

5. Aspectos geológicos y geomorfológicos

5.1 Generalidades

En la presente sección se reportan los resultados preliminares de algunas observaciones de campo sobre un sector del estado Vargas afectado por el evento extremo de precipitación del mes de diciembre de 1999. Estas se basan en fotografías aéreas, antiguas y más recientes, anteriores al mencionado evento catastrófico. De la misma forma se utilizó, como marco topográfico de referencia, la carta del año 1973 a escala 1:25.000.

Debido a la gran extensión del área que se vio afectada por el mencionado evento, en esta fase preliminar del estudio se consideró oportuno evaluar de manera particular un sector del litoral metropolitano que, según los primeros reportes profesionales, audiovisuales y periodísticos, se considera de mayor trascendencia en cuanto a daños ocasionados a personas y edificaciones. Nos referimos al sector comprendido entre Punta Mulatos, Carmen de Uria y la Fila del Avila que, en términos regionales, corresponde a una porción del flanco norte de la Cordillera de la Costa.

Para la interpretación y evaluación de este evento extremo se recopiló la información existente sobre la geología del área, enfatizando las unidades litológicas, las estructuras y los horizontes de meteorización típicos de las rocas (tratando de acotar los eventuales cambios que pudieran ocurrir en sentido vertical y horizontal). Para los mismos fines se hizo uso de algunas misiones de fotografías aéreas disponibles en la actualidad y de otros elementos que se consideraron de cierta importancia en esta primera fase de estudio.

Adicionalmente se interpretó la documentación fotográfica disponible, tanto de las cuencas bajas –en donde se registraron los mayores daños a personas y bienes– como de las partes altas y medias de las mismas. Dichas fotografías fueron tomadas desde un helicóptero en vuelos de reconocimiento efectuados los días 7 y 14 de enero del presente año 2000. Paralelamente se realizó una investigación bibliográfica relacionada con eventos similares acaecidos en la misma área y en años anteriores, con la finalidad de comparar y aprovechar algunos datos de suma importancia para el futuro durante la fase de recuperación y racionalización del espacio.

5.2 Algunos aspectos climáticos

La coincidencia de un relieve elevado (2.700 metros) próximo al mar y con vientos alisios paralelos al borde del litoral, determina un clima seco en las partes topográficamente más bajas y cierta pluviosidad en las partes altas de la Cordillera. La presencia y orientación paralela a estos vientos de algunos valles (como por ejemplo del río Los Caracas) hace posible un ascenso de estos vientos con precipitaciones de cierta importancia y valles húmedos.

La influencia de los vientos del norte (Nortes), que tienen su origen en masas de aire frío desde el hemisferio septentrional, dan lugar generalmente a lluvias intensas y torrenciales capaces de realizar un gran trabajo geomórfico. La influencia de estos vientos, entre otras cosas, es inversamente proporcional a la cubierta vegetal. De manera que por lo general se presenta una vegetación xerófila en la parte baja de relieve y una vegetación más densa y con árboles en la parte alta, con la salvedad de algunos valles que, por las razones expuestas anteriormente, presentan una vegetación más abundante.

5.3. Geología del área de estudio

Antecedentes

El sector de estudio pertenece al sistema montañoso de la Cordillera del Caribe que se extiende desde la depresión de Barquisimeto, al Oeste, hasta la Península de Paria al Este (González De Juana, 1980).

El sector occidental (Sistema Orográfico Central) se compone de dos elementos tectónicos y fisiográficos distintos marcados por la falla de la Victoria, que se desarrolla a lo largo del Río Tinaco, la depresión del Lago de Valencia y el curso medio del Río Tuy. Al Norte de la depresión se desarrolla la Cordillera de la Costa y al Sur la Serranía del Interior Central.

La Cordillera de la Costa se desarrolla en forma rectilínea entre Puerto Cabello y Cabo Codera, presentando elevaciones topográficas de consideración en la Sierra del Avila con el Pico de Naiguatá, ubicado a 2.765 metros de altura. La Sierra del Avila, por su parte, ha sido descrita como una elevación tectónica tipo "Horst" entre el sistema de fallas del Caribe, al Sur, y las fallas del Avila, al Norte. El primer estudio sistemático de la Cordillera de la Costa fue realizado por Aguerrevere y Zuloaga (1937); Gabriel Dengo (1951) elabora y publica el primer mapa geológico de Caracas y sus alrededores; R. J. Smith (1952), G. Feo-Codecido (1962) y V. M. Seiders (1965) se extienden con sus estudios más hacia el Sur y el Este.

El sismo ocurrido en julio de 1967 dejó en claro la necesidad de un conocimiento de mayor detalle de la Cordillera de la Costa y de la mecánica de su deformación para posteriores evaluaciones de tipo sismológico. En 1972 Miguel Wehrmann realizó un estudio geológico regional revisando las unidades litológicas y estructuras principales de un área comprendida entre Guatire y la Colonia Tovar. A. Menéndez (1966), L. A. González Silva (1972) y M. Vignali (1972) publican trabajos de alcance regional que implican el área de interés.

A partir del año 1978 la Universidad Central de Venezuela emprende un levantamiento sistemático de la Cordillera de la Costa que se concreta en estudios específicos y trabajos de grado.

A partir del año 1980, el Ministerio de Energía y Minas emprende el proyecto "Estudio Geotécnico del Área Metropolitana de Caracas" y en el VI Congreso Geológico Venezolano (1985) empieza su publicación con el estudio del Sector Central

Estratigrafía

Desde el punto de vista estratigráfico (Wehrmann, 1972), la región de Caracas y áreas adyacentes está caracterizada por una secuencia de rocas meta-sedimentarias (metamorfismo regional de bajo grado perteneciente a la facies de los esquistos verdes) de edad Jurásico-Cretáceo perteneciente al Grupo Caracas que reposan en discordancia sobre un complejo ígneo-metamórfico del Paleozoico Inferior. En un comienzo, la sedimentación de estas rocas es típica de plataforma, lenta y progresivamente más profunda. Al final de esta primera fase se producen eventos volcánicos que señalan el inicio de la facies Eugeosinclinal del Grupo Post-Caracas mediante el cual se produce una sedimentación en ambiente de surco, de aguas profundas y rápida, por efectos de corrientes de turbidez y con abundantes aportes de materiales volcánicos.

La secuencia estratigráfica, de más antigua a reciente, está definida a escala regional por las formaciones geológicas que se señalan en el Mapa Geológico anexo a este informe (Mapa 5.1).

Para facilitar la comprensión en esta fase preliminar de la investigación sobre los procesos de meteorización (íntimamente ligados a la litología) que han venido desmejorando el sustrato rocoso y por ende siendo causante potencial del desprendimiento de volúmenes tan extraordinarios de materiales, se reportan algunas composiciones mineralógicas promedio de los litotipos que componen las asociaciones litológicas (Wehrmann, 1972).

Formación Peña de Mora

Está compuesta por gneises de diversos tipos, cuarcitas, esquistos, mármoles y rocas ígneas ácidas, básicas y ultrabásicas. La parte inferior consiste de gneises cuarzo-feldespático-muscovíticos de grano grueso, cuarcitas delgadas, gneises bandeados y esquistos cuarzo muscovíticos. Estos últimos que afloran al Este del Pico El Avila en el área de Galipán, presentan un perfil de meteorización profundo con suelo residual espeso y pocos afloramientos de rocas frescas. Algunos gneises exhiben textura de augen (*augengneises*). Los afloramientos están cruzados por vetas de cuarzo y feldespato con presencia de pirita y granate. Hacia la parte superior disminuyen los gneises, el grano se hace más fino, la foliación mejor desarrollada y aumentan los esquistos y cuarcitas, a veces grafitosas, con presencia ocasional de calizas delgadas en el tope. Esta unidad está intrusionada por rocas ultrabásicas, básicas y ácidas expuestas en varios puntos de la divisoria de aguas. En los ríos Piedra Azul y San Juhán se observa la influencia de rocas ígneas ácidas y básicas emplazadas a poca profundidad.

Formación Las Brisas

Que aflora en el núcleo de las estructuras anticlinales principales (anticlinales de El Junquito y Baruta) se divide en dos miembros:

- *Miembro Inferior:* que se compone de clásticos gruesos, comienza con una secuencia de meta-conglomerados de grano grueso principalmente cuarzosos, metareniscas de grano grueso, arcosas y cuarcitas intercaladas con esquistos cuarzo-muscovíticos y filitas grafitosas. A medida que se asciende en la sección van desapareciendo los clásticos gruesos y empiezan a dominar los esquistos cuarzo-muscovítico-feldespáticos de grano fino a medio. Hacia el tope aparecen los esquistos cuarzo-muscovítico-cloríticos por debajo de las dolomitas que cierran la sección.
- *Miembro superior:* consiste de un conglomerado microclínico en la base, cuarcitas, meta-limolitas, esquistos y filitas cuarzo-muscovíticas en parte cloríticas que se hacen más grafitosas hacia el tope. En orden de abundancia se describen los componentes mineralógicos de los litotipos de mayor significación.

Formación Antímano

Alcanza su mejor desarrollo al Suroeste de la población de San Pedro, aflora al Norte de Carayaca, en el valle de los ríos Mamera, Tacagua y Mamo; en Curucutí, sobre la carretera entre Caracas y La Guaira y esporádicamente en las cuencas inferiores de los ríos de la vertiente Norte del Avila y en la carretera Caracas-Valencia. La composición general de esta unidad se resume de la siguiente manera: Calcita (86,5%), Cuarzo (7,5%), Muscovita (2,5%), Grafito (2,5%) y Pirita (2%).

Formación Las Mercedes

Suprayace a la Formación Las Brisas y está conformada por una secuencia monótona de esquistos grafitosos calcáreos con intercalaciones de mármoles grafitosos lenticulares. Localmente se encuentran horizontes de mármoles oscuros en capas delgadas (Fase Los Colorado) y, localmente, algunos aglomerados cuarzosos en la base de la formación. Básicamente los esquistos son del tipo cuarzo-muscovítico-grafitoso-calcáreos con buena foliación y grano fino a medio; están cruzados por abundantes vetas de cuarzo, calcita y ankerita, intensamente plegadas y fracturadas. Presentan un típico color rosado de meteorización. En menor escala y localmente se encuentran algunos esquistos y filitas cloríticas y esquistos cuarzo-micáceo-cloríticos. Hacia su tope la formación se hace más cuarzosa y menos calcárea hasta alcanzar una ancha zona de transición a la Formación Chuspita (Post-Grupo Caracas). La mineralogía promedio consiste de Cuarzo (40%), Muscovita (20%), Calcita (23%), Clorita y Grafito (5%), Oxidos de hierro, escaso Epidoto y ocasionalmente Plagioclasa.

Formación Tacagua

Ha sido redefinida como una secuencia de esquistos cuarzo-muscovítico-

grafitoso-calcáreos intercalados con lentes macizos de esquistos cuarzo-feldespático-epidóticos, a veces calcáreos, de color verde. En el Distrito Federal se extiende desde la bahía de Chichiriviche hasta más al Este de Los Caracas donde desaparece en el mar. La composición mineralógica promedio presenta Cuarzo (12,5%), Feldespato (22,5%), Epidoto (10%), Clorita (13%) y Muscovita (12%). Frecuentes son las vetas cuarzo-albíticas y las venas de calcita.

Rocas ígneas ácidas intrusivas

A lo largo de la cresta de la Serranía del Avila aflora, irregularmente y en forma de apófisis, un granito calco-alcalino binario metamorfizado cuya composición mineralógica promedio presenta Cuarzo (36,5%), Feldespato (37%), Biotita (11,5%), Moscovita (7,5%), Epidoto (5%) y Clorita (2,5%). En las cabeceras del río Naiguatá y en el flanco Noreste del pico Zamurito aflora una fase periférica de Diorita Biotítica cuya composición es como sigue: Cuarzo (10%), Feldespato (45%), Biotita (25%), Epidoto (12,5%), Hornblenda (2,5%) y Tremolita (5%).

Rocas ígneas básicas metamorfizadas

Se encuentran en el río Mamo, entre los sitios de Infiernito y Plan de Manzano, al Norte de Carayaca y frecuentemente asociadas con las Calizas de la Formación Antímamo. Se identifican como Anfibolitas, por el elevado contenido de Anfíbol (>80%), y casi todas son granatíferas y muchas epidóticas o piroxénicas.

Rocas ultrabásicas metamorfizadas

Se encuentran dispersas en la Cordillera en todas las formaciones del Grupo Caracas y se identifican como Peridotitas total o parcialmente serpentinizadas (Antigorita 70%-100%). Las Serpentinitas se caracterizan por ser concordantes con la roca-caja y por su intenso fracturamiento.

En el fragmento del Mapa Geológico (Mapa 5.1) se han tratado de transcribir las mencionadas formaciones pertenecientes al Grupo Caracas (Mapa Geológico de la Región Colonia Tovar-Guatire, M. Wehrmann, 1969 y Mapa Geológico de Caracas, M.E.M., 1986). Acto seguido, a las mencionadas formaciones se les han sobrepuesto las unidades litológicas cartografiadas en estudios más recientes realizados por la Universidad Central de Venezuela (UCV) y redefinidas como Fases de la Unidad Litodémica de Corrimiento La Costa (Mesozoico) y del Grupo Ávila (Paleozoico-Precámbrico) como se puede apreciar en la Tabla 5.1 y Figura 5.1.

Las fases de la Unidad Litodémica "Corrimiento de La Costa" han sido identificadas como Tacagua, Antímamo, Nirgua y de las Serpentinitas, mientras que el Grupo Avila lo componen la Formación San Julián (o esquistos de San Julián) y la Formación Peña de Mora (o Augengneises de Peña de Mora).

En el sector de interés (ver Mapa Geológico) la Formación San Julián o Esquistos de San Julián sustituye en líneas generales a la Formación Las Brisas y

parte de la Formación Peña de Mora; mientras que los Augengneises de Peña de Mora se restringen solamente en aquellos sectores donde predominan efectivamente los cuerpos de augengneises y gneises graníticos de grano grueso.

La FASE TACAGUA (sinónimo de Formación Tacagua, pero separada del Grupo Caracas) ha sido redefinida como una asociación de Esquistos albitico-calcáreo-cuarzo-micáceo-grafitosos, de color gris oscuro, intercalados concordantemente con Esquistos, de color verde claro (ver Figura 5.2).

Los ESQUISTOS DE SAN JULIÁN han sido definidos como Esquistos y Gneises cuarzo-plagioclásico-micáceos que gradan, de una textura esquistosa, hasta una granulometría gnéisica.

En el sector analizado los litotipos predominantes son los Esquistos y Gneises cuarzo-feldespático-micáceos de color grisáceo a blanquecino y con algunas tonalidades verdosas según las cantidades de actinolita, epidoto y clorita. Según observaciones de campo es posible una mayor concentración de gneises al Este de San José de Galipán, reduciéndose hacia el Oeste.

Los AUGENGNEISES de PEÑA de MORA son cuerpos graníticos metamorizados que han sufrido diferentes grados de deformación y con una composición mineralógica promedio de: Cuarzo (35%) Plagioclasa (albita-oligoclasa 25%), Microclino (20%), Muscovita (8%), Epidoto (5%) y cantidades menores de Biotita, Clorita, Granate, Zircón, etc. (ver Figura 5.3).

Para los efectos del presente informe y eventuales medidas preventivas y/o correctivas necesarias para la recuperación del estado Vargas no importa que se adopte una u otra interpretación sobre la geología de la Cordillera de la Costa; más importante es conocer las asociaciones litológicas que caracterizan el sustrato rocoso y su comportamiento desde el punto de vista de los movimientos de masas que pueden generarse, especialmente cuando es sometido a condiciones climáticas anómalas o excepcionales (como es el caso que nos concierne), con presencia de grandes cantidades de agua.

Dentro de este contexto, la separación en unidades litológicas puede ser de gran ayuda para la interpretación de los perfiles de meteorización que, en nuestra opinión, representan uno de los puntos de mayor trascendencia en la búsqueda de las causas que han producido los aludes torrenciales (sinónimo, en sentido amplio, de otros términos, tales como lavas, avalanchas, etc.).

Aspectos estructurales

Según M. Wehrmann (1972) y a escala regional, la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa es parte integrante del sistema de fallas longitudinales que se extienden en sentido Este-Oeste desde la depresión de San Felipe hasta la isla de Trinidad. Por su parte, la falla de Tacagua-El Avila, que cruza y se extiende al Sur del macizo de El Avila, y el Sistema de fallas de San Sebastián al Norte, definen una importante unidad fisiográfica, estructural y estratigráfica conocida como el anticlinorio del Avila.

Se reconocen tres tipos de fallas, dos longitudinales y la última transversal:

Tabla 5.1
 Tabla de correlación de la Cordillera de la Costa



