

TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTOS DE MASAS DESARROLLADOS EN EL TERRITORIO DE MOA, CUBA

Type of the landslide developed in the territory of Moa, Cuba

Yuri ALMAGUER-CARMENATES¹, Rafael GUARDADO-LACABA¹

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. E-mail: yalmaguer@ismm.edu.cu

RESUMEN- El artículo tiene como objetivo principal establecer una clasificación de los distintos tipos de movimientos de masas en taludes y laderas desarrollados en el territorio de Moa. La clasificación tipológica se realizó sobre la base de la documentación de los movimientos reportados en el área de estudio, y de la caracterización de los elementos geométricos, estructurales y composicionales del tipo de material en el cual se han desarrollado, teniendo en cuenta las clasificaciones más aceptadas a nivel internacional. Como resultados se da una clasificación y descripción de los movimientos de masas agrupando los mecanismos de los deslizamientos en tres grupos principales: mecanismos relacionados con caída libre de la roca (desprendimientos y vuelcos), mecanismos de deslizamientos a través de una superficie de fallo definida (deslizamientos traslacionales, rotacionales, en forma de cuña y combinados) y mecanismos de movimientos de masas de manera desorganizada (soliflucción, coladas de tierra y corrientes de derrubios).

PALABRAS CLAVE: movimientos de masas, taludes, laderas, mecanismo de rotura.

ABSTRACT- This paper has as main objective to establish a classification of the different types of movements of masses in slopes developed in the territory of Moa. The typology classification is based on the documentation of the movements found in the area, as well as characterization of all the geometric, structural elements and compositional of the material in which it has been developed; besides keeping in mind the classifications more accepted at international level. As a results a proposal is made of classification and description of the movements of masses containing the mechanisms of the slips in three main groups: mechanisms related with fall free of the rock, mechanisms of slips through a defined failure surface and mechanism of movements of masses in a disorganized way.

KEY WORDS: movements of masses, slope, mechanisms of the landslide.

INTRODUCCIÓN

Haciendo un análisis histórico de las clasificaciones de los movimientos de masas de laderas se considera que las primeras aparecen en el siglo XIX. Sin embargo con el estudio de estos fenómenos, en los últimos años se han desarrollado diversas clasificaciones. A pesar de que la abundante literatura publicada al respecto mantiene una gran variedad terminológica, podemos señalar, que en lo referente a los movimientos de masas en rocas y suelos en laderas y taludes compuestos por suelos lateríticos formados a partir de rocas ultrabásicas serpentinizadas se plantea la necesidad de encontrar una tipología que permita identificar y clasificar estos movimientos en la región, que como Moa, posea una extraordinaria corteza de meteorización en la cual se desarrolla una intensa actividad antrópica asociada al valor económico que tiene las mismas debido a los contenidos industriales de Ni y Co.

No es objetivo del trabajo proponer una nueva clasificación, sino establecer una terminología que esclarezca los mecanismos que se producen en taludes y laderas y que es motivo de confusión para muchos profesionales de la región y el país, provocando falta de conceptos que pueden implicar, según el tipo de movimiento o amenaza por movimientos de laderas, errores en los métodos de análisis y fallos en las medidas correctoras.

El artículo aborda los mecanismos del desplazamiento de los suelos y rocas en el terreno que con una pendiente determinada provocan el movimiento en sentido descendente y al exterior de la misma. En la literatura se recogen muchas clasificaciones de los movimientos de masas en laderas y taludes. Solo indicaremos la literatura científica más conocida.

Fue Sharpe (1938) quién en la lengua inglesa dio luz a la primera clasificación de los movimientos de masas en laderas y taludes, posteriormente Varnes (1978, 1984), Hutchinson (1988), Sassa (1989), Dikan et al (1996) y Cruden y Varnes (1996). En España se han propuesto clasificaciones por Corominas y García (1997) quienes realizaron una versión más simplificada de la planteada por Varnes en 1978.

En la literatura de la antigua URSS y de Europa Oriental es bueno señalar la monografía dedicada a las condiciones de estabilidad de laderas y taludes de Maslov (1955) quién propuso clasificar los deslizamientos por la forma de alteración de la estabilidad de las laderas y taludes. Zolotariev (1956) clasifica los deslizamientos por su estructura y la

envergadura del fenómeno. Es interesante la clasificación de E. K. Bogdanovich (1911); A. P. Nifantof (1935), quienes clasifican los deslizamientos por el tipo de movimientos de masas de roca, el carácter del desplazamiento y los elementos morfológicos del movimiento de las rocas y los suelos.

A. P. Nifantov (1935), y N. V. Rodionov (1939), ampliaron la temática hasta que I. V. Popov (1939), F. P. Savarienskii (1940) lograron completar esta clasificaciones. Merece destacar la clasificación de los deslizamientos ofrecida por E. P. Emelyanov (1972); pero muchos de estos investigadores han basado sus ideas en los conceptos formulados por K. V. Terzaghi (1950) quien expuso con claridad los diferentes tipos de movimientos y mecanismos de fallos del macizo rocoso en las laderas y taludes.

Una amplia y completa clasificación la suministra V. B. Lomtadze (1977), quien no solo clasifica los movimientos del macizo rocoso en las laderas y taludes a través del mecanismo sino que además brinda una posibilidad de evaluación da través de los elementos causales y condicionales; en ella aparecen medidas ingenieriles aplicables para prevenir el desarrollo de los fenómenos gravitacionales o localizar sus efectos nocivos.

CARACTERÍSTICAS INGENIERILES DE LAS ROCAS EN EL TERRITORIO

Al realizar la tipificación ingeniero geológica de los diferentes mecanismos de propagación de los movimientos de masas en las laderas y taludes del territorio de Moa, la naturaleza de los materiales involucrados en estos mecanismos es un criterio importante y un indicador indispensable para separar los diferentes tipos de movimientos.

Varnes (1978), Hutkinson (1988), Cruden y Varnes (1996) hacen una distinción entre roca dura y roca semidura (bedrock), derrubios o detritos (debris) y suelo (soil). Los conceptos de roca dura y semidura a nuestro juicio no ofrecen dudas desde la visión de la Ingeniería o la geomecánica de las rocas.

Para los derrubios no queda claro sobre todo cuando tratamos de identificar materiales tipos, sus características de resistencia y deformabilidad. En estos casos es mejor emplear la clasificación general de Savarienskii y Lomtadze (1982) que expone los tipos de rocas y materiales friables cohesivos y no cohesivos con sus diferentes variantes de presentación ante los diferentes procesos y fenómenos geológicos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ROCAS SERPENTINIZADAS Y DE LOS SUELOS RESIDUALES

Rocas ultrabásicas serpentinizadas

En Moa son las rocas más distribuidas y se encuentran en el grupo de las semiduras debido a su agrietamiento y meteorización.

Agrietamiento: Para el análisis del agrietamiento se tuvieron en cuenta los elementos de yacencia y otras características de las grietas como la abertura, espaciado, relleno y tipo de superficie. Según el diagrama de contorno y de planos principales (figura 1, tabla 1) tenemos cuatro familias principales definidas por su acimut de buzamiento y buzamiento, las cuales en dependencia de la posición relativa de estas y las laderas o taludes determinarán la tipología de movimientos a través de una superficie de fallo definida.

En la figura 2 se muestra en detalles el comportamiento del agrietamiento y su influencia sobre la descomposición de la roca y sobre la tipología de deslizamientos desarrollada para una determinada intensidad de trituración y alteración. De esta manera dividimos la roca en tres grados o intensidades de agrietamiento en función de la cantidad de familias de grietas, su espaciamiento y alteración de los bloques rocosos. En el grado 1, roca fresca, con presencia de tres o cuatro familias de grietas espaciadas, en la cuál los mecanismos de rotura que gobiernan las inestabilidades son por caída libre de los fragmentos de roca y a través de una superficie de fallo definida, desarrollándose desprendimientos de bloques de rocas y deslizamientos planares o en cuña.

En el grado 2, donde la roca se presenta intensamente agrietada con presencia de tres o cuatro familias de grietas estrechamente espaciadas, a través de las cuales se observan signos de meteorización, los mecanismos de rotura comunes son a través de una superficie de fallo y por caída libre de fragmentos de rocas, desarrollándose tipologías tales como desprendimientos y vuelcos y deslizamientos planares o en cuña.

En el grado 3, la roca se presenta alterada e intensamente agrietada. A través de las superficies han penetrado los agentes de la meteorización avanzando al interior de los núcleos de roca, los cuales se presentan dentro de una matriz arcilloso - arenosa con presencia de óxidos e hidróxidos de hierro. Los mecanismos de rotura comunes son a través de una superficie de fallo, por caída libre de fragmentos de rocas y movimientos de masas desorganizados, manifestándose vuelcos, deslizamientos planares o en cuña y coladas de tierra.

Suelo residual

El perfil de meteorización desarrollado a partir de las rocas ultrabásicas serpentizadas presenta, desde el punto de vista geotécnico, cinco grados de descomposición, los cuales varían desde la roca fresca (grado I) hasta suelo residual (grado V) (figura 3). La descripción del mismo se presenta a continuación:

Roca dura de composición ultrabásica (grado de meteorización I), afectada por los procesos de serpentización, de coloración verde a verde grisáceo, presenta un peso específico que varía entre 2,50 y 2,80 KN/m³. El ángulo de fricción del macizo está determinado por la fricción residual a través de las discontinuidades presentes el mismo y determinado por medio de las clasificaciones geomecánicas varía entre valores de 22° y 26°.

Roca débilmente meteorizada (grado II). Aparecen manchas de óxido de Fe en las superficies de las grietas. La meteorización se manifiesta de forma desigual a través de la fábrica de la roca. La resistencia a la compresión representa entre el 45 y 55% de la roca fresca. Más del 90 % es roca. El peso específico varía de seco a húmedo entre 8,4 y 15,5 KN/m³. La humedad puede llegar hasta el 85 %, el ángulo de fricción de 16°, y el índice de plasticidad de 26. El RQD estimado por las condiciones del agrietamiento está entre 70 y 90 %.

Roca moderadamente meteorizada (grado III). Hay presencia de limonita en las grietas, en su conjunto la roca se presenta como una masa discontinua o a través de núcleos rocosos en una masa arcillosa. El peso específico varía de seco a saturado de 12,2 a 18,4 KN/m³. La humedad puede llegar hasta el 70 %, la cohesión de 106 KPa, el ángulo de fricción de 26° y el índice de plasticidad de 28, el RQD puede variar entre 30 y 70% y la resistencia es aproximadamente el 25% de la roca fresca.

Roca altamente meteorizada (grado IV). Está tan debilitada por el proceso de meteorización que pueden ser desintegrados grandes fragmentos de suelo con la mano. Se puede excavar con la mano si está húmedo. Se pueden obtener núcleos perforando cuidadosamente, en algunos casos no se pueden recuperar. Resistencia muy baja comparada con la roca fresca. Menos del 10% es roca. Presenta un peso específico seco y húmedo de 8,53 y 16,5 respectivamente. Presenta una cohesión de 71,01 KPa, un ángulo de fricción interna de 17° y un índice de plasticidad de 28. El RQD varía entre 0 y 30% y la resistencia representa hasta 12% de la roca fresca.

Suelo residual (grado V). La textura original de la roca no es reconocible. Adquiere una forma de coraza compuesta por concreciones ferruginosas. Resistencia muy baja comparada con la roca fresca. Las capas superficiales contienen raíces de plantas y humus.

MECANISMOS DE FORMACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASAS EN TALUDES Y LADERAS

Los movimientos de laderas y taludes en el territorio de Moa son fenómenos asociados al mecanismo de rotura o fallo de las rocas y suelos y al tipo de desplazamiento de los volúmenes de masas de rocas o de sus partes móviles unidas entre sí, que componen un cuerpo de deslizamiento, o de un flujo, cuando ocurre una corriente viscosa de la masa de roca bajo la influencia de ciertas y determinadas fuerzas.

Las causales y condicionales de las roturas, su movilidad y dinámica en las laderas quedan determinados por el tipo de mecanismo que origina el proceso de movimiento de la masa de rocas (desprendimientos, deslizamientos, flujos, etc).

Corominas (1997) plantea las siguientes fases en los movimientos de las laderas, las cuales implican fenómenos mecánicos, leyes de comportamiento e indicadores muy diferentes:

- Génesis o preparación (fase de pre-rotura) que puede ser variable en el tiempo.
- Fase crítica o paroxísmica (rotura) por lo general caracterizada por la formación de la superficie o zona de fallo.
- Fase de acomodación o reajuste (post-rotura). Se desarrolla desde que tiene lugar la rotura hasta que el movimiento se para firmemente.
- Fase de estabilización que puede medir el drenaje de la masas movida y otros mecanismos de consolidación del terreno.
- Fase de reactivación en la que el movimiento puede reproducirse aprovechando superficies de rotura preexistente; puede ser ocasionales o continuos con variaciones en la velocidad de deformación.

La experiencia en el estudio de los movimientos de masas enseñan que este puede ser mecanismos estructurales cuando el fallo y movimiento, o la dislocación es del bloque o bloques de rocas y plásticas cuando el desplazamiento de la masas de roca y/o suelos se realiza de manera similar al liquido viscoso.

Existen también desplazamientos transitorios de las masas de rocas y/o suelos cuando un bloque separado de roca en el proceso de deslizamiento se transforma se desmenuza, se tritura y sus movimiento posteriores adquieren la naturaleza de un flujo viscoso.

Los mecanismos básicos de la primera rotura de ladera pueden resumirse en los siguientes: corte o fallo, tracción, pandeo, vuelco, fluencia y colapso estructural. El análisis de las fases de reajuste es una análisis dinámico en las que deben tenerse en cuenta las

características del movimiento de las partículas, la reducción de las propiedades resistentes de las masas deslizadas, y la presencia y acción de las aguas.

Los mecanismos estructurales de las masas de rocas en los taludes y/o laderas por lo general son por deslizamiento cuando la masas de roca resbalan por una superficie de fallo o de debilitamiento por las cuales la resistencia al corte de la roca no puede impedir su deslizamiento.

Los mecanismo de deslizamiento plástico que pueden convertirse además en flujos, se caracterizan por el desarrollo de deformaciones plásticas y frágil-plásticas en el volumen de las masas deslizadas, mientras que en los deslizamiento estructurales tales deformaciones se desarrollan por las superficies de fallo o debilitamiento. Entonces es preciso prestar atención a estos, ya que algunos investigadores consideran las diferentes velocidades de estos fenómenos a una diferencia entre el deslizamiento y las corriente plástica, por tanto, cuando se forman todos los tipos de movimientos de masa de taludes y laderas las tensiones de dislocación o cortantes deben rebasar la resistencias interiores al corte de las rocas (Almaguer, 2005).

El conocimiento del mecanismo de los movimientos de masas de rocas y/o suelos permiten entender la física del proceso, revelar los esquemas de calculo mas reales y elegir las medidas ingenieriles que permitan debilitar los esfuerzos de dislocación, aumentar la resistencia de las rocas o simultáneamente para uno y otro. Así, para revelar el mecanismo de los deslizamientos que tiene lugar en el territorio de Moa fue necesario un estudio detallado de la estructura de las rocas y suelos, su estado, las propiedades de las rocas y la dinámica de sus desarrollo. La tipificación de los movimientos ocurridos en las laderas y taludes incluyen y se contempla situaciones producidas después de las roturas aunque en ocasiones se incluyen mecanismos que tiene lugar antes de la rotura.

MECANISMOS Y TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTOS DE MASAS EN LADERAS Y TALUDES EN EL TERRITORIO DE MOA

Para realizar la descripción de los movimientos se ha tomado como base el orden propuesto por Varnes (1978), Hutchinson (1988), WP/WLI (1993), Cruden y Varnes (1996), Lomtadze (1977), Brabb (1984). Las definiciones de los distintos mecanismos han sido extraídas de las referencias antes citadas.

Mecanismos de fenómenos gravitacionales en laderas y taludes:

1. Mecanismos relacionados con caída libre de la roca.

- 1.1. Desprendimientos de rocas. En el territorio de Moa los fenómenos de desprendimientos de rocas (falls rocks) lo podemos dividir en dos tipos: los desprendimiento propiamente dichos y los derrumbes. Estos mecanismos representan un movimiento de ruptura y caída sorpresiva desde taludes, desmontes y laderas abruptas. En ocasiones en los taludes de rocas serpentinizadas fuertemente agrietadas tiene lugar los fenómenos de derrumbes los que están asociados con la alteración del material que lo compone. En ambos casos la inestabilidad de estos sectores pueden ser considerados peligrosos sobre todo en las áreas viales y obras hidrotécnicas presentes en el territorio.

 - 1.2. Vuelcos. Estos mecanismos tienen lugar en aquellas laderas o cortes de masas de rocas serpentinizadas que generan un eje situado por debajo del centro de gravedad. La fuerza inestabilizadora es la gravedad y también las acciones hidrodinámicas e hidrostáticas en estas grietas. La parte movida se desplaza haciendo un giro o inclinando el movimiento de arriba hacia fuera. El apoyo de las aristas inferiores se deshace, y el mecanismo de desplome es combinado con un movimiento vertical de colapso. Estos movimientos en el territorio de Moa se observan en laderas compuestas por rocas serpentinizadas y gabros, en las cuales existen sistemas de grietas paralelas a la ladera o talud a través de las cuales se infiltran las aguas superficiales rompiendo el equilibrio del sistema. Además se ha reportado este tipo de movimiento en las cortezas lateríticas residuales y redepositadas en las cuales se manifiesta agrietamiento relictico o tensional el cuál realiza la misma función que en la roca. Estos movimientos son comunes en el territorio y aparecen con frecuencia.
-
2. Deslizamientos a través de una superficie de fallo definida: Se manifiestan ladera abajo de una masa de suelo o roca y tiene lugar a través de una o más superficies de rotura o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla.
 - 2.1. Deslizamientos traslacionales (planar slides). Se le llama deslizamiento traslacional o planar a aquellos que se producen a través de una única superficie plana u ondulada. En el territorio de Moa se manifiestan en la roca serpentinizada cuando existe una familia de grietas dominante y orientada aproximadamente en el mismo sentido del talud o ladera, a veces estas discontinuidades se relacionan con fallas de sobrecorrimiento de escamas tectónicas en la cual se manifiesta un intenso

cizallamiento de hasta 1m de espesor. Este tipo de movimiento también se produce en las cortezas lateríticas residuales o redepositadas, en las cuales la superficie de deslizamiento se encuentra en el contacto roca/suelo, donde el material presenta menos resistencia y a través del cual se mueven las aguas subterráneas (figura 4). Las condiciones determinadas para la ocurrencia de este tipo de rotura se ponen de manifiesto en el territorio:

- los rumbos del plano del talud o ladera y del plano de deslizamiento son paralelos o casi paralelos, formando entre sí un ángulo máximo de 20 grados.
- los límites laterales de la masa deslizante producen una resistencia al deslizamiento despreciable.

2.2. Deslizamientos a través de una superficie circular (rotational slides, slumps). Los materiales de suelo laterítico se desplazan a través de una superficie de rotura curvilínea o cóncava. Generalmente la masa desplazada se divide en bloques o escalones los cuales experimenta un giro según un eje situado por encima del centro de gravedad de esta. El material de la cabecera de los escalones se inclinan contra la ladera, generando depresiones paralelas a la corona del talud o ladera y a través de la cuál se infiltran las aguas superficiales y pueden lograr reactivaciones. Como generalmente hay presencia de agua en estos tipos de movimientos en cortezas lateríticas, la parte frontal del cuerpo del deslizamiento evoluciona como una colada de suelo. En algunos casos este tipo de movimiento se desarrolla en laderas compuestas por roca serpentinizada, en la cuál el espaciado de las grietas es tan pequeño que le confiere un comportamiento tipo suelo (figura 5).

2.3. Deslizamientos en cuña. Se llama rotura por cuña a aquella producida a través de dos discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud o ladera, con la línea de intersección de ambas aflorando en la superficie del mismo y buzando en sentido desfavorable. Este tipo de rotura en el caso del territorio de Moa se origina en el macizo rocoso serpentinado en los lugares que se da la disposición adecuada, en orientación y buzamiento de las discontinuidades, sin embargo, por la existencia de cortezas lateríticas residuales en las cuales se conservan en la mayoría de los horizontes del perfil de meteorización la estructura de la roca este tipo de movimiento se desarrolla igualmente en la corteza (figura 6).

2.4. Deslizamientos combinados. En este tipo de movimiento se conjugan normalmente dos mecanismos; en el caso de las cortezas lateríticas en el territorio de Moa se pueden combinar movimientos traslacionales y vuelco, rotacionales y traslacional, rotacional y flujos de tierras. Siempre el primer mecanismo predomina sobre el segundo.

3. Movimientos de masas de manera desorganizada (movimientos de flujos). Se definen como movimientos continuos desde el punto de vista espacial; las superficies de cizallas tienen corta duración y generalmente no se conservan. La masa movida no conserva su forma en el movimientos descendente porque se comporta como un fluido, tomando formas lobuladas cuando se desarrollan en materiales finos y cohesivos y dispersándose cuando se manifiestan en materiales de granulometrías más gruesas.

3.1. Soliflucción. Se manifiestan en suelos lateríticos cohesivos, principalmente en los grados III y IV. Las dimensiones son pequeñas y normalmente presentan poco espesor y pueden encontrarse espacialmente asociados a ladera de altas a medianas pendientes en las cuales se conservan los horizontes lateríticos.

3.2. Colada de tierra. Se define como deformación plástica, lenta y no necesariamente húmeda, de tierra o rocas blandas en laderas de inclinación moderada. En las cortezas lateríticas se forman depósitos alargados, en forma de lengua en la parte frontal (pie), generando un relieve positivo sobre la superficie del terreno. En la mayoría de los casos reportados se hayan asociados en el pie de los deslizamientos.

3.3. Corrientes de derrubios. Se definen como movimientos rápidos de material detrítico con predominio de fracciones gruesas (arenas, gravas, bloques). En el territorio se reportan en vaguadas u hondonadas del terreno en las laderas de los causes de ríos. Por la falta de cohesión, típico de la masa removida, los depósitos se dispersan en los pie de los taludes y laderas.

CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados en las cortezas lateríticas en el territorio de Moa dirigidos a la determinación y descripción de los movimientos de masas se ha podido definir las

tipologías mas frecuentes desarrolladas, así como los mecanismos de rotura que gobiernan las mismas. De esta manera tenemos mecanismos relacionados con caída libre de la roca donde se manifiestan desprendimientos de rocas y vuelcos; deslizamientos a través de una superficie de rotura definida manifestándose deslizamientos traslacionales, a través de una superficie circular, deslizamientos en cuña y movimientos combinados tanto en la roca semidura como en el suelo residual; y mecanismos de movimientos de masas de manera desorganizada donde se manifiesta la soliflucción, coladas de tierra y las corrientes de derrubios.

El conocimiento de los mecanismos de rotura es el fundamento para el análisis de estabilidad de taludes donde la identificación de la tipología, las condicionales del movimiento a partir del reconocimiento de campo y la aplicación de métodos geotécnicos sirven de base para la selección del método de cálculo del factor de seguridad y en consecuencia la selección del método más idóneo de protección de los taludes afectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaguer Y.: *Evaluación ingeniero geológica e hidrogeológica del yacimiento Punta Gorda*. Rafael Guardado Lacaba (tutor). Trabajo de Diploma. Dpto. Geología, ISMM, 1998. 100
- Almaguer Y.: *Evaluación de susceptibilidad por deslizamientos en el yacimiento Punta Gorda, Moa*. Tesis Doctoral. Departamento de Geología, ISMM, 2005. 163
- Ayala, F.J.; Elíazaga, E. Y González de Vallejo, L.I. (1987) "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España". Serie Geología Ambiental. Riesgos UNESCO. (España). I.G.M.E.
- Borrás X. 1997: *Experiencia con taludes de gran altura en granito muy alterado*. IV Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables, Granada. Vol (2): 471-486.
- Brabb, E. E., "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". Proc. 4th. Int., Symp. on Landslides, Toronto, Canada, v.1, 307-324 p. 1984.
- Celada B. 1988: *Evaluación de zonas inestables en un talud rocoso*. II Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables. UNESCO. España 31-36.
- Celada B. y P. M. Varona. 1988: *Revisión del modelo de estabilidad en casos de vuelcos*. II Simp. Nac. sobre taludes y laderas inestables, UNESCO. España: 143-148.
- Corominas J. y A. García. 1997: *Terminología de los movimientos de laderas (conferencia)*. IV Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables, Granada. Vol (2): 320-329.
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. (1996) "Landslide types and processes. En: Turner, A.A.K. and Schuster, R.L. (Eds.): *Landslides. Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, Special Report 247*, National Academy Press, Washington, DC. USA. P. 36-75.
- Ferrer, M. (1987) "Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas". Serie Geología Ambiental.

- Riesgos Geológicos. I.G.M.E. UNESCO (España):175-192.
- García A. y J. García. 1988: Clasificación tipológica de los movimientos de laderas. II Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables. UNESCO. España: 152-160.
- Guardado R. y Y. Almaguer, 2001: "Evaluación de riegos por deslizamiento en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Holguín". Minería y Geología, Cuba, vol XVIII (1): 1-12.
- Guardado R.: Ingeniería geológica. Ingeniería petrológica (Cuba). Ed. Pueblo y Educación. 1982, p. 301.
- Guardado R; C. De Miguel; Y. Almaguer; J. Blanco; A, Rodríguez; B. Riverón; J, Batista, 1998: "Evaluación ingeniero geológica e hidrogeológica del yacimiento Punta Gorda. Informe de Investigación. Archivo de la Empresa Comandante Che Guevara", Moa: 254.
- Hácar M. A. y M. Fernández. 1997: Dinámica de los movimientos de ladera. Clima y estabilidad. IV Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables. Granada. Vol (2): 837-862.
- Sharpe, C.F.S.: "Landslides and their control". Academia & Elsevier, (Prague). 1938. p. 205.
- Varnes, D.J. 1978: "Slope movement tyoes and processes". In: Landslides analysis and control. Special Report 176: 11-33 pp.
- Varnes, D.J. "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice". Natural Hazards. N° 3. UNESCO (Paris). 1984. P. 63.

FIGURAS Y TABLA

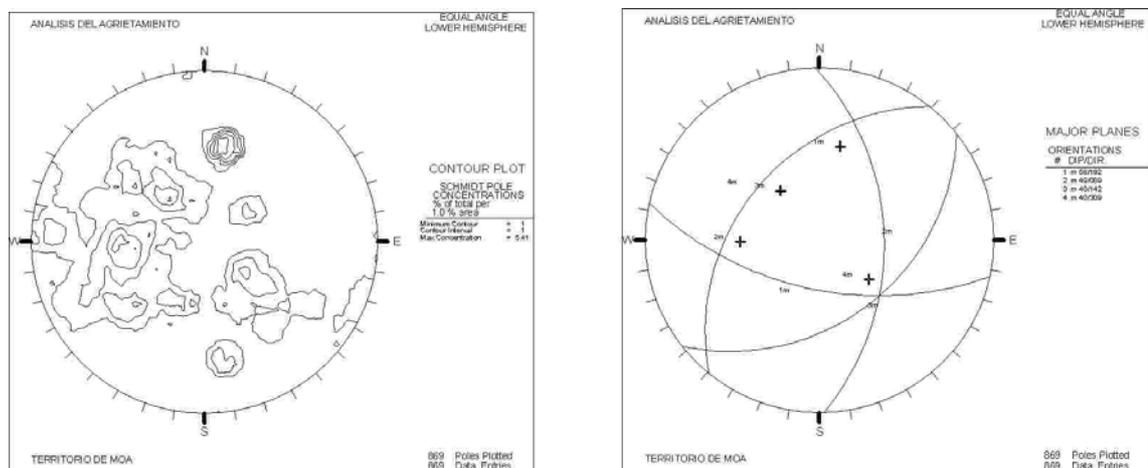


FIGURA 1. Diagrama de contorno y planos principales del agrietamiento de las rocas serpentinizadas.

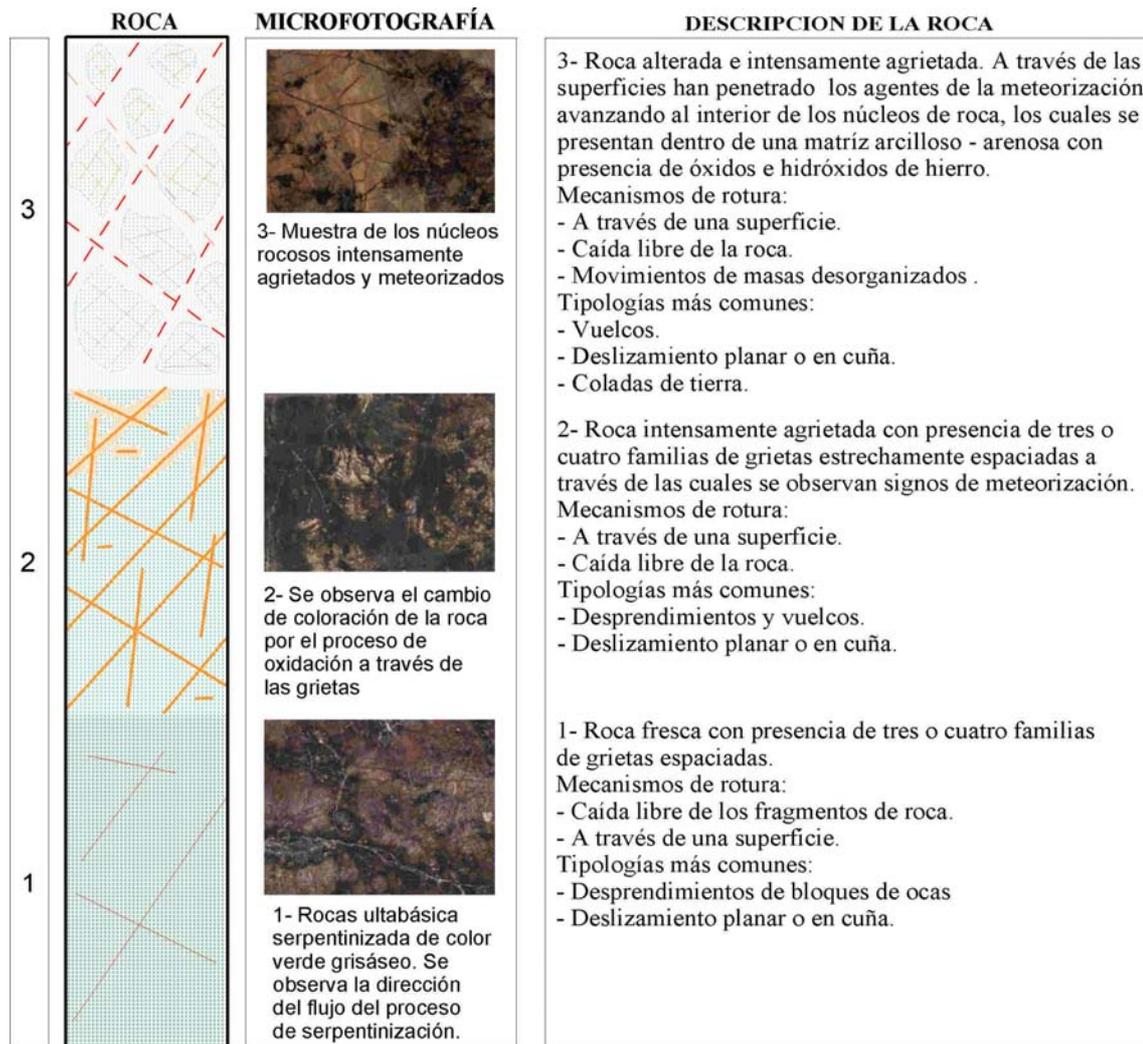


FIGURA 2. Comportamiento del agrietamiento y tipos de movimientos de masas en la rocas ultrabásicas serpentinizadas

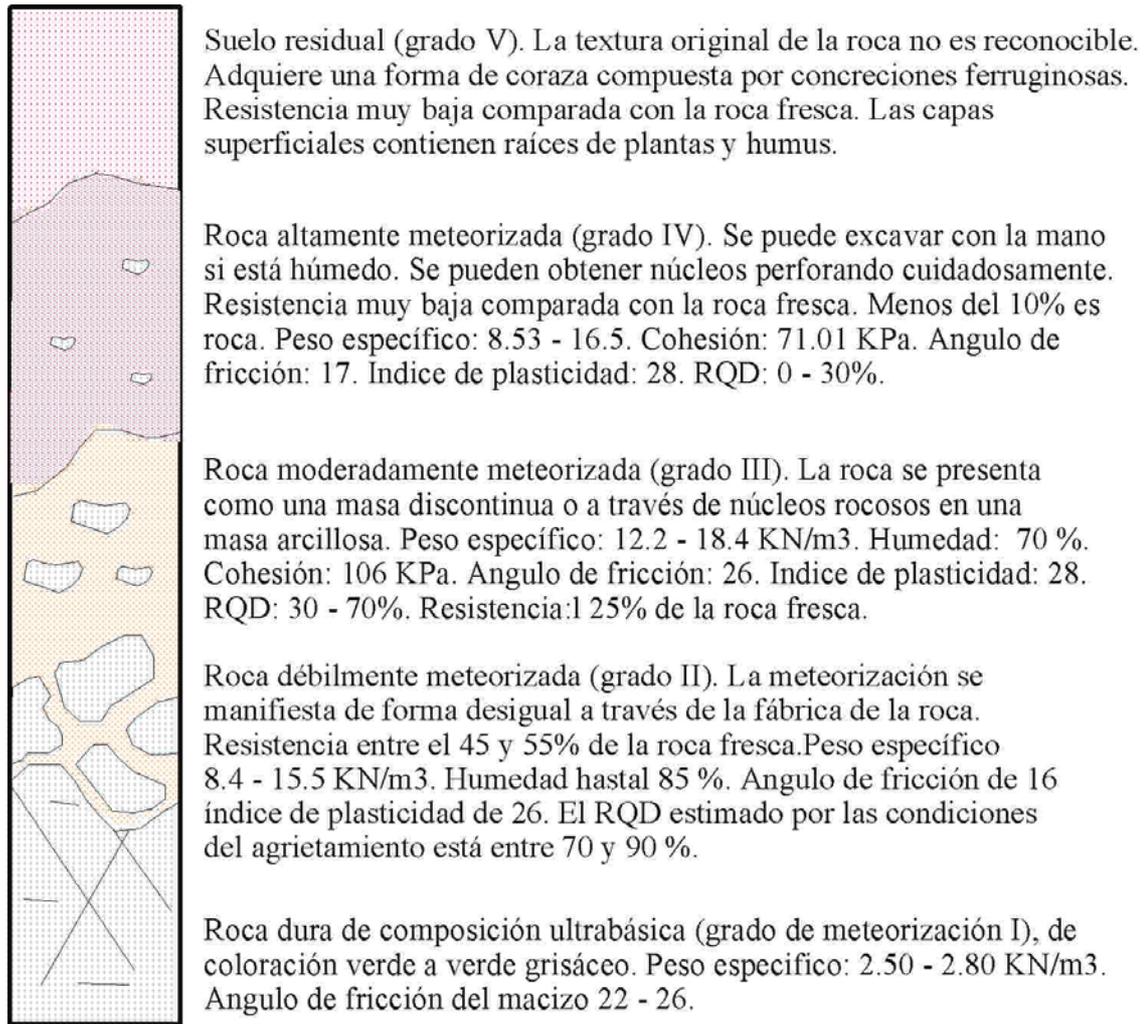


FIGURA 3. Esquema del perfil ingeniero geológico de los suelos residuales.

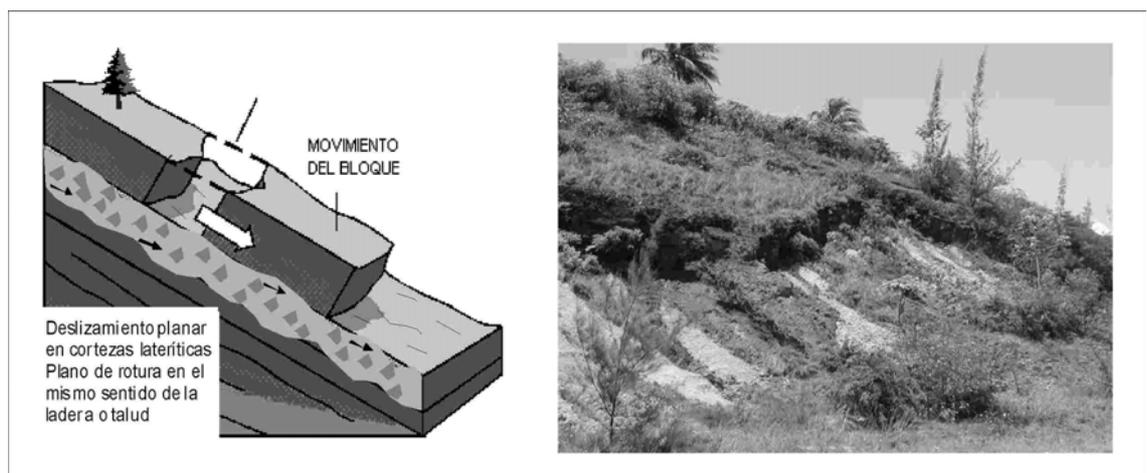


FIGURA 4. Deslizamiento a través de una superficie planar. El plano de rotura coincide con el contacto entre la corteza laterítica y la roca serpentinizada y buza aproximadamente en el mismo sentido de la ladera.



FIGURA 5. Deslizamientos a través de una superficie circular en cortezas lateríticas compuestas por suelos cohesivos- friccionantes.

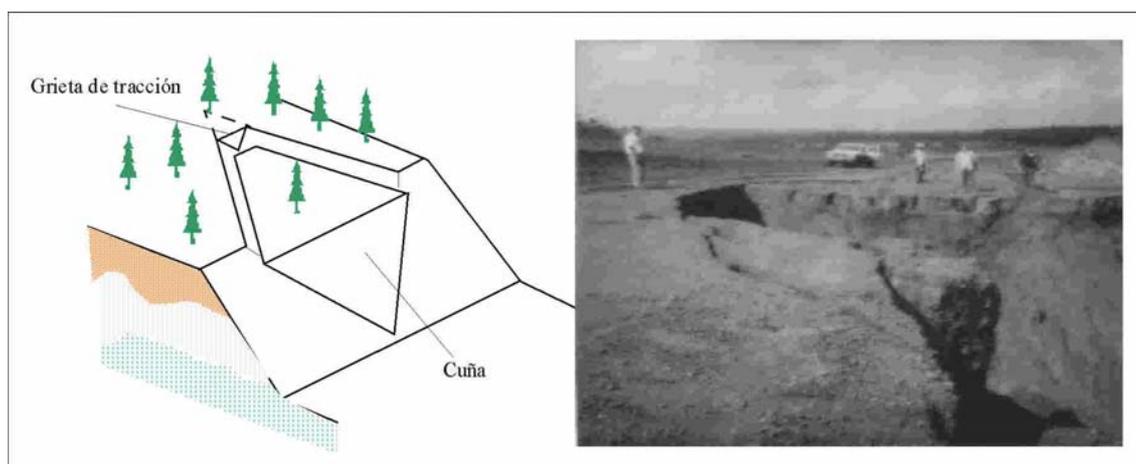


FIGURA 6. Deslizamientos en forma de cuña desarrollados en cortezas lateríticas residuales. Los planos que conforman la cuña son grietas relicticas presentes en la corteza.

TABLA 1. Características del agrietamiento en el macizo rocoso serpentizado

No. Familia	Acimut de buzamiento	Buzamiento	Abertura (mm)	Espaciado (cm)	Continuidad (m)	Relleno	Superficie
1	192	58	0.7415	12.32	1.135	-	Ondulada lisa
2	89	49	2.164	9.678	2.149	Magnesita 5% Sílice 5% Arcilla 1%	Plana lisa
3	142	40	3.217	15.60	1.244	Magnesita 40% Sílice 5% Detritos 6%	Plana lisa
4	309	40	3.147	18.04	1.925	Sílice 10% Magnesita 5% Arcilla 5% Detritos 3%	Plana y ondulada lisa