



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Geología – Minas
Departamento de Geología

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO GEÓLOGO

Título: Evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas del consejo popular Farallones del municipio Moa

Autora: Mirian Hamilton Suárez

Tutora: Ms.C Yexenia Viltres Milán

Curso
2014 – 2015
Año 57 de la Revolución



Declaración de Autoría

Por este medio declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez y a las autoridades del municipio y de la provincia de Holguín, para que hagan el uso que estimen pertinente con este trabajo.

Para que así conste la presente a los _____ días del mes de _____ del 2015.

Mirian Hamilton Suárez

Firma Autor

MSc. Yexenia Viltres Milán

Firma Tutor

PENSAMIENTO

"El hombre debe transformarse al mismo tiempo que la producción progresa; no realizaríamos una tarea adecuada si fuéramos tan sólo productores de artículos, de materias primas y no fuéramos al mismo tiempo productores de hombres."

"...aquí está una de las tareas de la juventud: empujar, dirigir con el ejemplo la producción del hombre de mañana. Y en esta producción, en esta dirección, está comprendida la producción de sí mismos..."



Ernesto Che Guevara

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me han dado desde el inicio de mis años de estudio en esta universidad para que me forjara como un profesional, en especial a mis padres Raúl Labañino Moreno, Adis Suárez Fuentes y a mi hermana Karina Téllez Suárez, así como a mi novio Yoandris Chacón Anache que ha estado a mi lado en los buenos y en los malos momentos en el transcurso de mis últimos 3 años en el ISMMM.

Agradecerle a mi tutora Yexenia Viltres Milán que ha sido un pilar muy importante en esta investigación enseñándome y preparándome para un futuro lo cual se lo agradezco y se lo voy agradecer siempre.

A mis compañeros de aula que estuvieron conmigo los 5 años de trabajo y de sacrificio mostrando de una manera u otra que si se puede llegar a la meta y cumplir el propósito que tengamos.

A los profesores del departamento de geología, por ser comprensivos y ayudarme siempre, en especial al profesor León Ortelio Zardiñas que aunque ya no está entre nosotros fue un excelente profesor y una buena persona.

Agradecer a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron en la realización de este trabajo de diploma y a que mis 5 años en la universidad fueran de la manera más placentera posible.

Gracias

DEDICATORIA

Les dedico de todo corazón este trabajo de diploma a las personas que más quiero en mi vida, mis padres Raúl y Adis.

A mi querida abuela Mirian y a mi tía Mirtha que en paz descansen, a mi hermana Karina y a mi sobrina Alexa, así como a mis primas Katia, Liutmila, Yusi y a mis amigas Lianeyis y Lisi.

A mis compañeras de aula Margelis Chacón Moreira y a Danay Cedeño Texidó que sin ellas no sabría el significado de la amistad.

A todos aquellos que supieron serme fiel y haberme ofrecido su amor y dedicación

RESUMEN

Los deslizamientos son movimientos de rocas o materias poco consolidado pendiente abajo a lo largo de una o varias superficies planas o cóncavas. Puede ser provocado por la ocurrencia de lluvias intensas, un sismo, una erupción volcánica o por elementos antrópicos. La deforestación, el cambio climático, la pobreza han contribuido al incremento de la amenaza por deslizamientos y la vulnerabilidad de la sociedad. El presente trabajo "Evaluación de la vulnerabilidad por deslizamiento de taludes y laderas del consejo popular Farallones del municipio Moa", tiene como objetivo evaluar las vulnerabilidades por deslizamientos en el área de estudio, utilizando como basamento la Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos de terreno a nivel municipal, elaborada por el Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo, del año 2012. Mediante esta investigación se logró evaluar las diferentes vulnerabilidades y se obtuvo el esquema de vulnerabilidad total por deslizamiento del consejo popular Farallones del municipio de Moa, utilizando como herramienta los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de mejorar la toma de decisiones de las autoridades antes situaciones vulnerables por estos fenómenos.

ABSTRACT

Landslides are movements of rock or unconsolidated materials downhill along one or more flat or curved surfaces. It may be caused by the occurrence of heavy rains, an earthquake, a volcanic eruption or man-made elements. Deforestation, climate change, poverty has contributed to increased landslide hazard and the vulnerability of society. This paper Vulnerability assessment sliding slopes and slopes of the popular council of the municipality Moa Farallones, it aims to assess vulnerabilities by sliding in the study area, using as a base the methodological guide for the study of hazard, vulnerability and risk by landslides at the municipal level, prepared by the National Risk Assessment Group, 2012. Through this research we were able to evaluate the different vulnerabilities and overall vulnerability scheme was obtained by sliding the popular council of the municipality of Moa Farallones, using as a tool Geographic Information Systems (GIS) in order to improve decision-making by the authorities before these phenomena vulnerable situations.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Marco teórico conceptual	2
Estado del arte	12
CAPÍTULO I: CONDICIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS REGIONALES – LOCALES Y SU INCIDENCIA EN LOS DESLIZAMIENTOS EN LA COMUNIDAD DE FARALLONES DEL MUNICIPIO DE MOA.....	16
1.1 Ubicación geográfica.....	16
1.2 Características socioeconómicas regionales y locales	17
1.3 Particularidades Climáticas de la Región	18
1.4 Geomorfología regional.....	20
1.5 Geología regional y local.....	23
1.6 Tectónica Regional	27
1.7 Características hidrogeológicas regionales.....	30
1.8 Hidrogeología regional-Local y su influencia en la inestabilidad de taludes y laderas	31
1.9 Procesos y fenómenos geodinámicos.....	33
1.10 Condiciones geoambientales regionales	37
1.11 Vegetación regional. Su importancia en la estabilidad de taludes y laderas...	38
1.12 Características ingeniero-geológicas regionales.....	39
CAPÍTULO II: VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO	41
2.1 Metodología para el cálculo de	41
2.1.1 Análisis de condiciones socio-económicas	42
2.1.2 Análisis de indicadores de vulnerabilidad	42
2.1.3 Cálculo de la vulnerabilidad total.....	50
2.2 Volumen de los trabajos realizados	51
Implementación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)	52

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO MOA	56
3.1 Características de los deslizamientos de la comunidad de Farallones	56
3.2 Mecanismos y tipologías de los movimientos de laderas en la comunidad de Farallones	57
3.3 Evaluación de las vulnerabilidades por deslizamiento en el área de estudio ...	61
3.3.1 Vulnerabilidad Social.....	62
3.3.2 La vulnerabilidad Física	63
3.3.3 La vulnerabilidad económica.....	64
3.3.4La vulnerabilidad ecológica	65
3.3.5 La capacidad de respuesta	65
3.3.6 La vulnerabilidad total	66
Conclusiones	70
Recomendaciones	71
Bibliografía	72
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los deslizamientos.....	6
Tabla 2.1. Indicadores de las diferentes vulnerabilidades.....	43
Tabla 2.2. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad social.....	44
Tabla 2.3. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad física.....	46
Tabla 2.4. Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad económica.....	47
Tabla 2.3. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad ecológica.....	48
Tabla 2.4. Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad por capacidad de respuesta.....	49
Tabla 2.7. Bases cartográficas obtenidas en la búsqueda de información.....	51
Tabla 3.1. Caracterización ingeniero geológica de la tipología y los mecanismos de los deslizamientos.....	58
Tabla 3.2. Valores de vulnerabilidad.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Elementos estructurales de un deslizamiento.....	5
Figura 1.1. Mapa de ubicación geográfica.....	17
Figura 1.2. Promedio de lluvias mensuales.....	19
Figura. 1.3 Mapa de altitudes.....	21
Figura 1.4. Mapa geomorfológico	22
Figura 1.5 . Ubicación de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa.....	23
Figura 1.6. Perfil general laterítico.....	24
Figura 1.7. Esquema geológico del área.....	25
Figura 1.8. Fotos de los procesos y fenómenos geodinámicos.....	35
Figura 1.9. Zonas sismogeneradoras de Cuba Oriental de Cuba.....	37
Figura 2.1. Metodología para el cálculo de vulnerabilidad por deslizamiento.....	41
Figura 2.2. Visualización del VIEW de los mapas temáticos.....	53
Figura 2.3. Visualización de la tabla de atributos de los mapas temáticos.....	54
Figura 2.4: Metodología empleada en la evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos en el consejo popular Farallones.....	55
Figura 3.1 Inventario de deslizamiento.....	57
Figura 3.2. Promedio de las diferentes vulnerabilidades.....	66
Figura 3.3. Esquema de vulnerabilidad total por deslizamiento.....	68

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales.

Los accidentes causados por estos fenómenos geológicos ocurren desde épocas remotas, provocando pérdidas de vidas humanas y perjuicios materiales. A pesar de los avances en el conocimiento técnico y científico de los procesos geológicos, muchas comunidades, son vulnerables a situaciones de desastre. Sin embargo, actualmente existen condiciones técnicas para aumentar la seguridad de las personas y de obras civiles que se encuentran en áreas y situaciones de riesgos geológicos considerando, la previsibilidad espacial y temporal de ocurrencia de los fenómenos y la posibilidad de prevenirse contra sus efectos.

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 municipio Moa se ha convertido desde el punto de vista del desarrollo minero-metalúrgico, en la región de mayor importancia económica- social del país. Para realizar un detallado análisis de la vulnerabilidad por deslizamientos en el consejo popular Farallones del municipio de Moa , es necesario contar con información sobre estos, su forma de avance, las zonas más susceptibles y sus posibilidades de ocurrencia, en base al monitoreo de factores detonantes como las lluvias y las posibles magnitudes de sus consecuencias en la población.

Debido a lo antes expuesto se realiza la presente investigación con la Necesidad de evaluar la vulnerabilidad por deslizamiento en el consejo popular Farallones del municipio Moa, utilizando como basamento metodológico la “Guía para el estudio de

peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno”, elaborada por el Grupo Nacional de Gestión de Riesgos (Versión 4, 2012).

Objeto de Estudio

Los deslizamientos que ocurren en el consejo popular Farallones.

Campo de acción

Las vulnerabilidades a la que está expuesta la comunidad de Farallones antes los fenómenos de deslizamiento.

Objetivo General

Evaluar las vulnerabilidades por deslizamiento en el consejo popular Farallones del municipio Moa con el fin de mejorar la toma de decisiones de las autoridades ante situaciones vulnerables por estos fenómenos.

Objetivos Específicos

- Determinar los diferentes tipos vulnerabilidades por deslizamiento existentes en el consejo popular Farallones del municipio Moa.
- Aplicar la “Guía para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno”, elaborada por el Grupo Nacional de Gestión de Riesgos (Versión 4, 2012) a escala municipal, para establecer los cálculos de las diversas vulnerabilidades.
- Cartografiar la vulnerabilidad total por deslizamientos en el área de estudio.

Hipótesis:

Si se determinan las diversas vulnerabilidades tomando como basamento metodológico la Guía para el estudio de PVR (versión 4.2012) se podrá evaluar las vulnerabilidades existentes para el consejo popular, usando como herramienta los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Marco teórico conceptual

Los deslizamientos son fenómenos, que en numerosas regiones contribuyen significativamente en la evolución del relieve y del paisaje, ocurren en lugares caracterizados por unas condiciones ambientales específicas, tienen lugar en la superficie terrestre (lugar de ocupación y desarrollo de las principales actividades humanas) modificando más o menos bruscamente sus condiciones, están entre los

riesgos de origen geológico más extendidos en el mundo, por ello se establece el marco teórico conceptual de la investigación, basada en las consultas bibliográficas relacionadas con la temática tratada.

Talud o ladera:

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos.

En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente.

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.

Estos fenómenos tienen la propiedad de destruir las laderas y los taludes, cambian sus configuraciones y crean un relieve característico. Además generan formas peculiares de la estructura de las acumulaciones de la masa deslizada. Por consiguiente estos fenómenos cambian el relieve del terreno, su estructura geológica señalando la pérdida de resistencia y estabilidad de estas rocas ante la influencia de determinados factores. Los deslizamientos resultan muy variables por las dimensiones (escalas) del fenómeno, el tipo de dislocación de la masa de roca o suelo, causa de alteración de su equilibrio, dinámica del desarrollo del proceso y otras características. Todo esto se ha considerado en la evaluación ingeniero-geológica del municipio de Moa empleando los Sistemas de Información Geográfica.

Los deslizamientos abarcan una extensión pequeña o grande en la ladera, una forma

determinada, un mecanismo y una dinámica. Cada deslizamiento posee uno u otro grado de estabilidad. Cuando las masas de rocas se han deslizado y las causas del fallo quedan eliminadas por completo o temporalmente el deslizamiento resulta estable. Cuando las causas quedan eliminadas parcialmente el deslizamiento resulta inestable.

Al diseñar, construir y explotar cualquier tipo de obra ingenieril es importante revelar la propagación de los deslizamientos, pronosticar la posible ocurrencia, evaluar el grado de estabilidad a fin de prevenir y mitigar cualquier acción ante un movimiento de esta magnitud.

Para evaluar los deslizamientos es necesario conocer sus elementos estructurales. En la figura 1 se muestran estos elementos, los cuales se describen a continuación:

Corona: sector de la ladera que no ha fallado y se localiza en la parte más alta de la zona deslizada. En ocasiones presenta grietas, llamadas grietas de la corona.

Escarpe principal: superficie de la pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

Escarpe menor: superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

Punta de la superficie de ruptura: la intercepción (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

Cabeza: la parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

Tope: el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Cuerpo principal: la parte del material desplazado que sobre yace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

Flanco: lado del deslizamiento.

Pie: la porción del material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.

Dedo: el margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

Punta: el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

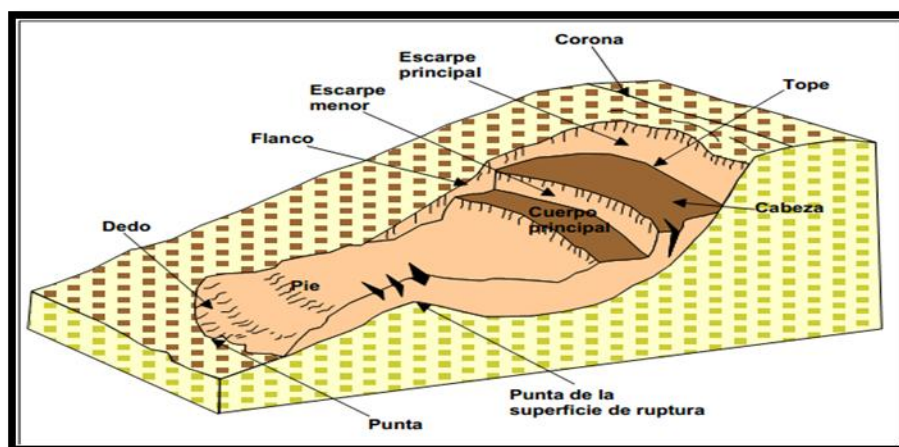


Figura 1. Elementos estructurales de un deslizamiento (Varnes,1978).

En el proceso de deslizamiento, las masas de rocas y suelos siempre se mueven por una o varias superficies de resbalamiento (rotura), que constituye un elemento característico de la estructura de cada deslizamiento. La superficie de resbalamiento, es la superficie por la cual sucede el desprendimiento de la masa deslizable y su deslizamiento o arrastre. También se le llama Superficie de Rotura (SR) (Lomtatze, 1977).

La forma de la Superficie de Rotura (SR) en las rocas homogéneas, con mayor frecuencia es cóncava, próxima por su forma, a la superficie cilíndrica redonda. En las rocas heterogéneas, la forma de la SR, se determina por la situación y orientación de las superficies y zonas de debilitamiento en el macizo rocoso que integran la ladera o talud. Estas superficies pueden ser:

Superficies de rocas firmes o de frontera inferior de rocas fuertemente erosionadas.

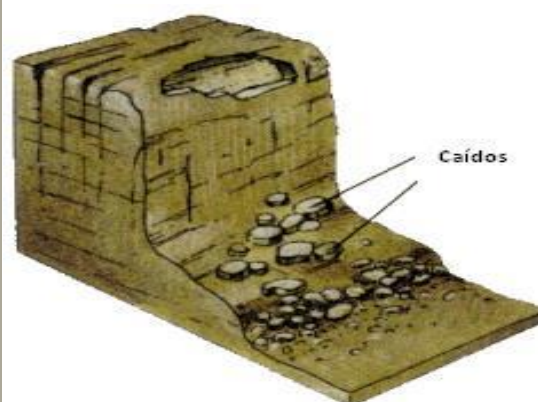
Capas o intercalaciones de rocas débiles (arcillas, argilitas, areniscas arcillosas, margas, etc.)

Grietas o sistemas de fisuras.

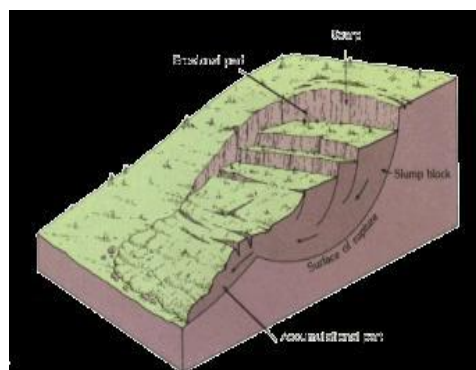
Superficies de fallas.

Tabla 1. Clasificación propuesta por Corominas y García (1997)

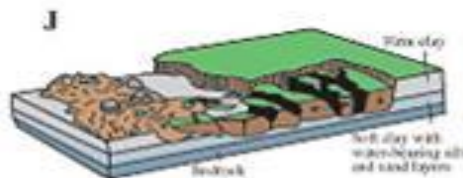
Desprendimientos: Es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente que, en una gran parte de su trayectoria descende por el aire en caída libre, volviendo a entrar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodaduras. Vuelcos: son movimientos de rotación hacia el exterior, de una unidad o de un conjunto de bloques, alrededor de un eje pivotante situado por debajo del centro de gravedad de la masa movida.



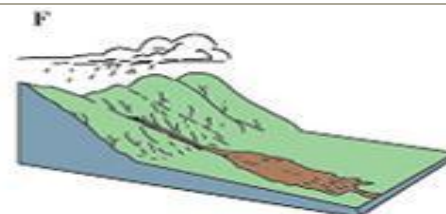
Deslizamientos: Son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales.



Expansiones laterales: El movimiento dominante es la extrusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización.



Flujos: son movimientos de una masa desorganizada o mezclada, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas.



FLUJOS DE SEDIMENTOS

La forma de la SR en las rocas heterogéneas también pueden ser cóncavas, pero con mayor frecuencia planas, plano-escalonadas, onduladas o más irregular, como resultado de la combinación y orientación desfavorable de las familias de grietas y otras fronteras (esquistosidad, estratificación, etc.) con respecto a la dirección de las laderas y taludes.

Clasificación de los deslizamientos

La clasificación de deslizamientos pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. Las clasificaciones existentes son esencialmente geomorfológicas y solamente algunas de ellas introducen consideraciones mecánicas o propiamente geológicas. Las caracterizaciones geotécnicas son necesarias y por esta razón, las clasificaciones eminentemente topográficas y morfológicas (Suárez, 1998). Existen varias clasificaciones de deslizamientos basadas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; WP/WLI, 1993; Cruden y Varnes, 1996). La clasificación que se ha utilizado es la propuesta por Corominas y García (1997):

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.

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 $P * V$.

Tipos de vulnerabilidad

Física

Económica

Social

Ecológica

Dentro de la **vulnerabilidad física** se han diferenciado tres tipos: estructural, no estructural y funcional.

- Vulnerabilidad estructural: es la capacidad resistiva de las edificaciones a las fuerzas destructivas de los diferentes peligros (tipología constructiva, el estado técnico, altura de las mismas).
- Vulnerabilidad no estructural: afectaciones que pueden sufrir las líneas vitales del territorio (carreteras, sistemas de gasificación, comunicaciones, sistema energético, redes eléctricas, redes de alcantarillado).
- Vulnerabilidad funcional: estado de los factores preparativos de respuesta (disponibilidad de grupos electrógenos de emergencia, preparación del sistema de salud, capacidad de albergues para evacuación, acceso a zonas aisladas, la reserva de suministros básicos como agua, alimentos, combustibles, medicamentos) y otros.

Vulnerabilidad económica: se evalúan los elementos económicos expuestos al peligro (zonas industriales en áreas de riesgo, la cantidad de áreas cultivadas y animales en zonas de riesgo, el nivel de ejecución del presupuesto de reducción de vulnerabilidades).

Vulnerabilidad social: valora el grado en que los factores sociales puedan incrementar la vulnerabilidad, teniendo en cuenta el papel del hombre en la construcción social del riesgo, su percepción, su nivel de preparación para enfrentar los desastres, el nivel de exposición, entre otros.

Vulnerabilidad ecológica: se debe considerar la exposición en zonas de peligro potencial de ecosistemas frágiles o zonas ecológicamente sensibles y áreas protegidas. <http://wiki.ismm.edu.cu:8080/wikipedia/A/Riesgos%20naturales.html>

Factores que Influyen para aumentar la vulnerabilidad en caso de deslizamiento

Existen varios factores determinantes en la vulnerabilidad de una comunidad o de un bien material entre los cuales pueden destacarse los siguientes:

- Construcciones en zonas de pendientes.
- El no existir en su comunidad sistemas de drenaje adecuado y despejado.
- Filtraciones del agua en el interior del terreno.

- Tuberías rotas que inundan y ablandan el terreno.
- El desconocimiento de las zonas vulnerables de deslizamiento en la localidad.
- No contar con plan de acción en caso de deslizamiento de su vivienda o comunidad.

<https://www.buenastareas.com/signup?redirectUrl=%2Fensayos%2FVulnerabilidad%2F1313306.html&from=essay>

Factores condicionantes de la vulnerabilidad

Como se analiza a continuación, existen tres categorías de vulnerabilidad: la exposición destructiva a una amenaza; la incapacidad de reaccionar de forma adecuada cuando ésta se concreta y la imposibilidad para recuperar las condiciones normales de vida.

Esos tres niveles o categorías están condicionados por los siguientes factores:

- I) El grado de exposición: el tiempo y el modo de sometimiento de un ecosistema y sus componentes a los efectos de una actividad o energía potencialmente peligrosa, es decir, la cantidad y la duración de la energía potencialmente destructiva que recibe.
- II) La protección: las defensas del ecosistema y de sus elementos, que reducen o eliminan los efectos que puede causar una actividad potencialmente destructiva, y que puede ser permanente, habitual y estable u ocasional, pero que debe estar activa en el momento de la exposición a la fuerza desestabilizadora.
- III) La reacción inmediata: la capacidad del ecosistema y de sus elementos para reaccionar, protegerse y evitar el daño en el momento en el que se desencadena la energía potencialmente destructiva o desestabilizadora.
- IV) La recuperación básica o rehabilitación: el restablecimiento de las condiciones esenciales de subsistencia de todos los componentes de un ecosistema, evitando su muerte o deterioro luego del evento destructivo.
- V) La reconstrucción: la restauración del equilibrio y de las condiciones normales de vida de un ecosistema, por su retorno a la condición anterior o, con frecuencia, a un nuevo estado más evolucionado y menos vulnerable. (Tomado de Puig Beltrán 2007).

Definición de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.)

Se han realizado varias definiciones en torno a los Sistemas de Información Geográfica (Cebrián y Mark, 1986; Burrough, 1988; Bracken y Webster, 1990; NCGIA,

1990). Un S.I.G. se puede considerar esencialmente como una tecnología (un sistema de *hardware* y *software*) aplicada a la resolución de problemas territoriales (Bosque, 1992).

El S.I.G. particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el S.I.G. cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si es medible y tiene localización.

La base de un S.I.G. es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema.

A todo objeto se le asocian atributos que pueden ser:

- Gráficos
- No gráficos o alfanuméricos

Atributos gráficos

Son las representaciones de los objetos geográficos asociados con ubicaciones específicas en el mundo real. La representación de los objetos se hace por medio de puntos, líneas o áreas.

Atributos no gráficos

También llamados atributos alfanuméricos. Corresponden a las descripciones, cualificaciones o características que nombran y determinan los objetos o elementos geográficos.

El proyecto implementado permite varias habilidades útiles en el procesamiento, interpretación y actualización de las bases de datos:

- Georreferenciar y desplegar datos espaciales en las vistas
- Crear, editar, importar datos en las vistas
- Realizar consultas en las bases de datos
- Realizar funciones espaciales avanzadas entre capas (intersección, superposición, corte)
- Realizar operaciones entre capas temáticas
- Crear mapas para presentaciones

Es decir que los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) tienen como propósito crear un modelo simplificado del territorio que pueda dar respuesta de cómo actuar delante de problemas reales. De esta forma constituyen sistemas de apoyo a la decisión; en ellos los datos se estructuran para servir de ayuda a la toma de decisiones, facilitando discusiones y simulaciones de lo que podría ocurrir en caso de adoptar una u otra postura.

Principales resultados

1. Análisis detallado de los indicadores de las diversas vulnerabilidades en el área de estudio.
2. Cálculo de las diferentes vulnerabilidades aplicando la guía metodológica realizada por el CITMA.
3. Evaluación de las vulnerabilidades existentes en el área de estudio.
4. Confección del mapa de vulnerabilidad total por deslizamientos en el área.

Estado del arte

El tema de los deslizamientos dentro de los riesgos de origen geológicos es muy estudiado en el mundo, lo que permite valorar cómo es analizado este fenómeno en diferentes condiciones geoambientales y en consecuencia establecer un programa de trabajo para el análisis de esta problemática.

Algunos movimientos, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999a, en Glade & Crozier, 2005).

Con respecto al tema de la investigación, Vidal G (1960 – 1990), presenta la exploración de evaluación de la vulnerabilidad frente a amenazas asociadas con deslizamientos e inundaciones en la zona Nororiental de Medellín entre 1960 – 1990, vinculando los procesos de poblamiento y las con los enfoques de planificación y las políticas para el hábitat en la ciudad.

El abordaje del estudio del caso mostró que la vulnerabilidad se desplazó durante el período de estudio, siguiendo las trayectorias del poblamiento y la expansión de la ciudad en función de características propias de la adaptación al entorno por parte de los pobladores. Debido a que la vulnerabilidad tuvo una tendencia acumulativa durante el período de estudio, se interpreta como un impacto ambiental de los procesos que inciden en su configuración, que no es puntual, ni espacial, ni temporalmente y tampoco obedece a una lógica de causa – efecto, sino que es complejo y estas conectado con otras manifestaciones ambientales.

Reyes, et al (2003) realizaron un trabajo de vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua-Honduras, donde se evaluó la vulnerabilidad y se determinaron áreas críticas a deslizamientos en el área de estudio .La metodología incluyó el uso de sistemas de información geográfica y variables biofísicas, socioeconómicas y ambientales divididas en dos grandes grupos: vulnerabilidad global y factores críticos que aumentan la vulnerabilidad y el riesgo a deslizamientos

Luego Pérez Gutiérrez (2007) en su artículo Análisis de la vulnerabilidad por los deslizamientos en masa, caso: Tlacuitlapa Guerrero, determinó la vulnerabilidad de la zona mediante la cartografía geológica que incluyó la ubicación y caracterización de áreas afectadas por deslizamiento de bloques de roca y suelo. De manera paralela a la caracterización geológica del sitio, se elaboró un censo el cuál aportó información valiosa acerca de los daños producidos en la infraestructura de la comunidad.

En Cuba el estudio de los fenómenos geológicos ha ido aumentando progresivamente, pero no es hasta la década de los 90 que el tema de los riesgos geológicos comienza a tener auge al realizarse varios trabajos en diferentes provincias y municipio de nuestro país y algunos de estos, ya con la implementación

de los S.I.G. Dentro de estas investigaciones se encuentran las realizadas por (Alfonso, 2013) realiza un estudio de evaluación de riesgo por deslizamiento en taludes y laderas en el municipio Mayarí donde se confeccionó un mapa a partir de la combinación del mapa de vulnerabilidad y los elementos estructurales en el área de mayor impacto económico, como las vías de comunicación, presas, minas, redes eléctricas y asentamientos poblacionales, lo que permitió apreciar con mayor precisión las estructuras de mayor vulnerabilidad en la zona y realizar una valoración más exacta de las vulnerabilidades para mejorar la toma de decisiones de la autoridades.

(Viltres Milán, 2010) en su trabajo de diploma del 2010 Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa confeccionó varios mapas temáticos entre ellos el mapa de elementos en riesgo, que a partir de este 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).

(Garcell, 2014.) en su trabajo de maestría del 2014 Prevención y Reducción de las vulnerabilidades de la comunidad de La Melba ante los desastres naturales elaboró y ejecutó un plan de acciones para prevenir y disminuir las vulnerabilidades en la comunidad de La Melba ante los peligros naturales, esto permitió a las autoridades del gobierno tomar las medidas necesarias para minimizar los efectos de estos fenómenos, lo que contribuyó al desarrollo local sostenible y su posible compatibilización con otras localidades de montaña del territorio, además del estudio realizado se logró confeccionar un Programa de Capacitación a la población ante la ocurrencia de desastres y un Sistema de Información Geográfico con mapas sobre la vulnerabilidad estructural, ante fuertes vientos, intensas lluvias e inundaciones, sismos y deslizamientos, lo que facilitó al Centro de Gestión para la Reducción del Riesgo y demás instituciones del territorio tener información actualizada para tomar medidas de prevención y reducción de las vulnerabilidades.

(Peña ,2009) realizó un estudio de susceptibilidad del terreno por deslizamientos en el sector nuevo mundo, Moa donde el estudio de escenarios de riesgos se determinó mediante los riesgos potenciales relacionados por encadenamiento de riesgos partiendo de la reactivación de un macrodeslizamiento que afectaría la cortina de la presa generando inundaciones en la ciudad de Moa o disminución de la capacidad de embalse de la presa Nuevo Mundo.

(Puig Beltran, 2007).en su trabajo de diploma Evaluación de Riesgos Múltiples por desarrollo de fenómenos naturales en el municipio Moa en el 2007 obtuvo el análisis de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo del municipio frente a fenómenos naturales mediante la aplicación de un análisis de densidad, y el nivel de exposición potencial frente a las zonas inestables. Según el valor de densidad, el mapa se clasificó en cinco clases: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta. De acuerdo al mapa de vulnerabilidad de elementos en riesgo, se observa que las áreas de más baja vulnerabilidad o nula está representada en su mayor parte por la existencia de vegetación natural y la inexistencia de elementos en riesgo fundamentalmente hacia el sur.

(Pintón, 2010) en su trabajo de diploma del 2010 Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Oeste del Municipio Moa, confeccionó el mapa de elementos en riesgo, que a partir de este se elaboró el mapa de vulnerabilidad por la ocurrencia de deslizamientos, el mismo se dividió en 5 clases para una mejor interpretación (buena, baja, moderada, alta, muy alta). Los elementos más vulnerables estuvieron relacionados con las áreas de asentamiento poblacional, minas, puerto, así como las vías de comunicación (carreteras y caminos).

Por lo tanto, se puede decir que este Trabajo de Diploma en Geotecnia E Hidrogeología constituye un paso más en la aplicación de este marco teórico, a la evaluación y el cálculo de vulnerabilidad por deslizamientos de las laderas y taludes y su cartografía.

CAPÍTULO I: CONDICIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS REGIONALES – LOCALES Y SU INCIDENCIA EN LOS DESLIZAMIENTOS EN LA COMUNIDAD DE FARALLONES DEL MUNICIPIO DE MOA

Introducción

En el presente capítulo se exponen las características generales del municipio Moa, específicamente en el consejo popular Farallones y su incidencia en los deslizamientos de tierra, teniendo en cuenta que para realizar el estudio de vulnerabilidad por deslizamientos en el terreno es necesario realizar una evaluación de las condiciones físico geográficas y geológicas del municipio que influyen directamente en las características ingeniero-geológicas del macizo rocoso y los suelos. Entre las principales características a evaluar en el municipio que inciden en las condiciones ingeniero-geológicas se encuentran las siguientes:

1. Particularidades climáticas de la región.
2. Relieve del terreno.
3. Estructura geológica de los taludes y laderas.
4. Movimientos tectónicos modernos (neotectónica) y fenómenos sísmicos.
5. Condiciones hidrológicas, superficiales y subterráneas.
6. Desarrollo de procesos y fenómenos geológicos.
7. Particularidades de las propiedades físico mecánicas de las rocas.
8. Actividad antrópica.

1.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra situada al sur – suroeste del municipio de Moa, perteneciendo al grupo Montañoso Cuchillas del Toa, limita al norte con el consejo popular Centeno-Cayo Chiquito, al sur con el municipio de Yateras, al este con los consejos populares Punta Gorda y La Melba y al oeste con el poblado de Cananova (Moa) y San Pedro (Sagua de Tánamo) ver figura 1.1.

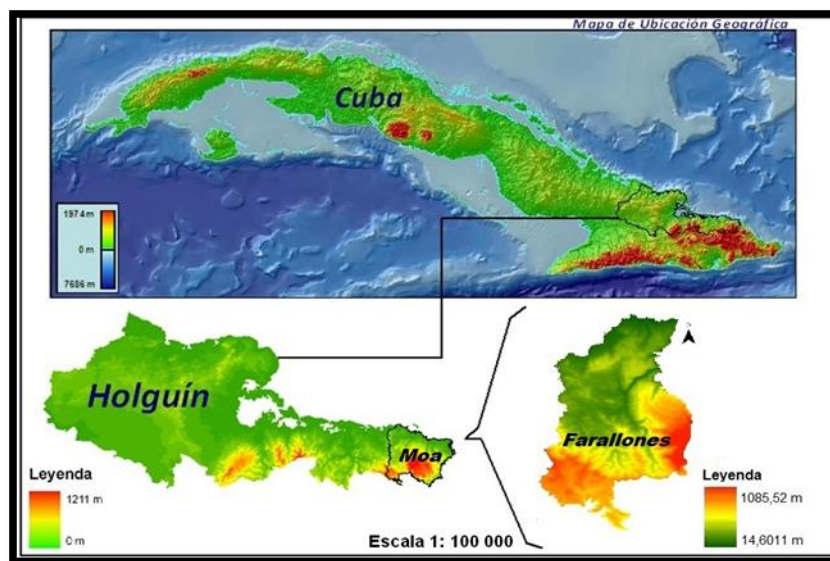


Figura 1.1. Mapa de ubicación geográfica del consejo popular Farallones del municipio de Moa a escala 1:100 000

1.2 Características socioeconómicas regionales y locales

El municipio Moa se caracteriza por la complejidad de los procesos geológicos geomorfológicos que le dieron origen. En él existen extensas cortezas de meteorización, lo que ha permitido el desarrollo de la minería y metalurgia en la región y por ende su desarrollo económico, social y cultural.

En 1963 se crea el municipio de Moa perteneciente a la región minera de la provincia de Oriente y en 1976 por división política administrativa, pasa a la provincia de Holguín. En la actualidad Moa posee una población de 72414 habitantes.

Hoy, Moa cuenta con varios centros de enseñanza, hospitales, hoteles, un aeropuerto y otras instalaciones que favorecen el desarrollo económico, social y cultural en el municipio. Cuenta además con las plantas procesadoras de níquel Comandante Pedro Sotto Alba y Comandante Ernesto Che Guevara. La ciudad y las instalaciones mineras son visitadas por interés económicos, solo algunos espacios son utilizados para fines turísticos y ecológicos.

La comunidad de Farallones es un exponente fuerte para el turismo de naturaleza, debido a la belleza de sus paisajes, a la presencia del Parque Alejandro de Humboldt,

a la diversidad de flora y fauna, además de presentar un alto grado de endemismo. Estas bellezas son atractivos inigualables, pero serían aún mayores si se llevaran a la par de ofertas teniendo en cuenta el patrimonio cultural de su comunidad. Esta localidad posee grandes atractivos naturales y culturales que hasta el momento no han sido explotados por las instituciones, ni por las instalaciones turísticas, imposibilitando un intercambio cultural entre el turista y sus pobladores.

Existen antecedentes de proyectos relacionados con la explotación de esta zona con fines turísticos, aprovechando su riqueza y belleza natural, pero en ningún momento involucrando a la comunidad como un componente protagónico en los mismos. Del mismo modo, se han realizado investigaciones tanto nacionales como internacionales que demuestran las verdaderas potencialidades naturales y culturales de la zona, pero partiendo en cada termino de lograr la consecución de un proyecto netamente turístico, dejando a un lado el elemento fundamental que sostiene los proyectos sociales; la comunidad. Se resaltan como aspectos claves el sector agrícola y el minero-industrial.

1.3 Particularidades Climáticas de la Región

El clima de la zona de estudio es tropical con abundantes precipitaciones, estando estrechamente relacionadas con el relieve montañoso y la dirección de los vientos alisios provenientes del Océano Atlántico cargados de humedad.

Precipitaciones

Las precipitaciones poseen un promedio anual entre 700-1800 mm, siendo unas de las mayores pluviometrías del país, con una media histórica de 2500 mm/año (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos .N. R. H., base de datos 2008-2013). Se identifican dos períodos de lluvia (Abril - Mayo) y (Octubre-Noviembre) y dos de sequías (Enero-Marzo) y Julio. En el verano las lluvias tienen carácter de aguaceros y en el invierno son menos intensas pero más permanentes, (Chiu. 1996). Como se aprecia, la lluvia constituye uno de los factores desencadenante de los deslizamientos en el municipio, sobre todo en los períodos lluviosos. Los períodos de formación de los deslizamientos coinciden con los períodos de lluvias prolongadas, fundamentalmente de noviembre a diciembre. En las zonas con abundantes precipitaciones en el territorio, la mayor parte

del agua fluye desde las divisorias de las aguas, al sur del municipio hacia la costa ver figura 1.2.

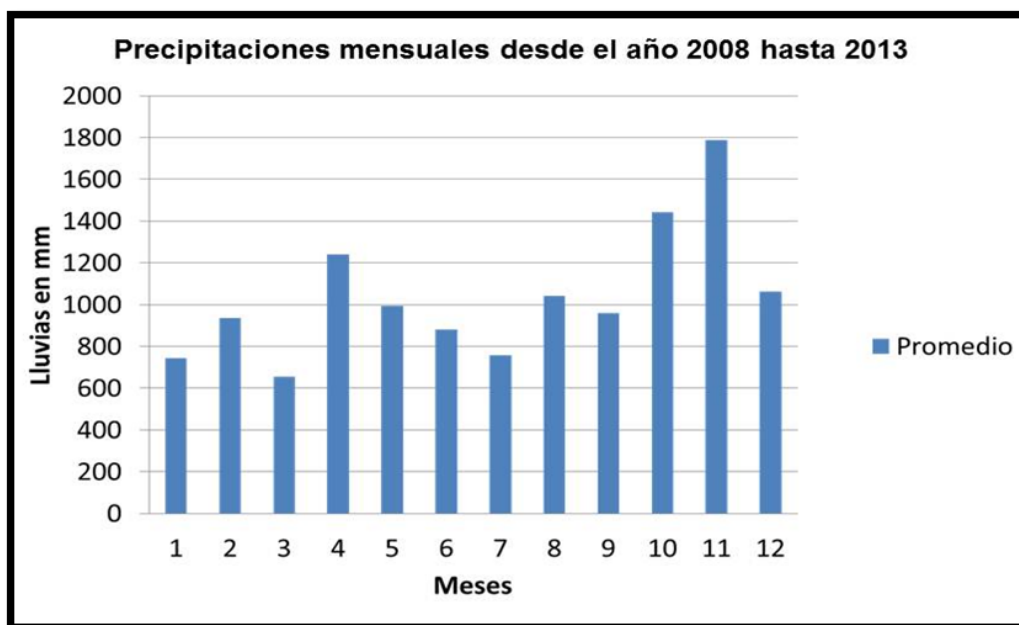


Figura 1.2. Promedio de lluvias mensuales desde el año 2008 hasta el 2013

Humedad y evaporación

La humedad relativa media anuales de 85%, los meses de mayor humedad son diciembre con un 94%, noviembre con un 86% y octubre con un 90%. Siendo estos tres meses el período de mayor humedad relativa del territorio. La evaporación anual presenta valores entre 2200 - 2400mm; los meses de julio y agosto son los más secos.

Vientos

Los vientos son de moderada intensidad, en superficie presentan dirección noreste este fundamentalmente. La distribución frecuencial anual de la dirección e intensidad del viento durante el año muestra que el sur es la más notable, con un 37.41%, seguido de los vientos de sentido norte- este con 32.52%, mientras que el resto de las direcciones poseen una frecuencia inferior al 10%, siendo la dirección oeste la de menor ocurrencia, con un 0.41%.

Temperaturas y presiones atmosféricas

La temperatura media anual oscila entre 22.6°C-30.5°C, en el verano se alcanzan valores de 30°C hasta 32°C y en el invierno de 22°C a 26°C, siendo los meses más

calurosos desde julio hasta septiembre y los fríos de enero a febrero. Las presiones atmosféricas presentan una media anual de 1017.3 hP, siendo la media máxima mensual de 1022.2 hP en el mes de septiembre.

1.4 Geomorfología regional

Orográficamente el territorio se caracteriza por una alta complejidad, predominando el relieve de montaña, hacia la parte este, con cota máxima de 1139 m sobre el nivel del mar (El Toldo) ver figura 1.3 y ondulado hacia el norte, zona correspondiente a la región costera. Se clasifica en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanuras y la zona de relieve de montañas (Rodríguez, 1998), con subtipos específicos (ver figura 1.4).

Zona de Llanuras

Se desarrolla en toda la parte norte de la región ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos. (A. Rodríguez, 1998)

La zona de llanura fue clasificada en tres subtipos:

- 1 Llanuras acumulativas marinas.
- 2 Llanuras fluviales clasificadas en acumulativas y erosivo-acumulativas
- 3 Llanuras acumulativas palustres

Zona de Montañas

Según Rodríguez 1998. Esta zona geomorfológica es la más extendida dentro de la región ocupando toda la parte sur y central, además del Cerro de Miraflores y las zonas nordeste y noroeste del poblado de Cananova. Teniendo en cuenta esos parámetros la zona de relieve de montaña fue clasificada en cuatro subtipos:

1. Zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
2. Zona de submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas.
3. Zona de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
4. Zona de montañas bajas diseccionadas.

Conjuntamente con estas zonas, aparecen en la región formas menores del relieve o elementos del paisaje, algunas originadas por acciones antrópicas; que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional. El relieve predominante en el área de estudio es montañoso, desarrollado sobre las rocas de la asociación ofiolítica, en este caso sobre serpentinitas y peridotitas serpentinizadas.

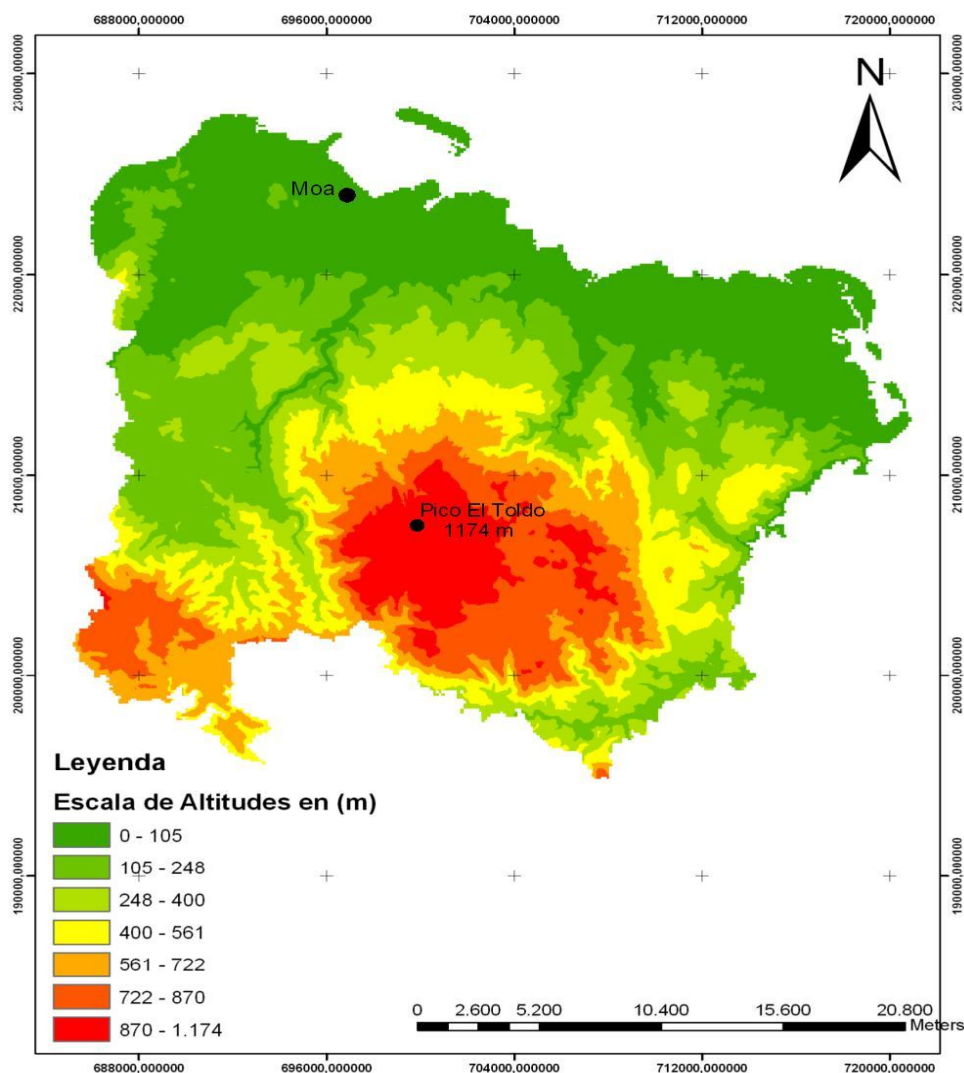


Figura 1.3. Mapa de altitudes del Municipio Moa. Escala 1:100 000.

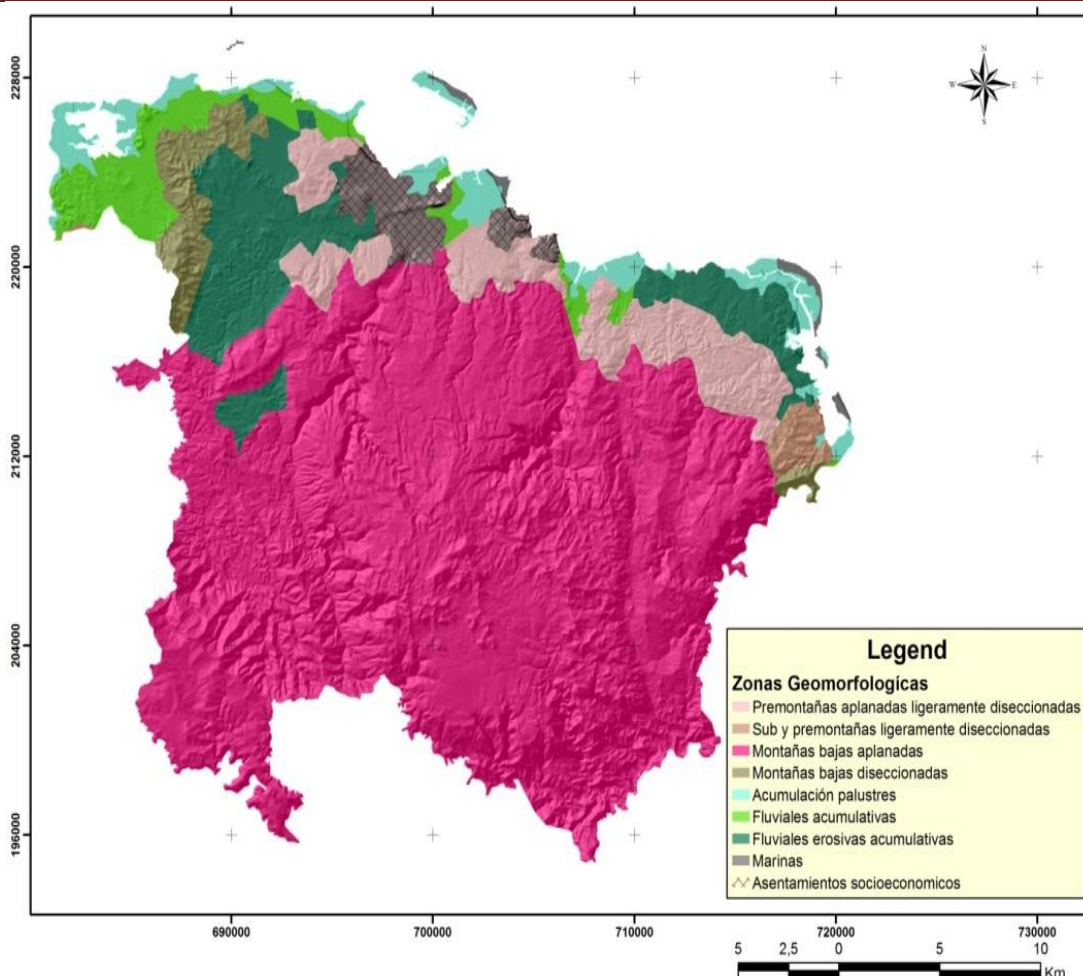


Figura. 1.4 Mapa geomorfológico. (Escala original 1:50 000) (Tomado de Rodríguez, 1998, modificado por Hernández 2014).

El relieve constituye una condición importantísima que favorece la formación de deslizamientos. De clara evidencia sirven su propagación geográfica y la ubicación geomorfológica. Las observaciones revelan que con mayor frecuencia los deslizamientos están propagados en regiones montañosas, en tramos con relieve bruscamente accidentado, en las laderas escarpadas de los valles fluviales, en los taludes de desmontes y canteras. En general, el relieve del terreno y la situación orográfica de la región crean reservas de la energía potencial, la cual condiciona el desarrollo de los fenómenos de deslizamientos.

1.5 Geología regional y local

El municipio Moa se encuentra ubicado en el complejo ofiolítico Mayarí-Baracoa, el cual se localiza en el extremo oriental de la Isla de Cuba. En este macizo se pueden distinguir diferentes mantos de cabalgamiento, en los que se aprecian espejos de fricción y escamas tectónicas de diferentes espesores. En los estudios realizados por Proenza (1998) en la región, este divide las fajas ofiolíticas en dos grandes macizos: 1) El macizo Moa-Baracoa y 2) El Macizo Mayarí-Cristal (ver figura 1.5).

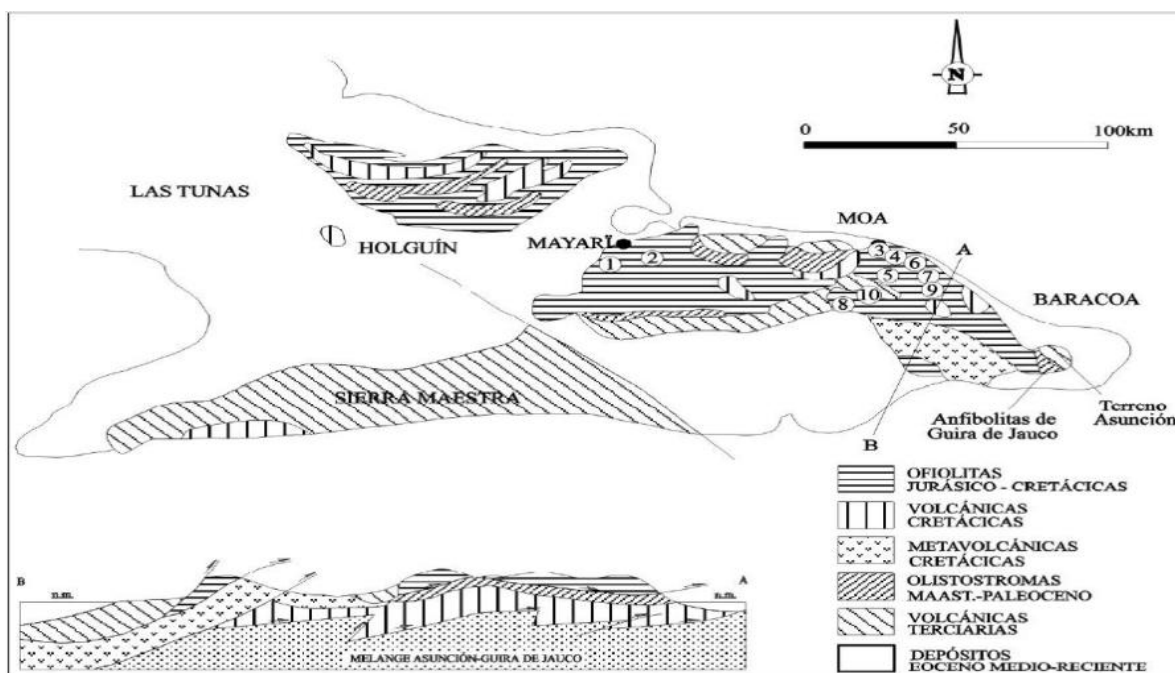


Figura 1.5 . Ubicación de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde- Vinent,1996).

Los números indican la ubicación de las principales áreas de distribución de los depósitos lateríticos de Níquel y Cobalto: 1- Pinares de Mayarí, 2- Nicaro, 3- Moa, 4- Punta Gorda- Yagrumaje, 5- Las Camariocas, 6- Cantarrana- La Delta, 7- Santa Teresita, 8- La Fangosa, 9- Iberias y 10- Piloto.

En la zona se desarrollan extensas cortezas de intemperismo en regiones de clima húmedo con un relieve suave, poco inclinado o por descomposición química del las rocas representado en el perfil general laterítico de los suelos de la región de Moa (ver figura1.5).

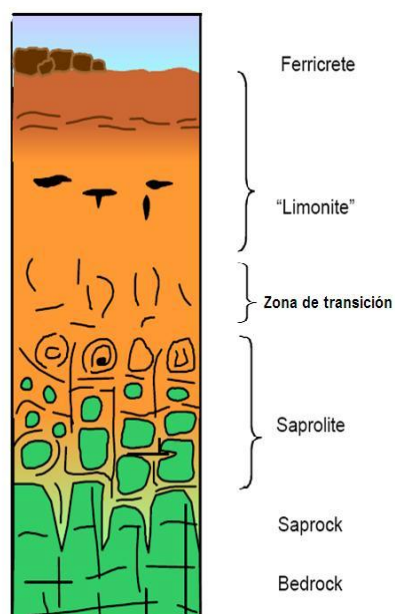


Figura 1.6. Perfil general laterítico de los suelos de la región de Moa. La dimensión en vertical no está a escala. Tomado de Muñoz, N., 2004.

La geología del área de estudio se caracteriza por la gran variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el decursar del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos. Estas se describen según la información del esquema geológico del área. (Esquema geológico del área. Escala Original 1:1000 000. Tomado del I.G.P. 2001(ver figura 1.7)).

Formación Bucuey (Cretácico): tobas y lavobrechas, tufitas, argilitas, limonitas, lavas, conglomerados y calizas.

Formación Gran Tierra (Paleoceno Inferior (Daniano): se compone principalmente de conglomerados monomícticos con cemento calcáreo, que transicionan hasta calizas fragmentarias producto de la disminución del volumen de material clástico. Se intercalan areniscas calcáreas vulcano-mícticas y tobáceas, limonitas, tufitas, margas y tobas.

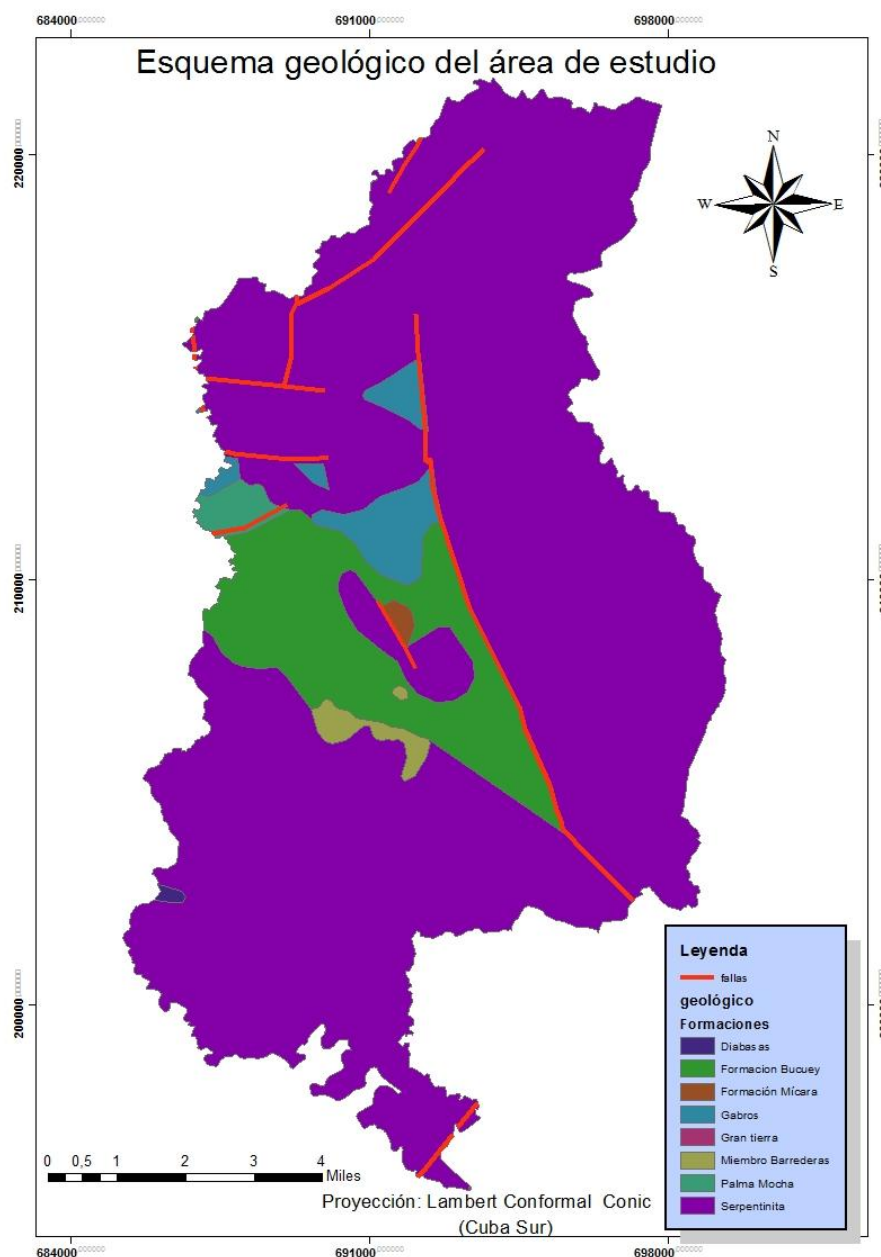


Figura 1.7. Esquema geológico del área. Escala Original 1:100 000. Modificado del I.G.P. 2001.

Formación Mícará (Cretácico Superior (Maastrichtiano Superior) – Paleoceno Inferior (Daniano Inferior): por su composición, esta unidad se puede dividir en tres partes: inferior, media y superior.

- Inferior: constituida por limolitas masivas, mal estratificadas; brechas; areniscas; arcillas y calizas.

- Media: secuencia olistostrómica compuesta por margas, areniscas, limolitas, gravelitas y conglomerados. Los olistolitos son de brecha y ultrabasitas serpentinizadas. La estratificación es buena.
- Superior: predominan las limolitas y subordinadamente brechas y areniscas tobáceas, en su parte más alta, con intercalaciones de tobas ácidas bentonitizadas y calizas. Presentan buena estratificación.

Las calizas son biodetríticas, arenosas y brechosas. Algunas veces, en la parte alta de la formación las areniscas y limolitas tienen un contenido alto de tobas vitroclásticas y cristaloclásticas y de tufitas psammíticas.

Rocas Serpentinizadas del Complejo Ofiolítico: constituidas por harzburgitas y peridotitas. Se han datado con una edad de Jurásico-Cretácico Temprano (Iturralde-Vinent, 1996). Se considera que estas rocas serpentinizadas poseen un espesor superior a los 1000 metros, se presentan en forma de escamas tectónicas muy fracturadas (Fonseca *et al.*, 1985; Torres, 1987; Rodríguez y Proenza, 1992).

Gabros del Complejo Ofiolítico: los cuerpos de gabros forman grandes bloques y diques incluidos en el macizo ofiolítico, cuyos contactos con los otros tipos litológicos son generalmente tectónicos, las dimensiones de los cuerpos de gabros varían de uno a tres kilómetros de ancho y de 10 a 15 kilómetros de longitud. Se estima que presentan un espesor medio de 500 metros (Fonseca *et al.* 1985). Muchas veces los cuerpos de gabros están cubiertos por las rocas ultramáficas fundamentalmente peridotitas.

Miembro Barrederas (K1-K2): tobas y lavobrechas, tufitas, argilitas, limolitas, lavas, conglomerados y calizas.

Formación Palma Mocha (K1-K2): rocas terrígenas y vulcanógenas, calizas e intercalaciones de argilitas.

Diabasas: es una roca ígnea intrusiva de granulado fino a medio, con muchos cristales de color gris oscuro o negro. Su composición mineralógica es casi idéntica a la del gabro, pero que han superado una situación filoniana o subvolcánica. Se trata de una roca extremadamente dura y resistente, estas se encuentran en los filones discordantes, pero más aún en los filones de estratos, probablemente debido al flujo

considerable de magma gábrico (de tipo basáltico), que favorece su expansión a lo largo de las superficies subhorizontales de discontinuidad de la roca de la pared. Están caracterizadas por su estructura ofítica, que consiste en una mezcla de cristales aplanados de plagioclasa, en cuyos intersticios se encuentra piroxeno monoclinico, de importante tamaño cristalino, que incluyen muchos cristales de plagioclasa con una disposición similar a la estructura pecilítica presentes en otras rocas intrusivas.

1.6 Tectónica Regional

Desde el punto de vista geotectónico, en el área existen cuatro sistemas principales de fallas (Rodríguez, A. 1998). El sistema más antiguo de los reflejados actualmente en la superficie tiene su origen asociado al cese de la subducción que generó la colisión entre el arco insular y el margen continental, originando el emplazamiento del complejo ofiolítico, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites de los cuerpos máficos y ultramáficos dentro del complejo. Un ejemplo de estas estructuras es la falla ubicada al sur de Quesigua, al este del río de igual nombre, que pone en contacto las serpentinitas ubicadas al norte con los gabros que afloran al sur, así como las fallas que en El Lirial Abajo, Peña y Ramírez y Caimanes Abajo ponen en contacto a las serpentinitas con las rocas de las formaciones La Picota, Mícara y Quibiján respectivamente.

Estas fallas en su mayoría se encuentran pasivas lo que se demuestra por su pobre reflejo en el relieve, pudiendo notarse su presencia fundamentalmente por el contacto alineado y brusco entre litologías diferentes. Excepción de lo anterior lo constituye la falla ubicada al sur de Quesigua que aún se refleja a través de un escarpe pronunciado arqueado, con su parte cóncava hacia el norte que sigue la línea de falla, lo que consideramos está asociado a la actividad geodinámica actual del sector, que es considerado uno de los más activos dentro del territorio (Rodríguez, 1998).

El **segundo sistema** y de mayor importancia en el territorio está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre sí, constituido por las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los bloques morfo tectónicos. Su origen se encuentra

asociado al proceso de colisión del Arco Volcánico del Cretácico sobre el Paleomargen de Bahamas en el Eoceno Medio. Las principales estructuras representativas de este sistema son las fallas Los Indios, Cayo Guam, Moa, Cabaña, Quesigua, Miraflores y Maquey.

Falla Los Indios: se extiende desde la parte centro meridional del área al oeste de Cayo Chiquito, atravesando hacia el norte la Bahía de Cananova y reflejándose dentro de la zona nerítica marina a través del desplazamiento de la barrera arrecifal y los depósitos litorales. En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

Falla Cayo Guam: con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre, siguiéndose con nitidez hasta Punta Yagrumaje. Al igual que la falla Los Indios, esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Falla Moa: dentro del territorio es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de N48°E, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo N25°W.

En la parte norte esta estructura se bifurca en dos tramos, uno de rumbo N35°E denominado La Vigía y el otro de rumbo N74°E nombrado La Veguita, el que atraviesa la zona marina perilitoral, hasta cortar la barrera arrecifal a la cual limita y afecta, pues en el bloque oriental de la falla la barrera como tal desaparece, quedando reflejada sólo como un banco de arenas, lo que constituye un indicador del sentido de los desplazamientos.

Falla Cabaña: se extiende desde el extremo centro occidental del área, al noroeste del poblado de Peña y Ramírez hasta el norte de la ciudad de Moa, cortando la barrera arrecifal y limitando el extremo oriental de Cayo Moa Grande.

En su parte meridional presenta una orientación N70°E hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales, aflorando nuevamente

con nitidez al nordeste del poblado de Conrado donde inicia su control estructural sobre el río Cabaña. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova tomando una orientación N56°E la que mantiene hasta penetrar en el océano Atlántico.

Falla Quesigua: se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional, donde su trazo es más recto un rumbo N10°E y en la meridional, N40°W. Se extiende desde la barrera arrecifal hasta interceptar el río Jiguaní al sudeste del área de trabajo.

Falla Miraflores: se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este-noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo N25°W desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación N35°E. Su límite meridional al parecer lo constituye la falla Moa al sur del área de trabajo.

Falla Maquey: limita y contornea las estribaciones septentrionales de la Sierra del Maquey. Aflora desde la zona de Hato Viejo hacia el sur de La Colorada, asumiendo un rumbo N65°E por más de siete kilómetros hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E siendo cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

El **tercer sistema** de estructuras está constituido por dos fallas de tipo strike-slip denominadas Cananova y El Medio. Por la posición que ocupan, orientación y componentes fundamentales de los desplazamientos no tienen similitud con las fallas antes mencionadas y su origen corresponde al Mioceno medio, cuando se inician los movimientos hacia el este de la placa Caribeña a través de la falla Oriente, lo que desarrolla un campo de esfuerzo que provoca la compresión del bloque oriental cubano en la zona de sutura de éste con la Plataforma de Bahamas, lo que originó la ruptura y el reacomodamiento de la corteza.

Falla Cananova: presenta un rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

Falla El Medio: con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

Los principales bloques propuestos para el área de Moa son los siguientes:

Bloque Cabaña: situado en el extremo occidental del área de trabajo, con una orientación noreste desde la localidad de Zambumbia hasta Cayo Grande y hacia su posición meridional, en la zona de Cayo Grande, Caimanes Abajo mantiene una dirección noreste.

Bloque Moa: se encuentra ubicado en la parte centro occidental de Moa, al este del bloque Cabaña con el cual contacta a través de la falla de igual nombre y al este con el bloque El Toldo según la falla Moa, extendiéndose de norte a sur en forma de una franja cóncava hacia el este.

Bloque El Toldo: ocupa la posición central del área de estudio, estando su límite occidental marcado por la falla Moa y el oriental por la estructuras Cayo Guam y Quesigua, siendo el bloque de máxima extensión, el cual le corresponden también los máximos valores de levantamiento relativo de la región.

Bloque Cayo Guam: es de más pequeña extensión en el área y se dispone como una cuña entre los bloques El Toldo y Cupey a través de las fallas Cayo Guam y Quesigua respectivamente y al igual que el bloque Moa se comporta como un escalón intermedio en descenso respecto al bloque Toldo.

Bloque Cupey: se ubica en el extremo oriental del área de estudio desde la falla Quesigua hasta la coordenadas 721 000 tomada como límite convencional. Este bloque aparece subdividido en cinco sub-bloques menores a través de las fallas El Medio, Cupey, Jiguaní.

1.7 Características hidrogeológicas regionales

La abundancia de precipitaciones en casi todo el año, conjugado con las características del relieve y del clima favorecen la existencia de una red hidrográfica que corre de sur a norte, la misma es de tipo dendrítica aunque en algunos casos se observa la red subparalela (Domínguez, 2005).

Según el trabajo de (Batista, 1987) presenta una densidad con valores entre 1.5 y 2 km de río por km², lo que es un indicativo de una importante escorrentía superficial y está caracterizada por una gran cantidad de ríos y arroyos permanentes durante todo el año.

La variación local en la dirección del flujo de las aguas superficiales está controlada por las fracturas tectónicas del territorio. De acuerdo a la extensión superficial de las cuencas hidrográficas los ríos más importantes son el río Moa, con un área de 156 km² y los ríos Cayo Guam, Cabañas, Quesigua, Yagrumaje, Yamanigüey y Punta Gorda con cuencas hidrográficas muy inferiores, pues ninguna supera los 100 km².

El río Cayo Guam, nace en la cota 820 m y desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación es de 57,71 Km². La principal fuente de alimentación de este son las precipitaciones atmosféricas. El río Quesigua nace en la cota 420m desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación asciende a 26.7 Km². El río Yagrumaje tiene su nacimiento en la cota 620 m y su desembocadura en el Océano Atlántico. Forma barrancos casi verticales, su longitud es de 11 Km, su cuenca tiene un área aproximada de 12 Km².

El río Moa, nace en la cota 950 m y desemboca en la bahía de Moa, tiene 21 Km de extensión y corre en dirección noroeste–noreste, se alimenta de los ríos Cabaña, Los Lirios y de arroyos y cañadas que bajan desde regiones montañosas.

El río Cabañas, nace en la cota 320 m y se une al río Moa, presenta numerosos meandros, sus orillas son abruptas y de erosión en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas es llano y acumulativo, su fuente de alimentación principal son las precipitaciones atmosféricas.

El arroyo Los Lirios, tiene su nacimiento en la cota 380 m, forma parte de la alimentación del río Moa y su valle es estrecho con pendientes suaves.

1.8 Hidrogeología regional-local y su influencia en la inestabilidad de taludes y laderas

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, se considera como una zona de elevada complejidad hidrogeológica. Se ha establecido la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes y de su capacidad para el almacenamiento de aguas subterráneas (Sidimohamed, 2002) los mismos son descritos a continuación:

Complejo acuífero de las ofiolitas: se extiende en dirección noroeste-sudeste, a lo este del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera ha sido poco estudiada; su profundidad de yacencia es de 1.3-12 metros. El coeficiente de filtración (K) oscila entre 1-14.7m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2-4 L/s.

Complejo acuífero de los sedimentos costeros: se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha que presenta dimensiones de 1-2Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el Cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de descomposición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo-arenosos con fragmentos angulosos de composición variada.

Predominan aguas cársticas y de grietas, y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar. A una profundidad comprendida entre los 1-5m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268.4 m/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14L/seg.

Complejo acuífero de los sedimentos aluviales: se extiende en dirección norte-sur formando una franja ancha en su parte inferior, y estrecha en la superior, ocupando prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como, los valles de sus afluentes. Constituido por gravas, arenas, cantos rodados y arenas arcillosas, con 15 m de potencia aproximadamente, estos sedimentos son de edad cuaternaria y se caracterizan por su alta capacidad para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13-290 m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) oscila entre 2 -57L/seg. Estas aguas yacen a una profundidad comprendida entre los 1- 5 m.

Complejo acuífero de las lateritas: se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte del área. Su composición litológica se corresponde con potentes cortezas de intemperismo, representando a un acuitardo, debido al predominio de aguas capilares

y de potencias considerables de lateritas que alcanzan los 30 m, con un marcado desarrollo de procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar alrededor de 20m. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente principal de alimentación de estas aguas.

Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos-carbonatados: aparece este complejo sólo en una pequeña porción al norte del poblado de Cañete. Constituido geológicamente por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos de carácter tanto tectónico como sedimentarios, aleurolitas y conglomerados. Las rocas acuíferas se corresponden con los conglomerados brechosos y las calizas, y en menor medida, las margas estratificadas.

Ciertas condiciones hidrogeológicas constituyen unos de los factores que determinan la posibilidad de formación de deslizamientos.

Las laderas formadas por rocas saturadas de agua son más favorables para la formación de deslizamientos que son aquellas zonas formadas por suelos drenados. Se sabe que no es posible evaluar la resistencia y la estabilidad de las rocas sin tomar en consideración la humedad y la capacidad acuífera. Por eso al caracterizar y evaluar la estabilidad de las laderas y taludes, así como las condiciones de formación de deslizamientos es preciso considerarlas aguas subterráneas como una de los factores más importantes. y su importancia no radica en su grado de irrigación sino en el grado de humectación.

Hidrografía local

La red fluvial es bastante amplia y la misma tiene forma detrítica. Existen en la zona varios arroyos y cañadas destacándose el río Moa, el cual atraviesa los farallones dando lugar a una nueva cueva. En la periferia de la región encontramos la presa Nuevo Mundo, con grandes reservas de agua en la cual desemboca el importante río Calentura. El río calentura corre en dirección SW-N, mientras que el río Moa en su nacimiento corre dirección S-N, luego en dirección W-E para posteriormente en su confluencia con el río Calentura (ver anexo 1).

1.9 Procesos y fenómenos geodinámicos

Las condiciones favorables para la formación de deslizamientos suelen crearse

cuando evolucionan los procesos y fenómenos geológicos acompañantes. Así, por ejemplo, los procesos de meteorización de las rocas, los fenómenos de derrubio y destrucción de las laderas, las deformaciones de erosión subterránea y otras deformaciones de filtración, los movimientos neotectónicos y sismos suelen preparar las condiciones que faciliten la acción de los esfuerzos de dislocación y rompimiento. Por eso al tomar las medidas contra los deslizamientos con frecuencia surge la necesidad de influir, no en el propio proceso de deslizamiento, sino en los procesos y fenómenos condicionantes.

Erosión: es un proceso, que aunque se produce de forma natural en la potente corteza lateríticas, se ha visto incrementado por la actividad antrópica, vinculada a la minería a cielo abierto y a la deforestación. Se observa además, un amplio desarrollo del acaravamiento, que aumentan sus dimensiones rápidamente en el tiempo. La dirección de las cárcavas está condicionada fundamentalmente por las condiciones estructurales de los suelos residuales (ver figura 1.8, foto 1).

Movimientos de masas: este proceso está vinculado a los movimientos de laderas naturales y taludes condicionados naturalmente o generados por actividades mineras o construcciones civiles. Los mecanismos de rotura y las tipologías de los movimientos de masas desarrollados en las cortezas residuales, están condicionados por las características estructurales del macizo rocoso, aunque en las zonas de desarrollo de cortezas redepositadas, las condiciones geotécnicas de los materiales inciden con más fuerza sobre el tipo de movimiento (Almaguer, 2005). Las propias condiciones naturales de las cortezas lateríticas como alta humedad, granulometría muy fina, altos contenidos de minerales arcillosos, baja permeabilidad, así como la intensa actividad sismo-tectónica en la región y elevados índices pluviométricos, hacen que este fenómeno sea muy común y se convierta en un peligro latente, capaz de generar grandes riesgos no sólo en la actividad minera sino en otros sectores del territorio (ver figura 1.8, foto 2).

Carso: en el área son frecuentes las rocas carbonatadas como las calizas, es por ello que este proceso surge en estas zonas donde están propagadas las rocas prácticamente disolubles en agua (rocas carbonatadas). Al disolver y lixiviar calizas

mediante las aguas superficiales y subterráneas surge embudos , carcavuezos y otras formas de relieve, mientras que en el grueso de las rocas aparecen distintas cavernas, canales y cuevas (ver figura 1.8, foto 3)

Meteorización: es el fenómeno físico-geológico más importante en el área de estudio está vinculado con la formación de potentes cortezas lateríticas sobre rocas ultrabásicas y básicas. Las condiciones climáticas, geomorfológicas, tectónicas y características mineralógicas de las rocas existentes favorecieron los procesos de meteorización química del medio . Otro ejemplo es la meteorización esferoidal en las areniscas (ver figura 1.8, foto 4).



Foto 1. Erosión en cárcavas



Foto 2. Pequeño deslizamiento al pie del talud. Movimiento de flujo.

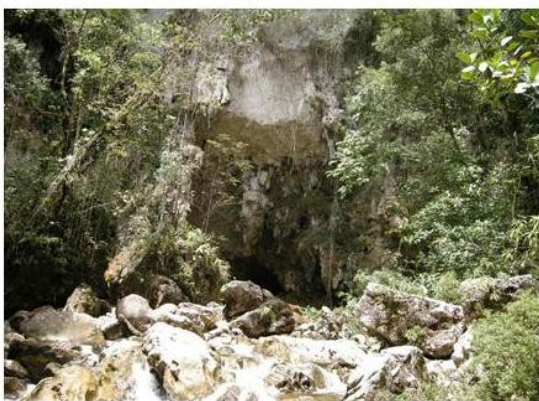


Foto 3. Zona Cársica



Foto 4. Meteorización esferoidal en las areniscas

Figura 1.8. Fotos de los procesos y fenómenos geodinámicos

Sismicidad: por la posición geólogo-estructural que tiene el sector Calentura-Farallones, de estar bordeada por tres zonas sismogeneradoras coincidentes con fallas profundas que constituyen límites entre o interplacas, lo ubican dentro del contexto sismotectónico de Cuba Oriental (Oliva et al., 1989) ver figura 1.9, estas tres zonas son:

- Zona sismogeneradora Oriente: está asociada a la falla transcurrente Bartlett-Caimán de dirección este-oeste. Constituye el límite entre la placa Norteamericana y Caribeña. A esta zona corresponde la más alta sismicidad de toda Cuba y con ella se encuentran asociados los terremotos de mayor intensidad con epicentros en el archipiélago cubano. La intensidad máxima pronóstico promedio para la zona es de VIII grados en la escala MSK, llegando hasta IX en el sector Santiago-Guantánamo. La magnitud máxima es de 8 grados en la escala Richter.
- Zona sismogeneradora Cauto-Nipe: Está asociada a la zona de fractura de igual nombre, con dirección suroeste-noreste desde las inmediaciones de Niquero hasta la bahía de Nipe. Constituye un límite ínter placa, que separa al Bloque Oriental Cubano del resto de la isla. La potencialidad sísmica de esta zona alcanza los 7 grados en la escala Richter, mientras que la intensidad sísmica, según el mapa complejo de la Región Oriental de Cuba señala valores entre VI y VII grados MSK.

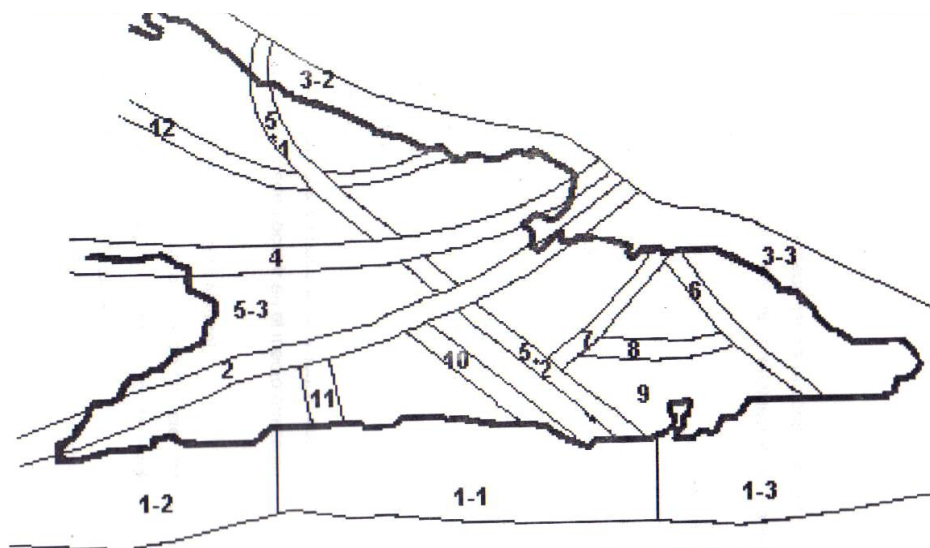


Figura 1.9. Zonas sismogeneradoras de Cuba Oriental de Cuba (CENAI, 1982). 1-1 Oriente 1(8), 1-2: Oriente 2(7,6)., 1-3 Oriente 3 (7,6), 2: Cauto-Nipe(7), 3 Sabana (6-

7), 4: Cauto-norte (6,5), 5: Baconao (6-7), 6: Purial (6,5), 7: Santiago-Moa (5), 8: Palenque (5), 9: Guaso(5), 10. Santiago-Bayamo (5,5), 11: Bayamo (6) y 12: Cubitas (5,5).

Actividad antrópica: La actividad antrópica con frecuencia crea las condiciones que favorecen a la formación de los deslizamientos. El corte de las laderas, la construcción de taludes abruptos, alteración de la escorrentía superficial y subterránea y muchas otras acciones del hombre son conmensuradas por su propagación, envergadura e importancia con los fenómenos naturales y constituyen condiciones importantes de la alteración del equilibrio de las masas de rocas en las laderas y taludes, que favorecen la formación de deslizamientos.

1.10 Condiciones geoambientales regionales

El potencial ambiental en el municipio, está relacionado con el valor natural presente en el territorio y la incidencia de la actividad minera sobre el medio ambiente. Los componentes que constituyen este potencial son: vegetación y fauna, atmósfera, agua, los suelos y el paisaje. Los principales indicadores que forman parte de cada componente son:

- Atmósfera: impacto atmosférico.
- Agua: impacto hídrico.
- Suelo: impacto al suelo.
- Vegetación y Fauna: impacto ecológico.
- Paisaje: calidad del paisaje.

El indicador de impacto atmosférico, toma en cuenta los niveles de ruido y de contaminación del aire, y las medidas que se toman en la mina para disminuir dichas afectaciones. A través del indicador de impacto hídrico, se analizan, tanto las afectaciones ocasionadas a las aguas superficiales y subterráneas por la actividad minera, como las afectaciones que producen dichas aguas al proceso de explotación de los recursos minerales. Dicho indicador está constituido por la cantidad y calidad de las aguas superficiales, (precipitaciones) y las aguas subterráneas, (manto freático).

Las afectaciones que la explotación minera le ocasiona al suelo, son valoradas a través del indicador de impacto al suelo y se determina por la cantidad de suelos

recuperados una vez concluida la actividad minera. Las afectaciones ocasionadas por la minería sobre el medio biótico y abiótico de la región, se valoran a través del indicador de impacto ecológico, el que está constituido por la vegetación, la fauna y cada una de ellas se valoran a partir del nivel de endemismo y diversidad presentes en la región. La necesidad del estudio de la influencia de las ciudades en los cambios naturales sobre el medio geológico está determinada por los siguientes aspectos (Gastón, 1996):

- Las urbanizaciones contemporáneas son transformadores activos del medio. El estudio de las regularidades de los cambios antropogénicos en los geoambientales urbanos presentan una gran importancia por la interacción que este realiza entre la litósfera, hidrósfera y atmósfera. Su mayor interés lo representa debido al crecimiento desordenado del área, profundidad y altura que experimentan estos.
- Las nuevas construcciones provocan cambios en la naturaleza de la ciudad en particular para las condiciones ingeniero-geológicas, sobre todas, aquellas que poseen un deficiente estudio geotécnico o ingeniero-geológico y su proyecto es el reflejo de este.
- Algunos cambios del ambiente natural y sus indeseables consecuencias negativas influye en la conservación de las ciudades, alteran su régimen de desarrollo normal, de su explotación territorial, económico, de durabilidad de sus edificios, obras y de los monumentos históricos, símbolo actual de la ciudad.

1.11 Vegetación regional. Su importancia en la estabilidad de taludes y laderas

La vegetación comprende un 33 % del endemismo cubano. Se caracteriza por la existencia de bosques de *Pinus cubensis* en las cortezas lateríticas y donde hay menores potencias de las mismas, matorrales espinosos, típicos de las rocas ultramáficas serpentinizadas. Las zonas bajas, litorales, están cubiertas por una vegetación costera típica entre las que se destacan los mangles. Existen algunos sectores donde la vegetación es prácticamente nula producto de la actividad antropogénica del hombre.

La cubierta vegetal constituye un factor importante para la estabilidad de taludes y laderas, produciendo indudables efectos beneficiosos, sobre todo en lo que se refiere a

la protección de la superficie. Las raíces de las plantas producen un aumento de la resistencia a esfuerzo cortante en la zona de suelo que ocupan, de forma que la resistencia de un suelo con raíces puede llegar a ser del orden de dos veces la del mismo suelo sin ellas.

Las raíces de ciertas hierbas pueden llegar a alcanzar profundidades de 0,5 a 0,75 metros, y en algunos casos concretos hasta más de 1,5 metros. En definitiva el efecto de las raíces se puede considerar como una aportación al suelo de una cohesión aparente, de forma que el aumento de la resistencia al corte a que da lugar se traduce en un aumento del coeficiente de seguridad del talud frente a posibles inestabilidades superficiales.

1.12 Características ingeniero-geológicas regionales

Debido a la intensidad con que se manifiestan los procesos de meteorización en el territorio de Moa (predominando el intemperismo químico), se forma la típica corteza laterítica, a partir de la cual surgen los yacimientos de tipo residual ricos en Ni, Fe y Co. La formación y desarrollo de estas cortezas están condicionadas por:

- Existencia de un macizo rocoso de composición ultrabásica.
- Existencia de un clima cálido y húmedo.
- Presencia de pendientes favorables y que no permiten que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y el transporte de los productos de la meteorización.
- Existencia de sistemas de discontinuidades de diversos orígenes.

Los potentes horizontes lateríticos de las cortezas reflejan la combinación de estos factores en el territorio, con particularidades en sus propiedades geotécnicas, considerándose en ocasiones suelos especiales. Estos suelos presentan particularidades específicas en cuanto a su densidad seca (d), composición granulométrica e índice plástico (I_p). La densidad seca (d) se caracteriza en estos suelos por disminuir con respecto a la profundidad, aumentando a su vez el índice de poros (e); la composición granulométrica manifiesta una variación con la profundidad similar a la densidad seca, es decir, es gruesa hacia la superficie disminuyendo con la profundidad estableciéndose una relación biunívoca entre la densidad y la composición granulométrica, correspondiendo a los suelos gruesos densidades altas y a los suelos

finos densidades más bajas. (Riverón, 1996; Carmenate, 1996).

En el desarrollo de deslizamientos, ejercen una gran influencia las particularidades de las propiedades físico mecánicas de las rocas que forman las laderas y taludes, en su conjunto o algunas capas, intercalaciones, zonas, paquetes de capas, zonas de fallas tectónicas o que forman el relleno de las grietas y planos de debilidad. Son de suma importancia la resistencia de las rocas a la compresión, al cortante, así como las propiedades que caracterizan su tendencia a reducir la resistencia bajo el efecto de diversos factores con el tiempo. Al respecto es importante tener en cuenta la composición mineral y fábrica de las rocas, su estado físico (humedad, densidad y agrietamiento), susceptibilidad al hinchamiento y a las deformaciones plásticas.

CAPÍTULO II: VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO

Introducción

La vulnerabilidad puede ser analizada en función de las condiciones específicas de la relación entre el ser humano y los procesos de la naturaleza. Para la evaluación de esta, se aplica la fase número tres de la Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos de terreno a nivel municipal, del Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo (ver figura 2.1). Las principales informaciones utilizadas fueron aportadas por las Direcciones Municipales y Provincial de Vivienda, Planificación Física, Salud, Educación, Estadística, Comunales, Vialidad, Ministerio de la Agricultura y el CITMA, de conjunto con los Consejos de la Administración municipales, la Defensa Civil y los Centros de Gestión de Riesgos municipales, entre otros.

2.1 Metodología para el cálculo de vulnerabilidad por deslizamiento

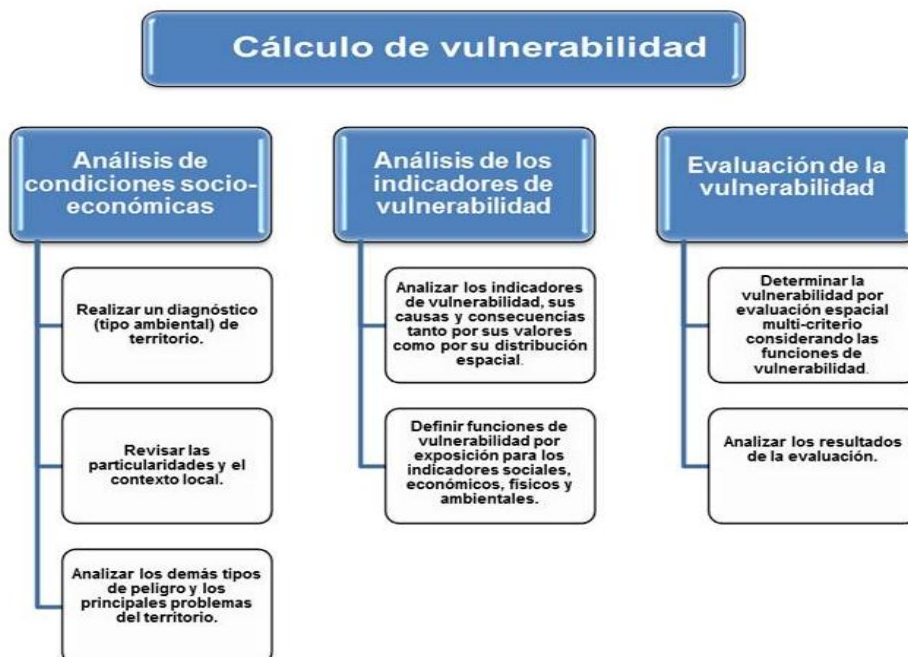


Figura 2.1. Metodología para el cálculo de vulnerabilidad por deslizamiento

2.1.1 Análisis de condiciones socio-económicas

Se considera imprescindible antes de comenzar el cálculo de los valores de la vulnerabilidad hacer un análisis de las condiciones socio-económicas del municipio. Tres elementos deben considerarse: los factores naturales, los factores humanos y la relación de ambos factores en la generación de deslizamientos de terreno.

Los factores naturales

Como factores naturales deben considerarse aquellos que estén más relacionados con los deslizamientos de terreno. Se debe relacionar los principales rasgos geológicos, tectónicos, sísmicos, geomorfológicos, hidrológicos y climáticos de territorio.

Se pueden incluir además la existencia de zonas ecológicas sensibles y de áreas protegidas, las características del relieve y sus suelos.

Los factores humanos

Debe caracterizarse el municipio en el sentido más general. Deben describirse los asentamientos humanos: cantidad, tipos y ubicación. Describirse la situación de la vivienda y de la demografía del municipio. Igualmente deben relacionarse accesibilidad a las diferentes zonas, tipos de carreteras y caminos, estado general. Además deben explicarse las características de las principales redes técnicas (agua, electricidad, etc.). Es necesario reconocer como se suministran los principales asentamientos pues en ocasiones tienen sistemas locales de suministro de agua o de corriente eléctrica.

Finalmente, se debe relacionar los factores naturales y los humanos con los deslizamientos de terreno, sea porque puedan ser factores desencadenantes o porque pueden ser factores que se afecten.

2.1.2 Análisis de indicadores de vulnerabilidad

Los indicadores de vulnerabilidad se definen a partir de los procesos naturales en una región particular y de la interacción de las actividades humanas desarrolladas en esta región. La selección y evaluación de estos indicadores es un tema aún en investigación a nivel mundial y cualquier acercamiento estará sujeto a mejoras continuas.

Para la evaluación de la vulnerabilidad ante los deslizamientos se aplica la Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno a nivel Municipal del Grupo Nacional de Evaluación de Riesgos. En la tabla 2.1 se presentan los principales indicadores de vulnerabilidad ante los deslizamientos y los pesos asignados a cada uno de ellos, lo que permite realizar la evaluación de la vulnerabilidad social, física, económica, ecológica y la capacidad de respuesta del consejo popular Farallones.

Tabla 2.1 Indicadores de las diferentes vulnerabilidades, tomado de Garcell (2014)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
VULNERABILIDADES	Vulnerabilidad social (0.43)	Población (0.61)	Relación de población en riesgo (0.61).
			Relación de discapacitados (0.28)
			Relación de dependencia de edad (0.11)
		Percepción (0.28)	
		Barrios insalubres (0.11)	
	Vulnerabilidad física (0.26)	Edificaciones (0.339)	Edificaciones residenciales (0.75)
			Edificaciones no residenciales (0.75)
		Instalaciones (0.50)	Instalaciones esenciales (0.339)
			Instalaciones APP (0.66)
		Líneas vitales (0.17)	Sistema de transportes (0.25)
			Redes técnicas (0.75)
	Vulnerabilidad económica (0.16)	Presupuesto de reducción (0.10)	
		Zonas industriales (0.40)	
		Áreas cultivadas (0.20)	
		Cantidad de animales (0.30)	
	Vulnerabilidad ecológica (0.09)	Zonas sensibles (0.25)	
		Áreas protegidas (0.75)	
	Capacidad de respuesta (0.04)	Preparación (0.20)	
		Grupo electrógeno (0.20)	
		Sistema de salud (0.20)	
		Capacidad de albergues (0.10)	
		Acceso a zonas aisladas (0.10)	
		Reserva de suministros (0.20)	

Para el cálculo de la vulnerabilidad ante los deslizamientos se tienen en cuenta los indicadores que aparecen en la tabla No. 2.1 de la metodología realizada por el

CITMA, donde se evalúa la vulnerabilidad social, física, económica, ecológica y la capacidad de respuesta.

Para evaluar la **vulnerabilidad social**, se determina la vulnerabilidad de la población, de la percepción y del barrio. En la vulnerabilidad de la población se aplica la fórmula II. 1, de la tabla No. 2.2, la relación de la población en peligro con la fórmula II.2, la relación de discapacitados en peligro con la fórmula II.3 y la relación de dependencia de edad con la fórmula II.4.

Otro de los indicadores que se empleó para el cálculo de la vulnerabilidad social fue la percepción (0.28). En este se aplicó un cuestionario de percepción a la muestra poblacional donde cada entrevistado quedó clasificado en uno de los siguientes grupos. Grupo I: tiene una percepción adecuada del peligro y de la manera de enfrentarlo.

Grupo II: percepción cercana de la realidad, pero insuficiente conocimiento de estos fenómenos geológicos.

Grupo III: tiene una percepción errónea o nula del peligro y las maneras de enfrentarlo.

Para evaluar la vulnerabilidad de la percepción se aplica la fórmula II.5.

En la vulnerabilidad del barrio se aplica la fórmula II.6.

Tabla No 2.2. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad social

	Fórmulas	No.
Vulnerabilidad de la población.	$Vul_{Pob} = 0,61 * Rel_{pob}^p + 0,28 * Rel_{disc}^p + 0,11 * RDE$	II.1
	$Rel_{pob}^p = 0,61 * \frac{Pob_p}{Pob_{CP}}$	II.2
	$Rel_{disc}^R = 0,28 * \frac{Pob_{DISC}}{Pob_R}$	II.3
	$RDE^R = 0,11 * \frac{J+V}{A}$	II.4

Vulnerabilidad de la percepción	$Vul_{perc} = \frac{0.25 \cdot Grp_I + 0.5 \cdot Grp_{II} + 1 \cdot Grp_{III}}{Grp_I + Grp_{II} + Grp_{III}}$	II.5
Vulnerabilidad del barrio	$Vul_{barrio} = \frac{A(P)_{barrio}}{A(P)}$	II.6

Por último los barrios insalubres (0,11), en este se midió el área que ocupan los barrios insalubres en las zonas de peligro por deslizamiento de terreno y se tomó en cuenta como un factor social a considerar. En la vulnerabilidad del barrio se aplica la fórmula II.6.

Finalmente se calculó la vulnerabilidad social con las siguiente fórmula:

$$Vul_{soc} = 0.61 \cdot Vul_{pob} + 0.28 \cdot Vul_{perc} + 0.11 \cdot Vul_{barrio}$$

Donde :

Vul_{pob} : vulnerabilidad de población

Vul_{perc} : vulnerabilidad de percepción

Vul_{barrio} : vulnerabilidad de barrios insalubres

La evaluación de la **vulnerabilidad física** ante los deslizamientos se realiza a través de los indicadores que aparecen en la tabla 2.3, (las edificaciones, instalaciones y líneas vitales).

Para determinar la vulnerabilidad de las viviendas y las edificaciones no residenciales se aplicaron las fórmulas II.7 y II.8.

La evaluación de la vulnerabilidad de las instalaciones se realiza calculando la vulnerabilidad de las instalaciones especiales y de las instalaciones de alta pérdida potencial (APP), en la que se aplica la fórmula II.9. En la vulnerabilidad vial se aplica la fórmula II.10 y para la vulnerabilidad de redes técnicas la fórmula II.11. Finalmente para calcular la vulnerabilidad física se aplicó la fórmula siguiente:

$$Vul_{fis} = 0.33 \cdot 0.75 \cdot Vul_{viv} + 0.25 \cdot Vul_{edif} + 0.50 \cdot 0.33 \cdot Vul_{inst} + 0.66 \cdot Vul_{instP} + 0.17 \cdot 0.25 \cdot Vul_{vial} + 0.75 \cdot Vul_{red}$$

Donde:

Vul_{viv} : vulnerabilidad de las viviendas

Vul_{edif} : vulnerabilidad de las edificaciones

Vul_{inst}: vulnerabilidad en las instalaciones

Vul_{inst p}: vulnerabilidad de las instalaciones de alta pérdida potencial

Vul_{vial}: vulnerabilidad vial

Vul_{Red}: vulnerabilidades de redes técnicas

Tabla No 2.3. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad física

Fórmulas	No.
$Vul_{viv} = \frac{\sum_{T=1}^6 \sum_{E=1}^3 FD_{TE} \cdot Viv_{TE}^R}{Viv^R}$	II.7
$Vul_{edif} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Edif_i^R}{Edif^R}$	II.8
$Vul_{inst P} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot InstP_i^P}{InstP}$	II.9
$Vul_{vial} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Vial_i^R}{Vial^R}$	II.10
$Vul_{red} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Red_i^R}{Red^R}$	II.11

En la tabla 2.4 se muestran las fórmulas para determinar la vulnerabilidad económica ante los deslizamientos, con los pesos asignados a cada uno de los indicadores y sus pesos como aparece en la tabla 2.1. Además los tipos de producciones, en zonas industriales, áreas de cultivos y la cantidad y tipos de animales.

Según la guía metodológica, la vulnerabilidad económica es muy difícil de estimar, principalmente por la disponibilidad de datos. Aquí se emplean algunos indicadores cualitativos que posteriormente pueden mejorarse, estos aparecen en la tabla 2.1 de este capítulo.

El presupuesto de reducción de desastres del territorio, como establece la metodología, se emplea para estimar la vulnerabilidad de este indicador utilizando la fórmula II.12, que aparece en la tabla 2.4. La vulnerabilidad industrial y de áreas cultivadas se determina teniendo en cuenta los cinco tipos de valores de la producción que aparece en la tabla anteriormente mencionada, en las que se aplica las fórmulas II.13 y II.14. La vulnerabilidad animal se determina teniendo en cuenta la cantidad de animales del territorio que está en zonas de riesgo, para lo que se aplica la fórmula II.15. Finalmente, para calcular la vulnerabilidad económica ante los deslizamientos del terreno se usa la siguiente fórmula:

$$Vul_{eco} = 0.10 \cdot Vul_{pres} + 0.40 \cdot Vul_{ind} + 0.20 \cdot Vul_{cult} + 0.30 \cdot Vul_{anim}$$

Donde:

Vul_{pres} : vulnerabilidad de presupuesto de reducción de desastre

Vul_{ind} : vulnerabilidad de zonas industriales

Vul_{cult} : vulnerabilidad de las áreas cultivadas

Vul_{anim} : vulnerabilidad de la cantidad de animales

Tabla 2.4: Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad económica

Presupuesto de reducción de desastres	Fórmulas	No.
Por ciento ejecución 0%	$Vul_{pres} = 1 - \frac{\% \text{ ejecución}}{100}$	II.12
Zonas industriales. Tipo	$Vul_{ind} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Ind_i^R}{Ind^R}$	II.13
Producción de muy alto valor		
Producción de alto valor		
Producción de mediano valor		
Producción de bajo valor		
Producción de muy bajo valor		
Áreas cultivadas. Tipo	$Vul_{cult} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot AC_i^R}{AC^R}$	II.14
Producción de muy alto valor		
Producción de alto valor		
Producción de mediano valor		

Producción de bajo valor		II.14
Producción de muy bajo valor		
Cantidad de animales. Tipo	$Vul_{anim} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Anim_i^R}{Anim^R}$	II.15
Vacuno		
Equino		
Porcino		
Ovino- Caprino		
Avícola		

En la evaluación de la **vulnerabilidad ecológica** se tiene en cuenta al igual que las demás vulnerabilidades los indicadores que parecen en la tabla 2.1. Esta se refiere a los daños que pueden ocasionar los deslizamientos del terreno a la ecología.

Como se muestra en la tabla 2.5 para estimar la vulnerabilidad de zonas sensibles se tienen en cuenta las áreas de zonas sensibles y las áreas de las zonas de peligros, para la que se utiliza la fórmula II.16. Para determinar la vulnerabilidad por área protegida se valoran los indicadores que están previstos en la misma tabla y se emplea la fórmula II.17. Finalmente, para evaluar la vulnerabilidad ecológica se realiza a través de la siguiente fórmula :

$$Vul_{eco} = 0.25 \cdot Vul_{zsensible} + 0.75 \cdot Vul_{aprot}$$

Donde:

$Vul_{zsensible}$: vulnerabilidad en las zonas sensibles

Vul_{aprot} : vulnerabilidad en las áreas protegidas

Tabla 2.5. Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad ecológica

Fórmulas	No.
$Vul_{zsensible} = \frac{A(P)_{zsensible}}{A(P)}$	II.16
$Vul_{aprot} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot A(P)_{aprot}^i}{A(P)}$	II.17

En el cálculo de la vulnerabilidad **por capacidad de respuesta** se tuvo en cuenta los indicadores que aparecen en la tabla 2.1. Como se muestra en la tabla 2.6 para determinar la vulnerabilidad de preparación, que es una estimación de la preparación de la población para desastres por deslizamientos, se emplea la fórmula II.18, la que será 1 cuando no estén preparados y 0 cuando estén totalmente preparados. De esta misma manera se evalúa la vulnerabilidad de grupos electrógenos y la disponibilidad de salud, en la que se aplican las fórmulas II.19 y II.20. La capacidad de albergue se determina por el por ciento de evacuados en zonas de peligros por deslizamientos que necesitan albergue, en la que se usa la fórmula II.21.

La vulnerabilidad de acceso a zonas aisladas es para realizar evacuaciones súbitas u operaciones de rescate y salvamento en zonas de peligros por deslizamientos de las viviendas, la que se determina por medio de la fórmula II. 22. La vulnerabilidad de reserva con el fin de determinar la cantidad de suministros básicos, para la preparación ante desastres se calcula con la fórmula II.23. Finalmente se evalúa la vulnerabilidad por capacidad de respuesta, donde se aplica la fórmula siguiente:

$$Vul_{cap} = 0.2 \cdot Vul_{prepa} + 0.2 \cdot Vul_{electro} + 0.2 \cdot Vul_{salud} \dots + 0.1 \cdot Vul_{alberge} + 0.1 \cdot Vul_{acceso} + 0.2 \cdot Vul_{reserva}$$

Donde:

Vul_{prepa} : vulnerabilidad del porcentaje de preparación

$Vul_{electro}$: vulnerabilidad del grupo electrógeno

Vul_{salud} : vulnerabilidad del sistema de salud

$Vul_{alberge}$: vulnerabilidad en la capacidad de albergues

Vul_{acceso} : vulnerabilidad en los acceso a zonas aisladas

$Vul_{reserva}$: vulnerabilidad en la reservas de suministro

Tabla No 2.6. Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad por capacidad de respuesta

Fórmulas	No.
$Vul_{prepa} = 1 - \frac{Prepa\%}{100}$	II.18
$Vul_{electro} = 1 - \frac{Electro\%}{100}$	II.19
$Vul_{salud} = 1 - \frac{Salud\%}{100}$	II.20

$Vul_{alberge} = 1 - \frac{Alberge\%}{100}$	II.21
$Vul_{acceso} = 1 - \frac{Acceso\%}{100}$	II.22
$Vul_{reserva} = 1 - \frac{Reserva\%}{100}$	II.23

2.1.3 Cálculo de la vulnerabilidad total

Una vez calculados todos los indicadores en todos los niveles se procede a calcular la vulnerabilidad total para el territorio. La vulnerabilidad total por deslizamientos de terreno queda definida por la contribución de varias vulnerabilidades siguiendo la estructura jerárquica y se calcula como aparece en la siguiente ecuación:

$$Vul_t = 0.46 \cdot Vul_{soc} + 0.26 \cdot Vul_{fis} + 0.16 \cdot Vul_{ecn} + 0.09 \cdot Vul_{eco} + 0.04 \cdot Vul_{cap}$$

Donde:

Vul_t - es la vulnerabilidad total obtenida por la sumatoria de las demás vulnerabilidades con sus pesos.

Vul_{soc} -es la vulnerabilidad social que incluye la población, su percepción sobre los desastres, los barrios insalubres y los desechos sólidos.

Vul_{fis} -es la vulnerabilidad física es aquella medida directamente por daños tangibles en edificaciones, instalaciones, sistema de transportación, líneas vitales e instalaciones de productos peligrosos.

Vul_{ecn} -es la vulnerabilidad económica que incluye las pérdidas económicas en agricultura, ganadería, producción industrial, así como el costo estimado de respuesta y la ejecución del presupuesto de reducción de desastres.

Vul_{eco} -es la vulnerabilidad ecológica incluyendo las áreas protegidas, las zonas ecológicamente sensibles y la degradación de las microcuencas.

Vul_{cap} -es la vulnerabilidad por capacidad de respuesta ante desastres considerando los sistemas de salud, alberges, grupos electrógenos, reserva de suministros y acceso a zonas aisladas.

Para calcular las diversas vulnerabilidades se debe tener en cuenta las fórmulas que se presenta en la tabla 1.

2.2 Volumen de los trabajos realizados

Búsqueda bibliográfica:

Una vez determinada el área de estudio de la investigación se ejecutó la búsqueda, selección y revisión bibliográfica. Para realizar la revisión bibliográfica referente al tema, se consultó en el centro de información del I.S.M.M, trabajos de diplomas, tesis de maestrías y doctorales, y otros documentos relacionados con la temática abordada en la investigación.

Además, se consultaron los trabajos que precedieron a esta investigación, lo que contribuyó al enriquecimiento de la información con datos actualizados y confiables.

La autora visitó las Instituciones Gubernamentales del Municipio como: planificación Física, CITMA, Poder Popular, Estadística, y en la biblioteca del ISMM donde se recopilaron datos que sirven de base al desarrollo de las etapas posteriores de la investigación, la que incluye las características físico-geográficas y geológicas del área de estudio, expuestas en el capítulo I de la investigación (tabla 2.7).

Tabla 2.7. Bases cartográficas obtenidas en la búsqueda de información

Mapas	Fuentes de información	Escala	Información del área de estudio
MDT	Defensa Civil, Moa	1: 100 000	Altitudes
Municipio	Defensa Civil, Moa	1: 100 000	Límite del área y el consejo popular.
Geológico	I.G.P	1: 100 000	Formaciones geológicas.
Tectónico	Centro de Riesgo, Moa	1: 100 000	Fallas
Topográfico	CITMA	1: 100 000	Red Fluvial (arroyos y ríos)

Trabajos de campo

Se realizaron marchas de reconocimiento en el área de estudio con el objetivo de corroborar las ubicaciones de las posibles zonas vulnerables a los deslizamientos y determinar las características de las mismas. Mediante estas marchas se utilizaron los datos de las vulnerabilidades y sus indicadores para calcular la vulnerabilidad existente.

Se realizaron los trabajos de gabinetes en esta etapa donde se procesaron los datos estadísticos calculando los diferentes tipos de vulnerabilidades utilizando las fórmulas expuestas en el epígrafe anterior para dar cumplimiento a la metodología propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos.

Interpretación de los resultados

Se procesaron todas las informaciones obtenidas durante las dos etapas anteriores, dando paso así a la digitalización de la información base.(cálculo de las vulnerabilidades) donde se obtuvo una base de datos en Excel que contribuyó a la obtención del esquema de vulnerabilidad utilizando como herramienta los sistemas de información geográfica (SIG). Una vez obtenido el esquema de vulnerabilidad total, se realiza la interpretación de este teniendo como basamento los diferentes valores de las vulnerabilidades.

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

Estructura del proyecto:

El ArcGIS es el programa dentro de los S.I.G utilizado en la presente investigación y toda la información se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos como vistas, tablas, diagramas o gráficos, y presentaciones. La información integrada en el proyecto se almacena en un archivo con extensión*.mxd. Vistas (VIEW). En el View se integran los diferentes temas o mapas, y en esencia es una superposición de todos los temas que conforman el proyecto (ver figura 2.2).

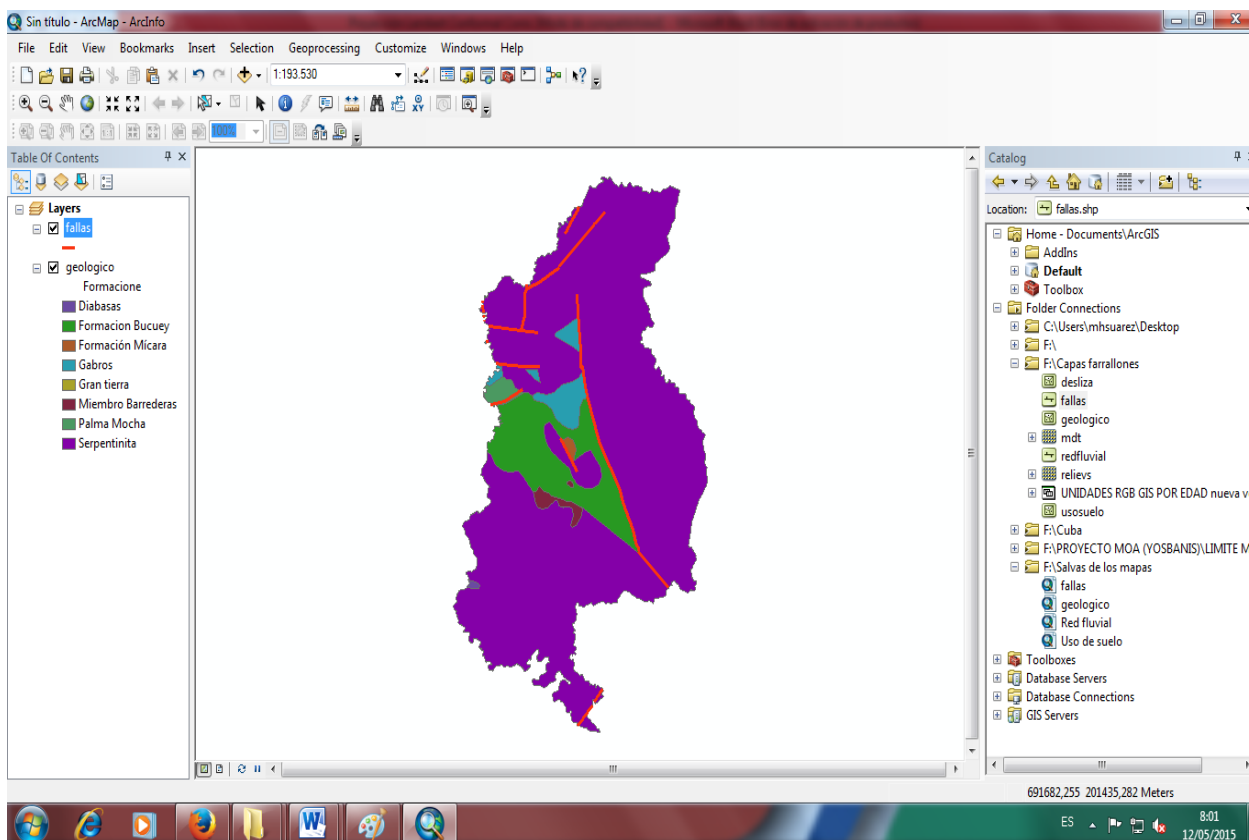


Figura 2.2. Visualización del VIEW de los mapas temáticos

Tablas (TABLE): las tablas se encuentran asociadas a cada tema y contienen información descriptiva o atributos del mismo. Están formadas por columnas y filas o registros que representan características individuales de cada rasgo y por columnas o campos que definen las características de todos los elementos (ver figura 12).

Diagramas y gráficos: se han utilizado los diagramas para las representaciones graficas de los datos tabulares y constituyen una forma de visualizar información de atributos, mediante la construcción de diagramas de barras para la caracterización de los mapas temáticos.

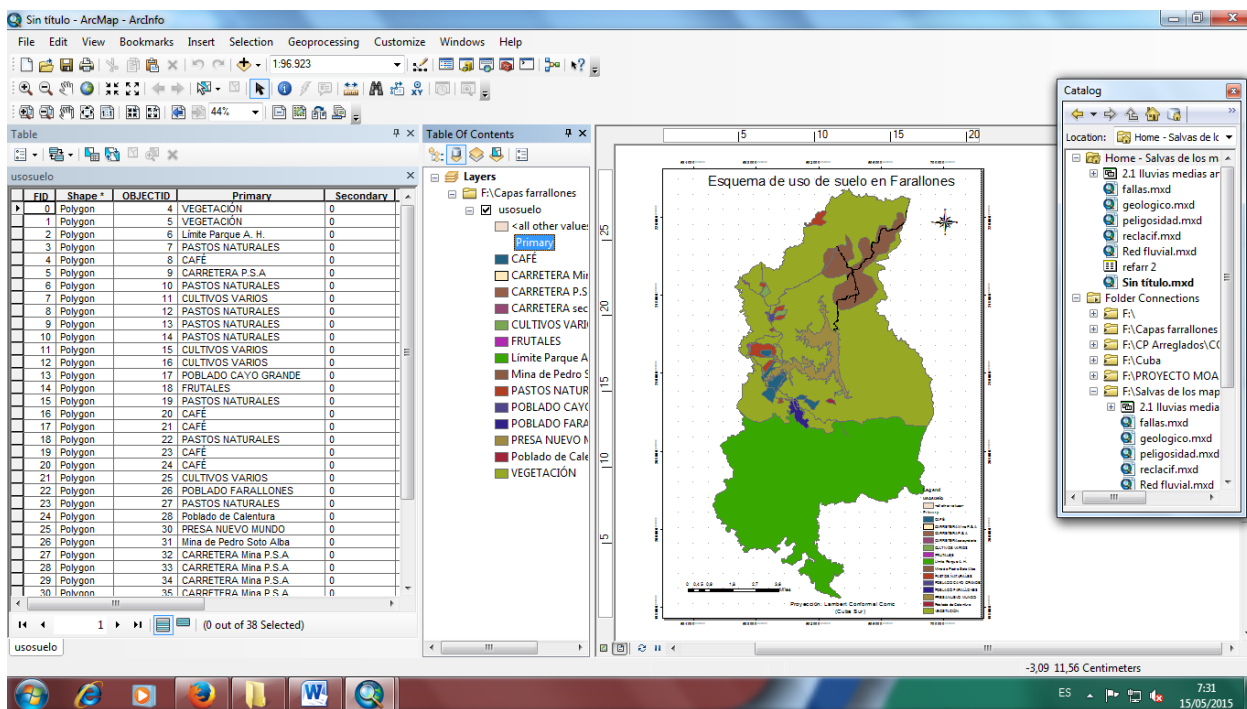


Figura 2.3. Visualización de la tabla de atributos de los mapas temáticos utilizados. Mediante la utilización del (S.I.G.) se combinaron los indicadores de vulnerabilidad con el objetivo de generar un mapa en el que quede representado las vulnerabilidades por deslizamientos del área de estudio. Todo el procedimiento metodológico empleado en la investigación para la obtención final (Esquema de vulnerabilidad total por deslizamientos en la comunidad de farallones, municipio Moa) queda reflejado en la (Figura 2.3).

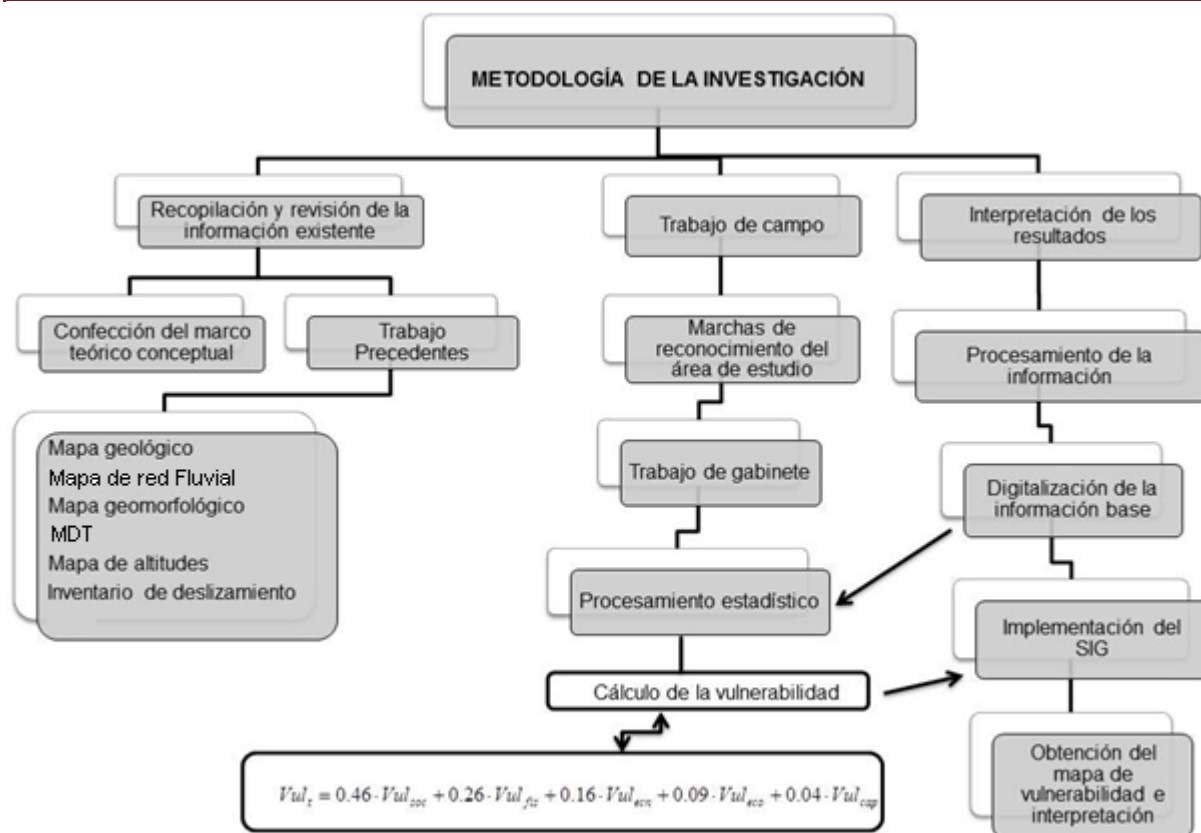


Figura 2.4: Metodología empleada en la evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos en el consejo popular Farallones.

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO MOA

Introducción

La estimación de la distribución de riesgo o vulnerabilidad generada por la interacción entre los deslizamientos y los elementos afectados tiene como finalidad proporcionar un mapa que describa de manera cualitativa o cuantitativa el nivel o grado de vulnerabilidad para una localidad (Dai et al., 2002). En el presente capítulo se realiza la interpretación de los resultados obtenidos y tiene como objetivo reflejar todos los pasos procedentes de la metodología propuesta en el capítulo anterior, que fueron empleados en el proceso de la investigación.

3.1 Características de los deslizamientos de la comunidad de Farallones

La identificación de los movimientos de masa presentes en el área de estudio se realizó mediante la fotointerpretación, su ubicación y caracterización que se corroboraron en los trabajos de reconocimiento realizados en los trabajos de campo, donde se describieron 47 movimientos de ladera. La figura 3.1 muestra el mapa de inventario de los deslizamientos del consejo popular farallones, del municipio Moa. De acuerdo al tamaño del área (217,80 Km²) y la escala de trabajo (1:5 000), se decidió hacer una caracterización general de estos fenómenos.

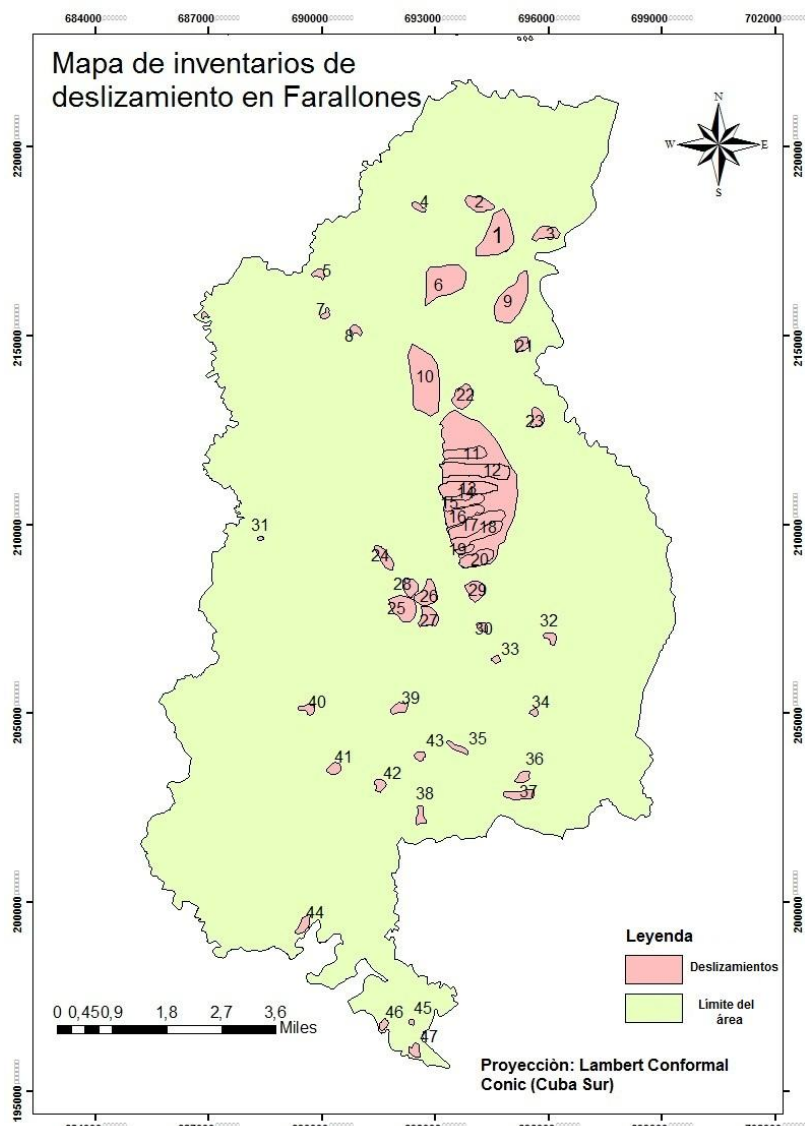


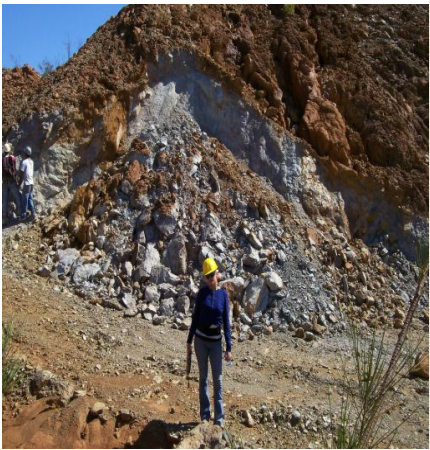

Figura 3.1. Inventario de deslizamiento escala 1:5 000


3.2 Mecanismos y tipologías de los movimientos de laderas en la comunidad de Farallones

Para definir de los distintos mecanismos de los movimientos de laderas en el consejo popular Farallones, la autora ha tomado como base los trabajos propuestos por (Varnes, 1978); (Corominas y García 1987); (Almaguer y Guardado, 2006). A continuación se muestra la caracterización ingeniero- geológica de las tipologías y mecanismos de los deslizamientos que tienen lugar en el área de estudio. (ver tabla 3.1)

Tabla 3.1. Caracterización ingeniero geológica de la tipología y los mecanismos de los deslizamientos que tienen lugar en farallones, del municipio de Moa.

Tipo de movimiento	Caracterización	Factores que intervienen	Condicionales Ingeniero-geológicos	Visualización del fenómeno
<p>Desprendimientos</p> <p><u>Mecanismos:</u></p> <p>Caída de bloques, Desprendimientos periódicos, Desprendimientos en masa, Formación de escarpes y acantilados, Avalanchas.</p>	<p>Movimiento rápido, de ruptura y caída sorpresiva de rocas, rocas-suelos desde laderas, y taludes abruptos. Ocurren en rocas intensamente agrietadas, alteradas y muy deterioradas. Los bloques poseen diversos tamaños desde grandes a pequeños. Los lugares más representativos son: Parque Alejandro Humboldt, mina Moa Níquel S.A</p>	<p>La forma del movimiento está gobernada por la morfología del terreno. Pendientes elevadas >60°. Precipitaciones por encima de los 220 mm. Aumento de la presión de agua en las fisuras y grietas. Sistemas de grietas tectónicas bien definidas en las rocas. Vibraciones por sismo, explosivos, tráfico de vehículos pesados, maquinarias.</p>	<p>Ocurren en laderas de los cauces de ríos y arroyos, en las rocas serpentinizadas y cortezas lateríticas, con superficie de deslizamiento contacto roca/suelo. Las rocas poseen un determinado sistema de grietas, estas son de alta intensidad, poca resistencia y a través ellas se mueven las aguas subterráneas.</p>	

<p>Deslizamientos</p> <p>EN ROCAS</p> <p><u>Mecanismos:</u></p> <p>Superficie plana, Superficie en cuña.</p>	<p>Movimiento de masa de velocidad moderada a través de unas superficies de fallas, planas o de cuñas, que siguen una dirección determinada según los planos de deslizamientos . Ocurren en rocas intensamente agrietadas.</p>	<p>Pendientes entre 0°-40° fundamentalmente. Con dirección NE, NW y N. Precipitaciones por encima de los 145 y 250 mm. Disminución de la resistencia de las rocas. Aumento de sobrecarga en la cresta de los taludes. Vibración por sismos, voladuras, etc. Cortes al pie de los taludes y laderas.</p>	<p>Se manifiestan en laderas de los cauces de ríos y arroyos y en la rocas serpentinizada s, en ella aparecen planos de espejos de fricción bien definidos. Estas rocas poseen un sistema de grietas bien definido: N13E- N42W, NS y WE. La permeabilidad es por grietas.</p>	
<p>Deslizamientos</p> <p>EN SUELOS:</p> <p><u>Mecanismos:</u></p> <p>Rotacional, Traslacional</p>	<p>Movimiento de masa de velocidad moderada en superficies de fallas circular, rotacional y traslacional. Se forman grietas de tracción en la cresta. Los desplazamientos son menos anchos que largos. Los lugares más representativos son: Calentura y la Presa Nuevo Mundo.</p>	<p>Pendientes entre 20°-40° . Las direcciones están en NE, NW, N y EW. Precipitaciones por encima de los 120-220 mm. Aumento de sobrecarga en la cresta de los taludes. Cortes en el pie los taludes y laderas en viales. Vibración por sismos, voladuras, etc.</p>	<p>Suelos arenos-arcillosos, arcillas. Formando parte del perfil laterítico. Se manifiestan en laderas y cuencas hidrográficas, Las arcillas poseen una alta plasticidad y capilaridad . Son suelos poco permeables, generan alta carga hídrica. e inestabilidad.</p>	

<p>Flujos</p> <p><u>Mecanismos:</u></p> <p>Flujo de derrubios y bloques, Coladas de suelos y rocas.</p>	<p>La masa en movimiento totalmente dislocada, fluye como un cuerpo viscoso.</p> <p>El límite entre las masas móviles y el terreno en sitio está bien definido.</p> <p>La velocidad con que ocurre el movimiento varía en función de la naturaleza del material transportado y de la topografía y pendientes del terreno.</p> <p>El rango de velocidad va desde un flujo plástico extremadamente lento hasta una colada catastrófica de materiales sueltos compuestos por una mezcla de rocas, árboles y suelos con humedades variables.</p>	<p>Pendientes entre Fuertes precipitaciones durante periodos prolongados de lluvia anormalmente, mas de 400mm Fenómenos meteorológicos. Sismicidad: sismos, terremotos, vibraciones, etc.</p>	<p>Se desarrollan en materiales con diversas granulometrías, dispersándose cuando se desarrollan en suelos de granulometrías más gruesas. Posen mecanismo catastrófico, reducción de la fricción interna en pendientes fuertes y disminución de la resistencia al deslizamiento de los materiales sobre el sustrato rocoso.</p> <p>Al llegar a una superficie menos inclinada, horizontal o en contrapendiente, hay un aumento repentino de la fricción interna y disipación rápida de la energía cinética y en consecuencias</p>	
---	--	---	---	---

	<p>La gran energía cinética desarrollada permite largos recorridos sobre superficies poco inclinadas con formación de conos de eyección que cubren grandes áreas.</p> <p>Los lugares más representativos son: parque Alejandro Humboldt y la presa Nuevo Mundo.</p>		<p>una acumulación de la masa al pie de la ladera No presentan superficie de rotura definida. Para pendientes y topografía abrupta la masa puede desarrollar grandes velocidades y altos niveles de energía cinética. Materiales de alta porosidad. La masa está compuesta por finos mezclados con guijarros y bloques. La ruptura deja en el suelo nichos en forma de -V .</p>	
--	---	--	---	--

3.3 Evaluación de las vulnerabilidades por deslizamiento en el área de estudio

La vulnerabilidad hace reseña al impacto del fenómeno sobre la sociedad, y es precisamente el incremento de la vulnerabilidad el que ha llevado a un mayor aumento de los riesgos naturales. Para la evaluación de las diferentes vulnerabilidades en el área de estudio se tomaron en cuenta los valores de vulnerabilidad (Fell, 1994) propuestos para la clase de deslizamiento definidas por (Varnes 1978), de acuerdo con su magnitud (ver tabla 3.2), además de los indicadores antes mencionados en el capítulo II.

Tabla 3.2. Valores de vulnerabilidad (Fell,1994) propuestos para la clase de deslizamiento definidas por Varnes (1978), de acuerdo con su magnitud

Magnitud (M)	Descripción	Vulnerabilidad (V)	Clasificación
7	Extremadamente grande	>0,9	Muy alta
6	Muy grande	0,5-0,9	Alta
5	Medio-Grande	0,1-0,5	Media
4	Medio	0,005-0,1	Baja
3	Pequeño	<0,005	Muy Baja

3.3.1 Vulnerabilidad social

En la vulnerabilidad social se valoró el grado en que los factores sociales pudieran incrementar la vulnerabilidad, teniendo en cuenta el papel del hombre en la construcción social del riesgo, su percepción, su nivel de preparación para enfrentar los desastres, el nivel de exposición, entre otros. A partir del análisis de los indicadores que influyeron en la evaluación de la vulnerabilidad social, la población fue el indicador de vulnerabilidad más importante para los estudios de vulnerabilidad por deslizamientos en el área de estudio. Se consideraron tres indicadores calculados para las zonas de peligro: la población en peligro, los discapacitados y la dependencia de edad. En estrecha relación con lo anterior, la percepción fue evaluada a partir del conocimiento mostrado por la población acerca de estos fenómenos geológicos. Es de destacar que de forma general la población no percibe a los deslizamientos cómo un peligro latente. Desde esta perspectiva la evaluación de los barrios insalubres se tuvo en cuenta aquellos barrios perniciosos que se encuentran en las zonas de peligro, que pueden ser destruidos por los deslizamientos.

De manera simultánea al levantamiento de los rasgos geológicos de la zona de estudio se realizó un censo de la población afectada. La población en riesgo se concentró en un solo consejos popular y se estimó que puede ser afectada una población de alrededor 158 personas de las cuales ningunas de ellas presentan algún

tipo de discapacidad, o limitación física. Este censo permitió obtener un panorama general de las características como son el número de familias afectadas, y la percepción que tienen los pobladores de este fenómeno geológico, dando como resultado una vulnerabilidad social media (ver figura 3.2).

3.3.2 Vulnerabilidad física

La evaluación de la vulnerabilidad física se basó en inventariar los elementos en riesgo en las zonas de peligro y asignarles un peso según su clasificación. La vulnerabilidad de las edificaciones se estimó a partir de tres estados técnico-constructivo (ETC): bueno, regular y malo para cada tipología de vivienda, de las viviendas que se encuentran vulnerables a los deslizamientos 10 se encuentran en estado regular y 8 en mal estado. Las instalaciones esenciales son aquellas que proveen servicios a la comunidad y que deben estar funcionando después que ocurran eventos catastróficos. Debido a lo anterior se evaluaron las diferentes instalaciones donde se determinó cuales de ellas se encontraban en zonas de peligro para valorar su vulnerabilidad, determinándose que el daño a las instalaciones esenciales debido a deslizamientos generalmente es mínimo, pues muchas de ellas se construyen en lugares con poco o ningún peligro.

El propósito principal de incluir aquí las instalaciones esenciales es para determinar la pérdida de su funcionalidad en caso de desastres.

Así mismo se desarrolló el estudio de las líneas vitales, donde se incluyeron los sistemas de transportes y las redes técnicas. El sistema de transporte fue valorado a partir de diferentes elementos como son las carreteras, los puentes, mientras que las redes técnicas confinan los sistemas de agua potable y de aguas residuales, las redes eléctricas y las redes de comunicaciones.

En el consejo popular Farallones son afectadas las edificaciones (residenciales) y las líneas vitales como (redes técnicas y los sistemas de transporte), afectándose 2.3 km de caminos -terraplenes y 2.2 Km de redes eléctricas con apoyo de concreto, en conjunto a estas existen también vulnerabilidad en las instalaciones de altas pérdida potencial relacionados con los depósito de materiales peligrosos (ubicados en las

zonas de excavaciones mineras) y la presa Nuevo Mundo. Por lo antes exteriorizado la vulnerabilidad física se catalogó como una vulnerabilidad moderada.

Los deslizamientos de terreno causan grandes daños a las redes técnicas ya que en la mayoría de los casos se interrumpe completamente el servicio y el tramo de la red queda completamente destruido (ver figura 3.2).

3.3.3 Vulnerabilidad económica

La vulnerabilidad económica se encaminó a la valoración monetaria de la producción o los servicios de los elementos en riesgo. Este es un tipo de vulnerabilidad muy difícil de estimar principalmente por la disponibilidad de datos. Como una limitante del trabajo se pudo determinar que en el municipio no se conoce el monto monetario para la reducción de riesgos. Las entidades lo incluyen en sus planes de reducción, pero esta es aún insuficiente. En el transcurso de la evaluación de esta vulnerabilidad, el presupuesto de reducción representó el nivel de ejecución del presupuesto de reducción de desastres en el territorio. Estos se consideraron en cuanto a todas las entidades de la zona, ya sea este, asignado por el organismo o por el territorio (municipio o provincia). En este sentido no podía faltar la evaluación de las zonas industriales donde se tuvo en cuenta la cantidad de animales y el área cultivadas. En la vulnerabilidad física se estimó la vulnerabilidad por tipo de industria, aquí fue necesario hacer una valoración de la pérdida de su producción. El trabajo arrojó que en las zonas de peligro no existen grandes industrias, solo hay componentes esenciales de las mismas. En este caso nos referimos a las zonas de extracción de mineral de la Industria del Níquel fundamentalmente, pues la propia creación y explotación de los yacimientos, crea taludes con altos peligros de deslizamientos lo que en algún momento puede afectar el ciclo productivo. La determinación de las producciones agrícolas que se afectan se realizó tentativamente, y lógicamente no se puede establecer las pérdidas agrícolas que puedan ocurrir, pues esto depende del momento en que se produzca el deslizamiento, y los productos que en ese momento se cultiven. Para la evaluación de la cantidad de animales ocurrió similar como la estimación de las áreas cultivadas, en este caso solo se realizó un estimado de los

animales que existían en el momento del levantamiento de la información, lo cual puede servir de referencia para situaciones futuras.

En el área de estudio la vulnerabilidad económica es baja, puesto a que existen zonas industriales y áreas cultivadas que son vulnerables pero no han sido afectadas por los deslizamientos (ver figura 3.2).

3.3.4 Vulnerabilidad ecológica

La vulnerabilidad ecológica se estimó a partir de los daños que pudieron ocasionar los deslizamientos del terreno a la ecología. Mediante el análisis de los indicadores que influyeron en la evaluación de la vulnerabilidad ecológica se tuvo en cuenta las zonas ecológicamente sensibles que se estimó por sus condiciones físico-geográficas (alturas, pendientes, suelos, grado de conservación, etc.) que dificultan su recuperación después de su asimilación. La vulnerabilidad se dedujo como una función de la relación entre el área que ocupan estas zonas sensibles en las zonas de peligro. Posterior a esta, las áreas protegidas se evaluaron a partir de aquellas zonas que están reconocidas internacional o nacionalmente como áreas naturales protegidas, afectándose el 0.5 km de áreas del Parque Nacional y Patrimonio de la Humanidad “Alejandro de Humboldt”. Esta vulnerabilidad es baja como se puede mostrar en la figura 3.2, donde vale destacar que el Parque Nacional Alejandro de Humboldt es una de las áreas afectadas en el consejo popular farallones de Moa (ver anexo 4).

3.3.5 Capacidad de respuesta

Se midió como un componente más de vulnerabilidades valorándose sus efectos negativos, aunque es un factor que normalmente se mide separado y contrario a la vulnerabilidad. Esta vulnerabilidad como se refleja en la figura 3.2 presenta un promedio medio, este proceso de capacitación incorpora un componente fuerte en la apropiación de los actores sobre los componentes técnicos del tema de los deslizamientos, vinculado con el conocimiento popular que permite hacer recomendaciones técnicas de manera participativa con los especialistas en deslizamientos. Generalmente, cómo se expresó anteriormente, las principales

afectaciones del área se localizan en la zona montañosa y estos asentamientos pertenecientes al Plan Turquino cuentan con una estrategia donde existen en cada uno de ellos reservas de suministros básicos (alimentos) en sus mismas zonas. Todavía son insuficientes las reservas de agua potable, pues los habitantes de estas zonas generalmente consumen agua de pozos y en caso de contaminarse el manto freático estos se verían afectados.

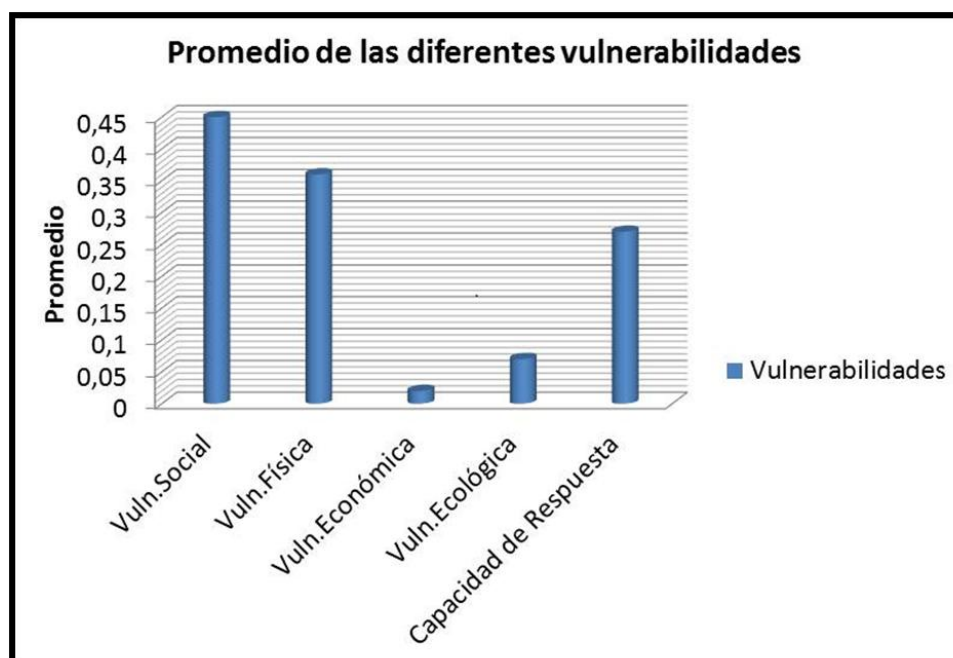


Figura 3.2. Promedio de las diferentes vulnerabilidades.

En la figura 3.2 se muestran las evaluaciones de las vulnerabilidades en cada variable, teniendo en cuenta los resultados de los cálculos realizados, donde las vulnerabilidades ante los deslizamientos en la comunidad de Farallones varía desde baja a alta según los valores de vulnerabilidad (Fell, 1994) propuestos para la clase de deslizamiento definidas por Varnes (1978), de acuerdo con su magnitud.

3.3.6 Vulnerabilidad total

Para la evaluación de la vulnerabilidad total de deslizamientos se tomó en cuenta los diversos tipos de vulnerabilidades y por ello, incluye estudios de distribución de la población e infraestructura, situación económica, pobreza en la zona y presencia de instituciones sociales como consultorios, escuelas, etc.

En la confección del mapa de vulnerabilidad total, fue necesario establecer el mapa de uso de suelo para evaluar la vulnerabilidad por cada elemento expuesto en el área de estudio (ver anexo 5), y se utilizó el mapa de peligro para calcular el área de peligro en la zona (ver anexo 6).

En la figura 3.3 se muestra el esquema de vulnerabilidad total por deslizamiento en Farallones donde las vulnerabilidades varían desde muy bajo a muy alto valor.

Los mayores índices de vulnerabilidad se encuentra al noroeste y al del área de estudio, afectándose el Parque Nacional Alejandro de Humboldt, La Presa Nuevo Mundo y la mina de la fábrica Comandante Pedro Sotto Alba, mientras que las vulnerabilidades moderadas corresponden a las carreteras secundarias, a las carreteras de la mina Comandante Pedro Sotto Alba y al poblado de Calentura.

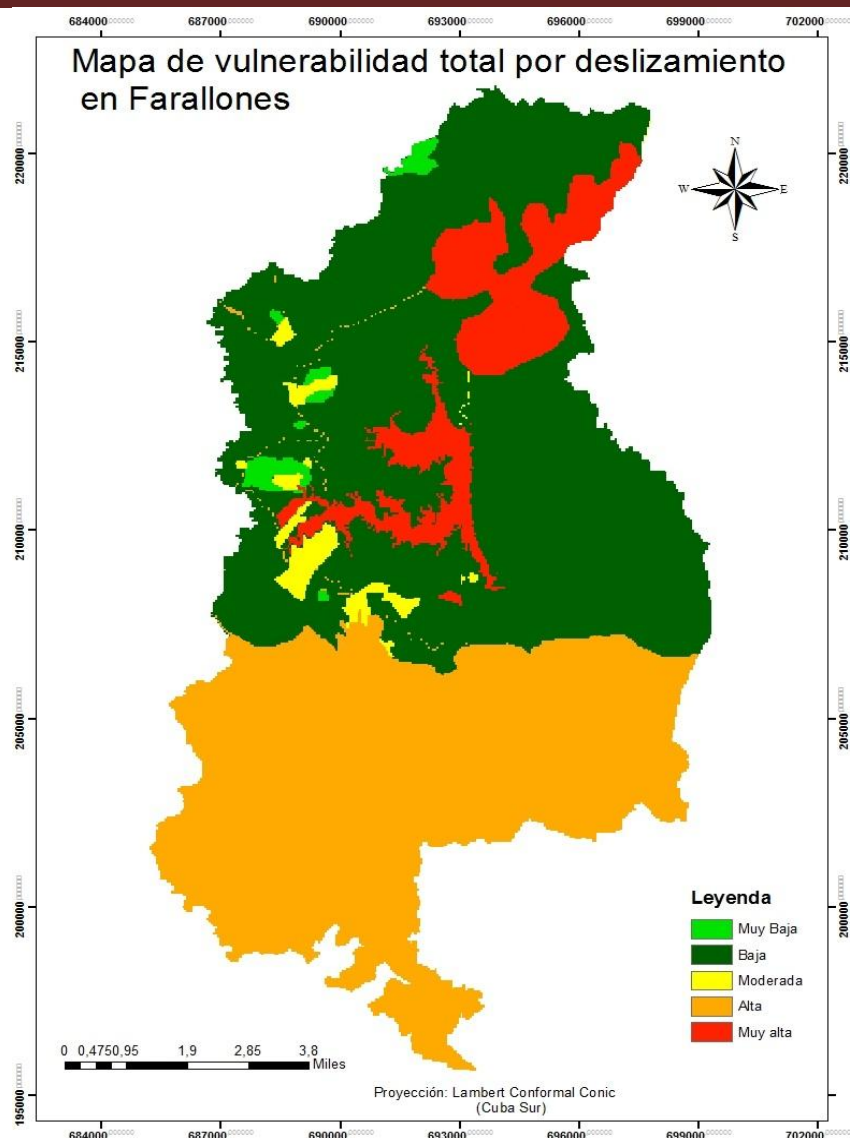


Figura 3.3. Esquema de vulnerabilidad total por deslizamiento en el consejo popular Farallones a escala 1: 5 000

El mayor por ciento del área de estudio presenta una vulnerabilidad baja, debido a que los deslizamientos presentes en el área de vegetación no constituye alguna vulnerabilidad representativa que pueda dañar al medio.

El análisis de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de los deslizamientos en esta zona es relevante por las siguientes razones: la vulnerabilidad es el único componente del riesgo que el hombre puede modificar para conocer quiénes son vulnerables, a qué

son vulnerables y por qué son vulnerables; además, permite seleccionar áreas críticas de intervención prioritaria para planificar y ejecutar acciones de manera oportuna.

Resulta importante destacar que aun cuando la vulnerabilidad total calculada para el consejo popular Farallones de Moa muestra resultados bajos, existen zonas que por su ubicación geográfica, pueden ser afectadas significativamente, es en este caso el propio municipio de Moa que por la acción del hombre (minería) se han creado condiciones que puedan provocar eventos de este tipo.

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, cuáles 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 fenómenos geológicos (deslizamientos), las zonas vulnerables por movimientos de masas y sobre las medidas a tomar antes, durante y después de ocurrir un fenómeno de este tipo.

Conclusiones

- Se determinaron las diferentes vulnerabilidades por deslizamiento existentes en el área de estudio (Física, Económica, Social, Ecológica y por Capacidad de respuesta) y sus indicadores, que se definen a partir de los procesos naturales y de la interacción de las actividades humanas desarrolladas en la zona para proceder al cálculo de dichas vulnerabilidades donde la vulnerabilidad social, física y la capacidad por respuestas fueron unas de las vulnerabilidades moderadas en el área.
- A partir de la aplicación de la “Guía para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno” (Versión 4, 2012), y utilizando los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) como herramienta, se obtuvo el esquema de vulnerabilidad total por deslizamientos en el consejo popular Farallones del municipio Moa, dividido en cinco clases de vulnerabilidades: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.
- La cartografía del esquema de vulnerabilidad total por deslizamientos se fundamentó en los resultados obtenidos mediante los cálculos realizados de las diferentes vulnerabilidades en el trabajo. Debido a esto se realizó por primera vez una Evaluación de vulnerabilidad por deslizamientos en taludes y laderas en el consejo popular Farallones del municipio de Moa, donde la mina Comandante Pedro Sotto Alba, las carreteras que conducen a la misma, la presa Nuevo Mundo, las carreteras secundarias y el parque nacional Alejandro de Humboldt se corresponden con las vulnerabilidades más altas.

Recomendaciones

1. Emplear la metodología utilizada en la investigación para determinar el nivel de P.V.R. por deslizamiento en otros municipios de la provincia Holguín y proponer revisarla metodología para ser empleada en zonas rurales.
2. Sugerir el plan de acciones para prevenir y reducir las vulnerabilidades en otras comunidades de montaña atemperado a las condiciones concretas de esas localidades.
3. Considerar en el ordenamiento ambiental y territorial de la provincia los resultados generados por este estudio, a fin de reducir vulnerabilidades y riesgos en zonas expuestas al peligro.

Bibliografía

1. Alfonso H, M. (2005). *“Análisis de susceptibilidad a los movimientos de laderas en la parte oriental de la cuenca del río Almendares y la llanura marina adyacente. Cuba”*.
2. Alfonso, L. D. (2013). *Evaluación de riesgo por deslizamiento en taludes y laderas en el municipio Mayarí*.
3. Almaguer , Y. (2001.)*“Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo rocoso”*.
4. Baeza, C. (1994.). *Evaluación de las condiciones de rotura y la movilidad de los deslizamientos superficiales mediante el uso de técnicas de análisis multivariante*.
5. Batista, J. (1998). *Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1: 50 000. . Moa .*
6. BELTRÁN, L. R. (2001). *Comunicación: La herramienta crucial para la reducción de desastres*. Managua y Baltimore: Universidad John Hopkins-Centro para Programas de Comunicación. Taller Centroamericano de Planeamiento 25 p.
7. Cala, Y. (2010). *Estudio de los peligros geológicos para la evaluación de la vulnerabilidad del tramo moa-río jiguaní en la carretera moa – baracoa*. Moa.
8. CAMARASA BELMONTE, A. L. (2008.). Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas: Los llanos de Carraixet y Poyo. En *Cuadernos de Geografía* 83.
9. Campos, M. (1983.). Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología*,2:51-76.
10. Carmenate, J. A. (1996.). *Evaluación de las condiciones ingeniero-geológicas para la zonificación de los fenómenos geológicos en áreas urbanas y suburbanas de la ciudad de Moa*. Moa.
11. Carmenate, J. y. (1999.). Zonificación de los fenómenos geológicos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa. *Minería Y Geología*, 16 (2): 21-31.

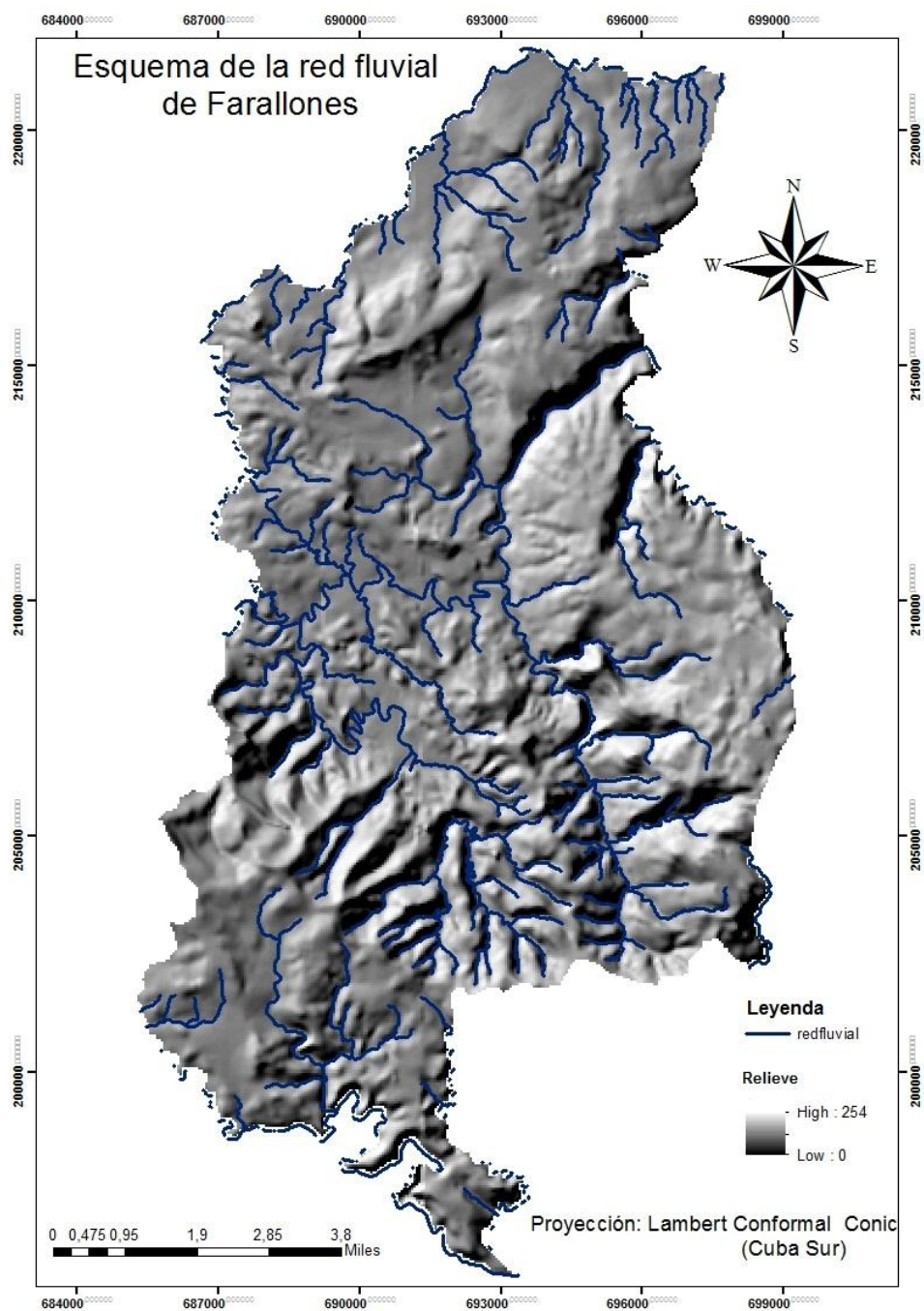
12. Chacón, J. y. (1999). *Previsión espacial de movimientos de laderas y riesgos asociados mediante un SIG*. Los sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente.
13. Chang, J. L., Castellanos, E., & Moreira., K. N. (2005). *Análisis de riesgos por deslizamientos. Contribución a partir del estudio de la migración de los radioelementos naturales*.
14. CITMA., C. (2005). *Guía para la realización de Estudios de Riesgo para situaciones de desastres, Departamento de Protección del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil de la República de Cuba*. La Habana.
15. Domínguez, L. (2005). *Potencial geológico-Geomorfológico de la región de Moa para la propuesta de un modelo de gestión de los sitios de interés patrimonial*. Moa.
16. GALÁN CASELLAS, D. (2011). *Estudio de vulnerabilidad frente a deslizamientos en un tramo del camino de La Melba*. Moa.
17. GARCELL RODRÍGUEZ, O. (2012). *Estudio de riesgos en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa*. Moa.
18. Garcell, O. (2014.). *Prevención y reducción de las vulnerabilidades de la comunidad de la Melba ante los desastres naturales*. Moa.
19. Gaston Armel, E. (1996). *Estudio de los impactos medioambientales en el Municipio de Moa*. Moa.
20. Guardado, R. K. (2000). "Cartografía y evaluación del impacto geoambiental a través de un sistema de información geográfica". Cuba, . *REVISTA MINERÍA Y GEOLOGÍA*, XVII (3-4).
21. Irigaray, C. (1995). *"Movimientos de ladera: inventario, análisis y cartografía de susceptibilidad mediante un Sistema de Información Geográfica". Aplicación a las zonas de Colmenar (Málaga), Rute (Córdoba) y Montefrío (Granada)*.
22. L., G. R. (2013). *Percepción y Reducción de los desastres Naturales. Conferencia Magistral. Primer Encuentro de Artistas e Intelectuales del Este Oriental Cubano del Proyecto Internacional Dracaena Cubensis*.

-
23. Lomtadze, V. D. (1977). *"Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería"*. Ed. Pueblo y Educación, 560 p.
 24. María, V. G. (1960 – 1990). *La exploración de evaluación de la vulnerabilidad frente a amenazas asociadas con deslizamientos e inundaciones en la zona Nororiental de Medellín*.
 25. Mojena, M. (2009). *Estudio geoambiental del parque nacional Alejandro de Humboldt, Sector la Melba*. Moa.
 26. Montecelos, Y. (2007). *Valoración del Geopotencial con vista al Ordenamiento Territorial del municipio de Moa*. Moa.
 27. Mora, S. (1993). *Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos*.
 28. Peña, A. (2009). *Evaluación de la susceptibilidad del terreno por deslizamiento en el sector Nuevo Mundo*. Moa.
 29. Pérez Gutierrez, R. (2007). *Análisis de la vulnerabilidad por deslizamientos en masa, caso: Tlacuitlapa*.
 30. Pintón, R. (2010). *Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Oeste del Municipio Moa*.
 31. Puig Beltran, R. (2007). *"Evaluación de riesgos múltiples por desarrollo de fenómenos naturales en el municipio Moa"*. Moa.
 32. Reyes Wilmer, J. O. (2003). *Vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua-Honduras*.
 33. Reyes, Y. (2010). *Evaluación de la susceptibilidad por deslizamientos en el territorio de Moa aplicando métodos geomorfológicos y estadísticos*. Moa.
 34. Riverón, A. (1996). *Caracterización de la respuesta dinámica de los suelos en la ciudad de Moa*. Moa.
 35. Rodríguez, A. M. (1996). *Morfotectónica y sismotectónica de la ciudad de Moa*. *Minería y Geología*, 13-16.
 36. Rodríguez, A. (1998). *Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica*. Moa.

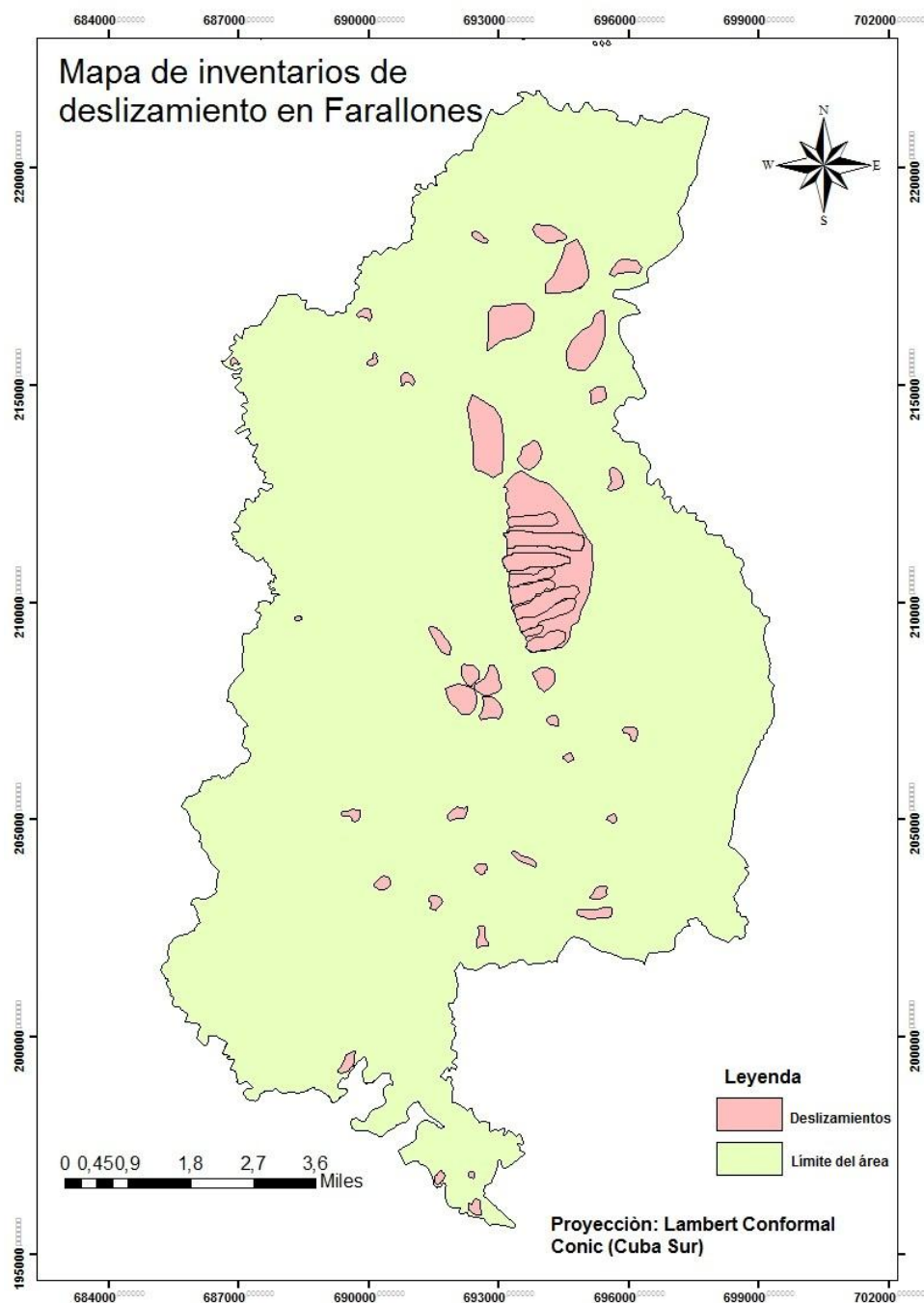
37. Santacana, N. (2001). *Análisis de la susceptibilidad del terreno a la Formación de deslizamientos superficiales y Grandes deslizamientos mediante el uso de Sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat*. UPC. Barcelona.
38. Torres, M. (1987). "Características de la asociación ofiolítica de la región norte de Moa-Baracoa y su relación con el arco volcánico Cretácico".
39. Vidal G, L. (1960 – 1990). *La exploración de evaluación de la vulnerabilidad frente a amenazas asociadas con deslizamientos e inundaciones en la zona Nororiental de Medellín*.
40. Viltres Milán, Y. (2010). *Evaluación de riesgo por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del municipio Moa*. Moa.

ANEXOS

Anexo 1: Esquema de la Red Fluvial en Farallones a escala 1:100 000



Anexo 2: Esquema de inventario de los deslizamientos en la comunidad de Farallones a escala 1:5 000



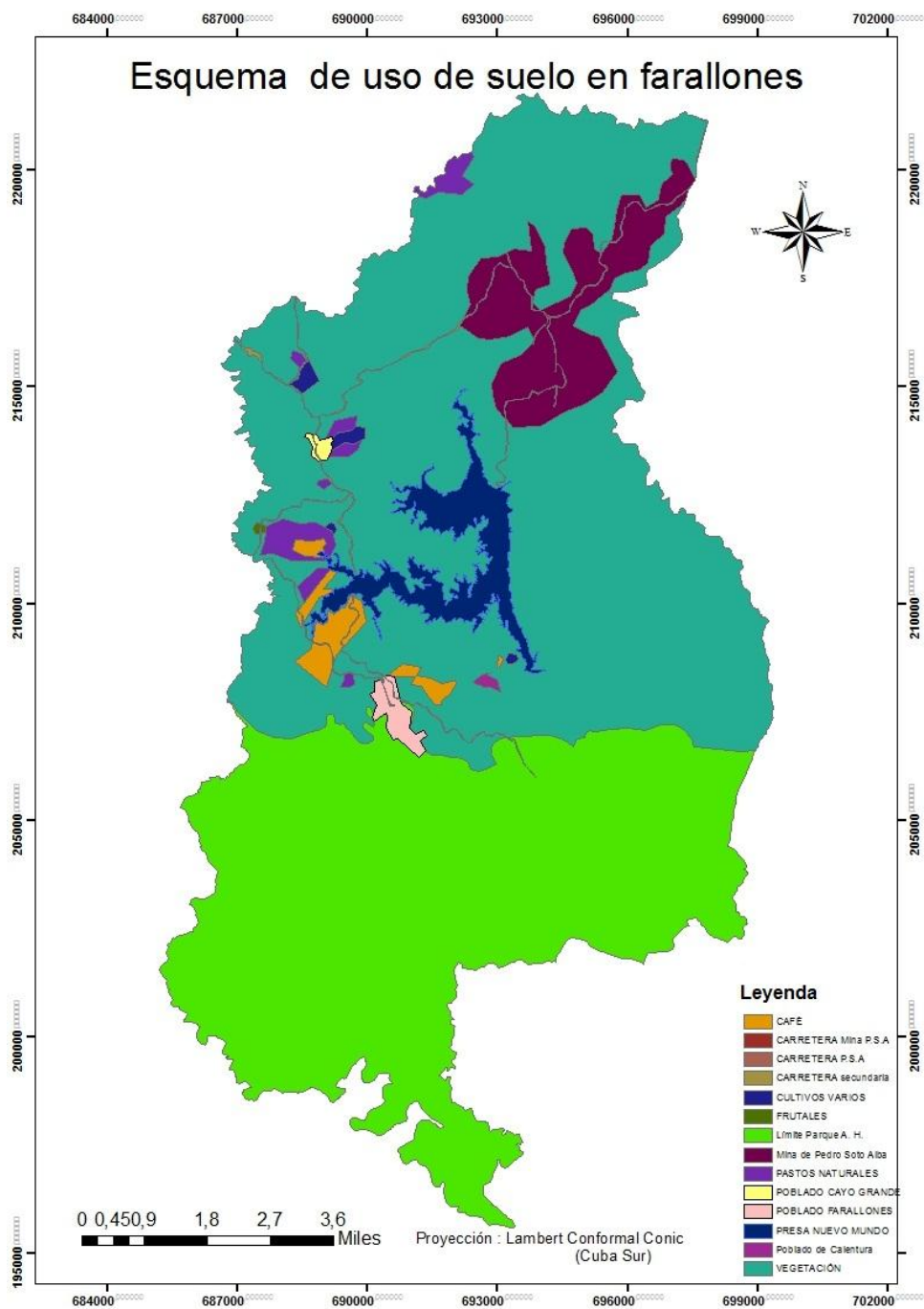
Anexo 3: Estado de algunas viviendas de la comunidad de farallones



Anexo 4: Áreas protegidas en farallones



Anexo 5 : Esquema de uso de suelo en Farallones a escala 1:5 000



Anexo 6: Esquema de peligrosidad Farallones a escala 1:100 000

