cicatrices en la parte superior del deslizamiento, las cuales pueden haber facilitado la infiltración de las aguas de lluvia dentro del macizo, generando excesos de presión de poros y, como consecuencia, el movimiento de una gran cuña de roca.

Dada la afectación de la vegetación en las montañas del Litoral Central, se hace necesario realizar un estudio profundo del impacto que la deforestación pue-

de causar en la región, acompañado de un proyecto de reforestación, tomando en cuenta los factores anteriormente descritos y considerando los aspectos ambientales y ecológicos pertinentes.

Es importante destacar que en las zonas altas se dificulta notablemente la ejecución de una reforestación de las áreas afectadas, principalmente debido a los siguientes factores:

- Pendientes muy elevadas.
- Los flujos y deslizamientos dejaron expuestas grandes extensiones de roca dura, sobre la cual es imposible que crezca vegetación.
- Las rocas expuestas en las zonas altas son principalmente gneises resistentes a la meteorización, por lo que la formación de espesores de suelo residual apropiados para el crecimiento de vegetación es sumamente lenta.

En las zonas bajas, donde la deforestación fue mucho más densa, las áreas afectadas que quedaron expuestas pertenecen a los horizontes de suelo IB y IC del perfil de meteorización, en donde sí es posible que prospere el crecimiento de nueva vegetación. Además, las pendientes son más suaves que en las zonas altas.

### 7.5 Mecanismos generadores de fallas

En este punto se presentan varios modelos y mecanismos discutidos por Amundaray (1985), que desde el punto de vista de la mecánica de suelos y fluidos explican conceptualmente cómo ocurrieron los distintos tipos de fallas observadas.

#### *Infiltración de las aguas de lluvia*

La infiltración de agua en el subsuelo durante lluvias prolongadas puede reducir las tensiones de succión en el suelo hasta un punto en el cual las pendientes son inestables. De acuerdo con Lumb (1975), la tasa de infiltración del agua de lluvia en un suelo homogéneo es igual a la permeabilidad saturada del suelo cuando no se forma estancamiento del agua en la superficie. Para un suelo con permeabilidad  $k$  y porosidad  $n$ , se puede demostrar que el frente de humedad por infiltración avanza según la siguiente expresión:

$$h = k t / n (S_f - S_0)$$

donde:

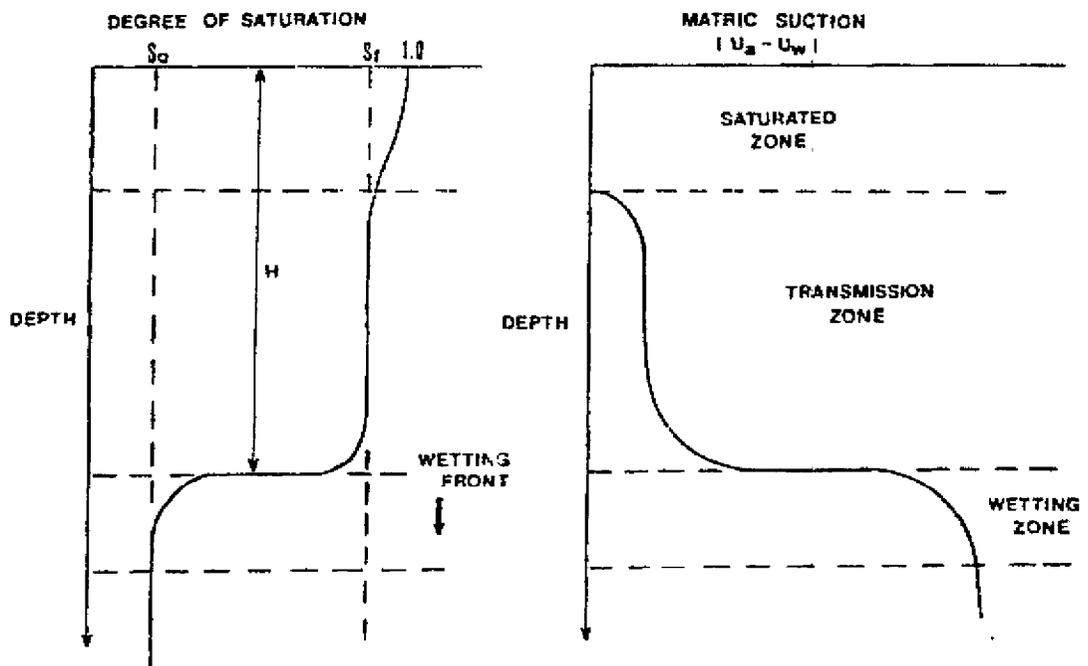
$h$  = profundidad de avance del frente de humedad después de un tiempo  $t$

$S_0$  = grado de saturación inicial

$S_f$  = grado de saturación final

Blight (1977) ilustra las características de un frente de humedad como se muestra en la Figura 7.7. En la zona saturada, los poros del suelo están completamente llenos de agua, la presión poro-agua  $U_w$  iguala a la presión poro-aire  $U_a$ , reduciendo

Figura 7.7  
Características de un frente de avance de humedad (según Blight, 1977)



do la succión ( $U_a - U_w$ ) a cero. En la zona de transición, la humedad del suelo permanece aproximadamente constante y el agua percola a través del suelo bajo la acción del gradiente potencial de gravitación. La succión en esta zona es reducida a un valor muy bajo. En la zona de humedecimiento, existe una transición muy marcada entre el contenido de humedad y la tensión por succión, de los valores de la zona de transición a aquellos de la zona todavía no humedecida.

Es importante destacar que la profundidad de avance del frente de humedad  $h$  es directamente proporcional al tiempo  $t$ . De lo anterior se puede inferir que durante las prolongadas lluvias ocurridas en diciembre de 1999, el frente de humedecimiento penetró prácticamente todo el perfil de meteorización en superficies muy extensas de la cordillera del Litoral Central, degradando la cohesión aparente (tensión de succión) de todo el manto de suelo residual a valores muy bajos, lo cual se corresponde con la inmensa cantidad de flujos ocurridos en toda la región.

#### *Reducción de la resistencia de los suelos por saturación*

El Litoral Central tiene un clima tropical-cálido, caracterizado por la sequedad, con valores de evaporación que superan a los de precipitación. Durante la época de sequía, la zona superior de los suelos está expuesta a altas temperaturas, lo cual produce la desecación de los suelos. Por ello, al comienzo de la estación de lluvias, los suelos presentan una condición de baja saturación. Los valores típicos de saturación de suelos residuales en regiones tropicales están en el rango de 60% a 70%, o a veces menos (Morgenstern/de Matos, 1975).

Según la teoría de resistencia al corte en suelos parcialmente saturados, propuesta por Fredlund, Morgenstern y Widger (1978), el comportamiento de estos suelos puede explicarse en términos de dos variables de estado de esfuerzos ( $s - U_a$ ) y ( $U_a - U_w$ ) mediante la siguiente expresión:

$$s = c' + (U_a - U_w) \text{TAN } f^b + (s - U_a) \text{TAN } f^*$$

donde:

- $s$  = resistencia al corte
- $c'$  = cohesión efectiva
- $s$  = esfuerzo normal total
- $U$  = presión poro-aire en el suelo
- $U^a$  = presión poro-agua en el suelo
- $f^*$  = ángulo de fricción respecto a cambios de ( $s - U_a$ ), cuando ( $U_a - U_w$ ) se mantiene constante
- $f^b$  = ángulo de fricción respecto a cambios en ( $U_a - U_w$ ), cuando ( $s - U_a$ ) se mantiene constante

La ecuación anterior no es más que una extensión del criterio de falla con-

vencional de Mohr-Coulomb, donde el término  $(U_a - U_w)$  representa la succión, la cual afecta a  $s$  linealmente.

Así mismo, se puede definir el término  $[c' + (U_a - U_w) \text{TAN } f^b]$  como "cohesión aparente". Cuando la presión  $U_w$  se aproxima a  $U_a$ , la succión tiende a cero y se alcanza el estado de saturación. El término  $(U_a - U_w) \text{TAN } f^b$  representa el incremento de la cohesión del suelo debido a la succión.

Al inicio de la época de lluvias, el suelo se presenta en un estado bajo de saturación, desarrollando valores de succión elevados, lo cual resulta en un incremento de la cohesión aparente y, como consecuencia, en una mayor estabilidad de las pendientes. Se presume que el clima seco predominante en el Litoral Central mantiene en condiciones de saturación relativamente bajas los suelos residuales en las laderas durante la mayor parte del año, bajo condiciones de lluvia normal.

Durante la ocurrencia de las lluvias excepcionales de diciembre de 1999, la infiltración del agua incrementó drásticamente el contenido de humedad en el suelo, aumentando  $U_w$  y disminuyendo la cohesión aparente. Esta situación progresiva de incremento del contenido de humedad del suelo debido a las lluvias, induce una disminución de la resistencia del suelo, pudiendo generarse condiciones de inestabilidad en los taludes hasta el límite de falla. Es importante destacar que la falla puede producirse aun sin que se generen presiones de poros positivas en el talud.

#### *Fluidificación de los suelos*

En los mantos de suelo residual de las laderas, especialmente en las zonas bajas donde aflora la Formación Tacagua, la saturación de los suelos por percolación de las aguas de lluvia incrementó dramáticamente el contenido de humedad del suelo, degradando la resistencia del suelo, transformándolo en un material semilíquido con la capacidad de fluir.

El comportamiento esfuerzo-deformación de un suelo cohesivo depende de la cantidad de agua que alberga en sus poros. El índice de liquidez (IL) de un suelo nos permite saber si su comportamiento es similar al de un sólido frágil, plástico, o líquido. El índice de liquidez se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IL = (w_n - LP) / (LL - LP)$$

donde:

- $w$  = humedad natural del suelo
- $LL$  = límite líquido
- $LP$  = límite plástico
- $IL$  = índice de liquidez

Si el índice de liquidez es menor que cero ( $IL < 0$ ), el suelo se comporta como un sólido frágil. Si está entre cero y uno ( $0 < IL < 1$ ), el suelo tendrá un comportamiento plástico. Si el índice de liquidez es mayor que uno ( $IL > 1$ ), el suelo se com-

portará esencialmente como un líquido viscoso. En la Figura 7.8 se muestran gráficamente los distintos comportamientos de esfuerzo-deformación que adopta un suelo cohesivo según el contenido de humedad que alberga (Holtz/Kovacs, 1981).

Durante las lluvias ocurridas en diciembre, la humedad de los suelos residuales superficiales se incrementó dramáticamente, haciendo que el índice de liquidez alcanzara valores superiores a la unidad, degradando la resistencia del suelo completamente, y como consecuencia, alterando sus propiedades plásticas haciendo fluir al suelo como si fuese un líquido (Fotos 7.5, 7.6 y 7.10).

### *Incremento de presiones de poros*

En las zonas altas de la cordillera del Litoral Central, donde afloran las formaciones Peña de Mora y San Julián, el agua de lluvias infiltrada penetra dentro de las discontinuidades de la roca, generando flujos de agua subterránea que pudieron ser observados en las visitas de reconocimiento efectuadas.

La combinación de pendientes en áreas de descarga, con la tendencia del agua subterránea de fluir hacia la cara de la pendiente y la presencia de mantos de suelo residual relativamente impermeables, conduce a la generación de altas presiones de poros que pueden desestabilizar las pendientes y producir desprendimientos de bloques de roca de gran magnitud. Terzaghi/Peck (1967), y Deere/Patton (1971) describen situaciones en las cuales estas condiciones han llevado a un estado crítico de estabilidad produciendo la falla del talud. Adicionalmente, la presencia de detalles locales desfavorables como orientaciones de diaclasas con ángulos elevados, puede generar zonas de debilidad en el talud y desarrollar una condición aun más inestable.

En la Figura 7.9 se muestra una vista en detalle de las condiciones de flujo y la distribución de presiones de poros en las cercanías de una superficie potencial de falla ABD. Como se puede notar, los niveles piezométricos del agua son superiores al nivel freático, indicando esto que el exceso de presión de poros se ha generado por la imposibilidad del agua de fluir a través del manto de suelo residual más impermeable. Este mecanismo sirve de hipótesis para explicar muchos de los movimientos de masa observados en las zonas altas, como los mostrados en las Fotos 7.1 y 7.2.

## **7.6 Conclusiones**

- Los movimientos de masas ocurridos en el Litoral Central en diciembre de 1999, consisten principalmente en flujos de lodo, en las zonas bajas, y caídas y deslizamientos de roca, y flujos de detritos y bloques de roca, en las zonas altas. El material es conducido hasta los cauces de las quebradas donde se juntan con las corrientes de agua y forman flujos torrenciales de detritos y bloques de roca, también llamados avalanchas, aludes o lavas torrenciales, que finalmente depositan el material en forma de conos de deyección en las costas.
- Los perfiles de meteorización en el Litoral Central son por lo general poco

Figura 7.8 Estados del suelo y relaciones de respuesta de esfuerzo de formación generalizadas (según Holtz/Kovacs, 1981)

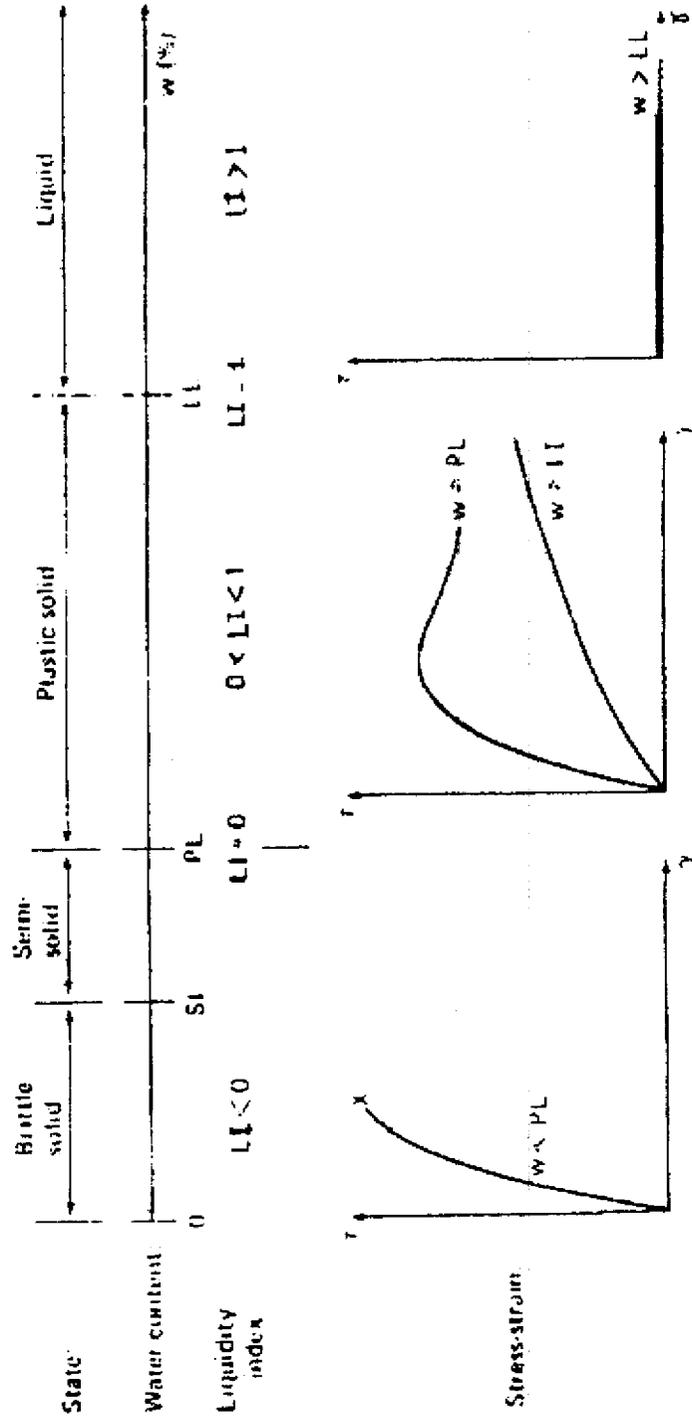
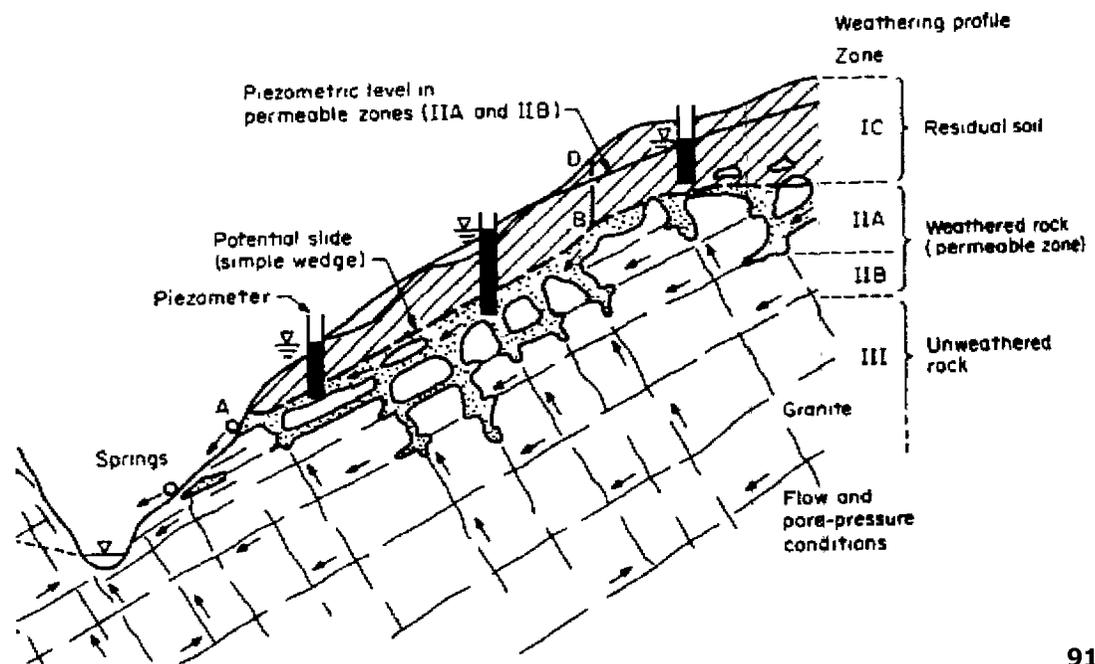


Figura 7.9  
 Desarrollo de un deslizamiento de suelo residual sobre roca debido a un incremento de presión de poros (adaptado de Deere/Patton, 1971)



profundos. En las zonas altas ocurrieron movimientos de masas que arrastraron consigo la capa de suelo residual y de roca meteorizada, afectando los horizontes IIA y IIB del perfil. En las zonas bajas, los movimientos fueron más superficiales arrastrando los horizontes IA y IB de suelo residual. Aunque en general los movimientos fueron superficiales, las áreas afectadas por los flujos son tan extensas que llegaron a movilizar enormes cantidades de material.

- Los deslizamientos tuvieron lugar en el período del año en el que las precipitaciones comienzan a disminuir, inmediatamente antes de la época de sequía. Sin embargo, en 1999, en los meses de octubre, noviembre y diciembre, las precipitaciones caídas fueron excepcionales, muy superiores a los promedios. Por ello se puede inferir que en el momento de la ocurrencia de las lluvias más intensas (15 y 16 de diciembre), justo antes de ocurrir los grandes movimientos de masa, los suelos de las montañas se encontraban en una condición de saturación muy alta.
- La estación Maiquetía no debe ser tomada como representativa de las cuencas afectadas en el Litoral Central, ya que hacia las zonas altas de las montañas, las lluvias son por lo general mucho más intensas que en Maiquetía. Por ello, la necesidad de crear una red de pluviógrafos que abarque toda la cordillera del Litoral Central, en especial las cuencas que afectan las zonas más pobladas, conjuntamente con un sistema de monitoreo de las lluvias y el establecimiento de su correlación con la ocurrencia de movimientos de masa, lo cual permitirá diseñar planes de prevención y sistemas de alarma.
- Los flujos torrenciales de material completamente licuado que arrastraron consigo bloques de roca y grandes árboles, tomaron lugar poco después de la ocurrencia de tormentas intensas de corta duración concatenadas con las lluvias excepcionales caídas entre el 14 y el 16 de diciembre (72 mm/hora en Maiquetía entre las 6 y 7 de la mañana).
- Los fenómenos de movimientos de masa ocurridos produjeron la deforestación de vastas extensiones en la cordillera del Litoral Central. En las zonas bajas la deforestación es mucho mayor debido principalmente al tipo de vegetación de tallo corto y a las características del manto de suelo residual, dejando grandes áreas expuestas a los efectos de la erosión. Por ello, es necesario estudiar el impacto que pueda tener la erosión de estas laderas en el futuro, tanto en las zonas altas como en las zonas bajas, y las posibilidades de reforestación de las áreas afectadas para controlar la erosión.
- Los mecanismos de falla que generaron los distintos tipos de movimientos de masa están relacionados con un proceso preliminar de infiltración de las aguas de lluvia que produce la sobresaturación de los suelos y los hace licuar, pérdida de la resistencia al corte de los materiales debido a la reducción de la succión en los suelos por infiltración, y generación de presiones de poros en los macizos rocosos debido al flujo de aguas subterráneas y a los cambios de permeabilidad en el perfil de meteorización.
- Bajo las condiciones de intensidad y duración de las lluvias ocurridas en el Litoral Central en diciembre de 1999, es imposible evitar que ocurran movi-

mientos de masa generalizados como los que tuvieron lugar en la zona. Por ello, hay que aceptar que éste es un tipo de problema con el que hay que aprender a convivir, y que para ello se hace necesario estudiar soluciones de mitigación que permitan controlar los efectos de futuros movimientos de masa sobre las poblaciones del Litoral Central, en caso de que se repitiera un fenómeno hidrometeorológico similar al acontecido.

## 7.7 Recomendaciones

Las recomendaciones comprenden una serie de estudios y proyectos, asociados al área de la ingeniería geotécnica y geología, que tienen como objetivo ampliar nuestro entendimiento de los fenómenos ocurridos y aportar soluciones ingenieriles para poder controlar eventos de similar naturaleza en el futuro y reducir al mínimo los riesgos.

### *Análisis de columnas de sedimentos con C-14*

A fin de tener un conocimiento sobre la frecuencia con que este tipo de eventos ocurre, se recomienda realizar un análisis de las columnas de sedimentos de la planicie costera utilizando las técnicas del Carbono 14 para estimar el período de retorno del evento. Estos análisis se pueden efectuar sobre muestras de sedimentos tomadas en las partes bajas de las quebradas, donde los efectos de la socavación dejó expuestas paredes de aluviones antiguos, o sobre muestras tomadas de perforaciones que se ejecuten en las zonas de deposición de las quebradas.

### *Levantamiento geológico de superficie*

Se debe realizar un levantamiento geológico de superficie de detalle o semidetalle, dependiendo de las obras e intervenciones futuras y políticas a instrumentar. Se deberá incluir la determinación de perfiles típicos de meteorización por sectores, para lo cual se podrán usar métodos de refracción sísmica y perforaciones complementarias de verificación. Así mismo, se recomienda hacer ensayos *cross-hole* para la medición de propagación de ondas de corte en los materiales depositados en los conos de deyección, a fin de determinar el comportamiento de respuesta sísmica de estos materiales.

### *Estudio geodinámico y catastro de movimientos de masa*

Se debe realizar un levantamiento de los movimientos de masa ocurridos, su clasificación, estimaciones de cantidades de material movido, ubicación de las fuentes de los distintos materiales de aporte, clasificación de los materiales según sus características, posible uso, y ubicación de posibles sitios de deposición. Dadas las grandes cantidades de movimientos de masa ocurridos en el Litoral, se hace atractiva la utilización de sistemas de información geográfica (GIS) para el procesa-

miento y mapeo de datos. Se recomienda considerar la posibilidad de entrenamiento de personal venezolano con el US Geological Survey para implantar este tipo de sistema. Este proyecto, no sólo ayudará a explicar en forma clara y precisa la dinámica de los movimientos ocurridos, sino que además aportará información básica indispensable para la ejecución de proyectos de mitigación para el control de torrentes y sedimentos en las cuencas.

#### *Plan de monitoreo pluviométrico y de movimientos de masa*

Se debe crear una red de pluviógrafos que abarque toda la cordillera del Litoral Central, en especial las cuencas que afectan las zonas pobladas. También se deberá revisar y ampliar la red hacia el lado sur de la cordillera para tener registros en la ciudad de Caracas. Así mismo, se debe instrumentar a futuro un monitoreo de las lluvias y su correlación con la ocurrencia de movimientos de masa. El establecimiento de correlaciones de este tipo permite diseñar planes de prevención y sistemas de alarma.

#### *Diseño de obras de ingeniería para el control de torrentes*

Se debe realizar un estudio de factibilidad de construcción de obras para el control de torrentes y sedimentos, drenajes y canalización de aguas hacia el mar. Este estudio debe contemplar una evaluación del posible uso de los peñones depositados en la costa para la construcción de dichas obras. Este tipo de solución ha sido utilizado con éxito desde hace más de cuatro siglos en países como Japón y Austria, y también ha sido utilizado en España, Suiza, Italia, Brasil, Bolivia, Nigeria, Estados Unidos y otros países. Básicamente, este sistema consiste en construir una secuencia de presas permeables en las gargantas de las cuencas para propiciar la retención de sedimentos (Suárez, 1993). Las presas no sólo retienen los sedimentos, sino que además reducen la pendiente promedio del cauce, disminuyendo considerablemente la capacidad del torrente para transportar sedimentos y piedras de gran tamaño (Figura 7.10). En aquellas quebradas donde los torrentes transportan peñones grandes, se suele construir una primera presa abierta que solamente retiene los peñones y deja pasar los sedimentos, los cuales son retenidos en las presas aguas abajo (Foto 7.11). Dadas las grandes cantidades de peñones depositados por los flujos torrenciales, se propone aprovechar este material para hacer las presas de gaviones (Figura 7.11). Es de hacer notar que la remoción de peñones en el Litoral ya es de por sí bastante costosa, y que de realizarse este proyecto, los costos de transporte de material a los sitios de presa constituyen un porcentaje alto del proyecto, que de todas maneras habría que pagar para remover los peñones a sitios de bote. También es importante destacar que existe una presa de gaviones de 12m de altura para el control de torrentes en la quebrada Curucutí, la cual tuvo un buen comportamiento durante la crecida del torrente de la quebrada, creando un remanso de sedimentos aguas arriba (Fotos 7.12 y 7.13). De haberse construido una secuencia de varias presas iguales a lo largo del cauce de la quebrada, los efectos

Figura 7.10  
Estabilización de un torrente con presas escalonadas (según Suárez, 1993)

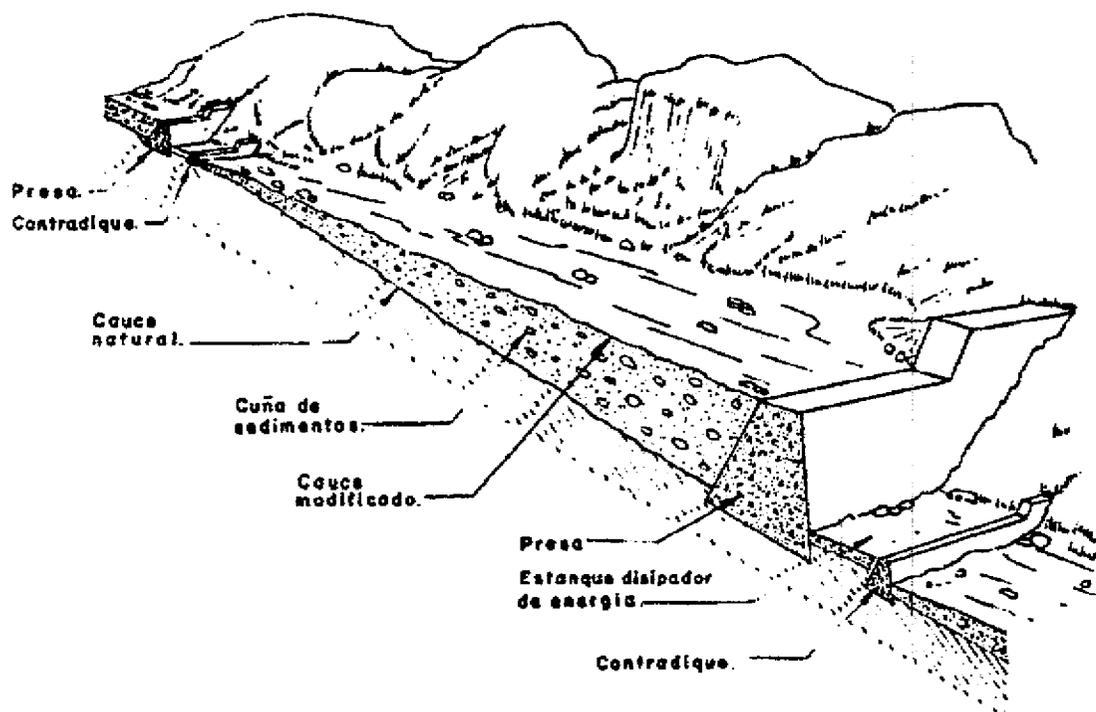


Figura 7.11  
Presa de gaviones con disipador de energía para la corrección de torrentes  
(cortesía de Maccaferri)

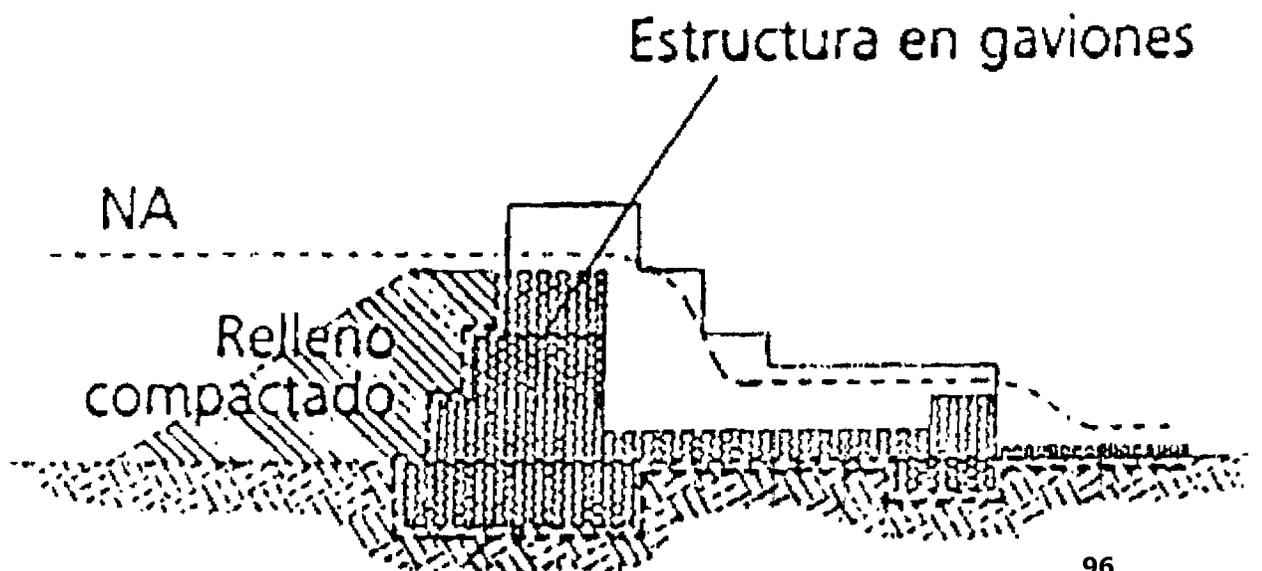


Foto 7.1

Deslizamiento de cuña de roca en las zonas altas de la cuenca de la quebrada El Cojo. Nótese la presencia de cicatrices anteriores en la zona superior

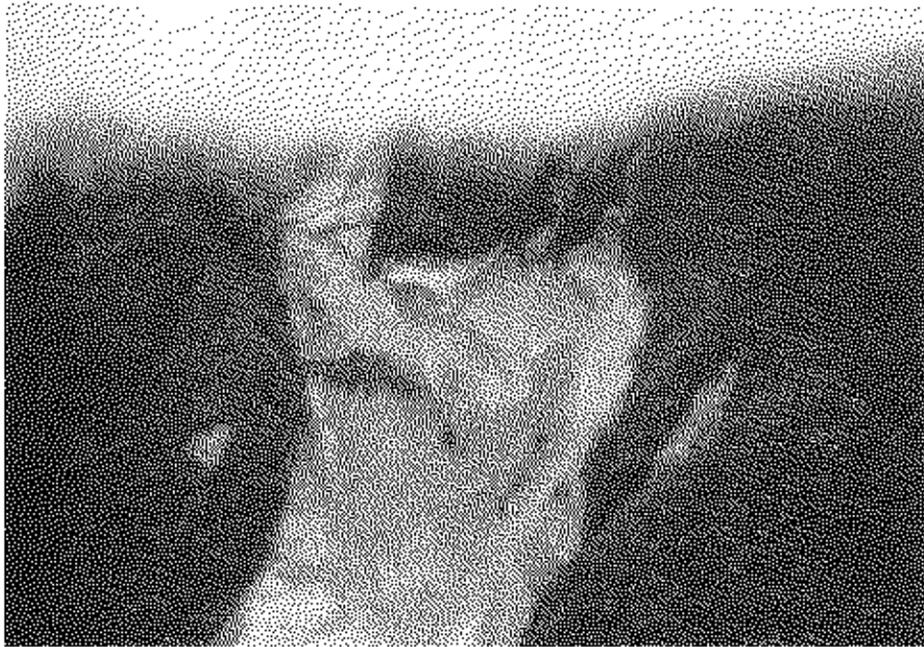


Foto 7.2  
Deslizamiento planar en las zonas altas de pendientes muy abruptas

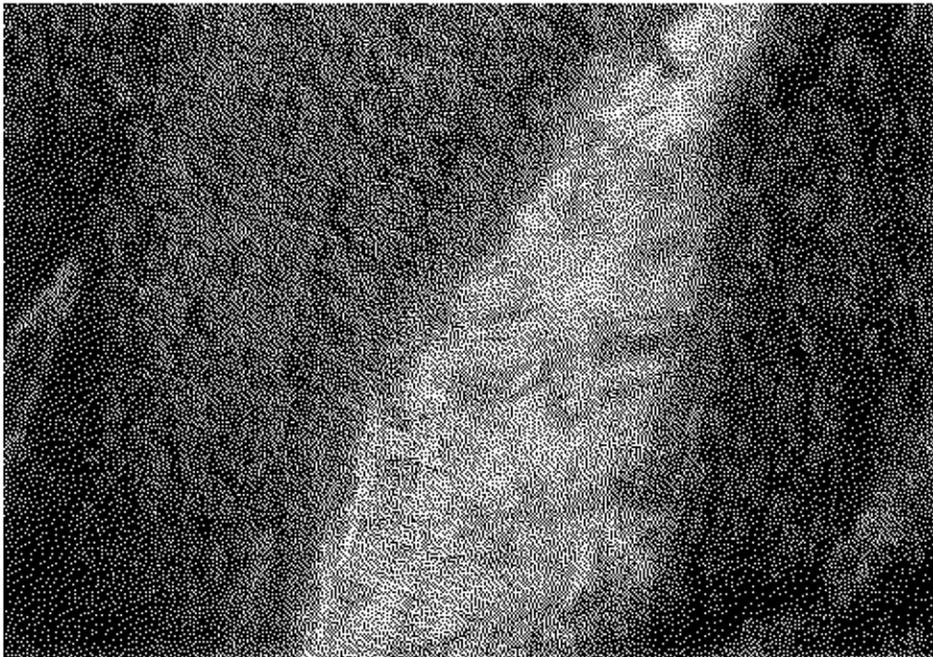


Foto 7.3  
Flujo de detritos y bloques de roca en las zonas altas de la cordillera



Foto 7.4  
Flujo de bloques de roca en afluentes de la quebrada Galipán

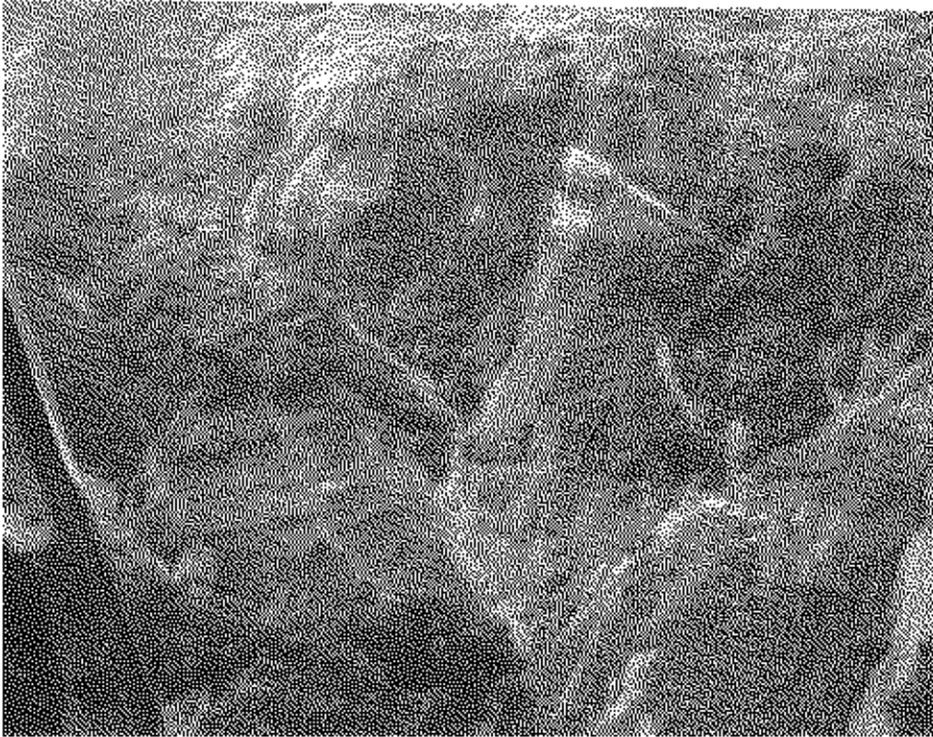


Foto 7.5

Flujos de lodo en las zonas bajas de la cordillera y flujo torrencial en el cauce de la quebrada



Foto 7.6

Carretera del Litoral completamente tapiada por los flujos de lodo

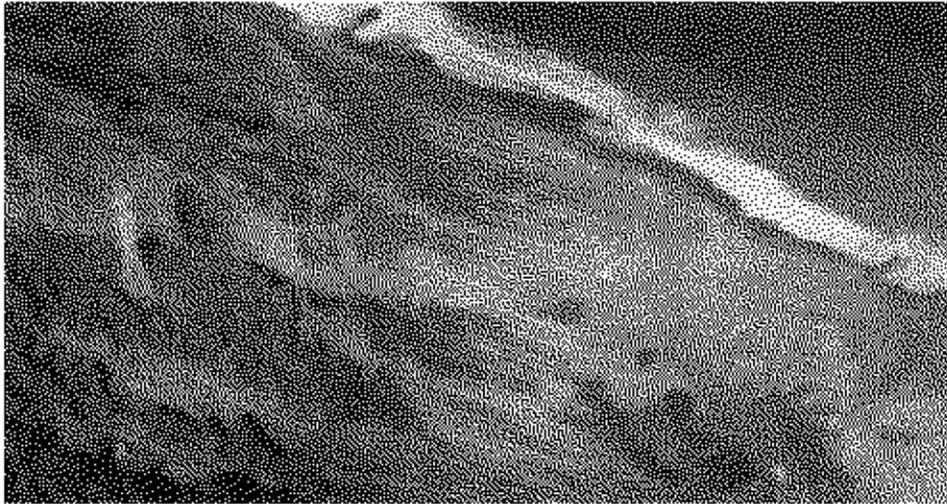


Foto 7.7

Deslizamiento complejo, de considerable magnitud, aportando material al cauce de la quebrada

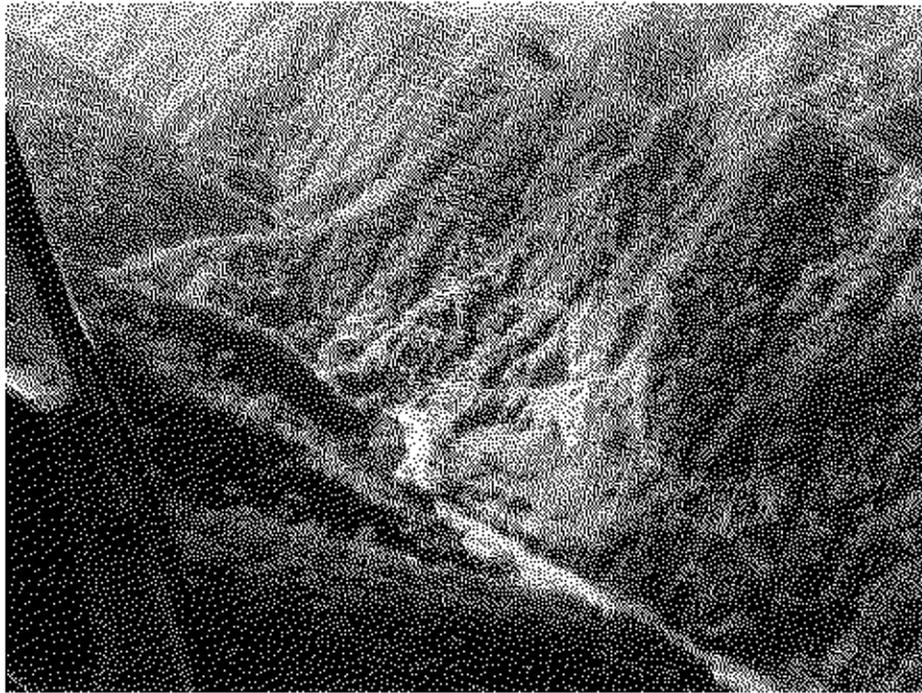


Foto 7.8

Flujos de detritos y bloques de roca en el cauce de la quebrada Uria. Nótese los aportes por desprendimiento de bloques de roca de una ladera casi vertical

