

LOS DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS EL 20 DE NOVIEMBRE DEL 2008 EN LAS COLINAS DEL SUR DE CARACAS: UNA VISIÓN GENERAL DE SU IMPACTO GEOTÉCNICO

MAURICIO TAGLIAFERRO ¹, ANDRÉ SINGER ²

¹ Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas - FUNVISIS, correo-e: mtagliaferro@funvisis.gob.ve

² Universidad Central de Venezuela y FUNVISIS, correo-e: singerandrel@gmail.com

Recibido: julio 2010

Recibido en forma final revisado: diciembre 2011

RESUMEN

El 20 de noviembre del 2008 se registraron más de un millar de deslizamientos en las colinas urbanizadas del sur de Caracas a raíz de las fuertes precipitaciones caídas, los cuales produjeron pérdidas de vidas humanas (cinco personas), familias damnificadas y pérdidas materiales (no contabilizadas). En este trabajo se describen los principales factores condicionantes y desencadenantes que afectaron las laderas de las colinas urbanizadas del sur de Caracas durante las fuertes precipitaciones del mes de noviembre del 2008, y adicionalmente los diferentes de deslizamientos registrados en las laderas y taludes artificiales, los cuales se agruparon en 3 tipos: flujos rápidos de barro (*fast mud flows*), deslizamientos de detritos (*debris slide*) y caídas o colapsos de rocas (*rock falls*).

Palabras Clave: Deslizamientos de detritos, Flujo de detritos, Colinas del sur de Caracas, Lluvias antecedentes.

LANDSLIDES TRIGGERED BY THE NOVEMBER 20, 2008 INTENSE RAIN ON SOUTHERN HILLS OF CARACAS CITY: A GENERAL OVERVIEW OF THEIR GEOTECHNICAL IMPACT

ABSTRACT

On November 20th, 2008 thousand of landslides affected the urbanized southern hillsides of Caracas as a result of heavy rainfalls, which caused loss of lives (five people), families affected and economic losses (not counted). This paper describes the physical parameters and triggers that affected the southern hillslopes of the urbanized of Caracas during heavy rainfalls recorded on November 2008. Additionally a characterization of the different types of landslides recorded in slopes was made, grouping into 3 types: fast mud flows, debris slides and rock falls.

Key words: Debris slides, Earth flows, Southern hillslopes of Caracas city, Antecedent rains.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de movimientos en masa en las regiones montañosas constituyen uno de los eventos naturales que anualmente producen considerables pérdidas humanas y económicas a nivel mundial, más aún en regiones densamente pobladas donde estos espacios han sido utilizados para desarrollo urbanístico (Bonachea Pico, 2006; Corominas, 2002, Hernández et al. 2009). Estos procesos constituyen un riesgo geológico significativo que debe ser tomado en cuenta durante la etapa de planificación

urbana, sobre todo en las regiones montañosas y más aún si estas zonas se encuentran densamente pobladas.

El 20 de noviembre del 2008, fuertes precipitaciones (más de 120 mm de lluvia acumulada en 10 días) cayeron sobre las colinas urbanizadas ubicadas al sur del valle de Caracas, resultando en la ocurrencia de más de un millar de movimientos en masa, los cuales ocurrieron de manera casi simultánea, en urbanizaciones como La Limonera, Santa Cruz del Este, Los Campitos, Santa Inés, Colinas de Tamanaco, Colinas de Bello Monte y Colinas de Santa

Mónica. Estos sectores acusan una alta concentración de deslizamientos de detritos (debris slide), que afectaron varios sectores en estas urbanizaciones, en particular a lo largo de los taludes de corte viales y/o correspondientes a las áreas verdes de las mismas.

En este trabajo se caracterizan de manera general los diferentes tipos de movimientos en masa que afectaron las laderas de las colinas del sur y sureste del valle de Caracas, y también se hace énfasis en cuáles pudieron ser los factores que desencadenaron la activación masiva de estos fenómenos exo-dinámicos.

ANTECEDENTES DE PROCESOS DE INESTABILIDAD EN LAS COLINAS DEL SUR DE CARACAS

Los problemas de inestabilidad geotécnica en el Área Metropolitana de Caracas no son nuevos. De hecho al principio de los años 70, una serie de accidentes geotécnicos ocurridos en vías de comunicación, viviendas y líneas vitales (agua, electricidad, gas, entre otros) pusieron en alerta al ex-Ministerio de Minas e Hidrocarburos (M.M.H.) y fue creada la División de Geotécnica en este mismo Ministerio para dar respuesta oportuna a esta problemática. Esta iniciativa condujo a la generación de documentos (informes y mapas) de zonificación geotécnica a escala urbana, regional y general como apoyo a los planes de urbanismo de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (O.M.P.U.), sobre todo en los sectores sur y sureste de Caracas (Singer, 1986).

Los primeros trabajos de envergadura y con miras a una zonificación geotécnica preventiva, fueron realizados en Colinas de Santa Mónica, labor que arrojó como resultado la caracterización de 5 clases de terreno basados en sus condiciones geomorfológicas- geológicas y geotécnicas, en particular las correspondientes a zonas de bote y relleno señaladas como las sectores más inestables geodinámicamente (Márquez & Singer, 1977). Luego en las colinas de Bello Monte, se realizaron en el año 1983 estudios a detalle que señalan que las zonas de relleno y los materiales utilizados en estos, presentan pobres características mecánicas, debido a la mala selección del material utilizado para el relleno y la ausencia de controles de calidad durante la etapa de construcción. Estos sectores se clasifican como zonas geotécnicamente inestables (Centeno & Rodríguez, 1983).

Adicionalmente a estos trabajos, Feliziani et al. (1985) y Feliciano (1989) mencionan que la mayoría de los taludes de las terrazas en las urbanizaciones ubicadas al sur y sureste de Caracas y sus alrededores, están caracterizadas

por botes no controlados de materiales de poca competencia geotécnica y mal confinados.

Todos estos trabajos coinciden en establecer una clasificación de los diferentes tipos de terrenos analizados, sobre la base de la interacción de los diferentes factores geológicos, geomorfológicos y geotécnicos capaces de afectar la estabilidad de laderas o taludes, y concluyen que los terrenos de mayor inestabilidad están asociados con los materiales de bote sueltos ubicados en las áreas de corte y relleno.

DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS EL 20 DE NOVIEMBRE DEL 2008

El Área Metropolitana de Caracas se ve afectada recurrentemente por deslizamientos durante el periodo de lluvias (Singer et al. 1983). Estos procesos de inestabilidad producen siniestros geotécnicos que afectan viviendas y en ocasiones causan pérdidas de vidas humanas, colocando al Área Metropolitana de Caracas entre las regiones del país que presentan una mayor vulnerabilidad a fenómenos de riesgo geológico como los señalados (Singer, 1986). De acuerdo con Singer et al. (1983), el Área Metropolitana de Caracas suma alrededor del 30% de todas las víctimas por deslizamientos registradas en Venezuela.

El 20 de noviembre del 2008 fuertes precipitaciones (más de 120 mm de lluvia en 10 días, Figura 11) cayeron sobre la zona sur del valle de Caracas, resultando en la ocurrencia de numerosos procesos de inestabilidad de manera casi epidémica. Lo llamativo de este evento fue que la activación de movimientos en masa como deslizamientos de detritos superficiales, flujos de barro y caídas de rocas, ocurrió de manera casi simultánea en una extensa zona urbanizada.

A raíz de las fuertes precipitaciones señaladas, sectores de urbanismo con topografía altamente modificada como La Limonera, Santa Cruz del Este, Los Campitos, Santa Inés, Colinas de Tamanaco, Colina de Bello Monte y Colinas de Santa Mónica, acusaron una alta concentración de deslizamientos de detritos (*debris slide*) asociados con suelos residuales, materiales de relleno, botes artificiales y cobertura vegetal, en particular a lo largo de los taludes de corte viales y las correspondientes áreas verdes. En el Área Metropolitana de Caracas, se registraron al menos cinco (5) personas muertas (una de las cuales en una vivienda ubicada al pie de un talud en la Limonera) y aproximadamente un millar de familias quedaron afectadas (Últimas Noticias, 2008). Sin embargo, no se dispone de cifras de los daños materiales provocados por las lluvias del evento referido.

En relación con este tipo de situación, resulta de la mayor importancia identificar las zonas que presentan las más altas posibilidades de verse afectadas por manifestaciones de movimientos en masa, para de esta manera establecer planes

de mitigación y prevención en las áreas más vulnerables ante estos fenómenos de inestabilidad geológica-geotécnica (Figura 1).

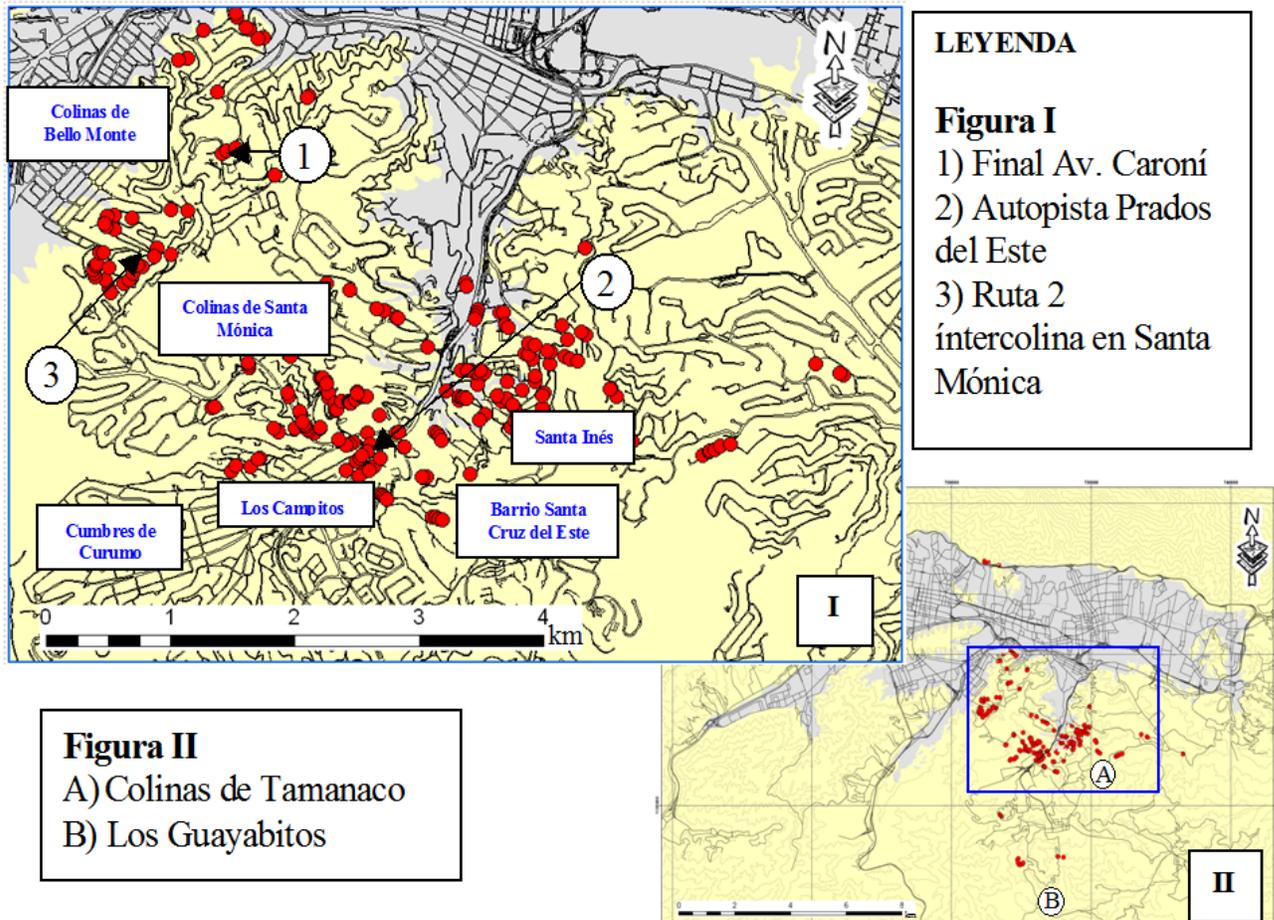


Figura 1. (I) Ubicación de los movimientos en masa en el sector sur centMroódneilacsazonas más afectadas (Barrio Santa Cruz del Este, Santa Inés, Los Campitos, Colinas de Tamanaco y Colinas de Santa Mónica). (II) Distribución Santa Inés espacial de los deslizamientos en la ciudad de Caracas. La ubicación de los deslizamientos son indicados en las figuras con puntos

TIPOS DE DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS

Los movimientos en masa observados en las colinas del sur y sureste del valle de Caracas se describen según la clasificación propuesta por Dikau et al. (1996). Sobre la base de las características geométricas y geológicas observadas en campo del material involucrado en los deslizamientos y en función del estado de degradación de los taludes de corte, los deslizamientos ocurridos el 20 de noviembre de 2008 fueron agrupados en 3 tipos: flujos rápidos de barro (*fast mud flows*), deslizamientos de detritos (*debris slide*) y caídas o colapsos de rocas (*rock falls*).

Flujos rápidos de barro (*fast mud flows*)

Los flujos rápidos o coladas de barro al igual que los deslizamientos superficiales de detritos, fueron los procesos de remoción en masa más frecuentes ocurridos en las colinas del sur de Caracas. Los mismos se originan como resultado de la saturación puntual de los materiales finos ubicados en taludes artificiales o laderas naturales de geometría cóncava (vista en planta).

La dinámica de los flujos de barro abarca tres (3) sectores claramente separados: la zona- fuente, la trayectoria o recorrido del flujo y la zona de acumulación. Las zonas-

fuentes se encuentran localizadas en la parte alta de las laderas muy cerca de las crestas o, a veces, en la parte alta del talud. Estas zonas corresponden a sitios de saturación puntual ubicados en sectores cóncavos con forma de cuchara y por lo tanto corresponden al punto de arranque del movimiento en masa. La trayectoria del flujo presenta una forma alargada con un canal estrecho, abierto por el material movilizado hasta la zona de acumulación (Figura 2).



Figura 2. Colada de barro con arrastre de la cobertura vegetal, señalando claramente el recorrido del material deslizado sobre el talud. Ver la ubicación aproximada en el punto número uno (1) de la Figura 1

Los flujos de barro se ubican en laderas que han sufrido poca o ningún tipo de intervención y con una cobertura vegetal arbustiva de mediana altura (menos de 5 metros), en los cuales todavía se conservaba algo del material saprolítico y coluvial original. El espesor de material involucrado en los deslizamientos es menor a 60 cm.

Las observaciones de campo indican que los flujos de barro (coladas de barro) se relacionan con las etapas iniciales del proceso de generación de deslizamientos superficiales de detritos. La combinación de sucesivos golpes de cuchara (bowl slide) y flujos de barro, disminuyó la resistencia al corte del material suelto remanente ubicado sobre las laderas afectadas, provocando la generación de algunos de los grandes deslizamientos superficiales ocurridos en taludes viales de corte, como en el caso de algunos movimientos en masa complejos ocurridos al final de la Avenida Caroní de Las Colinas de Bello Monte y de la Avenida principal de Cumbres de Curumo.

Deslizamientos de detritos (debris slide)

El fenómeno más común y extenso registrado en las colinas del sur de Caracas en noviembre 2008, corresponde

a deslizamientos de detritos (debris slide). Este tipo de movimiento en masa se genera principalmente a expensas del material suelto ubicado en las laderas y taludes de saprolito, coluvión o material de bote. En la mayoría de los casos de deslizamientos registrados, el material removido corresponde a material de bote suelto o mal compactado, proveniente de terraceos y cortes de talud ejecutados para fines de urbanismo a expensas de los estribos rocosos correspondientes a los esquistos meteorizados de Las Mercedes y a su cubierta de saprolito y coluviones (Figuras 3, 4 y 5).



Figura 3. Deslizamientos de detritos (debris slide) en la Autopista de Prados del Este. El material de bote movilizado no supera un (1) metro de espesor. Ver la ubicación aproximada en el punto número dos (2) de la Figura 1



Figura 4. Deslizamiento de detritos (debris slide) en las rutas inter colinas de Santa Mónica. El material deslizado corresponde a botes de materiales sueltos o mal compactados, empujados sobre las laderas o taludes durante la urbanización del sector. La superficie del deslizamiento se encuentra a menos de 1 m de profundidad. Ver la ubicación aproximada en el punto número tres (3) de la Figura 1

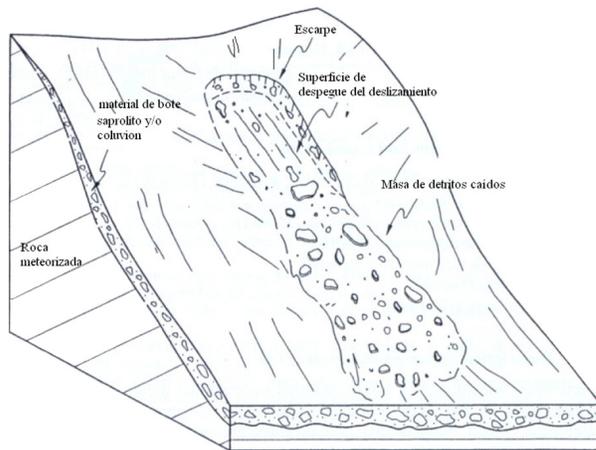


Figura 5. Representación esquemática de los deslizamientos de detritos y de la geometría típica de este tipo de movimientos en masa. (modificado de Dikau et al. 1996)

El espesor del material involucrado en los deslizamientos de detritos varía entre 40 y 60 cm (cobertura vegetal incluida); el débil espesor de material removido y la geometría de la superficie de ruptura o superficie de falla, conducen a considerar a estos movimientos en masa como de tipo superficial.

La distribución de los deslizamientos superficiales inventariados, muestra que estos pueden estar asociados con aquellos sitios donde la degradación e intervención de las laderas fue mucho mayor. Un ejemplo claro de esta situación se observa en los cortes de talud y en las zonas de bote llevados a cabo en las colinas del sur de Caracas.

Caídas o colapsos de rocas (*rock falls*)

Este tipo de manifestación de inestabilidad es el menos común de los movimientos en masa registrados durante las lluvias del 20 de noviembre del 2008. Los colapsos de roca se concentraron en los taludes de corte rocosos con más de 75° de inclinación, donde existen afloramientos mal preservados de roca muy meteorizada del Esquisto Las Mercedes, los cuales presentan un nivel de meteorización entre III y IV, según la clasificación GSE-GWPR (1990). En estos casos la roca presenta además un alto nivel de discontinuidades tales como fracturas, pliegues y marcada foliación, que facilitó los procesos de degradación del esquisto en forma de lajas (Figura 6).

SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTOS

El material involucrado en los deslizamientos se moviliza como una sola masa a lo largo de una superficie de ruptura, superficie de deslizamiento o plano de cizalla, que facilita la



Figura 6. Caída de grandes bloques de roca meteorizada. (Tomado de El Universal en línea)

acción de la gravedad. Esta superficie de ruptura (superficie de falla) se origina en los niveles de anisotropía definidos por las discontinuidades correspondientes a los contactos entre materiales con diferentes características físicas y químicas (Singer & Montes, 1977; Sidle & Ochiai, 2006; conversación personal Singer, 2008).

En las zonas afectadas por los movimientos en masa del 20 de noviembre del 2008, se pudo apreciar la relación de al menos tres (3) tipos de niveles de anisotropía en el desarrollo de superficies de deslizamientos. A continuación, se presentan los niveles de anisotropía más comunes observados en campo:

- Un primer nivel de anisotropía se observa al contacto de los materiales heterométricos y heterogéneos de botes artificiales y de perfiles de suelos residuales arcillosos de origen laterítico, o de saprolitos o rocas meteorizadas correspondientes a la topografía original. Por sus características físicas, este material heterogéneo y suelto presenta una gran capacidad de absorción de agua y poca cohesión, lo cual conlleva un aumento de las presiones de poros en la base de los materiales de bote al momento de producirse fuertes y prolongadas precipitaciones.

Este escenario geotécnico convierte al material de bote artificial en un material muy favorable para la generación de movimientos en masa. La profundidad de la superficie de despegue depende del espesor que tengan estos materiales de bote; al no estar involucrado todo el espesor del material suelto en la masa colapsada, el remanente suele quedarse en condiciones de estabilidad precaria (Figura 7).

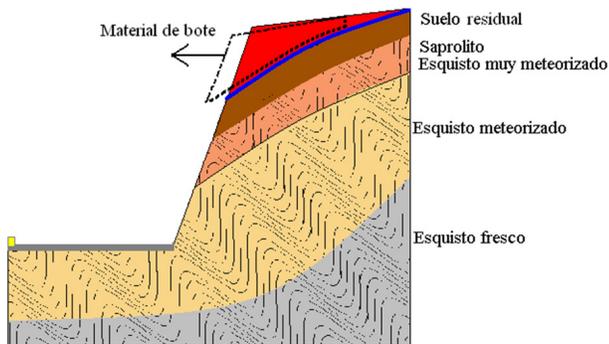


Figura 7. Perfil esquemático de un deslizamiento superficial asociado con un talud de corte coronado con un relleno artificial no confinado (parte superior del perfil). El material de bote desplazado corresponde a una mezcla de suelo residual, saprolito, fragmentos de roca meteorizada, entre otros. La línea gruesa continua corresponde al nivel de anisotropía en el cual ocurre el incremento de la presión de poro y localiza la superficie de despegue del deslizamiento

- El segundo nivel de anisotropía se ubica al contacto de materiales coluviales sueltos y de suelos residuales o saprolíticos. Debido a la mayor permeabilidad de los niveles coluviales respecto a los materiales infrayacentes, como el saprolito o el mismo esquisto; al momento de producirse la infiltración de agua en el subsuelo, los materiales menos permeables (en este caso los suelos residuales y suelos saprolíticos) actúan como barreras que detienen el paso del agua y provocan un aumento de la presión de poro al contacto de estos materiales, reduciendo la resistencia al corte (Figura 8).
- El tercer nivel de anisotropía se ubica en el contacto de horizontes de precipitaciones calcáreas correspondientes a encostramientos nodulares y laminares de carbonato de calcio (caliche). Estos niveles de caliche funcionan como barreras que detienen la infiltración del agua y aumentan la presión de poros al contacto del material suelto suprayacente (coluvión, saprolito y/o material de bote) con el caliche. Las acumulaciones subsuperficiales de caliche suelen presentarse con mayor frecuencia en las laderas más secas con exposición hacia el este y sureste, y generalmente en asociación con la unidad más calcárea del esquisto Las Mercedes, lo cual contribuye a incrementar las condiciones de inestabilidad en estas laderas (Singer & Montes, 1977).

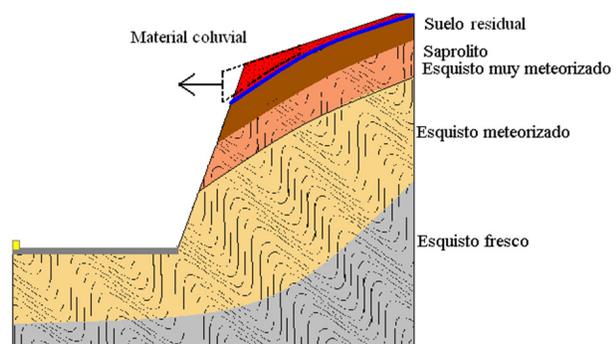


Figura 8. Perfil esquemático de un deslizamiento superficial correspondiente a un talud de corte coronado por material coluvial (parte superior del perfil). La línea gruesa continua representa la superficie de despegue del deslizamiento

ANÁLISIS DEL EVENTO OCURRIDO EL 20/11/2008

La predisposición de las laderas a generar procesos de remoción en masa es producto de la interacción de una serie de factores condicionantes y desencadenantes, quedando claro que cuando en esta interacción ocurren desequilibrios, se activan inestabilidades que pueden generar movimientos en masa (Ambalagan, 1992; Soeters & van Westen, 1996; van Westen, 2002; van Westen et al. 2003).

Entre los factores condicionantes y desencadenantes analizados, que pudieron ser los responsables de la generación de los deslizamientos de detritos el 20 de noviembre del 2008, se señalan los siguientes:

- El factor condicionante antrópico: la modificación de la topografía para fines urbanísticos ha conllevado a la ocupación de zonas potencialmente susceptibles a sufrir procesos de inestabilidad (deslizamientos, derrumbes, caídas de bloques, entre otros). Dicha práctica es muy común en los diferentes sectores de las colinas del sur de la capital, donde se han realizado cortes y rellenos en taludes de gran extensión a principios de los años 50 (Figura 9 B), que han dado lugar al relleno sistemático de las rinconadas entre los estribos, cabeceras de quebradas y fondos de valles, a menudo sin control ingenieril y geotécnico. Cerca de un 90% de los deslizamientos identificados en la referida oportunidad, se encuentran asociados con taludes de corte de más de 60o de pendiente y con sus respectivas zonas de bote. También es muy común que los sistemas de control de aguas de lluvia y escorrentía que concentran sobre los taludes de

corte, lo que provoca en muchos casos que las aguas sean arrojadas directamente sobre estas laderas artificiales.



Figura 9. (A) Topografía original e inalterada de un sector de las Colinas de Bello Monte al sur de Caracas, en una fotografía aérea tomada el año 1936 (Misión 8, escala 1:25.000). El recuadro (B) corresponde a una fotografía aérea de este mismo sector, tomada a principios de la década de los 50, que destaca las modificaciones de topografía mediante terrazcos, cortes y rellenos ejecutados para fines de urbanismo (nótese que la foto B tiene una diferencia de 15o aproximadamente hacia el norte con respecto a la foto A)

- El factor condicionante geológico: según los estudios geológicos de Feliziani et al (1985), Urbani, et al. (2000) y Urbani & Rodríguez (2002; 2003), las colinas ubicadas al sur de Caracas se inscriben en el Esquisto de Las Mercedes y Las Brisas, el primero conformado por intercalaciones de vetas de calcita en esquistos grafitosos calcáreos micáceos y cuarzosos, mientras que Las Brisas está conformado por intercalaciones de esquistos cuarzo – micáceos grafitosos, y algo de calcita.

Estas unidades rocosas desarrollan franjas irregulares de alteración controlada por la morfología original, con un espesor de suelo residual de pocos centímetros hasta más de 3 m, el cual aumenta desde los estribos hacia el eje de las quebradas, pudiendo alcanzar de 5 m a 10 m de profundidad aproximadamente.

Las zonas donde está cubierta de meteorización es más espesa (más de 25 m), presenta un alto nivel de susceptibilidad a los movimientos en masa, sobre todo cuando la topografía original de las mismas ha sido modificada mediante cortes acondicionados en las

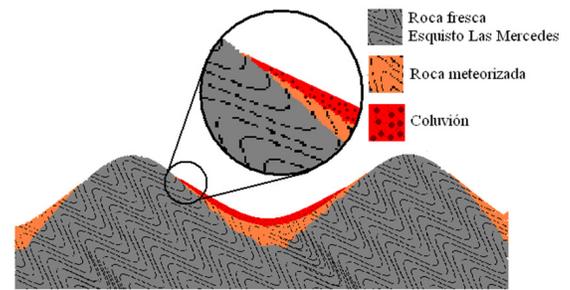


Figura 10. Perfil esquemático de la variación de espesor del perfil de meteorización en el Esquisto de Las Mercedes en Colinas de Santa Mónica

laderas, con miras a ganar un mayor espacio plano para construir bajo forma de mesetas o terrazas, para fines de urbanismo (Figura 10).

- El factor desencadenante hidro-meteorológico: el día 20 de noviembre del año 2008, la región norte costera fue afectada por fuertes precipitaciones. El informe pluviométrico, suministrado por el INAMEH y producido este día, señala que se registraron en las colinas del sur de Caracas un promedio de lluvias de más de 65 mm. en un periodo no mayor a cuatro (4) horas, pero con el agravante de haberse registrado lluvias antecedentes el día 12 de noviembre de 2008 (es decir diez (10) días antes) de más de 60 mm. De esta manera, se registró un promedio de lluvias acumuladas de más 120 mm. para un periodo no mayor de diez (10) días (Figura 11), ya para el 20 de noviembre en el sector sur-centro de Caracas se tenían más de 200 mm de lluvia acumuladas (Figura 12).

El papel de las precipitaciones como las ocurridas en noviembre fue el de reducir la succión del suelo e incrementar la presión de agua en los poros sobre todo en los niveles de anisotropía, con la consecutiva disminución de la resistencia del suelo (Amundaray, 2000). De esta manera, se incrementa el riesgo de ocurrencia de deslizamientos, aun con lluvias antecedentes de intensidad inferiores que las señaladas (Corominas, 2002).

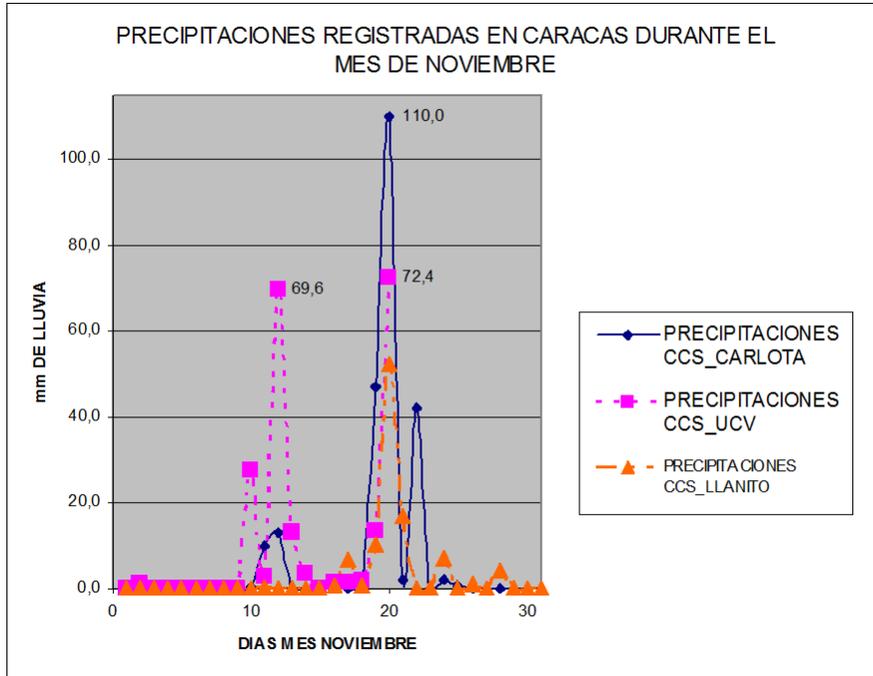


Figura 11. Picos de lluvia registrados los días 12 y 20 de noviembre del 2008 en la estación de la Universidad Central de Venezuela (UCV) con aproximadamente 70 mm de lluvia, en ambos días (Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología), en cambio en la estación del Llanito (ubicada en la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas) sólo fue registrado el pico de lluvia correspondiente al día 20 de noviembre. Estos datos corresponden a los registros obtenidos de los tres (3) pluviómetros operativos ubicados en la zona sur central en el Área Metropolitana de Caracas

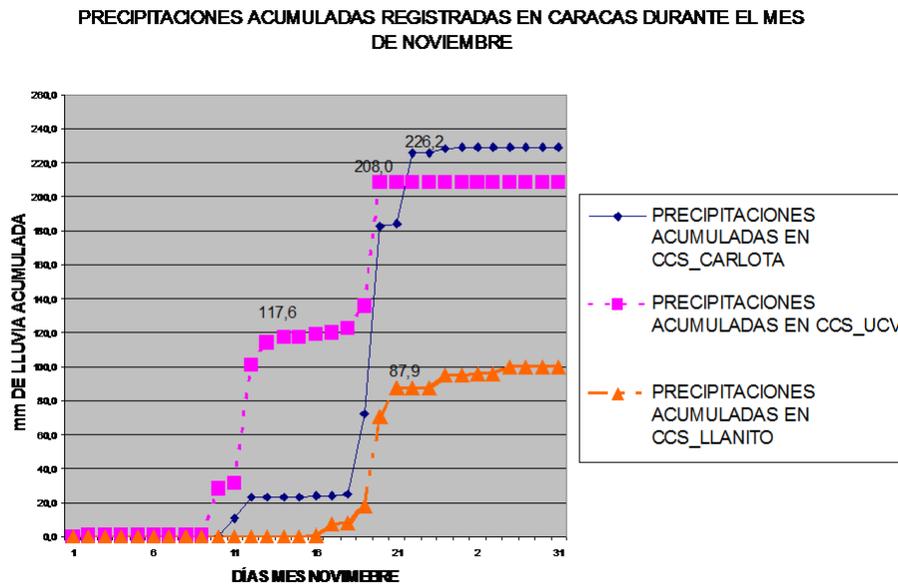


Figura 12. Registro de las lluvias acumuladas en la región central de Caracas en el mes de noviembre. Las curvas muestran que para el día 20 de noviembre ya existía un acumulado de lluvia de más de 200 mm justamente en la zona más afectada por los deslizamientos

CONCLUSIONES

El área de mayor degradación en taludes artificiales y laderas naturales, originada con motivo de las precipitaciones caídas en las colinas del sur de Caracas en noviembre 2008, corresponde a las urbanizaciones construidas en colinas: La Limonera, los Campitos, Santa Cruz del Este, Santa Inés, Colinas de Tamanaco y Colinas de Santa Mónica. Estos sectores acusan una alta concentración de deslizamientos de detritos y flujos de barro, asociados principalmente con suelos residuales, materiales de rellenos, botes artificiales y cobertura vegetal, en particular a lo largo de los taludes de corte viales mal preservados y en las correspondientes áreas verdes de estas urbanizaciones.

Las condiciones geológicas, el nivel de meteorización, el grado de intervención humana y el impacto geotécnico de lluvia acumulada en menos de diez (10) días superior a más 120 mm, fueron los factores que propiciaron la ocurrencia de más de un millar de deslizamientos en el referido contexto urbano.

De esta manera, este evento masivo de movimientos en masa, destaca la alta vulnerabilidad de las urbanizaciones acondicionadas en colinas en el sur de Caracas ante fenómenos de alto impacto dinámico como flujos de barro y colapsos de detritos en el referido contexto de topografía modificada.

RECOMENDACIONES

El significado de la activación masiva de movimientos de masa como el ocurrido el 20 de noviembre 2008 para la gestión de riesgo y planificación urbana del Área Metropolitana de Caracas, destaca la importancia de disponer de un mayor y mejor conocimiento de las zonas más propensas a la ocurrencia de este tipo de fenómenos de gran impacto dinámico.

A tal efecto, se presentan las siguientes recomendaciones de interés, que deben ser tomadas en consideración:

- Densificar la red actual de estaciones pluviométricas disponibles en las colinas del sur de Caracas, con la finalidad de calibrar los umbrales de lluvia peligrosos.
- Acometer evaluaciones cartográficas de topografía modificada en forma sistemática y detallada con indicación de la geometría, profundidad y extensión de rellenos artificiales practicados para fines de urbanismo.
- Establecer providencias u ordenanzas que exijan la

realización de estudios detallados de suelos antes de realizar cualquier proyecto de urbanismo.

- Recopilar estudios geotécnicos realizados en las colinas urbanizadas del sur de Caracas, para su incorporación en los programas de planificación urbanística y proyectos de ordenanzas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AMBALAGAN, R. (1992). Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain. Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 861-871. Asian Technical Committee.
- AMUNDARAY, J. (2000). Aspectos geotécnicos del desastre de Vargas. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia; Calamidades Geotécnicas Urbanas con Visión del Siglo XXI. Caracas, Venezuela.
- BONACHEA PICO, J. (2006). Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Departamento de ciencias de la tierra y Física de la materia condensada Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Santander. 278 p.
- CENTENO, R. & RODRÍGUEZ, C. (1983). Estudios de riesgos geológicos y sectorización geotécnica de parte de los terrenos de la Urbanización Colinas de Bello Monte. Distrito Sucre. Estado Miranda. Informe técnico confidencial. Ingeniería de Consulta.
- COROMINAS, J. (2002). Predicción temporal de los movimientos de la ladera. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera de ladera con técnicas SIG. Instituto Geológico y Minero de España. pp 37-54.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, L., IBSEN, M. (1996). Landslide recognition: Identification, Movement and Courses. International Association of Geomorphologists. United States. 251 p.
- FELIZIANI, P., DE LUCA, P., BARRIENTOS, C., BASTARDO, S., RAMÍREZ, R. (1985). Estudio geotécnico del Área Metropolitana de Caracas (Sector Central). VI Congreso Geológico Venezolano. Tomo VII. pp. 4612- 4681.
- FELIZIANI, P. (1989). Un modelo de predicción del comportamiento geotécnico de los terrenos, evolución

- metodológica y cartografía temática. VII Congreso Geológico Venezolano. Tomo III. pp. 1137- 1164.
- GSE-GWPR, (1990). Tropical residual soils. Quarterly Journal of Engineering Geology 23, 1–101.
- HERNÁNDEZ, J. J., VALLEÉ, M., FELIZIANI, P., SCHMITZ, M., OROPEZA, J., TAGLIAFERRO, M., CASTILLO, A., CANO, V. (2009). Peligro sísmico de deslizamientos en laderas de Caracas. 50 Aniversario Sociedad Venezolana de Geotecnia “Estado de la Práctica” en Honor a Gustavo Luís Pérez Guerra. Caracas, Venezuela. 14 pp.
- MÁRQUEZ, R. & SINGER, A. (1977). Zonificación preventiva de riesgos geológicos para el ordenamiento geotécnico del sector urbano Colinas de Santa Monica, Distrito Federal. V Congreso Geológico Venezolano. Caracas. Tomo IV. pp 1749-1957.
- SIDLE, R. & OCHIAI, H. (2006). Landslides: Proceses, prediction and land use. Water Resources Monograph 18. American Geophysical Union. Washington, DC. 312 p.
- SINGER, A & MONTES, L. (1977). Inventario y diagnóstico geotécnico aplicado a sectores urbanos. V Congreso Geológico Venezolano. Caracas. pp 1699-1708.
- SINGER, A., ROJAS, C., LUGO, M. (1983). Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado Preliminar. Mapa, glosario y comentarios. Publicación de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Serie Técnica 03-83. 126 p.
- SINGER, A. (1986). Geología Urbana de Caracas, Excursión No6. VI Congreso Geológico Venezolano. Caracas. Tomo 10:7045-7070.
- SOETERS, R. & VAN WESTEN, C.J. (1996). Slope instability recognition, analysis, and zonation. In: Landslides, investigation and mitigation. ed. by A.K. Turner and R.L. Schuster. Washington, D.C. National Academy Press. pp. 129 – 177.
- URBANI, F., RODRÍGUEZ, J.A., VIVAS, V. (2000). Geología del estado Vargas. I. Nomenclatura actualizada de las unidades ígneo- metamórficas de la parte central de la Cordillera de la Costa. II. Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería, UCV, Caracas, Resúmenes, p. 621-622.
- URBANI, F. & RODRÍGUEZ, J.A. (2002). Cartografía geológica del estado Vargas y áreas circunvecinas. Geos (UCV, Caracas) 35:2-3.
- URBANI, F. & RODRÍGUEZ, J.A. (2003). Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa, Venezuela. Edic. UCV y FUNVISIS, Caracas, 148 hojas geológicas a escala 1:25.000.
- VAN WESTEN, C., RENGERS, N., SOETERS, R. (2003). Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. ed. Kluwer Academic Publisher. Netherlands. Natural Hazards 30: pp. 399-419.

REFERENCIAS EN LÍNEA

- ULTIMAS NOTICIAS (2008). Las lluvias han dejado 14 fallecidos en todo el país Mabel Sarmiento Garmendia/ Patricia Marcano. 22 de Noviembre de 2008. pág. 2.
- EL UNIVERSAL (2008). Imágenes de lo ocurrido la noche del 20 de noviembre en el Área Metropolitana. 21 de Noviembre de 2008.
- VAN WESTEN, C. (2002). Use of weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping. En http://www.adpc.net/casita/Case_studies/Landslide-hazard%20assessment/Statistical%20landslide%20susceptibility%20assessment%20Weights%20of%20evidence%20modeling%20%20CS%20C%20Colombia/Weights_of_evidence_modelling_for_landslide_susceptibility_map_ping.pdf