

EVALUACIÓN DE RIESGOS POR DESLIZAMIENTO EN TALUDES Y LADERAS DEL SECTOR ESTE DEL MUNICIPIO MOA

Yexenia Viltres Milán, Reynier Pintón Castro, Rafael Guardado Lacaba

Instituto Superior Minero Metalúrgico, Las Coloradas s/n, Moa, Holguín, Cuba, E-mail: yvmilan@geologia.ismm.edu.cu.

RESUMEN

La existencia de deslizamientos en el Municipio Moa, generan situaciones de riesgo a las industrias, comunidades, las actividades socio-económicas y al medio ambiente. El presente trabajo "**Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa**", tiene como objetivo evaluar los niveles de riesgos por deslizamientos del territorio, diagnosticar los diferentes tipos de deslizamientos, determinando los factores causales y condicionantes, aplicar la metodología cubana de cartografiado de los riesgos por deslizamientos empleando los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), confeccionar el mapa de riesgos por deslizamiento, y determinar y evaluar los riesgos por deslizamiento del sector Este del municipio Moa. La metodología se dividió en cuatro fases: 1 Inventario de los deslizamientos en las laderas y taludes. 2, Evaluación la peligrosidad, 3, la vulnerabilidad y 4, riesgos por deslizamiento. Los Autores determinaron los factores causales y detonantes. Toda la información se procesó en formato digital; plataforma para la implementación de un Sistema de Información Geográfica. Como resultado se confeccionaron varios mapas temáticos que permitieron la obtención de la cartografía de peligrosidad la cual se realizó a partir del método criterios de expertos, y de vulnerabilidad por deslizamientos, hasta obtener el mapa de riesgos por deslizamiento del sector de estudio. Con estos resultados el Centro de Gestión para la Reducción del Riesgo en el municipio Moa cuenta con una herramienta clave, la que se incorporará a los planes de reducción de desastres para aquellas zonas y objetivos económicos que presenten el mayor riesgo, en los diferentes consejos populares.

ABSTRACT

The existence of landslides in the town of Moa generates landslide risks to the industries, communities, socio-economical activities and to the environment. The present investigation "**Evaluation of Landslide risks in slopes and cliffs of the eastern sector of the town of Moa**", has as its objective to evaluate the levels of landslide risks of the territory, diagnose the different types of landslides, determine the causing and conditioning factors, apply the Cuban methodology for cartography of landslide risks using Geographical Information Systems (G.I.S), create a landslide risk map and to determine and evaluate the landslide risks of the eastern sector of the town of Moa. The methodology was divided into four phases: 1 Inventory of landslides in the slopes and cliffs, 2 hazard evaluations, 3 vulnerability evaluations and 4 evaluations of landslide risks. The authors determined the causing and detonating factors of landslides. All the information was processed in digital format, the platform used for the implementation of a G.I.S. As a result various thematic maps were created from which a hazard map was obtained using the criteria method of experts, and a map of the vulnerability of landslides, the product of the two gave the resulting landslide risk map of the area of study. These results serve as an important tool to the Center of Management for the Reduction of Risks in the town of Moa and will be used in their disaster reduction plans for these zones and economic objects that present the most risks in the different suburbs.

INTRODUCCIÓN

El municipio Moa se ha convertido desde el punto de vista del desarrollo minero-metalúrgico, en la región de mayor importancia económica- social del país. Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb, E., 1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por



deslizamientos son evitables, si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control.

En Cuba, no existe un registro de deslizamientos del terreno como desastre natural, aunque un informe presentado por EMNDC (Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil), en el 2002 reporta que existen 45,000 personas como población vulnerable por deslizamientos del terreno (Batista, Y., 2009). En nuestro país las zonas montañosas son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos, esto se debe a los siguientes elementos fundamentales: como son el relieve, las lluvias intensas, las condiciones ingeniero-geológicas, la sismicidad y la acción antrópica.

Planteamiento del problema:

Para determinar el riesgo por deslizamientos, se requiere identificar aquellas áreas que poseen potencialidades de surgimiento y desarrollo de estos fenómenos geológicos. El Sector Este del municipio Moa, no queda exento de los peligros y riesgos asociados a movimientos de masas en sus taludes y laderas. Los autores, ante las situaciones de riesgos geológicos, socio-económicos y ambientales que se generan, han tomado esto como el **problema fundamental**.

Objeto de estudio: Las laderas y taludes generadoras de deslizamientos, donde la ocurrencia de estos eventos se manifiesta en amplias zonas de la región y afectan diversos sectores municipio.

Objetivo General: Evaluar los niveles de riesgos por deslizamiento en el sector Este del municipio Moa.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar los diferentes tipos de deslizamientos, determinando los factores causales y condicionantes.
- Aplicar la metodología cubana de cartografiado de los riesgos por deslizamiento empleando los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.).
- Confeccionar el mapa de riesgos por deslizamiento del sector Este del municipio Moa. Determinar y evaluar los riesgos por deslizamiento del área en estudio.

Hipótesis: Si se evalúan las condiciones ingeniero-geológicas del terreno, y se aplican los S.I.G. apropiados para el análisis del surgimiento y desarrollo de los movimientos de masas en las laderas y taludes como premisas a la susceptibilidad del peligro, la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, podemos obtener el mapa de riesgos por deslizamiento para el sector Este del Municipio Moa, lo que permitirá la mejor toma de decisiones por las autoridades competentes.

Novedad Científica: La cartografía de riesgos por deslizamiento, aplicando un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) por primera vez para el Sector Este del municipio de Moa, escala 1: 100 000, empleando la guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno a nivel municipal (Versión 3 – Abril 2009).

Fundamentación teórica de la investigación:

Se establece la fundamentación teórica de la investigación, basada en las consultas bibliográficas relacionadas con la temática tratada.

Deslizamientos:

Sharpe en 1938 definió los deslizamientos como la caída perceptible o movimiento descendente



de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas. Según Lomtadze (1977), es una masa de roca que se ha deslizado o desliza cuesta abajo por la ladera o talud al efecto de la fuerza de gravedad, presión hidrodinámica, fuerzas sísmicas, etc. Crozier (1986), define un deslizamiento como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte. A pesar que el término deslizamiento, se utiliza para movimientos de ladera que se producen a lo largo de una superficie de rotura bien definida, en la presente investigación se utiliza de forma genérica para cualquier tipo de rotura.

Conceptos y definiciones de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo:

Los procesos geodinámicos que afectan la superficie del terreno tienen diferentes magnitudes, intensidad, mecanismos, dinámica, que pueden constituir un riesgo geológico al afectar de forma directa o indirecta la actividad humana. La ingeniería geológica, como ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas producidos por la interacción entre el medio geológico y la actividad humana, tiene una de sus principales aplicaciones en la evaluación, prevención, mitigación y gestión de los riesgos geológicos, es decir, de los daños ocasionados por los procesos geodinámicos.

Los daños asociados a los procesos de deslizamientos dependen de:

- La velocidad, magnitud y extensión del deslizamientos, el cual puede ocurrir de forma violenta y catastrófica (grandes deslizamientos) o lentas (flujos y otros movimientos de laderas).
- La posibilidad de prevención, predicción y el tiempo de aviso; los deslizamientos en el territorio de Moa requieren de un proceso de prevención que permita en un corto tiempo alertar a las autoridades de su posibilidad de ocurrencia.
- La posibilidad de actuar sobre el proceso y controlarlo o de proteger los elementos expuestos a sus efectos.

Para evitar o reducir los riesgos geológicos por deslizamiento en el territorio de Moa es necesario la evaluación de la peligrosidad, vulnerabilidad y del riesgo de manera tal que podamos incorporarlo a la planificación y ocupación de territorio.

La peligrosidad se refiere al proceso geológico, el riesgo a las pérdidas y la vulnerabilidad a los daños. A continuación se definen los conceptos según su uso más extendido.

Peligrosidad (P): es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente perjudicial dentro de un período de tiempo determinado y en un área específica.

Vulnerabilidad (V): es el grado de pérdida provocado por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada sobre un elemento o conjunto de elementos.

Riesgo específico (Rs): es el grado de pérdida esperado debido a un fenómeno natural y se expresa como el producto de $P * V$.

Los elementos bajo riesgo (E): son la población, las propiedades, etc.

Riesgo total (Rt): corresponde al número de vidas perdidas, daños a la propiedad y a las personas, etc. debidas a un fenómeno natural concreto. El riesgo total se define como el producto del riesgo específico y de los elementos bajo riesgo como se observa en la siguiente expresión:

$$R_t = E * R_s = E * (P * V)$$

El primer paso en la evaluación del riesgo consiste en la estimación de la peligrosidad a roturas de laderas y ésta, a su vez, se evalúa determinando los siguientes aspectos (Varnes, 1984;

Corominas, 1987; Hartlén y Viberg, 1988):

1. Evaluar la susceptibilidad de la ladera a las roturas por deslizamientos
2. Determinar el comportamiento del deslizamiento (movilidad y dimensiones del mismo)
3. Establecer la potencialidad del fenómeno (probabilidad de ocurrencia).

El término *susceptibilidad* hace referencia a la predisposición del terreno a la ocurrencia de deslizamientos y no implica el aspecto temporal del fenómeno (Santacana, 2001).

Métodos de estimación de la peligrosidad por deslizamientos:

Existen cuatro procedimientos utilizados en la evaluación y confección de mapas de peligrosidad del terreno: métodos determinísticos, heurísticos, probabilísticos y métodos geomorfológicos. En la presente investigación se utilizaron los métodos heurísticos.

Los *métodos heurísticos* se basan en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995). El principal inconveniente radica en que en la mayor parte de los casos, el conocimiento disponible entre los factores ambientales que pueden causar inestabilidad y los deslizamientos es inadecuado y subjetivo, dependiendo de la experiencia del experto. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Bosi, 1984; Stevenson, 1997). Estos métodos permiten la regionalización o estudio a escala regional y son adecuados para aplicaciones en el campo de los sistemas expertos (Carrara et al., 1995). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores.

Ubicación geográfica

Esta investigación se realizó en el sector Este del Municipio Moa, Provincia de Holguín. El área se seleccionó a partir de los Consejos Populares del Este del municipio Moa (La Melba, Punta Gorda, Rolo-Veguita y Yamanigüey). Limita al Este con el municipio Baracoa, separados por los ríos Jiguaní y Jaguaní; al Sur con el municipio de Yateras, cuya frontera la establece el origen del río Toa; al Oeste el río Arroyón y parte del curso del río Moa que limita los Consejos Populares del Oeste del municipio Moa (26 de Junio, Joselillo-Los Mangos y Farallones); y al Norte con el Océano Atlántico. El municipio posee una franja costera de unos 40 Km, que se extiende desde Playa La Vaca hasta la desembocadura del río Jiguaní. Próximos a la costa se encuentran Cayo Moa Grande, Cayo Chiquito y Cayo del Medio en la Bahía de Yamanigüey. El sector de estudio tiene un área de 436,27 kilómetros cuadrados (Km²), forma parte del grupo montañoso Sagua-Moa-Baracoa, (Figura 1).

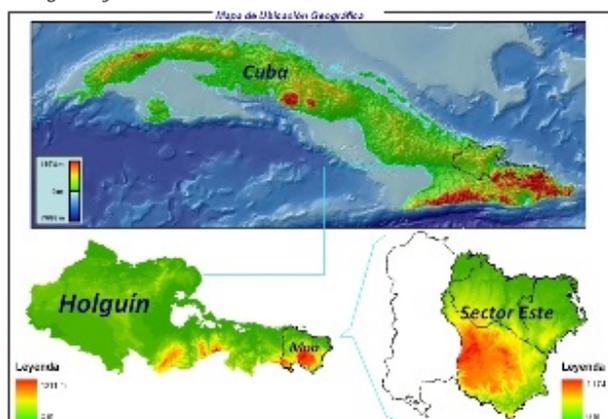


Figura 1.- Mapa de ubicación geográfica del sector Este del municipio Moa. Escala 1: 100 000.

Volumen de los trabajos realizados

Etapas de trabajo:

Búsqueda bibliográfica:

Una vez determinada el área de estudio y el sector específico de la investigación se ejecutó la búsqueda, selección y revisión bibliográfica. Para realizar la revisión bibliográfica referente al tema y a la cartografía existente, se consultó en el centro de información del I.S.M.M. los artículos científicos, trabajos de diplomas, tesis de maestrías y doctorales, revistas, libros y otros documentos relacionados con la temática abordada en la investigación. Además, se consultaron los trabajos que precedieron a esta investigación, la búsqueda en sitios web especializados, lo que contribuyó al enriquecimiento de la información con datos actualizados y confiables.

Los autores visitaron las Instituciones Gubernamentales del Municipio como: Planificación Física, CITMA, Poder Popular, el Fondo Geológico del Departamento de Geología del I.S.M.M. y otros. Donde se recopilaron varios mapas que sirven de base al desarrollo de las etapas posteriores de la investigación.

Análisis de la información:

Con el objetivo de identificar aquellas zonas que puedan presentar movimientos de masas, la autora se apoyó en trabajos precedentes realizados dentro del sector en estudio y observación del Modelo Digital del Terreno (M.D.T.). Además, se ejecutó un análisis de los mapas topográficos del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (I.C.G.C.) de 1985 a escala 1: 25 000, y fotos aéreas del municipio Moa realizadas por la Empresa GEOCUBA, La Habana, el 25-7-2007, con 8 líneas de vuelo.

Para la interpretación cartográfica y fotogeológica se asumieron los siguientes criterios de reconocimiento:

Interpretación cartográfica:

1. La presencia de escarpes (líneas de nivel muy cercanas), cambios en la dirección y la presencia de esquemas no - simétricos de estas depresiones.
2. Formas topográficas onduladas en forma de concha, semicirculares donde la longitud y el ancho varían según el mecanismo de desplazamiento de la roca.
3. Líneas discontinuas o cambios de dirección brusca de vías, de canales o cuerpos de agua.

4. Presencia de (Bosques borrachos).

Interpretación fotogeológica:

1. Laderas de altas pendientes con depósitos extensos de suelos y rocas en los pies de las mismas.
2. Presencia de líneas nítidas relacionadas con escarpes.
3. Superficies onduladas formadas por el deslizamiento de las masas de suelo desde los escarpes.
4. Depresiones elongadas.
5. Acumulación de detritos en canales de drenajes y valles.
6. Presencia de tonos claros donde la vegetación y el drenaje no han sido restablecidos.
7. Cambios bruscos de tonos claros a oscuros (tonos oscuros indican zonas húmedas).
8. Cambios bruscos de la vegetación, indicando variaciones en una unidad de terreno.

Como resultado del análisis de la información, se seleccionaron las áreas con probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Además, se planificaron los trabajos de campo, para corroborar la información obtenida durante este período.

Trabajos de campo:

Se realizaron marchas de reconocimiento en el Sector con el objetivo de corroborar las ubicaciones de los deslizamientos y determinar las características de los mismos. Para facilitar la documentación de los movimientos de masas durante los trabajos de campo, se utilizó la planilla de inventario de deslizamientos de terreno para la República de Cuba, en la cual se incluye:

1. Localización, 2. Clasificación, 3. Daños ocasionados y 4. Otros datos de interés. Como resultado se localizaron 88 movimientos de masas, que serán representados en un mapa de inventario para el Sector Este del Municipio Moa.

Trabajos de gabinete:

En esta etapa se implementó el S.I.G., para dar cumplimiento a la metodología propuesta para la evaluación del riesgo por deslizamiento, luego se interpretaron los resultados obtenidos, lo que dio paso a la confección de un plan de medidas para la gestión del riesgo por la influencia de estos fenómenos, lo cual será una herramienta para la toma de decisiones por los directivos de la Defensa Civil y el Gobierno.

Metodología de la evaluación de riesgos por deslizamiento

Implementación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G.):

Estructura del proyecto:

Con la utilización del S.I.G en la presente investigación, toda la información se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos como vistas, tablas, diagramas o gráficos, y presentaciones.

Valoración de los mapas de factores:

Con el análisis de la información obtenida de los trabajos precedentes, la interpretación de cartas topográficas, fotos aéreas y reconocimiento de campo, se demostró que en el área de estudio



los deslizamientos están distribuidos mayoritariamente en zonas montañosas de altas pendientes, áreas mineras y donde las lluvias son intensas, esto nos hizo realizar un estudio cualitativo basado en los indicadores de peligro utilizando criterio de expertos y no un estudio probabilístico condicional. De esta forma se trabajó sobre una escala probabilística de 0 a 1, donde el cero representa inexistencia de peligrosidad y vulnerabilidad nula, y el 1, condiciones extremas de inestabilidad o pérdida total de los elementos en riesgo.

Una vez valoradas todas clases de los indicadores analizados, se procedió a la conversión en formato ráster con tamaño de celda de 100x100 m, y la posterior reclasificación de cada mapa temático. De esta forma se determinaron las clases de peligrosidad de cada factor para la obtención del mapa final de peligrosidad frente a deslizamientos.

Análisis de las condiciones de vulnerabilidad:

Mapa de elementos en riesgo:

El mapa de elementos en riesgos se confeccionó teniendo en cuenta los indicadores de vulnerabilidad (social, física, económica y ecológica). Dentro de estos indicadores se encontraban fundamentalmente: asentamientos poblacionales, carreteras, empresas, presas de colas, embalses, minas, cultivos, áreas protegidas y vegetación natural.

La mayor concentración de estos elementos se aprecia en la parte norte del área donde se ubica la cabecera municipal, con una alineación este a oeste fundamentalmente. Los asentamientos poblacionales están distribuidos de forma desigual en mayor o menor medida y en ocasiones forman áreas considerables, como es el caso de los Consejos Populares Rolo-Veguita y Punta Gorda. El análisis del proceso de inventario permitió identificar las principales afectaciones provocadas por los deslizamientos. En este caso, ninguna vivienda o construcción no residencial, pero si se afectaron considerablemente los viales y áreas mineras, aspectos que se discutirán en el próximo capítulo en el estudio de la vulnerabilidad del sector estudiado.

Análisis de riesgos por deslizamiento:

Como se explicó anteriormente, el riesgo no es más que el grado de pérdida esperado debido a un fenómeno natural y se expresa como el producto del peligro por la vulnerabilidad ($P * V$). Mediante la utilización del S.I.G. se combinaron los indicadores de peligrosidad y vulnerabilidad con el objetivo de generar un mapa en el que quede representado el riesgo por deslizamientos. Todo el procedimiento metodológico empleado en la investigación para la obtención final del Mapa de Riesgos por Deslizamiento del Sector Este del municipio Moa, queda reflejado en la figura 2.



Figura 2.- Metodología de Evaluación de Riesgos por Deslizamiento en el Sector Este del municipio Moa.

Evaluación de los riesgos por deslizamiento en el sector este del municipio Moa

Características de los deslizamientos del Sector Este del municipio Moa:

Para determinar las particularidades de los movimientos de masas, los autores se basaron en las etapas de análisis de la información y trabajos de campo, se consultaron también personas expertas en la temática. Se ubicaron 88 deslizamientos en taludes y laderas, representados en el mapa de inventario (Anexo IV). De acuerdo al tamaño del Sector Este del municipio Moa (436,27 Km²) y la escala del trabajo (1: 100 000), se decidió hacer una caracterización general de estos fenómenos.

Descripción de los movimientos y las tipologías:

Los movimientos de masas en laderas y taludes son fenómenos asociados al mecanismo de rotura y al tipo de desplazamiento de los volúmenes de materiales o de sus partes móviles unidas entre sí, que componen el cuerpo del deslizamiento. El conocimiento del mecanismo de rotura, permite entender la física del proceso y elegir las medidas ingenieriles que permitan debilitar los esfuerzos de dislocación y aumentar la resistencia al corte en taludes y laderas.

Para realizar la descripción de los movimientos y las definiciones de los distintos mecanismos y tipologías, se ha tomado como base los trabajos y las clasificaciones propuestas por Varnes (1978), Lomtatze (1977), y Cruden y Varnes (1996). En el Anexo V se muestra la caracterización ingeniero-geológica de las tipologías y mecanismos de los deslizamientos que tienen lugar en el sector Este del municipio de Moa.

Caracterización del mapa de peligrosidad total:

El mapa de peligrosidad por desarrollo de deslizamientos en el Sector Este del municipio Moa, se obtuvo a partir de la integración de los mapas de peligrosidad de cada factor condicionante y desencadenante analizado (mapa litológico, mapa de ángulo de la pendiente, mapa dirección de laderas, mapa de uso de suelos, mapas de influencia de la red fluvial y red vial, mapa de distancia a fallas y mapa pluviométrico), utilizando el S.I.G., (Anexo I). El mapa posee un alto valor práctico desde el punto de vista geoambiental, porque delimita las áreas en las que

puede existir la mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.

Se establecen niveles de peligrosidad a partir del peso asignado a cada factor. Las zonas con peligrosidad de moderada hasta muy alta se localizan hacia el noroeste y suroeste fundamentalmente, aunque se observan además en la parte central y al este del área. Las zonas con peligrosidad alta y muy alta se relacionan generalmente con rocas ultrabásicas serpentinizadas y gabros, ambas con alto grado de agrietamiento e intemperismo; estas zonas se localizan en laderas de altas pendientes y donde se tienen los mayores valores pluviométricos reportados; además, se relacionan con zonas de fallas, nudos tectónicos o cercanos a causas de ríos.

El uso de suelo es también determinante, pues el manejo minero-productivo genera la aceleración de los agentes exógenos, condicionan los procesos erosivos, y en ocasiones, provocan deslizamientos o inestabilidades de taludes y laderas. Otra de las condicionantes son las intensas lluvias que se manifiestan en el territorio, donde las precipitaciones medias anuales sobrepasan los 1000 mm. Esto genera un aumento, en un corto tiempo, del peso del suelo y de las presiones neutras o de poros, disminuyendo la cohesión y fricción interna de las rocas arcillosas y areno-arcillosas. La tabla I muestra la caracterización del mapa de peligrosidad en cuanto al porcentaje de área que ocupa.

Tabla I.- Caracterización del mapa de peligrosidad total frente a deslizamientos del sector Este del municipio Moa.

Clases de Peligrosidad	Descripción	Por ciento del área total
Muy Baja	La peligrosidad es muy baja, es poco probable la ocurrencia de deslizamientos aunque pueden originarse pequeños movimientos fundamentalmente en las laderas de las márgenes de los ríos.	7,38
Baja	Bajo grado de peligrosidad por deslizamientos. Se pueden manifestar algunos movimientos de pequeñas dimensiones.	16,2
Moderada	Grado medio de peligrosidad. De acuerdo a la distribución en el mapa de estas zonas se pueden manifestar movimientos de medianas dimensiones provocados por inestabilidad en el macizo rocoso. Son comunes los pequeños desprendimientos.	28,81
Alta	Peligrosidad alta. El terreno es susceptible a los deslizamientos y a los procesos erosivos intensos. La combinación de indicadores como el uso de suelo, la geología, la pendiente, la hidrografía y la tectónica influyen directamente en las inestabilidades. En estas áreas las lluvias son intensas y este es otro indicador detonante. Los movimientos son de grandes dimensiones y en muchos casos obstruyen las vías de comunicación.	34,96
Muy Alta	Peligrosidad total. Se pueden generar deslizamientos debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas, actividad antrópica e intensas lluvias. No se deben ubicar instalaciones, carreteras y viviendas en estas	12,65



	áreas, porque estarán expuestas a los movimientos.	
--	--	--

Caracterización del mapa de vulnerabilidad total:

El concepto vulnerabilidad es uno de los más tratados en la actualidad, según Varnes (1984) *no es más que el grado de pérdida provocado por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada sobre un elemento o conjunto de elementos*. Actualmente se trabajan y estudian varios tipos de vulnerabilidad de acuerdo al objetivo que persiga la investigación, por ejemplo; la vulnerabilidad estructural que está referida específicamente a las construcciones y su estado técnico, la vulnerabilidad funcional que no es más que los niveles de respuesta de ciertos servicios vitales como la salud, los servicios básicos (agua, energía etc.), la vulnerabilidad económica, dada por elementos en riesgo como plantaciones, industrias, las actividades mineras y agropecuarias, entre otras, y la social, que está dada por las insuficiente calidad de vida de los pobladores y por consiguiente su desconocimiento con respecto a los niveles de riesgo al que están expuestos.

El mapa de vulnerabilidad por deslizamientos para el sector Este del municipio de Moa se realizó a partir del mapa de elementos en riesgos, el mismo se dividió en 5 clases para una mejor interpretación como se muestra en tabla II. Según nos muestra el anexo II los mayores índices de vulnerabilidad se encuentran hacia la parte sur-sureste, y de forma aislada hacia el noreste y al noroeste del municipio, y corresponde al (7,88%) del área total, afectando sectores de los consejos populares La Melba hacia el este y sur, Yamanigüey al suroeste, noroeste, sureste y una pequeña porción del oeste del consejo popular Punta Gorda y el noreste de Rolo-Veguita. En el mapa la vulnerabilidad alta tiene un 9,29% del total, y se semeja con las ubicaciones anteriores descritas, correspondiente a la vulnerabilidad muy alta. El mayor por ciento del área total es 35,02% y es de vulnerabilidad moderada, esta se ubica mayoritariamente al sur del sector de estudio, en el consejo popular La Melba y de forma aislada afecta algunas partes de los demás consejos populares. La vulnerabilidad baja ocupa un 30,78% y se encuentra distribuida hacia el norte del área. Por último la vulnerabilidad muy baja, representa un 17,04% del total y se localiza en los consejos populares de Yamanigüey, Punta Gorda y en una pequeña parte del noroeste de La Melba.

Tabla II.-
 mapa de vulnerabilidad
 deslizamientos del
 municipio Moa.

Clases de Vulnerabilidad	Por ciento área total
Muy baja	17,04
Baja	30,78
Moderada	35,02
Alta	9,29
Muy Alta	7,88

Caracterización de
 total Este
 sector del

Caracterización del mapa de riesgos:

El riesgo se define como un peligro latente asociado con un fenómeno de origen natural o tecnológico, que puede ocurrir en un área en específico y en un momento dado, que produce efectos adversos en las personas, propiedades y/o el ambiente, matemáticamente expresado como la



probabilidad de ocurrencia de un desastre en determinado lugar, de cierta intensidad y un cierto período.

El mapa de riesgos representa el proceso de integración por superposición de los mapas de factores y el mapa de vulnerabilidad (Anexo III). Obtenido a partir del producto del mapa de peligrosidad con el mapa de vulnerabilidad, indicando el estado de riesgo presente en el área de estudio. El mapa de riesgos por deslizamiento para el Sector Este del municipio de Moa se divide en 5 clases de riesgo (muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo) de acuerdo a estas clases, las zonas de muy alto riesgo ocupan un 2,62% del área total y se corresponden con el noroeste y sureste del consejo popular Punta Gorda, coincidiendo con la mina de la Empresa Ernesto Che Guevara; al sur y al este del consejo popular de La Melba, en una línea alargada y estrecha correspondiente a la carretera que conduce al poblado de La Melba. La carretera hacia el poblado La Melba corta laderas de altas pendientes formando taludes muy abruptos, y por consiguiente, conjuntamente con las lluvias de la zona que son frecuentes e intensas, provocan los deslizamientos. El riesgo alto ocupa el 16,0% del área total y está representado fundamentalmente en el consejo popular La Melba hacia el sur, parte central y al este respectivamente, también en el consejo popular Rolo-Veguita hacia la parte norte, representado por la presa de cola de la E.C. Che Guevara. El riesgo moderado ocupa un 31,07% del área total y está representado, casi en su totalidad por el consejo popular La Melba y se corresponde con el parque natural Alejandro de Humboldt, además hacia el suroeste en el consejo popular Rolo-Veguita. La clase de riesgo bajo ocupa un 33,22% del área total, principalmente en el consejo popular Punta Gorda. La clase muy baja predomina en el consejo popular Yamanigüey hacia el sur, oeste y noreste. La tabla III muestra la caracterización del mapa de riesgo en cuanto al porcentaje de área que ocupa.

El mapa tiene una gran aplicación práctica, fundamentalmente para los gestores de la defensa civil, el gobierno municipal y la oficina de planificación física. Mediante su interpretación y uso adecuado, es posible prever, durante las épocas de lluvias intensas cuales son los sitios que se pueden manifestar desastres por desarrollo de deslizamientos, y establecer planes de prevención, para hacer uso racional de los recursos materiales y financieros. Además, se pueden programar actividades de educación ambiental sobre los riesgos por movimientos de masas y sobre las medidas a tomar antes, durante y después de ocurrir un fenómeno de este tipo.

Tabla III.- Caracterización de mapa de riesgos por deslizamiento del sector Este del municipio Moa.

Clases de Riesgo	Por ciento área total
Muy bajo	17,09
Bajo	33,22
Moderado	31,07
Alto	16
Muy Alto	2,62

Propuesta del plan de medidas para prevenir o mitigar los riesgos por deslizamiento:

Los deslizamientos pueden ser previstos, o sea, se puede conocer previamente, donde, en qué condiciones van a ocurrir y cuál será su magnitud. En tal caso se utiliza principalmente el monitoreo de lluvias.

La mitigación consiste en moderar o disminuir las pérdidas y daños mediante el control del proceso, en los casos que sea posible, y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad.

Las medidas que pueden tomarse ante los movimientos de masas pueden dividirse en dos tipos, de acuerdo a los materiales y las distintas vías de procedimientos que se utilicen para mitigarlos.

Medidas no Estructurales:

Las acciones no estructurales, son aquellas donde se aplica una serie de medidas relacionadas a las políticas urbanas, planeamiento urbano, legislación, planes de defensa civil y educación, fundamentalmente. Son consideradas tecnologías blandas, normalmente tienen costos mucho más bajos que las estructurales, (tecnologías duras; obras de contención), presentando resultados muy buenos, principalmente en la prevención de desastres. Se trata, entonces, de medidas sin la construcción de obras ingenieriles.

1. Sistemas de Prevención y Gestión de Riesgos (Defensa Civil)

El hecho de que los deslizamientos sean pasibles de previsión, permite preparar Sistemas de Prevención y Gestión de Riesgos (Defensa Civil). Estos planes están basados en el monitoreo de las lluvias, en las previsiones de la meteorología y en los trabajos de campo para la verificación de las condiciones de las vertientes. Para el montaje de estos planes, deben hacerse levantamiento de áreas de riesgos por deslizamiento, capacitación de los equipos locales para realizar visitas a las áreas durante todo el período de las lluvias. También se debe tener en cuenta la sistemática actualización y evaluación de los planes ordenamiento territorial teniendo en cuenta las zonas de riesgos con el objetivo de disminuir el impacto socioeconómico y ambiental. Priorizando las viviendas de mayor riesgo.

Responsables: Sectores del gobierno municipal; Defensa Civil; Cuerpo de bomberos; Universidades o Centros de Investigaciones.

2. Investigaciones

Estudio de los fenómenos, sus causas, localización espacial, análisis de casos del pasado y posibles consecuencias. Uno de los productos es el Mapa de Peligros o Amenazas donde es determinado el nivel de exposición al deslizamiento, tomando en cuenta, por ejemplo, frecuencia e intensidades de las lluvias. El Mapa de Vulnerabilidad es el instrumento donde se estudia el nivel de daños a la que la ocupación está sujeta. El Mapa de Riesgo es un producto de Mapa de Peligro y del Mapa de Vulnerabilidad, teniendo como resultado la probabilidad de que ocurra un deslizamiento y la magnitud de las pérdidas materiales y vidas humanas. Las investigaciones deben incluir bases para los Sistemas de Prevención y Gestión de Riesgos (Defensa Civil). Los estudios sobre soluciones de ingeniería, materiales más adecuados, soluciones no estructurales, también deben ser hechos. Por otra parte es preciso realizar las siguientes acciones:

➤ *Evaluaciones críticas y detalladas del sector realizadas por personal especializado.* Comprende inspecciones técnicas y evaluaciones por parte de los expertos. Se requiere en sectores tales como el suministro de agua, energía eléctrica y otros sistemas de "recursos vitales". Una evaluación crítica del sector puede recopilarse de los informes del personal especializado en estos sistemas o de las visitas realizadas por equipos especializados.

➤ *Entrevistas con informadores claves.* En gobiernos y dentro de grupos particulares de personas afectadas: funcionarios locales, jefes de comunidades locales.

Responsables: Sectores del gobierno municipal; Instituto de Planificación Física a nivel municipal, Centros de Gestión de riesgo en los municipios, vivienda, CITMA, universidades y Centro de Investigaciones.

3. Educación y Capacitación

La existencia de un sistema educativo eficaz que genere y difunda una cultura de prevención es el mejor instrumento para reducir los desastres. Ese sistema debe abarcar todos los niveles de

enseñanza, con la introducción de conocimientos y experiencias locales con soluciones pragmáticas y que puedan ser puestas en práctica por la propia población. Algunas de las acciones que se pueden ejecutar son por ejemplo:

- Incluir en el programa de educación ambiental, acciones relacionadas con el tema de vulnerabilidad y riesgos.
- Capacitar sectores que realizan labores en la montaña así como otros que diseñan o ejecutan obras en estas áreas.
- Difusión de los sistemas para la población por medio de charlas (conferencias), folletos, cartillas.
- Realización de simulacros (ensayos) de evacuación de áreas.
- Capacitación a los responsables, en estas temáticas en áreas que se encuentran bajo riesgos por deslizamiento.
- Elaborar proyectos para presentar al PDHL (Programa de Desarrollo Humano Local) enfocados en estas temáticas.
- Establecer en las áreas de riesgo indicadores con materiales rústicos que permitan monitorear los movimientos de laderas.

Responsables: Consejos populares, sectores del gobierno municipal; Defensa Civil, MINED, Promotores ambientales, Centros de gestión de riesgos, universidades y Centros de investigaciones.

4. Señalización

La señalización oportuna de aquellos lugares con peligro de ocurrencia de deslizamientos no deja de ser una medida de gran utilidad. Con esta se evitaría el paso innecesario de personas o vehículos por estas áreas o en el caso de ser obligatoria, entonces hacerlo con precaución.

Responsables: Consejos populares, comunales, vialidad, gobiernos municipales.

Medidas Estructurales:

Las acciones estructurales son aquellas donde se aplican soluciones de ingeniería construyendo muros, sistemas de drenaje, reubicación de viviendas, etc., es aquello que algunos llaman “tecnología dura”. Sin duda esas acciones normalmente son muy costosas, sobre todo si es necesario contener deslizamientos de grandes magnitudes.

1. Obras

Estas obras incluyen los retaludamientos y rellenos, las obras con estructuras de contención y de protección (además de el sistema de drenaje que, por su importancia, será tratado de forma separada). Los retaludamientos están representados por cortes de taludes y rellenos compactados. Las obras de contención incluyen los muros de gravedad (muros de piedras secas, de piedras argamasadas, de gavión, de concreto armado) cuyas dimensiones hace suponer que el propio peso de la estructura soportará los esfuerzos del macizo que necesita ser estabilizado.

Las obras de protección contra masas movilizadas incluyen las barreras vegetales y las barreras de piedra. Cada problema necesita ser evaluado para determinar cuál es la obra más eficaz, principalmente en relación a los costos puestos en juego. Todas estas obras requieren de acompañamiento técnico especializado.

- *Retaludamientos*



Entre las obras de estabilización de taludes los retaludamientos son las más utilizadas, debido a su simplicidad y eficacia. Para cualquier tipo de suelo o roca, en cualquier condición de ocurrencia y bajo la acción de cualquier esfuerzo siempre existirá una condición geométrica de talud que ofrecerá estabilidad al macizo. Este tipo de obra se aplicará para áreas pequeñas, en caso de que las áreas sean grandes se recurrirá a las obras de contención o a las de drenaje.

En realidad un retaludamiento es un proceso de movimiento de tierra, a través del cual se alteran, por cortes, los taludes originalmente existentes en un área determinada.

➤ *Obras de Contención*

Entre los procesos de estabilización de taludes más difundidos y que más se han desarrollado, están los métodos que utilizan obras de contención para estabilizar taludes. Se entiende por obras de contención, todas aquellas estructuras que una vez implantadas en un talud ofrecen resistencia al movimiento de su ruptura y además refuerzan una parte del macizo de modo que esta parte pueda resistir a los esfuerzos tendentes a la inestabilidad del mismo.

➤ *Muros de Piedra*

Consiste en piedras colocadas manualmente, siendo que su resistencia resulta únicamente del imbricado de esas piedras. Este tipo de muro necesita de bloques de dimensiones regulares para su estabilidad lo que acarrea disminución del roce entre las piedras. Se recomienda su uso para la contención de taludes de pequeña altura (aproximadamente uno y medio metros). Presenta las siguientes ventajas: facilidad de construcción (pues no requiere mano de obra especializada), bajo costo y capacidad autodrenante, evitando así la acción de presiones neutras contra el muro. (Figura 3.8 A).

➤ *Muros de Piedra Argamasada*

Obra semejante a un muro de piedra seca, siendo que los vacíos son rellenados con argamasa de cemento y arena. Un arreglo de piedras de dimensiones variadas, así como su unión, confiere mayor rigidez al muro, posibilitando su uso en la contención de taludes con alturas hasta de tres metros. Debido a su relativa impermeabilidad debe implantarse drenaje.

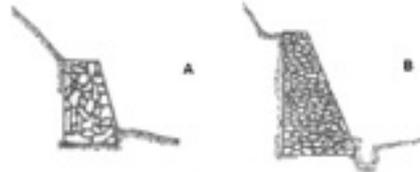


Figura 3.8.- Muros de Gravedad. A) De piedra seca y B) De piedra argamasada.

➤ *Muros de Concreto*

Tipo de estructura constituida de concreto y agregados de grandes dimensiones, su ejecución consiste en un procedimiento con concreto y bloques de roca de dimensiones variadas. Puede ser usado en la contención de taludes con alturas superiores a tres metros. (Figura 3.9)



Figura 3.9.- Muros de Gravedad de Concreto

➤ *Muros de Gaviones*

Los muros de gaviones son muros flexibles que consisten en rellenos de fragmentos rocosos o escollera contenidos en una malla de acero, trabajan por gravedad y pueden ser construidos con



escalonamiento hacia el exterior o el interior del talud (figura 3.10 A y B). Tienen la ventaja de permitir la circulación de agua procedente del talud.

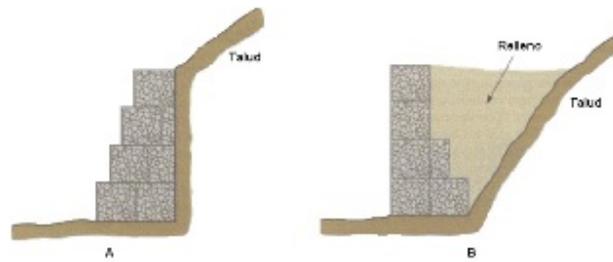


Figura 3.10.- Muros de gaviones escalonados. A) Escalonado sin relleno y B) Escalonado con relleno entre el muro y el talud.

2. Drenaje

Las obras de drenaje tienen por objetivo captar y conducir las aguas superficiales y subterráneas de la vertiente, evitando la erosión y la infiltración en el suelo, que pueden generar un deslizamiento. Estos drenajes pueden originarse en forma natural, concentrados por diversos tipos de ocupación (sistemas viales, edificaciones y desagüe). Todas las obras de contención tienen el drenaje como una de las más importantes medidas complementarias. Existen varios tipos de obras de drenaje. El drenaje superficial puede utilizar zanjas revestidas, canaletas moldeadas in situ, canaletas pre-moldeadas, guías y alcantarillas, tubos de concreto, escaleras de agua, cajas de disipación, cajas de transición. El drenaje de las aguas subterráneas utiliza las trincheras drenantes y los desagües profundos. Todos estos tipos de obras de drenaje deben ser debidamente dimensionados en función de la cantidad de agua que debe conducir.

Drenaje Superficial

Con el drenaje superficial se pretende realizar la captación del escurrimiento de las aguas superficiales a través de canaletas y conducirlos para el lugar conveniente. A través del drenaje superficial se evitan fenómenos de erosión en la superficie de los taludes y se reduce la infiltración del agua en los macizos, resultando una disminución de los efectos dañinos de la saturación del suelo sobre su resistencia. La ejecución de obras de drenaje superficial en caso de estabilización de taludes naturales o de cortes, representan una elevada relación beneficio-costos, pero también con las inversiones de menor costo, se consiguen excelentes resultados y en muchos casos, basta la realización de estas obras y su combinación con medidas de protección superficial para una completa estabilización de los taludes.

3. Protección de superficie

La protección de las superficies de los terrenos impide la formación de procesos erosivos y disminuyen la infiltración de agua en el macizo. En esta protección se puede utilizar materiales naturales o artificiales. Siempre que sea posible, se debe optar por la utilización de materiales naturales por ser en general más económicos. La protección con materiales naturales incluye la cobertura vegetal, de preferencia semejante a la cobertura vegetal natural del área; el uso de suelo arcilloso para el pre-llenado de grietas, fisuras y surcos erosivos; el uso de bloques de rocas, asentados sobre el talud como en forma de gavión.

CONCLUSIONES

1. El sector Este del municipio de Moa se caracteriza por una alta complejidad geológica y tectónica, por la presencia de varios grupos litológicos, diferenciados por su composición litológica y características físico-mecánicas. De acuerdo con sus comportamientos frente a los



- movimientos de masas, existen litologías más inestables, en este caso las rocas del complejo ofiolítico (gabros, harzburgitas y peridotitas), las cuales se presentan como escamas tectónicas muy fracturadas y representan una peligrosidad muy alta por deslizamientos.
2. Se realizó una caracterización ingeniero-geológica de la tipología y los mecanismos de los deslizamientos que tienen lugar en el sector Este del municipio de Moa, las tipologías predominantes de estos movimientos son deslizamientos en rocas y suelos, desprendimientos y flujos, cada uno de ellos asociado a un mecanismo de formación.
 3. Se determinaron los factores geológicos, geomorfométricos, antrópicos y climáticos, como los causales y detonantes de los deslizamientos, los que se combinaron para la obtención del mapa de peligrosidad por deslizamiento, dividido en cinco clases, donde la mayor influencia estuvo dada por el factor geológico y climático, este último como factor desencadenante de los movimientos de masas.
 4. A partir de la confección del mapa de elementos en riesgos, se elaboró el mapa de vulnerabilidad por la ocurrencia de deslizamientos, donde los elementos más vulnerables estuvieron relacionados con las áreas de asentamiento poblacional, minas, puerto, así como las vías de comunicación (carreteras y caminos).
 5. La utilización de la guía metodológica cubana para los estudios de P.V.R. por deslizamientos del terreno, conjuntamente con el método de análisis criterio de expertos y las técnicas del S.I.G., han permitido la obtención del mapa de riesgos por deslizamientos del Sector Este del municipio Moa, dividido en cinco clases de riesgo: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto.
 6. Se realizó por primera vez una "Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del municipio de Moa". La mina y la presa de cola de la empresa Ernesto Che Guevara, la carretera que conduce al poblado de la Melba, parte suroeste del parque nacional Alejandro de Humboldt y la carretera Moa Baracoa en el tramo de Rolo y frente al puerto se corresponden con los riesgos más altos. Los consejos populares más afectados son la Melba y Punta Gorda respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Batista, Y., 2009. Evaluación del riesgo por deslizamiento del municipio Bartolomé Masó. Provincia Granma. Tesis de Maestría. Dpto. Geología. ISMM. Moa. 97 p.
- Bosi, C., 1984. Considerazioni e proposte metodologiche sulla elaborazione di carte di stabilita. Geol. Appl. Ed Idrogeol. 13, 246-281.
- Brabb, E.E. y Harrod, B.L., 1989. Landslides: extent and economic significance. Balkema, Rotterdam. 385 p.
- Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 1995. GIS-based techniques for mapping landslide hazard. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publications, S.I. : Dordrecht, The Netherlands, pp. 135-176.
- Castellanos, E., et al., Versión 3-Abril 2009. "Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos de terreno a nivel municipal". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente. Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo. Cuba.
- Corominas, J. 1987. "Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera". Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME, Madrid. 193-201 p.
- Crozier, M.J. 1986. Landslides. Causes, consequences & environment. Ed. Routledge. London & New York. 252 p.
- González de Vallejo, L. I., 2002. "Investigaciones in situ en Ingeniería Geológica". ISBN: 84-205-3104-9. Pearson Educación, Madrid. 715 Págs.
- Hartlén, J. y Viberg, L., 1988. Evaluation of landslide hazard. En: Ch. Bonnard (Ed): 5th. International Congress on Landslides. Lausanne. I (2), 1037-1057 p.
- I.C.G.C., 1985. "Mapas Topográficos de la República de Cuba, Provincia Holguín. Escala 1:25 000. Edición 1 E-821, Cuba.
- I.G.P., 2001. "Mapa Geológico de las Provincias Orientales". Escala 1:100 000. Edición digital por el grupo

CASIG-IGP, Cuba.

Lomtadze, V. D. 1977. "Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería". Ed. Pueblo y Educación, 560 p.

Lucini, P., 1973. "The potential landslides forecasting of the Argille Varicolori Scagliose complex in IGM 174 IV SE Map, Saviano di Puglia (Compania)". Geol. Appl. Idrogeol., 8, 311-316 p.

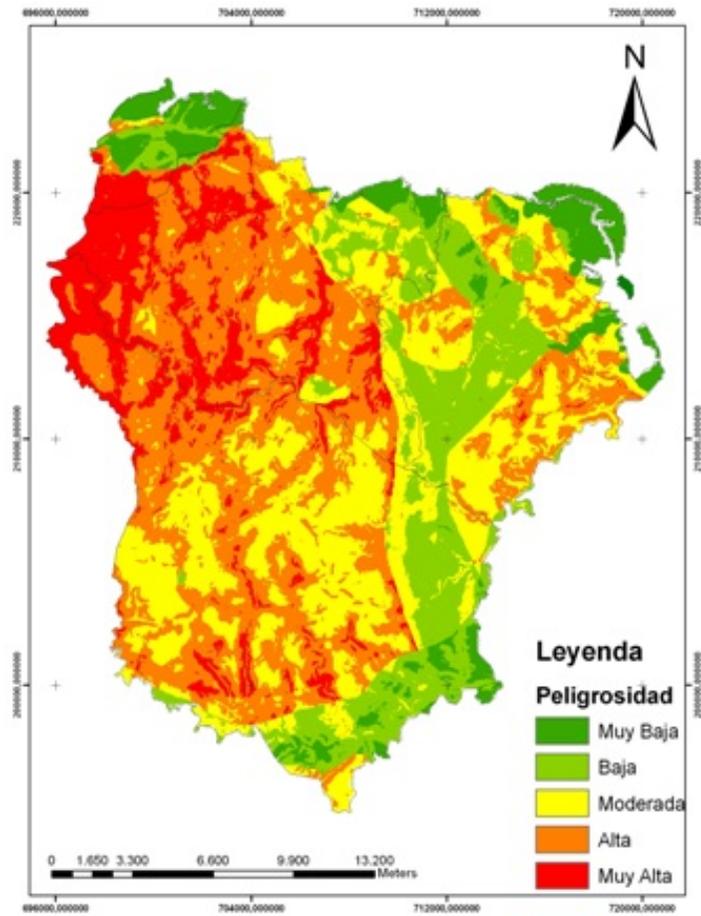
Santacana, N., 2001. Análisis de la susceptibilidad del terreno a la Formación de deslizamientos superficiales y Grandes deslizamientos mediante el uso de Sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat. Tesis doctoral. UPC. Barcelona.

Sharpe, C.F.S. 1938. Landslides and their control. Academia & Elsevier, Prague. 205 p.

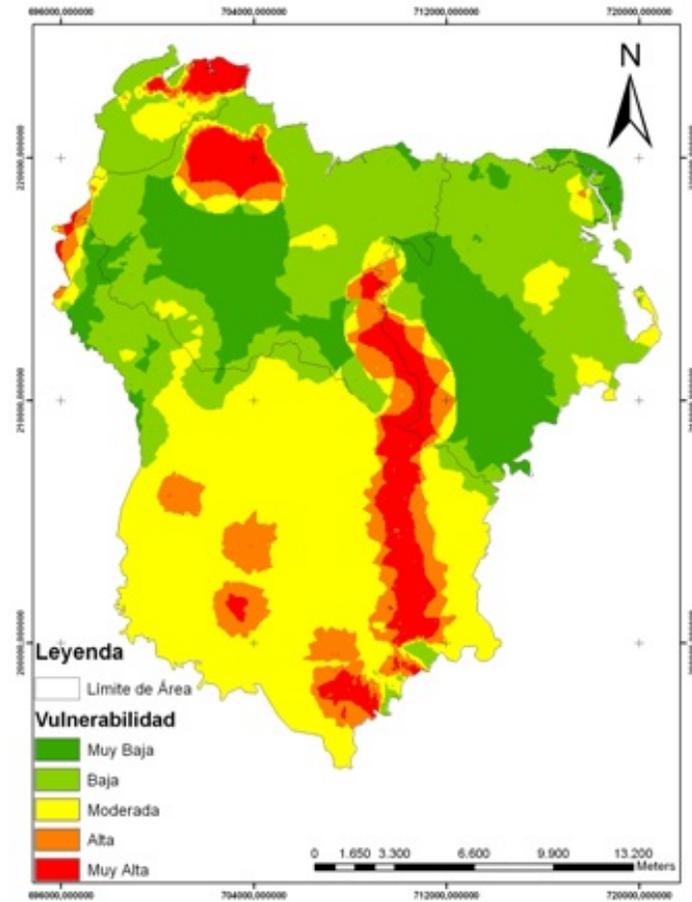
Stevenson, P.C., 1997. "An empirical method for the evaluation of relative landslip risk". Bul. IAEG.16, 69-72 p.

Varnes, D.J. ,IAEG, 1984. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Darantiere, París, 61 pp.

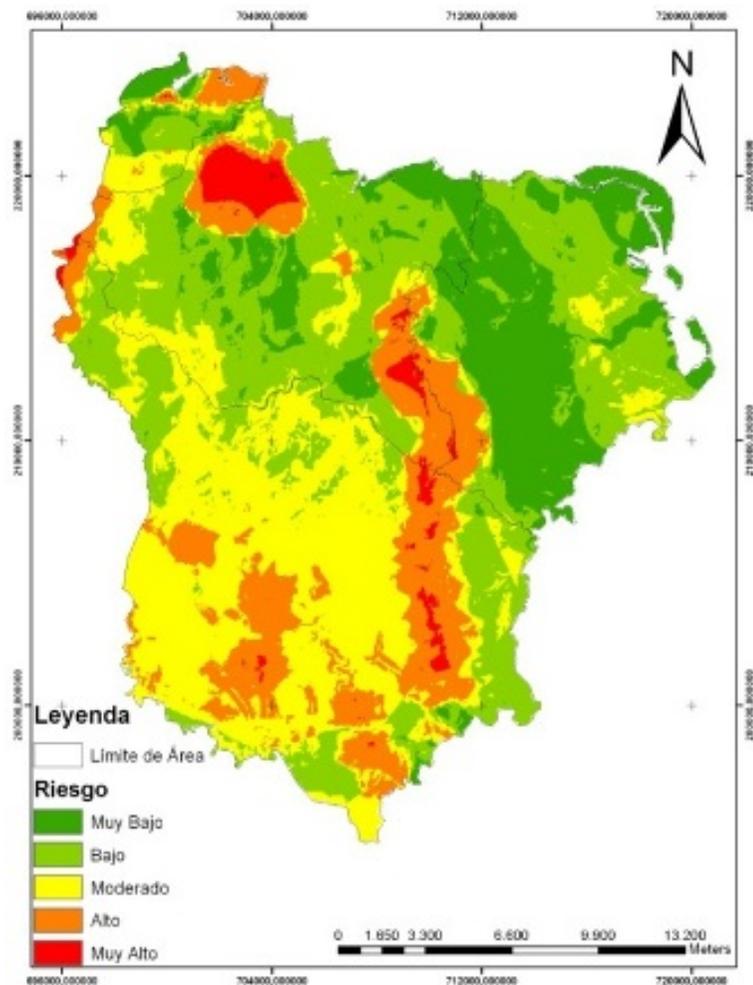
ANEXOS



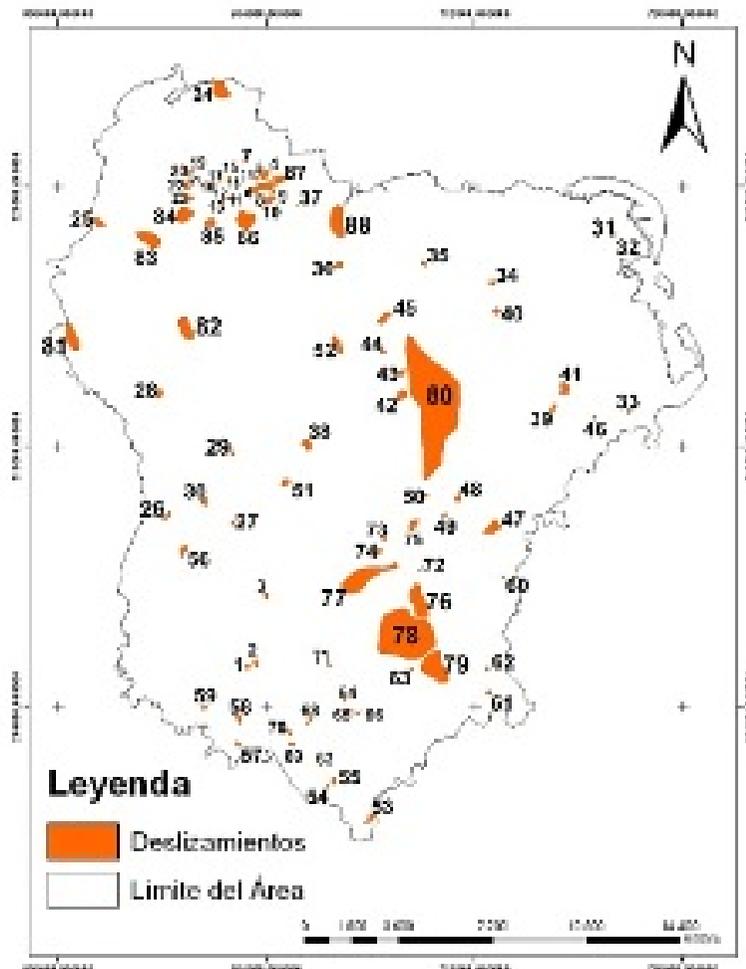
Anexo I Mapa de Peligrosidad por Deslizamientos del municipio Moa. Escala 1: 100 000.



Anexo II Mapa de Vulnerabilidad por Deslizamientos del Sector Este Sector Este del municipio Moa. Escala 1: 100 000.



Anexo III Mapa de Riesgos por Deslizamiento del Sector Este del Municipio Moa. Escala 1: 100 000.



Anexo IV Mapa de inventario de los deslizamientos Escala 1: 100 000.

Anexo V: Caracterización ingeniero geológica de la tipología y los mecanismos de los deslizamientos que tienen lugar en el sector Este del municipio Moa.

