

ALEJANDRO MUGUERZA ARMADA

Aguas Arriba del Flujo Torrencial

Un análisis Geotécnico-Meteorológico de la tragedia de Vargas

Caracas 2009

Dedicado a los que se fueron

Contenido

3 PRESENTACIÓN

4 PRÓLOGO

6 El Relieve

La Cordillera de la Costa: Cómo se ve desde Caracas, Cómo se ve desde el litoral.

9 El Clima

Los meses de verano en la cordillera de la costa y factores que alteran las buenas condiciones del tiempo.

18 Los ríos y quebradas al oeste del litoral

Los daños que ocasionaron estos cursos de agua en sus márgenes, difieren significativamente de los del este.

24 Río Camurí Chico

Hace miles de años, este río este río desembocaba en el mar de manera muy diferente a la que hoy conocemos.

35 Río San Julián

Aguas Arriba de la Urbanización Los Corales, laderas del río poseen una inagotable reserva de bloques de gran tamaño que durante las crecientes podrían ser transportados hacia el mar.

55 Comentarios

Los errores resultantes de la falta de planificación de nuestras ciudades y desarrollos urbanos han traído fatales consecuencias a todos los estratos sociales.

56 Glosario

Un vistazo a los términos más usados: se recomienda a las personas que no están familiarizadas con la geología y geotecnia.

Presentación

La primera versión de esta publicación fue realizada por la Fundación Polar, en Caracas 2001 y dado que ya no será editada nuevamente, se presenta esta versión digital que está disponible para descargar por internet por www.aguasarriba.com a partir de diciembre de 2009, con algunos pequeños cambios respecto de la primera edición.

La presentación dada a esta publicación por la Fundación Polar fue la siguiente:

Dedicado a los que se fueron, víctimas de imprevisiones, negligencias, ignorancias y apremios de necesidades, el estudio nos muestra en primer término un análisis del relieve y el clima de la Cordillera de la Costa en el litoral central, y luego nos lleva a un recorrido ascendente por los cursos fluviales más importantes de la zona, especialmente los ríos Mamo, Camurí Chico y San Julián, aledaño este último de la Urbanización Los Corales. Las causas del desastre se ven nítidas y son expuestas con sencillez y precisión.

La utilidad de este opúsculo es evidente, sobre todo para los residentes en áreas críticas, autoridades y profesionales de la construcción, pues, como indica el autor, puede ayudar a elegir sitios más seguros para ciudades o urbanizaciones y a definir zonas de refugio para los poblados establecidos en lugares de riesgo.

Por tal razón el libro que hoy entregamos se inscribe con dignidad en nuestra línea editorial y mantiene el nivel de orgullo legítimo que esa labor imprime la Fundación Polar.

INVESTIGACIÓN

Alejandro Muguerza Armada

REVISIÓN TÉCNICA

Graciano Elizalde

Aníbal Rosales Hernández

Luis Felipe García

FOTOGRAFÍAS

Alejandro Muguerza Armada

FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Estereofoto, C.A.

Instituto Geográfico Venezolano, Simón Bolívar.

Satélite Goes-8

Prólogo

Los flujos torrenciales catastróficos del 15 y el 16 de diciembre de 1999 en el Estado Vargas y en zonas del Área Metropolitana de Caracas, generaron lo que puede ser catalogado como el desastre más importante del siglo XX en nuestro país. Considerando el alto volumen de sedimentos y de grandes bloques de rocas transportados, el evento de 1999 ha sido clasificado como el flujo torrencial más grande inducido por lluvias entre todos aquellos que han sido documentados a nivel mundial. Por esta razón, cualquier publicación asociada a este tema, tal como la elaborada por el Ing. Alejandro Muguerza Armada, tiene una especial significación como documentación histórica de tan importante evento.

Es justo reconocer la labor de los profesionales que se interesaron por estudiar un evento tan poco frecuente entre nosotros, y se dedicaron a recorrer un evento tan poco frecuente entre nosotros, sólo por curiosidad profesional, las cuencas afectadas por los mencionados flujos torrenciales. Realizar tal actividad ameritaba levantarse muy temprano durante muchos días e iniciar los recorridos desde la línea de la Costa hasta la parte más alta de las diferentes cuencas, o hasta el punto las condiciones físicas individuales lo permitieran. Alejandro Muguerza no sólo fue uno de los profesionales que realizó tales actividades, sino que con acuciosidad y detalle, y poniendo en práctica el "método observacional" lo que a mi juicio constituye una de las más preciadas virtudes que debe tener un ingeniero geotécnico, logró captar en toda su dimensión las características del evento. Luego fue aún más allá, recopiló todos sus hallazgos e interpretaciones y elaboró este extraordinario trabajo que me honro en prologar, el cual tituló "Aguas Arriba del Flujo Torrencial. Un análisis geotécnico-meteorológico de la tragedia de Vargas".

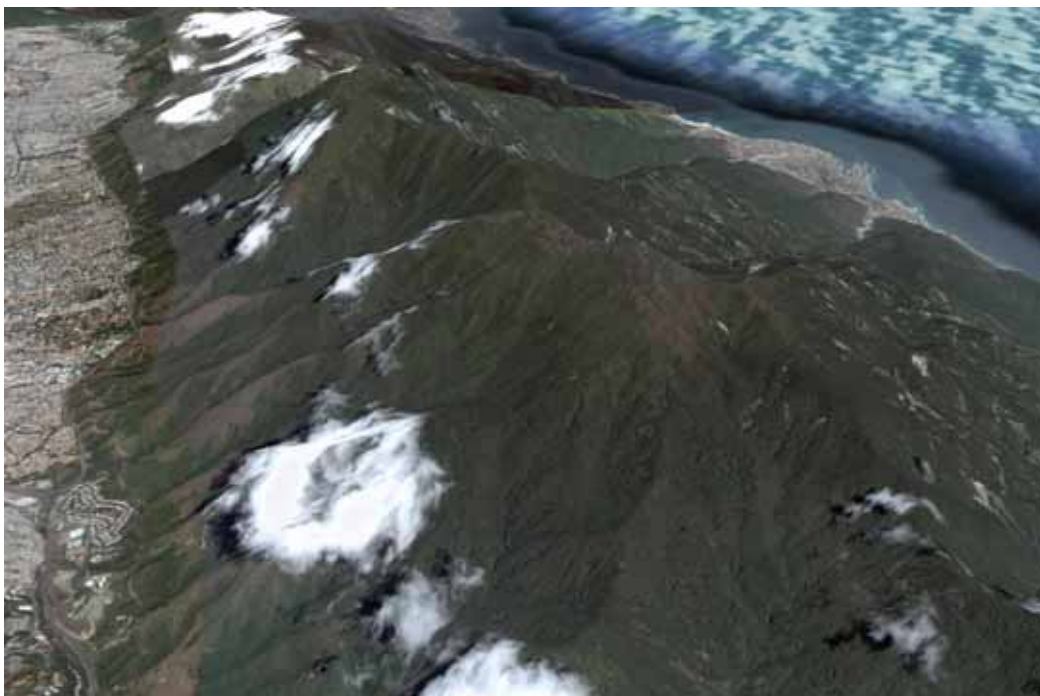
El trabajo de Alejandro tiene muchos meritos, no sólo por su contenido técnico y la extraordinaria calidad de la fotografía, sino por encontrar la forma de expresar en terminología sencilla un evento tan complejo para pudiera ser leído y entendido por cualquier persona interesada en saber que fue lo que ocurrió en esos días de diciembre de 1999, en los cuales lamentablemente se perdieron tantas vidas de familias venezolanas.

Como profesor de postgrado en cursos de geología e ingeniería de rocas, los cuales dicto en la Universidad Simón Bolívar puede apreciar la especial capacidad técnica de Alejandro y su versatilidad en el uso de las herramientas geotécnicas. Predije en ese momento que estaba en presencia de un profesional joven con un futuro promisor y con un interés y dedicación especial a su profesión. Por tal razón, ha sido un honor para mí que me haya seleccionado para dar paso a esta excelente publicación, la cual

es una significativa contribución al conocimiento de una de las más importantes amenazas naturales, así como los aspectos asociados a la vulnerabilidad y riesgos que presentan algunas comunidades ubicadas en el litoral central de Venezuela.

Daniel Salcedo Rodríguez

El Relieve



1. Vista de la cordillera de la costa de este a oeste. A la derecha la costa (0 msnm) a la izquierda Caracas (1000 msnm). Imagen de Google Earth.

EL RELIEVE: PARA COMPRENDER LOS PROCESOS OCURRIDOS DEBEMOS COMENZAR POR CONOCER EL RELIEVE DE LA CORDILLERA DE LA COSTA EN LA REGIÓN NORTE CENTRO DE VENEZUELA

La Cordillera de la Costa del litoral central venezolano, está compuesto por una cadena de montañas que se extienden en dirección este-oeste y es relativamente angosta en dirección norte-sur, con cimas comprendidas entre 1.500 y 2.700 metros sobre el nivel de mar (msnm). Al norte de la Cordillera se encuentran el mar Caribe y sus zonas costeras, con alturas de 0 a 50 msnm, asiento de varias poblaciones que conforman el Estado Vargas y del puerto y el aeropuerto principales de Venezuela. Al sur se abre el valle de Caracas, circuido por elevaciones de entre 700 y 900 msnm.

Si durante un día despejado de verano observamos desde Caracas la cordillera, apreciamos cómo el relieve cambia de manera muy brusca de una montaña a un valle; sin embargo, desde las costas del Estado Vargas este cambio tan brusco no se puede apreciar. Por qué? Por la misma razón por la que no podemos observar la antena que está sobre el techo de un edificio desde la salida de éste en la planta baja. Para poder ver dicha antena tenemos que apartarnos del edificio hasta que la visual alcance un ángulo que nos permita verla.

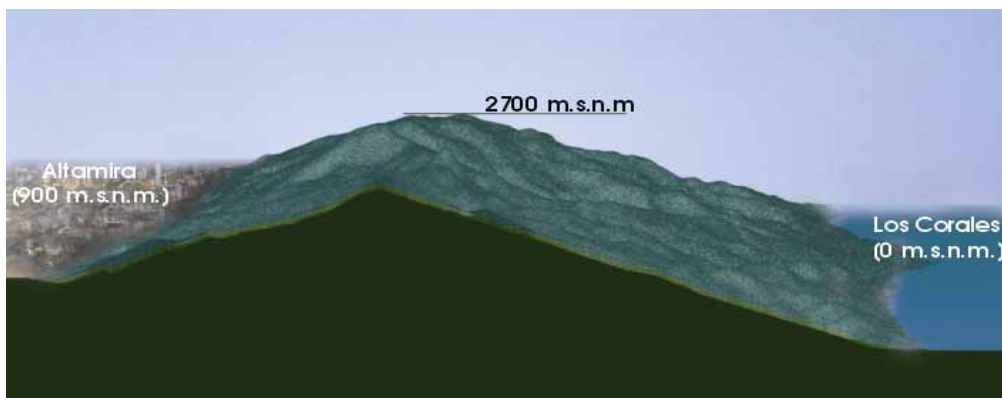


2. Paisaje de Manuel Cabré, 1975, El Ávila (desde Caracas). Por qué no es frecuente encontrar cuadros de la Cordillera de la Costa, por ejemplo desde Macuto, similares a esta monumental pintura?

Si observamos la cordillera desde algún punto del Estado Vargas (sería como estar en la planta baja y muy cerca del edificio) nuestro campo visual estaría limitado por las montañas inmediatas y no se podría ver las cimas más altas. Si deseamos apreciar éstas debemos tomar una embarcación e irnos mar adentro, hacia el norte, con el fin de alcanzar un ángulo que nos dé la perspectiva necesaria. Resulta curioso, pero pintores venezolanos como Manuel Cabré o Armando Reverón (vinculado vivencialmente con la Guaira) nunca pintaron la Cordillera de la Costa desde el litoral. Mas lo cierto es que desde el mar, al norte del Estado Vargas, la cordillera se muestra entre 700 y 900 metros mayor que desde el valle de Caracas.

Cuando se producen lluvias sobre la Cordillera de la Costa, éstas se transforman en flujos superficiales y subterráneos, unos en sentido norte, hacia el litoral, y otros en sentido sur, hacia Caracas. Pero las diferencias de relieve y extensión entre uno y otro lado, determinan que los cursos de agua que drenan hacia el mar sean más importantes que los orientados hacia la capital de la República. En otras palabras, suponiendo una lluvia de igual intensidad y duración sobre la superficie de la cordillera, las crecientes de los ríos o quebradas del litoral son de una magnitud significativamente mayor que las de los que drenan hacia Caracas.

En virtud de ello, se ha podido determinar, mediante la interpretación geológica de la superficie del valle de Caracas, que antes de la llegada de los españoles a América, en lugares próximos al pie de la Cordillera de la Costa, se produjeron flujos torrenciales similares a los fenómenos ocurridos en el Estado Vargas en diciembre de 1999.



3. Perfil de la costa desde la Urb. Los Corales hasta Altamira y La Castellana en Caracas. Desde el mar, a 0 msnm la cordillera puede verse más grande que desde Caracas (perspectiva a partir de topografía real).

El Clima



1. Imagen de la tierra desde el satélite Goes-8. Las manchas blancas en la fotografía muestran las concentraciones de nubes, y Venezuela, arriba del centro de la figura, está totalmente despejada. Esta condición de baja nubosidad de Venezuela es típica de la estación seca desde noviembre hasta abril. La imagen fue tomada el 25 de diciembre de 1999.

EL CLIMA: LOS MESES DE LA ESTACIÓN SECA EN VENEZUELA SE EXTIENDEN DE NOVIEMBRE A MARZO; SIN EMBARGO, LAS LLUVIAS DE DICIEMBRE DE 1999 FUERON EQUIVALENTES A TRES VECES LA SUMA DE LAS LLUVIAS OCURRIDAS EN UN AÑO

LA RADIACIÓN solar con su variación de altura y ángulo de incidencia sobre la tierra, induce a ajustes y transportes de energía que generan déficit energético en los polos, con aire frío pesado ejercedor de alta presión; y exceso de energía en el ecuador, con aire caliente y liviano, que asciende fácilmente para formar nubes y ejercer baja presión. Estas diferencias de energía junto con el movimiento de rotación de la tierra sobre su propio eje, terminan por generar las fuerzas que actúan sobre el campo de los vientos, particular para cada lugar y momento sobre la tierra.

Ahora, para establecer cómo se desplazan los vientos podremos recurrir a un ejemplo sencillo. Los fluidos son los materiales o sustancias que se encuentran en estado líquido o gaseoso y responden en líneas generales a las mismas leyes físicas. Es decir, que el aire y el agua son fluidos. Cuando ingerimos el líquido de una botella mediante un pitillo, estamos haciendo que el líquido se mueva desde el recipiente a nuestra boca por obra de la succión que producimos. En términos técnicos, el líquido se ha desplazado gracias a que ha sido sometido a dos presiones diferentes, la presión alta en el recipiente y la presión baja en la boca. De la misma manera, los vientos (el aire) se desplazan desde las zonas de alta presión, asociadas a buen tiempo atmosférico, a las de baja presión, asociadas a mal tiempo.

Durante los días de la estación seca, las costas venezolanas están entre dos zonas: las presiones altas al nordeste de las costas venezolanas y las bajas al suroeste del trópico. De esta manera se establece una amplia faja de vientos provenientes del este-nordeste, denominados alisios, los cuales son muy estables.

Estos vientos determinan la manera como despegan o aterrizan frecuentemente los aviones en el aeropuerto de Maiquetía, que como se ha podido observar es de izquierda (oeste) a derecha (este) cuando vemos el aeropuerto desde tierra firme hacia el mar (norte). La razón por la cual los aviones y algunas aves despegan o aterrizan en contra del viento, es porque aprovechan la fuerza que el aire ejerce sobre las alas para sustentar su peso, logrando así mayor facilidad de maniobra para el aterrizaje o el despegue.



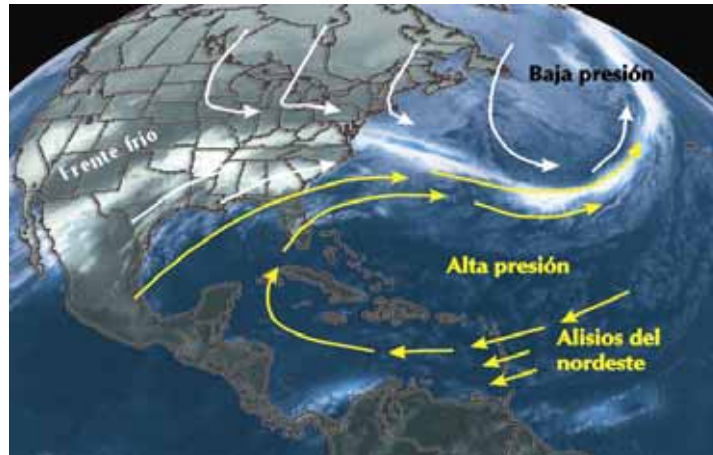
2. Vista del Aeropuerto de Maiquetía en la que se muestra la manera como frecuentemente despegan los aviones en contra de los vientos que se mueven de este a oeste. Imagen de satélite en blanco y negro, colores según el autor.

Para estudiar los cambios meteorológicos ocurridos en las costas venezolanas entre el 17 de noviembre y el 16 de diciembre de 1999, recurriremos a imágenes de satélites que vigilan constantemente desde el aire la cobertura de nubes. El satélite que cubre el este del continente americano y el océano Atlántico es el GOES-8, administrado por la National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), del gobierno norteamericano.

Las imágenes que utilizaremos son las denominadas infrarrojas, que están relacionadas con la emisión de calor o temperatura. En las imágenes infrarrojas generalmente se usa el color blanco para las nubes más altas y de gran desarrollo vertical y los tonos grises para las nubes más bajas. Sin embargo, para facilitar las explicaciones se les ha dado color a las imágenes.

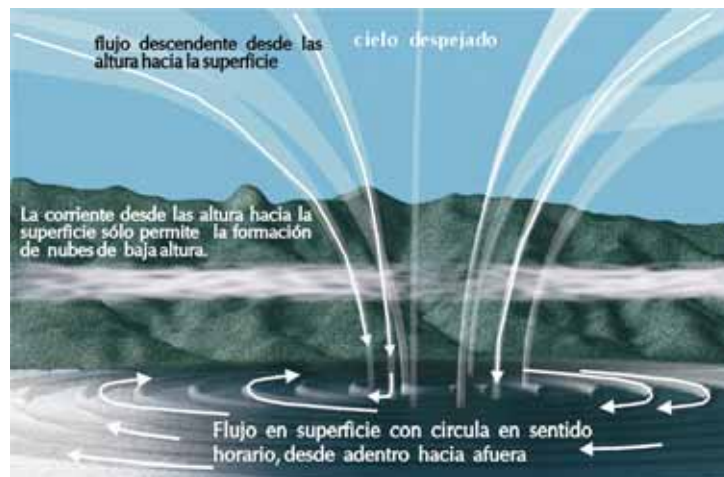
3. Condición típica entre noviembre y abril.

La persistencia de los vientos alisios del noreste es representada por las líneas amarillas. Al norte de Venezuela se encuentra un frente frío (flechas blancas) que se destaca por las nubes alineadas en el sentido este-oeste.



4. Fenómeno de subsidencia típica entre noviembre y abril.

La circulación de aire desde las alturas hacia la superficie impide la formación de nubes de lluvia.



5. Imagen del 17 de noviembre de 1999.

El paso del huracán Lenny ocasionó cambios en el patrón de los vientos alisios, y en consecuencia en esos días los aviones aterrizaban en sentido inverso a como generalmente lo hacen.



6. Imagen del 3 de diciembre de 1999.

La banda de nubes que se orienta casi norte-sur es la misma que en buenas condiciones climáticas se orienta este-oeste al norte de Venezuela (figura 3).

En consecuencia, llegan a las costas venezolanas nubes provenientes del norte con una masa importante de aire frío.



7. Avance de un frente frío por el mar Caribe.

En la medida en que se desplaza de norte a sur se favorece la formación de nubes por el contacto entre las masas de aire frío y una de aire húmedo relativamente tibio en el Caribe. t



8. Cuando las masas de aire frío y nubes alcanzan la cordillera, se ven forzadas a ascender, disminuir su temperatura en la altura y saturarse, pasando el exceso de humedad a formar nubes con precipitaciones persistentes y estacionarias en las laderas. t



A continuación analizaremos una secuencia de imágenes y figuras en las que se intenta representar el curso de los cambios meteorológicos ocurridos entre noviembre y diciembre de 1999. Es importante recordar que los fenómenos que a continuación se describen han ocurrido en las costas venezolanas en muchas oportunidades durante la estación seca, siendo el más reciente el ocurrido en febrero de 1951.

Entre noviembre y abril (temporada seca), Venezuela está bajo la influencia de las altas presiones subtropicales, con predominio de los vientos alisios, provenientes del este-nordeste, con días frescos que reflejan la influencia fría del norte (invierno) y con baja humedad.

Al final de este período los días siguen siendo secos, pero la temperatura aumenta por la incidencia de una radiación más directa. En general, los días son despejados y sin precipitaciones. Las razones del buen tiempo se deben a las elevadas presiones, que implican, en el plano horizontal, una circulación de vientos en el sentido de las agujas del reloj; mientras que en la altura está asociada a un flujo de vientos de arriba hacia la superficie, que bloquea el ascenso de aire húmedo para formar nubes. Este fenómeno lo denominan los meteorólogos subsidencia. Pero, como ya sabemos, las lluvias excepcionales en diciembre de 1999, ocurrieron en la estación seca. Es decir, que durante el período noviembre-abril pueden ocurrir cambios climáticos significativos.

Entre los días 15 y 19 de noviembre de 1999 se desplaza por el Caribe el huracán Lenny, con una trayectoria anómala de oeste a este, ya que generalmente se desplazan en sentido inverso. Esta perturbación tropical cambió el patrón de los vientos alisios del nordeste a vientos de procedencia occidental.

Los huracanes se identifican en las imágenes de satélite por las formaciones nubosas de gran desarrollo vertical alrededor de un ojo, y por las espirales de nubes que los bordean. El paso de los huracanes por el Caribe generalmente no tienen incidencia directa sobre las costas venezolanas, aunque el cambio del patrón de vientos puede producir gran reactivación de las lluvias.

Esta situación se mantuvo en el Caribe al menos hasta el día 26 de noviembre, y para inicios de diciembre, un flujo del oeste, a gran altura, proveniente de Centroamérica, generó bandas de nubes sobre el Caribe, con influencia en precipitaciones sobre toda la costa norte del país.

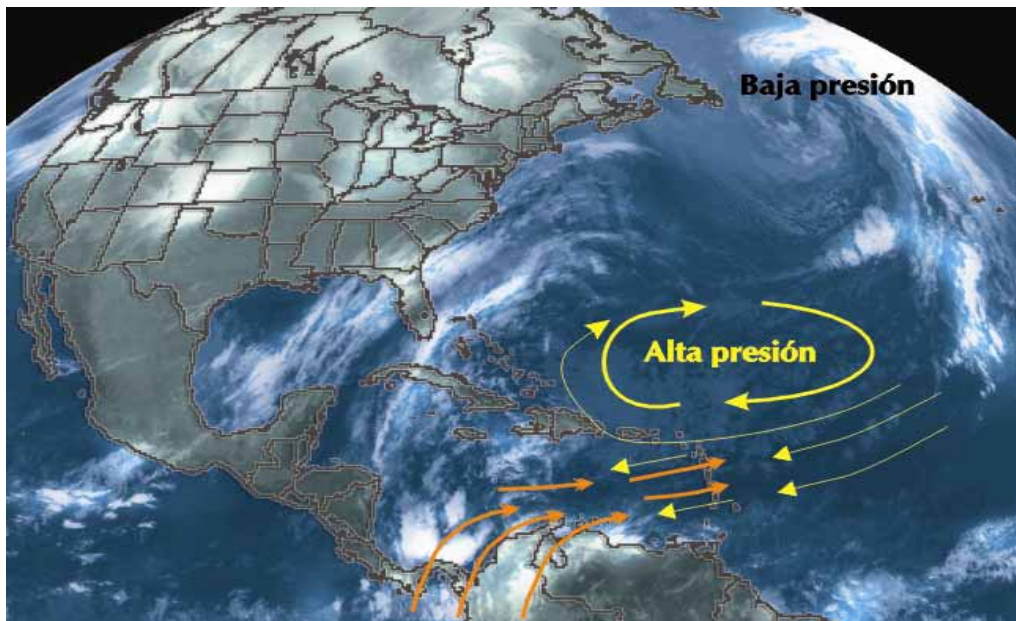
Otra situación meteorológica que puede modificar las condiciones de buen tiempo en los meses de la estación seca, ocurre cuando la presión no es capaz de contener esa masa de aire frígido y húmedo que se desplaza desde el norte denominado frente frío, de manera que éste eventualmente llega a costas venezolanas. Eso ocurrió entre los días 1 y 3 de diciembre.

En la mayoría de los casos los frentes fríos se debilitan antes de llegar a las costas venezolanas; sin embargo, a veces logran modificar las condiciones del clima en la temporada seca en el país y producir mal tiempo. Los frentes fríos se identifican en las imágenes de satélites por la existencia de una lineal y estrecha banda de nubes, que separan dos masas de aire con características físicas diferentes y donde predomina el avance del aire frío proveniente del norte sobre el aire tibio existente en el sur. La superposición de una masa de aire frío sobre un mar tibio y una atmósfera baja, cargada de humedad, obliga a que la masa de aire ascienda al encontrar la barrera que forma la Cordillera de la Costa. Esta masa de aire muy húmedo, al ascender, disminuye su temperatura y su capacidad de carga hídrica, y entonces el exceso de vapor de agua pasa al estado líquido, formando gotas y nubes.

Continuemos utilizando nuestros ejemplos. Cuando estamos en un vehículo a por ejemplo 100 Km/h y abrimos al menos dos ventanas, cualquier papel suelto que esté en el interior saldrá volando. Por qué? El aire que pasa por el exterior de la ventana se desplaza a gran velocidad (baja presión) y succiona al que está en el interior (alta presión), lo que ocasiona que salga un flujo superior al que entra.

A partir del 08 y hasta el 16 de diciembre de 1999, además de los restos de frente frío, se pudieron medir, por medio de algunos recursos meteorológicos, corrientes de aire en las partes altas de la atmósfera en sentido sudeste (lo suficientemente altas como para que no las sintiéramos en tierra) y sobre los vientos alisios. Estas corrientes succionan el aire húmedo de las partes bajas de la atmósfera (interior del vehículo), en otras palabras, ayudan al ascenso del aire desde la superficie a las alturas y facilitan la formación de nubes en bandas orientadas en torno al eje del viento máximo. Este fenómeno mediante el cual se forman nubes lo denominan los meteorólogos divergencia en altura, y su efecto podría magnificar aún más las lluvias debido al obstáculo que representa la Cordillera de la Costa para las nubes formadas durante el proceso. Los efectos de este fenómeno fueron precipitaciones permanentes, transformando nubosidad de mediano desarrollo en nubosidad de gran desarrollo vertical asociada con chaparrones y tormentas eléctricas.

Para los días 15 y 16 de diciembre, cuando se producen las lluvias de mayor intensidad y duración, las nubes parecen provenir del suroeste, desplazándose desde el estado Táchira hacia el norte, dando origen a divergencia y convirtiendo las nubes hacia la Cordillera de la Costa en nubes de mal tiempo en prácticamente toda la extensión.



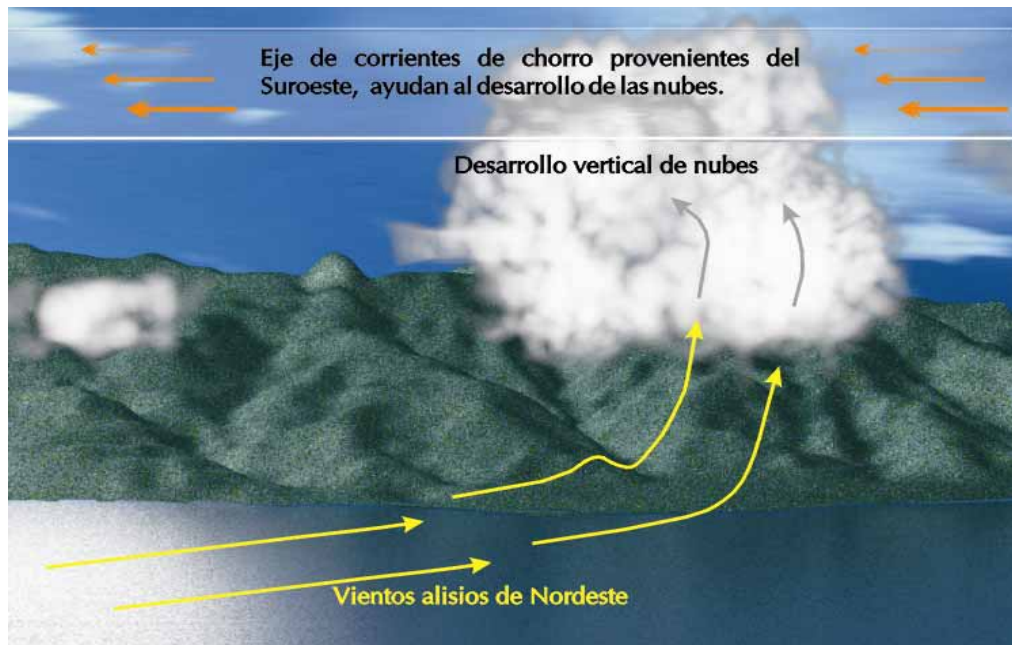
9. Imagen del 16 de diciembre de 1999. En las costas venezolanas se observa un fuerte avance de nubes provenientes del suroeste (Estado Táchira), así como vientos a gran altura (color anaranjado) y los alisios del nordeste a nivel de la superficie (en amarillo).

En los días que siguieron, los vientos alisios de componente nordeste regresaron a las condiciones normales de buen tiempo propias de los días de la estación seca, y la fuerte divergencia en la altura disminuyó, dejando de ejercer su acción desestabilizadora.

Las ideas anteriormente expuestas sobre los cambios climáticos ocurridos en diciembre de 1999 en las costas venezolanas, sintetizan criterios expuestos por algunos meteorólogos a raíz de las lluvias caídas entre noviembre y el 3 de diciembre.

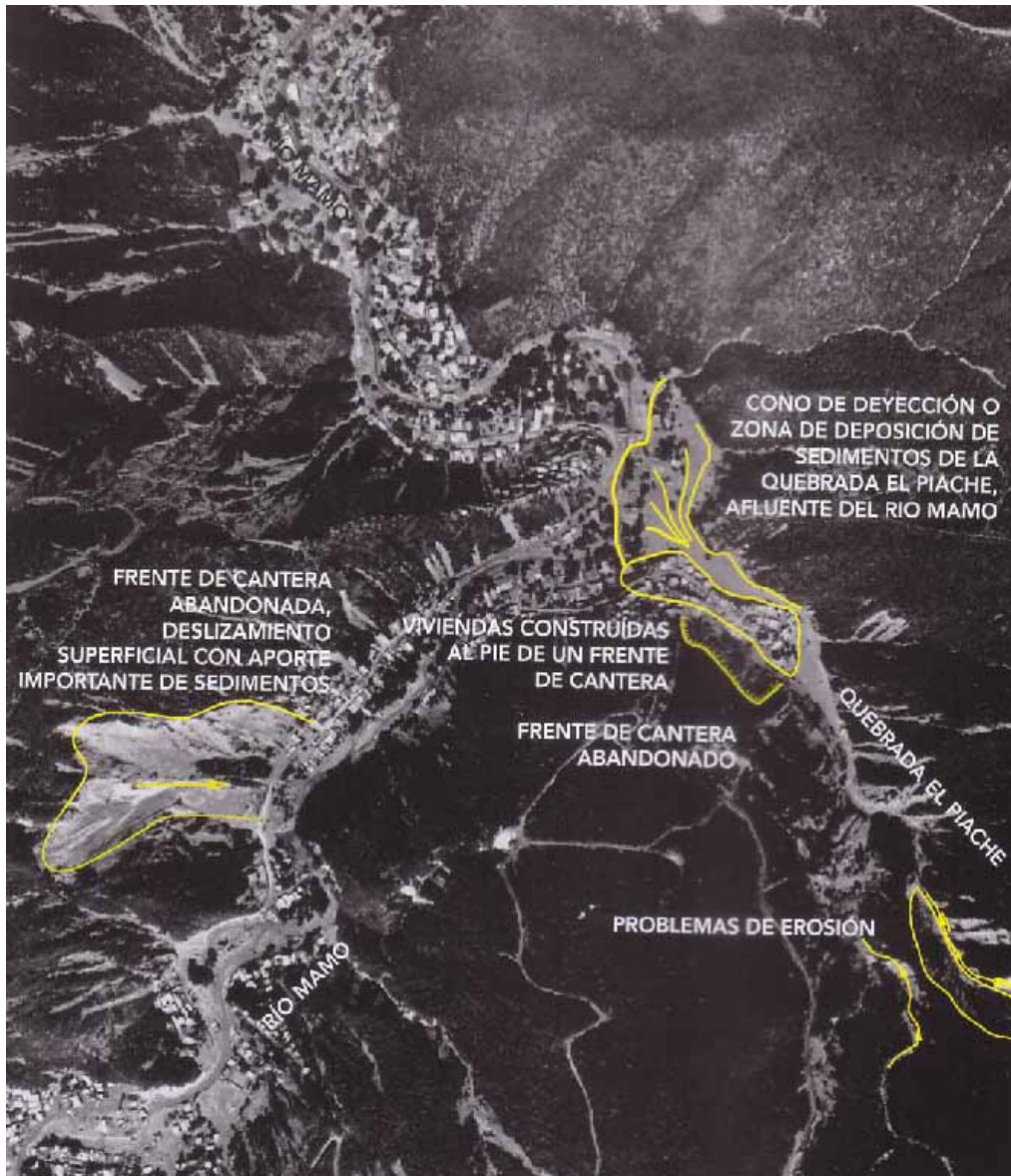
En la mayoría de tales informes se atribuye el origen de éstas a los mismos fenómenos climáticos. Sin embargo, sobre las caídas a partir del 8 y hasta el 16 de diciembre existen polémicas en los análisis de los especialistas, ya que algunos las atribuyen a frentes fríos recurrentes y otros a divergencia en altura.

Una de las conclusiones importantes de las ideas anteriormente expresadas, es que la Cordillera de la Costa ofrece una barrera a los cambios climatológicos que ocurren al norte de Venezuela, principalmente en los niveles bajos y medios de la atmósfera, y ello establece una condición de riesgo muy particular para las poblaciones que se ubican en la costa.



10. Imagen del fenómeno de divergencia. El viento en las partes altas de la atmósfera se desplaza a gran velocidad, superior a 45 Km/h, proveniente del suroeste. En consecuencia, succiona el aire húmedo de las partes bajas donde los alisios del nordeste se ven forzados a ascender por la Cordillera.

LOS RÍOS Y QUEBRADAS AL OESTE DEL LITORAL



1. **Fotografía aérea**, río Mamo y quebrada El Piache. Uno de los sectores más afectados durante las lluvias de diciembre de 1999, no sólo por el desbordamiento de los cursos de agua sino también por los múltiples deslizamientos o laderas. (Fotografía Estereofoto, C.A)

LOS RÍOS Y QUEBRADAS AL OESTE DEL LITORAL: LOS PROBLEMAS QUE SE ORIGINARON EN ESTAS QUEBRADAS POR EFECTO DE LAS LLUVIAS DE DICIEMBRE DE 1999 DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE DE LOS QUE OCURRIERON EN LAS QUEBRADAS DEL ESTE

EN LAS MÁRGENES de cada una de las quebradas al oeste del litoral central, se concentra una población de alta densidad y bajos recursos económicos. Una de las zonas más pobladas es la comprendida entre la quebrada La Zorra y el río Mamo, incluyendo sus afluentes. Durante las lluvias de diciembre de 1999. Muchos de estos asentamientos sufrieron serios daños por la crecida de los cursos de agua. Sin embargo, a pesar de la alta densidad poblacional, los daños fueron mucho menores que los ocurridos al este del litoral, y no sólo por el hecho de que la intensidad de las lluvias fue menor.

El crecimiento de estas poblaciones ha sido totalmente anárquico, por cuanto la implantación de las viviendas se efectuó sin control por parte del Estado. En quebradas como La Zorra, en la medida en que se asciende, el cauce es más estrecho y las laderas que lo limitan son de pendiente abrupta; en consecuencia, a partir de cierto punto las viviendas son construidas prácticamente en el cauce de la quebrada.

Un aspecto importante es que la pendiente promedio del cauce de estas quebradas es menor que en las quebradas al este del litoral, lo que determina que el descenso del agua sea más lento. Otro punto muy relevante es que los sedimentos arrastrados muestran grandes bloques, dado que las rocas que conforman las laderas se encuentran muy fracturadas y además son muy foliadas y deleznales, por lo que los productos que resultan de su alteración son principalmente pequeños bloques, gravas, arenas y arcilla.

En líneas muy generales, la Cordillera de la Costa venezolana en el litoral central, desde un punto en el poblado de Macuto y hacia el oeste, está formada por rocas llamadas esquistos. En las quebradas y ríos que nos competen, los esquistos se encuentran muy fracturados, dada la abundancia de discontinuidades, y en consecuencia los fragmentos que se originan cuando falla una ladera, rara vez dan origen a bloques de tamaño apreciable. Si caminamos aguas arriba por el río Mamo, observamos que los sedimentos del río son de mayor tamaño en la medida en que ascendemos por el cauce, y ello se debe a que el río pierde capacidad de arrastre en tanto se aproxima a la costa, por lo que los fragmentos más grandes y pesados se quedan en la cuenca alta.



2. Viviendas destruidas por el río Mamo durante las lluvias de diciembre de 1999.



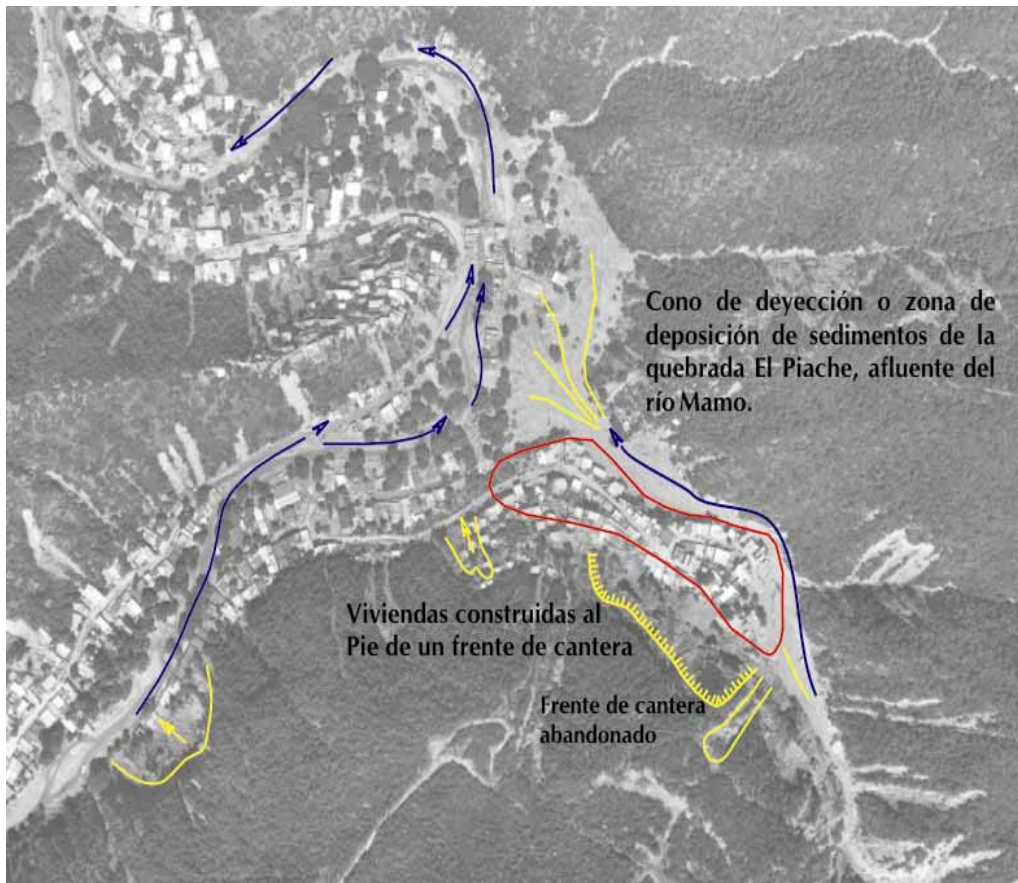
3. Macizo rocoso en la quebrada El Pozo, afluente del río Mamo, muy fracturado.



4. Cauce de la quebrada El Tigre, afluente del río Mamo. A lo largo de todo su eje el cauce se encuentra colmatado de fragmentos de rocas provenientes de esquistos, de pequeñas dimensiones, embutidas en arena y escasa arcilla.



5. Al excavar en el cauce de la quebrada El Tigre encontramos bloques de pequeñas dimensiones, grava, arena y escasa arcilla.



6. Fotografía aérea, quebrada El Piache después de las lluvias de 1999, detalle de la foto 1. Durante las lluvias las personas que habitan este sector quedan encerradas entre el río Mamo, la quebrada El Piache y los deslizamientos del frente de cantera.

Se podría decir que los principales daños a las poblaciones de este sector se han producido por la proliferación de viviendas muy cercanas a las márgenes de los cursos de agua, y que aun con crecientes de poca magnitud se pudieron haber producido daños.

El río Mamo es, de los de la Cordillera de la Costa, el más grande que desemboca en el mar. Su litología es semejante a la de la quebrada La Zorra, aunque a lo largo de su curso se encuentran afloramientos de calizas (rocas masivas que sirven de agregado para el concreto o enrocado). Durante las lluvias de diciembre de 1999, además de los problemas asociados con el desbordamiento del río y sus afluentes, ocurrieron en las laderas, importantes deslizamientos que ocasionaron daños considerables a las viviendas. Otro de los problemas que presenta este sector y que probablemente no se encuentra en otras quebradas o ríos cercanos, consiste en que cuando las canteras son abandonadas, sus terrenos son invadidos por viviendas. Las laderas o frentes de excavación de las canteras frecuentemente presentan problemas de desprendimientos de bloques, debido a que tienen fracturas adicionales ocasionadas por el uso de los explosivos. A pesar de ello, hoy, después de las lluvias de 1999, muchas familias continúan viviendo en esos terrenos.

Los problemas que ocurren en estos sectores, son similares a los que acontecen en muchos otros del litoral y de Caracas, donde se construyen residencias en áreas de riesgo conocido y el Estado venezolano, hasta los momentos, no ha podido controlar semejante crecimiento anárquico. Las poblaciones que corren el mayor riesgo son aquellas fundadas en lugares cuya topografía impide a sus habitantes resguardarse en lugares seguros en caso de crecientes de los ríos o quebradas. Tal es la situación de un poblado ubicado en las márgenes de la quebrada El Piache: fue fundado sobre los terrenos abandonados de un antiguo frente de cantera, y durante las lluvias de diciembre de 1999, e incluso con lluvias de menor intensidad y duración ocurridas en noviembre de 2000, sus habitantes quedaron prácticamente atrapados entre los cauces y sedimentos del río Mamo, la quebrada El Piache y los deslizamientos del frente de cantera. Es ésta una condición muy crítica, y poblados como éstos deberían ser desalojados.

Una de las obligaciones del Estado venezolano debería ser que los barrios o urbanizaciones sean fundados en zonas que, al menos, permitan a sus habitantes resguardarse en caso de contingencias naturales, a pesar de que no les sea posible garantizar la integridad de los bienes materiales.

Camurí Chico



1. Cauce principal del río Camurí Chico, en la parte intermedia de su cuenca. El agua descende por afloramientos de roca y el aluvión es escaso.

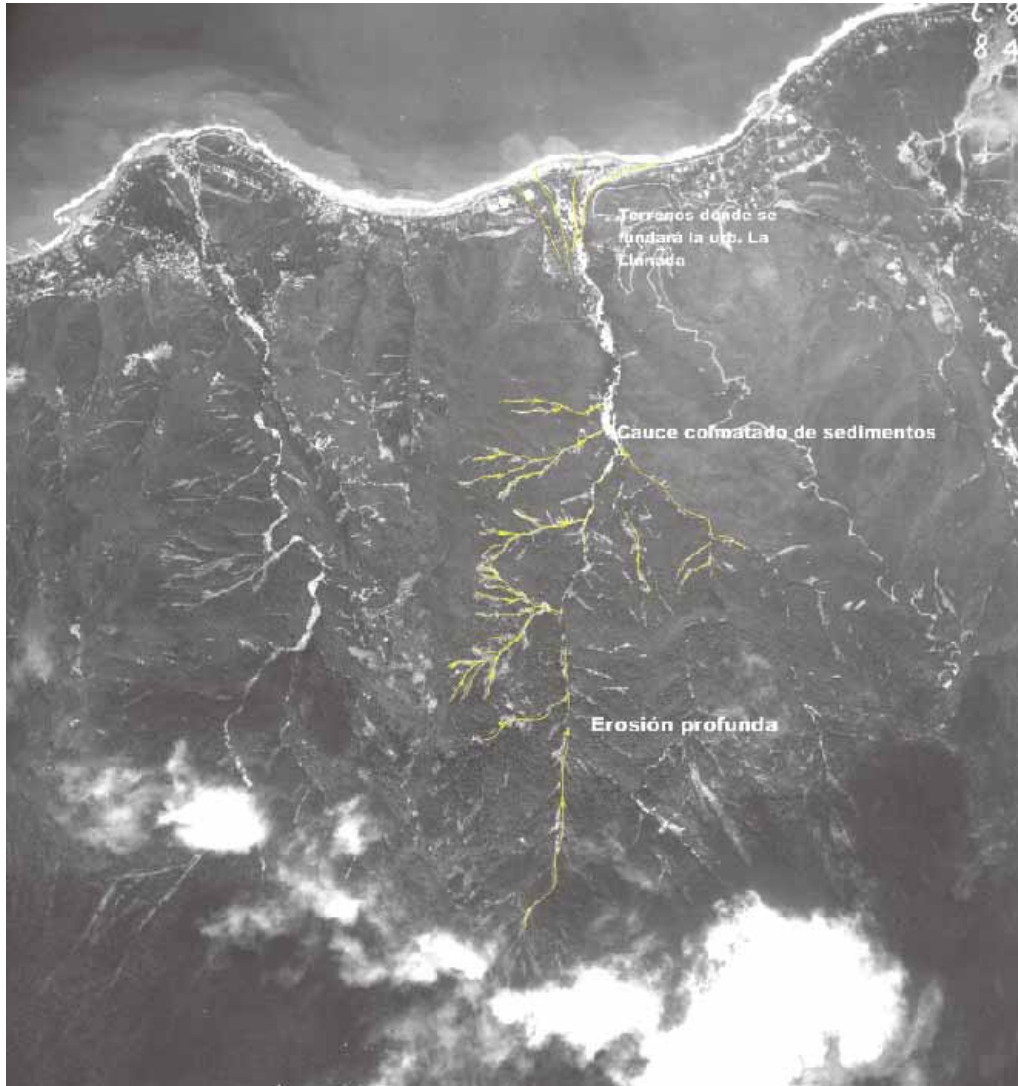
RÍO CAMURÍ CHICO: ANALIZANDO LA EVOLUCIÓN DEL CAUCE PODEMOS OBTENER UNA EXPLICACIÓN DE POR QUÉ ALGUNAS ZONAS FUERON DEVASTADAS Y OTRAS NO

EL RÍO CAMURÍ CHICO, impropriamente llamado quebrada, presenta características similares a las del río San Julián: ambos tienen pendientes del orden del 6% en la desembocadura y el aporte de sedimentos al mar está constituido principalmente por arenas y bloques de gneis. La evolución de su cauce en los últimos 50 años nos aporta información que permite establecer el origen de sus sedimentos o arrastres. Para ello recurrimos a la interpretación de fotografías aéreas tomadas entre 1951 y 1999.

Las condiciones del cauce después de las fuertes lluvias de 1951, muestran una profunda erosión en las quebradas afluentes al suroeste del río Camurí Chico, aportando una considerable cantidad de sedimentos que en su mayoría no llegaron a la desembocadura. Esto último se puede corroborar al observarse que el cono de deyección que se formó en la costa fue pequeño y el cauce quedó colmatado.

Sobre las lluvias de diciembre de 1999, se dispone de mayor información, pero no existen posibilidades de comparar medidas pluviométricas con las lluvias de 1951. No obstante, al cotejar la geomorfología de ambos eventos se observa que los sedimentos acarreados hasta la desembocadura, cono de deyección, durante las lluvias de 1951, fueron de menor magnitud que las observadas después de las de diciembre de 1999, lo que nos hace inferir que éstas fueron de mayor magnitud.

En ambos eventos se puede apreciar fuerte erosión en las quebradas al sureste de la urbanización La Llanada, que dejó gran extensión de las laderas sin recubrimiento vegetal y cuyo color rojo se diferencia del aluvión proveniente del suroeste de la cordillera. Es decir, que los materiales que llegan al cauce provenientes de las laderas cercanas a la costa, son de rocas esquistas muy fracturadas, por lo cual no aportan al cauce grandes bloques; en tanto que las laderas de las quebradas más al sur contienen rocas de mayor dureza y competencia (gneis) y dan origen a los bloques que actualmente se observan a lo largo del cauce. En el eje del río, a unos cientos de metros de la costa, se puede identificar un punto tal, que a partir de él hay deposición de material aguas abajo y erosión aguas arriba.



2. Fotografías aéreas 1951. En las quebradas afluentes al suroeste de la quebrada Camurí Chico se observa erosión profunda (en amarillo), lo que aportó considerable cantidad de sedimentos al cauce principal. Después de las lluvias de 1951 el cauce quedó con gran cantidad de ellos, que se observan desde el punto indicado como “cauce colmatado de sedimentos” hasta las cercanías de la urbanización La Llanada. Muchos de estos residuos no alcanzaron el cono de deyección ni la costa (que se evidencia por las manchas blancas) y habrían de ser arrastrados al mar durante las lluvias de diciembre de 1999. (Fotografía aérea Cartografía Nacional).

Esto puede apreciarse en las fotografías aéreas aun sin los lentes especiales que se utilizan para observaciones en tercera dimensión. Bloques de gran tamaño quedaron descubiertos por la socavación del material aluvial mas fino. En cambio, al norte del sitio no se ven grandes bloques, al menos en la proporción en que se presentan aguas abajo, porque gran parte de ellos han quedado embutidos en la matriz más fina, arenas y gravas, o entre bloques pequeños que se depositaron en el cono de deyección.

Los bloques que alcanzaron la costa son relativamente pequeños si se comparan con los que quedaron aguas arriba descubiertos por la socavación del aluvión. El origen de todo ese material que alcanzó la costa es principalmente producto de dicha socavación y no de los deslizamientos que se observan en las laderas. Analizaremos esto en el capítulo relativo al río San Julián.

Aguas arriba del punto indicado de socavación se observan grandes bloques con aristas, algunos de superficie lisa, otros muy rugosos, muchos capaces de sobrepasar los 20 metros.

A unos 2 Km de la costa, el cauce del río Camurí Chico se bifurca en una rama oriental y otra occidental. En la primera la socavación es tal que prácticamente no hay aluvión, lo cual pareciera deberse a la fuerte pendiente y lo estrecho del cauce, que además está totalmente sobre afloramientos de roca.

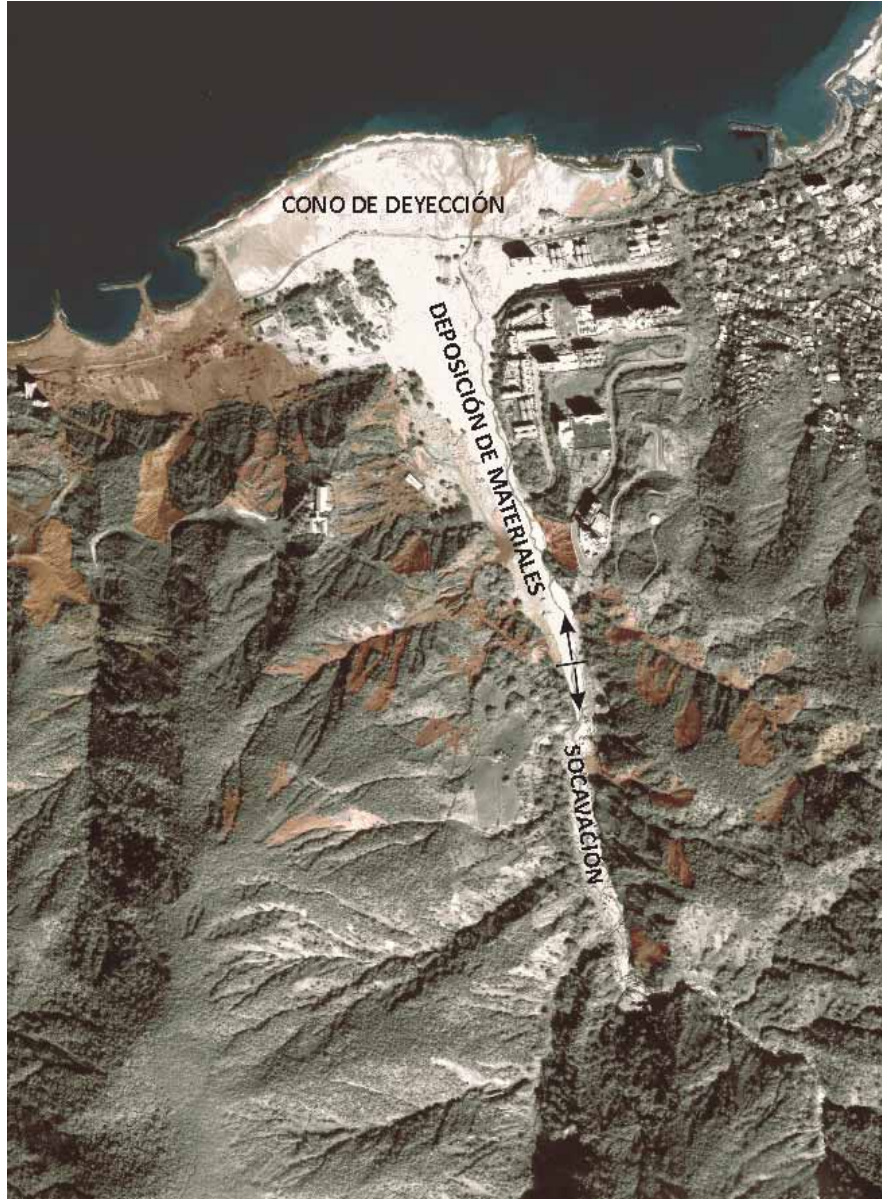
Los procesos de inestabilidad en las laderas que limitan el cauce alimentan éste de bloques y sedimentos más finos; pero en la rama oriental del río son de poca envergadura, si se comparan con la occidental, que aporta la principal cantidad de sedimentos llegados a la costa durante las lluvias. Es muy probable que las lluvias de 1951 y 1999 y la acción reiterada de lluvias menos intensas entre estas fechas, hayan hecho posible que gran parte del cauce y las laderas se encuentren denudadas y por ello las laderas de la rama oriental no muestren tendencia a la inestabilidad. A pesar de ello, es necesario recordar que lapsos de 50 ó 100 años son una fracción de tiempo muy pequeña para los procesos que transforman la faz de la tierra, y es muy probable que el paisaje actual sea muy diferente a lo que allí existía mucho tiempo atrás.



3. Desembocadura del río después de las lluvias de diciembre de 1999.



4. Sector socavado del río.



5. Fotografía aérea 1999, desembocadura del río Camurí Chico después de la lluvia. A partir del punto indicado y aguas arriba se pueden observar peñones de gran tamaño, en tanto que a partir de él y hasta la desembocadura aparece un depósito constituido por material más fino. Los problemas de estabilidad de las laderas rojizas, son deslizamientos en rocas esquistos que no aportan al cauce sedimentos o peñones de gran tamaño y donde además se produjeron fuertes procesos erosivos. (Fotografía satelital, original en blanco y negro, colores modificados según el autor).

Para entender los procesos que transforman la topografía de la tierra, el relieve, analicemos la cuestión de por qué la urbanización La Llanada, situada al margen del río Camurí Chico, no sufrió por efecto de las lluvias de diciembre de 1999.



6. Descenso del río sobre afloramientos de roca (gneis) y con fuerte pendiente.

Con un plano topográfico del área se podría percibir rápidamente que la urbanización La Llanada está al menos 50 metros por encima de la cota actual del río y por lo tanto no habría nada más que analizar. Sin embargo, hay aspectos que se pueden inferir de la geomorfología y geología de la urbanización.

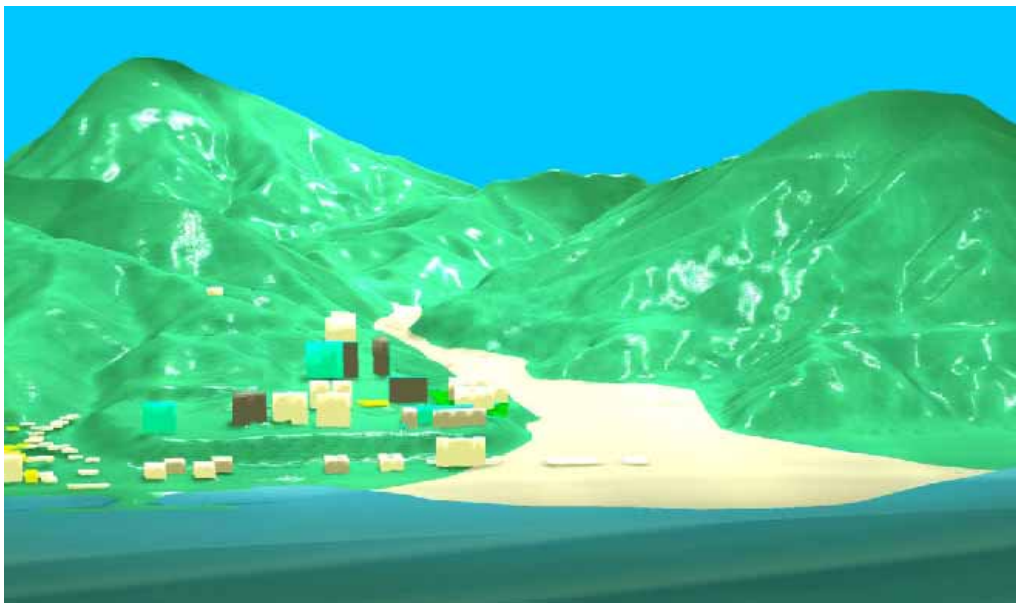
Al recorrer ésta y sus alrededores y observar principalmente las laderas en las que se han construido edificaciones, se la aprecia cubierta por bloques de gneis redondeados o sub-redondeados y arenas que se apoyan sobre la roca in situ. Los espesores de estos materiales, de acuerdo con los resultados de perforaciones profundas hechas para la definición de las fundaciones de algunos de los edificios y según la interpretación de los perfiles o cortes, podrían superar los 20 metros. Dado que los bloques son de gneis, rocas que no afloran en los taludes de la urbanización, y considerando su forma redondeada, se puede inferir que son de origen aluvial, es decir, arrastrados y depositados por corrientes de agua. Entonces podemos preguntarnos: ¿cómo pudo ser depositado ese aluvión en la mayor parte de la extensión de terreno de La Llanada, si actualmente no llega a ésta, río, quebrada o ladera que sea capaz de aportar semejante cantidad y tipo de material?



7. Corte de talud Urb. La Llanada. En la fotografía se observan dos capas de sedimentos, la superior un poco más oscura, ambas constituidas por aluvión del río Camurí Chico. Cada capa corresponde a una creciente diferente, probablemente cientos de años entre ellas.



8. Vista inferida en planta (superior) y en perspectiva (inferior) de lo que pudo ser la desembocadura del río Camurí Chico hace miles de años. Se destaca, al comparar con lo que es ahora, figura de abajo, que el río pasaba por lo que es hoy la urbanización La Llanada.



9. Vista en planta (superior) y en perspectiva (inferior) de la desembocadura del río Camurí Chico después de las lluvias, diciembre 1999. (Las figuras fueron realizadas con base en topografía suministrada por el Estereofoto, C.A).

Hace miles de años el río Camurí Chico, desembocaba en el mar de una manera muy diferente a la que hoy conocemos. En efecto, lo que hoy es la urbanización La Llanada, era entonces el cono de deyección donde el río depositaba sus sedimentos. Durante ese período es posible que varias crecientes como las ocurridas en diciembre de 1999, depositaran los sedimentos en el mar y más hacia el este de lo que hoy conocemos, limitados por la ladera de una montaña. Ahora bien, la cordillera o cadena de montañas de la costa progresivamente ha venido emergiendo del mar, fenómeno que se denomina levantamiento, el cual es muy lento a escala de la vida humana y podría ocurrir a razón de 2 cm por año. El paso del tiempo ha hecho que el aluvión del río Camurí Chico emergiera de su fondo y progresivamente el cauce se desviara al oeste y erosionara su lecho hasta lo que hoy conocemos. En la actualidad, la urbanización La Llanada, está al menos 50 metros por encima del cauce del río, en un lugar seguro, a pesar de que alguna vez, hace millones de años, prácticamente toda su extensión era el cauce activo del río.

La importancia de comprender los fenómenos o procesos que han descrito consiste en que ello nos permite elegir los lugares más seguros para nuestras ciudades o áreas de urbanismo, así como definir zonas de refugio para aquellas áreas que ya fueron establecidas en lugares de riesgo.

San Julián



1. Aguas arriba de la urbanización Los Corales, el río San Julián muestra su inagotable reserva de bloques. Después de las lluvias de diciembre de 1999, el cauce fue socavado en un tramo considerable y la condición de estabilidad de muchas laderas es precaria.

RÍO SAN JULIÁN: AL OBSERVAR LA DEVASTACIÓN QUE EL RÍO SAN JULIÁN PRODUJO EN LA URBANIZACIÓN LOS CORALES DESPUÉS DE LAS LLUVIAS DE DICIEMBRE DE 1999, ERA NECESARIO CAMINAR AGUAS ARRIBA PARA ENTENDER EL ORIGEN DE LOS DAÑOS

LOS CORALES, es una urbanización ubicada frente al Mar Caribe (norte) y al margen del río San Julián. Está constituida principalmente por viviendas unifamiliares y algunos edificios.

En general, las edificaciones se orientan este-oeste, buscando la vista al mar. El río San Julián descarga sus aguas en el Caribe y se mueve del sur al norte.

Durante las lluvias de diciembre de 1999 y previo al desbordamiento generalizado del río, el cauce aumentó significativamente, produciendo un estruendoso ruido por el choque de las rocas, lo cual atemorizó a los habitantes de la zona e hizo que muchos se resguardaran en lugares altos y alejados de las márgenes fluviales. Sin embargo, el desbordamiento se consumó y las consecuencias fueron las dramáticas que conocemos, traducidas en pérdidas cuantiosas de vidas humanas así como en la muerte de muchos animales y la destrucción de miles de estructuras e infraestructuras.

La gran cantidad de material arrastrado por el río San Julián llegó hasta la costa, recorriendo no menos de 4 Km, desde donde se presume provienen los mayores aportes de sedimentos que destruyeron el urbanismo. El río arrastró bloques de considerable tamaño, que al dar contra las estructuras las destruían con pasmosa facilidad.

En el año 1951 el fenómeno fue similar, aunque las pérdidas fueron menores debido a que el área apenas estaba poblada y las lluvias parecen haber sido de menor intensidad. Lo cierto es que entonces se observó cómo el río vertía en el mar los materiales que arrastraba, y formaba un cono de deyección que quedó bien identificado junto con el área afectada por el tránsito de sedimentos. Sin embargo, el desarrollo urbanístico no se paralizó, la vialidad y la definición de parcelas continuaron. Treinta años más tarde todo estaba olvidado y viviendas y edificios invadían el cono de deyección del río San Julián.



2. Vista panorámica de dos edificaciones colapsadas por el impacto de los enormes bloques, transportados por el río que está a la derecha.



3. Edificio que falló por la incidencia de los arrastres del río.



4. Fotografía aérea 1956. Véanse las primeras vías construidas al noreste, destruidas durante las lluvias de 1951. (Cartografía Nacional).



5. Fotografía aérea 1998. Urbanización Los Corales totalmente poblada. (Fotografías aéreas Estereofoto, C.A).



6. Fotografía de satélite 1999 después de las lluvias. Véase que los principales arrates del río son de colores blancos y grises, y provienen de los gneises, cuenca alta del río San Julián. En tanto que al oeste (izquierda) se ven aportes de color rojizo, provenientes de las rocas esquistos cercanas a la costa.

Las experiencias vividas en 1951, no fueron suficientes para plantear un proyecto urbanístico claro, que por lo menos contara con zonas de refugio en caso de eventos similares. Muchas personas murieron creyendo que estaban en un lugar seguro porque se encontraban lo suficientemente alejadas del río, cuando en realidad ocupaban la vía de descarga de sedimentos.

Para entender el origen de semejante cantidad de material, debemos examinar algunos puntos referentes a la geomorfología de las quebradas y ríos del litoral central. La erosión que produce el agua cuando desciende por una ladera depende de varios factores, tales como el tipo de roca y las características de sus discontinuidades: foliación y diaclasas, grado de meteorización de la roca, intensidad y duración de las lluvias, etc.

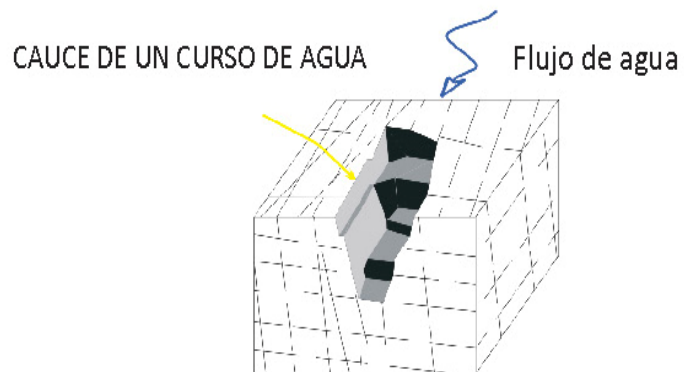
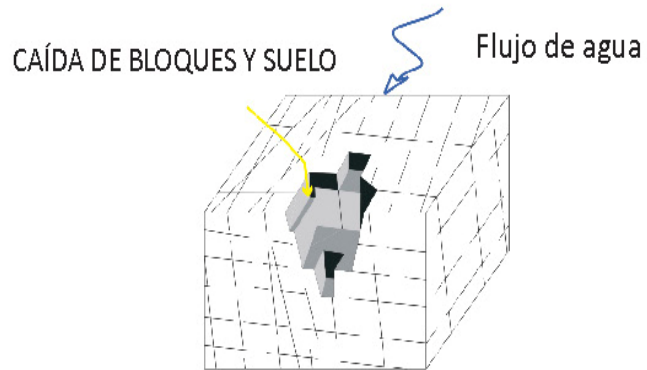
En líneas generales, toda la Cordillera de la Costa, orientada en sentido este-oeste, desde Los Caracas (este) hasta Chichiriviche de la Costa (oeste), presenta un sistema de discontinuidades similares. No obstante, existen cambios importantes en los tipos de roca: como se ha mencionado, la quebrada La Zorra y el río Mamo muestran en sus laderas rocas esquistos, en tanto que otros cursos, como los ríos Camurí Chico y San Julián, contienen rocas llamadas gneis. Ahora analicemos un poco el sistema de discontinuidades (fracturas) de las rocas.

Cuando pensamos en una roca generalmente la asociamos con un cuerpo sólido y fuerte. Lo cierto es que los macizos rocosos presentan una serie de discontinuidades que fragmentan a la masa en bloques más pequeños, o al menos predeterminan planos de fractura que facilitan la fragmentación por efecto de fuerzas externas.

Ahora bien, cuando se formó la Cordillera de la Costa, las rocas que la constituían presentaban esas discontinuidades. Con las primeras lluvias sobre las montañas, el agua comenzó a descender utilizando los “camino” que tales discontinuidades trazaban. Tras el paso del tiempo y la acción reiterada de las lluvias, se va desgastando el macizo rocoso y ocurriendo el arrastre de bloques.

De esta manera se van formando las primeras vertientes, quebradas o ríos. Estas modificaciones del macizo por efecto del agua generan las laderas a ambos lados del cauce, y en consecuencia esos bloques se desestabilizan. En otras palabras, cuando un bloque está en un plano inclinado existe un componente de su peso que tiende a desestabilizarlo. Entonces comienzan a caer los bloques de las laderas de cotas altas, parte de los cuales alcanza el cauce, y al ser arrastrados por las corrientes los llamamos aluvión; otros quedan en la ladera, más debajo de su posición original, posiblemente embudidos en una matriz más fina que llamamos coluvio. Los mecanismos de falla de

un talud son diversos; sin embargo, la intención es que el lector comprenda parte de los procesos que ocurren en las laderas conformadas por los cursos de agua.



7. Proceso de formación de un curso de agua. En el primer bloque se muestra la condición original, una masa rocosa con abundantes discontinuidades; luego los procesos de formación del curso por el desgaste de la roca y arrastre de materiales.

Los procesos de desgaste de la roca por el paso del agua toman cientos de miles de años, principalmente en rocas duras como el gneis, y pueden verse favorecidos por varios factores como la abundancia de diaclasas y los cambios climáticos bruscos.

En la medida en que el río va desgastando el macizo rocoso, las laderas que limitan el cauce van aumentando su altura y, dependiendo del sistema de discontinuidades de la roca, se producirán deslizamientos. Parte de los materiales deslizados alcanzarán el cauce, otros podrán quedar depositados en las laderas, casi siempre en condición precaria.

Todo el proceso de desgaste por efecto del agua explicado anteriormente, se origina en el hecho de que las montañas sólo estaban constituidas por roca y no contenían otros materiales (suelo), lo cual es propio de algunos sitios de las quebradas y ríos del litoral central.

Comencemos a ascender por el río San Julián desde la urbanización Los Corales, poco después de las lluvias de diciembre de 1999, y analicemos.

A medida que nos separamos del urbanismo y subimos hacia el sur, el cauce aparece mejor definido, ya que se encuentra en un abra. Durante la creciente, el río convirtió en cauce todo el ancho disponible entre las dos montañas. En el cauce normal existían tres pequeñas presas que servían para alimentar una planta de tratamiento, aguas abajo. De esas presas no hay ni el menor vestigio. El aluvión, en gran parte del cauce, está constituido por grandes bloques principalmente de gneis (rocas duras), con aristas redondeadas y embutidos en una matriz de arena escasa. La socavación en las laderas del cauce supera los 10 metros y ha dejado a la vista, en algunos sectores, el macizo rocoso. Pero en la medida en que se asciende, son más frecuentes los intervalos en los que la roca in situ puede ser observada en el eje del cauce y en sus laderas, y además los bloques comienzan a ser escasos. En este tramo el cauce es más estrecho y de mayor pendiente, lo cual favorece la socavación por efecto de un aumento de la velocidad del agua durante las crecientes. Los cambios de pendiente comienzan a ser abruptos, en forma de saltos o cascadas. También es necesario señalar que van disminuyendo los deslizamientos en las laderas.

Sin embargo, las condiciones se modifican al alcanzar un último punto donde el cauce es muy estrecho y aparece un abra de pequeñas dimensiones, atravesada la cual cambia el paisaje drásticamente.

Los bloques en este sector difieren de los de aguas abajo, ya que casi todos parecieran haber caído recientemente, pues sus aristas son muy angulares y la presencia de la matriz de arena es escasa.

Después el cauce se bifurca y una de las ramas corresponde al lecho principal fluvial, ya que el eje del río continúa discurriendo por las diaclasas o fracturas perpendiculares a los planos de foliación. La otra rama del río fluye por éstos. Después de recorrer el río podemos establecer el origen de los materiales que fueron arrastrados hasta la urbanización Los Corales. Se evidencian principalmente cuatro causas:

1. Socavaciones considerables, que en algunos casos superan los 10 metros y que por lo general no son inferiores a 6 metros.
2. El flujo torrencial durante la creciente, que erosionó el pie de las laderas, constituido por suelos coluviales, desestabilizándolas; como consecuencia se generó un aporte considerable de bloques y materiales más finos al cauce.
3. Deslizamientos superficiales en ambas márgenes del río, aunque los aportes debidos a este fenómeno fueron suelos, capa orgánica y escasos bloques de roca.
4. En las cabeceras del río se encuentran deslizamientos en rocas de grandes dimensiones, que a pesar de estar muy lejos de las zonas habitadas, progresivamente aportarán sedimentos.



8. Típico cauce de los ríos del litoral central, donde el curso del agua es perpendicular a los planos de foliación (blanco) y paralelos a los planos de diaclasas (verde). Se destacan en el detalle los planos (foliación y diaclasas) que permitirían que un pequeño bloque cayera al agua.



9. En este caso se muestra un talud de considerable altura en una margen del río San Julián. El cauce, al igual que en el caso anterior, es perpendicular a los planos de foliación de la roca y junto con las diaclasas define bloques de grandes dimensiones. Además, en este talud no hay aluvión ni suelos coluviales.



Coluvial

10. En muchos casos, los bloques desprendidos de las laderas deslizan, por efecto de la gravedad, hacia el cauce, pero no lo alcanzan: se quedan en la ladera en una cota más baja para formar un suelo coluvial. En el descenso los bloques se parten, y generalmente se presentan muy caóticos y en condiciones de estabilidad precaria.



11. Macizo rocoso que conforma una ladera del río San Julián (esquina inferior izquierda), en el que se pueden destacar las discontinuidades de la roca.



12. Mecanismo de falla en el macizo rocoso de las laderas del río San Julián. Se han presentado las discontinuidades del macizo: en negro y blanco el sistema de diaclasas y en gris (plano) o amarillo la foliación. Estos planos definen bloques que se desprenden y deslizan: el talud falla. Algunos de estos bloques alcanzarán el cauce, otros se mantendrán en la ladera formando suelos coluviales y más tarde podrían alcanzar el cauce.



13. Río San Julián, aguas arriba de la urbanización Los Corales.



14. Bloque de grandes dimensiones, con aristas totalmente redondeadas, es decir, que “rodó” para que su cara aguas abajo (vista) no presente aristas angulares, a diferencia de otros bloques que se observan en el cauce aguas arriba



15. Abra muy estrecha y cauce del río. Algunos bloques aguas arriba de este punto, no podrán pasar entre las dos laderas.



16. Este bloque tiene dimensiones tales que no podría pasar por el abra aguas abajo (a la derecha), a menos que se fragmente. Compárese con la fotografía de la página anterior y véanse sus diferencias de forma y aristas.



17. Vista desde aguas abajo del cauce del río San Julián en la intersección de sus ramas. A la derecha, el cauce desciende por un plano de foliación; a la izquierda, curso principal del río, por una diaclasa.

Analícemos brevemente cada uno de los puntos anteriores.

SOCAVACIÓN:

Se pone en evidencia a lo largo del cauce la socavación que el río dejó a su paso. Caminos que servían a las personas para llegar a las presas fueron socavados, así como también el pie de la laderas coluviales, dejando en muchos casos los márgenes con taludes verticales. Además, la socavación, ha dejado al descubierto grandes bloques de gneis que permanecían enterrados en el aluvión del río.

INESTABILIDAD DE LAS LADERAS:

En este momento no pareciera que éste sea el primer aporte de sedimentos en el cauce del río; sin embargo, la creciente erosionó el pie de los taludes coluviales, dejándolos con pendiente vertical, lo que más tarde podría dar origen a deslizamientos de considerable tamaño hacia el cauce.



18. Rama del río que va por los planos de diaclasa perpendiculares a la foliación.



19. Rama del río que va por los planos de foliación de la roca.



20. Socavación en el cauce del río San Julián. En el fondo de la foto se aprecia parcialmente el escarpe ocasionado por la socavación del río durante la creciente.



21. Escarpe de suelos coluviales erosionados o socavados por la creciente del río. Véase que dicho material se apoya en el macizo rocoso (esquina inferior derecha).

Es decir, el cauce originalmente en una cota más alta, fue socavado, así como también el pie de las laderas, especialmente las de suelos coluviales; dichas laderas se encuentran constituidas por grandes bloques de gneis embutidos en arenas y gravas.

Pero debemos considerar que ahora existen innumerables escarpes de suelos coluviales verticales o con fuertes pendientes, en condición precaria o, al menos, más crítica que antes de la creciente.

DESLIZAMIENTOS SUPERFICIALES:

Después de las lluvias se observan en todas las laderas del litoral marcas de la ocurrencia de deslizamientos superficiales. Las correspondientes a las márgenes del río presentan muchos de estos deslizamientos, pero sin duda ellos no fueron los responsables de los arrastres de roca que se encuentran aguas abajo.



22. Deslizamientos superficiales en las cabeceras del río San Julián.



23. Deslizamientos en el macizo rocoso.

DESLIZAMIENTOS EN TALUDES DE ROCA:

Los bloques de rocas que se observan en el cono de deyección de la urbanización Los Corales han debido desprenderse de las laderas hace cientos de años, cuando el río comenzó a producir erosión y desgaste aguas arriba. Este proceso de desgaste continúa, principalmente en dirección de las cabeceras del río, donde el cauce es más joven y estrecho. Mediante este proceso de lecho fluvial recibe un aporte considerable de bloques, pero para que éstos lleguen a la costa, se ha de cumplir un proceso lento, que podría tardar cientos de años y que se explicará más adelante.



San Julián Bajo

Cono de deyección del río que corresponde prácticamente a toda la zona residencial de Los Corales y una pequeña parte de Caraballeda. Aquí se depositarían los sedimentos arrastrados desde aguas arriba, cada vez que han ocurrido eventos torrenciales como los de diciembre de 1999.

San Julián Medio

Espacio sometido a una fuerte socavación durante las crecientes; laderas que limitan el cauce, y afluentes menores con problemas importantes de estabilidad, especialmente en los suelos coluviales, que tienden a llenar el eje del río de grandes bloques y suelos.

San Julián Alto

Se subdivide a su vez en dos: cauce antiguo y cauce joven. El antiguo es el curso original del río, abierto en el desgaste de los sistemas de diaclasas. El joven es una rama importante, donde el agua descende por los planos de foliación, y es esta rama la que aporta más sedimentos al cauce.

23. Fotografía de satélite 1999 (fotografía original en blanco y negro, colores según el autor).

1. Estado Inicial Previo a las Lluvias de 1999

Material coluvial: grandes bloques embutidos en una matriz areno-arcillosa mal cementada.

Río sobre el aluvión formado por peñones de gran tamaño, gravas y arenas limpias.



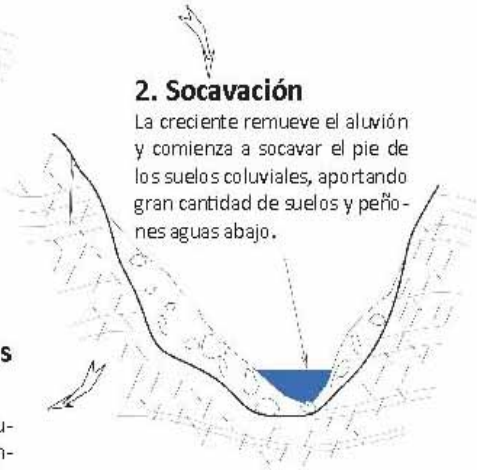
4. Se Colmata el Cauce

La inestabilidad de los coluvios rellena el cauce nuevamente y se establecen nuevas condiciones de estabilidad más arriba de la cota del cauce principal, pudiendo originar fallas en el macizo rocoso.



2. Socavación

La creciente remueve el aluvión y comienza a socavar el pie de los suelos coluviales, aportando gran cantidad de suelos y peñones aguas abajo.



3. Inestabilidad en las laderas (HOY)

Después de la creciente los coluvios han sido socavados, presentando pendientes fuertes, verticales o casi (estado actual). Esta condición es de mayor inestabilidad si se compara con su estado previo a las lluvias.



COMENTARIOS:

HURGANDO en el pasado de la Tierra, el hombre ha logrado interpretar una pequeña parte de su larga historia y algunos de los fenómenos que han transformado su relieve.

Lo descrito en páginas anteriores no es más que una síntesis de uno de esos hechos que cambian la faz del planeta desde hace millones de años y de los cuales la especie humana ha venido trabajosamente tomando conciencia.

Muchos de los procesos que se analizaron ocurren en otros cursos de agua del litoral central; por ejemplo, la cuenca del río Uria es similar a la del río San Julián, aunque deben existir algunas diferencias, posiblemente muy sutiles.

Es importante que estos fenómenos naturales que vienen ocurriendo en la costa venezolana desde que la cordillera emergió del mar, sean del conocimiento del público, a fin de que pueda tomar decisiones acertadas. Una comunidad debe conocer los riesgos que corre cuando decide habitar determinado lugar, y saber qué hacer en caso de emergencia. No obstante, el Estado venezolano debe restringir las áreas donde los riesgos son muy elevados y diseñar refugios en aquellas donde los riesgos son menores. Es bien conocido el comportamiento organizado de algunos pueblos que esporádicamente se ven sometidos a tormentas y que año tras año dedican una parte de su tiempo a salvaguardarse de esos eventos, los cuales muchas veces no ocurren.

Sin embargo, la frecuencia de lluvias como las ocurridas en diciembre de 1999, por suerte nuestra, no es tan alta como la de las tormentas o huracanes que azotan algunas costas, pero ese lapso relativamente prolongado entre lluvias excepcionales, nos permite olvidar, incluso después del dolor que pudimos haber padecido.

Nuestra capacidad para interpretar el pasado de la naturaleza, es determinante para crear un futuro de justicia y cooperación. Los venezolanos tenemos esa opción.

GLOSARIO

ALUVIÓN: depósitos de materiales (sedimentos) transportados por el arrastre de los cursos de aguas como quebradas o ríos. El transporte modifica el tamaño y la textura de las partículas por abrasión, impacto y disolución.



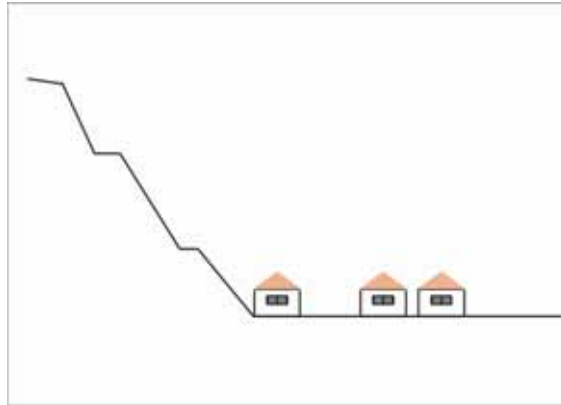
COLUVIAL: material que se ha deslizado en una ladera, por efecto de la gravedad; generalmente se presentan muy caóticos, “desordenados” y en condiciones de estabilidad precaria.



CONO DE DEYECCIÓN: material arrojado por un río o quebrada debido a pérdida de velocidad del agua que lo transporta.



COTA: número que en el plano topográfico indica la altura sobre el nivel del mar o sobre un punto previamente establecido.



DENUDAR: quitar lo que cubre una cosa. Ejemplo: “terrenos denudados por deslizamientos superficiales”.



DIACLASA: fractura de una roca sin que se produzca un desplazamiento lateral apreciable de los bloques originarios. La frecuencia o cantidad de fracturas en un volumen dado que es la principal responsable del tamaño de los bloques que se originan cuando el macizo rocoso falla.



EROSIÓN: resultado de procesos físicos y químicos que desprenden los materiales sólidos de la tierra y ponen en movimiento, modificando el relieve de la corteza terrestre. Sus principales agentes son el viento, la lluvia, el oleaje y las variaciones térmicas.



FOLIACIÓN: propiedad de ciertas rocas de dividirse en planos más o menos paralelos, o láminas. Se presenta en rocas metamórficas como los esquistos.



GEOMORFOLOGÍA: ciencia que estudia las formas del relieve terrestre, o los paisajes y su evolución.



ROCA ESQUISTO: roca poco competente, muy foliada, deleznable y fragmentada por numerosas discontinuidades. Se descompone en arena, arcilla y bloques de pequeñas dimensiones.



ROCA GNEIS: roca compacta, maciza, con pocas discontinuidades. Podría calificarse como una roca competente que al descomponerse produce grandes bloques, gravas y arenas.



SOCAVAR: producir erosión en la parte inferior de una ladera y borde de un río.

