

# Estabilidad relativa de taludes en el “Batolito de El Carmen” en un segmento de la carretera Mérida-Tabay, estado Mérida-Venezuela

*Relative slope stability in the “El Carmen Batholith” in a segment of the  
road Mérida-Tabay, Mérida State-Venezuela*

**Ayala Rubén<sup>1</sup> y Requena Jesús<sup>2</sup>**

*Recibido: septiembre 2009 / Aceptado: diciembre 2010*

## Resumen

En la mayoría de los macizos rocosos, los niveles progresivos de meteorización son controlados por factores relacionados con la fracturación tales como el número de familias de diaclasas, el espaciado entre ellas y su arreglo dentro de la roca. La ocurrencia de tipos específicos de movimientos de masa en el ‘Batolito de El Carmen’ está relacionada con los niveles de meteorización y fracturación que presenta. El nivel de inestabilidad crítica de este granitoide en el área estudiada, es consecuencia directa de tales factores.

**Palabras clave:** Niveles de meteorización; grado de fracturación; movimientos de masa; niveles de estabilidad relativa.

## Abstract

In most of rock mass the progressive weathering levels are controlled by factors related to the fracturing, such as the number of families of joints, the spacing between them and their arrangement within the rock. The occurrence of specific types of mass movements in ‘batholith of El Carmen’ is related to levels of weathering and fracturing it presents. The critical level of instability of this granitoid in the study area is a direct consequence of such factors.

**Key words:** Weathering levels; degree of fracturing; mass movements; levels of relative stability.

---

1 Universidad de Los Andes, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Laboratorio de Geomorfología, Escuela de Geografía. Mérida-Venezuela. Correo electrónico: ayalar@ula.ve  
2 Mérida-Venezuela. Correo electrónico: georequena@gmail.com

## 1. Introducción

La Granodiorita de El Carmen, que en este trabajo denominaremos, 'Batolito de El Carmen' es un cuerpo granodiorítico altamente fracturado que presenta niveles progresivos de meteorización que lo hacen susceptible de sufrir distintos tipos de procesos de movimientos de masa. Esta condición de inestabilidad y su adyacencia inmediata a una de las dos principales vías de acceso a la ciudad de Mérida, ameritan la realización de análisis de estabilidad relativa a los taludes inmediatos a la infraestructura vial.

El objetivo de este trabajo es determinar la estabilidad relativa de los taludes inmediatos al segmento de carretera que comunica a la ciudad de Mérida con la población de Tabay, donde aflora el batolito de El Carmen (Granodiorita de El Carmen); y relacionar los niveles de meteorización que presenta este cuerpo granítico con los tipos de movimientos de masa que se generan en los diferentes lugares evaluados, como una manera de establecer medidas de prevención y mitigación en aquellas áreas susceptibles de sufrir este tipo de procesos.

Para ello es necesario aclarar previamente algunos conceptos y criterios utilizados para el desarrollo de esta investigación:

*“El concepto de estabilidad relativa implica una caracterización que se hace de un espacio, tomando en consideración su comportamiento frente a un riesgo determinado”* (Ramírez, 2005: 236). *“Por tal motivo el término inestabilidad no debe ser usado en un sentido absolu-*

*to, porque un área puede ser inestable con relación a un proceso específico, pero estable con respecto a otro; esto obliga a considerarlo en relación al fenómeno que lo produce; sin embargo, la indicación, definición y caracterización del tipo de inestabilidad, puede ofrecer elementos que son esenciales para la selección de los correctivos más apropiados y efectivos”* (Panizza, 1975; en Ramírez, 2005: 237). En tal sentido se puede hablar de estabilidad relativa de terrenos respecto a procesos específicos de movimientos de masa.

Existe una gran variedad de criterios establecidos por diferentes investigadores para determinar estabilidad relativa de terrenos con relación a los procesos de movimientos de masa; entre ellos se tienen los cuatro criterios propuestos por Crozier (1984) los cuales, según este autor, son fundamentales para la evaluación de la estabilidad de laderas:

1. La frecuencia con la cual una ladera experimenta actividad de movimientos de masa, combinada con el potencial que exhiben los terrenos para tal actividad.
2. La magnitud de los movimientos.
3. La velocidad de los movimientos.
4. El tipo de movimiento.

El primero de estos criterios es suficiente para determinar niveles de estabilidad relativa, el cual puede ser subdividido en dos para su aplicación: a) La frecuencia con la cual una ladera experimenta actividad de movimientos de masa; y b) El potencial que exhiben los terrenos para

generar actividad de movimientos de masa.

Respecto a la primera parte del criterio mencionado (la frecuencia con la cual una ladera experimenta actividad de movimientos de masa), Crozier (1984) sostiene que esta es más fácilmente expresada en términos de probabilidades de recurrencia, sobre la base de frecuencia/magnitud teórica. Desafortunadamente la historia de la actividad de los movimientos de masa, raramente es lo suficientemente bien documentada como para ser utilizada en una evaluación directa de los intervalos de recurrencia de los movimientos de masa. Sin embargo, este autor considera que se puede establecer un registro de actividades de movimientos de masa a partir de reclamos de seguros, reportes de prensa, y registros de mantenimiento de las alcaldías y municipios.

La segunda parte del criterio (el potencial que presentan los macizos rocosos para la generación de movimientos de masa), puede ser aplicada mediante la medición de algunos parámetros de campo, tales como: niveles de meteorización, grado de fracturación, orientación de los planos de discontinuidad y rangos de pendiente:

### 1.1 Niveles de meteorización

Según Durgin (1977) la secuencia de meteorización de los minerales en rocas graníticas comienza con los feldespatos plagioclasa, seguida en orden por: biotita, feldespatos potásicos, moscovita y cuarzo. Este autor sostiene que la biotita,

es en particular uno de los agentes activos en los procesos de meteorización de las rocas graníticas: esta se expande para formar hidrobiotita que ayuda a desintegrar la roca para transformarla en grus (Wahrhafting, 1965; Isherwood y Street, 1976; en Durgin, 1977), el cual es un horizonte de suelo dentro del saprolito que presenta meteorización de feldespatos por hidrólisis e hidratación, procesos mediante los cuales se forman arcillas (posiblemente caolinita) y coloides, los cuales pueden migrar fuera de la roca por lixiviación, facilitando la desagregación de la roca; mientras que la moscovita y el cuarzo, se alteran lentamente y usualmente forman el esqueleto del saprolito el cual generalmente tiene baja proporción de arcillas.

Ehlen (1999) señala que la descripción de la apariencia de los materiales meteorizados, respecto a la decoloración, descomposición y desintegración, así como las condiciones de los minerales diagnósticos, tales como la biotita y los feldespatos, pueden ser utilizadas para separar los perfiles de meteorización en grados o niveles. En tal sentido, Durgin (1977) ya había propuesto cuatro etapas o niveles de meteorización (Figura 1), para rocas graníticas en zonas tropicales los cuales pueden ser adaptados a los niveles de los perfiles de meteorización observados en la Granodiorita de El Carmen (Batolito de El Carmen, nombre propuesto aquí para este cuerpo magmático), la cual es el objeto del presente trabajo. A continuación se mencionan las etapas de meteorización propuestas por Durgin (Cuadro 1), con sus principales

características: 1) Roca fresca, 2) Núcleos de roca (corestones), 3) Granitoide descompuesto y 4) Saprolito.

La etapa de **granitoide fresco** está sujeta a desprendimientos o caídos de roca, deslizamientos de roca y deslizamientos de bloques (block glides). La de **corestones** se caracteriza por la presencia de bloques graníticos no meteorizados o rocas grandes dentro de la masa de roza descompuesta. La peligrosidad la representan los caídos de rocas

y rodados de rocas. La de **granitoide descompuesto** corresponde a la roca que está por debajo de la capa de desintegración granular. El fallo característico de esta etapa son los flujos de detritos, derrumbes de detritos y deslizamientos de detritos. Por último, la de **saprolito** corresponde a los fragmentos residuales de la roca granítica, vulnerable a deslizamientos rotacionales (rotational slides) o asentamientos (slumps).

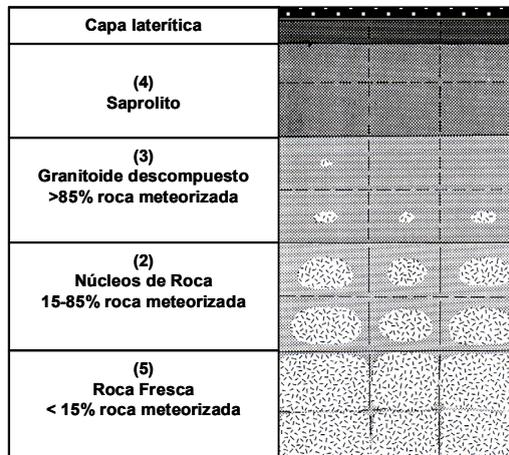


Figura 1. Etapas de meteorización en Granitoides. Tomado de Durgin (1977)

**Cuadro 1. Etapas de meteorización en macizos rocosos graníticos**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Grado</b>
Saprolito	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material	4
Granitoide descompuesto	La desintegración granular toma lugar y los cristales se van separando cada vez más unos de otros. Se conserva la estructura original del macizo rocoso	3
Núcleos de roca (Corestones)	Bloques graníticos aislados no meteorizados o rocas grandes dentro de la masa de roca descompuesta	2
Granitoide fresco	No aparecen signos de meteorización; la inestabilidad viene dada por la inclinación de los planos de fractura y su resistencia al corte	1

Fuente: Modificado de Durgin (1977)

## 1.2 Grado de fracturación

Todos los movimientos de masa que ocurren en las distintas etapas de descomposición del granitoide están controlados por factores relacionados con la fracturación: diaclasas y fallas (Durgin, 1977). A nivel general, el grado de fracturación de un macizo rocoso está determinado por el número de familias de discontinuidades (diaclasas y fallas, planos de foliación y estratificación), por el espaciado entre discontinuidades y por el tamaño de la abertura de las diaclasas.

Suárez (1998) señala que las fracturas (fallas y diaclasas) en los macizos rocosos son el resultado de deformaciones a gran escala en las cuales ocurrió relajación de energía y se produjeron separaciones de grandes bloques de roca. Según este autor, se requiere caracterizar la fractura o el sistema de fracturas (familia de fracturas) para poder predecir el comportamiento futuro del macizo rocoso; y el

análisis debe realizarse en tres dimensiones para poder presentar una hipótesis geodinámica, incluyendo su comportamiento bajo eventos sísmicos.

Una familia de discontinuidades se compone de todas aquellas fracturas que presentan orientación igual o similar. La Asociación Internacional de Mecánica de Rocas, ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002), señala que el comportamiento mecánico de los macizos rocosos está condicionado directamente por el número de familias de discontinuidades (Cuadro 2) y cataloga los macizos rocosos de acuerdo a este criterio, donde los valores mayores indican mayor número de familias, por lo tanto, mayor inestabilidad.

Según González de Vallejo *et al.* (2002: 256) el espaciado entre discontinuidades, se define como "*la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos*". Al

**Cuadro 2. Número de familias de diaclasas**

Tipo de macizo rocoso	Número de familias	Valores
IX	Brechificado	9
VIII	Cuatro o más familias de diaclasas	8
VII	Tres familias de diaclasas más otras ocasionales	7
VI	Tres familias de diaclasas	6
V	Dos familias de diaclasas más otras ocasionales	5
IV	Dos familias de diaclasas	4
III	Una familia de diaclasas	3
II	Diaclasas ocasionales	2
I	Masivo	1

Fuente: Modificado de ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002)

respecto, Suárez (1998) menciona que al igual que el número de familias, el espaciado también define el comportamiento mecánico del macizo rocoso (Cuadro 3), determinándose que unidades rocosas con espaciado cercano son débiles mientras que las unidades que presentan mayor espaciado son más fuertes.

**Cuadro 3. Espaciado de los planos de diaclasas**

Descripción	Espaciado	Valores
Extremadamente junto	< 2 cm.	7
Muy junto	2 – 6 cm.	6
Junto	6 – 20 cm.	5
Moderadamente junto	20 – 60 cm.	4
Separado	60 – 2 m.	3
Muy separado	2 – 6 m.	2
Extremadamente separado	> 6 m.	1

Fuente: Modificado de ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002)

La abertura de los planos de diaclasas se define como la distancia perpendicular

que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno. La ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002), propone una serie de rangos para la abertura de los planos (Cuadro 4) a mayor abertura de las fracturas hay menor roce entre los bloques delimitados por las mismas, disminuyendo la resistencia al movimiento. Los bloques delimitados por fracturas abiertas están prácticamente sueltos, lo cual aumenta la inestabilidad del macizo rocoso, y favorece la infiltración del agua que altera la roca.

### 1.3 Orientación de los planos de discontinuidad

Al estudiar un grupo de discontinuidades en un macizo rocoso se deben analizar las diversas posibilidades de ocurrencia de volteo y/o deslizamiento; en tal sentido, la orientación de los planos de discontinuidad es de vital importancia para predecir movimientos de masa futuros.

**Cuadro 4. Abertura de los planos de diaclasas**

Abertura	Descripción	Valores
> 1 m	Cavernosa	9
10 – 100 cm	Extremadamente ancha	8
1 – 10 cm	Muy ancha	7
> 1 cm	Ancha	6
2,5 – 10 mm	Moderadamente ancha	5
0,5 – 2,5 mm	Abierta	4
0,25- 0,5 mm	Parcialmente abierta	3
0,1 – 0,25 mm	Cerrada	2
< 0,1 mm	Muy cerrada	1

Fuente: Modificado de ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002)

Selby (1983), propone las siguientes categorías de orientación de discontinuidades en macizos rocosos:

- Muy desfavorable a la estabilidad del talud (si los planos buzan en ángulo alto en dirección al corte o en el mismo sentido de las vertientes).
- Desfavorable (si el ángulo de buzamiento es moderado en dirección al corte o en el mismo sentido de las vertientes).
- Regular (planos horizontales).
- Favorable (si buza moderadamente en sentido contrario).
- Muy favorable a la estabilidad del talud (si buza en sentido contrario a la dirección de las vertientes).

A nivel general, las discontinuidades favorecen la infiltración de agua que altera los macizos rocosos. Durgin (1977) señala que a medida que la masa de roca granítica se descompone progresivamente, el ángulo crítico del talud decrece, permitiendo que este falle a lo largo de su historia de meteorización o descomposición. Este autor, también sostiene que las fallas en rocas graníticas son más abundantes durante las etapas de descomposición avanzada (granitoide descompuesto y saprolito), y que los movimientos de masa son más comunes en los trópicos húmedos, donde ocurre meteorización química intensa; por lo tanto, la identificación de las etapas o niveles de meteorización en granitoides será de gran ayuda a los ingenieros geólogos para la evaluación de los peligros de estabilidad relativa de laderas en un área determinada.

## 2. Materiales y métodos

La metodología utilizada en este trabajo se fundamentó en la aplicación del primero de los criterios propuestos por Crozier (1984), mencionados en la introducción.

La frecuencia con que ocurren los movimientos de masa se estimó a través de un inventario de los movimientos de masa en el área de estudio, por medio del análisis de fotografías aéreas, levantamientos de campo e información de prensa.

Para evaluar el potencial que exhiben las laderas del "Batolito de El Carmen" para generar actividad de movimientos de masa, se realizaron levantamientos de campo tomando como base la información proveniente de fotografías aéreas, distintos mapas temáticos e información levantada en campo. De esta manera se determinaron las condiciones del macizo rocoso, midiendo algunos parámetros propuestos por la ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002), tales como: niveles de meteorización, grado de fracturación, orientación de los planos de discontinuidad y rangos de pendiente. A estos parámetros se les asignó valores de peso de manera cualitativa para determinar los niveles de estabilidad relativa que presenta el "Batolito de El Carmen" con relación a la ocurrencia de movimientos de masa en el área de estudio:

### 2.1 Niveles de meteorización

Este parámetro permitió observar el grado de afectación de las rocas presentes en

las vertientes estudiadas y relacionarlo con el tipo de movimientos de masa que se generan. La identificación del grado de meteorización se realizó de forma sistemática a partir de las etapas propuestas por Durgin (1977) para rocas graníticas en zonas tropicales (Figura 1) las cuales pueden ser adaptadas a los niveles de meteorización observados en el 'Batolito de El Carmen' (Cuadro 1).

## 2.2 Grado de fracturación

Para obtener el grado de fracturación se midieron en campo los siguientes sub-parámetros:

### 2.2.1 Número de familias de diaclasas

El número de familias de diaclasas condiciona la resistencia del macizo rocoso, reflejada en planos de fracturas que favorecen la alteración. A mayor número de familias mayor inestabilidad. La clasificación para la evaluación de este parámetro es la propuesta por la ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002), (Cuadro 2).

### 2.2.2 Espaciado entre los planos de diaclasas

La medida del espaciado se realizó con una cinta métrica colocándola perpendicularmente a los planos y registrando la distancia entre diaclasas adyacentes. Los rangos de espaciamiento utilizados fueron los propuestos por la ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002) (Cuadro 3).

### 2.2.3 Abertura de los planos de diaclasas

Este sub-parámetro es variable en distintas zonas del macizo rocoso y fue medido directamente en campo con el uso de un vernier graduado en milímetros el cual se introdujo en las aberturas. Las variaciones de las aberturas se clasificaron (Cuadro 4) de acuerdo a los rangos y valores propuestos por la ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002).

El espaciado y el número de familias de diaclasas fueron considerados como elementos diferenciadores para establecer los rangos o grados de fracturación de los bloques del macizo rocoso, obteniendo así tres grados (Cuadro 5).

## 2.3 Orientación de los planos de diaclasas

Desde el punto de vista de análisis, la característica más importante de una discontinuidad (fracturas o cualquier otro plano de debilidad) es su orientación espacial (rumbo y buzamiento). La interpretación de los datos geológicos estructurales requieren del uso de proyecciones estereográficas que permiten la representación en dos dimensiones, de datos en tres dimensiones (Suárez, 1998). El sistema de representación más usual es el histograma circular (rosa de los vientos), en el cual queda reflejada la distribución de las diferentes medidas realizadas. La dirección o rumbo predominante de las familias de fracturas, será hacia donde el radio del histograma circular sea mayor.

La orientación de las diaclasas fue evaluada midiendo su rumbo y buzamiento empleando la brújula de geólo-

**Cuadro 5. Grado de fracturación del macizo rocoso**

Número de familias	Espaciamiento de los planos de diaclasas	Grado de fracturación
Brechificado	Extremadamente junto	<b>Alto</b>
Cuatro o más familias de diaclasas	Muy junto	
Tres familias de diaclasas más otras ocasionales	Junto	
Tres familias de diaclasas	Moderadamente junto	<b>Moderado</b>
Dos familias de diaclasas más otras ocasionales	Separado	
Dos familias de diaclasas		
Una familia de diaclasas	Muy separado	<b>Bajo</b>
Diaclasas ocasionales	Extremadamente separado	
Masivo		

go. Se consideró la orientación de tales planos de acuerdo a las categorías propuestas por Selby (1983) y se representó a través de la proyección estereográfica mediante la construcción de dichos histogramas circulares (Figuras 6, 7, 8 y 9).

#### 2.4 Rangos de pendiente

Los valores de pendiente en estudios de esta índole constituyen una información de vital importancia ya que al conjugarlos con otros parámetros como: rumbos y buzamientos de los planos de discontinuidad, ángulo de fricción interna, altura del talud entre otros, aportan valiosa información para realizar análisis y establecer conclusiones acerca de las condiciones de estabilidad relativa imperantes en el área de interés. Las categorías de rangos de pendiente utilizadas (Cuadro 6) son las propuestas por Suárez (1998). Finalmente, a partir de los parámetros

medidos en campo y del número y tipo de movimientos de masa presentes en el área de estudio, se establecieron 3 categorías (Cuadro 7) de estabilidad relativa: terrenos potencialmente estables, terrenos inestables, terrenos con inestabilidad crítica.

**Cuadro 6. Rangos de pendiente**

Rangos de pendiente	Categorías	Valores
0 – 15°	Muy baja	1
15 – 25°	Baja	2
25 – 35°	Moderada	3
35 – 45°	Alta	4
>45°	Muy alta	5

Fuente: Modificado de Suárez (1998)

Para la determinación de los rangos o valores diferenciadores de estas 3 categorías, se establecieron los siguientes lineamientos:

**Cuadro 7. Categorías de niveles de estabilidad relativa de taludes determinadas para el macizo rocoso “batolito de El Carmen”, en el área de estudio**

Rangos	Categorías
1- 11	Terrenos potencialmente estables (I)
12- 23	Terrenos con inestabilidad latente (II)
24 – 34	Terrenos con inestabilidad crítica (III)

- Se les asignó valores de peso a cada uno de los parámetros y sub-parámetros propuestos por distintos investigadores a nivel internacional. Los valores mayores indican las condiciones más inestables (Cuadros 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- Se hizo la sumatoria de los valores de peso más altos (característicos de mayor inestabilidad) para cada parámetro.
- El total obtenido de la sumatoria anterior fue dividido entre el número de categorías de estabilidad relativa previamente definidas, obteniendo así tres rangos de amplitud.
- Los rangos de amplitud obtenidos son los siguientes:

Valor máximo: 34

$34 / 3 = 11,33$ ----11 (Amplitud de Rango)

Valor mínimo: 1

Adicionalmente a los métodos descritos, se recolectaron muestras de roca, que fueron analizadas macroscópicamente, con ayuda de una lupa de mano, con la intención de comparar la composición litológica de tales muestras, con las descripciones hechas por algunos autores

que se citan más adelante, en el apartado de análisis y discusión de los resultados.

### 3. Área de estudio

La zona de los afloramientos estudiados del ‘Batolito de El Carmen’ se localiza hacia el noreste de la ciudad de Mérida, abarcando la sección que comienza después de la entrada al Vallecito, pasando por el sector denominado la Mesa de la Capilla de La Virgen de El Carmen, hasta las cercanías de Los Llanitos de Tabay, luego del sector denominado Las Calaveras, en el cerro denominado El Alto o El Escorial, perteneciente a la Sierra de la Culata; enmarcado aproximadamente entre las coordenadas UTM, Norte: 953.000 – 951800; y Este: 265200 – 266700 (Figura 2) y delimitado por dos fallas paralelas: falla del Mucujún y la traza principal del sistema de fallas de Bococonó, ambas con orientación noreste. En dicha sección, el ‘Batolito de El Carmen’ aflora en las adyacencias de la carretera a lo largo de una longitud aproximada de 4,74 km. Como lo señalan Ferrer y Singer (1980) el conjunto de fallas existentes en el área influye intensamente en la morfología del relieve, dándole un carácter muy particular y complejo a toda la estructura.

El área de estudio se caracteriza por presentar balance hídrico positivo con régimen pluviométrico bimodal, donde existen dos periodos lluviosos bien marcados con la máxima principal para octubre y el máximo secundario en mayo, al igual que una época o estación seca

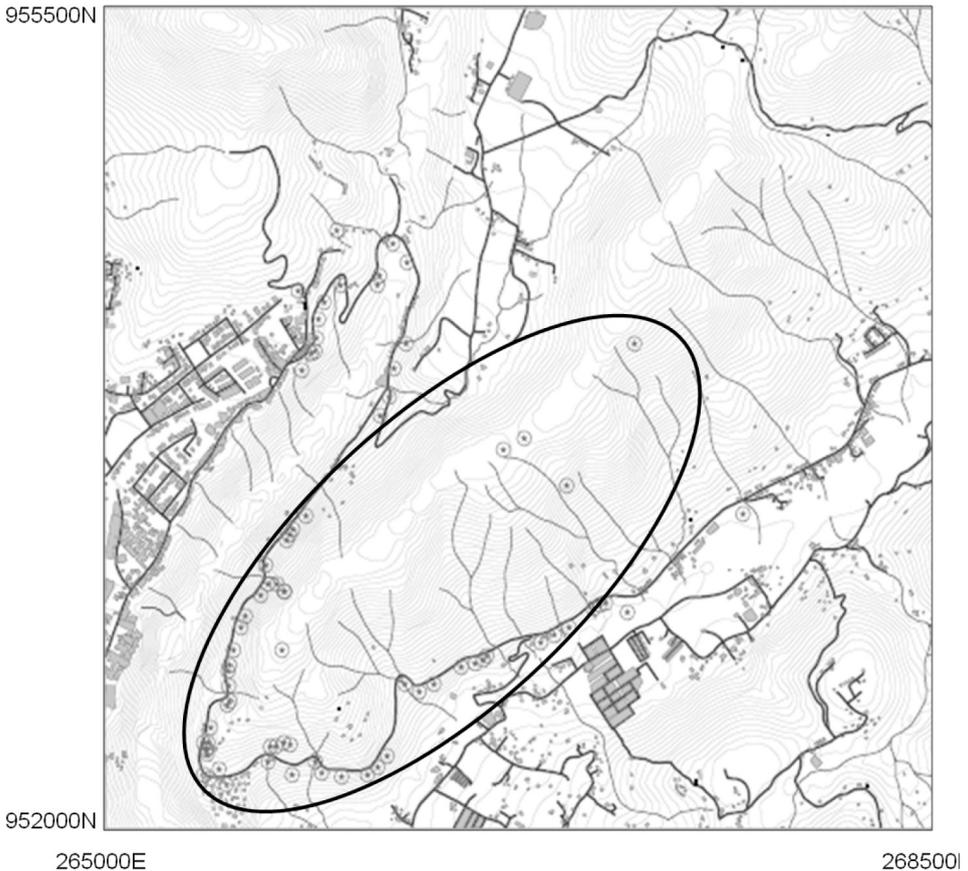


Figura 2. Mapa de localización del área de estudio. Los círculos representan los puntos levantados en campo. El óvalo enmarca el área de estudio

bien marcada, entre los meses diciembre marzo, con mínimos pluviométricos inferiores a 60 mm para el mes de enero. En cuanto al régimen térmico encontramos que teniendo en cuenta las temperaturas medias anuales de los promedios obtenidos para las tres estaciones climatológicas comprendidas en el área de estudio, se realizó un promedio para el área en general dando como resultado un valor de 20,1 °C, clasificándolo como húmedo

mesotérmico según clasificación de Thornwaite. La variable altitud, determina en gran medida las condiciones climáticas a lo largo de las unidades de vertiente. Es así como, las diferentes comunidades vegetales y ecosistemas emplazados en el lugar, están constituidos por vegetación primaria, es decir, Bosque Húmedo Montano Bajo (1700-2000 m.s.n.m.) según clasificación de Holdridge (Ewel *et al.*, 1976), haciéndose presente en sectores

definidos con bajos niveles de alteración e intervención antrópica, en zonas de altas pendientes.

Desde el punto de vista hidrográfico, el área de estudio se encuentra delimitada por los ríos Chama y Mucujún, que discurren aproximadamente en la misma dirección del fallamiento principal (noreste-suroeste). El macizo rocoso se encuentra surcado por varios cursos menores de orden 1 y 2 principalmente, los cuales, como lo destaca Veliz (2001), son casi paralelos entre si y de longitud relativamente corta, afluyendo al río Chama de una manera casi perpendicular; observándose a lo largo del año, variaciones importantes de sus caudales debido al régimen bimodal de la precipitación y al uso creciente del caudal para sistemas de riego y acueductos. Entre estos cursos menores destacan las quebradas denominadas las Calaveras, en el sector las Calaveras.

## 4. Análisis y discusión de los resultados

### 4.1 El 'Batolito de El Carmen'

Según Cabello (1966), el 'Batolito de El Carmen' es un cuerpo granítico intrusivo de grano medio, constituido principalmente por feldespatos, cuarzo y mica negra (biotita), con frecuentes diques pequeños de pegmatita. Kovisars (1971; en Burkley, 1976) señala que este cuerpo granítico aflora al noreste de la ciudad de Mérida de manera prominente, con una posición paralela al eje andino principal,

a lo largo de unos 40 km. de longitud, intrusionando a la asociación Sierra Nevada del complejo Iglesias y a la asociación El Águila.

La composición mineralógica promedio de las muestras analizadas por Burkley (1976) comprende un 50% de plagioclasas, un 34% de cuarzo, un 11% de biotita, un 5% de feldespato potásico (microclino) y trazas de moscovita; lo cual permite catalogar a este cuerpo intrusivo como una 'granodiorita', sin embargo, dicha composición no permanece constante en todas las rocas de este cuerpo intrusivo y puede variar ligeramente con la localización geográfica. Ya que el nombre 'Granodiorita' de El Carmen obedece a la composición mineralógica y puesto que la misma puede variar con la ubicación geográfica, se propone en este trabajo el nombre de 'Batolito de El Carmen' para designar a este enorme cuerpo intrusivo.

Las muestras analizadas provenientes de los afloramientos de la zona objeto de este estudio, a diferencia de las analizadas por Cabello (1966) y Burkley (1976) arrojan porcentajes mayores de mica moscovita (5%) en la muestras de granodiorita, aumentando en los diques de pegmatita (hasta un 12%); destacándose en algunos lugares la presencia de epidota (10%) en un porcentaje bajo de muestras (2% aproximadamente), los porcentajes de biotita son semejantes a los que citan estos autores, a excepción de algunos lugares, como el sector Las Calaveras, donde algunas muestras superan el 5% de biotita.

Las texturas que predominan son la equigranular y la pegmatítica (en los diques de pegmatita); sin embargo, se debe destacar que en algunos afloramientos del área estudiada, el 'Batolito de El Carmen' presenta texturas direccionales, probablemente debido a la orientación de flujo en el momento del emplazamiento del magma en las rocas encajantes o debido posiblemente al aspecto aparente que le brindan los cristales de mica; sin embargo, este tipo de textura también podría ser adjudicada a los procesos de metamorfismo regional dinamotermal de bajo grado, a los que puede haberse visto sometido este cuerpo magmático durante el levantamiento de Los Andes durante el paroxismo orogénico del Mio-Plioceno.

Tal orientación de los cristales, y la presencia en los afloramientos, de cantidades menores de rocas metamórficas del grado de las corneanas (Figuras 3 y 4), probablemente remanentes de las rocas encajantes de la asociación Sierra Nevada, pudieron haber conducido a los autores del mapa geológico de la región Mérida (año 1981) a extender el contacto entre el 'Batolito de El Carmen' y las rocas del complejo Iglesias hasta la curva donde se encuentra la capilla de La Virgen de El Carmen, cuando en realidad dicho contacto se encuentra más allá del sector Las Calaveras (Figura 5) en dirección al poblado de Tabay.

Hacia el noreste, en la margen derecha del río Chama, el 'Batolito de El Carmen' se encuentra en contacto litológico



Figura 3. Corneanas cuarzo-feldespáticas moscovíticas adosadas al 'Batolito de El Carmen' en el área del deslizamiento La Capilla, probablemente remanentes de las rocas encajantes de la asociación Sierra Nevada



Figura 4. Sitio donde las corneanas se encuentran adosadas a la roca granítica fracturada. A unos cien metros después de la Capilla El Carmen en sentido Mérida-Tabay

intrusivo con las rocas precámbricas de la asociación Sierra Nevada, y hacia el norte en la margen izquierda del río Mucujún, en contacto de falla con las formaciones Mucujún (Mio-Plioceno) y San Javier (EocenoTardío-Oligoceno), y en contacto discordante con los sedimentos aluviales de la terraza del Vallecito (Figura 5).

Varios autores difieren al asignarle una edad precámbrica al 'Batolito de El Carmen', otros lo ubican en el post-Cretácico, posteriormente Bellizia (1968) le asignó una edad Paleozoico Superior mencionando los siguientes rangos de edades:  $196 \pm 10$  m.a. y  $200 \pm 10$  m.a. medidos por el método K-Ar en dos cristales de biotita;  $200 \pm 25$  m.a. por Rb-Sr en

un cristal de biotita. Finalmente, Burkley (1976) asigna una edad de cristalización de  $225 \pm 25$  m.a. (Pérmico Tardío a Triásico Temprano).

#### **4.2 Condiciones físicas del 'Batolito de El Carmen' en el área de estudio**

Ya para la década de los sesenta, Cabello (1966) mencionaba que el 'Batolito de El Carmen' se encontraba muy alterado, con perfiles de meteorización de varios metros de espesor, y que los minerales más afectados por la alteración, para ese momento, eran la biotita y los feldespatos, con la consecuente desaparición de éstos en algunos lugares, y la permanencia del

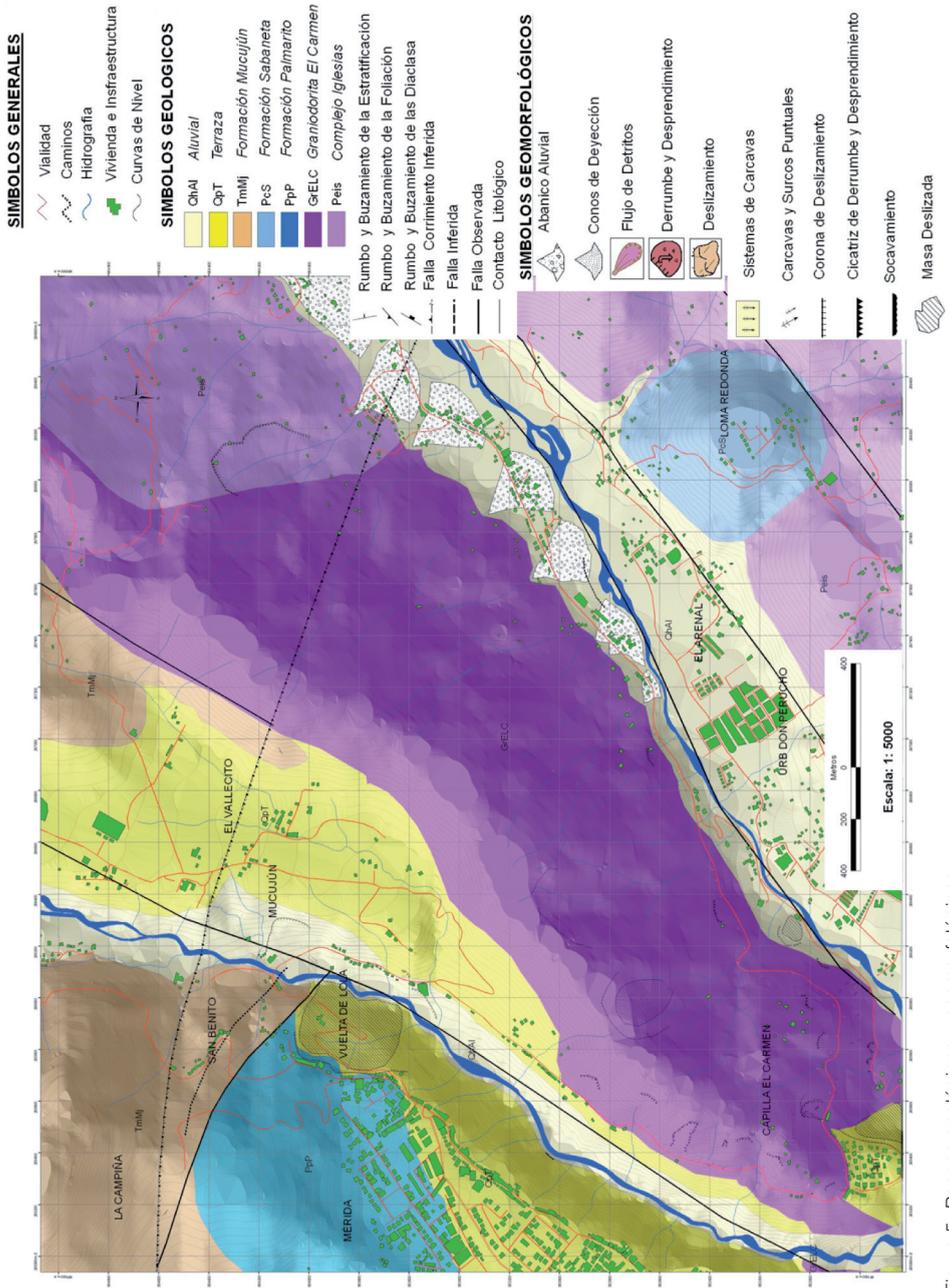


Figura 5. Rasgos geológicos y geomorfológicos

cuarzo en forma abundante debido a su mayor resistencia a la meteorización; agregando también que los agentes modeladores encontraban siempre material suelto que arrastrar. Además señalaba que su modelado dependía principalmente del escurrimiento, y que la fuerte alteración había dado origen a la formación de poros y vías de infiltración, lo que permitió una fácil circulación del agua que estimulaba la alteración en profundidad.

Posteriormente, Araujo y Ramírez (1986) al igual que Lobo y Guerrero (1986), mencionaron, que la granodiorita se caracterizaba por presentar condiciones muy desfavorables que permitían catalogarla como altamente inestable, debido al excesivo grado de alteración del material, a la presencia de pendientes muy abruptas, a la erosión superficial en gran medida, y al alto grado de fracturamiento, entre otros; así como también un comportamiento geológico crítico muy alto, que se manifestaba para ese momento, en continuos desprendimientos que evidenciaban su condición general de inestabilidad, y por ende, su susceptibilidad a la generación de movimientos de masa ante la ocurrencia de eventos sísmicos, asociándola a la gran zona sísmica de la serranía El Escorial.

Actualmente, las condiciones referidas por los autores mencionados, además de persistir, puede decirse que se han agudizado. Es así como el 'Batolito de El Carmen' presenta niveles de inestabilidad crítica (Cuadro 8), observándose moderados a espesos perfiles de meteorización, en sitios donde los niveles de

alteración corresponden a las etapas: núcleos de roca (corestone), granitoide descompuesto y saprolito, propuestas por Durgin (1977); donde se destaca un alto grado de fracturación caracterizado por la presencia de 4 familias principales de diaclasas más otras ocasionales, cuyas orientaciones en algunos casos son favorables a la generación de movimientos de masa (a favor de la vertiente), con espaciados catalogados como juntos a moderadamente juntos, según los rangos propuestos por la ISRM (1981; en González de Vallejo *et al.*, 2002), y aberturas de diaclasas anchas a extremadamente anchas (1- >20 cm). Las laderas inmediatas a la carretera presentan alturas que van desde los 20 m a los 45 m en el margen izquierdo de la vía en sentido Mérida-Tabay, y desde 10 m a 130 m en el derecho; con ángulos de inclinación que pueden variar de 30° a 80°.

En los sitios donde el macizo rocoso ha alcanzado niveles de meteorización avanzados (granitoide descompuesto y saprolito) se observa bajo grado de resistencia, y los planos de discontinuidad otorgados por la orientación de flujo de los minerales (mica y feldespato) junto al conjunto de fracturas (diaclasas y fallas) presentes en todo el macizo rocoso constituyen un factor condicionante de gran importancia, pues actúan como vías de infiltración del agua que favorece la alteración de la roca hasta los niveles de granitoide descompuesto y saprolito, promoviendo la generación y el avance de algunos procesos de inestabilidad en los taludes adyacentes a la carretera, tales como desprendimientos (caídas de roca)

**Cuadro 8. Nivel de estabilidad relativa del 'Batolito de El Carmen' en el sector comprendido entre Mérida y Los Llanitos de Tabay, estado Mérida, Venezuela**

Parámetros	Sub-Parámetros	Características	Ponderación	
Tipo de litología	Grupo litoestructural	Predominio de granitos con inclusiones de pequeños diques pegmatíticos. Catalogados como resistentes, según su resistencia (cuando la roca está sana) y extremadamente débiles cuando las rocas están meteorizadas; con espesos perfiles de meteorización que presentan una matriz de suelo areno-arcilloso que hacen a esta unidad moderada a altamente susceptible a procesos erosivos.	3	
	Susceptibilidad a la erosión		2	
	Grado de resistencia		6	
Niveles de meteorización predominantes	Núcleos de roca	2	9/3= 3*	
	Granitoide descompuesto	3		
	Saprolito	4		
Grado de fracturamiento de las rocas	Números de familias	4 familias principales más otras ocasionales	18/3= 6* (Alto)	
	Descripción del espaciado	Junto a moderadamente junto		5
	Descripción e la abertura	Moderadamente abierta		6
Rango de pendiente de las laderas inmediatas	Muy Alta		5	
Tipo de Movimiento	Principalmente derrumbes y desprendimientos con velocidades de extremadamente rápidas a moderadas (5 m/s a 3 m/min), con presencia de algunos deslizamientos activos y otros paleo deslizamientos adyacentes a la carretera junto con algunos procesos de flujos de detritos y lodo muy puntualizados los cuales aumentan la inestabilidad.		7	
Otras parámetros a considerar	Densidad de procesos geomórficos presentes	Alta	Sin ponderaciones	
	Grado de intervención antrópica	Alto		
	Densidad de drenajes	Alta densidad de drenajes transversales		
<b>Totales</b>			<b>32</b>	
<b>Categorización del grado de estabilidad relativa en la sección</b>		<b>Inestabilidad crítica</b>		

(\*): Valor promediado

y derrumbes principalmente, además de flujos de rocas, de detritos y lodo.

Un análisis detallado de la fracturación del macizo rocoso deja entrever que su alto grado es otorgado por la presencia de cuatro familias principales de diaclasas más un conjunto de diaclasas

ocasionales, las cuales presentan espaciados que varían desde los dos (2) cm, en los sitios donde el macizo rocoso está casi brechificado, hasta más de 20 cm en los sitios donde el macizo presenta menor grado de fracturación, con grandes bloques sueltos debido a la abertura que ostentan los planos de diaclasas.

La orientación e inclinación de las familias principales de diaclasas se exponen a continuación y se representan en las figuras 6, 7, 8 y 9.

- Familia 1: Con rumbos que varían desde N25°O hasta N85°O y buzamientos que varían entre 27° y 86° en dirección NE (Figura 6).
- Familia 2: Con rumbos que varían desde N7°E hasta N86°E y buzamientos que varían entre 49° y 85° en dirección NO (Figura 7).
- Familia 3: Con rumbos que varían desde N10°E hasta N77°E y buzamientos que varían entre 28° y 86° en dirección SE (Figura 8).
- Familia 4: Con rumbos que varían desde N8°O hasta N83°O y buzamientos que varían entre 40° y 85° en dirección SO (Figura 9).

Como puede observarse, los rumbos de dos de las familias principales de diaclasas presentan orientación NE similar al del fallamiento principal, mientras que las otras dos presentan dirección contra-

ria, hacia el NNO, similar al rumbo del fallamiento secundario; todo lo cual se corresponde con el patrón de fallamiento regional.

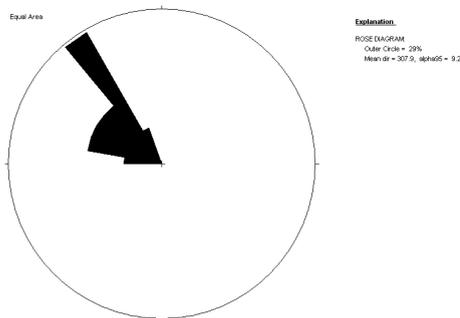


Figura 6. Orientación preferencial de la primera familia principal de diaclasas

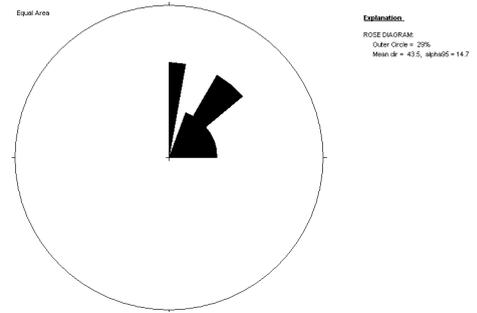


Figura 7. Orientación preferencial de la segunda familia principal de diaclasas

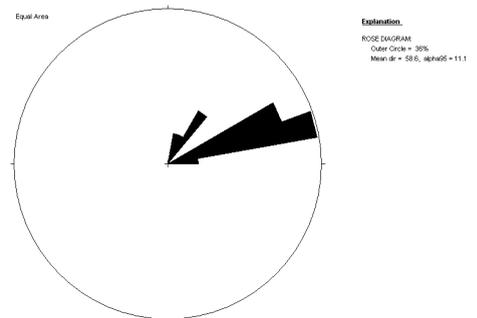


Figura 8. Orientación preferencial de la tercera familia principal de diaclasas

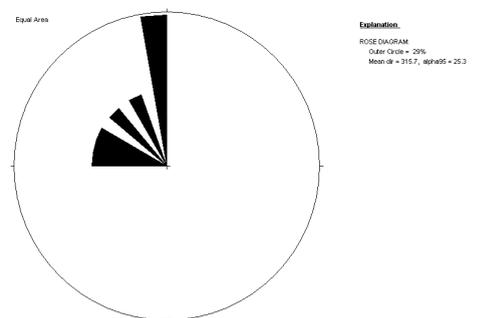


Figura 9. Orientación preferencial de la cuarta familia principal de diaclasas

En el sector el Palón en las adyacencias del área de estudio, en rocas de la asociación Sierra Nevada se midieron rumbos y buzamientos de tres familias principales de diaclasas cuyas orientaciones e inclinaciones se asemejan a las de las familias principales 1, 2 y 4 que ostenta el 'Batolito de El Carmen' en el área de estudio, lo cual concuerda con el patrón de fracturación regional y descarta la tesis propuesta por algunos autores, de que el 'Batolito de El Carmen' forma parte de un bloque en rotación:

- Familia 1 (similar a la familia nro 1 en el área de estudio): Con rumbos que varían desde N49°O hasta N80°O y buzamientos entre 50° y 64° NE.
- Familia 2 (similar a la familia nro 2 en el área de estudio): Con rumbos que varían desde N2°E hasta N25°E y buzamientos entre 67° y 76° NO.
- Familia 3 (similar a la familia nro 4 en el área de estudio): con rumbos que varían desde N2°O hasta N70°O y buzamientos entre 68° y 76° SO.

En los sectores donde se observó menor grado de fracturación, desde las cercanías al contacto entre el "batolito de El Carmen" y los sedimentos aluviales de la terraza de El Vallecito hasta unos doscientos metros antes de la curva de la Capilla de El Carmen, los niveles de meteorización predominantes se corresponden con las etapas de granitoide fresco fracturado y núcleos de roca (corestones), donde los movimientos de masa más característicos son los derrumbes y caídas de rocas (Figuras 10 y 11) que se desprenden desde taludes empinados alcanzando altas velocidades. Estas caídas de rocas podrían llegar a generar avalanchas de rápido movimiento, tal y como lo



Figura 10. Granitoide fresco fracturado. Sección desde la entrada al Vallecito hasta unos 200m antes de la curva de El Carmen



Figura 11. Caídas de rocas. Sección desde la entrada al Vallecito hasta 200m antes de la curva de El Carmen

señala Durgin (1977) para las etapas de meteorización mencionadas.

Este autor menciona además que los terremotos comúnmente gatillan o detonan este tipo de movimientos de masa mediante el desalojo de la roca parcialmente descompuesta, y cita varios ejemplos de movimientos de masa de este tipo que han sido gatillados por terremotos, tales como el deslizamiento Montaña en el oeste de Nevada el cual, según Thompson y White (1964, en Durgin, 1977), ofrece un buen ejemplo de una avalancha de caídas de roca en granodiorita; el caso del Monte Huascarán mostró que, si los centros poblados se encuentran en la trayectoria de una avalancha de caídas de roca, los resultados pueden ser catastróficos; y el torrente de detritos en un acantilado

de la cara parcialmente meteorizada de una granodiorita, detonado por el terremoto peruano de 1970, que descendió valle abajo a una velocidad de 400 km/h matando 2.000 personas en un pueblo y 19.000 en otro.

Desde aproximadamente doscientos metros antes de la curva de la capilla de El Carmen hasta las cercanías de Los Llanitos de Tabay, las condiciones del macizo rocoso son más críticas aún, y se pueden observar espesos mantos de roca meteorizada cubriendo áreas del 'Batolito de El Carmen' que presentan niveles de alteración correspondientes a las etapas de: saprolito, núcleos de roca (corestones) y granitoide descompuesto (Figuras 12 y 13).

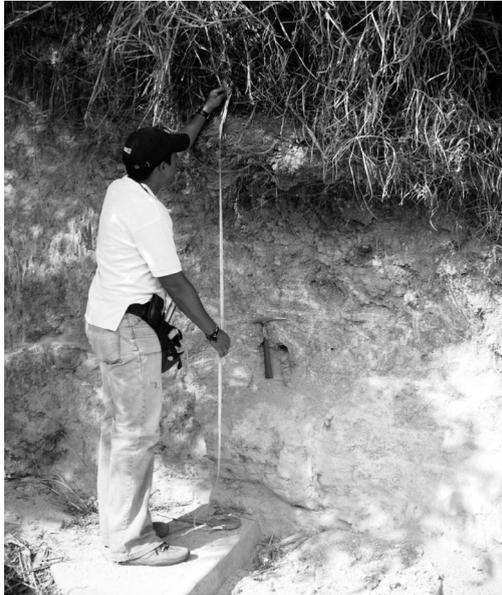


Figura 12. Espesos mantos de saprolito, en las escaleras de la curva de la Capilla de El Carmen



Figura 13. Niveles de meteorización correspondientes a las etapas de corestones y granitoide descompuesto. Frente al taller mecánico, antes de la curva de la Capilla El Carmen

Los movimientos de masa que se observaron en la sección mencionada son los mismos que Durgin (1977) señala como característicos para estas etapas de meteorización: caídas de roca y deslizamientos (Figuras 14, 15 y 16) y flujos de detritos y lodo (Figuras 17, 18 y 19). Este autor también menciona que los terremotos pueden gatillar avalanchas superficiales de detritos en material granítico descompuesto. Según Simonett (1967, en Durgin, 1977) un análisis estadístico de movimientos de masa en las montañas Bewani y Torricelli de Nueva Guinea, indicó que la distribución de los fallos en rocas graníticas estaba directamente relacionada a los epicentros de dos sismos con magnitudes 7,9 y 7,0 respectivamente.

Para el caso de el 'Batolito de El Carmen', no se descarta la actividad sísmica como posible detonante de futuros movimientos de masa, pues se encuentra enmarcada dentro de un conjunto de fallas que se reconocen dentro y en los alrededores de la ciudad de Mérida, con orientación general N45°E, entre las que se destaca la falla del Mucujún-Serranía del Escorial.

La sismicidad del área se asocia a estas fallas, las cuales, según Ferrer y Singer (1980); Schubert (1981); Rengifo (1983), y Laffaille (1984), parecen ser activas y forman parte de la zona de fallas de Boconó, la cual constituye el elemento tectónico de mayor expresión en el área, cuya traza principal sigue el curso del río Chama, exhibe una excelente ex-



Figura 14. Caídas de roca y deslizamiento, frente al taller mecánico, antes de la curva de la Capilla El Carmen. Obsérvese los bloques a la orilla de la carretera

presión topográfica, corta las rocas de la asociación Sierra Nevada, y a pesar de su antigüedad (pre-Triásico) aún es activa, como se observa en los sitios donde ha habido corte y desplazamiento de morenas, y por registrarse en la región frecuentes movimientos sísmicos atribuidos a dicha actividad.

Tal circunstancia, además del hecho de presentar los niveles de meteorización anteriormente señalados (corestones, granitoide descompuesto y saprolito) en la mayor parte del área estudiada, y del alto grado de fracturación, predispone al 'Batolito de El Carmen' a la ocurrencia de movimientos de masa como efecto cósmico.

Se debe mencionar además la presencia de varios deslizamientos activos en

zonas del 'Batolito de El Carmen' donde se exhiben niveles de meteorización que corresponden a la etapa de núcleos de roca como el caso del deslizamiento La Capilla (Figura 16) localizado a unos cien metros después de la Capilla El Carmen en sentido Mérida-Tabay, y de algunos paleo-deslizamientos de gran tamaño, localizados en las cercanías de la divisoria de aguas de la serranía de El Escorial (Figuras 5 y 15), los cuales se encuentran en estado inactivo, pero que en caso de reactivarse ocasionarían grandes problemas de magnitudes mayores no solo a la infraestructura vial que conecta a Mérida-Tabay, sino también a las personas que circulan a diario por esta vía, y a los pobladores asentados en las adyacencias y a lo largo a la misma, lo que aumenta-

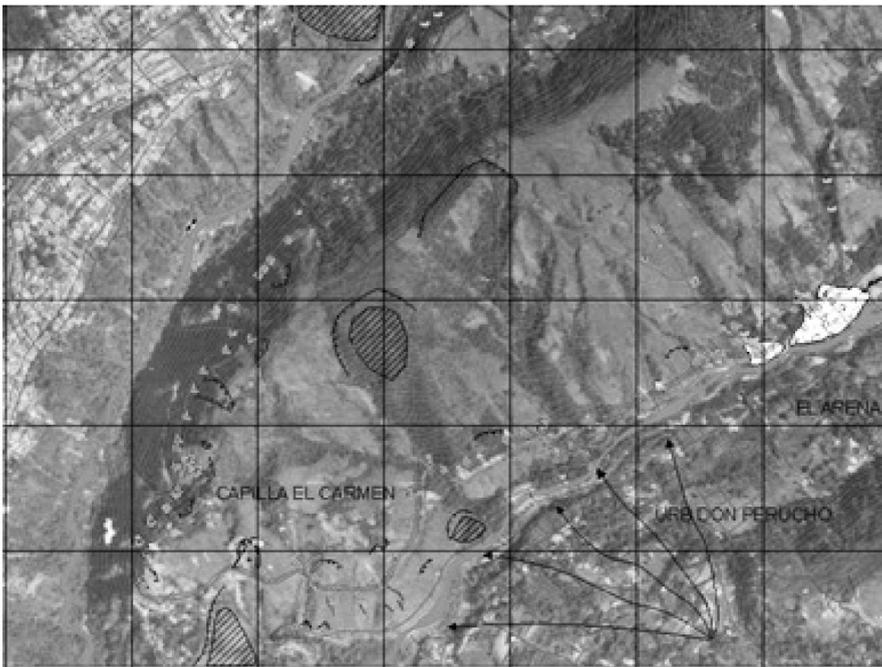


Figura 15. Paleo- deslizamientos y deslizamientos activos uno de los cuales se muestra en la figura 16



Figura 16. Deslizamiento La Capilla. Nótese las pésimas condiciones del macizo rocoso en el sector Capilla El Carmen, caracterizado por presentar alto grado de fracturación, niveles de meteorización del grado de corestones y granitoide descompuesto y pendientes elevadas en los taludes adyacentes a la carretera



Figura 17. Casas destruidas y tapiadas por los flujos de detritos y lodo generados en la quebrada Las Calaveras I



Figura 18. Casas tapiadas por los flujos de detritos y lodo generados en la quebrada Las Calaveras I. Carretera trasandina



Figura 19. Casas y autos tapiados por los flujos de detritos y lodo en las Calaveras II

ría los niveles de vulnerabilidad y riesgo para la zona.

Las lluvias también pueden actuar como detonantes o gatilladores de los movimientos de masa mencionados en los sitios del área de estudio que se corresponden con las etapas de meteorización de granitoide descompuesto y saprolito. Vale resaltar muy brevemente el comportamiento del 'Batolito de El Carmen' y los procesos ocurridos en el sector Las Calaveras. En esa área el grado de fracturación es alto, presentando al menos cuatro familias de diaclasas principales y algunas ocasionales, lo cual ha facilitado la infiltración del agua que ha promovido y acelerado la alteración del macizo rocoso a los niveles de corestone, granitoide descompuesto y saprolito (Figuras 20, 21 y 22).

Se debe acotar que en este sector las pendientes son bastantes elevadas (ma-

yores a los 22°) y existen varios torrentes o drenajes (Figuras 23 y 24) de órdenes 1 y 2, generalmente de muy bajos caudales que pueden aumentar considerablemente en época de lluvias intensas, las cuales podrían incrementar también el grado de saturación de la roca descompuesta, trayendo como consecuencia que el grado de cohesión aparente se alcance un valor de cero y las presiones de poro puedan causar el fallo del granitoide.

Tales rasgos se mantienen a lo largo de todo el sector Las Calaveras, y apuntan a auspiciar problemas de inestabilidad relativa, como los ocurridos el sábado 26 de junio del año 2006 en las adyacencias de las quebradas Las Calaveras I y II, en la carretera Trasandina, cerca de los Llanitos de Tabay, en jurisdicción del municipio Santos Marquina. Las lluvias torrenciales que azotaron la zona durante varios días antes del suceso, gatillaron



Figura 20. Vista de la quebrada Las Calaveras I en su desembocadura en la carretera, días después de la tragedia. Las flechas indican lugares que corresponden a la etapa de meteorización de corestones. El óvalo muestra el lugar donde existían dos casas que fueron arrasadas por los flujos de detritos y lodo

una serie de deslizamientos que inyectaron masas de granitoide descompuesto y algunos bloques de roca dentro de los cauces de las quebradas, que una vez allí, ayudados por el aumento de los caudales y las altas pendientes, se transformaron

en flujos de detritos y lodo que avanzaron pendiente abajo, causando cuantiosos daños, entre los cuales se cuentan dos personas muertas, 37 personas afectadas (entre adultos y niños), a quienes trasladaron hasta la sede de la subcomisaría



Figura 21. Laderas adyacentes al cauce de la quebrada Las Calaveras I, donde se puede observar el granitoide descompuesto

policial de Tabay; veinte viviendas afectadas, de las cuales doce quedaron tapiadas con pérdida total, y ocho afectadas parcialmente, además de varios vehículos que fueron arrastrados por el agua y el barro (Figuras 17, 18, 19 y 20).

## 5. Conclusiones

- Como lo señala Durgin (1977), el número de movimientos de masa en rocas graníticas, comparadas con otras litologías depende de los factores que promueven la descomposición, tales como el grado de fracturación, orientación de las fracturas, el clima y la historia erosional. Las propiedades ingenieriles de las rocas graníticas cambian con la meteorización continua. Los granitoides se degradan progresivamente partiendo de bloques masivos hasta profundas capas de partículas del tamaño de la arena y la arcilla. La resistencia al corte y el ángulo crítico del talud decrece a medida que una masa de roca granítica se meteoriza.
- Las condiciones de inestabilidad que presenta el 'Batolito de El Carmen' en el área de estudio, involucra niveles de meteorización correspondientes a las etapas de corestones, granitoide descompuesto y saprolito; alto grado de fracturación; elevados rangos de



Figura 22. Etapa de saprolito en la cabecera de la quebrada Las Calaveras I

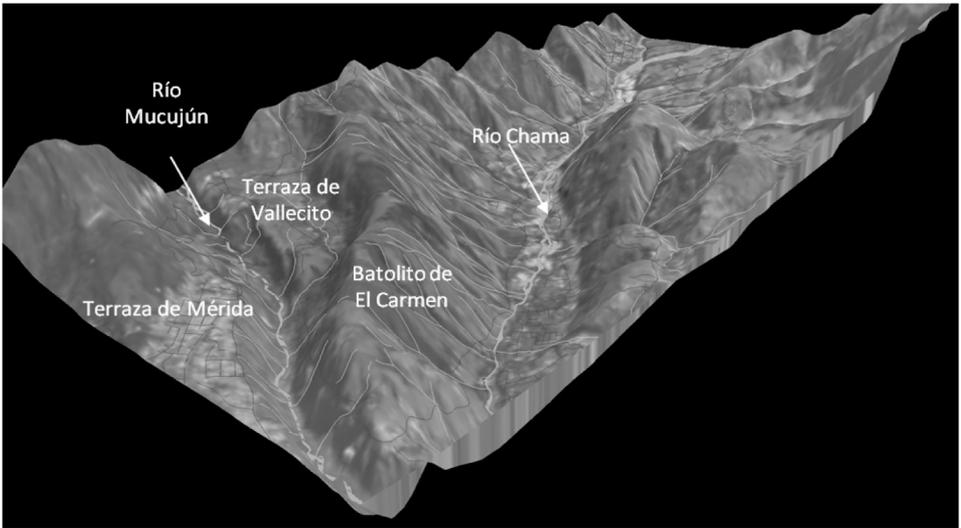


Figura 23. Obsérvese el relieve abrupto con altas pendientes que ostenta el Batolito de El Carmen y los drenajes transversales a los cursos de los ríos Chama y Mucujún, que lo surcan

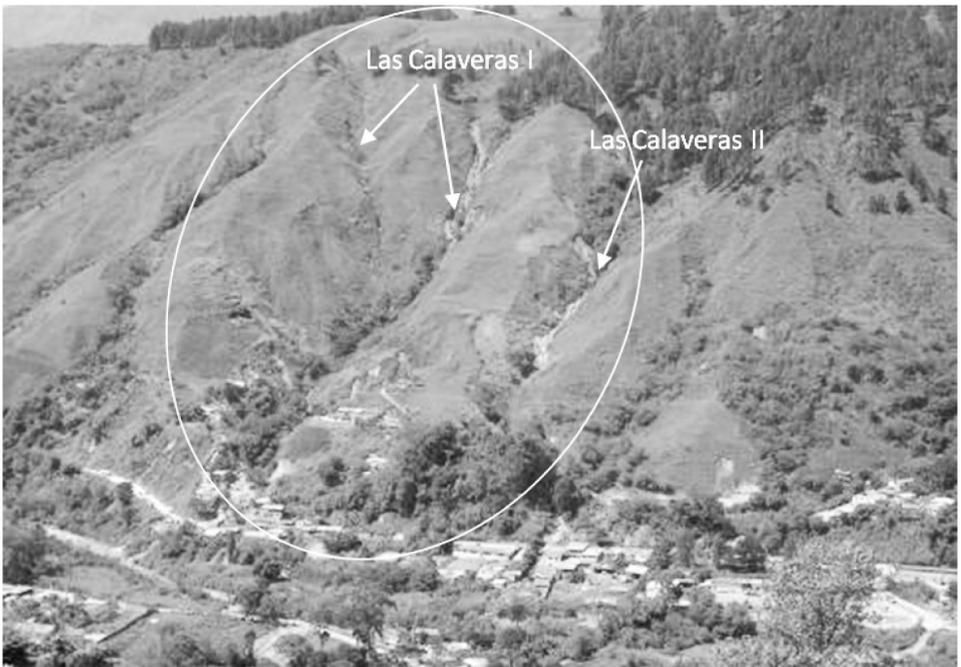


Figura 24. Obsérvese los dos torrentes de orden 1 y 2 correspondientes a las quebradas Las Calaveras I y II respectivamente. Imagen tomada luego de la tragedia

pendiente en las laderas inmediatas a la carretera; y orientación de los planos de diaclasas, muchas veces en dirección al corte de los taludes; promoviendo la ocurrencia de un gran número de movimientos de masa (caídas de rocas, deslizamientos y flujos), todo lo cual hace que esta unidad presente inestabilidad crítica en relación a los movimientos de masa. Este comportamiento se agrava como consecuencia de una fuerte intervención antrópica del medio físico natural, la cual, como lo menciona Durgin (1977), influye más en los estadios tardíos de la meteorización granítica.

- En síntesis se puede concluir que a nivel general, el área de estudio presenta comportamientos de inestabilidad crítica a lo largo de casi todo el trayecto, en las laderas inmediatas a la carretera, logrando determinar que procesos naturales que constituyen amenazas, principalmente de tipo movimientos de masa e hídricas, aunado al crecimiento constante y anárquico al que está sometida la ciudad de Mérida y sus alrededores, hayan llegado a afectar y deteriorar en innumerables ocasiones las condiciones de la infraestructura vial.
- Vale la pena acotar que eventos de flujos de detritos como los ocurridos en el sector las Calaveras en junio del 2006, junto a la presencia de varios deslizamientos activos, entre los que se encuentra el derrumbe-deslizamiento de La Capilla y las Calaveras, algunos paleodeslizamientos y la gran cantidad de deslizamientos y caídas

de bloques observados a lo largo del área de estudio, han generado en su momento no solo grandes afectaciones para la infraestructura general de la carretera, sino también pérdidas de vidas humanas.

- Cada etapa o nivel de meteorización es susceptible a la ocurrencia de procesos de movimientos de masa específicos que causan inestabilidad.
- La identificación de los niveles de meteorización en el sitio, provee claves de las propiedades ingenieriles del material y ayuda a los profesionales relacionados con esta temática a predecir los peligros de estabilidad de las laderas y a proponer acciones. En este sentido se recomienda llevar a cabo obras de control de cauces, retención de sedimentos y canales de desagüe, para evitar daños en la carretera, específicamente en el sector Las Calaveras, donde es perentoria la reubicación de las familias afectadas en Junio de 2006 hacia lugares más estables. La misma recomendación se hace para la escuela y el resto de las viviendas que no fueron afectadas severamente pero que presentan alto grado de vulnerabilidad.
- Consecuentemente, a lo anteriormente citado, se suma el hecho que desde el punto de vista estratégico y de accesibilidad, esta infraestructura vial constituye el segundo gran eje de entrada a la ciudad de Mérida, donde el intercambio de flujos de transporte, ha permitido el desarrollo en general de actividades económicas tan importantes para el estado como el

turismo y la agricultura entre otras, brindando innumerables razones por las cuáles se debe garantizar el buen funcionamiento y mantenimiento de esta infraestructura para la región.

- A nivel comunitario, es importante en primer lugar, impartir fundamentos teóricos los cuales permitan conocer la realidad geográfica que presentan cada uno de los centros poblados del área, en función de poder hacer cumplir los nuevos lineamientos de prevención, ante la amenaza latente por problemas de inestabilidad de terrenos y taludes a los que está sujeta la zona. Vale resaltar que estas campañas de concienciación deben convertirse en evaluaciones anuales permanentes, dónde se desarrollen a todas las escalas sociales, seguimientos en los principales problemas de orden ambiental que aquejan a las comunidades, permitiendo estrechar los vínculos que existen entre la comunidad y las instituciones llamadas a realizar adecuadas tomas de decisiones (gobernación, alcaldías, Inpradem, Ingeomín, Fundapris) en cuanto este ámbito se refiere.
- Por último se recomienda la creación de mecanismos e instrumentos institucionales tales como: planes de ordenación del territorio, planes de desarrollo urbano local y programas de mitigación de riesgos, que permitan definir ordenanzas que controlen procesos anárquicos de expansión urbana y agrícola mediante la determinación y asignación adecuada de los usos de la tierra en la zona.

## 6. Referencias citadas

- ARAUJO, R., C. y RAMÍREZ, P. D. 1986. *Aplicación de la Sectorización Geomorfológica en la Identificación de Áreas Vulnerables a la Acción Sísmica. Sector: Tabay-Mérida-Ejido*. Trabajo Especial de Grado. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida-Venezuela. 223 p.
- BELLIZIA, C. M. 1968. *Edades isotópicas de rocas venezolanas*. República de Venezuela, M.M.H., Dirección de Geología, X, pp.356-379.
- BURKLEY, L. A. 1976. *Geochronology of the Central Venezuelan Andes*. Case Western Reserve University. Department of Geology. USA.
- CABELLO, L. O. 1966. *Estudio Geomorfológico del Área de Mérida y sus Alrededores*. Trabajo Especial de Grado. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida-Venezuela. 140 p.
- CROZIER, J. 1984. Field assessment of slope instability. En: **Slope Instability**. 220-227. Edited by Brunsten and D.B. Prior. Departamento de Geografía. Universidad de Wellington, Victoria.
- DURGIN, P. B. 1977. Landslides and the weathering of granitic rocks. En: **Geological Society of America**. Reviews in Engineering Geology, 1977 (III). Edited by Donald R. Coates. Colorado-USA.
- EHLEN, J. 1999. *Fracture characteristics in weathered granites*. **Geomorphology**, 31: 29-45.
- EWEL, J.J.; MADRIZ, A. y J.A. TOSI. 1976. Zonas de vida de Venezuela. *Memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. 2ª edición. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas-Venezuela. 271 p.

- FERRER, C. y A. SINGER. 1980. *Inventario de Movimientos en Masa en Los Andes Venezolanos*. ULA, FUNVISIS. Mérida-Venezuela.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. y C. OTEO. 2002. **Ingeniería Geológica**. Editorial Prentice may. Madrid-España. 715 p.
- LAFFAILLE, J. 1984. *Procedimiento General para la Estimación del Riesgo Sísmico. El Método de Valores Extremos y el Método de Cornell. Aplicaciones*. ULA, Facultad de Ciencias. Mérida-Venezuela.
- LOBO, V. y O. GUERRERO. 1986. "Comportamiento de las formaciones geológicas para la determinación de áreas de riesgo sísmico en los centros poblados de Tabay, Mérida, Ejido y sus alrededores". Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 180 p.
- RAMÍREZ, R. 2005. *Zonificación geomorfológica utilizando el concepto de estabilidad relativa aplicado a la microcuenca Los Tapias, río Mucujún, El Vallecito, estado Mérida-Venezuela*. **Revista Geográfica Venezolana**. 42 (2): 235-252.
- RENGIFO, M. 1983. *Sismicidad en los alrededores de Mérida*. ULA, Facultad de Ciencias, Departamento de Física. Mérida-Venezuela.
- SCHUBERT, C. 1981. **Los terremotos en Venezuela y su origen**. LAGOVEN. ULA. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas-Venezuela.
- SELBY, M. J. 1983. **Hillslope materials and processes**. Ed., Oxford University Press, Oxford. 264 p.
- SUÁREZ, J. 1998. **Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales**. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia. 541 p.
- VELIZ, L. 2001. *Amenazas y riesgos por inundaciones en el valle del Chama del municipio Santos Marquina*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo especial de Grado, 101 p.