



Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad: Geología y Minería

Departamento de Geología

# Trabajo de Diploma

En Opción al Título de

Ingeniero Geólogo

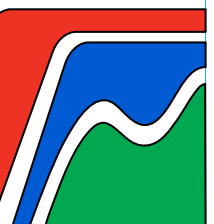
## **Evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas del municipio Sagua de Tánamo.**

*Autor:* Virgen Marlen Tellez Delgado

*Tutor:* Msc. Yexenia Viltres Milán

Curso 2014-2015

Año 57 de la Revolución



## PENSAMIENTO

*“Es preferible arriesgar cosas grandiosas, alcanzar triunfos y glorias, igualmente exponerse a la derrota, que formar filas con los pobres de espíritu, que no gozan, ni sufren mucho, porque viven en la penumbra oscura y cenicienta de los que no conocen la victoria, ni la derrota”*

Paulo Nogueira de Camargo y Ody Silva, 1975.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: **Virgen Marlen Tellez Delgado**, autora de este Trabajo de Diploma que tiene como tema **Evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas del municipio Sagua de Tánamo** y la tutora: *Msc. Yexenia Viltres Milán*, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que el mismo disponga de su uso cuando estime conveniente.

Para que así conste el presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del 2015.

---

**Diplomante: Marlen Tellez Delgado**

---

**Msc. Yexenia Viltres Milán**

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco de todo corazón a Dios por permitir que llegara hacer quien soy y por todas las cosas buenas que puso en mi camino para que no fuera más doloroso de lo que es.*

*A mis abuelos que siempre me protegieron, mi hermano Yonlen, a mi mamá, a mi esposo Juan José Quispe Lero que está conmigo en los buenos y malos momentos, a mis suegros Reinerio Castellano y Milgaris Murray y a toda mi familia en general, principalmente a mis tías Treida y Zoila.*

*A mi tutora Yexenia Viltres Milán, por soportarme durante la realización de este trabajo, a mis compañeros de aula que estuvieron conmigo durante largo 5 años de trabajo y sacrificio y al grupo de 4 año principalmente a Ismarai, el chino y Diosvani.*

*A los profesores del departamento de geología, en especial al profesor León Ortelio Zardiñas que aunque ya no está entre nosotros fue un excelente profesor y una buena persona, a su esposa Elvita por apoyarme en estos años de lucha y acogerme como un miembro más de su familia, al profesor José Nicolás Muñoz por darme una parte de su infinita gama de conocimiento y enseñarme que no me debo rendir antes las dificultades, ni mucho menos sentirme dolida con las hipocresías de otros que se creen ser mejores y a la profesora Daimara por ser comprensiva y ayudarme siempre.*

*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 el ISMMM fueran de la manera más placentera posible.*

**GRACIAS**

## DEDICATORIA

*Deseo dedicar de todo corazón esta memoria escrita a la persona que más quiero en mi vida, mi hija Sara Melisa Quispe Tellez, por haber soportado tantas dificultades desde que vino al mundo y enfrentar a mi lado las malas circunstancias.*

*A mi esposo Juan José Quispe Lera por su amor, paciencia, comprensión y por darme su apoyo en todo tiempo.*

*A todos aquellos que supieron creer en mí y me ofrecido su amor y dedicación.*

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas en el municipio Sagua de Tánamo a partir del empleo de la “Guía para el estudio de peligro, vulnerabilidad y Riesgo por deslizamientos del terreno”, elaborado por el Grupo Nacional de Gestión de Riesgos (Versión 4, 2012). El análisis de las condiciones socioeconómicas del territorio y la descripción de los indicadores de vulnerabilidad establecidos permitieron determinar que en el área de estudio la zona más afectada se ubica en el Consejo Popular Sagua Sur. La investigación aporta los resultados de la evaluación mediante la utilización de sistemas de información geográfica (ArcGIS) lo que fortalece las capacidades técnico-institucionales en el municipio, y les permita a las autoridades la toma de decisiones antes, durante y después de eventos que pueden generar daños en la población, la infraestructura productiva, social y el medio ambiente.

**Palabras claves:** deslizamientos de tierras; vulnerabilidad; evaluación; sistemas de información geográfica.

## ABSTRACT

The present work was conducted to evaluate the vulnerability of slopes and landslide slopes in the municipality of Sagua Tánamo from the use of the "Guide to the study of hazard, vulnerability and risk for landslides," prepared by the National Risk Management group (version 4, 2012). The analysis of the socioeconomic conditions of the territory and the description of vulnerability indicators set allowed to determine that in the study area most affected area is located in the South Sagua Popular Council. The research provides the results of the evaluation using GIS (ArcGIS) which strengthens the institutional technician at the municipality building, and allow them to authorities decision making before, during and after events that can cause damage to the population, production, social infrastructure and environment.

**Keywords:** landslides; vulnerability; evaluation; geographic information systems.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL MUNICIPIO SAGUA DE TÁNAMO</b>	<b>20</b>
1.1 Ubicación geográfica del área de estudio	20
1.2 Características socioeconómicas de la región	21
1.3 Características Físico-Geográficas del área de estudio	22
Clima	22
Relieve	24
Vegetación	25
1.4. Características Geológicas regionales y locales	26
Estratigrafía	26
Tectónica	34
1.5 Características hidrográficas regionales	36
1.6. Hidrogeología regional y su influencia en la inestabilidad de taludes y laderas	37
1.7 Procesos y fenómenos geodinámicos	41
Procesos erosivos	41
El Carso	42
Los fenómenos de la meteorización	42
La sismicidad	43
Movimientos de masas	44
Actividad antrópica	45
1.8 Condiciones geoambientales regionales	46
Las inundaciones	46
Los asociados a la actividad agropecuaria	48



<b>CAPÍTULO II: VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTOS.....</b>	<b>50</b>
2.1 Metodología para el cálculo de vulnerabilidad por deslizamientos de tierra.....	50
2.1.1 Análisis de condiciones socio-económicas.....	51
2.1.2 Análisis de indicadores de vulnerabilidad .....	51
2.1.3 Cálculo de la vulnerabilidad total .....	60
2.2 Volumen de los trabajos realizados.....	60
2.2.1 Etapa Preliminar .....	60
2.2.2 Etapa de Campo .....	62
2.2.3 Etapa Interpretación de los resultados .....	62
2.2.4 Implementación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G.).....	62
<b>CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO SAGUA DE TÁNAMO.....</b>	<b>65</b>
3.1 Características de los deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo.....	65
3.2 Evaluación de las vulnerabilidades por deslizamientos en el área de estudio.....	66
3.2.1 La vulnerabilidad social.....	67
3.2.2 La vulnerabilidad física .....	69
3.2.3 La vulnerabilidad económica .....	70
3.2.4 La vulnerabilidad ecológica.....	72
3.2.5 La vulnerabilidad por capacidad de respuesta.....	73
3.2.6 Caracterización del mapa de vulnerabilidad total.....	74
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

## INTRODUCCIÓN

América Latina es una de las regiones más propensas a desastres en el mundo. Las características climáticas, geomorfológicas, geográficas y socioeconómicas, así como la degradación de los recursos naturales y la mala gestión ambiental, potencian la capacidad de afectación de las amenazas naturales, principalmente de ciclones tropicales, inundaciones, sequías, deslizamientos, sismos y erupciones volcánicas.

La vulnerabilidad, entendida como el nivel de daño o pérdida que puede sufrir un elemento o grupo de elementos bajo riesgo (personas, estructuras físicas, actividades económicas, bienes, servicios, ambiente) es el resultado de la ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada, sin daño a pérdida total (Jimenez, 2006).

La comprensión y entendimiento del entorno en el cual se desarrollan estos fenómenos, resulta determinante para emprender cualquier acción que tenga como objetivo mitigar o reducir los impactos que pudieran generar eventos futuros. El análisis de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de posibles desastres naturales 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.

Cuba debido a su ubicación geográfica, su formación insular y el clima tropical húmedo con influencia marítima que se divide en dos estaciones, una seca y otra de lluvia, favorece la meteorización de las rocas que se hace más intensa en las zonas montañosas, donde los agentes de meteorización son muy agresivos con el medio, uniéndose a estos la actividad sísmica, provocando la inestabilidad en taludes y laderas generando los deslizamientos de tierra. (Alfonso, 2013)

El municipio Sagua de Tánamo es afectado por este tipo de fenómeno geológico, los deslizamientos en este poblado montañoso pueden constituir

una causa de riesgo para la población, para la economía, propiciadas principalmente por el factor geológico, representado por litologías inestables, unido a intensas precipitaciones y una mediana sismicidad en el territorio.

En el marco de los proyectos estratégicos de preparación y reducción de riesgo de desastres en el municipio Sagua de Tánamo, el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) y el Centro de Gestión y Riesgo realizan la investigación “Evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas del municipio Sagua de Tánamo” en sus 14 Consejos Populares . Esta indagación se ha dado a la tarea de fortalecer las capacidades técnico-institucionales en el municipio, de tal manera que las autoridades, técnicos y otros factores involucrados en la temática puedan responder con mayor efectividad y eficacia antes, durante y después de eventos que pueden generar daños en la población, la infraestructura productiva y social o el medio ambiente.

Debido a lo antes expuesto se realiza la presente investigación con la **necesidad de evaluar la vulnerabilidad por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo**. Para ello se utiliza como basamento metodológico la “Guía para el estudio de peligro, vulnerabilidad y Riesgo por deslizamientos del terreno”, elaborado por el Grupo Nacional de Gestión de Riesgos (Versión 4, 2012).

Por lo que se convierte en **objeto de estudio**: Las áreas afectadas por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo.

Teniendo como **Campo de acción**: Las vulnerabilidades a la que está expuesta el municipio Sagua de Tánamo antes los fenómenos de deslizamientos.

Por lo que se tiene como **objetivo general**: Evaluar la vulnerabilidad por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo con el fin de mejorar la toma de decisiones por parte de la defensa civil ante situaciones vulnerables por estos fenómenos.

De acuerdo a esta propuesta se derivan los siguientes **Objetivos específicos**:

1. Determinar los tipos de vulnerabilidades por deslizamientos existentes en el territorio.
2. Aplicar la Guía para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos por deslizamientos del terreno elaborada por el Grupo Nacional de Gestión de Riesgos (Versión 4, 2012) a escala municipal, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.).
3. Cartografiar la vulnerabilidad total por deslizamientos en el área de estudio.

Para facilitar la solución práctica de la problemática planteada se determina la siguiente **hipótesis**: Si se caracterizan las diversas vulnerabilidades tomando como basamento metodológico la Guía para el estudio de PVR (versión 4.2012) se podrá evaluar la vulnerabilidad total para el municipio Sagua de Tánamo, usando como herramienta los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **Marco teórico conceptual**

Los deslizamientos son procesos, 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.

A continuación en el marco teórico conceptual de la investigación se introducen temas relacionados con las laderas, los deslizamientos y la vulnerabilidad así como los Sistemas de Información Geográfica, obtenidos mediante la búsqueda bibliográfica realizada.

## 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. (Figura 1).

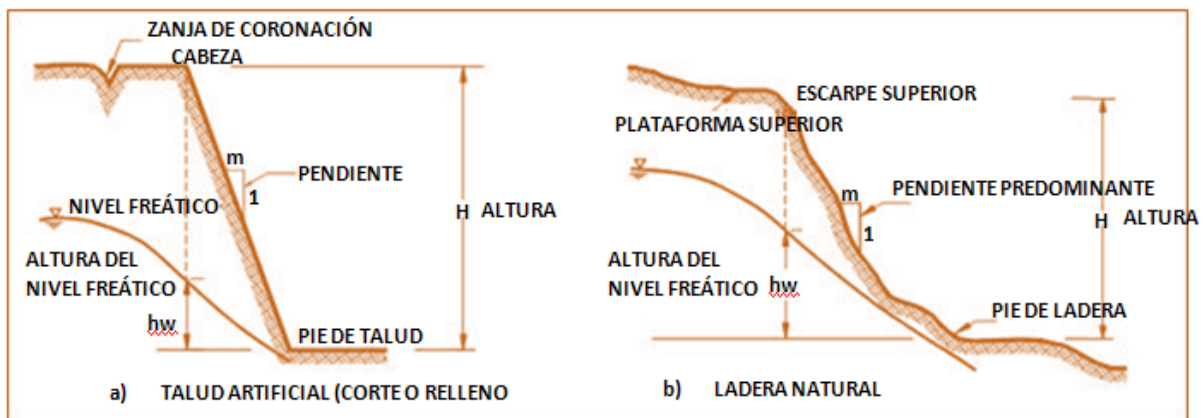


Figura1: Nomenclatura de taludes y laderas. (Suárez. J, 1998)

### Los elementos morfométricos de un talud o ladera son

**Altura:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

**Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

**Cabeza o escarpe:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

**Altura de nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

**Pendiente:** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación  $m/1$ , en la cual  $m$  es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de

drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud. (Alfonso, 2013)

## **Deslizamientos**

El término deslizamiento incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de suelos, suelos y rocas, por efectos de la gravedad y otras fuerzas que contribuyen a su movimiento (Cruden, 1996). 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, 1999, Glade & Crozier, 2005).

Según Lomtatze (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.

Sharpe en 1938 definió los deslizamientos como la caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.

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.

O a la masa de roca y suelo que se mueve cuesta abajo en una ladera o talud al efecto de las fuerzas de la gravedad, presión hidrostática, sísmica y otras de diversa índole. Se manifiestan por dislocaciones verticales y horizontales a consecuencia de la alteración de la estabilidad y del equilibrio en las rocas o suelos (figura 2).



Figura 2: Visualización de deslizamientos en rocas

A pesar que el término deslizamientos, 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.

Los deslizamientos 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 Sagua de Tánamo empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para evaluar los deslizamientos es necesario conocer sus elementos estructurales. En la figura 3 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 de los deslizamientos 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 sobreyace 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.



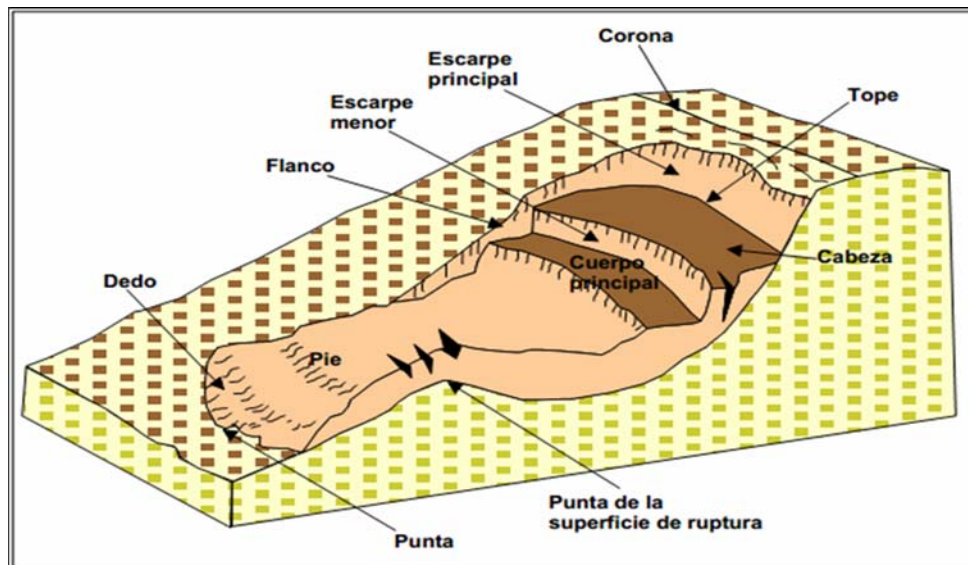


Figura 3: Elementos estructurales de un deslizamiento (Varnes, 1978)

En el proceso de deslizamientos, 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) (Lomtatdze, 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)
- Grietas o sistemas de fisuras.
- Superficies de fallas.

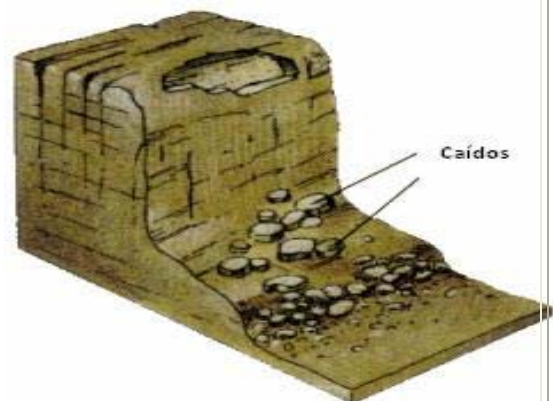
La forma de la SR en las rocas heterogéneas también pueden ser cóncavas, pero con mayor frecuencia planas, plano-escalonadas, onduladas o más irregular, como resultado de la combinación y orientación desfavorable de las familias de grietas y otras fronteras (esquistosidad, estratificación) con respecto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

### **Clasificación de los deslizamientos**

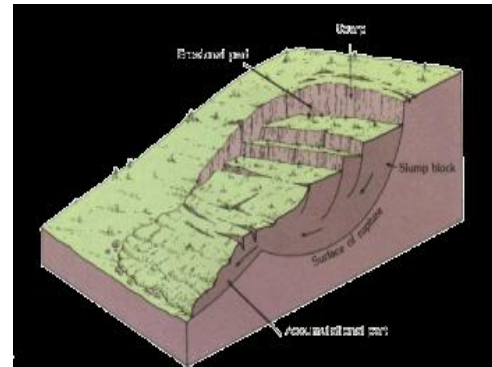
La clasificación de deslizamientos pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. Las clasificaciones existentes son esencialmente geomorfológicas y solamente algunas de ellas introducen consideraciones mecánicas o propiamente geológicas. Las caracterizaciones geotécnicas 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 utilizada es la propuesta por Corominas y García (1997).

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 desciende 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.



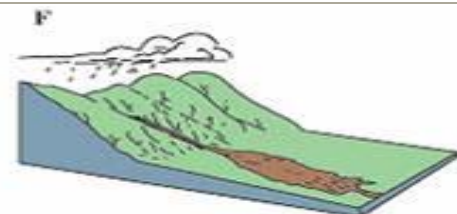
**Deslizamientos:** Son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa 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**

## **Factores condicionantes y desencadenantes en la formación de deslizamientos**

Por las condiciones que favorecen a la formación de deslizamientos se entiende todo el conjunto de elementos naturales y antrópicos que facilitan la acción de fuerzas que alterarán el equilibrio en el macizo rocoso, por consiguiente las causales de la formación de los deslizamientos y las condiciones que lo favorecen no siempre son las mismas. Tal diferenciación de los conceptos puede parecer algo condicional, no obstante la experiencia del

estudio de los deslizamientos lleva a tal afirmación. Las condiciones que con mayor frecuencia favorecen la formación de deslizamientos en el territorio son:

- Las particularidades climáticas de la región.
- El régimen hidrológico de las cuencas, sus arroyos y ríos con sus tramos deslizables.
- El relieve del terreno.
- La estructura geológica de las laderas y taludes.
- Los movimientos neotectónicos y los fenómenos sísmicos a ellos asociados.
- las particularidades de las propiedades físico-mecánicas de las rocas y suelos.
- La actividad antrópica.

### **Concepto y definición de Vulnerabilidad**

**Vulnerabilidad (V):** entendida como el nivel de daño o pérdida que puede sufrir un elemento o grupo de elementos bajo riesgo (personas, estructuras físicas, actividades económicas, bienes, servicios, ambiente) es el resultado de la ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada, sin daño a pérdida total (Jiménez 2006).

**Vulnerabilidad (V):** Se ha definido como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso o fenómeno natural de una magnitud determinada, expresada en términos cualitativos y relativos (García, 2005).

### **Tipos de vulnerabilidad:**

- Física
- Económica
- Social

- Ecológica
- Capacidad de respuesta

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.

- **Capacidad de respuesta** es un factor que normalmente se mide separado y contrario a la vulnerabilidad, pero en esta guía aparece integrado en la ecuación de la vulnerabilidad valorándose sus efectos negativos.

### **Factores que Influyen para aumentar la vulnerabilidad en caso de deslizamientos**

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 deslizamientos en la localidad.

No contar con plan de acción en caso de deslizamientos de su vivienda o comunidad.

### **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:

**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.

**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.

**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.

**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.

**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. (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).

Un **S.I.G** no es más que un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelación y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es: Un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre. (Reyes, 2010).

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. (Alfonso, 2013)

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. (Alfonso, 2013)

#### **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:

- Georeferenciar 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

Se puede sintetizar que los 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. (Alfonso, 2013)

### **Estado del arte**

Los deslizamientos suceden por influencia de factores del medio ambiente (físico, biológico y social) específicos, que deben ser estudiados, a fin de que estos procesos puedan ser evitados y estabilizados.

Con respecto al tema de la investigación, Vidal G Lina María (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 Wilmer, Jiménez O. Francisco, Faustino M. Jorge, Velásquez Sergio (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 Rosalba (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 deslizamientos 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 del país y algunos de estos, ya con la implementación de los S.I.G.

Dentro de estas investigaciones se encuentran las realizadas por Alfonso Olivera L. D. en el 2013 realiza un estudio de evaluación de riesgo por deslizamientos 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 permite 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 y Pintón Castro en sus trabajos de diploma del 2010 Evaluación de riesgos por deslizamientos en taludes y laderas del sector Este y Oeste del municipio Moa confeccionaron 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, el mismo se dividió en 5 clases para una

mejor interpretación (buena, baja, moderada, alta, muy alta) 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 Rodríguez O. 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 permite a las autoridades del gobierno tomar las medidas necesarias para minimizar los efectos de estos fenómenos, lo que contribuye 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 facilita 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.

Puig Beltrán R. 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 clasifica 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.

Viltres Milán Y en su trabajo de maestría del 2015 Evaluación de la peligrosidad por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo, obtuvo el esquema de

peligro total por deslizamientos del municipio de Sagua de Tánamo con el propósito de evaluar, empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los escenarios de peligro por deslizamientos de acuerdo con los factores condicionantes y desencadenantes en el área de estudio. Como basamento metodológico se utilizó 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.

Rodríguez Espinoza J. M en su trabajo de diploma Evaluación de la peligrosidad de deslizamientos por intensas lluvias en el 2014, empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) obtuvo el esquema total de peligro de deslizamientos por intensas lluvias en el área de estudio. El mismo se realizó con el objetivo de evaluar la peligrosidad de deslizamientos por intensas lluvias de acuerdo con los factores causales y condicionales en el municipio de Sagua de Tánamo, utilizando como basamento metodológico 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

A partir de la realización de los trabajos obtenidos por Rodríguez Espinoza J. M (2014) y Viltres Milán Y (2015), surge la necesidad de realizar una evaluación de la vulnerabilidad por deslizamientos de taludes y laderas, con vistas a los estudios de riesgos por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo.

# **CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL MUNICIPIO SAGUA DE TÁNAMO.**

## **Introducción**

En el presente capítulo se hace alusión a las principales características físico-geográficas, geológicas y económicas del municipio Sagua de Tánamo, haciendo énfasis en los principales procesos y fenómenos geodinámicos que favorecen la ocurrencia de los deslizamientos.

### **1.1 Ubicación geográfica del área de estudio**

El municipio Sagua de Tánamo se encuentra ubicado al Este de la provincia de Holguín, limitando al Norte con el municipio de Frank País; al Sur con la provincia de Guantánamo, con los municipios El Salvador y Yateras; al Noroeste con el municipio Segundo Frente de la provincia de Santiago de Cuba y al Este con el municipio Moa. Con una superficie de 699,9 km<sup>2</sup> (figura 1.1)

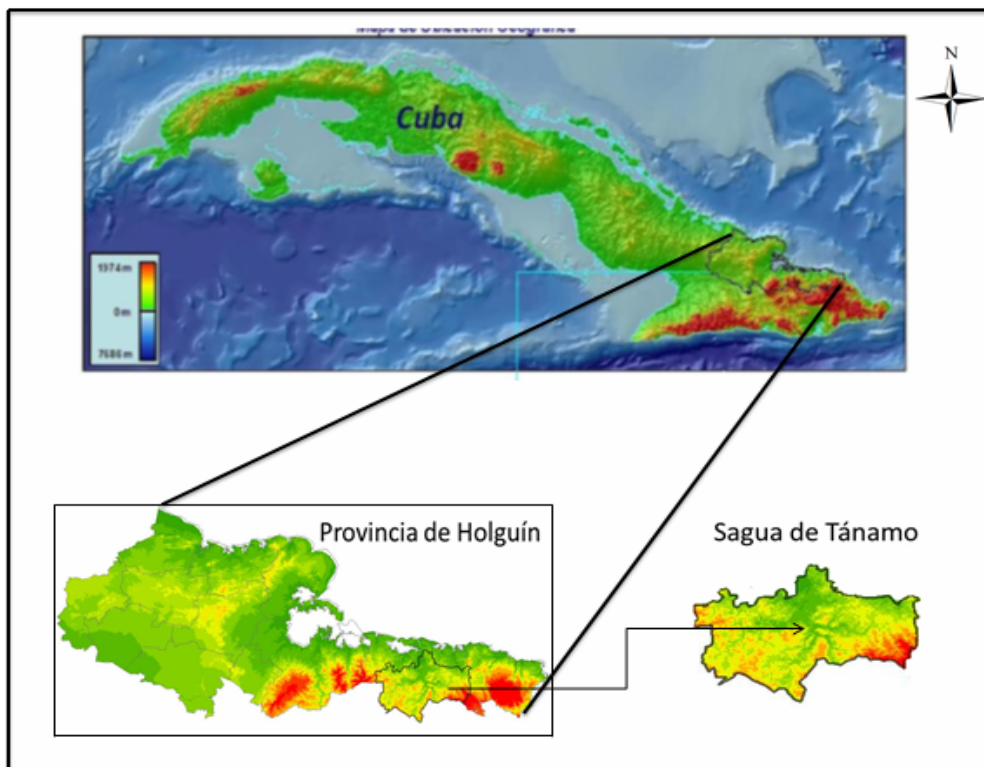


Figura 1.1: Mapa de ubicación geográfica del municipio Sagua de Tánamo (Rodríguez, 2014)

## 1.2 Características socioeconómicas de la región

El municipio cuenta con 48 213 habitantes y una densidad poblacional de 71,1 hab/km<sup>2</sup>, de ellos 23 979 reside en el Asentamiento Urbano Sagua con un 49,7%, el cual desempeña el papel de cabecera municipal. También está conformado por 14 Consejos Populares, 1 urbano, 4 mixto y 9 rurales, así como un Sistema de Asentamiento Humano (SAH) de 78 asentamientos, 1 urbano y 77 rurales, de estos últimos 65 están localizados en la zona de montaña perteneciendo al Plan Turquino, importantes centros son El Jobo, La Plazuela, Calabaza, Carpintero, El Sitio, Juan Díaz, Naranjo Agrio y Naranjo Dulce, Alcarraza, Marieta, Castro, San Pedro, El Progreso, mientras que dentro del mismo Sagua están el Martillo, La Rana, Indalla, Ocapuna, Cuatro Vientos, Sabala.( figura 1.2).

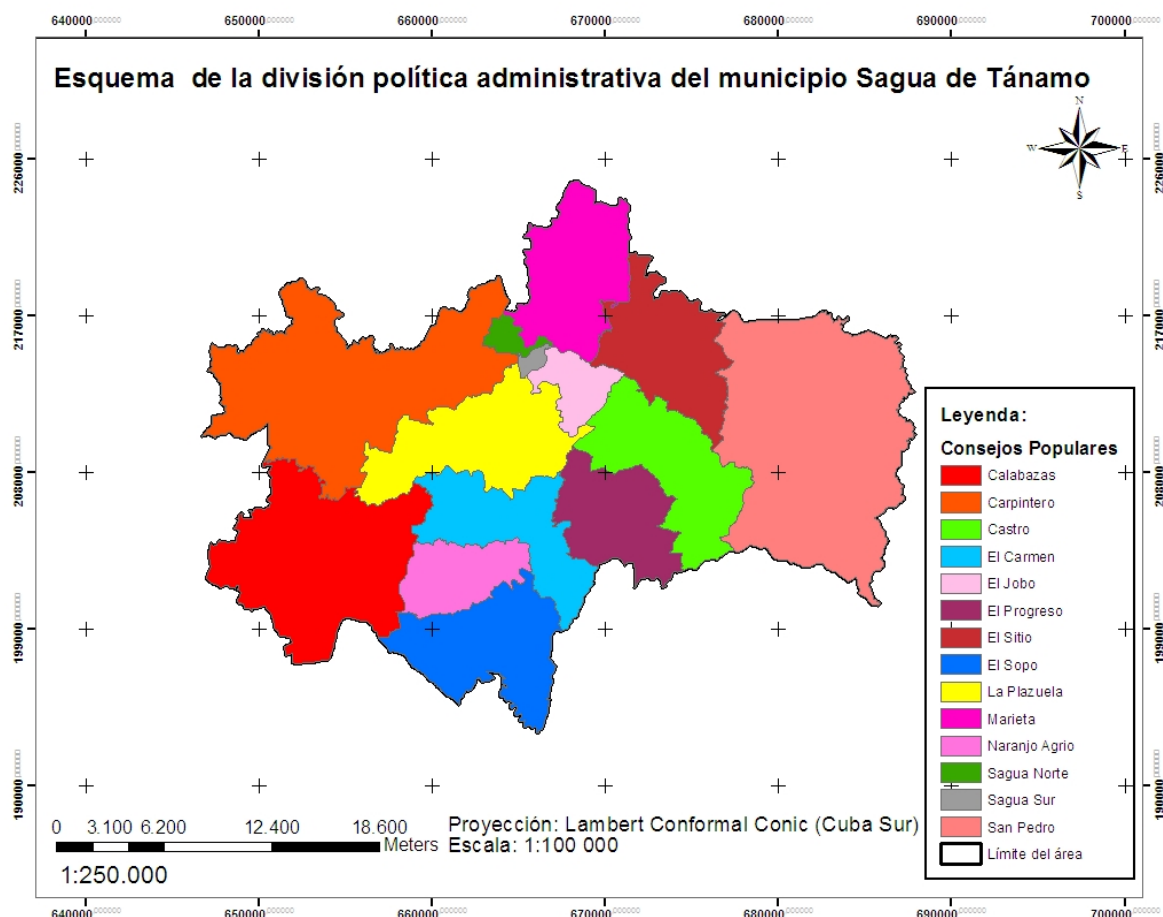


Figura 1.2: Mapa de los Consejos Populares del municipio Sagua de Tánamo. (Rodríguez, 2014)

La actividad económica fundamental es el café que es una de las principales ramas de la economía, la caña de azúcar, el tabaco, la actividad forestal, la producción pecuaria y en menor grado los cultivos varios. También se encuentra el comercio, la gastronomía y los servicios, la construcción, la producción alimentaria, las investigaciones, el transporte, así como la actividad de la salud, la cultura, el deporte, la educación y los servicios comunales y personales entre otros. (Rodríguez, 2014)

### 1.3 Características Físico-Geográficas del área de estudio

#### Clima

Las condiciones climáticas ejercen una gran influencia en el régimen hidrológico de los ríos y cuencas hidrográficas contribuyendo al surgimiento y desarrollo de los deslizamientos. Desde el punto de vista climático, la localidad de Sagua de Tánamo se sitúa en una zona subtropical, constituyendo un factor de obligada utilización en la evaluación del medio físico - geológico para la planificación territorial de las actividades en condiciones urbanas y de montaña por la fragilidad de sus ecosistemas. Las precipitaciones promedio anuales oscilan entre 100 y 2000 mm en el municipio (figura 1.3). (Viltres, 2015)

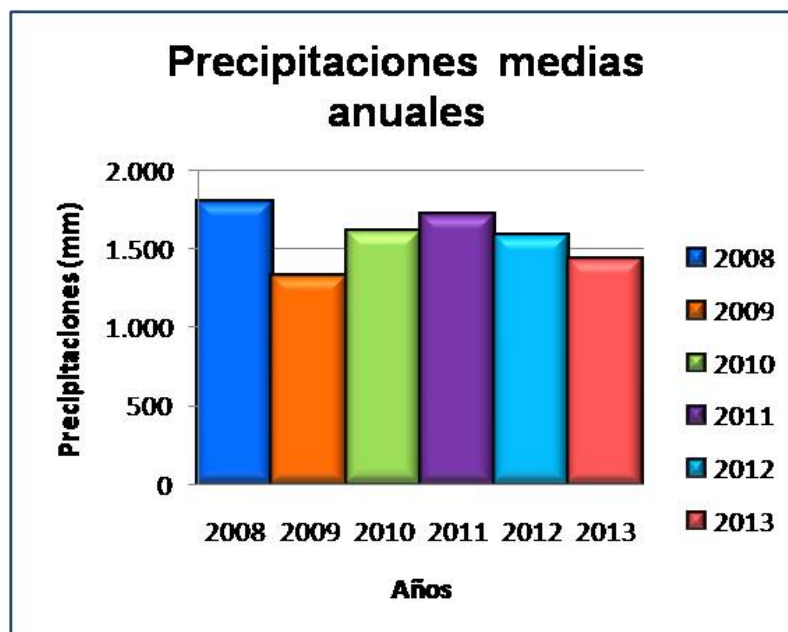


Figura 1.3: Gráfico de precipitaciones medias anuales en el municipio Sagua de Tánamo (I.N.R.H 2013).



A partir del gráfico (figura 1.4) de las lluvias medias anuales se evidencia la existencia de dos etapas, la primera es de un período lluvioso de mayo a noviembre (verano), siendo los meses de lluvias más intensas octubre y noviembre, los cuales presentan valores promedio mensual de 400 a 500mm. La segunda etapa relativamente seca corresponde a los meses de noviembre a mayo (invierno), los meses más secos son enero y diciembre con lluvias menores a los 200 mm. En esta zona las lluvias de verano son convectivas, en invierno son frontales, provocadas por los frentes fríos (Viltres, 2015)

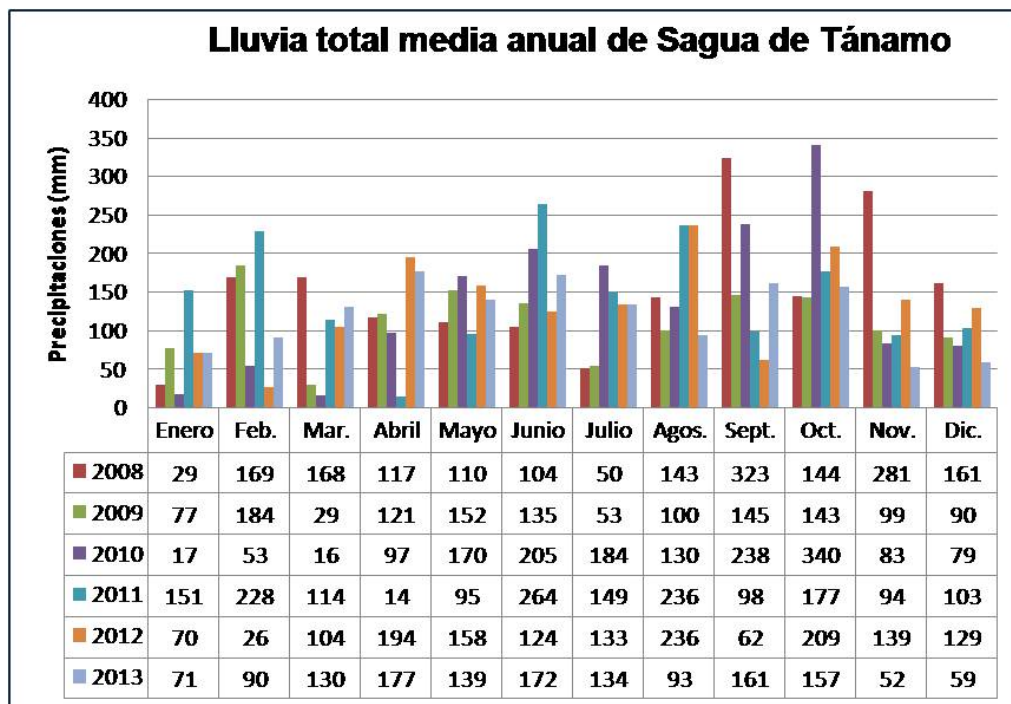


Figura 1.4: Gráfico de lluvias total medias anual en el municipio Sagua de Tánamo (I.N.R.H 2013)

Según los valores climatológicos generales para la cuenca hidrográfica donde se enmarca el área de estudio reportados por Buján (2000), el régimen térmico de la zona presenta temperaturas promedio anuales de 25.3 °c siendo los meses de julio, agosto y septiembre los más cálidos con 27 °c y diciembre, enero y febrero los más fríos con 23.6 °c, 23.5°c y 23.2 °c respectivamente. La amplitud térmica anual entre los meses más cálidos y fríos es de 3.8 °c. La insolación alcanza valores de 2809 horas/luz al año.



Correspondiendo el período de peligro de la temporada ciclónica entre los meses de septiembre y noviembre, el mes de octubre es el más peligroso. El clima con abundantes precipitaciones, está estrechamente relacionadas con el relieve montañoso, teniendo gran incidencia en el desarrollo de los deslizamientos. En los períodos de lluvia, se forman corrientes hídricas de grandes proporciones y fuerza, contribuyendo a una marcada erosión lateral de fondo en las laderas de los ríos; y en aquellas zonas de escasa la vegetación provoca su inestabilidad. (Viltres, 2015)

## **Relieve**

En sentido general el relieve de la región es el resultado de un incesante desarrollo y de la compleja intervención de factores internos y externos. Una gran llanura rodeando al asentamiento principal y toda una cuenca principal que cuenta con un área de 1127 Km<sup>2</sup> hasta la ciudad de Sagua, las alturas descienden de los 1160m SNM en la Sierra Cristal (cuenca de su afluente izquierdo Miguel) a 5.0m a la entrada del pueblo de Sagua de Tánamo y entre 1.7 y 2.0m a su salida (siguiendo la dirección de la corriente)

La pendiente media de la cuenca es de 21.10%, la altura media de 298 msnm, altura mínima es de cero msnm en la desembocadura en la costa norte municipio Frank País, altura máxima 1160 msnm (Pico Cristal), pendiente media suavizada del río 0.40% (Buján, 2000).

Según la clasificación altimétrica del relieve por pisos altitudinales de Díaz et al, la zona se caracteriza por llanuras que van de bajas a altas, alturas de pequeñas a grandes y montañas desde la categoría de submontañas a montañas pequeñas. (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Resumen de la clasificación altimétrica del relieve, en Pisos altitudinales y Categorías. Contenida en (Díaz, 1986).

CATEGORÍA DEL RELIEVE	PISO ALTITUDINAL	
<b>Montañas</b>	2 000 - 1 500	Montañas Medias
	1 500 - 1 000	Montañas Bajas
	1 000 - 500	Montañas Pequeñas
	500 - 300	Submontañas
<b>Alturas</b>	300 - 200	Alturas Grandes
	200 - 120	Alturas Medias
	Menores de 120	Alturas Pequeñas
<b>Llanuras</b>	120 - 80	Llanuras Altas
	80 - 20	Llanuras Medias
	Menores de 20	Llanuras Bajas

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.

## Vegetación

La vegetación en la mayor parte del territorio es bastante densa, caracterizándose por una gradación desde la vegetación siempre verde de bosque tropical perennifolio llamada Mesófilo Submontano a Complejo de vegetación de Mogotes asociados al matorral tropical latifolio. Aparecen como seminatural los bosques, matorrales y comunidades herbáceas naturales y como vegetación cultural algunos cultivos agrícolas. (Según Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989).

La densidad de la vegetación natural está en franco proceso de disminución por la deforestación lo que está asociado al proceso erosivo de los suelos. 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. (Rodríguez, 2014)

#### 1.4. Características Geológicas regionales y locales

La región de Sagua de Tánamo presenta una geología compleja, en la cual se pueden encontrar rocas de las más diversas formaciones geológicas, edades y composición litológica. (Figura 1.5)

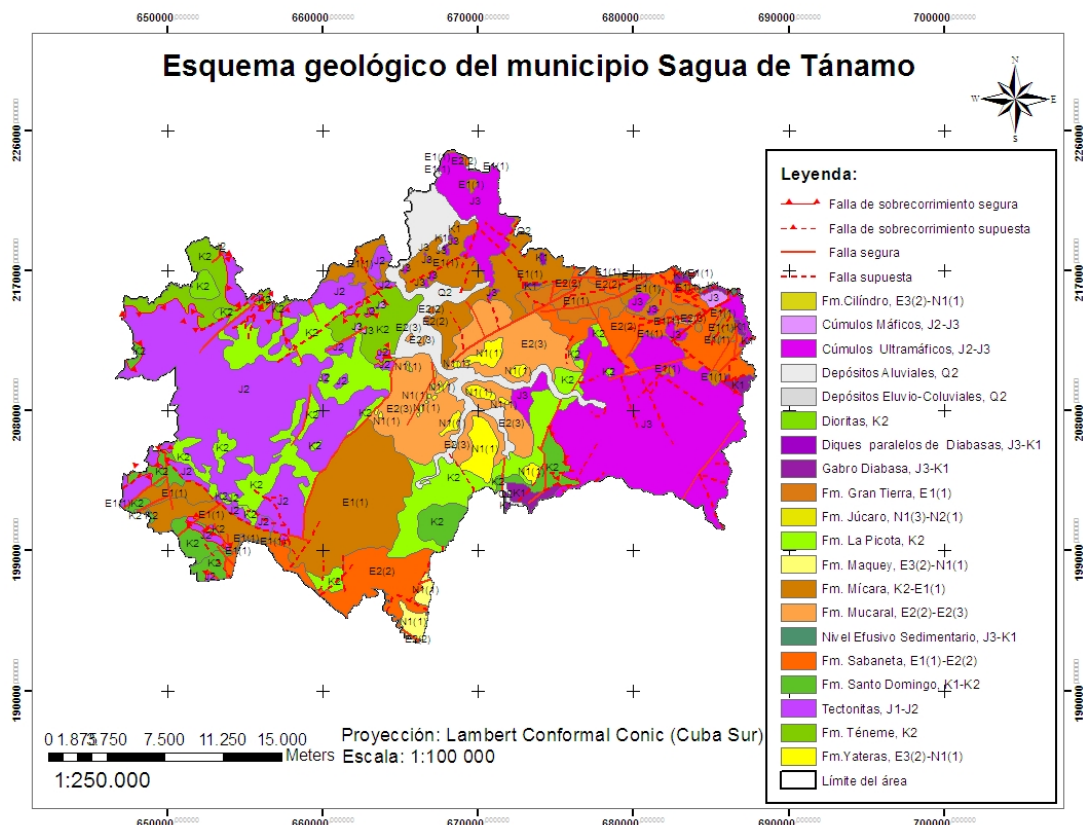


Figura 1.5: Mapa geológico del municipio de Sagua de Tánamo. (Modificado del IGP, 2001) Tomado (Rodríguez, 2014)

#### Estratigrafía

Cada una de las formaciones fueron tomadas del Léxico Estratigráfico de Cuba 2013 del IGP y del mapa a escala 1:100 000 modificado del IGP 2001. La región presenta diversos complejos rocosos que son representativos de las etapas de su evolución geológica. A continuación se describen las formaciones presentes en el área de estudio, donde se tienen en cuenta las rocas que se

encuentran dentro de estas y sus principales características geológicas - estratigráficas:

**Cúmulos máficos y ultramáficos**, edad Jurásico Cretácico Temprano (Iturralde Vinent, 96) constituida por harzburgitas y peridotitas. Se considera que estas rocas serpentinizadas poseen un espesor superior a los 1000 metros, se presentan en forma de escamas tectónicas muy fracturadas (Fonseca, 1985).

**Formación LA PICOTA (Ipc)** G. E. Lewis y J. A. Straczek, 1955, J. L. Cobiella (1975). (Cretácico Superior). Se deriva de La Picota, Sierra de Cristal, provincia de Santiago de Cuba. Conglomerados polimícticos con intercalaciones de areniscas polimícticas y conglomerados con brechas mal seleccionadas, que se intercalan con argilitas. Los clastos son predominantemente de diabasas y serpentinitas, calizas, rocas efusivas de composición media a básica, gabros, dioritas y piroxenitas. El tamaño de los fragmentos varía desde algunos centímetros hasta cientos de metros. La selección de los clastos es pobre y la matriz fragmentaria, de igual composición que la de los clastos. Su localidad tipo se encuentra en la loma

La Picota se propaga por la periferia del macizo orogénico Nipe - Cristal, y en la cuenca Sagua de Tánamo y Baracoa. En el territorio de trabajo estas rocas se encuentran en franjas discontinuas del río Sagua, aparece en el valle del río Santa Catalina en forma de restos erosionales aislados y la encontramos cerca del arroyo la Novilla, Cerrajón y San Mateo.

La formación está constituida por sedimentos clásticos, generalmente de granos gruesos mal seleccionados mal estratificados y débilmente sementados, los clastos y guijarros se componen de tobas ácidas a intermedias de lavas andesíticas y basaltos, diabasas, gabro, rocas ultrabásicas serpentinizadas, raramente calizas, aleurolitas y guijarros lateríticos, es característico el color pardo rojizo en los guijarros sometidos a meteorización. Las arenas de composición más o menos similares son de color gris, amarillo o pardo, sus granos van de finos a gruesos, las margas son de color amarillento, las arcillas son de color rojo y pardo.

Esta formación yace en discordancia indistintamente angular y erosional sobre la formación Santo Domingo y las rocas ultrabásicas. Se encuentra plegada fracturada formando un anticlinal entre los ríos Sagua y Guaso. Las capas tienen buzamiento entre veinte y treinta grados hacia el norte o norte noroeste.

**Formación MÍCARA, (mcr).** Cobiella, J, 1973. (Cretácico Superior- Paleoceno Inferior) Su nombre proviene del río Mícará, afluente del río Sagua en las cercanías del pueblo de Mayarí Arriba, Por su composición, esta unidad se puede dividir en tres partes: inferior, media y superior.

**Inferior:** constituida por limonitas 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 limonitas y subordinadamente brechas y areniscas tobáceas, en su parte más alta, con intercalaciones de tobas ácidas bentonitizadas y calizas. Presentan buena estratificación. Las areniscas, limonitas, brechas, gravelitas y conglomerados son polimícticos. Las calizas son biodetríticas, arenosas y brechosas. Algunas veces, en la parte alta de la formación las areniscas y limonitas tienen un contenido alto de tobas vitroclásticas y cristaloclásticas y de tufitas psammíticas.

Son brechas tectónicas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges. Su localidad tipo se encuentra en el valle de Mícará en Santiago de Cuba. Se propaga por el flanco sur de la zona cristal desde Sabanilla de Mayarí Arriba hasta Naranjo, en toda la depresión de Sagua de Tánamo y en el borde norte de la Sierra de Cristal entre Collazo y Sagua de Tánamo. Esta formación se compone de fases terrígenas y terrígenas carbonatadas de edad Maestrichtiano a Daniano.

Las secuencias inferiores tienen un marcado carácter molásico mientras que la superior es flichóide. La formación Mícará según F. Quintas 1989, está

compuesta esencialmente por limonitas, areniscas y conglomerados vulcanomícticas cuyos clastos se dividen de la erosión de las rocas volcánicas y vulcanógenas sedimentarias de la formación Santo Domingo, así como, por clastos de gabros, dioritas y serpentinas.(figura 1.6)



Figura 1.6: Perfil geológico del borde de la cuenca de Sagua de Tánamo (Quintas, F, 1989)

**Formación SANTO DOMINGO, (sd)** Iturralde-Vinent, 1976. (Cretácico Inferior (Aptiano) - Cretácico Superior) (Turoniano.): Su localidad tipo se encuentra en Santo Domingo, al sur de la localidad, calabazas al sur de la provincia Santiago de Cuba. El corte típico este dado por el predominio de la parte baja del perfil de tobas estratificadas, de composición básica e intermedia con intercalaciones de cuerpos subvolcánicos de gabros, diabasas, dioritas y dioritas cuarcíferas en forma de sílice, que en profundidad continúan en cuerpos hipabisales de dioritas y andesitas.

Esta formación está compuesta por rocas volcánicas y vulcanógenas sedimentarias las más frecuentes son las tobas que en la parte occidental presentan una composición un poco más ácida que en la oriental variando de rango de rocas básicas a intermedias. Son tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas, calizas estratificadas color grisáceo.

**Formación TÉNEME (Cretácico)** son tobas y lavabrechas andesíticas, dacíticas, tufitas, argilitas, limonitas vulcanomícticas, lavas basálticas, liparitodacíticas, conglomerados y calizas. También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas.

**Formación CILINDRO**, Oligoceno Superior -Mioceno Inferior parte baja, (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990; Crespo, 1996).se conforma de conglomerados polimícticos con estratificación lenticular y a veces cruzadas, débilmente cementada con lentes de areniscas que contienen lignito. La matriz es arenítica-polimíctica, conteniendo carbonato, Coloración abigarrada. Su espesor se estima en la decena de metros.

**Formación GRAN TIERRA, (gt).** (Iturralde-Vinent, 1976); (Cobiella, 1978); (Quintas, 1989). (Paleoceno Inferior, Daniano).Se compone principalmente de conglomerados monomícticos con cemento calcáreo, que transicional hasta calizas fragmentarias producto de la disminución del volumen de material clástico. Se intercalan areniscas calcáreas vulcanomícticas y tobáceas, limonitas, tufitas, margas y tobas. Sustrato plegado.

**Formación JÚCARO, (jcr),** (Nagy et al, 1976; Gyarmati & LeyéO'Connor, 1990). (Mioceno Superior-Plioceno). Calizas, por lo general arcillosas, que se desagregan en pseudoconglomerados, calcarenitas, margas, limolitas, en ocasiones con gravas polimícticas, arcillas yesíferas, localmente aparecen dolomitas. Contiene horizontes fosilíferos. Puede existir un conglomerado basal. Colores amarillo y crema que, por alteración, pasan a rojo y violáceo.

**Formación MAQUEY, (mq)** Fue definida por O. E. Meinzer, 1933; C. Schuchert, 1935; F. G. Keijzer, 1945; G. E. Lewis and J. A. Straczek, 1955; M.T. Kozary, 1955a; M. A. Iturralde, 1976; G. L. Franco, 1976, 1980a; L. M. García, 1978. (Cobiella, J, 1988; Quintas, F, 1989; Crespo, 1996).Oligoceno Superior - Mioceno Inferior parte baja. Alternancia de areniscas, limonitas y arcillas calcáreas de color gris y margas de color blanco a crema, que contienen intercalaciones de espesor variable de calizas biotriticas, arenáceas y gravelíticas decolores blanco amarillo y crema, ocasionalmente amarillo grisáceo.

La estratificación es fina a media, menos frecuentemente gruesa o masiva. Algunos horizontes, particularmente de limonitas y calizas biotriticas, son



fosilíferos, en los que abundan grandes lepidocyclinas. Otros horizontes contienen yeso, lignito y restos vegetales lignitizados.

**Formación MUCARAL, (mcl)** (Cobiella, J, 1983.) (Eoceno Medio- Eoceno Superior). Un perfil entre Loma Mucaral y el valle inferior del río Castro, al SW del pueblo de Sagua de Tánamo, provincia de Holguín, sirve de holoestratotipo de esta formación. Se establecieron dos hipoeestratotipos: el primero, es un perfil ubicado a unos 4 km al S-SE del pueblo de Sagua de Tánamo, entre el arroyo Lindero (afluente del río Sagua) y el río Sagua, provincia de Holguín. Secuencia terrígena compuesta principalmente por margas, margas arcillosas y margas calcáreas bien estratificadas, con intercalaciones frecuentes de calizas margosas, arcillosas y biodetríticas, más raramente de areniscas calcáreas.

La secuencia, en su parte inferior, presenta intercalaciones frecuentes de margas y calizas tobáceas, de tobas y tufitas redepositadas que en varios lugares es subyacente.

**Formación SABANETA, (sn)** (Iturralde-Vinent, 1976. Iturralde-Vinent Quintas, F, *et al*, 1995) (Paleoceno Inferior- Eoceno Medio) El holoestratotipo es un perfil en la carretera Guantánamo-Sagua de Tánamo, la cual yace sobre una secuencia de transición que contiene finas intercalaciones de tufitas (Fm. Gran Tierra) (Iturralde-Vinent, 1976) o descansa discordantemente sobre las formaciones Mícara y La Picota, y sobre las ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Nagy, *et al*, 1983) (Albear, *et al*, 1988,). Tobas de ácidas a medias, de colores claros, vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, limonitas, margas, gravelitas, conglomerados vulcanomícticos y ocasionalmente pequeños cuerpos de basaltos, andesitas, andesito- basaltos y andesito-dacitas.

Es muy característica, debido a la alteración de las tobas, la presencia de minerales del grupo de la montmorillonita (bentonita) y de las zeolitas (zeolitas). En las tobas, el promedio de vidrio volcánico es superior al 60%.



**Formación YATERAS, (yt)** (Iturralde-Vinent, 1976; Nagy, 1976; Cobiella, J, 1978; Gyarmati y LeyéO'Connor, 1990; Manso, 1995; Crespo, 1996). (Oligoceno Superior - Mioceno Inferior).

Se establecieron dos hipoestratotipos: el primero, es un perfil en la elevación Alto de Majimiana, a unos 8,5km al S-SE del caserío de Calabazas, Areniscas de grano fino, conglomerados de cemento terrígeno, con clastos de calizas biodetríticas, calizas arrecifales, alternancia de calizas detríticas, biodetríticas y biógenas, de grano fino a grueso; estratificación fina a gruesa o masivas, muy duras, de porosidad variable, a veces aporcelanadas. Por lo general, la coloraciones blanca, crema o rosácea, menos frecuentemente marrón (carmelita).

Es frecuente la presencia de grandes foraminíferos (lepidocyclinas) en las calizas de la unidad se compone de alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biogénicas de granos finos a gruesos, duras, de porosidad variable. Se observan parches aislados en el curso superior de los ríos Mayarí y Sagua de Tánamo.

**Formación SAGUA DE TÁNAMO**, Albert, *et al*, 1988, Quintas, F, (1989). Su localidad tipo se encuentra al SE de la ciudad de Sagua de Tánamo entre los ríos Sagua y el arroyo Lindero. La serie terrígena- carbonatada ocupa un área en los alrededores de las confluencias de los ríos Santa Catalina, Castro y Sagua. La formación está constituida por alternancia de margas, calizas margosas y raramente calizas que contienen intercalaciones de conglomerados y areniscas. Las margas son de color blanco cremoso o grisáceo generalmente compactas aunque la variedad arcillosa es más friable. La serie carbonatada se encuentra bien estratificada al igual que las areniscas.

**Sedimentos Cuaternarios:** Están representados fundamentalmente por aluviones depositados por los ríos de la zona, los cuales alcanzan un área notable en las partes más llanas y se componen de una variedad litológica de clastos de rocas calcáreas, serpentinitas, calizas estratificadas que en algunos casos alcanzan hasta 2.00m de potencia en la llanura de inundación.

Constituyen una cobertura generalmente delgada casi continua y de tipo continental, que cubren el área.

Aparecen suelos grises y oscuros de una potencia de hasta 50cm, producidos por la meteorización de rocas y areniscas en pequeñas zonas de afloramiento de la Formación Mícará, sembrados de caña principalmente y desarrollo de pastos.

Los contactos observados por las estructuras circundantes son tectónicos. La estructura es compleja debido al emplazamiento tectónico, estando afectadas tanto por dislocaciones plicativas como disyuntivas de diferentes tipos y ordenes de importancia. Las secuencias ofiolíticas representadas por serpentinitas, wherlithas, peridotitas con textura de tectónicas, cúmulos ultramáficos, diques de diabasas, niveles efusivos sedimentarios. Estas secuencias constituyen la denominada faja ofiolítico Mayarí- Baracoa (Iturralde-Vinent, 1996). También se encuentran presentes en esta zona varios tipos de depósitos como por ejemplo los aluviales y eluvio - coluviales.

Los deslizamientos que tienen lugar en la región están relacionados con la litología y una estructura geológica determinada. En la mayoría de los casos, los deslizamientos están propagados en laderas compuestas por suelos arcillosos donde en el grueso de las rocas que los constituyen, se encuentran capas, intercalaciones, zonas de suelos arcillosos, aditivos arcillosos u otras rocas que forman las superficies de discontinuidad y zonas de debilitamiento; por último, en lugares de las laderas donde hay acumulaciones considerables de facies eluviales, diluviales y proluviales arcillosas.

El análisis de las condiciones de formación de deslizamientos en los suelos rocosos enseña que en estos casos el relleno arcilloso en las grietas y los aditivos arcillosos en las superficies de las grietas facilitan de modo considerable la alteración del equilibrio de las masas de rocas. La formación de deslizamientos resulta más favorable en tramos donde en la estructura geológica de las laderas o taludes hay superficies potenciales de

resbalamiento, orientadas de modo desfavorable, es decir, que su pendiente está dirigida en el sentido de las pendientes de las laderas. (Viltres, 2015)

### **Tectónica**

La falla Miraflores es el principal elemento de subducción regional del territorio, tiene dirección NW-SE con un ligero arqueamiento hacia el SE. Se compone de varias fallas subparalelas trazo irregular, deformado. El ancho de la zona es variado puede alcanzar cuatro kilómetros. Los tramos de fallas han sido, cartografiados en el campo, su parte noroccidental está parcialmente cubierta por sedimentos paleogénicos enmascarados por fallas más jóvenes; las zonas de falla son verticales, las rocas dentro de la zona están muy trituradas, también están orientadas subparalelamente conformando un sistema de fallas. En ella se encuentran rocas de la asociación ofiolíticas y de la formación Sierra del Purial.

La cuenca Sagua de Tánamo está delimitada al este por la falla Miraflores y al sur por el bloque elevado de la Sierra de Maquey, al norte continua en la costa del océano atlántico. (Castañeda, S, 2003).

Esta cuenca está afectada por fallas compresivas laramílicas y postlaramílicas de rumbo NW-SE, al sur del poblado Cebolla una falla de igual dirección a la anterior delimita la extensión territorial de la formación Mícara y Gran Tierra aparecen formas suavemente plegadas con eje de dirección NE-SW, E-W, NW-SE y N-S que no son correlacionables con el sistema de falla protocubana conocidas.

**Bloque Sierra Maquey:** se limita al norte y al noroeste por el hundimiento de la cuenca de Sagua de Tánamo, al noreste está cortado por fallas Miraflores-Rito, se considera un bloque elevado entre una cuenca y una falla, en su parte central predominan las rocas ultrabásicas (ofiolitas) y en los bordes las rocas del arco volcánico superior. Las peridotitas de la sierra Maquey presentan una forma ovalada negativa con su eje de 3 y 5 Km de longitud que se manifiestan en el bandeamiento de la roca que puede tener un origen magmático tectónico.

Las zonas periféricas de las ultrabasitas están atravesadas por diques de diabasa.

La región pertenece a una zona transicional con características de anomalías gravimétricas con valores de isolíneas entre 70 y 140 Mgal que se encuentran entre el máximo de la meseta y el mínimo de la costa NE. Se supone que el bloque de Sierra del Maquey se hunda hacia el oeste en el fondo de la cuenca Sagua de Tánamo en forma escalonada.

Para este bloque son características las fallas compresivas de rumbo ENE-WSW y ESE- WNW que determinan movimientos en las direcciones NE-SW, E-W, N-S. Según datos aeromagnético existe un sistema de fallas de rumbo NW-SE, septentrional con las de dirección NE-SW que son de gran importancia.

La tectónica favorece el desarrollo de los deslizamientos, en las áreas donde existen grandes familias de grietas y fallas, donde es evidente que los movimientos tectónicos han alterado mucho más las rocas, ya que son las zonas más débiles estructuralmente del macizo rocoso. (Viltres, 2015) (Figura 1.7)

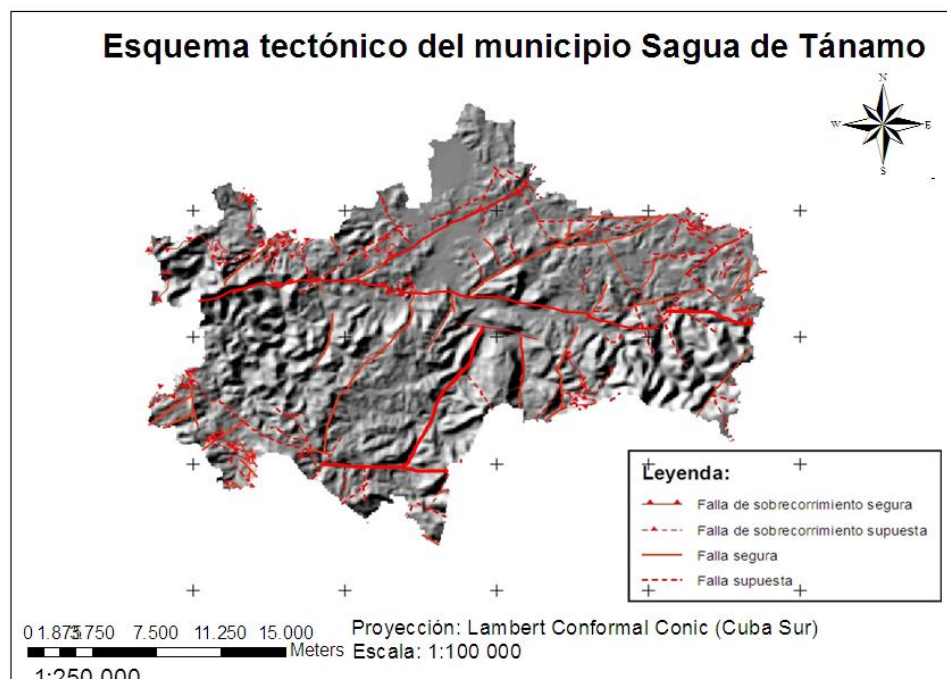


Figura 1.7: Mapa tectónico del municipio Sagua de Tánamo. (Mapa geológico del IGP, 2001)

### 1.5 Características hidrográficas regionales

El municipio Sagua de Tánamo cuenta con una red hidrográfica bien desarrollada (Anexo1) que corre de sur a norte y de norte a sur, la misma es de tipo dentrítica, aunque en algunos casos se observa la red subparalela. Esta red hidrográfica está representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se encuentran de este a oeste como son: Castro, Santa Catalina y Miguel los cuales son de carácter permanente, drenando en el mismo sentido que representa la red. (Tabla 1.2)

Tabla 1.2. Características del río y sus principales afluentes, INRH. Holguín.

No.	Nombre	Long. (Km)	Área (Km <sup>2</sup> )	Punto más alto (m)
1	Río Sagua	90	1216	800
2	Río Sagua hasta el poblado	70	1072	800
3	Río Santa Catalina	36	227	854
4	Río Castro	30	146	894
5	Río Miguel	46	270	1160

Estos ríos desembocan en el río Sagua de Tánamo apreciándose en los mismos una zona de erosión y otra de acumulación. Son alimentados por las precipitaciones atmosféricas teniendo como origen las zonas montañosas del grupo Sagua-Baracoa.

El nivel de los ríos varía con las precipitaciones, los niveles más bajos se observan en el período de seca y los más elevados en la época de lluvia.

La cuenca del río Sagua de Tánamo (figura 1.8) presenta un área de 1 127,6 km<sup>2</sup> hasta la ciudad de Sagua de Tánamo, con una longitud de 89 km y su nacimiento se localiza en la Sierra del Guaso. Uno de los afluentes es el río Bayate, en esta área la forma de esta cuenca es prácticamente redonda hasta la ciudad, de aquí a la desembocadura se estrecha de forma de embudo. La zona superior de la cuenca Sagua y Miguel esta deforestada, no así como los ríos Castro y Santa Catalina, otra particularidad de la cuenca del río Sagua y sus afluentes es que estos tributan muy próximos uno de otros y tienen longitudes , red de drenaje y pendiente de la cuenca muy similares.

Todo esto trae como consecuencia que cuando llueve torrenciales debido a fenómenos meteorológicos, como son depresiones, ondas tropicales, bajas o ciclones se producen grandes crecidas en afluentes independientes uno de otro o en su cuenca total y este río abarca las tres provincias más orientales de la región: Guantánamo , Santiago de Cuba y Holguín.(Viltres, 2015)



Figura 1.8: Foto del Río Sagua.

La evaluación de las características hidrográficas tiene gran importancia ya que estas áreas están cercanas a los ríos, donde estas pueden estar bajo determinadas condiciones susceptibles ante la ocurrencia de deslizamientos de tierra, teniendo en cuenta que estos representan el escurrimiento superficial de los suelos y a la vez la saturación de los mismos, aumentando la erosión, creando condiciones inestables en las laderas más cercanas a los ríos. (Viltres, 2015)

#### **1.6. Hidrogeología regional y su influencia en la inestabilidad de taludes y laderas**

Cuando se quiere dar una valoración sobre la hidrogeología de una región hay que tomar en cuenta la influencia que ejercen las precipitaciones como fuente de alimentación de las aguas subterráneas, así como los cursos fluviales (ríos y arroyos).

A medida que aumenta el desarrollo las demandas de aguas se hacen mayores, estas se pueden satisfacer con la utilización de las aguas superficiales y subterráneas. La red de esta región está bastante desarrollada presentando al río Sagua como arteria de esta cuenca, en este río desembocan numerosos ríos y arroyos, el río Sagua tiene una longitud de 37,2km en el área de la cuenca y un caudal de 5,16m<sup>3</sup>/seg.

La cuenca del río Sagua abarca un área de 1 127,6 km<sup>2</sup> hasta la ciudad de Sagua de Tánamo, limitando al norte con el Océano Atlántico, al sur con los límites de la provincia Holguín y Guantánamo en una parte y en otra con los límites de las provincias Holguín –Santiago, al este limita con las cuencas de los ríos Moa y Cananova y al oeste contacta con la cuenca del río grande. También se caracteriza por un ensanchamiento de su parte central y un estrechamiento hacia la costa. (Rodríguez, 2014).

Dentro de la cuenca se localiza hacia el oeste, este y norte en pequeñas porciones el complejo acuífero de los sedimentos lateríticos, hacia el centro el complejo acuífero de los sedimentos terrígenos carbonatados, en el oeste se localiza el complejo acuífero de los sedimentos aluviales y en pequeñas áreas en el norte y sureste el complejo acuífero de los sedimentos piroclásticos, en la costa en forma de una faja estrecha se emplaza el complejo de acuífero de los sedimentos costeros y en el noreste se localiza el complejo de los sedimentos carbonatados del Neógeno(N).

### **Complejo acuífero de los sedimentos lateríticos**

Se encuentra al norte, este y oeste en pequeñas porciones, el relieve es bien suave típico de una zona peniplanizada. La geología está constituida por corteza de intemperismo, formada por la acción de estos agentes sobre las rocas ultrabásicas.

La profundidad del agua varía desde 1-2 m hasta algunas decenas de metros, la mineralización va desde 0.04-0.9g/l y su dureza total es de 5.7 -8.8 mg-eq/l.



### **Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos – carbonatados**

Aparece en el municipio de Sagua de Tánamo ocupando la porción central, en el sur el relieve es abrupto con elevaciones de hasta 300msnm, la parte norte se caracteriza por elevaciones pequeñas próximas a los 20m.

La composición geológica está representada por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos o conglomeráticos brechosos de carácter sedimentario.

### **Complejo acuífero de los sedimentos aluviales**

El relieve es propio de terrazas aluviales, por formarse en las terrazas del río Sagua de Tánamo, las rocas acuíferas están representadas por depósitos areno-gravoso los cuales poseen una alta conductividad acuífera y son alimentados directamente por las aguas fluviales, el coeficiente de filtración de las rocas es elevado y oscila entre 13-290m/días.

Las aguas son dulces generalmente, poco mineralizadas (0,2-0,9g/l), siendo por su composición hidrocarbonatada magnésica cálcicas y el PH varía entre 7,5-8,5.

### **Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados del Neógeno**

Está constituido por una faja costera al norte del poblado de Frank País, el relieve es ligeramente ondulado, en ocasiones forma terrazas marinas. La geología la constituye calcarenitas de granos medios y finos de material aleuríticos e intercalaciones de margas y calizas finamente estratificadas pertenecientes a la formación Júcaro.

El coeficiente de filtración es de 10m/día en las calcarenitas y en las rocas menos acuíferas es de 4m/día, la profundidad de las aguas freáticas es de 6m en las calcarenitas y de 25 m en las margas.

### **Complejo acuífero de los sedimentos costeros**

El complejo forma una franja estrecha al norte de la cuenca con unos 2 km de ancho, el relieve es costero ligeramente ondulado, constituido por terrazas marinas y llanuras deltáicas con costas que oscilan entre 0 -3m.



El coeficiente de filtración puede alcanzar 268,4 m/día, el gasto puede llegar a 140l/seg mientras que el gasto específico alcanza valores de 93,4l/seg/m en las calizas.

### **Complejo acuífero de los sedimentos piroclásticos**

Se encuentra situado en la parte central en los extremos este y oeste del municipio Frank País, en el este del municipio Sagua de Tánamo y en el oeste del municipio Moa, el relieve es variado siendo llano en la parte norte.

La geología está representada por secuencias de tobas y lavas con aglomerados en cantidades subordinadas, areniscas tobaceas, lavas andesíticas, las rocas acuíferas de estos complejos son las calizas de la formación Puerto Boniato, las cuales por lo general aparecen carsificadas.

### **Régimen de las aguas subterráneas**

La mineralización generalmente es baja comportándose con valores menores que 0,8g/l, en general podemos decir que las aguas tienen una mineralización baja y oscila entre 0,3 1,1 g/l.

La composición química de las aguas es predominantemente hidrocarbonatada-clorurada-magnésica-cálcica. Los gastos de explotación son variables en dependencia del lugar, hacia la zona norte de la cuenca, los gastos de explotación son pequeños y hay que explotar estas aguas de forma racional debido al peligro de una intrusión salina.

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 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 considerar las 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. (Rodríguez, 2014).

## 1.7 Procesos y fenómenos geodinámicos

Cuando evolucionan los procesos y fenómenos geológicos acompañantes a los deslizamientos, suelen crearse las condiciones favorables para la formación de los mismos. Por ejemplo los procesos erosivos que tienen lugar en las laderas y taludes, el carso, la meteorización de las rocas, la acción de las aguas subterráneas, los movimientos neotectónicos y sísmicos, entre otros, facilitando la acción de esfuerzos de fallos o cortantes en las laderas y taludes provocando su rompimiento.

### Procesos erosivos

La erosión tiene lugar, sobre todo en las zonas desbrozadas donde los suelos han quedado sin protección alguna, lo cual unido al carácter muy friable de los mismos propicia un rápido acarreo pendiente abajo. Apenas llueve con regularidad se observa en el terraplén formas erosivas del microrelieve como las conocidas damas con sombrero, pruebas irrefutables de una fuerte erosión hídrica. Además de esto, se pueden ver grandes cárcavas y surcos abiertos por los procesos erosivos durante el arrastre del material. (Figura 1.9) (Rodríguez, 2014)



Figura 1.9: Foto de proceso erosivo como consecuencia de un camino abandonado, que afecta al suelo en la parte media de la subcuenca del río Castro.

## El Carso

El municipio Sagua de Tánamo no presenta un marcado paisaje cárstico como es observado en otras regiones del país. Sin embargo la presencia de rocas solubles carbonatadas y de yeso hace en la zona la ocurrencia de estos fenómenos (figura 1.10).



Figura 1.10: Visualización de manifestaciones cársticas en el municipio de Sagua de Tánamo (Consejo Popular Castro)

En la zona son frecuentes los sedimentos calcáreos, rocas que se caracterizan por su solubilidad ante la presencia de aguas enriquecidas en CO<sub>2</sub> y otros elementos orgánicos. Este proceso de disolución de las calizas provoca: el incremento de su porosidad, la ampliación de las grietas, el debilitamiento de su dureza y resistencia, la formación de cavernas y, en general, el surgimiento de un paisaje superficial y subterráneo, denominado relieve cárstico (o kárstico, o cársico). (Viltres, 2015)

## Los fenómenos de la meteorización

Es uno de los fenómenos geológicos más importantes ya que está vinculado a la desintegración física y descomposición química de las rocas, provocando la modificación substancial de los parámetros de resistencia, facilitando así la ocurrencia de deslizamientos. (Figura 1.11)

En el municipio Sagua de Tánamo estos procesos están relacionados a los diversos tipos de rocas que como las secuencias ofiolíticas, se distribuyen en el municipio. Las condiciones climáticas, el relieve, la tectónica y las características mineralógicas de las rocas favorecen los procesos de meteorización. (Rodríguez, 2014)





Figura 1.11: Visualización del procesos de meteorización en el municipio de Sagua de Tánamo (Consejo Popular el Carmen)

Las formaciones antes descritas en este capítulo, poseen determinado grado de alteración. El grado de meteorización en las rocas sedimentarias, terrígenas, calcáreas etc. es menor que en las serpentinizadas, y en las diabasas. (Viltres, 2015)

### **La sismicidad**

Los movimientos sísmicos pueden activar deslizamientos. En el caso de un sismo, existe el triple efecto de aumento del esfuerzo cortante, disminución de la resistencia por aumento de la presión de poros y deformación, asociados con la onda sísmica; pudiéndose llegar a la falla al cortante y hasta la licuación en el caso de los suelos granulares saturados. (Viltres, 2015)

Cuba posee tres unidades sismo- tectónicas. Una de ellas se localiza al este del sistema de fallas de Cauto Nipe y de la zona de falla Bartlett-Caimán. Por lo que el territorio de la provincia Holguín no ha estado exento de esos fenómenos. Esto ha hecho que en Moa y Sagua de Tánamo se sitúen en una zona de alta peligrosidad sísmica. Pudiera estar asociada a un terremoto de gran intensidad (sismo principal) que pueden producir sismos promotores y réplicas. Estas últimos pueden ser de 1 ó 2 grados de intensidad inferior al

sismo principal y pueden complicar aún más la situación por lo que pueden perturbarse estructuras ya resentidas por el sismo principal.

El municipio Sagua de Tánamo es atravesado por las zonas sismo generadoras, como Santiago-Moa y Purial, capaces algunas de ellas de generar terremotos entre 7 y 8 grados de magnitud de RICHTER. Se conoce además que los terremotos con epicentro en Santiago de Cuba (20 con  $\geq 7$  en la escala MSK) se han sentido en esta zona, específicamente en esta región han sido perceptibles sacudidas de 5,6 y 7 grados de intensidad como consecuencia de los terremotos fuertes del 3 de febrero de 1932 que estuvo entre 1 y 8 el 7 de agosto de 1947 entre 1 y 7 y el del 12 de junio de 1966 entre 1 y 9 grados en Santiago de Cuba. (Viltres, 2015)

Como basamento para fundamentar el mapa de PVR por deslizamientos de la provincia de Holguín, en los últimos años el ISMM y Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de Cuba, realizan investigaciones Ingeniero Sismológicas en la región noroeste de la provincia de Holguín, centrando como objetivo esclarecer las características geodinámicas y sismo tectónicas y sus relaciones con la sismicidad del medio.

### **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 los afloramientos de rocas de las secuencias ofiolíticas están condicionados por las características estructurales del macizo rocoso.

Las propias condiciones naturales de las rocas ofiolíticas como alta humedad, granulometría muy fina, altos contenidos de minerales arcillosos, baja permeabilidad, así como la intensa actividad sismo-tectónica en la región hacen que este fenómeno sea muy común y se convierta en un peligro latente, capaz de generar grandes riesgos (Rodríguez, 2014) (figura 1.12)



Figura 1.12: Visualización de movimiento en masa en el municipio Sagua de Tánamo.

### **Actividad antrópica**

Los niveles alcanzados en la mecanización del trabajo agrícola, particularmente en la agricultura cañera y en la explotación forestal, influyen directamente en el aumento de las afectaciones por compactación de suelos agrícolas y forestales, así como las condiciones naturales favorecen el desarrollo de procesos erosivos, los cuales tienen diversos grados y formas.

La actividad antrópica con frecuencia crea las condiciones que favorecen a la formación de los deslizamientos. El recorte 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 (Rodríguez, 2014)

## 1.8 Condiciones geoambientales regionales

Entendemos como problema ambiental aquel que ha propiciado un mayor impacto y que afectan la cantidad y calidad de los recursos naturales en su estrecha vinculación con el desarrollo socioeconómico. Los principales impactos que tiene lugar, pueden agruparse en 4 grupos:

1. Las inundaciones.
2. Los asociados a la actividad agropecuaria
3. La construcción de viales y asentamientos urbanos
4. Los incendios espontáneos o provocados

### Las inundaciones



Figura 1.13: Visualización de Inundación en el municipio Sagua de Tánamo, durante el Huracán Sandy.

Las inundaciones en Sagua de Tánamo son las catástrofes naturales que causan mayor riesgos de desastre en este territorio. Es el más importante de los riesgos relacionados con la geodinámica externa. El fenómeno de las inundaciones es uno de los que presentan mayor riesgo inducido, ya que las actividades humanas aumentan la gravedad del fenómeno e incluso lo pueden provocar. Por esto, interesa dividir las causas en naturales y antrópicas.



**Causas Naturales:** Generalmente de origen climático y meteorológico, como puede suceder por ciclones, huracanes, frentes fríos, etc. que provocan precipitaciones de gran intensidad y duración. La existencia de climas con períodos de marcado estiaje, frente a otras épocas de precipitaciones torrenciales. Otras causas naturales son las inundaciones por obstrucción natural de cauces fluviales, en las que materiales provenientes de deslizamientos, obstruyen el paso del agua que se ve obligada a salir del cauce produciendo inundaciones.

**Causas Antrópicas:** Pueden ser directas o indirectas. Entre las causas **directas** que pueden causar, el desembalse súbito de agua, incremento de aportes sólidos al cauce por explotaciones mineras, escombreras, canteras, obras, prácticas agrícolas y forestales, y obras en el cauce fluvial como diques y canalizaciones (ambos construidos para evitar inundaciones pueden tener el efecto contrario porque aumentan la velocidad del agua, impermeabilizan el terreno, pudiendo incluso aumentar el caudal), así como construcciones diversas que invaden el cauce (fábricas, viviendas, puentes) que actúan como obstáculos, reduciendo la sección útil del cauce en el caso de crecidas. Esta última situación puede agravarse y producir una obstrucción a la circulación del agua por la vegetación y otros cuerpos flotantes (incluidas basuras de todo tipo, encontrándose lavadoras, televisores, en ramblas), que quedan retenidos en estos obstáculos.

Entre las causas **indirectas** que pueden causar inundaciones está la impermeabilización del terreno con asfalto y hormigón por aumento de zonas urbanizadas (menos agua se infiltra quedando más agua en escorrentía para producir inundación), prácticas deficientes de cultivo y usos del suelo erróneos (como labrar a favor de pendiente que aumenta la velocidad del agua disminuyendo su posible infiltración o el excesivo laboreo que facilita la erosión llevando el agua gran cantidad de sedimentos que aumentan la peligrosidad de las inundaciones), erosión de suelos que favorece los fenómenos torrenciales (el suelo absorbe mucha agua por lo que la pérdida de suelo por erosión disminuye la retención de agua) y sobre todo, la deforestación y pérdida de



cobertera vegetal ya que la vegetación disminuye la velocidad del agua, frena la erosión y aumenta la infiltración del agua. En los últimos 50 años en Sagua de Tánamo se producían inundaciones cada 2 o 3 años, las pérdidas anuales por inundaciones son más de 14 veces superiores a las producidas en los años anteriores a los 50. En este caso cabe destacar como especialmente peligrosas los cauces secos la mayor parte del año que pueden transformarse en una avalancha suelos y rocas. (Viltres, 2015)

### **Los asociados a la actividad agropecuaria**



Figura 1.14: Visualización de la actividad agropecuaria en el municipio Sagua de Tánamo (Consejo Popular el Sitio)

Desde nuestra óptica el mayor impacto negativo en el territorio es sobre el recurso suelo. Con la actividad agropecuaria ocurre la sustitución de ecosistemas naturales por agro ecosistemas o áreas de cultivos con la consecuente disminución del fondo genético local, la aparición de especies sinántropicas o acompañantes del hombre y formación de bosques secundarios sobre todo cuando ocurre el abandono de las áreas que fueron cultivadas.

Como consecuencia de los desbroces totales se destruye la vegetación y la estructura de los suelos, lo cual propicia la aceleración de los procesos erosivos en esta área de alto riesgo de erosión. (Rodríguez, 2014)

## **Se identifican en el territorio los siguientes impactos negativos**

**Compactación del suelo:** La compactación del suelo ocurre necesariamente en el plano de la vida y además en las laderas de pendientes muy fuertes donde se deben construir taludes de contención. Este impacto significa la pérdida inmediata de parte de los ecosistemas localizados, donde ocurre la disminución de la infiltración, porque las áreas compactadas son superficies lisas de rápido escurrimiento superficial. Esto, lógicamente perjudica el bosque adyacente al disminuir los niveles de infiltración. (Viltres, 2015)

**Procesos de encharcamiento de los suelos:** Este impacto tiene lugar en las áreas de los suelos enterrados como consecuencia de los vertimientos. Como el material vertido no posee estructura alguna, durante las precipitaciones, la erosión es muy fuerte, pero en cuanto disminuyen las lluvias, el agua se infiltra con facilidad y se desliza lentamente entre la placa de sedimentos y el suelo enterrado. (Rodríguez, 2014)

**Destrucción de las formas naturales y estabilidad del relieve:** Este impacto viene dado por cortes de taludes como consecuencia se pierden irreversiblemente el moldeado de la superficie. Este proceso altera además la estabilidad de los procesos geomorfológicos (acarreo, deposición, etc.), deformando la dinámica y funcionamiento del relieve local. (Rodríguez, 2014)

**Desecación local del clima:** Este fenómeno ocurre como consecuencia de los desbroces de la vegetación, en las grandes áreas minadas o taladas, esto disminuye los valores de humedad por falta de evapotranspiración, conjuntamente con esto, al desaparecer la cobertura se posibilita la entrada directa de los rayos solares sobre la superficie del suelo (Castañeda, S. 2003).

## CAPÍTULO II: VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTOS.

### Introducción

Aplicando la fase 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**, se realizó la evaluación de la vulnerabilidad antes de los deslizamientos de tierra en el municipio Sagua de Tánamo. 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 deslizamientos de tierra

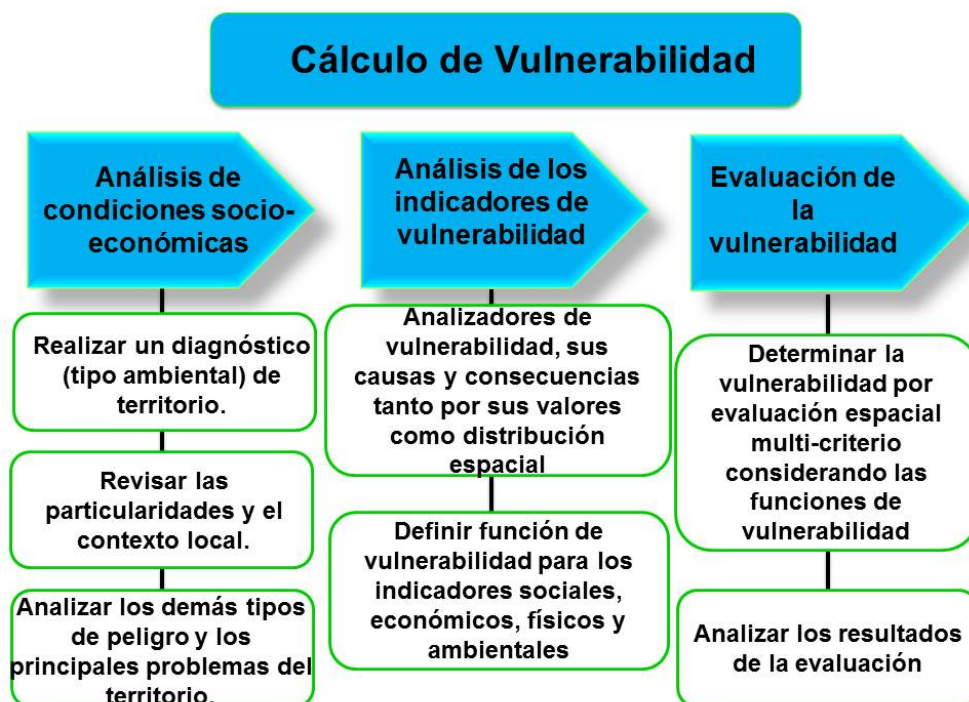


Figura 2.1: Metodología para el cálculo de vulnerabilidad por deslizamientos de tierra

### **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. Deben considerarse tres elementos: 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**

La selección y evaluación de indicadores vulnerabilidad es un tema aún en investigación a nivel mundial y cualquier acercamiento estará sujeto a mejoras continuas.

Para la evaluación de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de 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 en el municipio Sagua de Tánamo.

Tabla 2.1: Principales indicadores de vulnerabilidad y los pesos asignados a cada uno. (Garcell, 2014)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
V U L N E R A B I L I D A D E S	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)	
	Vulnerabilidad física (0.26)	Barrios insalubres (0.11)	
		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)
	Vulnerabilidad económica (0.16)		Redes técnicas (0.75)
		Presupuesto de reducción (0.10)	
		Zonas industriales (0.40)	
		Áreas cultivadas (0.20)	
	Vulnerabilidad ecológica (0.09)	Cantidad de animales (0.30)	
		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 la ocurrencia de deslizamientos se tienen en cuenta los indicadores que aparecen en la tabla 2.1 de la metodología, donde se evalúa los diferentes tipos de vulnerabilidades.

Para la evaluación de 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 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 2.2. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad social (Garcell, 2014) Modificado por el autor

	Fórmulas	No.
<b>Vulnerabilidad de la población.</b>	$Vul_{Pob} = 0,61 * Rel_{pob}^p + 0,28 * Rel_{disc}^p + 0,11 * RDE$	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
<b>Vulnerabilidad de la percepción</b>	$Vul_{perc} = \frac{0,25 \cdot Grp_I + 0,5 \cdot Grp_{II} + 1 \cdot Grp_{III}}{Grp_I + Grp_{II} + Grp_{III}}$	II.5
<b>Vulnerabilidad del barrio</b>	$Vul_{barrio} = \frac{A(P)_{barrio}}{A(P)}$	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 deslizamientos 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 la siguiente fórmula:

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

**Donde:**

**Vul<sub>pob</sub>** = vulnerabilidad de población

**Vul<sub>perc</sub>** = vulnerabilidad de percepción

**Vul<sub>barrio</sub>** = vulnerabilidad de barrios insalubres

Para la evaluación de la **vulnerabilidad física** ante la ocurrencia de deslizamientos se debe tener en cuenta los indicadores que aparecen en la tabla 2.3 (las edificaciones, instalaciones y líneas vitales). En la cual se muestran las fórmulas que se emplean para la determinación de dicha vulnerabilidad.

Para determinar la vulnerabilidad de las viviendas y las edificaciones no residenciales se aplicaron las fórmulas II.7 y II.8. (Tabla 2.3)

La evaluación de la vulnerabilidad de las instalaciones se efectúa 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:

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

**Donde:**

**Vul<sub>viv</sub>** = vulnerabilidad de vivienda

**Vul<sub>edif</sub>** = vulnerabilidad de edificaciones

**Vul<sub>inst</sub>** = vulnerabilidad de instituciones

**Vulvial** = vulnerabilidad vial

**Vulred** = vulnerabilidad de redes

Tabla No 2.3. Fórmulas para determinar la vulnerabilidad física (Garcell, 2014) Modificado por el autor

Fórmulas	No.
$Vul_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 PD_{ij} \cdot V_{iv_{ij}}^2}{V_{iv}^2}$	II.7
$Vul_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Ed_{if_i}^R}{Ed_{if}^R}$	II.8
$Vul_{inf} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Inf_{if_i}^R}{Inf_{if}^R}$	II.9
$Vul_{vial} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot V_{ial_i}^2}{V_{ial}^2}$	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 la ocurrencia de deslizamientos, con los pesos asignados a cada uno de los indicadores y sus pesos como aparece en la tabla 2.1, además



se pueden presenciar 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.

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 la ocurrencia de 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<sub>pres</sub>** = vulnerabilidad de presupuesto

**Vul<sub>ind</sub>** = vulnerabilidad de industrias

**Vul<sub>cult</sub>** = vulnerabilidad de cultivos

**Vul<sub>anim</sub>** = vulnerabilidad de animales

Tabla 2.4: Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad económica (Garcell, 2014) Modificado por el autor

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		
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<sub>zsensible</sub>** = vulnerabilidad de zonas sensibles

**Vul<sub>aprot</sub>**= vulnerabilidad de áreas protegida

Tabla 2.5: Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad ecológica (Garcell, 2014) Modificado por el autor

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, mostrándose en la tabla 2.6 la fórmula 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 de preparación

**$Vul_{electro}$**  = vulnerabilidad de grupos electrógenos

**$Vul_{salud}$**  = vulnerabilidad de salud

**$Vul_{alberge}$**  = vulnerabilidad de capacidad de albergue

**$Vul_{acceso}$**  = vulnerabilidad de acceso

**$Vul_{reserva}$**  = vulnerabilidad de reserva

Tabla 2.6. Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad por capacidad de respuesta (Garcell, 2014).  
Modificado por el autor.

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 2.1.

## 2.2 Volumen de los trabajos realizados

### 2.2.1 Etapa Preliminar

Una vez establecida el área de estudio donde se realiza la investigación, se da paso a la recopilación de información, donde se efectuó búsquedas, revisiones bibliográficas, estudios de mapas y selecciones, con el objetivo de descubrir y

ampliar el conocimiento existente referente al tema. Logrando a través del mismo la conformación del marco teórico conceptual.

Para la recopilación de información se consultó en el centro de información del I.S.M.M, trabajos de diplomas, tesis de maestrías y doctorales, además de otros documentos relacionados con la temática abordada en la investigación. Conjuntamente se analizaron los trabajos que precedieron a esta investigación, contribuyendo al enriquecimiento de la información con datos actualizados y confiables. Al finalizar esta etapa se elaboraron los instrumentos para recuperar información aplicable en el trabajo de campo (guías de entrevistas y formularios para la realización de encuestas en la comunidad)

Para el desarrollo de todas estas actividades, la autora visitó las Instituciones Gubernamentales del municipio y la provincia (Planificación Física, CITMA, Poder Popular, Estadística, y en la biblioteca del ISMM) logrando la recopilación de datos que sirven de base al avance 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

En la tabla 2.7 se muestra una base cartográfica que fue obtenida en la búsqueda de información la que sirvió de apoyo en la conformación de algunas de las partes de este trabajo

Tabla 2.7 Bases cartográficas obtenidas en la búsqueda de información

Mapas	Fuente de información	Escalas	Información del Área de Estudio
Municipio	Defensa Civil, Sagua de Tánamo	1:100 000	Limites del área y Consejos Populares
Geológico	I.G.P	1:100 000	Formaciones Geológicas
Tectónico	Centro de Riesgo, Sagua de Tánamo	1:100 000	Fallas
Topográfico	CITMA	1:100 000	Carreteras, Caminos y Red Fluvial (Ríos y Arroyos)

### **2.2.2 Etapa de Campo**

Con el propósito de reconocer las ubicaciones de las posibles zonas vulnerables ante la ocurrencia de deslizamientos y determinar las características de las mismas, se efectuaron marchas de reconocimiento y verificación en el área de estudio, aprovechando así para una nueva recolección de información, donde se desarrollaron encuentro con algunos de los pobladores, se realizaron entrevistas y se les dieron respuestas a las encuestas, lo cual fue de gran aprovechamiento para calcular la vulnerabilidad existente en el municipio.

### **2.2.3 Etapa Interpretación de los resultados**

En esta etapa se desarrolló un trabajo de gabinete, donde se efectuó la digitalización de todas las informaciones obtenidas durante las dos etapas anteriores, por medio del cual se logró a través de la base de datos en Excel realizar un procesamiento estadístico, que colaboró con el cálculo de la vulnerabilidad, logrando una implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) y la elaboración de los mapas de los diferentes tipos de vulnerabilidades existentes. Una vez obtenido el mapa de vulnerabilidad total, se realiza la interpretación del mismo teniendo como basamento los diferentes valores de la vulnerabilidad.

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

#### **Estructura del proyecto:**

El ArcGIS es el programa que se ha utilizado en la presente investigación para el desarrollo del S.I.G 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 (Figura 2.2)



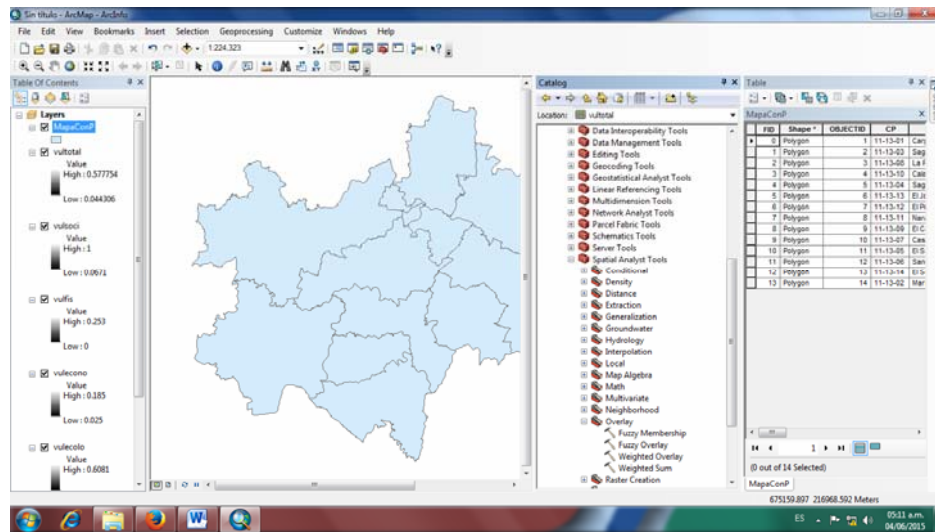


Figura 2.2: Visualización del VIEW de los mapas temáticos

**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 (Figura 2.3).

**Diagramas y gráficos:** Se han utilizado los diagramas para las representaciones gráficas 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.

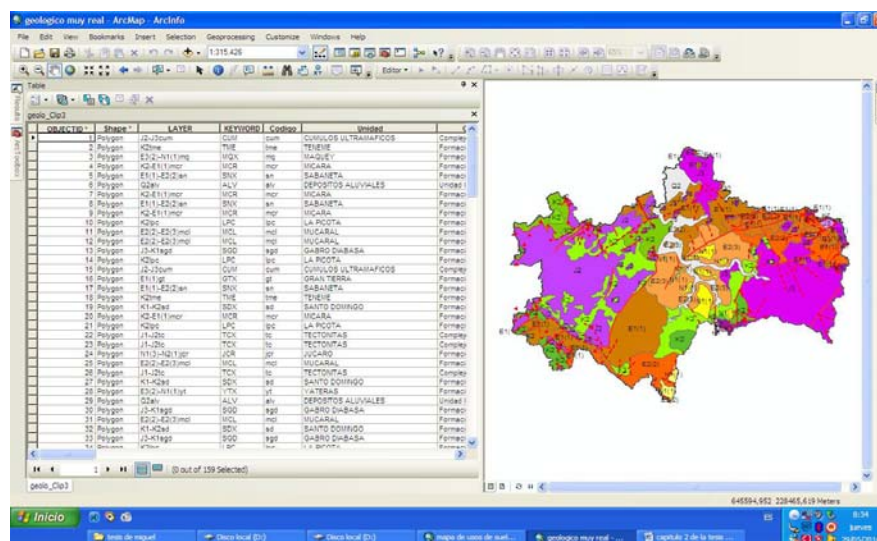


Figura 2.3: Visualización de la tabla de atributos de los mapas temáticos utilizados

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 (Mapa de vulnerabilidad total por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo) queda reflejado en la (Figura 2.4).

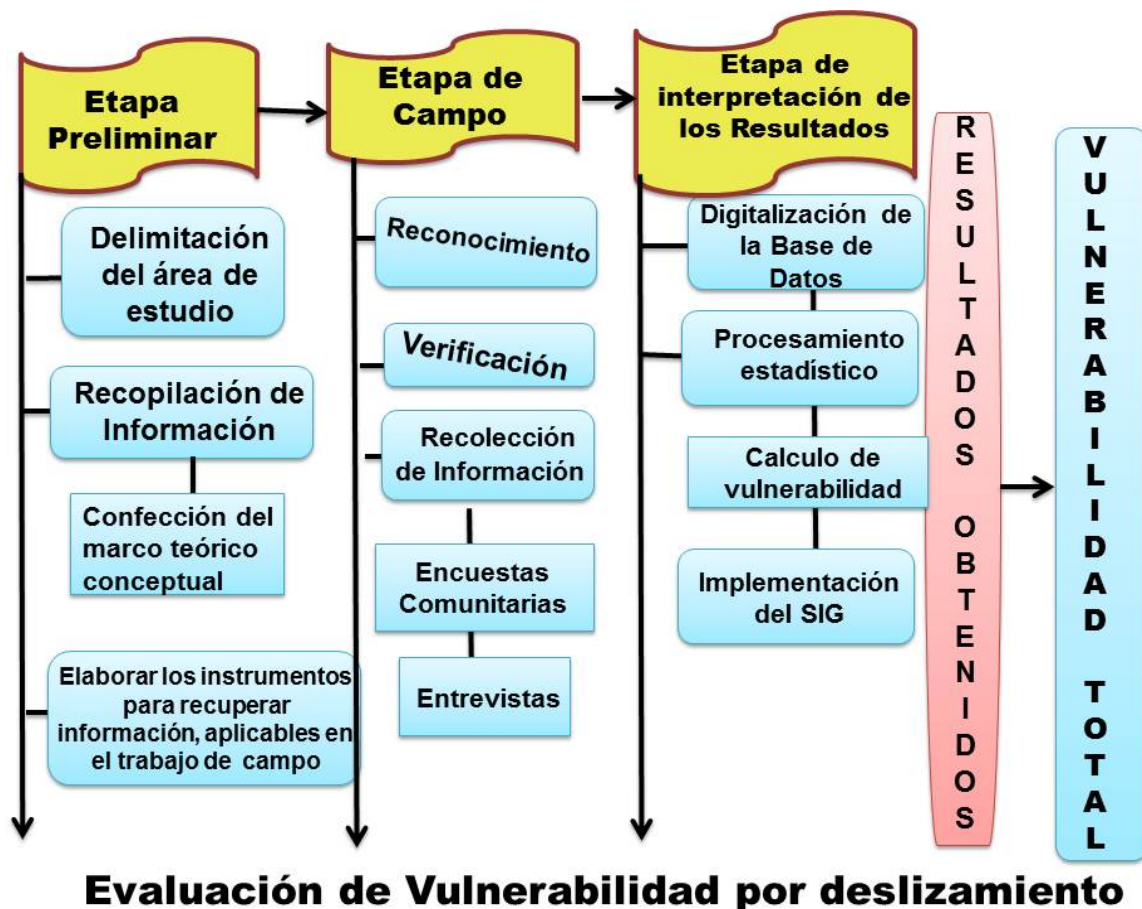


Figura 2.4: Metodología empleada en la evaluación de vulnerabilidad por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo.

## **CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO SAGUA DE TÁNAMO**

### **Introducción**

La evaluación de la vulnerabilidad generada por la interacción entre los deslizamientos y los elementos afectados en el municipio Sagua de Tánamo tiene como finalidad proporcionar un mapa que describa de manera cualitativa el nivel de afectación presente en los diferentes Consejos Populares que abarcan al territorio. En el presente capítulo se realiza la interpretación de los resultados obtenidos a partir del empleo de la Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos del terreno.

### **3.1 Características de los deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo**

La autora se basó en las etapas de análisis de la información, trabajo de gabinete, y trabajos de campo, para determinar las particularidades de los movimientos de masas. Se ubicaron los deslizamientos, representados en el mapa de inventario de deslizamientos, (figura 3.1) Para ello se tomó en consideración aquellos elementos de clasificación de los deslizamientos más tratados en la literatura, en los que se encuentran dos sistemas de clasificación propuestos por (Varnes, Landslide Hazard Zonation: a review of principles practice., 1984.) Hutchinson (1968) y por Varnes (1958 y 1978), Lomtatze B D, 1972. En el municipio Sagua de Tánamo los deslizamientos históricos se caracterizan por ser caídos, deslizamientos y flujos.

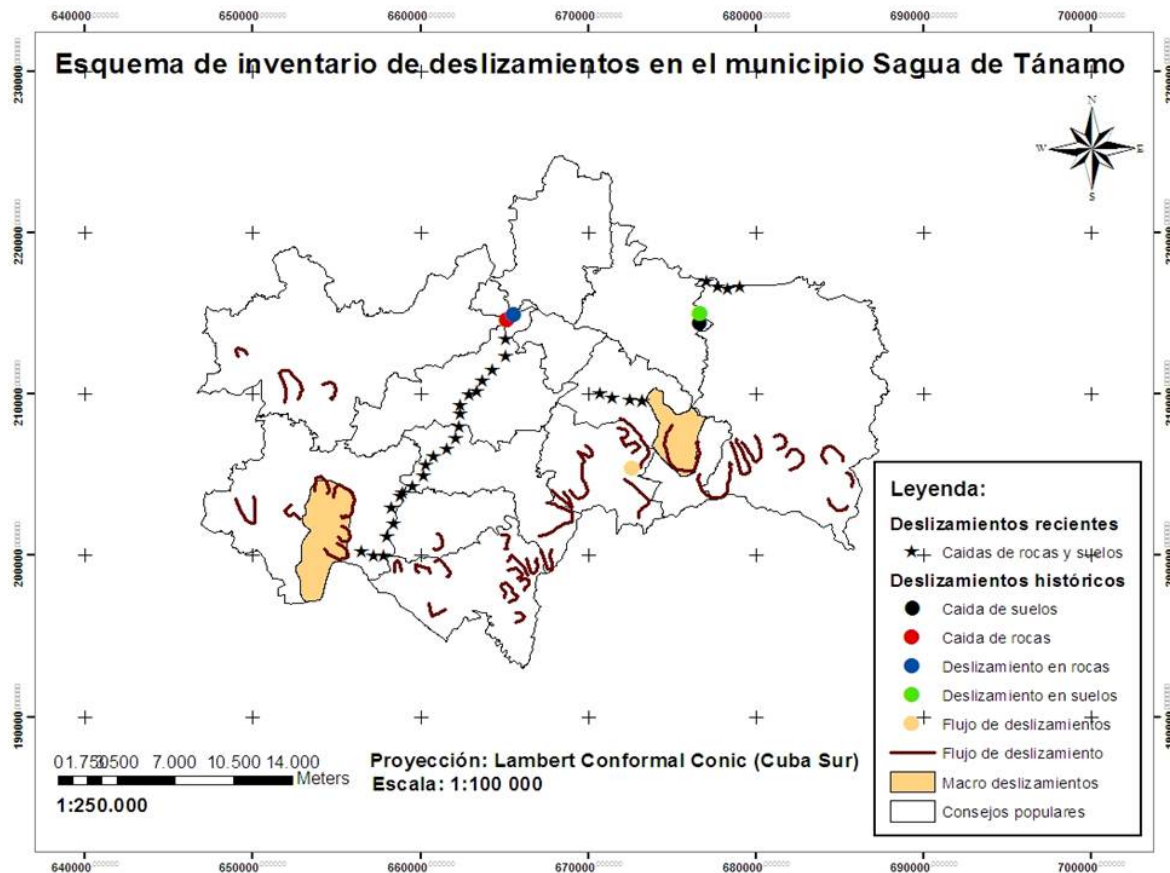


Figura 3.1: Esquema de inventario de deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo (Viltres, 2015)

### 3.2 Evaluación de las vulnerabilidades por deslizamientos en el área de estudio

La susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre, es lo que se conoce como vulnerabilidad. Para la evaluación de las diferentes vulnerabilidades en el área de estudio, se tuvieron en cuenta los indicadores antes mencionados en el capítulo II y se asumieron los intervalos de vulnerabilidad (Fell, 1994) propuestos para la clase de deslizamientos definidas por Varnes (1978), de acuerdo con su magnitud (Tabla 3.2)

Tabla 3.2: Intervalos de vulnerabilidad (Fell, 1994) propuestos para la clase de deslizamientos 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

### 3.2.1 La vulnerabilidad social

Para la evaluación de este indicador se tuvo en cuenta los factores expuestos en el capítulo II (población, percepción y barrios insalubres) y se establecieron clases de vulnerabilidad a partir de los pesos asignados a cada factor (alta, media, baja) para el nivel de exposición. (Figura 3.2)

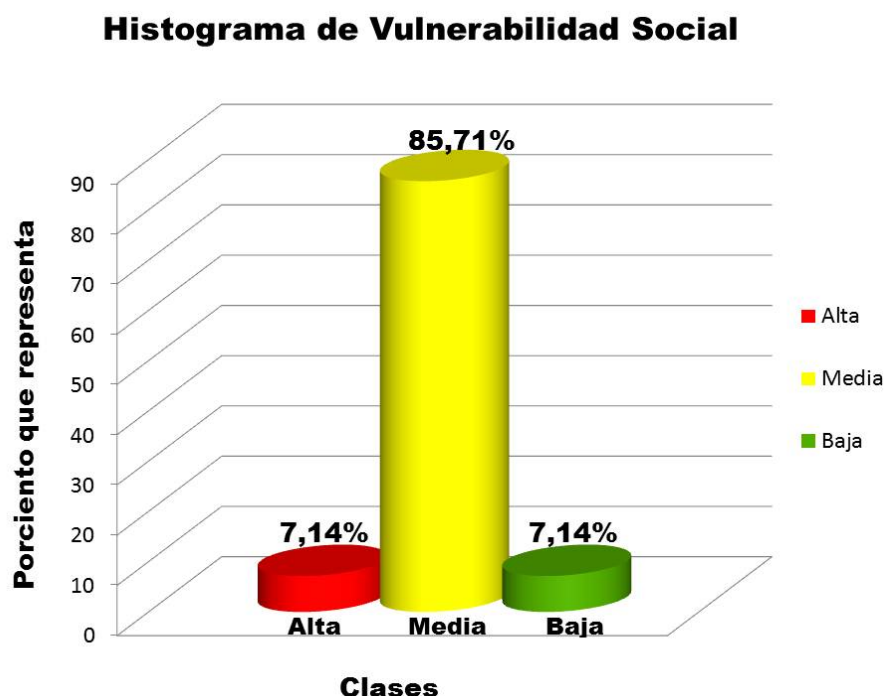


Figura 3.2: Histograma de Vulnerabilidad Social por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.

Como se muestra en la figura anterior y teniendo en cuenta los intervalos de evaluación que se exponen en la tabla 3.2, la vulnerabilidad social ante ocurrencia de deslizamientos en el municipio se comporta de la siguiente manera: La **vulnerabilidad alta** se observa principalmente en el Consejo Popular Sagua Sur, con un valor respecto al área total de 7,14%, resultando ser la zona más vulnerable ante la ocurrencia de deslizamientos, esto se debe a la cantidad de habitantes residentes en el Consejo, que lo convierte en la zona de mayor asentamiento poblacional en el municipio.

A través de las encuestas realizadas se analizó la percepción, a partir del resultado obtenido se pudo constatar que esta población se encuentra en el **grupo II** (percepción cercana de la realidad, pero insuficiente conocimiento de estos fenómenos geológicos) lo que los convierte en vulnerables ante dicho evento. (Anexo 8) La insalubridad en el Consejo se evidencia mediante el vertimiento de fosas a cielo abierto sin acceso para mantenimiento y evacuación, lo que aporta altos índices de vectores en la zona y problemas en el orden higiénico. Destacar que estos vertimientos de residuales viajan por la zanja del reparto Felipe Romero y son depositados en río Sagua, incorporándole un alto grado de contaminación a estas aguas superficiales. (Anexo 6).

La **vulnerabilidad media** ocupa una porción representativa del municipio, se puede presenciar en los Consejos Populares: Naranjo Agrio, El Carmen, Carpintero, Calabaza, Castro, Progreso, Sitio, Sopo, Plazuela, Marieta, San Pedro, Sagua Norte, con un valor respecto al área total de 85,71%. El factor que más afecta en el comportamiento del indicador que se escribe es la percepción. La **vulnerabilidad baja** refleja un valor respecto al área total de 7,14%, ocupa el Consejo Popular del Jobo, inciden entre otros factores, la poca población existente en el área, lo que incide en la no existencia de barrios insalubres, además la muestra seleccionada para comprobar el nivel de percepción se mostró preparada.



### 3.2.2 La vulnerabilidad física

En la figura 3.3 se muestran los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad física antes la ocurrencia de deslizamientos como establece la metodología empleada para el desarrollo de la investigación.

Para el nivel de exposición se establecieron clases de vulnerabilidad a partir de los pesos asignados a cada factor (muy alta, alta, media, baja, muy baja) y se tuvo en cuenta los intervalos de evaluación que se exponen en la tabla 3.2.

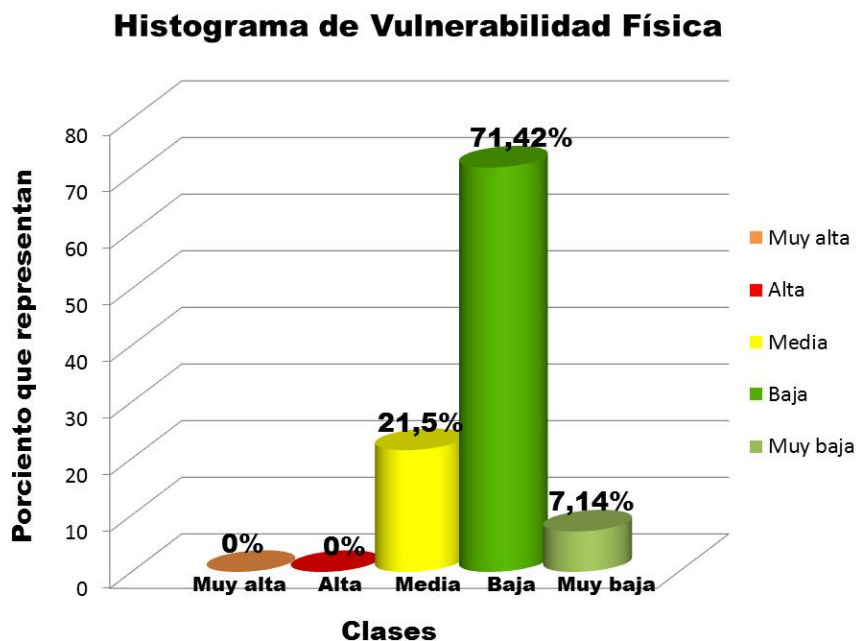


Figura 3.3: Histograma de Vulnerabilidad Física por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.

La **vulnerabilidad alta y muy alta** se encuentra representada con valores de 0% respectivamente, debido a que ningún Consejo Popular ante la ocurrencia de deslizamientos está afectado a un nivel de sufrir grandes pérdidas.

La **vulnerabilidad media** se visualiza de una manera u otra en todo el municipio con un 21,5%, observándose la mayor concentración en los Consejos Populares Naranjo Agrio, San Pedro y Sagua Sur.

La **vulnerabilidad muy baja** se localiza principalmente en el Consejo Popular El Sopo, con un valor respecto al área total de 7,14%. La **vulnerabilidad baja** se observa mayormente en los Consejos Populares: Sitio, Plazuela, Sagua Norte, Jobo Marieta, El Carmen, Calabazas, El Progreso, Castro y Carpintero, de mayor a menor proporción, con un valor respecto al área total de 71,42%.



La investigadora al hacer un análisis comparativo entre la observación realizada en el terreno con los factores establecidos según la Metodología empleada para evaluar la vulnerabilidad física asume las consideraciones siguientes, al tomar como referencia al Consejo Popular de Sagua Sur:

- Existen 120 viviendas con peligro de derrumbe fundamentalmente durante la incidencia de intensas lluvias. (Anexo 3)
- Se afectan 0.2 km de carreteras de segundo orden y 5 km de senderos y trillos.
- Se afectan las conductoras de agua potable soterradas en 3.2 km.
- Ríos y arroyos como residuales en 0.2 km.
- Líneas de transmisión eléctrica en 0.8km.

En los Consejos Populares de Castro, El Carmen, Calabaza, Progreso, Naranjo Agrio, Sopo y Carpintero, pertenecientes al Plan Turquino, así como en los declarados mixtos como, La Plazuela, San Pedro y El Sitio, las intensas lluvias han deteriorado la infraestructura vial provocando deslizamientos en varios sectores de la única vía de acceso (terraplén mejorados, carreteras de primero y segundo orden) que conduce a la comunidad, lo que impiden el acceso del transporte de pasajeros, los suministros básicos y quedan incomunicados con la cabecera municipal por varios días.

### **3.2.3 La vulnerabilidad económica**

Se tuvo en cuenta para el análisis de este indicador, los factores que se encuentran en riesgo, lo cual se explicaron en el capítulo anterior (centros productivos, áreas cultivadas, tipos y cantidad de animales) y se establecieron clases de vulnerabilidad a partir de los pesos asignados a cada factor (alta, media, baja) para el nivel de exposición. (Figura 3.4)

### Histograma de Vulnerabilidad Económica

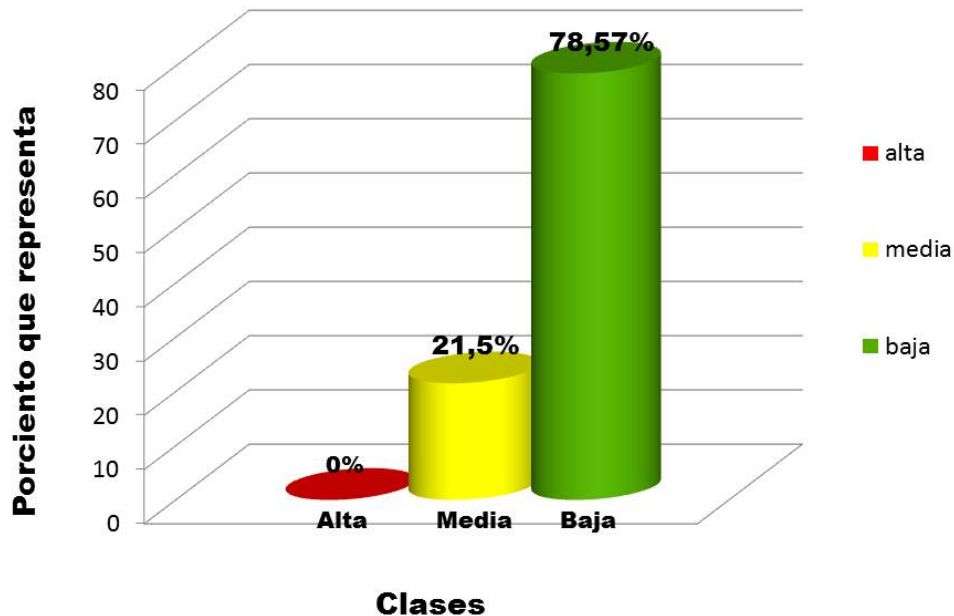


Figura 3.4: Histograma de Vulnerabilidad Económico por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.

La **vulnerabilidad alta** presenta un valor respecto al área total de 0%, esto se debe a que ninguno de los Consejos Populares del municipio Sagua de Tánamo ante la ocurrencia de deslizamientos ha sufrido graves afectaciones, lo que evidencia que son efectivas las medidas para la protección de los cultivos y el ganado que se aplican en el Plan Turquino.

La **vulnerabilidad media** refleja un valor respecto al área total de 21,5%, representada en los Consejos Populares Castro, Naranjo Agrio, Progreso, esto se debe a que los gastos efectuados en estas zonas son en el mantenimiento a las redes viales.

La **vulnerabilidad baja**, se encuentra en la mayor porción del municipio, ocupa los Consejos Populares: Sagua Sur, El Carmen, Carpintero, Calabaza, Sitio, Sopo, Plazuela, Marieta, San Pedro, Sagua Norte, Jobo, con un valor respecto al área total de 85,71%. En la observación en el terreno realizada se pudo constatar que en estas zonas se afectan, aunque en menor grado las áreas de cultivos.

### 3.2.4 La vulnerabilidad ecológica

En la figura 3.5 se muestran los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad ecológica antes la ocurrencia de deslizamientos como establece la metodología empleada para el desarrollo de la investigación. Para el nivel de exposición se establecieron clases de vulnerabilidad a partir de los pesos asignados a cada factor (alta, media, baja)

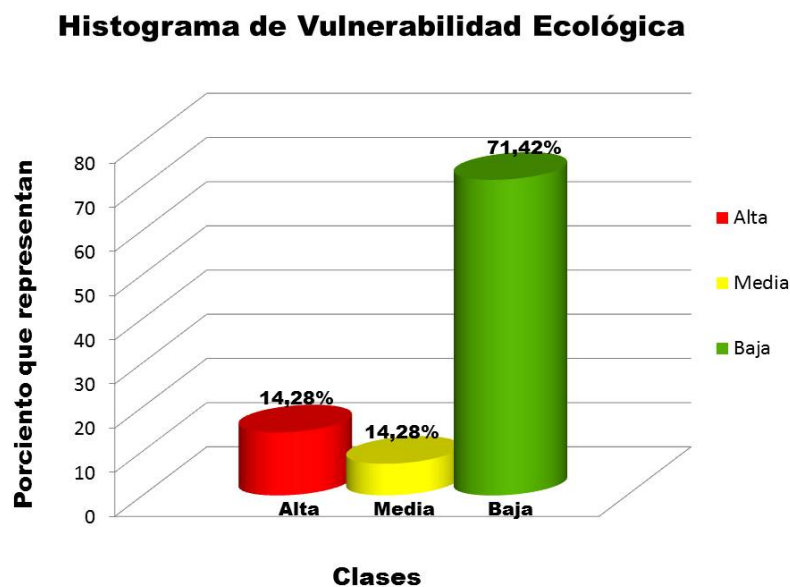


Figura 3.5: Histograma de Vulnerabilidad Ecológica por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.

Como se muestra en la figura anterior y teniendo en cuenta los intervalos de evaluación que se exponen en la tabla 3.2, la vulnerabilidad ecológica ante ocurrencia de deslizamientos en el municipio se comporta de la siguiente manera: La **vulnerabilidad alta** se observa principalmente en los Consejos Populares Castro y Calabaza, con un valor respecto al área total de 14,28%. En ambos Consejos Populares se ubican parte de las áreas protegidas del Parque Nacional Alejandro de Humboldt y Pico Cristal, lo que significa que los organismos enclavados en estas áreas deben crear las condiciones y aplicar las medidas indicadas por la Defensa Civil y CITMA para minimizar los riesgos acarreados por los deslizamientos.

La **vulnerabilidad media** se refleja con un valor respecto al área total de 14,28%, ocupa el Consejo Popular Carpintero y San Pedro. La **vulnerabilidad**

**baja** ocupa los Consejos Populares: Naranjo Agrio, El Carmen, Progreso, Sitio, Sopo, Plazuela, Marieta, Sagua Norte, Sagua Sur y El Jobo, con un valor respecto al área total de 71,42%.

### **3.2.5 La vulnerabilidad por capacidad de respuesta**

Para el análisis de este indicador se tuvo en cuenta el porcentaje de preparación, grupos electrógenos, sistemas de salud, capacidad de albergue, accesos a zonas aisladas y reservas de suministros con la que cuenta el municipio. Para la evaluación del mismo se establecieron clases de vulnerabilidad a partir de los pesos asignados a cada factor (alta, media, baja) donde se pudo apreciar que la vulnerabilidad por capacidad de respuesta ante los deslizamientos en el municipio es media, esto se debe a que no existe una buena percepción de los riesgos que provoca este peligro, evidenciándose en las debilidades existen en el sistema de gestión de los diferentes procesos que se llevan a cabo a través de los órganos locales del Poder Popular y la integración con las demás instituciones y entidades del territorio, lo que influye negativamente en el desarrollo local sostenible de este municipio. (Anexo 9)

A pesar de que el municipio cuenta con 16 grupos electrógenos disponibles para situaciones críticas, el servicio eléctrico es deficitario, sólo un 48 % de los asentamientos poblacionales posee servicio, lo que ha provocado que los pobladores realicen instalaciones ilegales desde la red principal hasta sus viviendas, esto se puede presenciar en los Consejos Populares de Castro, Carmen, Sitio, San Pedro, Plazuela, Progreso y el Sopo (Anexo 4)

Todos los Consejos poseen el consultorio médico y está organizado el sistema de respuesta, aun cuando el estado constructivo es malo, incidiendo fundamentalmente el deterioro de la carpintería. Los Consejos Populares más críticos son: El Sitio, San Pedro y El Carmen, siendo estos los de mayor inestabilidad de médicos y enfermeras. (Anexo 6)

La capacidad de albergue que tiene destinado el gobierno local es del 64%, empleando locales disponibles de la empresa cafetalera y centros educativos, de modo que se necesita del apoyo de vecinos y familiares para utilizar sus viviendas como centros de evacuación.

El acceso a zonas aisladas representa el 80% de las capacidades de respuesta que posee el gobierno local, debido a que 249,9 km de caminos y terraplenes pertenece a la zona de montaña. Las mayores dificultades de accesibilidad se presentan por el mal estado técnico, lo que trae como consecuencia la incomunicación de los asentamientos con la cabecera municipal, esto repercute negativamente en el traslado de las producciones de café y viandas. (Anexo 6)

Están garantizadas las reservas de suministros de agua, alimentos, combustible y medicamentos. La figura 3.6 muestra la caracterización del histograma de vulnerabilidad en cuanto a por ciento de área que ocupa.

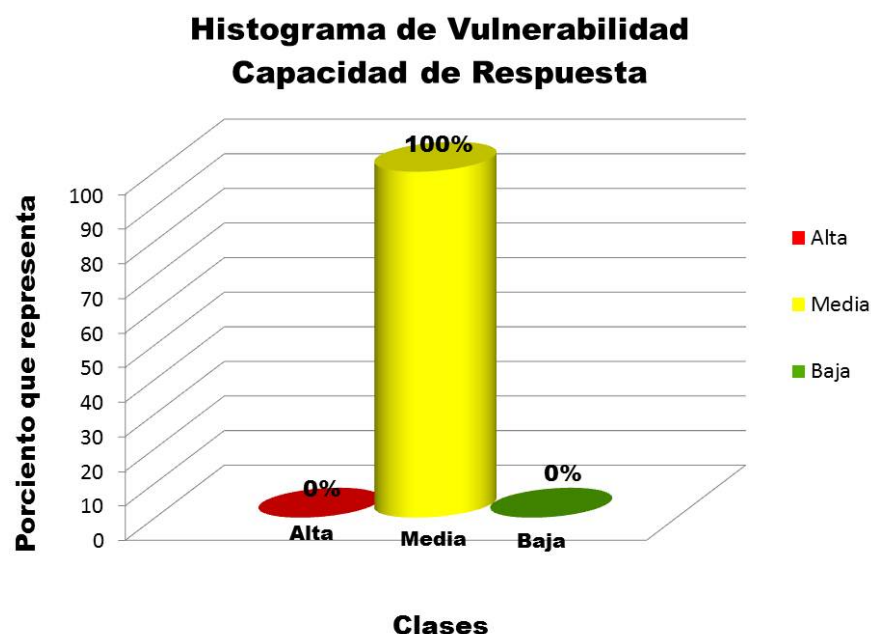


Figura 3.6: Histograma de Vulnerabilidad Capacidad de Respuesta por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.

### 3.2.6 Caracterización del mapa de vulnerabilidad total

Para la realización del mapa de vulnerabilidad total por deslizamientos para el municipio Sagua de Tánamo fue necesario confrontar el mapa de uso de suelo y el de inventario de deslizamientos, con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad por cada elemento expuesto en el área de estudio y calcular el área de peligro (anexo 2 – figura 3.1), el mismo se dividió en 3 clases (alta, media y baja), para

una mejor interpretación se muestra en la (figura 3.7), donde las vulnerabilidades varían desde bajo a alto valor.

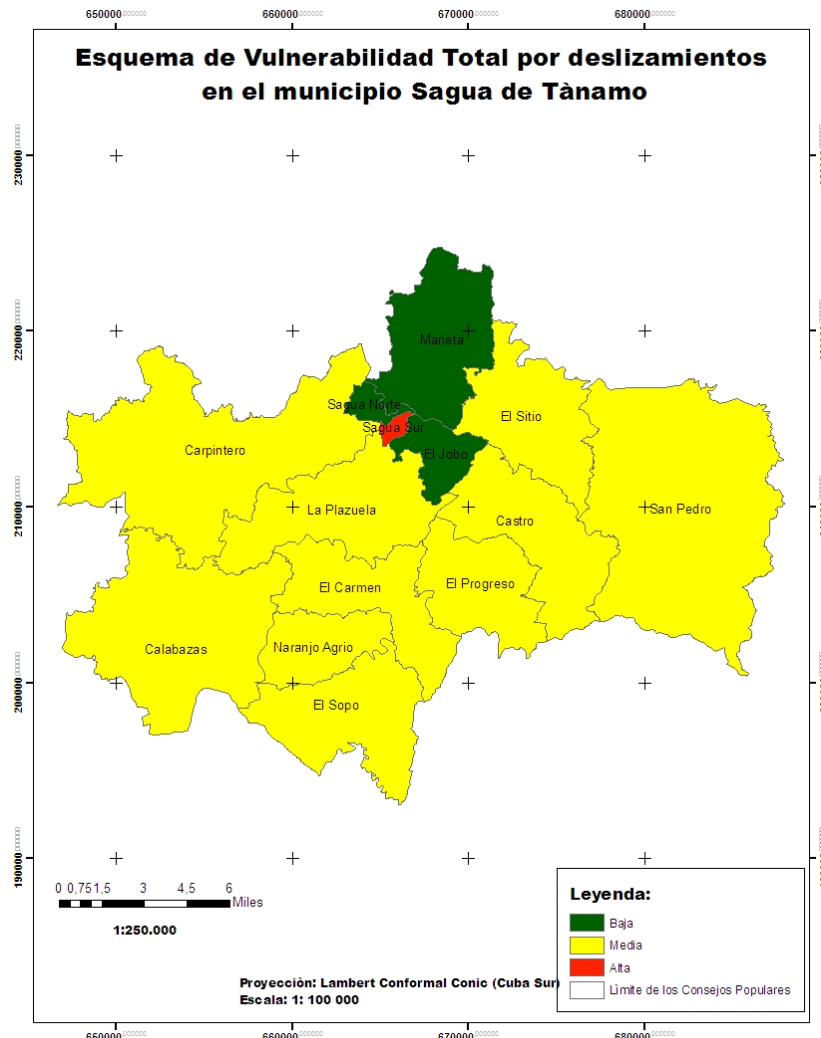


Figura 3.7: Esquema de vulnerabilidad total por deslizamiento del municipio Sagua de Tánamo.  
Escala: 1:100 000

En la figura anterior se observa que el mayor índice de vulnerabilidad (Alta) se encuentra en la parte norte del municipio, afecta el Consejo Popular de Sagua Sur, con un valor de 7,14% respecto al área total. Esta evaluación se da como resultado de la evaluación integral de los indicadores tomados en cuenta, de ahí que se declara el Consejo Popular afectado con una vulnerabilidad alta en lo social; en lo físico aún cuando la vulnerabilidad es baja, se aprecia un número significativo de viviendas, viales, instalaciones eléctricas y otros elementos que sufren afectaciones por deslizamientos a

consecuencias de las intensas lluvias. La capacidad de respuesta es evaluada de moderada al igual que en el resto del municipio.

La vulnerabilidad media, se ubica mayoritariamente al noroeste, noreste y sureste del municipio, abarca los Consejos Populares Carpintero, Plazuela, Castro, Calabaza, Carmen, Naranjo Agrio, San Pedro, Sitio, Sopo y representa el mayor por ciento en el área con un 71,43% del total.

La vulnerabilidad baja ocupa un 21,42% del área total y se encuentra distribuida en la parte norte del municipio, en los Consejos Populares Sagua Norte, Marieta y Jobo. La figura 3.8 muestra la caracterización del histograma de vulnerabilidad en cuanto a porciento de área que ocupa.

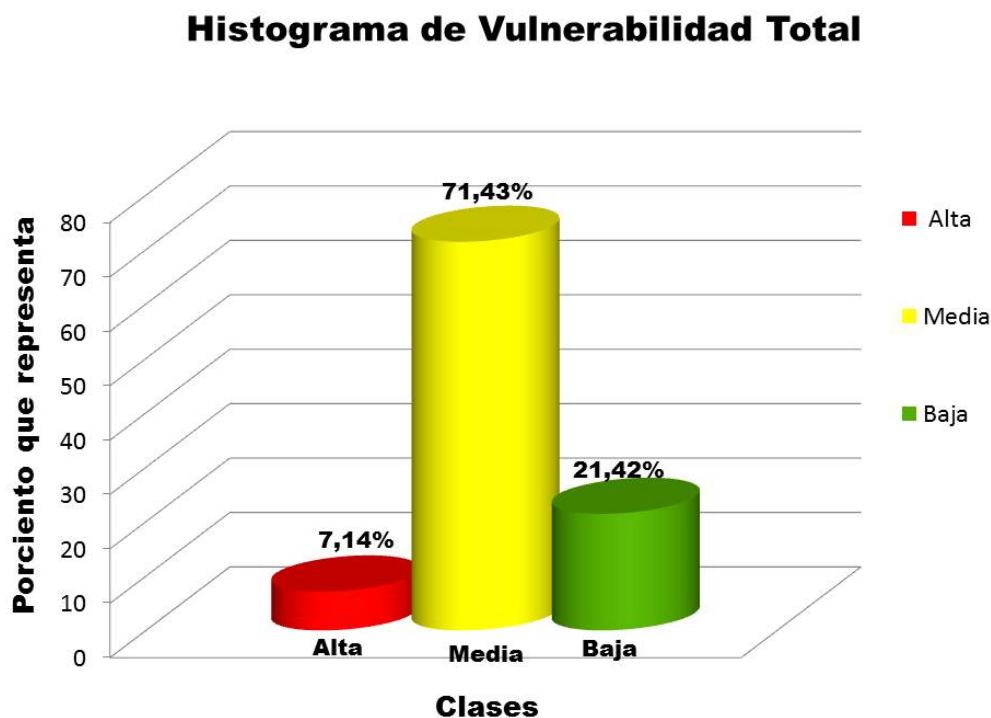


Figura 3.8: Histograma de Vulnerabilidad Total por deslizamientos del municipio Sagua de Tánamo con respecto al área total.



---

## CONCLUSIONES

1. Las diferentes vulnerabilidades (social, física, económica, ecológica y por capacidad de respuesta) por deslizamientos existentes en el área de estudio y sus indicadores son definidos a partir de los procesos naturales y de la interacción de las actividades humanas desarrolladas en la zona.
2. La aplicación de 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, conjuntamente con el método de análisis criterio de expertos y las técnicas del S.I.G., permitió establecer los cálculos de las vulnerabilidades y la obtención del mapa de vulnerabilidad total por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo, dividido en 3 clases de vulnerabilidades: baja, media y alta.
3. La evaluación de vulnerabilidad por deslizamientos en taludes y laderas en el municipio Sagua de Tánamo demuestra que la zona de mayor vulnerabilidad en el municipio es el Consejo Popular Sagua Sur, la vulnerabilidad media se encuentra ocupando la mayor porción del municipio, con predominio en los Consejos Populares: Castro, Naranja Agrio, Progreso, El Carmen, Carpintero, Calabaza, Sitio, Sopo, Plazuela, San Pedro y los Consejos Populares el Jobo, Marieta y Sagua Norte, presentan una vulnerabilidad baja.

---

## RECOMENDACIONES

1. En la metodología empleada, analizar las fórmulas para el cálculo de la vulnerabilidades y que se adapte a las zonas rurales, porque gran parte de los indicadores están elaborados para la zona urbana, donde existen grandes edificaciones, industrias, almacenamiento de sustancias peligrosas, entre otras infraestructuras propias de las ciudades, por lo que se desechan muchos puntos a la hora de aplicar la misma en la zona rural.
2. Generalizar la metodología utilizada en la investigación para determinar el nivel de P.V.R. por deslizamientos en otros municipios de la provincia Holguín y en zonas específicas de alto impacto económico.
3. Sugerir al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa continuar realizando estas investigaciones a nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALFONSO, LD.2013. Evaluación de riesgos por deslizamientos en taludes y laderas en el municipio Mayarí. Instituto Superior Minero Metalúrgico (trabajo de diploma) 115p
2. ALMAGUER Y. 2001. "Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo rocoso". Tesis de maestría. Departamento de Geología. 110 p.
3. 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. VI Congreso de Geología y Minería. Simposio de sismicidad y riesgos geológicos.
4. BATISTA, J. 1998. Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1: 50 000. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa (Tesis de maestría) 79p.
5. BAEZA, C. 1994. Evaluación de las condiciones de rotura y la movilidad de los deslizamientos superficiales mediante el uso de técnicas de análisis multivariante. (Tesis doctoral). Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica ETSECCPB-UPC.
6. BILZ, P. 1995. Slope stability in partially saturated sandy soils. Proceedings of the first international conference on unsaturated soils. Paris, pp. 257-264.
7. BLANCO, J y J. Proenza. 1993. Terrenos tectono-estratigráficos en Cuba Oriental. Revista Minería y Geología, 3.
8. BURNS, S., Beckstrand, D., Lunney, M., Taylor, J., Robinson, C., Schick, J., 2001, Is your house creeping on a reactivated landslide? (Resumen), en GSA Cordilleran Section-97th Annual Meeting: Universal City, C.A., USA, American Association of Petroleum Geologists, 4085.
9. 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, 2001. 25 p.
10. BRIONES GAMBOA, F. 2005. La complejidad del riesgo: breve análisis transversal, en: Revista de la Universidad Cristóbal Colón, N°20, 3ra Época, Año III, Veracruz, México, 2005, pp.9-19. [Consultado: 23/04/2013]. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/rucc/20/>
  11. Cala, Y. 2010 Estudio de los peligros geológicos para la evaluación de la vulnerabilidad del tramo Moa-río Jiguaní en la carretera Moa – Baracoa. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Trabajo de Diploma) 66p.
  12. CALVO GARCÍA, TORNELL F. 2001. Sociedades y territorios en riesgo. Ediciones del serbal. Barcelona, España.
  13. CAMARASA BELMONTE, A., LÓPEZ GARCÍA, M., SORIANO GARCÍA, A. 2008. Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas: Los llanos de Carraixet y Poyo. Cuadernos de Geografía 83, 1-26.
  14. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS. 2009. Guía Metodológica: Determinación del peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico en escenarios físicos. CENAIIS 2009.
  15. CUBA. CITMA. 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, 41 pp.
  16. CAMPA, M.F., Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions of Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, 20, 1040-1051.
  17. CAMPA, M.F., 1985, The Mexican thrust belt, Howell, D.G. (ed.), Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series, 1, 299-313.
  18. COCH, N.K., 1995, Geohazards natural and human: New Jersey. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

19. CAMPOS, M. 1983. Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología*, 2: 51-76.
20. 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. (Tesis de maestría). Departamento de geología, ISMM. 108 p.
21. CARMENATE, J.A. y A.B. Riverón. 1999. Zonificación de los fenómenos geológicos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa. *Minería Y Geología*. 16 (2): 21-31.
22. CHACÓN, J. Y C. Irigaray. 1999. Previsión espacial de movimientos de laderas y riesgos asociados mediante un SIG. En: Laín Huerta, L. (ed) *Los sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*. Instituto Tecnológico de España. Madrid, 113-123.
23. CHANG, J. L., V. Suárez; E. Castellanos; K. Núñez y J. Moreira. 2005. Análisis de riesgos por deslizamientos. Contribución a partir del estudio de la migración de los radioelementos naturales. V Taller Internacional de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.
24. COROMINAS, J., 1992. Movimientos de ladera: predicción y medidas preventivas. 1r Congreso Iberoamericano sobre Técnicas aplicadas a la Gestión de emergencias para la Reducción de Desastres Naturales, Valencia. 55-77 p.
25. COROMINAS, J.; R. Copons; J. M. Vilaplana; J. Altimir y J. Amigó. 2003. Integrated landslide susceptibility analysis and hazard assessment in the principality of Andorra. *Natural Hazards* 30: 421–435.
26. CRUZ CASTILLO, M. y L. A. Delgado Argote. 2000. Los deslizamientos de la carretera de Cuota Tijuana-Ensenada, Baja California. *GEOS, Unión Geofísica Mexicana*. D.F., México. Diciembre. (Memorias). pp. 418-432.
27. DAI, F.C., Lee, C.F., Xu, Z.W., 2001. Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology* 40 (3), 381–391.

28. DHAKAL, S.; Amada, T. y Aniya, M., 2000. —Databases and Geographic Information Systems for Medium Scale Landslide Hazard Evaluation: an .
29. 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. (Tesis de Maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.
30. DAI, F.C., Lee, C.F., Ngai, Y.Y., 2002, Landslide risk assessment and management: an overview: Engineering Geology, 64, 65-87.
31. FONSECA, E., Zelepugin, V.N y Heredia, M., 1985. Structure features of the ophiolite association of Cuba. Geotectonic. 19(4):321-329.
32. GASTON ARMEL, E.1996. Estudio de los impactos medioambientales en el municipio de Moa. Trabajo de Diploma.1996.p.40-56.
33. GALÁN CASELLAS, D. 2011. Estudio de vulnerabilidad frente a deslizamientos en un tramo del camino de La Melba. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniera Geóloga. 2011.
34. GARCELL RODRÍGUEZ, O. 2012. Estudio de riesgos en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Informe enviado al Ministerio de Educación Superior (MES), ISMMM 2013.
35. GARCELL, O.2014. Prevención y reducción de las vulnerabilidades de la comunidad de la Melba ante los desastres naturales. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Tesis de Maestría) 82p.
36. GUARDADO, R., Kempena, A., Martínez, A., 2000."Cartografía y evaluación del impacto geoambiental a través de un sistema de información geográfica". Cuba, revista minería y geología, XVII (3-4).
37. GUARDADO RAFAEL L. 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. Moa 18 diciembre 2013.
38. HAMMOND, C.J.; Prellwitz, R.V. y Miller, S. M, 1992. —Landslide hazard assessment using MonteCarlo simulation□. Proc. 6th. Int. Symp. on Landslides, Christchurch, New Zealand. 2, 959-964 p.

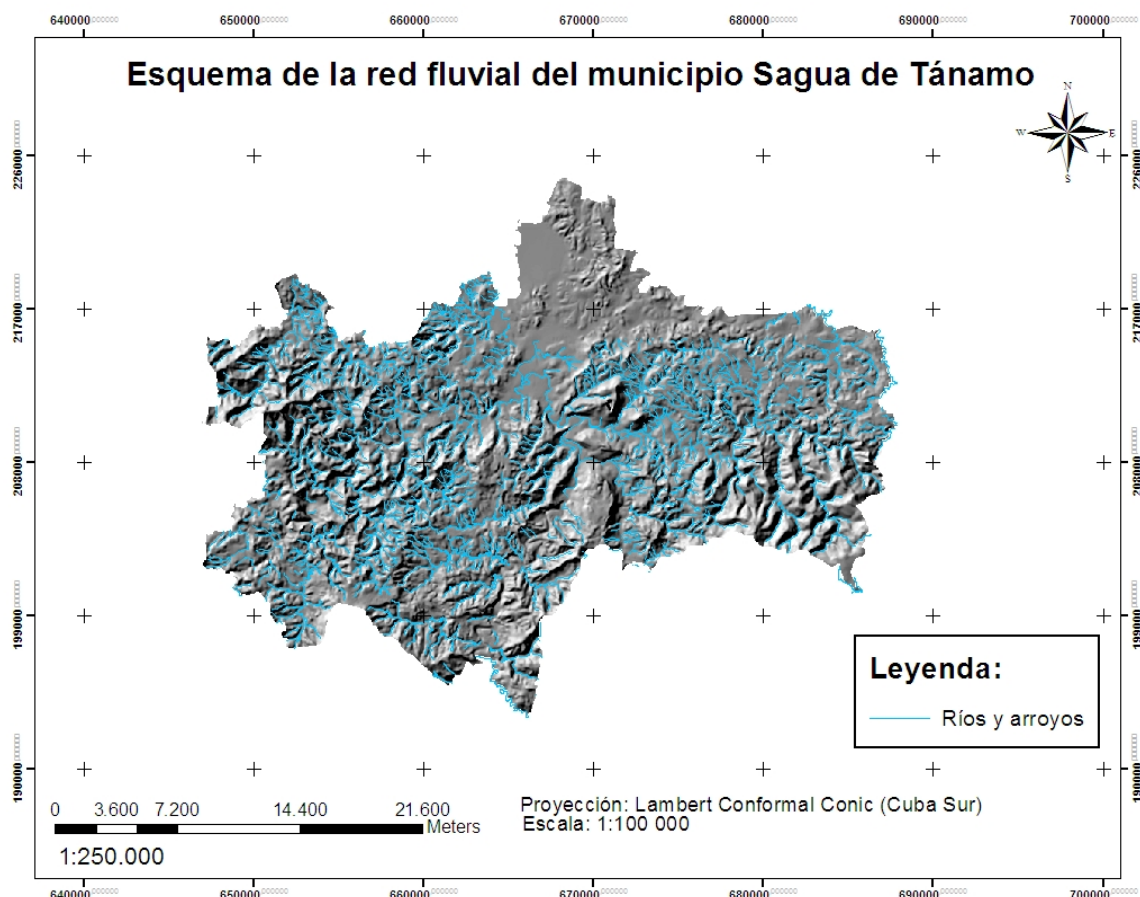
39. ENRIQUE CASTELLANOS, Sekhar L. Kuriakose. Spatial data for landslide susceptibility hazard and vulnerability assessment: An overview. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, ITC, P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands. Engineering Geology 102 (2008) 112–131p□.
40. 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). (Tesis Doctoral). Univ. De Granada.
41. LOMTADZE, V. D. 1977. "Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería". Ed. Pueblo y Educación, 560 p.
42. MORA, S, Vahrson, W.G., 1993. Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Tecnología ICE 3, 32 42.
43. PEÑA, A 2009 .Evaluación de la susceptibilidad del terreno por deslizamientos en el sector Nuevo Mundo. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Tesis de Maestría)
44. PINTÓN, R.2010. Evaluación de riesgos por deslizamientos en taludes y laderas del sector Oeste del municipio Moa. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Trabajo de Diploma) 87p.
45. PUIG, R., 2007. "Evaluación de riesgos múltiples por desarrollo de fenómenos naturales en el municipio Moa". Trabajo de diploma, Departamento de Geología, ISMM. 75 p.
46. REYES, Y.2010.Evaluación de la susceptibilidad por deslizamientos en el territorio de Moa aplicando métodos geomorfológicos y estadísticos. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Trabajo de Diploma) ,66p
47. ROLANDO VIÑALS NÚÑEZ. Ordenamiento territorial ambiental para el uso de suelos en le Unidad Básica de Producción Cooperativa Naranja Agrio, Sagua de Tánamo
48. SANTACANA, N., 2001. Análisis de la susceptibilidad del terreno a la Formación de deslizamientos superficiales y Grandes deslizamientos



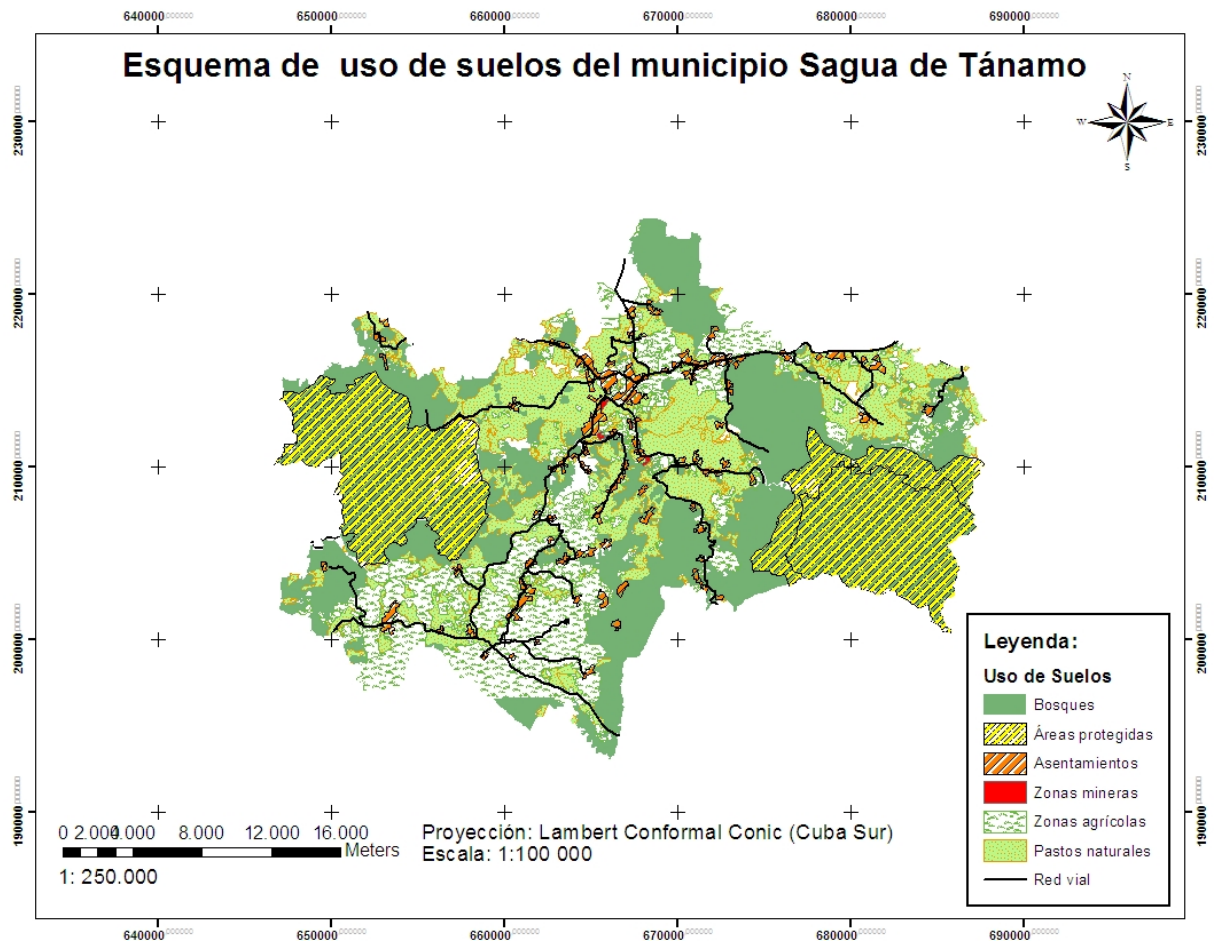
- mediante el uso de Sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat. Tesis doctoral. UPC. Barcelona.
49. SOWERS G. B. y Sowers G. F., 1976. —Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. 2 tomos. Edición revolucionaria. 319 p.
  50. SULMA CASTAÑEDA HERRIS 2003 .Zonación ingeniero-geológica de peligrosidad y riesgo por inundación en el territorio Sagua de Tánamo. Tesis de Maestría.
  51. VAN WESTEN, C.J., 1993.—Application of Geographic Information System to landslide hazardzonation. ITC- Publications nº 15 ITC, Enschede. 45 p.
  52. VAN WESTEN, C.J., 2004. Geo-information tools for landslide risk assessment-an overview of recent developments. In: Lacerda,W.
  53. VARNES, D.J. IAEG, 1984. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Darantiere, París, 61 pp.
  54. VEGA, K., 2006. "Evaluación de la Peligrosidad del terreno ante la rotura por desarrollo de deslizamientos en el territorio de Moa". Trabajo de Diploma. Dpto. Geología. ISMM. Moa. 66-74p.
  55. VILTRES, Y.2010. Evaluación de riesgos por deslizamientos en taludes y laderas del sector Este del municipio Moa. Instituto Superior Minero Metalúrgico (Trabajo de Diploma) 87p
  56. VILTRES, Y.2015 "Evaluación de la peligrosidad por deslizamientos en el municipio Sagua de Tánamo". Instituto Superior Minero Metalúrgico (Trabajo de Maestría) 87p

## ANEXOS

### Anexo 1: Esquema de la red fluvial del municipio Sagua de Tánamo. Escala: 1:100 000



## Anexo 2: Esquema de uso de suelo en el municipio Sagua de Tánamo





### Anexo 3: Estado de algunas viviendas en el municipio Sagua de Tánamo



**Viviendas visitadas en el Consejo Popular de La Plazuela, municipio Sagua de Tánamo**



**Viviendas visitadas en el Consejo Popular de Sagua Sur, municipio Sagua de Tánamo**

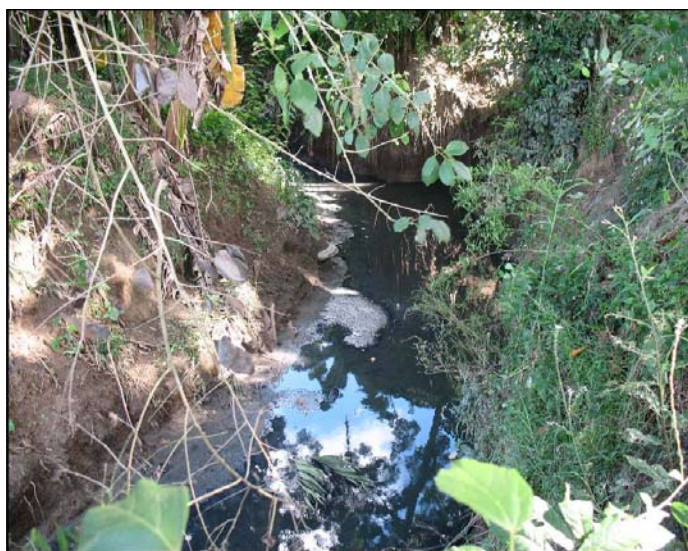
#### **Anexo 4: Vulnerabilidad del tendido eléctrico en el municipio Sagua de Tánamo**



**Visualización del tendido eléctrico en los Consejos Populares del Carmen y Castro.**



**Anexo 5: Foco insalubre ubicado en el barrio Felipe Romero, perteneciente al Consejo Popular Sagua Sur, municipio Sagua de Tánamo.**



**Descarga del alcantarillado de Sagua de Tánamo al río del mismo nombre.**

**ANEXO 6: Visualización de algunos factores perteneciente al indicador de Capacidad de Respuesta.**



**Reparación de las vías que dan acceso a los Consejos Populares El Carmen, Naranjo Agrio, Calabaza y Sopo.**



**Consultorio  
médico de  
familia (CMF)  
perteneciente al  
Consejo  
Popular El  
Carmen**



## **ANEXO 7: Áreas Protegidas en el municipio Sagua de Tánamo**



**Vista de las montañas pertenecientes al Parque Nacional Alejandro de Humboldt en la parte alta de la subcuenca del río Castro.**

## ANEXO 8:

### ENCUESTA

Fecha \_\_\_\_\_

Con el objetivo de perfeccionar la estrategia de prevención ante los peligros naturales que pudieran afectar a la comunidad, el ISMMM en coordinación con el Centro de Gestión de Reducción del Riesgo de la Defensa Civil del territorio desarrolla el presente estudio.

Le agradeceríamos su valiosa colaboración al contestar y le garantizamos el carácter anónimo de sus respuestas.

#### Características del informante:

Municipio \_\_\_\_\_ Consejo Popular \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Que representa en el Consejo Popular \_\_\_\_\_

**1. Teniendo en cuenta la zona donde vives ¿Conoce usted que es un deslizamiento y que es ser vulnerable antes dicho fenómeno?**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. ¿La ubicación de su vivienda es vulnerable ante la ocurrencia de un deslizamiento? Marque con una x.**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**3. En caso de haber sido afectada su vivienda, ¿cómo han sido los daños ante la ocurrencia de este fenómeno? Marque con una x.**

Daños muy alto \_\_\_\_\_ Daños alto \_\_\_\_\_ Daños ni alto ni bajo \_\_\_\_\_  
Daños bajo \_\_\_\_\_ Daños muy bajo \_\_\_\_\_

**4. ¿Conoce usted cómo dejar de ser vulnerable y cómo actuar ante la ocurrencia de un deslizamiento? Marque con una x y justifique su respuesta.**

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

---

---

---

**5. ¿En qué medida considera que los responsables de la prevención en su comunidad conocen las vulnerabilidades asociadas al deslizamiento? Marque con una x.**

Conocimiento muy alto \_\_\_\_\_ Conocimiento alto \_\_\_\_\_ Conocimiento intermedio \_\_\_\_\_  
Conocimiento bajo \_\_\_\_\_ Conocimiento muy bajo \_\_\_\_\_

**6. Al ocurrir este evento de origen natural, ¿en qué nivel ha sido afectado su Consejo Popular? Marque con una x.**

Nivel muy alto \_\_\_\_\_ Nivel alto \_\_\_\_\_ Nivel ni alto ni bajo \_\_\_\_\_  
Nivel bajo \_\_\_\_\_ Nivel muy bajo \_\_\_\_\_

**7. Cuando ocurre este evento de origen natural, ¿cómo es la prestación de servicios de las escuelas, consultorio, panadería y cafetería? Marque con una x.**

Servicio muy alto \_\_\_\_\_ Servicio alto \_\_\_\_\_ Servicio ni alto ni bajo \_\_\_\_\_  
Servicio bajo \_\_\_\_\_ Servicio muy bajo \_\_\_\_\_

**8. Al ocurrir este evento de origen natural, ¿en qué nivel ha sido afectado el acceso del transporte y las comunicaciones con la cabecera Municipal? Marque con una x.**

Nivel muy alto \_\_\_\_\_ Nivel alto \_\_\_\_\_ Intermedio \_\_\_\_\_ Nivel bajo \_\_\_\_\_  
Nivel muy bajo \_\_\_\_\_

**9. ¿En qué grado son afectadas las instalaciones eléctricas de la comunidad antes la ocurrencia de los siguientes fenómenos naturales?**

**Marque con una x.**

Grado muy alto \_\_\_\_\_ Grado alto \_\_\_\_\_ Grado intermedio \_\_\_\_\_

Grado bajo \_\_\_\_\_ Grado muy bajo \_\_\_\_\_

**10. ¿Los grupos electrógenos satisfacen las necesidades de la comunidad después de la ocurrencia de este evento de origen natural?**

**Marque con una x.**

Satisfacción muy alto \_\_\_\_\_ Satisfacción alto \_\_\_\_\_

Satisfacción intermedio \_\_\_\_\_ Satisfacción bajo \_\_\_\_\_

Satisfacción muy bajo \_\_\_\_\_

**11. ¿En qué grado se garantizan los servicios médicos para atender a la población durante y después de un desastre? Marque con una x.**

Grado muy alto \_\_\_\_\_ Grado alto \_\_\_\_\_ Grado intermedio \_\_\_\_\_

Grado bajo \_\_\_\_\_ Grado muy bajo \_\_\_\_\_

**12. ¿Los deslizamientos afectan los bosques y los animales de la zona?**

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**13. Ante la ocurrencia de este peligro, ¿considera que las áreas cultivadas se encuentran en zonas de riesgo? Marque con una x.**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Se abstiene \_\_\_\_\_

**14. Antes y después de la ocurrencia de este evento de origen natural. ¿En qué nivel se garantizan la reserva de los suministros básicos (agua, alimentos, combustible, medicamentos)? Marque con una x.**

Nivel alto \_\_\_\_\_ Nivel muy alto \_\_\_\_\_ Nivel intermedio \_\_\_\_\_

Nivel bajo \_\_\_\_\_ Nivel muy bajo \_\_\_\_\_

**15. ¿En qué medida se recuperan y restablecen los servicios después de la ocurrencia de este fenómeno de origen natural? Marque con una x.**

Nivel alto \_\_\_\_\_ Nivel muy alto \_\_\_\_\_ Nivel intermedio \_\_\_\_\_

Nivel bajo \_\_\_\_\_ Nivel muy bajo \_\_\_\_\_

**16. ¿Se garantiza por la zona de defensa las condiciones de evacuación de la población vulnerable ante los deslizamientos? Marque con una x.**

Condiciones buenas \_\_\_\_\_ Condiciones muy buenas \_\_\_\_\_

Condiciones regulares \_\_\_\_\_ Condiciones malas \_\_\_\_\_ Condiciones muy malas \_\_\_\_\_

**17. ¿En caso de que se haya producido un deslizamiento, ¿en qué medida ha participado usted de forma voluntaria para disminuir los daños? Marque con una x.**

Nivel alto \_\_\_\_\_ Nivel muy alto \_\_\_\_\_ Nivel intermedio \_\_\_\_\_

Nivel bajo \_\_\_\_\_ Nivel muy bajo \_\_\_\_\_

## **ANEXO 9:**

### **Las cuestiones a indagar en las entrevistas realizadas fueron:**

1. Organización y funcionamiento del Consejo Popular.
2. Principales debilidades del Consejo Popular.
3. Hay presencia de deslizamientos en el Consejo Popular.
4. Valoración de las actividades productivas que se desarrollan en el Consejo Popular.
5. Principales tipos de Vulnerabilidades en el Consejo Popular que afectan a la comunidad.
6. Actividades de preparación para la reducción del riesgo de desastres (deslizamientos) que se desarrollan.
7. Comportamiento de la población objeto de estudio ante los peligros de origen hidrometeorológicos que afectan a la comunidad.
8. Nivel de organización para enfrentar cualquier tipo de desastre que pudiera presentarse.
9. Medios disponibles para enfrentar situaciones de desastres de gran magnitud en el área objeto de estudio.

**Nota:** Solo se tuvo en cuenta para los deslizamientos