

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS DE LA CATÁSTROFE DEL ESTADO VARGAS DE DICIEMBRE 1999

Franco URBANI

UCV. FUNVISIS. Email: urbani@cantv.net

RESUMEN

Los aludes torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en el estado Vargas, afectaron decenas de kilómetros de extensión, precisamente donde la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa alcanza las mayores alturas, en consecuencia con laderas de mayor pendiente y potencial inestabilidad. Los flujos torrenciales incorporaron materiales geológicos de una amplia gama granulométrica, desde arcillas hasta bloques de varios cientos de toneladas de peso, lo cual junto a una gran cantidad de árboles y restos de origen antrópico, produjeron daños severos a personas e infraestructura. En esta región la mayor parte de la población habita en los conos aluviales, por tanto están sujetos a riesgo por eventos de este tipo.

En las montañas adyacentes afloran rocas metamórficas correspondientes a las unidades denominadas como Esquistos de Tacagua y Asociación Metamórfica Ávila. En ellas ocurrieron decenas de miles de movimientos de masas en las laderas, y en términos generales el comportamiento de las principales unidades es el siguiente:

- Esquistos de Tacagua: Afectada mayoritariamente por flujos superficiales que aportaron materiales de granulometría fina y de colores oscuros, afectando gravemente las zonas de construcciones informales en las laderas.

- Asociación Metamórfica Ávila: En ella predominan rocas cuarzo-feldespáticas, siendo afectadas tanto por flujos superficiales, como por deslizamientos que llegaron a niveles suficientemente profundos para producir grandes bloques rocosos.

Por lo anterior, los sedimentos que se depositaron en las zonas pobladas varían según la proporción de las unidades aflorantes en las respectivas cuencas de drenaje (Tacagua y Ávila), y la magnitud y naturaleza de los daños son proporcionales tanto al volumen, como los tipos de materiales involucrados. Un caso típico de este comportamiento es Quebrada Seca de Caraballeda, en cuya parte central y adyacente al cauce las viviendas fueron casi totalmente arrasadas por los flujos de detritos con grandes bloques, mientras que en las partes laterales fueron tapiadas por los flujos superficiales.

Dentro de estas consideraciones, otro aspecto significativo a resaltar, es que los profesionales deben hacer el mayor esfuerzo posible para contribuir en la erradicación de creencias falsas relacionadas al macizo del Ávila: represas, fuentes termales, minas de azufre o volcanes que pueden perjudicar a la población.

INTRODUCCIÓN

En diciembre de 1999, casi todo el norte de Venezuela y muy en especial el estado Vargas, estuvo sometido a intensas y prolongadas lluvias con la consecuencia de haber provocado el segundo mayor desastre disparado por causas naturales en la historia de nuestro país, tanto por el número de víctimas y damnificados, como por los daños materiales. La única otra catástrofe de magnitudes y consecuencias proporcionalmente mayores ha sido el terremoto de 1812.

Numerosos autores ya han tratado sobre las causas y efectos de la catástrofe de Vargas, a saber CEPAL (2000) y SVG (2000). Por ello sólo se puntualizarán algunos hechos básicos. Durante todo el año 1999, hubo lluvias mayores a las acostumbradas, con muchos picos

de intensidad y duración que causaron emergencias locales, a lo largo y ancho del país. En el caso particular de Vargas, las lluvias generalizadas y en especial aquellas fuertes de los días 3 y 12 de diciembre habrían sido suficientes para lograr la saturación de los suelos, pero durante los días 15 y 16 de diciembre, las celdas estacionarias de lluvia produjeron precipitaciones tan intensas como al menos dos veces la media anual. La franja más afectada por estas intensas lluvias comprende desde Anare al Este hasta el río Mamo al Oeste, siendo el límite sur la propia Fila Maestra de la Cordillera de la Costa, que en este sector es donde alcanza las mayores alturas, por ende con laderas de mayor pendiente y de mayor potencial inestabilidad. Esto también restringió los flujos torrenciales al flanco Norte de la Cordillera,

mientras que en el flanco Sur sólo hubo inundaciones causadas por los torrentes de mayor cuenca de drenaje.

El efecto de las intensas lluvias sobre las laderas de altas pendientes ($>35^\circ$) y con los suelos saturados, fue el de disparar decenas de miles de movimientos de masa de diversos tipos, desde flujos superficiales hasta derrumbes de grandes bloques de roca. Los flujos torrenciales generados fueron de naturaleza muy diversa en espacio y tiempo, desde predominantemente agua (ocasionando los normales efectos de inundaciones), a flujos hiperconcentrados y de detritos, con una alta proporción de sedimentos que causaron los efectos más destructores. Globalmente, el gran volumen de material transportado incluyó materiales geológicos con una amplia gama granulométrica, desde arcillas hasta bloques de varios cientos de toneladas de peso, pero también una gran cantidad de árboles y restos de origen antrópico, que en conjunto produjeron graves daños a personas e infraestructura, ya ampliamente divulgados por los medios de comunicación (EL NACIONAL 2000, SAGECAN 2000).

TRABAJOS GEOLÓGICOS PREVIOS

Para la realización de los trabajos para la recuperación del estado Vargas y en especial el futuro diseño de las políticas para la gestión y control de los riesgos ante eventos naturales (GUEVARA 1999), se ha iniciado un inventario de la información básica disponible. En lo que respecta a la cartografía geológica, encontramos que casi el 80% del Estado tiene cobertura de geológica a una escala 1:25.000 o mejor, dicha información se encuentra fundamentalmente en Trabajos Especiales de Grado inéditos de la Escuela de Geología de la Universidad Central de Venezuela (EG-UCV). Por consiguiente se ha iniciado un esfuerzo para recopilar e integrar esta extensa base de información (URBANI *et al.* 2000b).

Los primeros trabajos geológicos regionales de la parte central de la Cordillera de la Costa son los de Santiago Aguerrevere y Guillermo Zuloaga, que sientan las bases de la actual nomenclatura (AGUERREVERE & ZULOAGA 1937). En 1947, se inicia la cartografía geológica sistemática de la Cordillera por medio de estudiantes de doctorado de la Universidad de Princeton, como parte de un programa de cooperación con el Ministerio de Fomento (luego Ministerio de Minas e Hidrocarburos -MMH-) y algunas empresas petroleras. El trabajo de Gabriel Dengo es el primero, cubriendo a escala 1:50.000 el área de Caracas y parte del hoy estado Vargas, desde Mamo hasta Uria (DENGO 1950).

En los años 1968 y 1969, el MMH emprende la cartografía geológica de zonas no previamente cubiertas, a tal efecto encargan a Miguel Wehrmann para completar e integrar un mapa geológico a escala 1:100.000 de la extensa área de Colonia Tovar a Guatire,

por ello cubre casi todo el estado Vargas desde Puerto Cruz hasta Osma (WEHRMANN 1969, 1972). Simultáneamente, el MMH contrata con la EG-UCV la realización del mapa geológico a escala 1:25.000 del área de Oritapo - Caruao (URBANI & QUESADA 1969, 1972).

Entre 1974 y 1988, la EG-UCV lleva a cabo una campaña de cartografía geológica de la Cordillera de la Costa en general, y del actual estado Vargas en particular, de manera que en sentido Oeste-Este se cubre desde Puerto Maya hasta Caraballeda y desde Oritapo hasta Chuspa. Estos trabajos (a escalas 1:10.000, 1:12.500 o 1:25.000) son encargados a numerosos tesisistas de pregrado bajo la tutoría de los profesores S. Talukdar, E. Navarro, M. Ostos y F. Urbani. En la década de los años 90 se trabaja de la misma manera, pero en el flanco sur del macizo del Ávila al norte de Caracas. Algunas síntesis parciales de estos trabajos han sido publicadas por TALUKDAR & LOUREIRO (1982), URBANI & OSTOS (1989), URBANI *et al.* (1989, 1997). Desde mediados del año 2000, precisamente por motivo de la tragedia de Vargas, la EG-UCV a través de cuatro tesisistas realiza el estudio de la zona de Caraballeda - Osma a escala 1:25.000 (CANO *et al.*, 2000).

NOMENCLATURA GEOLÓGICA

Con motivo de los trabajos geológicos que se están llevando a cabo, se han renovado las discusiones sobre la nomenclatura de las unidades metamórficas, pero adicionalmente el recién fundado Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN-MEM), tomó la decisión de adaptar la actual nomenclatura de los cuerpos de rocas ígneas y metamórficas de todo el país, a las normas de unidades litodémicas (NACSN 1983, SALVADOR 1994). Por lo anterior, presentamos una propuesta de actualización de los nombres para la parte Nor-Central de la Cordillera de la Costa (URBANI *et al.* 2000a), éstos se enumeran siguiendo su orden aproximado de afloramientos, desde el Norte hacia el Sur y entre corchetes se indica el nombre hasta ahora utilizado.

1- Franja norte. En el sector del Litoral Central abarca desde la costa hasta la falla de Macuto. Equivale a la "Faja Margarita-Costera" de C. Beck y F. Stephan.

Asociación Metamórfica La Costa. Mesozoico.

Mármol de Antímamo (mármol y anfíbolitas)

Anfíbolita de Nirgua (anfíbolitas variadas)

Esquisto de Tacagua (esquisto grafitoso y epidocita)

Serpentinita

2- Franja central. Ocupa la parte central y más elevada de la Cordillera. En la región de Caracas está limitada por las fallas de Macuto y El Ávila-Tacagua.

Asociación Metamórfica Ávila. Paleoz. -Precámbrico

Metagranito de Naiguatá

Metagranito de Guaremal

Gneis de Colonia Tovar
Gneis de Choroni Gneis de Cabriales
Metaígneas de Tócome (anfíbolita, metagabro)
Metadiorita de Todasana (metadiorita, anfib.)
Metatonalita de Caruao (metatonalita, anfíbolita)
Anfíbolita de Cabo Codera (anfíbolita, gabro)
Complejo San Julián (esquistos, gneis, anfíbolita)
Augengneis de Peña de Mora

3- Franja sur. Mayoritariamente al sur de las fallas
Ávila - Tacagua y La Victoria - Las Trincheras.

Asociación Metasedimentaria Caracas. Mesozoico

Esquisto de Las Mercedes

Mármol de Los Colorados

Esquisto de Las Brisas

Mármol de Zenda

Metaconglomerado de La Mariposa

Metaconglomerado de Baruta

Esquisto de Chuspita

Gneis de Sebastopol. Paleozoico

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Naturaleza de los daños y litología

La zona más afectada del estado Vargas va desde Anare hasta Mamo, donde más jóvenes a más antiguos afloran los siguientes grandes grupos de rocas: - Rocas sedimentarias: constituidas por aluviones y terrazas. - Rocas metamórficas: pertenecientes a la *Asociación Metamórfica La Costa*, en la franja costera y a la *Asociación Metamórfica Ávila*, en las partes medias a altas de las cuencas.

Los lugares donde afloran las rocas sedimentarias son aquellos de menor pendiente, fundamentalmente constituidos por los conos de deyección, encontrándose allí la mayor concentración de población asentada con un urbanismo formal. En estas zonas se concentraron los efectos del proceso de sedimentación. Mientras que la zona de rocas metamórficas, en su parte baja y adyacente a los conos aluviales, está intensivamente ocupada por viviendas construidas sin permisología formal. El comportamiento de las unidades metamórficas fue el siguiente:

- Esquisto de Tacagua: Esta unidad está constituida fundamentalmente por tres tipos de rocas: El esquisto formado por cuarzo, mica muscovita y cantidades menores pero siempre presentes de grafito, así como cantidades variables de calcita y/o albita. Rocas epidóticas de color verde manzana, gradando desde verdadera epidocita hasta esquisto epidótico - actinolítico - calcítico - muscovítico. Mármol más o menos puro y gradando a esquisto calcítico. Esta unidad aflora en las colinas bajas cercanas a la costa, y presentan suelos de colores rojizos muy conspicuos. Aproximadamente coincide con la zona bioclimática costera de tipo xerofítica. Posee gruesos niveles de meteorización a veces de tipo laterítico, donde la arcilla

predominante es la illita. El esquisto grafitoso muestra una intensa foliación, y en las variedades menos cuarcíferas y más micáceas pueden gradar a rocas con aspecto filítico o pizarroso, que al ser observados con lupa pueden verse hasta más de 100 planos de foliación por centímetro. Los movimientos de masa en esta Unidad fueron mayoritariamente flujos superficiales, afectando muy gravemente y en forma directa a las zonas de construcciones informales en laderas, pero también aportaron abundante cantidad de materiales de granulometría predominantemente fina y de colores oscuros que se desplazaron como flujos de lodo (e.g.: Quebrada Seca y Macuto).

- Asociación Metamórfica Ávila: En el área estudiada esta Asociación posee una mineralogía predominantemente cuarzo-feldespática, siendo afectada tanto por flujos superficiales, como por movimientos que llegaron hasta niveles suficientemente profundos para producir desprendimientos de grandes bloques rocosos. Como consecuencia, el material que fue incorporado desde esta Unidad a los flujos torrenciales, varía desde una granulometría de arena hasta bloques métricos, todo con colores predominantemente blanquecinos a grises claros. Desde La Guaira hasta Uria, la composición química-mineralógica es fundamentalmente granítica, pero en los torrentes ubicados más al Este, se observa una cantidad cada vez mayor de tipos litológicos máficos, por lo tanto de colores más oscuros (e.g.: ríos Naiguatá y Camurí Grande), proveniente de un cuerpo de rocas metaígneas recientemente ubicado (CANO & MELO 2001).

Observaciones en varios torrentes

Por lo indicado, el tipo de materiales que invadió las zonas pobladas varía según la proporción de las unidades aflorantes en las respectivas cuencas de drenaje (Esquisto de Tacagua o Asociación Metamórfica Ávila). Por ello la magnitud y naturaleza de los daños son proporcionales tanto al volumen del material transportado como al tipo de materiales involucrados. A continuación daremos algunos ejemplos:

- *Quebrada El Cojo*. La parte central y cercana del cauce fue afectada por flujos de detritos muy destructores, acarreado bloques de hasta 4 m de diámetro, siendo estos transportados hasta al menos la parte media del cono aluvial, con bloques algo menores hasta la costa. Las partes marginales del cono fueron afectadas por inundaciones, acarreado mucho material fino, que llegaron a depositar sedimentos de hasta 3 m de espesor. (Fig. 2).

- *Quebrada San José de Galipán*. En este torrente los flujos de detritos fueron muy destructores en la parte alta y central del cono, sector La Veguita, mientras que la parte baja hacia la Guzmania, fue sepultada con hasta 4 m de espesor de sedimentos más finos.

- *Quebrada Camurí Chiquito*. Este cono por ser el menos intervenido es el que mejor muestra las características de los procesos erosivos-depositacionales ocurridos. Al igual que en las otras localidades puede distinguirse la difusión en la parte central de los flujos de detritos, con la gradación a sedimentos más finos en forma lateral y en abanico. Los sedimentos de este torrente son de colores más claros que aquellos del Río San Julián, por acarrear mayor cantidad de materiales de naturaleza granítica, mientras que el Río San Julián presenta una proporción relativamente mayor de rocas esquistosas (Complejo de San Julián).

- *Río San Julián*. Este es el torrente que causó mayores daños debido a factores como: gran extensión de la cuenca, cauce con un rumbo Sur-Norte casi directo desde las cabeceras a 2.600 m s.n.m., lo cual permitió a los fluidos alcanzar mayores velocidades, un cono de deyección muy urbanizado, con edificaciones que forzaron a los flujos de detritos a derivar y con ello difundir más su poder destructivo. Este es el torrente que aportó material de mayor granulometría, por lo tanto causó una destrucción más profunda, donde centenares de viviendas de muy buena calidad constructiva fueron arrasadas hasta sus cimientos.

- *Quebrada Seca*. Como su topónimo lo indica esta es una quebrada que normalmente lleva muy poca agua, la cual en condiciones normales prácticamente desaparece por infiltración en el ápice del cono. Esa misma naturaleza hizo que con el tiempo, sus habitantes ocuparan el cauce dejando muy poco espacio para el paso de los flujos. Al igual que en los torrentes anteriores, en la parte central de ápice del cono aluvial los flujos de detritos causaron daños muy severos con el acarreo de bloques de hasta 3 m de diámetro. Estos flujos de detritos, casi en su totalidad se disiparon al llegar a la parte alta a media del cono, y a partir de allí el material transportado fue fundamentalmente grava y material más fino con carácter de inundación. Las laderas de esta zona sufrieron centenares de deslizamientos dañando gravemente las viviendas adyacentes al cauce.

- *Río Cerro Grande*. Al sobrevolar el área se aprecia que en la parte media de la cuenca hay grandes deslizamientos, tanto superficiales como otros profundos que desprendieron grandes bloques métricos, pero estos han quedado en los cauces en V, y a pesar de un flujo máximo cercano a 200 m³/s estimado para este torrente, el material que llegó a las zonas pobladas del cono aluvial es relativamente fino, comparativamente a las quebradas adyacentes, en promedio es grava con bloques decimétricos. Las secciones expuestas del material de este evento indican una sedimentación por flujos tipo inundación y en algunos sectores restringidos, de flujos hiperconcentrados. En las partes bajas del cono aluvial hubo sedimentación de hasta 3 m de espesor de sedimentos relativamente finos. En lugares como la

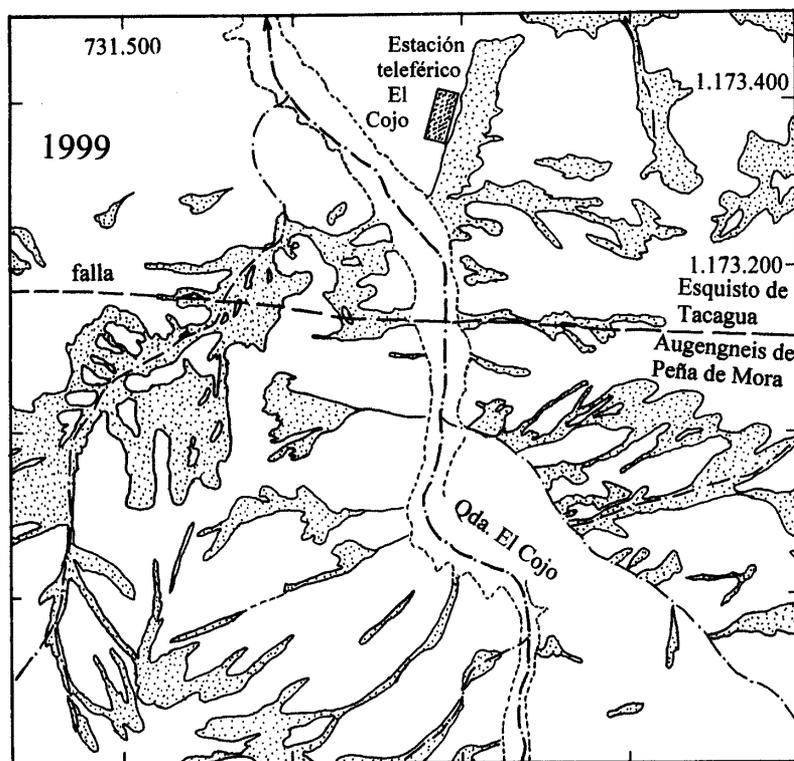
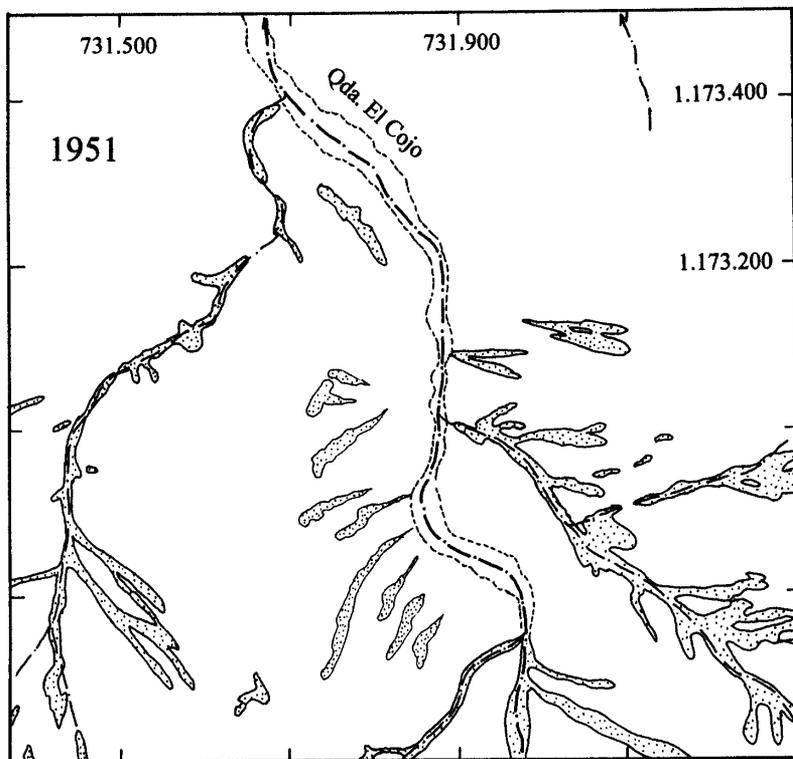
entrada del club Tanaguarena, antes de la remoción de escombros, se llegaba a ver la superposición de dos eventos: En primer lugar, en la base se depositaron unos 2 m de espesor de gravas y arenas cuarzo-feldespáticas de colores grises, con la Asociación Metamórfica Ávila como fuente y correspondientes a la parte distal del cono del Río Cerro Grande. El segundo evento corresponde a una cobertura de aproximadamente 1/2-3/4 m de materiales de color marrón rojizo, debido a los flujos superficiales de las rocas de Tacagua que afloran en las colinas adyacentes.

Río Uria. Sus cabeceras se encuentran a alturas mayores a 2.500 m s.n.m. y el Río tiene varias curvas fuertes antes de llegar al plano aluvial, lo cual debió disminuir la energía de los flujos. Pero el valle estaba densamente construido, con un cauce pequeño y desviado de su posición original, por tanto este torrente fue el segundo mayor en cuanto a los daños causados por los flujos de detritos. A primeras hora de la mañana del día 16, el cauce artificialmente canalizado en la margen Oeste del valle fue taponado por un deslizamiento, por lo tanto los flujos torrenciales fueron desviados directamente hacia la parte central y Este del Valle. Allí los flujos de detritos causaron una profunda socavación de hasta 8 m por debajo del anterior nivel de los sedimentos, canalizándose ahora el agua hacia la parte Este del valle a través de un paleocauce tallado en el Esquisto de Tacagua. La mayor parte de las viviendas del valle fueron destruidas, ya sea por los flujos de detritos en el plano aluvial, como aquellas situadas en las laderas que igualmente fueron afectadas por los deslizamientos laterales provenientes de las rocas del Esquisto de Tacagua.

- *Río Naiguatá*. Este río tiene un plano aluvial muy amplio y en él se observan depósitos de sedimentos característicos tanto de flujos de detritos, como de inundaciones. Al llegar a la zona poblada los flujos de detritos se disiparon, dando paso a flujos menos concentrados que se desviaron y sedimentaron la marina de un club. A lo largo del cauce el tamaño máximo de los bloques es mucho menor a los observados en la zona de Caraballeda - Quebrada Seca.

- *Ríos Camurí Grande y Miguelena*. Estos dos ríos tienen extensas cuencas con sus cabeceras a cotas mayores de 2.500 m s.n.m. y se unen al llegar al Campus de la Universidad Simón Bolívar (USB), continuando como un solo cauce hasta la costa. Estos ríos muestran comportamientos relativamente distintos, mientras el río Miguelena presenta sedimentos mayormente finos (gravas a clastos decimétricos), el río Camurí Grande en las cercanías al Campus muestra evidencias de flujos de detritos de alta energía suficiente para haber logrado el transporte de bloques métricos. En este lugar se nota que hubo represamiento causado por una gran acumulación de árboles contra las edificaciones de la USB.

Fig. 2. Flujos superficiales en la cuenca baja de la Quebrada El Cojo



Base topográfica: DCN, 1984

Fotografías aéreas: DCN, Feb. 1951 y DIGECAFA, Dic. 1999

200 m

 Flujos superficiales

Breve comparación de los eventos de 1951 y 1999

A pesar de la intensidad y graves consecuencias del evento hidrometeorológico de febrero de 1951 y de existir fotografías aéreas tomadas, tanto antes como después del evento, éste nunca fue caracterizado adecuadamente. Desde un punto de vista pluviométrico el evento de 1951 es mejor conocido por existir entonces un mayor número de estaciones registradoras, mientras que en 1999 sólo funcionada la estación del Aeropuerto de Maiquetía.

Los efectos visibles en las fotografías aéreas de 1951 comparados con los de 1999, indican que este último evento causó deslizamientos con extensiones superficiales al menos cuatro veces mayores que en 1951. Una comparación para la zona de El Cojo aparece en la Fig. 2, donde se nota que los flujos superficiales afectaron por igual tanto a las rocas del Esquisto de Tacagua como al Augengneis de Peña de Mora.

Para la zona de Quebrada Seca de Caraballeda, prácticamente el 60% de la superficie de las colinas constituidas por el Esquisto de Tacagua se deslizaron (Fig. 3). En 1951, en la misma zona del mapa de la Fig. 3 no hubo ningún deslizamiento, pero al igual que en 1999 sí los hubo en la cuenca media y alta de la Quebrada.

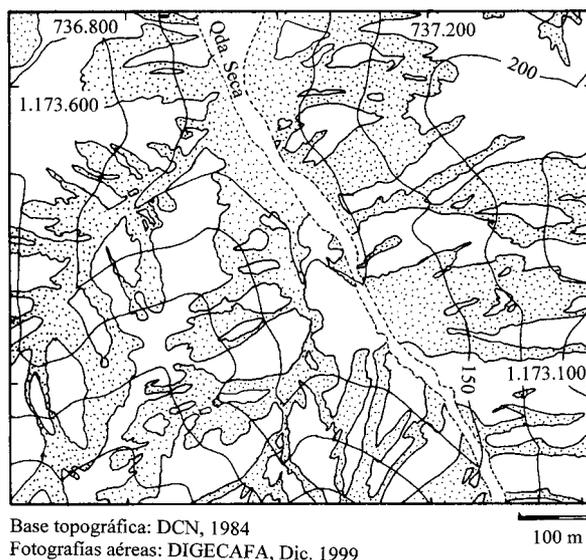
Una comparación global de las fotografías aéreas de 1951 y 1999, muestra que en ambos casos los deslizamientos fueron muy escasos a alturas mayores de 2.000 m s.n.m. Las zonas más afectadas en 1951 fueron los niveles altitudinales medios, mientras que en 1999 fueron tanto las partes medias como las bajas.

En ambas fechas la zona de Blandín y Tacagua tuvo muchos deslizamientos, lo cual atribuimos a la rápida caída de la altura de la Fila Maestra hacia el Oeste del Pico Ávila (Hotel Humboldt), por consiguiente las densas celdas estacionarias de lluvia pudieron sobrepasar la Fila y afectar fuertemente esta parte del flanco Sur del macizo. En las zonas adyacentes a los sectores más afectados del estado Vargas, la intensidad de las lluvias fue disipándose, de manera que no alcanzó niveles de intensidad (mm/hora) suficientemente altos como para disparar una cantidad apreciable de deslizamientos, y sin ellos los torrentes carecen de una suficiente carga sedimentaria para producir flujos densos y por lo tanto el efecto es fundamentalmente de inundaciones. Un ejemplo de esto es el río Tócome en Caracas, que en ambos oportunidades causó inundaciones en las partes bajas de la Urbanización Montecristo, incrementado los daños en 1999 por las erróneas obras de ingeniería que constriñen el cauce del Río, las cuales fueron reconstruidas con las mismas fallas.

Depósitos de flujos torrenciales antiguos

Eventos como el de diciembre de 1999 han ocurrido constantemente a lo largo del tiempo geológico, de hecho basta ver un mapa topográfico para ver los numerosos conos aluviales que se extienden hacia el mar. Los mayores son los de Cabo Blanco y Caraballeda, formados por la coalescencia de tres drenajes principales en ambos casos, Piedra Azul, Tacagua y Mamo para el primero, y San Julián, Quebrada Seca y Cerro Grande para el segundo.

Fig. 3. Flujos superficiales en la cuenca baja de Quebrada Seca



Los conos aluviales se forman por el aporte lento pero continuo de sedimentos, acarreados por los ríos e intensificado con las crecidas anuales, pero definitivamente signado por eventos de gran magnitud como el de diciembre 1999, que en cuestión de horas o días pueden aportar volúmenes de sedimentos comparables a siglos o milenios de acción lenta. En otras palabras se corrobora la visión actual de las ciencias geológicas, donde los efectos de las tradicionales tendencias filosóficas encontradas del uniformitarianismo y catastrofismo, no son excluyentes, sino alternantes y complementarias en el tiempo.

Como resultado de estos procesos de sedimentación en el tiempo, en los conos aluviales se observan principalmente materiales recientes, pero también depósitos más antiguos a cotas mayores. En forma general hay dos tipos distinguibles de sedimentos antiguos que se describen a continuación:

Terrazas más jóvenes

En todos los torrentes mencionados en la sección precedente al recorrerlos aguas arriba del ápice del cono

aluvial se observan terrazas elevadas (aluviones colgantes según SCHUBERT 1985), siendo los más conspicuos aquellos de los ríos San José de Galipán, San Julián y Quebrada Seca. La excepción la constituye el Río Cerro Grande, el cual se encajona y no se ha podido acceder más arriba de la antigua toma de agua. Estas terrazas (las vegas de los lugareños) en parte han sido totalmente erosionadas, ya sea previamente o durante el evento de diciembre de 1999, pero sus remanentes a veces pueden seguirse aguas arriba del cono por varios kilómetros, y están presentes en casi todos los tramos que hemos alcanzado a la fecha, hasta cotas cercanas a los 300-350 m s.n.m. Usualmente se notan a alturas variables de 4 a 10 m por encima del cauce actual. A juzgar por el tamaño de los bloques contenidos y el volumen de los sedimentos involucrados, estas terrazas fueron producidas por eventos torrenciales antiguos que tuvieron una capacidad de transporte y por ende una energía mayor al evento de diciembre de 1999. Estos depósitos por las razones que se expresan más adelante, probablemente tengan una edad cercana a la decena de miles de años.

Terrazas más antiguas

Éstas se pueden ver tanto en fotografías aéreas como en el campo, y están ubicadas en las partes altas de los conos aluviales. La naturaleza de los sedimentos es variable (flujos de detritos entre otros) y se encuentran a cotas de hasta unos 100 m s.n.m., siendo especialmente visibles en Camurí Chiquito, así como la zona alta del cono de Caraballeda, donde está el asentamiento original del caserío San Julián. A cotas más bajas hay conspicuos depósitos en El Cojo, Punta de Mulatos y Punta Tigrito. Los grandes bloques incluidos en algunas de estas terrazas son de una magnitud tal (hasta decamétricos) que el evento de diciembre 1999 sólo los limpio o a lo sumo los roto, pero sin producir mayor traslación longitudinal.

Justo al frente del club Tanaguarena, el Ing. J. A. Rodríguez (FUNVISIS) ubicó una terraza ubicada a 95 m s.n.m. sobre rocas del Esquistos de Tacagua, y constituida por grava y bloques decimétricos de cantos rodados de rocas graníticas procedentes de la Asociación Metamórfica Ávila. Al observar el mapa topográfico a escala 1:5.000, se nota que en la actualidad no existe ningún drenaje que partiendo de los afloramientos que constituyen la fuente de los sedimentos, pueda alcanzar al sitio donde se encuentra la terraza, esto debido a que la erosión ha disectado la parte intermedia a favor de la extensión del sistema de fallas de Macuto, por consiguiente estos depósitos son de antigüedad relativamente considerable, probablemente Pleistoceno o más viejo.

Analizando los mapas topográficos así como visualizando las formas de modelado en el campo, en

casi toda la extensión desde Camurí Grande a La Guaira se notan escalones topográficos que parecen coincidir con una cota cercana a 90-120 m s.n.m. Éstos no han sido investigados con el detalle que se merecen, pero algunos podrán mostrar depósitos sedimentarios si bien no necesariamente debe haberlos.

Esto depósitos probablemente tengan una edad en el orden de varias decenas a cientos de miles de años.

Los grandes bloques en la Cordillera de la Costa

La presencia de grandes bloques graníticos lejos de sus fuentes han sido observados o descritos en casi todos los grandes torrentes del flanco Norte de la Cordillera, desde San Esteban y Patanemo, Carabobo, continuando hacia Este en Choroni y Chuao, Aragua. Pero igualmente en la parte Este del estado Vargas en lugares que en esta oportunidad no hubo mayor actividad torrencial, como los ríos de Los Caracas, Osma, Oritapo, Todasana, Caruao y Guayabal. Probablemente la mejor descripción de uno de estos grandes bloques decamétricos es el caso de Patanemo, mencionado por el geólogo italiano Enrico Fossa Mancini en 1926 (URBANI 1992). En el flanco Sur del macizo también se encuentran estos bloques plurimétricos, y tal vez los primeros descritos son aquellos del sector de Onoto (hoy El Castaño), al norte de Maracay, observados por Jean-Baptiste Boussingault en 1823 (URBANI 1982). La antigüedad más que centenaria de muchos de estos bloques, es atestiguada por el hecho de que algunos tienen tallados petroglifos indígenas. Tal vez los más conocidos en su tipo son los denominados Piedra del Indio, tanto en San Esteban (Fig. 4), Carabobo, como en la quebrada Quintero, en la parte noreste de Caracas.



Fig. 4. Petroglifos de la Piedra del Indio de San Esteban, Carabobo. Corresponde a un bloque de roca granítica ubicado a varios kilómetros de su fuente, probablemente transportado por flujos de detritos del fin del Pleistoceno (Tomado de Sujo 1975).

Edad de los depósitos sedimentarios antiguos

Hasta la fecha no han habido estudios, ni líneas de evidencias lo suficientemente confiables para calcular una tasa de levantamiento de la Cordillera en el estado Vargas. Sin embargo una aproximación puede obtenerse a partir del levantamiento de los sedimentos de Cabo Blanco con respecto al nivel actual del mar. Para ello podemos usar la elevación máxima de los cerros, que en el sitio del antiguo faro-radar era 141,7 m s.n.m., levantamiento que pudo haber ocurrido desde aproximadamente el límite Plioceno-Pleistoceno hace unos 1,6 millones de años (Ma). Con estas cifras se puede estimar una tasa de 1 m de levantamiento por cada 11,3 miles de años (ka). Así, las terrazas cercanas a 90-100 m s.n.m. pudieran tener una edad en el orden de 1 Ma, lo cual luce razonable. Pero si se aplicara esta tasa de levantamiento -sin otras consideraciones-, a las terrazas o aluviones colgantes observados a una altura de unos 8 m por encima de los cauces actuales de los torrentes, resultarían de una edad estimada de 90 ka, que parece muy alta. Como hipótesis de trabajo, es preferible postular que estos sedimentos, cuyos remanentes aparecen preservados en las márgenes de los valles en V de los torrentes, se hayan depositado durante un período climático árido del fin del Pleistoceno, que para el norte de Venezuela parece abarcar entre 13,4 y 11,5 ka antes del presente (SCHUBERT 1985, 1988).

El conocimiento de la edad de los depósitos anteriores al evento de 1999 es fundamental para estimar la recurrencia de este tipo de eventos catastróficos, lo cual a su vez tiene importantes consecuencias socio-económicas, así como prácticas para los cálculos de ingeniería de las obras de protección. Lamentablemente, en el trabajo realizado a la fecha con la excepción del río San Julián, no se ha encontrado material apropiado para dataciones por ^{14}C (en proceso de análisis por el USGS). La termoluminiscencia puede ser otro método factible, pero se requiere realizar pruebas piloto.

Fuente de los grandes bloques aportados por los flujos de detritos

Desde el inicio de la divulgación del evento de 1999, en diversos foros geológicos se discutió sobre la procedencia de los bloques de dimensiones métricas aportados por los flujos de detritos, y cuyo mejor ejemplo quizás sea el Río San Julián. A partir de algunas primeras salidas al campo realizadas por el autor de estas notas, las cuales abarcaron las partes medias y apicales de los conos de deyección, se observó que en los perfiles transversales de los cauces las áreas de sedimentación indicaban ser mayores a aquellas de socavación, se optó por la idea de que los grandes bloques procedían mayoritariamente de deslizamientos nuevos, aguas arriba. Hoy en día y después de haber

recorrido muy aguas arriba la mayor parte de los torrentes más afectados, se hace un replanteamiento diferente, de manera que sugerimos que la fuente de los bloques métricos hasta decamétricos sean mayormente el producto de la erosión de los depósitos antiguos, que como mencionamos previamente aparecen en casi todos los torrentes. Quizás uno de los ejemplos mejores sea Quebrada Seca de Caraballeda, donde claramente se nota la erosión de tales terrazas.

En cuanto a los materiales de granulometría menor (decimétrica y menor) pueden proceder tanto de los depósitos antiguos, como de los deslizamientos, que en su mayoría alcanzan una profundidad de pocos decímetros, aportando tanto el suelo como fragmentos de roca de dimensiones menores. En algunos lugares estos deslizamientos afectan más del 50% de la superficie de las laderas (Fig. 3), por tanto cuantitativamente fueron una importante fuente de materiales.

FALSAS CREENCIAS

A la luz del evento de diciembre, múltiples creencias erróneas fueron extensamente difundidas, por eso este capítulo se considera fundamental, ya que más allá de los estudios e informes científicos, los profesionales involucrados deben propiciar que se informe a la colectividad de las realidades de la naturaleza, en contra de las falsas informaciones que han transmitido algunos medios de comunicación.

Fuentes termales

Algunos profesionales de la Gobernación de Vargas llegaron a informar sobre la existencia de un brote violento de una fuente termal en el río Mamo, localizada 2 km aguas arriba de la intersección con la quebrada Ocumarito. Al visitarla encontramos que el agua brota al pie de un escarpe del Esquisto de Tacagua. La temperatura es de tan sólo 26°C y ya era conocida por los lugareños desde décadas, quienes indican que nunca ha sido más caliente, ni ha brotado con mayor caudal, es un agua de sabor amargo que no sirve para el consumo humano. Igualmente, se mencionó una fuente termal brotando en el Barrio Tropical al frente del Polideportivo Vargas, pero al igual que la anterior tiene una temperatura de tan solo 27°C, es salobre y utilizada por los habitantes del barrio para algunos fines domésticos, pero no para consumo humano. En la zona de Punta El Tigrito se entrevistó a testigos que indicaron que algunas personas sufrieron quemaduras al cruzar la quebrada, pero por las características descriptivas parecen haber sido producidas por productos químicos derramados al drenaje.

Minas de azufre

La presencia de minas de azufre en el Ávila es uno de los mitos más extendidos, pero evidentemente es falso. Únicamente existen algunas zonas donde hay pequeñas mineralizaciones de piritita y algo de calcopiritita, como ocurre frente al restaurante "El Rey del Pescado Frito" cerca de Carmen de Uria, y en la quebrada Mapurite frente al puerto de La Guaira.

Volcanes

En mito de que el Ávila es un volcán, es tal vez más extendido que el anterior (RODRÍGUEZ 2000) y ocurre en casi todos los estratos socio-económicos, incluyendo profesionales de ingeniería. Por supuesto que en el Cretácico hubo actividad volcánica, hoy distinguible por sus productos: las rocas epidóticas del Esquisto de Tacagua, o mucho antes, en el Paleozoico, con lo que hoy son las rocas anfibólicas de grano fino del Complejo San Julián. Pero evidentemente no hay volcanismo activo en ninguna parte de Venezuela.

En este sentido, es vergonzoso notar que los medios de comunicación hayan divulgado tan ampliamente estas falsas creencias, sólo contribuyendo a aumentar el estado de intranquilidad y zozobra de la población.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Profesora Nuris Orihuela de FUNVISIS y a Lic. Alicia Moreau del IGVSb por permitir la participación del autor en varias misiones de campo en el estado Vargas. El personal de USGS (M. Larsen, G. Wiczorek y L. Eaton), FUNVISIS (J. A. Rodríguez) e INGEOMIN (V. Vivas, P. De Luca y O. Rosso) con quienes compartimos muchos días de productivo trabajo de campo en donde se gestaron muchas de las ideas aquí expuestas. A mis estudiantes de geología de la UCV, compañeros en las experiencias de Vargas desde diciembre de 1999.

BIBLIOGRAFÍA

AGUERREVERE Santiago E. & Guillermo ZULOAGA. 1937. Observaciones geológicas de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 1(2-4): 8-24.

----- & ----- 1938. Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 2(2-4): 281-284.

ASUAJE L. 1969. Geología de la región de Guatire - Cabo Codera. *IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, *Resúmenes*, p. 49-50. En: *Bol. Geol.*, Caracas, *Public. Esp.* 5, 3: 1289, 1972.

CANO V. H. & L. MELO. 2001. *Reconocimiento geológico entre las cuencas de Quebrada Seca y Río Care, estado Vargas*. UCV, Dept. Geología, Trabajo Especial de Grado.

DENGO Gabriel. 1950. Geología de la región de Caracas. *Revista de Fomento*, Caracas, 12(73). Hay otras dos ediciones: español, *Bol. Geol.*, 1(1): 39-115, 1951; inglés, *Bull. G.S.A.*, 64(1): 7-40, 1953.

CEPAL 2000. *Efectos de las lluvias caídas en Venezuela en diciembre de 1999. Los efectos socioeconómicos de las inundaciones y deslizamientos en Venezuela en 1999. Perfiles de proyectos de cooperación. Sistema de gestión de información sobre cooperación internacional (SIGCO)*. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo, Caracas. Edición en libro y CD.

FEO-CODECIDO G. 1962. Contribution to the geology of north-central Venezuela. *Bol. Inf. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, 5(5): 119-142.

GUEVARA L. T. 1999. Una concepción global sobre el diseño de políticas para la gestión y control de los riesgos ante eventos naturales en una ciudad. *XXII Congreso de la Regional de Arquitectos del Grupo Andino RAGA '99*, Chiclayo, Perú, 4-6 feb., 19 p.

NACSN - NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE. 1983. North American Stratigraphic Code. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 67(5). Traducción al español por A. Bellizzia & O. Macsotay, MEM, 1997, inédito.

ORTIZ C. (Ed.). 2000. *Y el Ávila bajó al mar*. Edit. El Nacional, Caracas, 123 p.

RODRÍGUEZ J. A. 2000. Mitos en torno al Macizo del Ávila y a la ciudad de Caracas. La información en tiempos de desastres (Resumen). *IV Simposio Venezolano de Historia de las Geociencias, JIFI-2000*, UCV, Fac. Ingeniería, Caracas. Noviembre.

SAGECAN - SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 2000. *Crónica cartográfica de la catástrofe de Venezuela. Diciembre 2000*. Ed. SAGECAN, Caracas, 15 lám.

SALVADOR A. (Ed.). 1994. *International Stratigraphic Guide*. 2nd. Ed. Int. Sub-comm. Strat. Classif. IUGS, Int. Comm. Strat.. Coedition of Int. Union Geol. Sci. and Geol. Soc. America.

SCHUBERT C. 1985. Aluviones colgantes en la Cordillera de la Costa: Indicio de aridez durante el Cuaternario Tardío. *Acta Científica Venezolana*, 36: 202-202.

----- 1988. Climatic changes during the last glacial maximum in Northern South America: a review. *Interciencia*, Caracas, 13(3): 128-137.

SVG - SOCIEDAD VENEZOLANA DE GEÓLOGOS. 2000. *Foro Litoral central: geología, geomorfología y procesos asociados*. SVG, Caracas, edición en CD.

SUJO-VOLSKY J. 1975. *El estudio del arte rupestre en Venezuela*. Edic. UCAB, Caracas, 230 p.

TALUKDAR S. & D. LOUREIRO. 1982. Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la

- Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. *Geos*, Caracas, (27): 15-76.
- URBANI F. 1981. Jean Baptiste Boussingault (1802-1887) y las fuentes termales de Venezuela, Colombia y Ecuador. *Geotermia*, UCV, Caracas, (4): 47-67.
- 1992. Enrico Fossa Mancini (1884-1950): su vida y obra en Italia, Venezuela y Argentina. *Asoc. Geol. Argentina, Rev.*, 46(3-4): 353-357.
- & M. OSTOS. 1989. El Complejo Ávila, Cordillera de La Costa, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, (29): 205-217.
- & A. QUESADA. 1969. Migmatitas y rocas asociadas del área de La Sabana. Cordillera de la Costa. *IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, *Resúmenes*, p. 49-50. Trabajo completo y mapa en: *Bol. Geol.*, Caracas, *Public. Esp.* 5, 4: 2375-2400, 1972.
- , J. A. RODRÍGUEZ & V. VIVAS. 2000a. Geología del estado Vargas: 1.- Nomenclatura actualizada de las unidades ígneo-metamórficas de la parte central de la Cordillera de la Costa (Resumen). *Simposio Internacional. Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela, JIFI-2000*, UCV, Fac. Ingeniería, Caracas. Noviembre.
- , L. BARBOZA, S. RODRÍGUEZ & J. A. RODRÍGUEZ. 2000. Geología del estado Vargas: 2.- recopilación de la cartografía geológica del estado Vargas y regiones vecinas (Resumen). *Simposio Internacional. Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela, JIFI-2000*, UCV, Fac. Ingeniería, Caracas. Noviembre.
- , R. SÁNCHEZ & J. SILVA. 1989. Reconocimiento geológico de la región de La Sabana - Cabo Codera - Capaya, D.F. y Miranda. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*, 1: 223-243.
- , O. CONTRERAS, L. GARCÍA, I. SABINO, A. ARANGUREN & R. UZCÁTEGUI. 1997. Cartografía geológica de flanco sur del macizo de El Ávila desde Maripérez hasta Izcaragua, Cordillera de la Costa, D.F. y estado Miranda, Venezuela. *Memorias VIII Congr. Geol. Venezolano*, Porlamar, 2: 463-468.
- WEHRMANN M. 1969. Geología de la región de Caracas - Colonia Tovar. *IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, *Resúmenes*. Trabajo completo y mapa en: *Bol. Geol.*, Caracas, *Public. Esp.* 5, 4: 2093-2121, 1972.