

# EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE PELIGROS A CONSTRUCCIONES POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN DE MASAS EN EL MUNICIPIO PLAZA DE LA REVOLUCIÓN

**Hilda M Alfonso de Anta<sup>(1)</sup>, Mercedes Ferrer Gijón<sup>(2)</sup>, y Carlos Llanes Burón<sup>(3)</sup>**

(1) Instituto de Geografía Tropical

(2) Instituto Geominero de España

(3) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación es conocer la susceptibilidad de peligros por movimientos de remoción de masas en el territorio y sus afectaciones en las construcciones. Se integra el análisis de estabilidad de laderas con el de las afectaciones a las construcciones sin alcanzar la evaluación de la patología de las construcciones de las edificaciones. Son cartografiadas las formas de relieve, los procesos activos y los principales movimientos de remoción. Se elaboran los mapas de factores condicionantes de mapas precedentes, con los resultados de la cartografía geomorfológica y adecuaciones metodológicas del Instituto Geominero de España. Como resultante de la intercepción entre el mapa inventario y los de los factores condicionantes en una aplicación SIG, se obtuvo el mapa de susceptibilidad con una regionalización de los peligros a estos movimientos y propuestas de medidas de prevención. Se cartografiaron las construcciones agrietadas y las expuestas a estos peligros y de la interacción de este mapa y el de susceptibilidad se obtienen las afectaciones por estos procesos.

En las conclusiones se refleja la distribución local de estos movimientos principalmente en la parte central meridional y occidental asociados a laderas, escarpes y taludes de terrazas y rocas menos resistentes, inducidos o reactivados por las precipitaciones intensas. Entre ellos predominan los deslizamientos superficiales, rotacionales, pequeños, aunque existen caída de rocas y reptaciones. Se corrobora la influencia en las afectaciones a las construcciones de los movimientos de remoción, la erosión y el carso que aunque lentos provocan asentamientos diferenciales y grietas de tracción las cuales implican pérdidas económicas.

## ABSTRACT

The main objective of the investigation is to know the susceptibility of hazards by removal of masses in the territory and its affectations of buildings. It is added to the hillside analysis of stability together with the pathology of constructions without getting the evaluation of the building construction pathology. The relief shapes, the active processes and removal main movements. The maps of conditioning factors of former maps with the results of geomorphologic cartography and methodologic adequations of the Geominig Institute of Spain. As a result of the interception between the inventory map and the conditioning factors in a SIG application, a map of susceptibility was obtained with a regionalization of hazard in these movements measures prevention proposals. The crackeed buildings and the ones exposed to these dangers were cartographed and from the interaction of this map and of the susceptibility the affectation by these proceses are obtained.

At the conclusions it is shown the local distribution of these movements mainly in the meridional, central and western part associated to hillsides slopes and taluses of terrazas and rocks less resistant or reactivated by intense rains. Among them are the shallow, rotacional, and small slides although the rock falls, are present. The influence is corroborated through the affectations in buildings of the removal movements, erosion and the carst which, although they are slow, produce the differential settings and draft cracks which give way to economic losses.

## INTRODUCCIÓN

Los movimientos de remoción de masas son fenómenos geológicos relativamente abundantes y pueden constituir un riesgo para algunas zonas urbanizadas situadas en zonas de peligros. Las mismas son susceptibles de prevención en la etapa de proyección y pueden ser mitigadas en las etapas iniciales de los proyectos. Aunque la fuerza que provoca estos movimientos es la gravedad, son reactivados e inducidos por movimientos sísmicos, excavaciones al pie del talud y las lluvias intensas de los huracanes tropicales.

Estos procesos no tienen gran extensión en el territorio nacional aunque se han reportado en las laderas montañosas de la Sierra Maestra, Sierra de Boniato y Montañas de Guamuhaya en la Sierra de Caujerí (Hernández, 1989, Iturralde Vinent, 1991 y Magaz et al 1991 en Colectivo de autores, 1991, Lilienberg et al 1993. Castellanos, (2001). En los macizos montañosos son más activos y las afectaciones son más evidentes. No obstante aparecen reflejados deslizamientos en informes geológicos inéditos de la ENIA. En la temática de peligros y riesgos naturales no son abundantes los estudios que comprendan los procesos y las afectaciones de los mismos excepto en estudios de patologías de construcciones con un carácter local.

La investigación tiene como objetivo presentar los resultados de la evaluación de la susceptibilidad al peligro de los movimientos de remoción de masas de las construcciones del Municipio Plaza de la Revolución. En la misma se integra el análisis de estabilidad de laderas con el de las afectaciones a las construcciones, aunque no comprende una evaluación de los movimientos de laderas ni la patología de las construcciones de las edificaciones

En el territorio coexisten inmuebles de diferentes épocas constructivas y remodelaciones de antiguas viviendas unifamiliares convertidas en ciudadelas, escuelas u otras. En general su estado técnico es aceptable a pesar de las deficiencias en la política de conservación y mantenimientos y de estar expuestas a peligros hidrometeorológicos y geológicos. Se aprecian asentamientos diferenciales y grietas en elementos lineales verticales de construcciones cercanas a laderas inestables y taludes de terrazas y de antiguas canteras suavizados por rellenos.

El análisis de la estabilidad de las laderas y su pronóstico se aborda mediante la cartografía e inventario de los movimientos y el análisis de susceptibilidad de forma cualitativa con la cartografía de los factores condicionantes. Los resultados constituyen una regionalización de la susceptibilidad a estos peligros donde se proponen medidas de prevención y sugerencia a limitaciones de uso condicionadas a estudios geotécnicos.

Entre las consideraciones finales se corrobora la efectividad de la secuencia metodológica para evaluar las afectaciones a construcciones ancianas en el territorio provocadas por estos peligros. Además se corrobora que estos movimientos pueden ocurrir en las unidades geomorfológicas frágiles como las laderas y taludes de las llanuras en presencia de condiciones geológicas favorables y la inducción o reactivación de agentes externos como las precipitaciones intensas y acciones humanas. Se considera que entre los procesos que intervienen en las afectaciones de las viviendas se encuentran junto a las acciones humanas, los peligros hidrometeorológicos y otros procesos geológicos como la erosión y la carsificación

## MATERIALES Y MÉTODOS

Diferentes autores se adentran en los contenidos metodológicos de los análisis de susceptibilidad de peligros de remoción de masas como Ferrer, 1995, 2000, González de Vallejo, L.I, Ferrer, M, Ortuno, L. y Oteo, C, 2000, Ayala y Corominas, 2003 y Chacón, 2005. Entre los estudios de peligro y riesgos por estos eventos en Cuba se tienen las investigaciones a escala media de Febles y Rodríguez, (2005), Cuevas et al (2007) y Castellanos, 2009 para toda Cuba ó para diferentes regiones. Además se cuentan con estudios locales de la unidades de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas del Ministerio de la Construcción (ENIA) sobre lesiones y patologías en diferentes obras, la Facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico,

Guardado y Almaguer, 2001 y el CENAI. Se utilizaron el mapa geológico del Instituto de Geología y Paleontología, el mapa ingeniero geológico de Iturralde Vinent en Albear e Iturralde Vinent, 1985 y datos de informes de la ENIA.

En la investigación se parte de considerar los procesos de remoción de masas como resultante de la combinación de factores con similar peso y se retoman ideas del análisis de susceptibilidad, el mapa inventario y las unidades geomorfológicas homogéneas de Ferrer, 1995 y 2000, Ayala y Corominas, 2003 y Chacón, 2005 y otros, pero en el análisis se incorporan criterios personales en el contenido de los mapas y el mapa inventario. Se identifican los procesos mediante criterios geomorfológicos e investigaciones precedentes (Liner, 1975), (Pisof, 1984) y (Alfonso y Carballo, 1999) e índices indirectos y los mismos se presentan con límites aproximados.

En el análisis de la distribución de las afectaciones o lesiones a las construcciones, teniendo en cuenta que los movimientos son pequeños y sus efectos acumulativos, se prioriza la observación de construcciones ancianas (construcciones mayores de 50 años) ubicadas en zonas de peligro y en ellas los elementos lineales verticales transversales (muros exteriores y fachadas) ya que según Ayala en Ayala F.J y J Corominas, 2003 son los mas expuestos y por la posibilidad que brindan de ser observados sin molestar a los moradores. Además se le prestó atención a los pisos de portales, las aceras y calles cercanas y se utilizaron mapas del Informe del Proyecto Riesgos Naturales en Municipios de Ciudad de La Habana.

Se cartografiaban en el terreno las formas, los procesos y entre ellos los movimientos de laderas y las construcciones afectadas lo cual y se sintetizan en el mapa geomorfológico, el mapa inventario y en el mapa de unidades geomorfológicas homogéneas. Los mapas de los factores condicionantes son elaborados a partir de los mapas anteriores y mapas precedentes reelaborados. Se evalúan cualitativamente las inestabilidades de las laderas del territorio actuales y las zonas susceptibles. Se utiliza para el análisis y la cartografía digital una aplicación del software vectorial Mapinfo a partir del mapa inventario y reclasificaciones de los mapas ingeniero geológico, geomorfológico y el esquema hidrogeológico.

Para valorar los nexos existentes entre las lesiones y las inestabilidades de las laderas son utilizados el mapa de inventario, el mapa de susceptibilidad y el mapa de viviendas en mal estado. Como resultante de la superposición de los mismos se obtiene el Mapa de Afectaciones por Movimientos de Remoción de Masas donde se representan las construcciones agrietadas y las expuestas al peligro.

## RESULTADOS

En la investigación y sus mapas se sintetiza un gran número de información procedente de informes y mapas de diferentes instituciones como el Instituto de Geología y Paleontología (IGP), la ENIA), mapas del Informe del Proyecto Riesgos Naturales en Municipios de Ciudad de La Habana así como de los itinerarios efectuados.

### Factores condicionantes en el territorio a los movimientos de remoción en masa.

Se encuentran condicionados por las propiedades físicas y resistencia de las rocas, características morfológicas e hidrológicas, la altura e inclinación de las escarpas y taludes de las colinas y terrazas.

#### Litologías de rocas poco resistentes

- Formaciones carbonatado-terígenas asociadas a los movimientos en la parte central meridional y presencia de alineamientos tectónicos.
- Formaciones terrígenas en la parte meridional, que pueden favorecer la carsificación, los deslizamientos y derrumbes aunque no se han identificado movimientos en las mismas.
- Litologías carbonatadas agrietadas y carsificadas

Profundidad del nivel freático. Según informaciones de la ENIA a menos de 5-10 metros

Morfologías inestables

- Colinas con cimas estrechas y laderas abruptas y taludes meridionales perpendiculares a la yacencia de las rocas.
- Escarpes y taludes de terrazas y los taludes de depresiones cársticas y canteras.

Desniveles de las laderas de las colinas oscilan entre 6 y 20 metros.

Laderas Inestables

Superficies con gradientes entre 6 al 15% y colinas con gradientes entre 15 a 45%.

Escarpes rellenos para suavizar su gradiente.

Taludes de colinas de menor gradiente inestables como talud meridional de la Colina Príncipe con la protección del mismo destruida y árboles borrachos, lo cual indica actividad.

Como resultante de operaciones entre capa entre el mapa inventario y los mapas de los factores condicionantes se obtiene la susceptibilidad del territorio a estos movimientos (Ver fig.). En la misma aparecen los movimientos y cuatro categorías de susceptibilidad. Las categorías alta y media de color rojo se encuentran en la parte central meridional. El mapa representa además una regionalización de la peligrosidad con restricciones de uso principalmente condicionado a estudios geotécnicos. Se debe reiterar que estos procesos están interrelacionados a la erosión en las zonas más elevadas y a la carsificación en las partes menos elevadas.

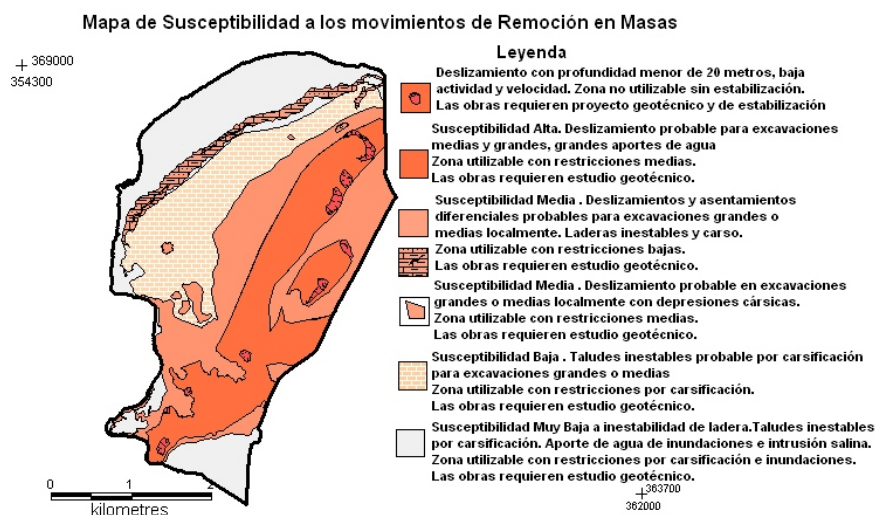


Figura 1.- Mapa de Susceptibilidad a los Movimientos de Remoción en Masas.

**Características de los movimientos de remoción en masas en el territorio.**

- Los movimientos se asocian a las formas geomorfológicas de mayor fragilidad como laderas, escarpes y taludes de colinas, terrazas, depresiones cársticas y canteras.
- Se relacionan con litologías carbonatadas terrígenas y terrígenas.
- Predominan los deslizamientos. La caída de bloques derrumbes y reptaciones están más restringidos a al suroeste de las Colina Príncipe y Almendares.
- Son reactivados con las precipitaciones intensas durante el paso de los huracanes tropicales.
- El agrietamiento, la carsificación y la erosión preparan los materiales de las laderas para su desplazamiento.

**Afectaciones por movimientos de remoción en masas**

En los recorridos efectuados por las zonas de peligro se encontraron grietas y asentamientos diferenciales en elementos exteriores de construcciones transversales a los escarpes y taludes.

Como se evidencia en la Fig. 4 la mayor parte de las afectaciones tienen lugar en las Colinas y sus laderas conformadas por un terreno inclinado (15 -45%) y en las Superficies denudativas aplanadas y onduladas, terreno moderadamente ondulado (6 al 15%). Entre los ejemplos se pueden citar las grietas verticales en el pabellón del SW del Hospital Calixto García, en viviendas ancianas de la Zona SW de la Colina Almendares, grietas curvas en la Escalera de acceso a Transtur, Escalinata de la Universidad y en el Memorial a Julio Antonio Mella así como grietas en edificaciones y en calles transversales a escarpes.

De lo que resulta que parte del medio ambiente construido se encuentra expuesto a estos peligros y a pesar de su pequeña actividad en su tiempo de exposición provocan asentamientos diferenciales y tensiones acumulativas. Las mismas generan grietas en elementos lineales de construcciones transversales a los movimientos y se evidencian mejor en las construcciones ancianas (de 50 años o más). En este sentido se destacan las edificaciones en zonas de peligro del reparto Kohly con escasas lesiones.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado la efectividad de la metodología aplicada basada en métodos geólogos geomorfológicos y geofísicos.

Se corrobora la ocurrencia de movimientos en laderas y taludes de llanuras ante determinados factores geológicos geomorfológicos e hidrogeológicos favorecedores inducidos o reactivados por las precipitaciones intensas y determinadas acciones humanas.

Entre los movimientos inventariados predominan los deslizamientos superficiales rotacionales, de poca intensidad y pequeños. Además se encuentran, caída de rocas y reptaciones en los taludes meridionales de las colinas Príncipe y Almendares y son reactivados por las intensas lluvias.

Parte del medio ambiente construido se encuentra expuesto a los movimientos de remoción de masas que aunque poco activos, en el tiempo de exposición provocan asentamientos diferenciales y tensiones acumulativas que a su vez generan grietas y pérdidas económicas por las reparaciones. Estas son más evidentes en elementos lineales transversales de construcciones ancianas.

Las afectaciones a las construcciones en el territorio están originadas por un conjunto de procesos; entre ellos los movimientos de remoción de masas relacionados con la erosión y el carso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albear F, Iturralde Vinent, M, (1985): Contribución a la Geología de las provincias de la Habana y Ciudad de la Habana Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba Editorial Científico Técnica pag (24 a 53) (136 a 143) 155 PP
- Alfonso H y Carballo, O, 1999: Estudio de Suelo .Microlocalización con Código 271/1784/98. Archivo Empresa Geocuba Geodesia Agencia Ciudad Habana. (Inédito)
- Almaguer Y y Guardado La Caba R, (2007): Evaluación de la Susceptibilidad por Deslizamientos en el Yacimiento PuntaGorda .Ponencia presentada en el evento Geociencias 2007 GEF4- P35 ISBN 976-959-7-117-16-2
- Arango, E., Fernández, B. del C, Reyes C., (2000): Peligro geológico de la ciudad de Santiago de Cuba y poblados aledaños CENAI. PNCT "Perfeccionamiento de las medidas de la Defensa Civil para la protección de la economía y la población" AMA CITMA (inédito)
- Ayala Carcedo F.J y J Corominas, (2003): Mapas de susceptibilidad a los movimientos de laderas con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España. pp (7-20). IGME 191 PP. Madrid 2003 ISBN 84-7840-466-X
- Castellanos, Abella, E Westen C, J. Van (2001) Landslide Hazard Assessment using the Heuristic Model. IV Taller Internacional de La Tierra y Medio Ambiente
- CONGRESO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA ISBN 959-7117-10-X
- Chacón, J (2005): Mapas de Zonas Inestables y Sistemas de Información Geográfica (SIG). VI Simposio



- Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables Valencia, 21-24 de Junio de 2005
- Colectivo de autores, 1991: Morfotectónica de Cuba Oriental Editorial Academia. 46 páginas
- Cuevas JL, M Fundora, B Polo, I Pedroso, B Gonzáles (2007): Riesgos geólogo geofísicos y tecnológicos inducidos por deslizamientos e inundaciones, lluvias y sismos en condiciones de montañas y valles colindantes: Guamuha. Cuba. Geociencias 2007 GEF 2-P9. ISBN 976-959-7-117-16-2
- Colectivo de autores, (2006): Estudio de Riesgos de la Ciudad de La Habana por fuertes vientos, inundaciones costeras por penetraciones del mar e inundaciones por intensas lluvias, AMA, Ciudad de La Habana, 35 pp.
- Febles D y Rodríguez, J (2005): Mapa de Susceptibilidad a los Deslizamientos de la República de Cuba Geociencias 2005 ISBN 959-7 -117-03-7
- Ferrer Gijón, M (1995) Los movimientos de Laderas en España en Reducción de Riesgos Geológicos en España. Editorial TIEASA GRAFICA MADRID ITGE Y REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES 202 páginas. PAG (69-82)
- González de Vallejo, L.I, Ferrer, M, Ortuno, L. y Oteo, C, 2000: Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid. 695 pp .ISBN:84-205-31104-9
- Guardado, R y Y Almaguer, (2001): Estudio de la Peligrosidad por Deslizamiento en La Mina del Yacimiento Punta Gorda, Empresa Ernesto Che Guevara de Moa. Departamento de Geología, Facultad de Geología y Minas, ISMM de Moa. GEOMIN 2001
- Hernández, JR, (1989). Geomorfología estructural del sistema montañoso de la Sierra Maestra y de las depresiones Graben adyacentes. La Habana, Edición Academia Instituto de Geografía. 41 pp
- Lilienberg D. A, L. R Hernández , M. E. Marques y J. L Álvarez, (1993). Movimientos tectónicos recientes en Cuba. Editorial Academia la Habana 453 páginas (Páginas 141-142)
- Linier, R, (1984): Informe geológico sobre estabilidad del talud del Hospital Calixto García (Inédito) Fondo de documentación de la ENIA.
- Pisof, J (1984): Informe Geológico sobre estabilidad del talud (inédito) Fondo de documentación de la ENIA.