

**República Dominicana**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL**  
**(UTECO)**

Universidad Patrimonio de la Comunidad



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales  
**Escuela de Ingeniería en Geología**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería en Geología**

**Título:**

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS GRAVITACIONALES EN EL SECTOR  
NAVARRETE-TAMBORIL, PROVINCIA SANTIAGO, REPÚBLICA  
DOMINICANA

**Sustentado por**

Laura Katherine Sánchez Rodríguez

Sindy Masiel Santos Peña

**Asesora**

Ing. María Calzadilla Ribeaux

Los conceptos emitidos en  
este Trabajo de Grado son  
de la exclusiva  
responsabilidad de los  
sustentantes del mismo.

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año Académico 2016-2017

## ÍNDICE

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                            | ii  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                | iii |
| <b>RESUMEN</b> .....                                    | ix  |
| <b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b>                         |     |
| 1.1. Antecedentes .....                                 | 1   |
| 1.2. Planteamiento del problema .....                   | 2   |
| 1.3. Justificación.....                                 | 4   |
| 1.4. Objetivos .....                                    | 6   |
| 1.4.1. Objetivo general.....                            | 6   |
| 1.4.2. Objetivo específico .....                        | 6   |
| 1.5. Variables e Indicadores .....                      | 7   |
| 1.6. Alcance y límite de la investigación .....         | 8   |
| 1.7. Definición de términos .....                       | 8   |
| 1.8. Marco geológico.....                               | 13  |
| 1.8.1. Geología del área .....                          | 13  |
| 1.8.2. Formaciones gravitacionales del área .....       | 15  |
| 1.8.3. Lutitas, cantos y bloques. Deslizamientos .....  | 15  |
| 1.8.4. Geomorfología del área.....                      | 16  |
| 1.8.5. Estructurales.....                               | 16  |
| 1.8.6. Fluviales y de escorrentía superficial.....      | 17  |
| 1.8.7. Hidrogeológica del área .....                    | 19  |
| 1.8.8. La Falla de Río Grande (RGFZ) .....              | 20  |
| 1.8.9. La Zona de Falla frente de la montaña.....       | 20  |
| 1.8.10. La Falla Septentrional (SFZ), parte activa..... | 20  |

## **CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA**

|        |                                                                      |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.   | Movimiento en masa .....                                             | 21 |
| 2.1.1. | Desprendimiento de rocas.....                                        | 21 |
| 2.1.2. | Deslizamientos .....                                                 | 22 |
| 2.1.3. | Deslizamientos rotacionales: .....                                   | 22 |
| 2.1.4. | Deslizamientos traslacionales: .....                                 | 23 |
| 2.1.5. | Flujos.....                                                          | 23 |
| 2.1.6. | Expansiones lateral .....                                            | 24 |
| 2.1.7. | Movimientos complejos.....                                           | 24 |
| 2.2.   | Factores condicionantes y desencadenantes.....                       | 25 |
| 2.3.   | Elementos expuestos .....                                            | 25 |
| 2.4.   | Amenazas .....                                                       | 26 |
| 2.4.1. | Evaluación de amenaza y elaboración del Mapa de Amenazas.....        | 27 |
| 2.4.2. | Fases de la evaluación de amenaza y elaboración del Mapa de Amenazas |    |

28

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

|      |                                           |    |
|------|-------------------------------------------|----|
| 3.1. | Diseño y tipo de investigación .....      | 31 |
| 3.2. | Enfoque de investigación .....            | 31 |
| 3.3. | Técnicas e instrumentación .....          | 32 |
| 3.4. | Procedimientos .....                      | 32 |
| 3.5. | Recolección de los Datos .....            | 34 |
| 3.6. | Análisis y presentación de los datos..... | 34 |

## **CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

|      |                                                |    |
|------|------------------------------------------------|----|
| 4.1. | Introducción .....                             | 35 |
| 4.2. | Movimientos en masa.....                       | 35 |
| 4.3. | Factores condicionantes y desencadenantes..... | 39 |
| 4.4. | Elementos expuestos .....                      | 41 |

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 4.5. | Amenazas .....       | 43 |
| 4.6. | Mapeo temático ..... | 43 |

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

|      |                                                |    |
|------|------------------------------------------------|----|
| 5.1. | Introducción .....                             | 48 |
| 5.2. | Movimientos en Masa .....                      | 48 |
| 5.3. | Factores condicionantes y desencadenante ..... | 49 |
| 5.4. | Elementos Expuestos.....                       | 50 |
| 5.5. | Amenazas .....                                 | 51 |
| 5.6. | Mapeo temático .....                           | 52 |
|      | Conclusiones .....                             | 53 |
|      | Recomendaciones .....                          | 55 |
|      | Referencia bibliográfica.....                  | 56 |
|      | Anexos .....                                   | 60 |

**Titulo:**

Evaluación de los Procesos Gravitacionales en el Sector Navarrete-Tamboril,  
Provincia Santiago, República Dominicana.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Le agradecemos por ayudarnos a terminar este proyecto de tesis. Gracias por darnos la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por ponernos en este mundo, por estar con nosotras en cada momento de la vida. Por cada regalo de gracias que nos ha dado y que inmerecidamente hemos recibidos, como la beca sin la cual no hubiésemos podido concluir los estudios, una prueba más de tu fidelidad, prometiste una buena escuela y diste algo que fue más allá de nuestras expectativas, pero antes de ser profesionistas queremos ser siempre tus hijas, ya que es el mayor privilegio que podemos tener, más valioso que todos los títulos de la tierra.

### **A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)**

Gracias por habernos permitido formarnos y en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de nuestro paso por la universidad.

### **A nuestra asesora Ing. Geóloga María Calzadilla Ribeaux**

Por brindarnos su apoyo, orientación y colaboración durante la realización de este trabajo.

### **Al Servicio Geológico Nacional (SGN)**

Por brindarnos las informaciones necesarias para la realización de este trabajo.

***Laura Katherine Sánchez Rodríguez***

***Sindy Masiel Santos Peña***

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por la dicha de ser su hija, por darme la vida, y estar presente en cada momento de mi vida, y darme la satisfacción de cumplir cada una de mis metas y sueños.

### **A mi madre *Rosa Indiana Rodríguez***

Por ser tan especial, por brindarme su apoyo y confianza en esta etapa de mi vida profesional, gracias a usted soy lo que soy ahora, y sin su apoyo ninguno de mis sueños y objetivos serían posible. Gracias por aguantarme en mis momentos de enojo y depresión.

### **A mi padre *Carmen Sánchez***

Porque aunque no pudo estar junto a mí, dejó inculcado en mí, el deseo de superación y conocimientos.

### **A mis hijos *Lara Marsel Otáñez Sánchez y Freylix Manuel Otáñez Sánchez***

Por llenar mi vida de alegría y amor, por soportar mis ausencias y además ser quienes me impulsaron a alcanzar mis metas.

### **A mi esposo *Félix Manuel Otáñez Jiménez***

Gracias por dejarme compartir mis sueños contigo, mis anhelos e ilusiones, por iluminar con tu presencia mi vida y llenarla de alegría, por ser mi soporte y dedicarte totalmente a ayudarme durante todo el trayecto de mi carrera.

### **A mi suegra *Santa Castillo***

Por sustituirme y ser madre de mis hijos, por brindarle un cuidado especial, sin ni siquiera un pero, siempre con su amor de abuela, no permitió que mis hijos notaran mis ausencias. Sin ti no hubiese sido posible.

### **A mis hermanos**

En especial a *Emenegildo Sánchez Evangelista*, por ayudarme en los momentos más difíciles del trayecto de mi carrera, por siempre estar ahí cuando más lo necesité. *Yaneyra Sánchez, Flor María Báez, Miguelina Estévez, Miguel Yohanny Estévez*, por estar siempre pendiente de mí y de mis progresos durante mi carrera.

### **A mis tías *Elsa María Del Rosario y Laura Rodríguez***

Por brindarme su apoyo incondicional, por creer en mí y darme sus buenos consejos.

### **A mi primo *Bryant Duran***

Porque aun estando lejos, en el trayecto de mi carrera siempre estuviste atento a mis avances.

### **A todos mis compañeros**

**A mi compañera de trabajo de grado *Sindy Masiel Santos***

Porque en este camino, más que una compañera ha sido una hermana, por tu gran apoyo, por ser ese bastón que me ayudaba a levantarme, por tus consejos y por todas las cosas buenas que sembraste en mí. Te quiero un montón.

**A mi compañera *Ana María Batista***

Por ser mi amiga inseparable, mi bastón, mi apoyo, por todo lo que pasamos durante todo este trayecto. Te quiero mi manita.

**Y a todos los demás gracias por todo lo que pasamos juntos**

**Finalmente pero no menos importante a mis profesores**

Porque con sus enseñanzas aportaron parte importante en lo que ahora soy.

***Laura Katherine Sánchez Rodríguez***

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad. También por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino.

### **A mi madre *Camen Peña Reyes***

Mami no me equivoco si digo que eres la mejor mama del mundo, gracias por todo tu esfuerzo, tu apoyo y por la confianza que depositaste en mí. Por haberme apoyado en todo momento, por los valores que me has inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un ejemplo de mi vida a seguir. Te amo mi mami bella

### **A mi padre *José Manuel Santos***

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. También este es un logro que quiero compartir contigo, gracias por ser mi papa y por creer en mí. Quiero que sepas que ocupas un lugar especial.

### **A mis hermanos**

*Daysi, Argenis, Estali y Josmary*, que de una u otra forma son la razón por el cual me encuentro en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado.

### **A mi novio**

*Albert Joan*, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda.

### **A mi compañera de trabajo de grado *Laura Katherine Sánchez***

Por ser parte importante de mi vida por el apoyo recibido desde el día que la conocí, por ser más que una amiga, por ser como una hermana. Por todo el apoyo recibido para la realización de esta tesis. Por todos los consejos y el apoyo en los momentos difíciles de la vida. Te quiero mi loquita.

### **A mis amigos.**

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: *Edwin, Braulio, Randy y Osvaldo*, en especial a *Víctor Alfonso Santos* por todo el apoyo brindado y consejos que me diste a lo largo de la carrera y a ti *Ana María mi flaca* por todo el apoyo brindado y por siempre buscar la manera de tenerme de buenas. Por soportar mis ratos de histeria. Por ser una excelente amiga.

### **A mis compañeros de carrera**

Por todos los momentos que pasamos juntos. Por las tareas que realizamos y por todas las veces que a mí me explicaron. Por la confianza que en mí depositaron.

### **Finalmente pero no menos importante a mis profesores**

No solo de la carrera sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy y que marcaron con sus enseñanzas el futuro de todos nosotros.

***Sindy Masiel Santos Peña***

## **RESUMEN**

### **Evaluación de Procesos Gravitacionales en el Sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago**

Sustentantes:

**Laura Katherine Sánchez Rodríguez**

**Sindy Masiel Santos Peña**

Asesora:

**Ing. María Calzadilla Ribeaux**

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar los procesos gravitacionales del sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago y la amenaza que estos presentan. El diseño desarrollado fue el no experimental, con un enfoque mixto. De acuerdo a los resultados y análisis las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

Se identificó que los principales movimientos en masa en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago son deslizamientos, coluviones, flujos (Abanicos aluviales modernos y Abanicos aluviales antiguos), por lo que más afectan son los flujos y deslizamientos.

Los factores condicionante y desencadenante en la zona de estudio son, los factores condicionantes (litología, geomorfología, pendientes y usos del suelo) y los factores desencadenantes más relevantes (precipitaciones, intensidad sísmica máxima, procesos antrópica y la incisión fluvial), en la formación de la morfología actual de movimientos en masa.

Se evaluaron los elementos expuestos de esta área y se determinó que los centros educativos, centro de atención primaria, hospitales y vías, así como actividades productivas y vegetación se ven afectadas directamente por Movimientos en Masa.

Por otra parte se evaluó las amenazas en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago de acuerdo a los resultados presentados un índice moderado y alto como su mayor porcentaje de amenaza, lo que determina la representación significativa de ciertos eventos naturales y procesos gravitacionales en la zona de estudio.

Con la producción de mapa temático en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago ha quedado zonificada las áreas susceptibles a amenazas geológicas. Por otro lado ha estado identificado los centros de emergencia y respuesta ante un desastre natural.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1. Antecedentes**

La Evaluación de los procesos gravitacionales en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago, República Dominicana se ha desarrollado sobre la base de la recopilaciones bibliográficas, pero para los fines de esta investigación solamente se citarán aquellos que se consideren más relevantes. Resultando los que se describen a continuación:

El “Informe correspondiente de la Comisión Técnica del Servicio Geológico Nacional, sobre la visita de evaluación de campo realizada en febrero del 2009 en la zona donde ocurrió el deslizamiento en el poblado de Carlos Díaz y a la Carretera Turística de Puerto Plata” la geología de esta zona se caracterizan por ser depósitos coluviales constituidos por Bloques, cantos, gravas y arcillas de origen gravitacional formados a expensa de la desintegración mecánica de las calizas. Estos depósitos se caracterizan porque se acumulan a lo largo del talud donde logran un equilibrio temporal relativo, el cual se puede ver afectado por la llegada de eventos hidrometeorológicos súbitos. Lo que causó un gran deslizamiento debido a las lluvias, a los hundimientos de tierra y del desbordamiento del río Licey. (Ver fig. 3).

De acuerdo al Plan de Acción DIPECHO 2009, en América Latina y el Caribe, la frecuencia con que suceden los desastres posee una indudable tendencia al aumento según los parámetros estadísticos disponibles. En el municipio de Tamboril se encuentra Carlos Díaz (ver fig.4,8), está expuesta a severos peligros naturales, como son, tormentas tropicales, ciclones, huracanes e inundaciones, así como, movimientos en masa terremotos, etc. Además de las consideraciones que se deben tomar en cuenta

en relación con el cambio climático, entre otras como parte de la región caribeña. (Ver figura 2)

Respecto a los riesgos de deslizamientos se han realizado algunos levantamientos geológico y geomorfológico de información. Según el Servicio Geológico Nacional (SGN) de la República Dominicana, en 1981, 2005 y 2009 en el municipio de Tamboril-Santiago se produjeron importantes deslizamientos, con más de 450 personas evacuadas de emergencia.

La elaboración de la Cartografía Geológica y Geotemática de la RD a escala 1:50000 y 1:100000 del Programa SYSMIN II, respectivamente posibilitò consultar las hojas Geologica, Geomorfológica y de Procesos Activos correspondiente a Santiago 6074.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Entre los peligros geológicos y geomorfológicos con mayor repercusión social y económica se encuentran los procesos geodinámicos (gravitacionales, hidrometeorológicos y sísmicos), por lo que es necesario plantear propuestas encaminadas a la reducción de riesgos por movimientos en masa en el área seleccionada, para lo cual se va a realizar un trabajo de evaluación de los procesos gravitacionales y la clasificación de los tipos de movimientos en masa que existen en la zona.

Los movimientos en masa pueden generar consecuencias negativas en los países desarrollados, causando daños y pérdidas en las infraestructuras, así como, humanas. Los factores condicionantes que generan estos movimientos tienen la posibilidad de

analizarse e interpretarse con el fin de zonificar los diferentes niveles de susceptibilidad que presenta un área.

La estabilidad de las laderas nos indica el grado de respuesta de los materiales al límite de poder establecer el nivel de peligrosidad que tienen estos eventos. Desde el mismo momento en que se observa una ladera en estado de reposo natural hasta la introducción de un talud modificado por la intervención humana se entra en el rango de posibilidad de que se desate un movimiento en masa. Estos movimientos forman parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra.

La Cordillera Septentrional de la República Dominicana constituye una cadena montañosa paralela a la costa norte del país y en su límite sur se encuentra el Valle o Cuenca del Cibao. Se extiende en dirección noroeste-sudeste (NO-SE) desde las vecindades de la ciudad de Montecristi hasta un poco más al Este de la localidad de Arenoso al noreste de Villa Riva. En la misma se incluyen total o parcialmente las Provincias de Puerto Plata, Espaillat y Santiago, entre otras. Según la Oficina Nacional de Estadística, las zonas elegida Navarrete con una área de unos 98,8 km<sup>2</sup>(Ver fig. 1), se concentran aproximadamente 42,210 habitantes en Navarrete y en Tamboril una área de unos 71.4 km<sup>2</sup> y aproximadamente tiene 57,551 habitantes. Esta es una zona que ha sido afectada severamente por eventos relacionados a procesos gravitacionales. Atendiendo a las condiciones geológicas, se tiene la información de que el deslizamiento de Carlos Díaz, tras la caída de más de 500 milímetros de precipitación, disparo del evento que borró totalmente el poblado.

Dentro de lo planteado surgen las siguientes interrogantes:

- 1- ¿Cuáles son los tipos de procesos gravitacionales y los de mayor incidencia que existen en el sector Navarrete-Tamboril?
- 2- ¿Cuáles son los factores condicionantes y desencadenantes de los procesos gravitacionales identificado en el área?
- 3- ¿Cuáles son los elementos expuestos identificados en el área de estudio?
- 4- ¿Evaluar las amenazas geológicas que puedan impactar en esta área?
- 5- ¿Existe mapas que identifiquen la existencia de procesos gravitacionales en el área?

### **1.3. Justificación**

Esta investigación responderá a la necesidad de realizar estudios relacionados con procesos gravitacionales en el sector Navarrete- Tamboril, Santiago, República Dominicana que influyan a la disposición, características y tipos de movimientos en masa, información que es de gran utilidad y susceptible de ser aplicada lo más ampliamente posible, tanto en riesgos geológicos como en ordenación del territorio para que se pueda aplicar en agricultura, proyectos ingenieriles, urbanismo, procesos de erosión e inundación, etc.

Ante los posibles escenarios de pérdidas que afrontaría el área elegida de la Cordillera Septentrional y su límite con el Valle del Cibao de la República Dominicana, dada la situación de riesgo que posee, es prioritario fortalecer las capacidades de los ayuntamientos en cuanto a la regulación y gestión del planeamiento urbano, uso de

suelo, y edificación de su territorio a través de la apropiación de instrumentos geotécnicos y normativos. Así mismo, es preciso fortalecer las estructuras locales de preparación y respuesta, las cuales están representadas por los comités municipales de prevención, mitigación y respuesta (CM-PMR), en coordinación con las instancias nacionales de respuesta.

Por otro lado, es imperante mejorar las capacidades y sinergias de las instituciones a nivel nacional a través de la creación de instrumentos y metodologías, formación de recursos humanos y técnicos, equipamiento y coordinación, orientadas a la generación de conocimiento geocientífico, evaluación de impactos de los movimientos en masa en la estructuras, regulación del sector de la construcción formal e informal, procesos de gestión de riesgos y respuesta, y la planificación urbana y ordenamiento del territorio. Finalmente, en base al escaso conocimiento de la población dominicana sobre el riesgo de deslizamientos y a una débil cultura de prevención a nivel institucional y social, es necesario promover acciones de formación y sensibilización al sector público y privado, particularmente al sector de la construcción, y a la población en general.

En la actualidad, no está bien caracterizado la disposición de los diferentes movimientos en masa y las zonas susceptibles a tanto la amenaza de deslizamientos y tampoco existe suficiente información en la Cordillera Septentrional de la disposición, características y tipos de movimientos en masa, información que es de gran utilidad y susceptible de ser aplicada lo más ampliamente posible, tanto en riesgos geológicos como en ordenación del territorio para poder aplicar en agricultura, proyectos ingenieriles, urbanismo, procesos de erosión e inundación, etc.

En este contexto, el desarrollo de este tipo de estudio permitirá mejorar el conocimiento influencia de la climatología, de la sismicidad y de la tectónica activa, así como la influencia antrópica a la amenaza de los movimientos en masa, la vulnerabilidad física y los escenarios de riesgo en el sector Navarrete-Tamboril de la Cordillera Septentrional y su límite con el Valle del Cibao de la República Dominicana. Estos procesos constituyen uno de los riesgos naturales más destructivos, siendo su descripción y análisis de gran utilidades los protocolos de emergencia por riesgos relacionados con procesos gravitacionales.

En la zona seleccionada se encuentra la zona de Tamboril la cual se encuentra afectada por la inestabilidad de laderas, y por ello se han producido en los últimos años graves daños a la población e infraestructuras, debido a las grandes avenidas de agua que han afectado la zona de estudio, las cuales saturan los suelos y desencadenan los movimientos en masa.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar de los procesos gravitacionales en el sector Navarrete- Tamboril, Santiago, República Dominicana.

##### **1.4.2. Objetivo específico**

1. Identificar mediante la elaboración de inventario cuantos tipos de movimiento en masa se presenta en la zona.
2. Estudiar los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa del área.

3. Evaluar los elementos expuestos dentro del radio de acción de estos eventos en el área seleccionada para el trabajo.
4. Evaluar las amenazas geológicas que puedan impactar en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago.
5. Producir mapa temático de la exposición y los movimientos en masa en el área de estudio.

### 1.5. Variables e Indicadores

| Variables                                 | Indicadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Movimiento en masa                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desprendimiento de rocas.</li> <li><b>Deslizamientos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotacionales</li> <li>- Traslacionales</li> </ul> </li> <li><b>Flujos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo de derrubios</li> <li>- Flujo o colada de tierra</li> </ul> </li> <li>- Expansiones laterales</li> <li>Movimientos complejos</li> </ul> |
| Factores condicionantes y desencadenantes | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Litología</li> <li>- Geomorfología</li> <li>- Pendiente</li> <li>- Vegetación</li> <li>- Usos del suelo</li> <li>- Estructuras geológicas</li> <li>- Sismos</li> <li>- Precipitación</li> <li>- Procesos antrópicos.</li> </ul>                                                                                                                                      |
| Elementos expuestos                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Población</li> <li>- Vivienda</li> <li>- Vías</li> <li>- Actividad productiva</li> <li>- Vegetación</li> <li>- Salud</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                      |
| Amenaza                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Litología</li> <li>- Pendiente</li> <li>- Estructura</li> <li>- Drenaje</li> <li>- Porosidad-Permeabilidad</li> <li>- Uso y cobertura de suelo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
| Mapa temático                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa por amenaza por procesos gravitacionales</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## **1.6. Alcance y límite de la investigación**

### **Alcance:**

Campo: Geología

Área: Procesos Gravitacionales

Aspecto: Movimientos en masa

### **Delimitación geográfica:**

Esta investigación se realizó en el sector Navarrete- Tamboril, Santiago, República Dominicana en las hojas geológicas a escala 1:50,000 Santiago de los Caballero, cuadrante 6074 y Puerto Plata, cuadrante 6075 la cual se encuentra en la Cordillera Septentrional de la República Dominicana.

### **Delimitación temporal:**

Esta investigación se realizó desde el mes de febrero hasta diciembre 2016.

### **Alcance investigativo:**

Esta investigación presenta resultado que servirán para información de los procesos gravitacionales, geológico y geomorfológico en el sector Navarrete- Tamboril, Santiago, República Dominicana.

## **1.7. Definición de términos**

**Actividad productiva:** Se considera actividad productiva si puede delegarse en otra persona o si da lugar a un producto susceptible de intercambio, (como se cita en United Nations, 2007, p.198).

**Deslizamientos rotacionales:** La rotura se produce a lo largo de una superficie curvilínea y cóncava. El terreno experimenta un giro según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. (Corominas y García Yagüe, 1997)

**Deslizamientos trasnacionales:** es la masa progresa hacia fuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y la componente rotacional es mínima (Varnes, 1978)

**Deslizamientos:** Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. (Hutchinson, 1988)

**Desprendimiento de rocas:** Se define como una masa generalmente de rocas que se desprende de un talud abrupto (cantil, desmonte), mediante una superficie de corte normalmente pequeñas (Varnes, 1978).

**Estructuras geológicas:** Es el arreglo espacial y temporal particular que guardan los componentes rocosos o un conjunto rocoso. Las estructuras geológicas presentan características geométricas distintivas y otros rasgos característicos de los que sobresalen la forma, el tamaño, sus límites, sus relaciones, su orientación, el tipo de material, su distribución geográfica, etc. Las estructuras geológicas de acuerdo con su origen, y características se dividen en primarias y secundarias. Todas tienen importancia para entender distintos procesos geológicos y algunas, son de interés económico por las sustancias que contienen. (Davis, 1996).

**Expansiones laterales:** Los movimientos afectan al conjunto de formación sin que se identifiquen zonas basales de cizalla o flujo plástico, o por lo menos, sin que estén bien definidas. Suelen afectar a litologías blandas y deformables que se encuentran por debajo de niveles potentes de materiales resistentes y densos. Ocurre a veces cuando

una capa de arcillitas húmedas y reblandecidas, extruye lateralmente por el peso de las capas superiores. (Varnes, 1978)

**Factores condicionantes:** Según INETER (2001), Están unidos a la propia naturaleza composición, estructura y forma del terreno entre ellos tenemos; ·Relieve (pendiente), Litología, Estructura geológica, Propiedades físicas, Comportamiento hidrogeológico y Propiedades geomecánicas.

**Factores desencadenantes:** son aquellos que inician los movimientos y la ladera llega a hacer inestable (lluvias intensa, sacudida sísmica, y socavación). (Crozier, 1986, 2004b).

**Flujo de derrubios:** Se trata de coladas formadas por material fino (arena, limos y arcillas), y material grueso (gravas y cantos rodados) con un contenido variable de agua. Dichas coladas se mueven ladera abajo, normalmente en forma de oleadas inducidas por la gravedad y el colapso instantáneo (Dikau et al., 1996).

**Flujo o colada de tierra:** Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungr et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutchinson, 1998).

**Flujos:** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

**Geomorfología:** Schumm (1991), define la geomorfología como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos, implicando los sólidos, líquidos y gaseosos. Los Efectos de la actividad humana son con frecuencia cruciales.

**Movimiento en masa:** movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999, en Glade y Crozier, 2005).

**Movimientos complejos:** Son aquellos que resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos elementales descritos anteriormente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño (Antoine, 1992) afectando, a veces, a laderas completas. En la zona de estudio los más frecuentes son los conformados por un movimiento traslacional en cabecera y un flujo al pie.

**Pendiente:** es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m: 1, en el cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. (González de Vallejo 2002).

**Precipitación:** Es consecuencia de la actividad de diferentes procesos atmosféricos: frentes de borrascas, tormentas tropicales, efectos orográficos y células convectivas. (Graf, 1988)

**Salud:** Es un estado positivo basado en el bienestar físico, social y mental, la salud es vista como la ausencia de enfermedad. (García, Sáez y Escarbajal, 2000)

**Sismos:** Se denomina sismo o terremoto a las sacudidas o movimientos bruscos del terreno producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra o a la tectónica de placas. (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica 2003)

**Usos del suelo:** Son muy variados, dependen de su grado de desarrollo y de sus características. Según su origen, los suelos pueden diferenciarse en suelos autóctonos y suelos alóctonos. Según su formación, los suelos pueden clasificarse en suelos naturales y suelos humanizados. Los principales usos de los suelos son: Suelos forestales, Pastizales, Suelos agrícolas y Suelos improductivos. (Díaz) [recursostic.educacion.es](http://recursostic.educacion.es)

**Saturación del agua:** Son aquellos que tienen entre sus componentes minerales como caolinitas, illitas y montmorillonitas; tales suelos arcillosos tienen la propiedad de contraerse cuando pierden humedad, y de expandirse cuando la ganan de nuevo. (Braja, 2011).

**Vivienda:** Lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas. (Real Academia Española)

**Infraestructuras expuestas:** Se refiere a los elementos (infraestructura) que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Ley No. 1523, 2012).

**Perdida de la vegetación:** Consiste en la erradicación de la vegetación (hierbas, arbustos y árboles), de manera que el suelo queda desnudo. Este fenómeno es producido por: aumento de la población, tala de árboles a gran escala, sustitución de especies arbóreas de madera duras autóctonas, conversión de pastos en ranchos, ganadería excesiva en particular alrededor de pozos de agua e incendios provocados por agricultores. (Muthoka, Rego y Jacobson, 1995)

**Población:** Es un conjunto de individuos que tienen ciertas características o propiedades que son las que se desea estudiar. En estadística, población es el conjunto de cosas, personas, animales o situaciones que tiene una o varias características o atributos comunes. (Fuentelsaz, Icart y Segura, 2006).

**Amenaza:** Es un factor externo de riesgo que puede ser de origen natural o generado por la actividad del hombre, el cual se manifiesta en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada. Es una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado período de tiempo. (Varnes–1984). Alternativamente, la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

## **1.8. Marco geológico**

### **1.8.1. Geología del área**

La Cordillera Septentrional posee una amplia y variada sucesión estratigráfica. Las estribaciones meridionales de la Cordillera están constituidas por potentes sucesiones rítmicas de lutitas y areniscas de naturaleza turbidítica, correspondientes al Miembro La Pociguilta y a la Formación La Toca de la Unidad Altamira-La Toca enmarcada en el Oligoceno-Mioceno Inferior. En el sector nororiental, sobre el conjunto anterior se disponen discordantemente los materiales margoso-calcáreos de naturaleza turbidítica de la Fm Villa Trina, sobre los que se disponen las calizas de plataforma de la Formación Los Haitises, que coronan los principales relieves de la zona, depositadas durante el Mioceno Medio-Pleistoceno

La estructura más destacada de la hoja es la Zona de Falla Septentrional, que con dirección ESE-ONO establece el límite de la Cordillera Septentrional con la Cuenca del Cibao. Está integrada por diversas fallas, destacando el tramo activo ubicado al Sur y la Falla del Frente Montañoso al piedemonte de la Cordillera. Junto a ellas y ubicada en la cordillera, hay que destacar la Falla del Río Grande de dirección NO-SE. Además de estos desgarres principales, En la parte oeste de la hoja una serie de fallas NNO-SSE materializan la transición del Valle del Río Yaque.

Formación La Toca la cual está conformada por una alternancia rítmica de areniscas y arcillas. Sobre esta formación descansan los depósitos coluviales y prácticamente se puede considerar que esta secuencia sirvió de rampa para el desplazamiento del material movilizado aguas abajo.

Formación Villa Trina representada por calizas micríticas y calizas arrecifales se localizan en la parte superior del deslizamiento y aparecen totalmente cubiertas de vegetación. Se ubican como una especie de casquete en la parte superior de la elevación. Estas calizas se encuentran afectadas por el proceso de disolución con abundantes oquedades lo que hace que durante la precipitación se facilite la infiltración de las aguas lo cual produce dilución, a través de un sistema kárstico, el agua penetró, cuando bajó se entró en la Formación La Toca, la cual está conformada por una alternancia rítmica de areniscas y arcillas. Sobre esta formación descansan los depósitos coluviales y prácticamente se puede considerar que esta secuencia sirvió de rampa para el desplazamiento del material movilizado aguas abajo, la Formación La Toca estaba empapada de agua la cual se podía observar claramente, normalmente anual cae 2200 milímetro de agua, aquí se pudo acumular la quinta parte de la precipitación anual en más o menos 72 horas, esto fue lo que disparó el deslizamiento.

Depósitos coluviales constituidos por Bloques, cantos, gravas y arcillas de origen gravitacional formados a expensa de la desintegración mecánica de las calizas. Estos depósitos se caracterizan porque se acumulan a lo largo del talud donde logran un equilibrio temporal relativo, el cual se puede ver afectado por la llegada de eventos hidrometeorológicos súbitos. Estos depósitos descansan encima de la Formación Toca.

## **1.8.2. Formaciones gravitacionales del área**

### **1.8.2.1. Cantos, Arenas y Lutitas, Coluviones (a). Holoceno**

En general, se trata de depósitos muy heterométricos, con acumulación caótica de bloques y gravas con abundante matriz limosa. La forma de los cantos es angulosa, excepto cuando ya están rodados en el área fuente. La litología de estos depósitos es muy variada en función del tipo de sustrato de cada zona. Su potencia y características internas también son variables, no pudiendo precisarse aquélla por ausencia de cortes de detalle, aunque se deducen potencias de orden métrico. En cuanto a su edad, se asignan al Holoceno. Aparecen en las vertientes de las formaciones degradadas, al pie de sus escarpes y a ambos lados del valle de la Cañada de Mena o en las inmediaciones de la Zona de Falla Septentrional. En ocasiones, estos materiales gradan distalmente a depósitos de glacis moderno. En el resto de la Hoja están escasamente representados y se reconocen únicamente en laderas de relieves estructurales.

### **1.8.3. Lutitas, cantos y bloques. Deslizamientos**

Depósitos heterométricos que constituyen un conjunto de aspecto desordenado de arcillas que engloban cantos y bloques. La forma de los cantos es variable, dependiendo de la formación de la que procedan. Debido a la propia naturaleza del depósito, su espesor puede variar considerablemente según las zonas. Su génesis obedece a la existencia de elevadas pendientes, favorecida además por la presencia de agua y la actividad sísmica.

Por lo general movilizan importantes volúmenes de bloques de tamaño hasta hectométrico de calizas, pudiendo englobar ciertas proporciones de cantos y gravas de areniscas de la Formación Altamira en las masas deslizadas de la zona oriental. En la

Cordillera Septentrional al norte de Santiago el material deslizado está constituido por mega bloques y bloques de calizas coralinas de la Formación Villa Trina derrumbados del farallón que constituyen estas calizas más al Norte. La matriz de los bloques y mega bloques de color amarillento blanquecino está constituida de arenas, margas y derrubios calcáreos de las facies margosas y conglomeráticas infrayacentes de las Formaciones Villa Trina y La Toca.

Los deslizamientos de Hundidera y Hatillo son masas constituidas de mega bloques y bloques de calizas micríticas coralinas de la Formación Mao Adentro en una matriz arcillo limosa constituida de limolitas y margas de la base de la Formación Mao Adentro.

Unidad Licey al Medio ya en pleno Valle del Cibao. De extensión decamétrica a hectométrica, ocurren en las arcillas expansivas saturadas por las lluvias y crecidas de los arroyos. El material muy plástico constituyen una de las principales manifestaciones de la dinámica actual, a pesar de que algunos de ellos pueden tener una larga historia, por lo que se asignan al Holoceno.

#### **1.8.4. Geomorfología del área**

Formas geomorfológicas: Estructurales y Fluviales y de escorrentía superficial

#### **1.8.5. Estructurales**

La influencia tectónica en el origen y configuración del relieve queda reflejada en las denominadas formas estructurales. La alternancia de capas de roca con diferente respuesta al ataque de los agentes externos propicia la erosión diferencial, reflejando en

la morfología caracteres geológicos estructurales. Es, por tanto, la estructura geológica la que controla el relieve. Los agentes externos sólo descubren y modelan sobre un patrón preestablecido. Las formas estructurales tienen una importancia morfogenética notable en la Hoja de Santiago. La Cordillera Septentrional tiene una línea de horizonte bastante uniforme, estando interrumpida por pocos picos dentados. Esto sucede porque se encuentra limitada por una falla, que recorre casi totalmente la longitud de la Cordillera (De la Fuente, 1976). Como consecuencia de esta falla, su vertiente sur se levanta abruptamente y queda separada de forma casi neta del Valle del Cibao. Por tanto, se trata de una falla con expresión morfológica clara, que sigue dirección NW-SE. Pese a la elevada velocidad con la que la meteorización elimina o enmascara algunas formas, existen diversos rasgos derivados de la acción de fallas, que aparecen en el extremo NE de la Hoja, entre ellos los escarpes de falla degradados y facetas triangulares de escarpe de falla. Éstos se desarrollan gracias a la existencia de una capa dura y no están vinculados necesariamente a la aparición de una plataforma, pudiendo aparecer de forma individualizada. En algunas fallas, ramales de la Falla Septentrional, se ha indicado el labio que ha quedado hundido.

En el extremo NE adquirido importancia los resaltes de escarpes y crestas, bien por acción de fallas, bien por ser morfologías relacionadas con la distinta resistencia a la meteorización ofrecida por los materiales aflorantes, entre los que abundan los bordes de capas monoclinales o capas verticalizadas.

#### **1.8.6. Fluviales y de escorrentía superficial**

Ocupan una gran superficie en la Hoja, con una amplia distribución. Su cartografía permite una detallada caracterización de la red de drenaje. Se trata de una red densa y

bien marcada por los desniveles existentes entre el firme de la Cordillera, donde nacen todos los ríos de la Hoja, y las planicies de los valles a los que van a desembocar. En la vertiente sur de la cordillera encontramos una orla de glacis, abanicos y conos de deyección que se disponen al pie de los relieves, en dirección al Valle del Cibao.

Constituyen la práctica totalidad de la superficie de la llanura aluvial del río Yaque del Norte, donde destaca la extensión de los cinturones de meandros, donde encontramos la mayor variedad de depósitos y formas fluviales: llanura de inundación, cauces y cañones, además de la identificación de varios niveles de terrazas. Los fondos de valle aparecen bien representados en los caños y arroyos que nacen en la Cordillera Septentrional y van hacia el Licey, principalmente. Estas formas suelen quedar delimitadas por rupturas de pendiente, más o menos pronunciadas, cóncavas, en ambas orillas a lo largo de su curso. Pueden presentar drenaje en su parte media o no. Cuando el drenaje incide el fondo de valle se ha cartografiado como incisión lineal. Es frecuente que los fondos de valle hayan sido habilitados para el cultivo, por lo que muestran cierta antropización que se traduce en márgenes que protegen los campos. Esta forma implica por sí misma un cierto depósito. A pesar de su aparente falta de funcionalidad forman parte de la red de drenaje concentrando, en caso de fuertes precipitaciones, la arroyada. Son el principal testimonio de la actividad sedimentaria de los principales elementos de la red fluvial actual. Se han identificado niveles de terrazas, en la cuenca del río Yaque, estableciendo una distinción entre inferiores y superiores, según sus cotas y el escarpe que las diferencia. También tienen una notable representación los conos de deyección o abanicos aluviales dispuestos al pie de los relieves de la vertiente norte de la Cordillera Septentrional. Su depósito se produce en la confluencia de los elementos de la red fluvial con áreas menos encajadas, en las cuales la carga transportada por aquéllos

pierde su confinamiento, expandiéndose. Las dimensiones de estos conos son acusadas, alcanzando una extensión de más de 5 Km.

Entre las formas erosivas, se han representado los barrancos de incisión lineal, que ocupan toda la extensión de la Hoja, como consecuencia del fuerte desnivel entre las elevaciones de la Cordillera Septentrional y los valles asociados.

#### **1.8.7. Hidrogeológica del área**

La Formación La Toca-(Mioceno inferior a medio) constituida de alternancias rítmicas de margas y siltitas calcáreas se caracteriza por una permeabilidad baja en las alternancias de margas y siltitas calcáreas. El contraste de permeabilidad con la unidad infrayacente podría explicar en parte los deslizamientos frecuente que ocurren a lo largo del contacto de las dos unidades en la hoja y las hojas adyacentes (Manantiales, deslizamientos en masa o de talud de carretera)

Por encima de la Formación La Toca, las Formaciones Villa Trina y Los Haitises (Mioceno superior a Plioceno) están constituidas de facies cuyas características hidrogeológicas son muy contrastadas.

La permeabilidad es muy alta para los conglomerados basales con porosidad intergranular, y baja a muy baja para las margas y calcarenitas de la Formación Villa Trina. Este conjunto está surmontado por la capa de calizas micríticas y arrecífales (Fm. Los Haitises) carstificada en superficie, constituyendo un acuífero de alta permeabilidad por fracturación y disolución. Este acuífero colgado en los relieves más altos de la cordillera. El contraste entre las facies impermeables de las formaciones la Toca y Villa Trina y los acuíferos de la Formación Los Haitises facilita los fenómenos

de deslizamientos antiguos como actuales conocidos en Carlos Díaz y los Amaceyes).  
(Ver fig.3)

#### **1.8.8. La Falla de Río Grande (RGFZ)**

Esta zona de falla marca el contacto entre la formación La Toca al Sur y las Formaciones Villa Trina y Los Haitises al Norte. Esta zona de falla constituye una zona de alta permeabilidad por fracturación que probablemente facilita las circulaciones de aguas subterráneas en los acuíferos de las formaciones Villa Trina y los Haitises al contacto con las facies impermeables de la Formación La Toca.

#### **1.8.9. La Zona de Falla frente de la montaña**

La permeabilidad por fracturación de esta zona de falla es muy alta. Además, la falla conecta el acuífero del miembro Pociguilta de la Unidad Altamira-La Toca con la cobertura pleistocena de las Arcillas de Licey al Medio y el conglomerado basal.

#### **1.8.10. La Falla Septentrional (SFZ), parte activa**

Las trazas de falla, deducidas de la geofísica (magnetismo, gradiente vertical), corresponden en superficie a las Arcillas expansivas de Licey al Medio, y se marcan por la presencia de surgencias y manantiales. La conexión de la zona de falla SFZ con la Zona de Falla frente de la montaña en profundidad constituye una zona de drenaje que puede favorecer la presencia de manantiales ligado a acuíferos conectados de la zona cordillerana.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

En el presente capítulo se presenta la teoría a ser utilizada para la investigación, donde se tomó como medidas las variables de la investigación en la evaluación de procesos gravitacionales, tomando en cuenta que el propósito es la evaluación de procesos gravitacionales en el sector Navarrete-Tamboril, Santiago República Dominicana.

#### **2.1. Movimiento en masa**

Se entiende como movimiento de masa, (Varnes, 1978) o “landslide” (Sharpe, 1938), el movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente (Cruden, 1991). Se incluye cualquier tipo de movimiento en masa (se excluye por tanto la erosión), excepto la subsidencia y el hundimiento kárstico (Fernández, 2001). Otra definición que se manifiesta en términos análogos es la aportada por Corominas y García Yagüe definiendo movimientos de ladera como los movimientos del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad (Corominas y García Yagüe, 1997). Los hundimientos de cavidades o de materiales están excluidos de estos movimientos. (Varnes, 1978).

##### **2.1.1. Desprendimiento de rocas**

Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento

cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento. (Varnes, 1978)

### **2.1.2. Deslizamientos**

Son movimientos lentos o rápidos del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo debido a un aumento de peso, pérdida de consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. A estas condiciones se le debe sumar factores externos como la sismicidad, vulcanismo y las lluvias (Jiménez, 2002).

Se define como un movimiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo, bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material. (Cruden, 1991)

### **2.1.3. Deslizamientos rotacionales:**

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contra pendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

#### **2.1.4. Deslizamientos traslacionales:**

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

#### **2.1.5. Flujos**

Son deslizamientos que adquieren grandes velocidades y que se comportan como fluidos viscosos en movimiento. Las masas se comportan como un fluido, pero su comportamiento es diferente al de los fluidos convencionales como el agua. Los deslizamientos tipo flujo (Flujos de rocas y residuos, flujos de residuos y de lodo y flujos hiperconcentrados) son fenómenos muy complejos que involucran grandes volúmenes de roca, residuos y suelo. Estos fenómenos presentan diferentes tipos de movimiento inicial (caídos, deslizamientos traslacionales, etc.) seguidos de un movimiento de flujo de fragmentos de roca o residuos con una movilidad anormal (Hungr y otros, 2001).

##### **2.1.5.1. Flujo de derrubios**

Se trata de coladas formadas por material fino (arena, limos y arcillas), y material grueso (gravas y cantos rodados) con un contenido variable de agua. Dichas coladas se mueven ladera abajo, normalmente en forma de oleadas inducidas por la gravedad y el colapso instantáneo (Dikau et al., 1996)

#### **2.1.5.2. Flujo o colada de tierra**

Se desarrollan en arenas, limos y arcillas saturados en agua o licuefactados, que adquieren un comportamiento fluido de flujos de barro, aunque también se producen solo en arenas. (Dikau et al., 1996a; Dikau, 2004).

#### **2.1.5.3. Flujo de detritos**

Es un movimiento muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que se desplaza confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente elevada. Los flujos de detritos están compuestos por material saturado que van adquiriendo en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. (varnes, 1978).

#### **2.1.6. Expansiones lateral**

Se utiliza fundamentalmente para describir el desplazamiento lateral de una roca o más de suelo sobre un material infrayacente más blando, en el que la superficie del callamiento basal no suele estar bien definida. (Dikau et al., 2004)

#### **2.1.7. Movimientos complejos**

Son aquellos que resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos elementales descritos anteriormente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño (Antoine, 1992) afectando, a veces, a laderas completas. En la zona de estudio los más frecuentes son los conformados por un movimiento traslacional en cabecera y un flujo al pie.

## **2.2. Factores condicionantes y desencadenantes**

Según Terzaghi (1950) y Selby (1993) los deslizamientos son producidos por dos causas fundamentales: las de tipo interno y las de tipo externo. Las causas externas son todas aquellas que producen un incremento en la tensión o esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales, en tanto que las causas internas son las que disminuyen la resistencia de los materiales, sin cambiar la tensión o esfuerzos (Alcántara, 2000).

Según el contexto en el que se realice el análisis del peligro de deslizamiento, un mismo factor puede actuar como factor condicionante o como factor desencadenante. Como por ejemplo, el uso del suelo, que en algunos casos puede condicionar la infiltración de agua en el terreno y por tanto actuar como factor condicionante y en otros casos, un cambio brusco del uso del suelo puede provocar la inestabilidad del terreno y por ende actuar como factor desencadenante. (INETER, 2005).

Para Bonachea (2006), una recopilación de los principales factores condicionantes considerados por distintos autores en la evaluación del peligro de deslizamiento, tiene en cuenta factores relacionados con la geomorfología, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra, condiciones hidrológicas o condiciones climáticas, como factores condicionantes o preparatorios de los deslizamientos.

## **2.3. Elementos expuestos**

La exposición es otro de los elementos fundamentales para el análisis de riesgos de una determinada zona. En gestión de riesgos al referirse a exposición, específicamente trata de aquellos elementos que quedan expuestos ante algún tipo de amenaza. Según la Guía Metodológica para la Elaboración de los Mapas de Riesgos del SGN de la

República Dominicana (2010) define elementos expuestos como: "el contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden verse afectados con la ocurrencia de un evento peligroso". Corresponden a las actividades humanas, todas las obras realizadas por el hombre, tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, servicios, la gente que los utiliza y el medio ambiente.

Para la evaluación de la exposición no existe un número de indicadores determinados, de tal manera se toman los indicadores pertinentes según las condiciones y características del municipio afectado por el evento.

#### **2.4. Amenazas**

El término amenaza se refiere a un peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa puede producir efectos adversos, disrupción, daños y pérdidas en las personas, la producción, la infraestructura, la propiedad, los bienes y servicios y el medio ambiente. Constituye un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido. (Lavell, 2003).

La variedad de amenazas que potencialmente enfrenta la sociedad es muy amplia y tiende a aumentar constantemente, pueden estar asociadas a la dinámica del medio natural, o ser el resultado de la interrelación del medio físico con el social.

Estos tipos de amenazas pueden ampliarse a través de múltiples tipos específicos y además complicarse por posibles efectos de concatenación, que

sirven para crear amenazas complejas, por ejemplo la amenaza sísmica o la asociada a huracanes puede concatenarse y ser detonante en un tiempo y espacio particular de la ruptura de presas, deslizamientos e inundaciones. No puede existir amenaza sin la existencia de una sociedad vulnerable y viceversa. (Foschiatti, 2007)

Según Herrero (2014) las amenazas pueden tener diferentes orígenes:

**Amenazas naturales:** estas son provocadas por fenómenos de la naturaleza. En su mayoría no interviene la mano del hombre. Se pueden diferenciar entre amenazas geológicas (terremotos, tsunamis, volcanes, deslizamientos, etc.) e hidrometeorológicas (huracanes, tormentas tropicales, inundaciones, sequias, etc.)

**Amenazas antrópicas o tecnológicas:** el desastre tecnológico se define como una situación derivada de un accidente en el que se involucran sustancias químicas peligrosas o equipos peligrosos; que causan daño al ambiente, a la salud, al componente socioeconómico y a la infraestructura productiva de una nación o bien de un sistema, estos daños de tal magnitud que excedan de la capacidad de respuesta del componente afectado.

#### **2.4.1. Evaluación de amenaza y elaboración del Mapa de Amenazas**

Según Herrero (2014), para poder evaluar una amenaza es necesario cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un periodo de exposición. Sería necesario contar con la información, lo más completa posible, acerca del número de eventos que hay ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos. Este tipo de evaluación es realizada por instituciones técnicas

y científicas relacionadas con campos afines a la geología, la hidrogeología y los procesos tectónicos.

#### **2.4.2. Fases de la evaluación de amenaza y elaboración del Mapa de Amenazas**

De acuerdo a la “Guía Metodológica para la Elaboración de los Mapas de Riesgos” presentada en el 2010 por el Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana, plantea una metodología que consiste en realizar la evaluación de la amenaza y la elaboración del Mapa de Amenazas en dos fases, con los siguientes pasos a seguir:

##### **Fase 1**

Levantamiento de información en gabinete, que comprende las siguientes actividades:

- Levantamiento de los eventos que han afectado a los municipios, de tipo hidrometeoro- lógicos, inundaciones, deslizamientos, hundimientos, efectos de la tectónica, acción eólica, contaminación, etc.
- Levantamiento de la cartografía existente de la región
- Trabajos de fotointerpretación de las fotos aéreas y las imágenes satelitales que permitan tener una visión de conjunto de la problemática.
- Construcción de una Base de Datos preliminar con base en la información disponible levantada

Preparación de las bases planimétricas que servirán de soporte para la elaboración de los diferentes mapas, esta fase comprende:

- Elaboración de las bases planimétricas que incluye la información correspondiente a las carreteras, caminos, red hidrográfica, curvas de nivel, poblados, límites municipales de secciones y parajes.

- Elaboración del Modelo Digital del Terreno, tomando el MDT de Aster con resolución cada 30 metros.
- Selección de las escalas para los mapas donde se tomarán en cuenta las escalas 1:25,000 para el municipio.

Revisar el historial de los fenómenos catastróficos ocurridos a través del tiempo que han afectado a cada uno de los municipios:

- Elaboración del Catálogo de los eventos que han afectado a los Municipios.

## **Fase 2**

Trabajos de Campo donde se realizarán las siguientes actividades:

- Recorridos de campo en los cuales se tomarán puntos de observación en el terreno fundamentalmente puntos críticos, que son aquellas áreas que han sido afectadas de manera severa por los eventos ocurridos. Estos puntos son georreferenciados con GPS
- Levantamiento fotográfico de los puntos levantados
- Llenado de los borradores de las fichas técnicas en el campo (Peligrosidad y Vulnerabilidad)
- Construcción de la Base de Datos Preliminar de la Peligrosidad

Esta fase asume en principio la evaluación de las amenazas apoyada en diversas informaciones tales como: inventarios de fenómenos realizados de forma directa mediante observaciones y mediciones de campo, análisis y revisión de información científica disponible (mapas, fotos aéreas, informes, etc), con el fin de localizar la posible ubicación y severidad de los fenómenos naturales que resulten peligrosos, así como, la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica.

Para la determinación de la amenaza se consideran tres objetivos: Causa, Probabilidad y Severidad. (SGN, 2010)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

El presente capítulo contiene las informaciones del diseño, tipo de investigación, la instrumentación y los componentes básicos del procedimiento metodológico utilizado en la investigación titulada Evaluación de los procesos gravitacionales en el sector Navarrete- Tamboril, Santiago, República Dominicana.

#### **3.1. Diseño y tipo de investigación**

En el desarrollo de esta investigación no se manipularon variable independiente para observar sus efectos sobre variable dependiente en una situación de control, por lo que la investigación es de diseño no experimental. El tipo de investigación que se utilizará es descriptivo, debido que busca delimitar, medir y describir característica de un fenómeno sobre el comportamiento de los movimientos en masa en el sector Navarrete-Tamboril, Santiago, República Dominicana. (Hernández, 2010)

#### **3.2. Enfoque de investigación**

Para cumplir con los objetivos de esta investigación las variables fueron medidas y descritas en función de las características geológicas, geomorfológicas y de procesos activos presente en las estructuras del sector Navarrete- Tamboril; por este motivo el diseño apropiado para obtener la correcta interpretación y recolección de los datos es el enfoque mixto.

De la combinación de ambos enfoques, surge la investigación mixta, misma que incluye las mismas características de cada uno de ellos, Grinnell (1997), citado por

Hernández et al (2003:5) señala que los dos enfoques (cuantitativo y cualitativo) utilizan cinco fases similares y relacionadas entre sí:

- a) Llevan a cabo observación y evaluación de fenómenos.
- b) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- c) Prueban y demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- d) Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- e) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar, cimentar y/o fundamentar las suposiciones o ideas; o incluso para generar otras.

### **3.3. Técnicas e instrumentación**

Las técnicas e instrumentación a utilizar en la investigación fueron: equipos de campos tales como, piqueta, GPS, brújula, escalímetro, lupa, rayador, fotografía satelitales, imágenes satelitales. (Imágenes spot del año 2000)

### **3.4. Procedimientos**

#### **Fase I:**

Aquí se levantaron datos básicos e informaciones de diversos materiales relacionados con procesos gravitacionales y la zona de estudio, para lo cual se dieron los siguientes pasos:

- Solicitud del título de investigación al comité de investigaciones
- Consulta de informes técnico y publicaciones variada que aportaron datos y concepto importante, desarrollo de trabajo y la formulación de la propuesta de la investigación;

- Formulación de la propuesta de la investigación
- Elaboración del instrumento;
- Validación del instrumento
- Solicitud al decano de facultad de una carta de presentación para visita al campo e instituciones;
- Se realizaron visitas a la defensa civil para recolección de información sobre eventos naturales que han causado daños y perdida en el sector Navarrete-Tamboril, Santiago República Dominicana.
- Visita al campo.
- Interpretación de los datos

#### **Fase II:**

Luego del levantamiento de todas las informaciones en el campo y/o gabinete, se consulto todos los datos que son útiles para la base de la elaboración de un inventario sobre procesos gravitacionales, mediante el cual se levantaron informaciones de campo en la zona de estudio.

#### **Fase III:**

En esta fase se recopilaron material, cartografía, informes técnicos, artículos de Interés y fotografías aéreas de la zona de estudio. Se reconocieron y digitalizaron mediante el uso de la herramienta SIG, las hojas cartográficas a escala 1:50000 Y 1: 100,000 encontradas en el Servicio Geológico Nacional (SGN) así como también sus respectivos ortofotomapas, para delimitar la zona de interés a ser estudiada, siendo ésta base para generar los mapas temáticos y finalmente el mapa detallado a escala 1:25,000 sobre procesos gravitacionales.

### **3.5. Recolección de los Datos**

Trabajo de campo:

- Recorrido en la zona de estudio
- Observación “in situ” (en el campo)
- Tomar las coordenadas
- Descripción del área
- Tomar rumbo y buzamiento en dicha estructura

Trabajo de gabinete:

- Revisión de hojas geológica, hoja geomorfológicas y de procesos activos
- Utilización de computadora para elaboración del modelo digital del terreno con la ayuda de modelo SGI.

### **3.6. Análisis y presentación de los datos**

La información levantada sobre el análisis de los datos se realizó mediante software de Sistema de Información Geográfica aplicado a la geología para la creación de mapas geológicos (ArcGis).

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Introducción

En este capítulo se presentan los datos y resultados obtenidos de la investigación realizada, los cuales son presentados mediante cuadros de índice porcentual y grafico de barra para los resultados cuantitativo y cualitativo se presentan de forma narrativa. Esta investigación persiguió evaluar los procesos gravitacionales del sector Navarrete-Tamboril de la provincia Santiago con implicaciones para los movimientos en masa.

#### 4.2. Movimientos en masa

**Cuadro 4.2.1** Tipos de Movimientos en masa ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| <b>Tipos de movimientos</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Por ciento</b> |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| Deslizamiento               | 47              | 37.9              |
| Coluviones                  | 13              | 10.4              |
| Flujo                       | 49              | 39.5              |
| Glacis                      | 15              | 12.0              |
| <b>Total</b>                | <b>124</b>      | <b>100%</b>       |

La siguiente Cuadro muestra los diferentes tipos de movimientos en masa que hay en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago, 49 flujos similar a un 39.5%, seguido por 47 deslizamientos equivalente a 37.9%, 15 glacis es igual a 12% y por ultimo 13 coluviones representado por un 10.4%. Ver anexo

**Cuadro 4.2.2.** Estructuras ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| Estructuras      | Cantidad   | Porcentaje  |
|------------------|------------|-------------|
| Fallas           | 57         | 52.2        |
| Cicatrices       | 32         | 29.3        |
| Falla supuesta   | 11         | 10.0        |
| Eventos lineales | 9          | 8.2         |
| <b>Total</b>     | <b>109</b> | <b>100%</b> |

Aquí se presenta las estructuras que afectan en esta zona, se tomaron 80 puntos de falla para un equivalente a un 52.2% esta son la de mayor incidencias, 32 puntos de cicatrices con un 29.3%, seguido por 11 puntos de falla supuesta con un 10% y por último 9 puntos de eventos supuesto similar a un 8.2%.

#### Parajes de la zona más afectados

| Paraje                         | Estructuras         | Eventos        |
|--------------------------------|---------------------|----------------|
| Alto del perico                | Cicatrices          | Deslizamientos |
| Amaceyes arribas               | Cicatrices          | Deslizamientos |
| Arenoso                        | Eventos lineales    | Deslizamientos |
| Arrenquillo                    | Cicatrices-Fallas   | Deslizamientos |
| Arrollo del agua               | Cicatrices-Fallas   | Deslizamientos |
| Arrollo la bellaca             | Fallas- cicatrice   | Deslizamientos |
| Alto de los matos              | Falla y cicatrice   | Deslizamientos |
| Cuesta quinigua                | Fallas- cicatrices  | Deslizamientos |
| El alto                        | Fallas              | Deslizamientos |
| El aguacate                    |                     |                |
| El boquerón                    | Cicatrices          | Deslizamientos |
| El jamo                        | Fallas y cicatrices | Deslizamientos |
| Haina                          | Fallas              | Coluviones     |
| Jacagua adentro                | Fallas-             | Deslizamientos |
| La atravesada                  | Eventos lineales    | Coluviones     |
| La cumbre (gurabito la cumbre) | Fallas              | Deslizamientos |
| La boca del sonador            | Fallas supuesta     | Deslizamientos |
| La estación                    | Falla supuesta      | Flujos         |
| La estación del yaque          | Falla cicatrices    | Glacis         |
| La cangrejera                  | Cicatrices          | Deslizamientos |
| La guasumita                   | Fallas- cicatrices  | Deslizamientos |
| La furnia                      | Fallas              | Coluviones     |
| La lomita                      | Eventos lineales    | Deslizamientos |
| La manacía                     | Fallas              | Deslizamiento  |
| Las yayitas                    | Fallas              | Deslizamientos |

|                             |                    |                |
|-----------------------------|--------------------|----------------|
| Loma de sabana              | Fallas- cicatrices | Deslizamientos |
| Loma frías                  | Fallas             | Deslizamientos |
| Los chicharrones            | Fallas- cicatrices | Deslizamientos |
| Los higos                   | Fallas             | Deslizamientos |
| Los manantiales             | Fallas- cicatrices | Deslizamientos |
| Los pino                    | Fallas             | Deslizamientos |
| Mata de puerco              | Falla- cicatrices  | Deslizamientos |
| Manolo dajeeel              | Fallas             | Coluviones     |
| Palmar                      | Falla supuesta     | Flujo          |
| Palmar arriba               | Glacis             | Flujo          |
| Palmar abajo                | No hay             | Coluviones     |
| Palma picada de Carlos Díaz | Fallas- cicatrices | Deslizamientos |
| Piche                       | Fallas supuesta    | Deslizamientos |
| Pulido                      | Fallas             | Deslizamientos |
| Ricon                       | Eventos lineales   | Deslizamientos |
| Villa nueva                 | Fallas supuesta    | Glacis         |
| Vidal guillon               | Eventos lineales   | Flujos         |

De los 179 parajes hay 43 que se presentan en la Cuadro que son los más afectados

**Cuadro 4.2.3** pendiente ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| <b>Pendiente</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
|------------------|-----------------|-------------------|
| >20              | 110             | 61.4              |
| 10—20            | 27              | 15                |
| 0-10             | 42              | 23.4              |
| <b>Total</b>     | <b>179</b>      | <b>100%</b>       |

En esta Cuadro muestra los tipos de pendientes que afectan al sector Navarrete-Tamboril de la provincia Santiago, donde la más alta tiene 110 puntos con un 61.4%, seguida por la media con 27 puntos que es igual a 15% y la baja con 42 punto que equivale a un 23.4%.

**Cuadro 4.2.4** Litologías ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| <b>Litología</b>                     | <b>Cantidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Bloques, cantos, gravas y arenas     | 21              | 11.7              |
| Conglomerado de areniscas y arcillas | 53              | 29.6              |
| Alternancia de arcillas y areniscas  | 63              | 35.1              |
| Margas                               | 42              | 23.4              |
| <b>Total</b>                         | <b>179</b>      | <b>100%</b>       |

La presente Cuadro muestra la litología presente en el área de estudio, en la cual se pudo tomar 21 puntos con Bloques, cantos, gravas y arenas equivalente a 11.7% de los puntos tomados, 53 puntos con Conglomerado de areniscas y arcillas similar a 29.6%, 63 puntos Alternancia de arcillas y areniscas equivalente a 35.1% de los puntos tomados y 42 puntos con Margas equivalente a un 23.4%.

**Cuadro 4.2.5** Tipos uso y cobertura ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| <b>Uso y cobertura</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Porcentaje</b> |
|------------------------|-----------------|-------------------|
| Agricultura            | 96              | 53.6              |
| Viviendas              | 25              | 13.9              |
| Bosques                | 53              | 29.6              |
| Ríos y presas          | 5               | 2.7               |
| <b>Total</b>           | <b>179</b>      | <b>100%</b>       |

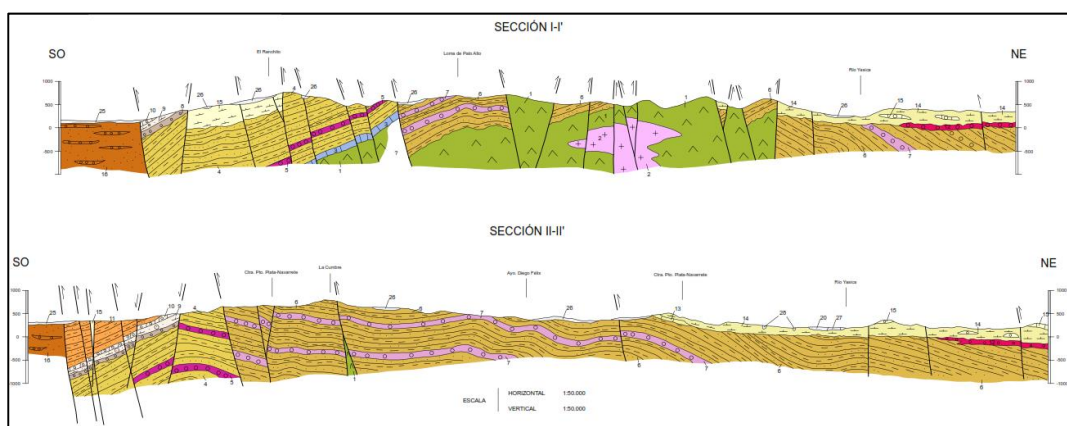
La siguiente Cuadro muestra el uso y cobertura de suelo la cual presenta 96 puntos con agricultura similar a 53.6%, 25 puntos con vivienda semejante a 13.9%, 53 puntos con bosques igual a 29.6%, y 5 puntos con ríos y presas equivalente a 2.7%.

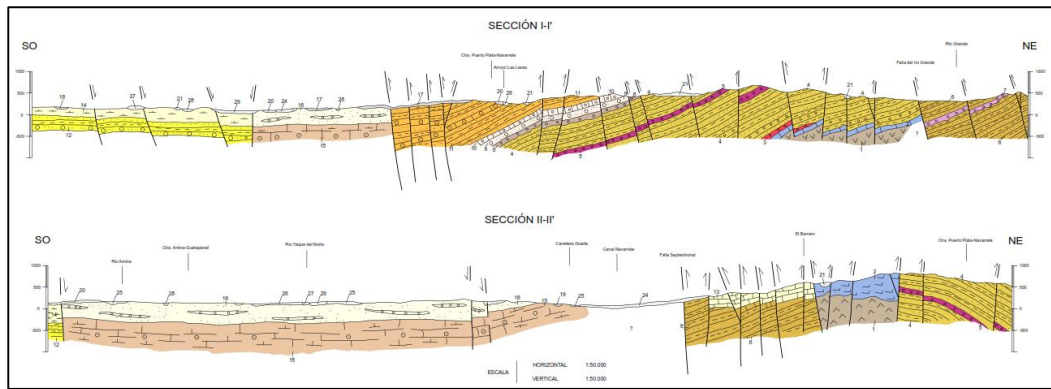
**Cuadro 4.2.6** Tipos de Movimientos en masa ocurrida en el sector Navarrete-Tamboril de la Provincia Santiago.

| Porosidad- permeabilidad                             | Cantidad  | Porcentaje  |
|------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| Permeabilidad alta por porosidad intergranular       | 9         | 10.2        |
| Permeabilidad media alta por porosidad intergranular | 71        | 80.6        |
| Permeabilidad baja por porosidad intergranular       | 1         | 1.1         |
| Permeabilidad baja por fracturación                  | 7         | 7.9         |
| <b>Total</b>                                         | <b>88</b> | <b>100%</b> |

El área de estudio presenta 9 puntos con permeabilidad alta por porosidad intergranular, equivalente a 10.2%, 71 puntos con permeabilidad media alta por porosidad intergranular conforme a un 80.6%, 1 punto con permeabilidad baja por porosidad intergranular, similar a 1.1% y por ultimo 7 puntos con permeabilidad baja por fracturación igual a 7.9%.

#### 4.3. Factores condicionantes y desencadenantes





**Fuente:** Perfiles del Sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago con una orientación Suroeste-Noreste.

Se muestran los sistemas de fallas que cuentan constantemente las secciones, litológicamente compuesto por:

- Conglomerados polimícticos clastosoportados, alternancias rítmicas de areniscas y margas arcillosas con intercalaciones métricas a decamétricas de calizas micríticas blanquecinas y/o calizas arrecifales en ocasiones “slumpizadas”
- Deslizamientos. Bloques, cantos, gravas y arcillas
- Brechas y conglomerados con cantos de andesitas y calizas
- Alternancia de areniscas y arcillas.
- Conglomerados
- Alternancias rítmicas de areniscas y arcillas
- Abanicos aluviales modernos. Conglomerados, arenas, limos y arcillas

#### 4.4. Elementos expuestos

**Cuadro 4.4.1** Parajes con los centro de atención primarios más afectados por movimientos en masa.

| Paraje                         | Estructuras        | Eventos        | Hospitales | Botica |
|--------------------------------|--------------------|----------------|------------|--------|
| Cuesta quinigua                | Fallas- cicatrices | Deslizamientos | 1          | 1      |
| Jacagua adentro                | Fallas             | Deslizamientos | 1          | 1      |
| La cumbre (Gurabito la cumbre) | Fallas             | Deslizamientos | 1          | 1      |
| Palmar arriba                  | Glacis             | Flujo          | 1          | 1      |

Esta Cuadro presenta los parajes como son Cuesta Quinigua, Jacagua adentro, La cumbre (Garabito la cumbre) que tienen infraestructura de salud encima de Movimientos en Masa con un total de 4 hospitales y 4 boticas populares.

**Cuadro 4.4.2.** Escuelas con mayor amenaza de proceso gravitacionales

| Paraje                         | Estructuras         | Eventos        | Escuela                                                                            |
|--------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Amaceyes arriba                | Cicatrices          | Deslizamientos | Amaceyes Arriba                                                                    |
| Arrenquillo                    | Cicatrices-Fallas   | Deslizamientos | Alto de los mates                                                                  |
| Canca Arriba                   | Fallas              | Coluviones     | Gustavo Manuel Inoa Fernández<br>María Altagracia Henríquez                        |
| Cuesta Quinigua                | Fallas- cicatrices  | Deslizamientos | Adriano Valdez                                                                     |
| El jamo                        | Fallas y cicatrices | Deslizamientos | Profesor Ercilia Pepín Estrella                                                    |
| Haina                          | Fallas              | Coluviones     | Eugenio Antonio Ventura Pichardo                                                   |
| La atravesada                  | Eventos lineales    | Coluviones     | Atravesada                                                                         |
| La cumbre (Gurabito la cumbre) | Fallas              | Deslizamientos | La cumbre, Hermanas Mirabal<br>José de Jesús Jiménez.                              |
| La Lomita                      | Eventos lineales    | Deslizamientos | Alberto Apolinar Toribio                                                           |
| Los Higos                      | Fallas              | Deslizamientos | Los Higos                                                                          |
| Palmar arriba                  |                     | Flujo          | José Ignacio Mendoza Reyes                                                         |
| Palmar abajo                   | No hay              | Coluviones     | Centro educativo Puente de<br>enseñanza, Josefa del Carmen<br>Toribio de Rodríguez |
| Palma picada de Carlos Díaz    | Fallas- cicatrices  | Deslizamientos | Arroyo del Toro Carlos Díaz                                                        |

En el área de estudio hay 91 escuelas de las cuales 13 están ubicadas en zonas donde hay procesos gravitacionales presentes, 9 de estas se encuentran sobre deslizamientos,

con estructuras de fallas y cicatrices, mientras que 6 escuelas están encima de coluviones con eventos lineales y fallas.

Dentro de la zona de estudio se encuentran 39 parajes que están afectado por movimientos en masa, causándoles daños a las actividades productivas como es el cultivo de café, cacao, arroz, caña, cultivo intensivo y pasto, también a la vegetación, Bosque latifoliado semi húmedo, Bosque latifoliado húmedo y Bosque latifoliado nublado donde están influencia por deslizamientos, coluviones y flujos. (Ver fig. 11,12, 13).

Cuadro 4.3.3 las vías afectadas por movimientos en masa

| <b>Vías</b>                | <b>Eventos</b>   | <b>Estructura</b>  |
|----------------------------|------------------|--------------------|
| Carretera la Cumbre        | — Deslizamientos | — Falla            |
| Autopista Duarte           | — Coluviones     | — Cicatrices       |
| Autopista Joaquin Balaguer | — Hundimientos   | — Falla supuesta   |
| Carretera la Lometa        | — Flujos         | — Eventos lineales |
| Carretera el Palmar        |                  |                    |
| Carretera el Palmar Abajo  |                  |                    |
| Avenida Circunvalación     |                  |                    |
| Avenida 27 de Febrero      |                  |                    |
| Carretera Peña             |                  |                    |
| Carretera 7 de Julio       |                  |                    |

En esta Cuadro se muestran las carreteras que están afectada por eventos como son deslizamientos, coluviones, hundimiento y flujos e estructuras cuales son fallas, cicatrice, fallas supuesta y eventos lineales. (Ver fig. 6,7, 9,10).

#### 4.5. Amenazas

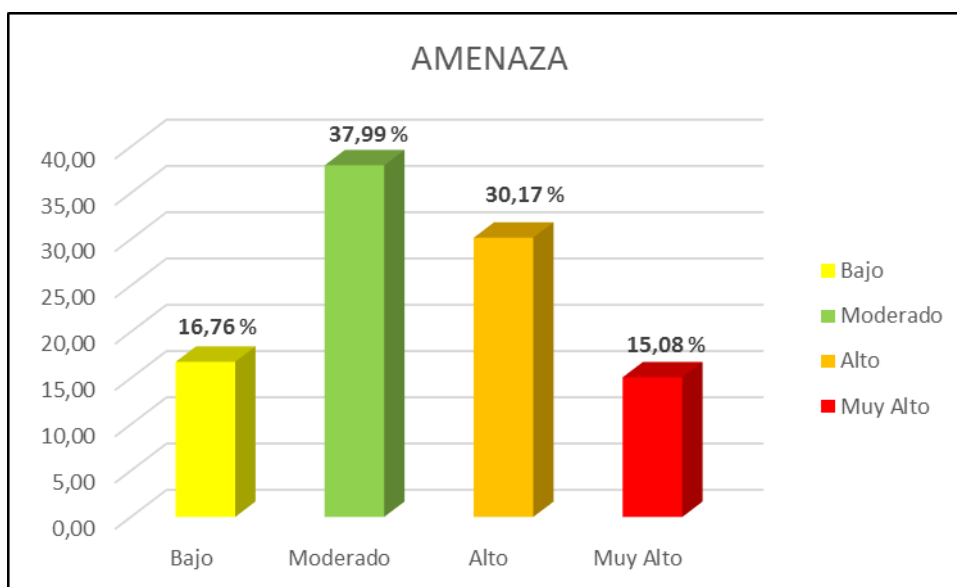


**Fig.4.1** índice de amenazas en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

Con respecto a la amenaza en el sector Navarrete-Tamboril, provincia Santiago el 37.99% de los parajes evaluados reportaron un índice moderado, el 30.17% tiene un alto nivel de amenaza, mientras el que el 16.76% bajo y el 15.08% muy alto.

#### 4.6. Mapeo temático

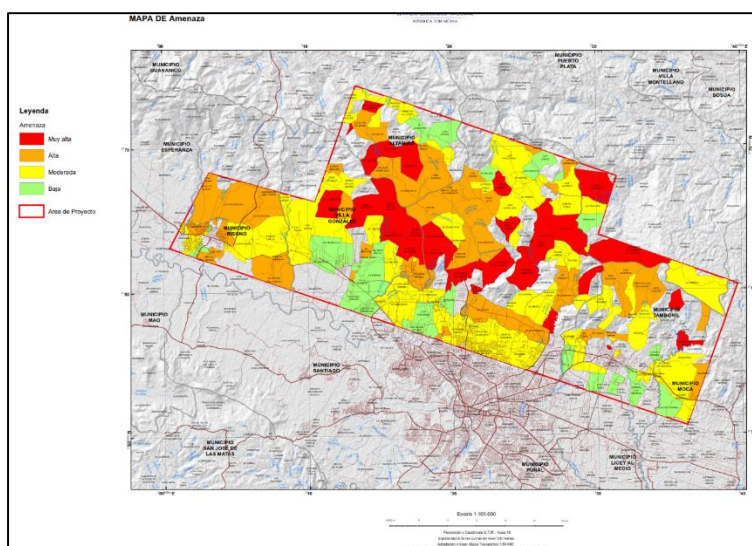


**Fig.4.2** Mapa de amenazas geológicas en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

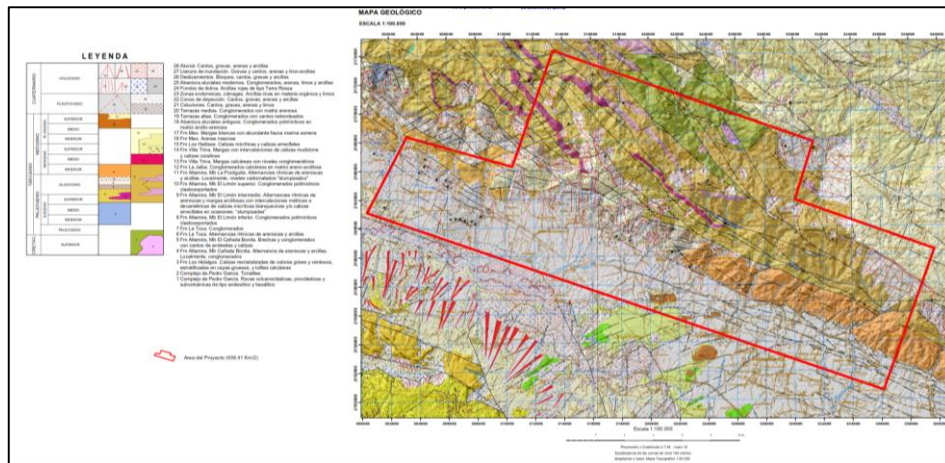


Fig.4.3 Mapa geológico empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

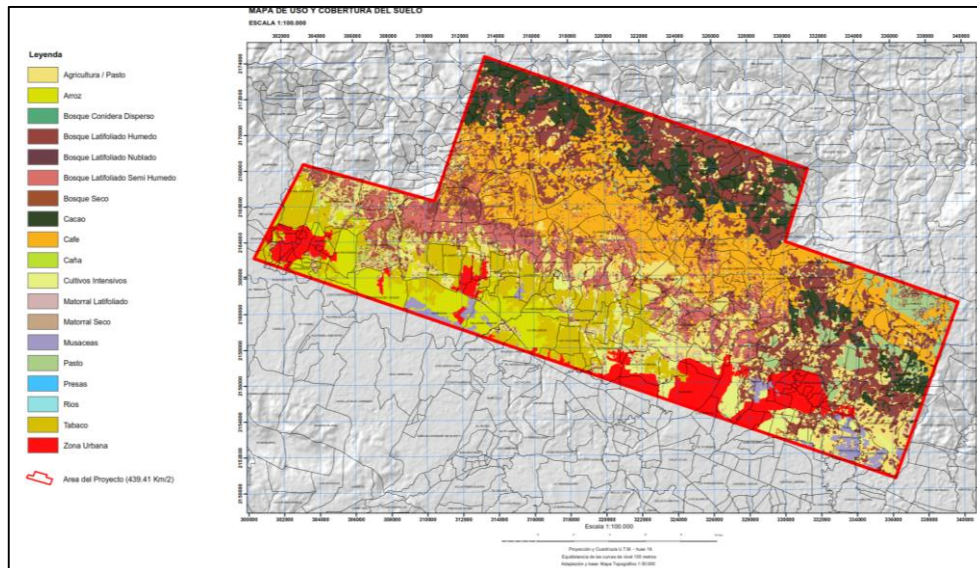


Fig.4.4 Mapa uso y cevtura del suelo empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

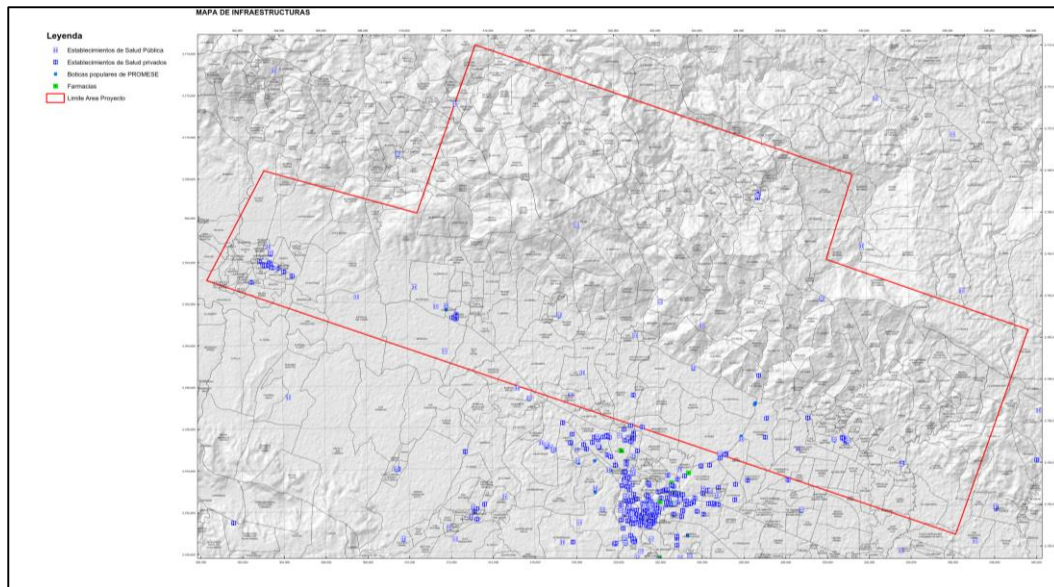


**Fig.4.5** Mapa de infraestructuras empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

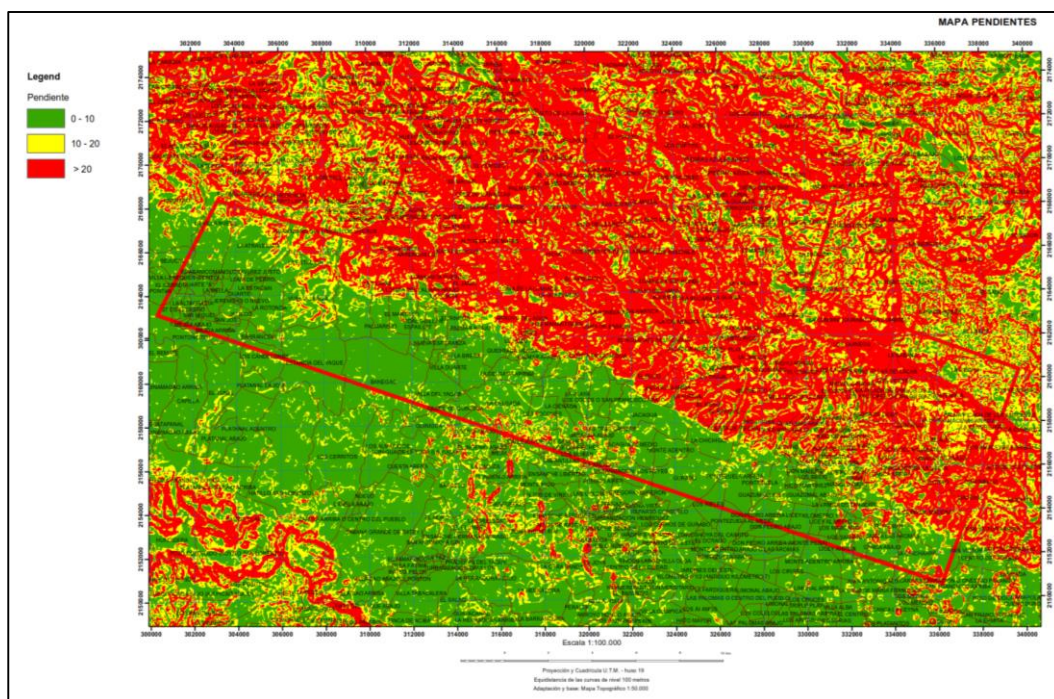


**Fig.4.6** Mapa de pendiente empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

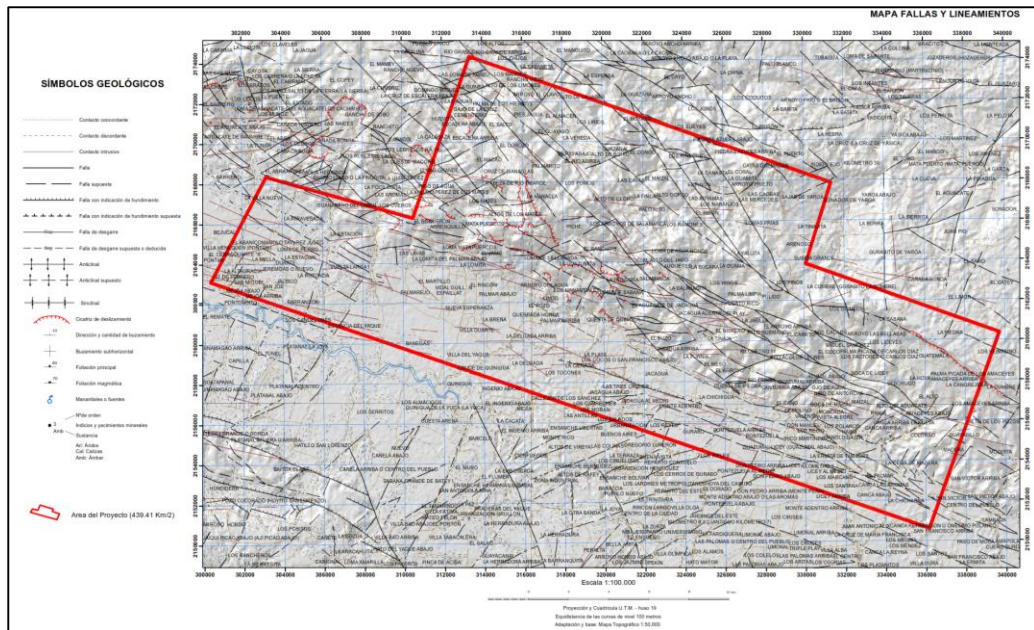


**Fig.4.7** Mapa de fallas y lineamientos empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago

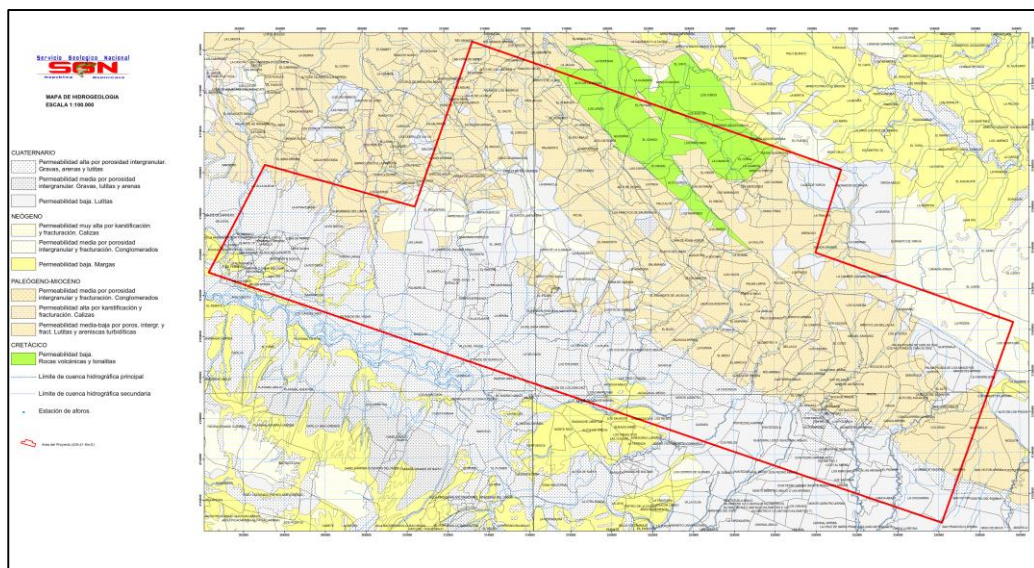
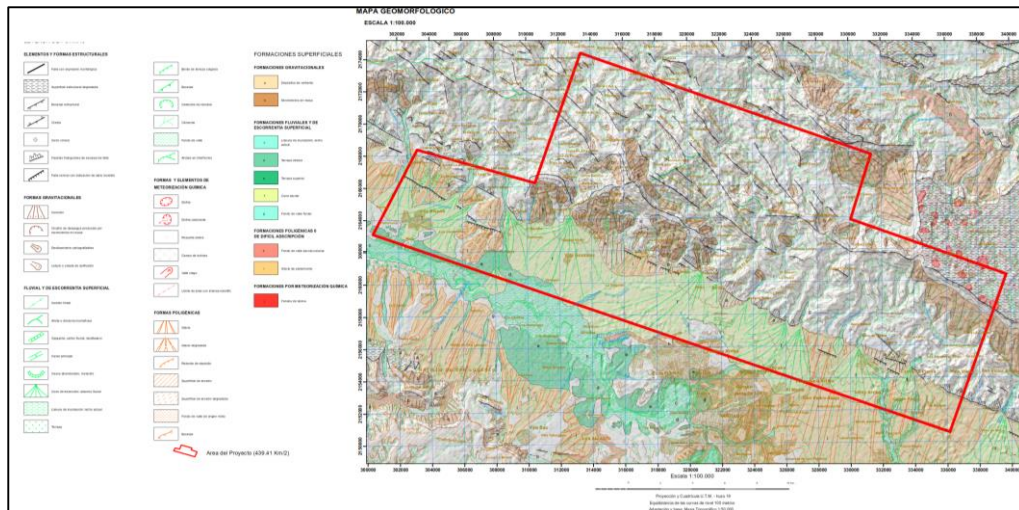


**Fig.4.8** Mapa de hidrogeología empalmado en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago



## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Introducción**

Aquí se analizan los resultados recopilados. Este análisis se logró en base a los resultados cuantitativos y cualitativos presentados en el capítulo anterior, sobre la Evaluación de procesos gravitacionales en el sector Navarrete-Tamboril de la provincia Santiago.

#### **5.2. Movimientos en Masa**

De acuerdo al inventario elaborado de los movimientos en masa que afecta en esta zona, lo de mayor incidencia son los flujos debido a las grandes cantidad de desplazamientos que provocan las fallas activas de esta zona, seguido por deslizamientos que son inducido por la composición del suelo y sub suelo, la orientación de las fracturas o grietas en la tierra y por las grandes cantidad de lluvia que cae en esta área, en el mismo orden los glaciares a causa de que la lixiviación que dejan los deslizamientos y por último los coluviones debido a los aluviones que están constituido por el suelo fino y la descomposición de las rocas. Por otra parte las estructuras que más afecta a la zona de estudio son las fallas, cicatrices, falla supuesta y eventos lineales debidos a que están influenciada por la Falla Septentrional que es una falla activa.

Las litologías que afectan a esta zona de estudio son los bloques, canto, grava y arenas, conglomerado de arenisca y arcillas, alternancia de arcilla y areniscas y por ultimo margas, esta son debido a las Formaciones Geológicas que está son Formación

las tocas, Formación Altamira, Formación los Hidalgos, Formación Villa Trina, Formación la Jaiba, Formación Mao y Formación los Haitises.

### **5.3. Factores condicionantes y desencadenante**

De acuerdo a los resultados se identificaron las características geológicas que desempeñan un rol importante en cuanto a la propagación del evento ya que la naturaleza de la litología, su posición y las estructuras que las acompañan constituyen elemento detonador de dicho evento. Las litologías presentes son:

Alternancia rítmica de areniscas y arcillas, en la cual reposan depósitos coluviales y prácticamente se puede considerar que esta secuencia sirve de rampa para que el desplazamiento de material se movilice aguas abajo.

Calizas micríticas y calizas arrecifales localizada en la parte superior de un deslizamiento, aparecen totalmente cubiertas de vegetación. Se ubican en la parte superior de la elevación. Estas calizas se encuentran afectadas por el proceso de disolución con abundantes huecos lo que hace que durante la precipitación se facilite la infiltración de las aguas lo cual produce dilución, a través de un sistema kárstico, hace que el agua penetre y baje a donde están ubicadas las alternancia rítmica de areniscas y arcillas. Por otro lado presenta depósitos coluviales constituidos por Bloques, cantos, gravas y arcillas de origen gravitacional formados a expensa de la desintegración mecánica de las calizas. Estos depósitos se caracterizan porque se acumulan a lo largo del talud donde logran un equilibrio temporal relativo, el cual se puede ver afectado por eventos como huracanes, tormentas, ciclones, lluvias intensas.

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la morfoestructura, derivada de la estructura tectónica y naturaleza litológica de los materiales que la

conforman, Estos al mismo tiempo controlan y, en ocasiones, modifican la actuación de los procesos morfogenéticos externos, tanto erosivos como sedimentarios.

Algunas estructuras geológicas presentes controlan el relieve entre ellos los escarpes de falla degradados y facetas triangulares de escarpe de falla, fallas, ramales de la Falla Septentrional y cicatrices. En algunas áreas, han adquirido importancia los resaltes de escarpes y crestas, acción de fallas. Estas pueden verse afectadas por la sismicidad ya que son zonas sísmicamente activas.

#### **5.4. Elementos Expuestos**

El objetivo de identificar los elementos expuestos en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago, es cuantificar y cualificar desde un punto de vista espacial aquellos elementos que se ven afectados por procesos gravitacionales y la consecuencia de dicho evento ante la población. Según el resultado de la investigación con relación a la variable de elementos expuestos se presenta que existen elementos expuesto tales como: centros educativos, centro de atención primaria, hospitales y vías, así como actividades productivas y vegetación que se ven afectadas directamente por Movimientos en Masa, ya que se encuentran localizadas encima de deslizamientos o en áreas que pueden verse afectadas si se dispara un deslizamiento, (Ver fig.6, 5, 13, 11).

Existen parajes donde debe considerarse como zona críticas muy amenazadas por la ocurrencia de eventos y no permitir la expansión humana hacia territorios identificados con alta amenaza.

Finalmente al analizar la variable, sobre elementos expuestos del sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago, los resultados corresponden con lo que expresa el Servicio Geológico Nacional de la Republica Dominicana (2010) que en el contexto

social, material y ambiental representado por las personas, los recursos y servicios se pueden ver afectados con la ocurrencia de un evento peligroso.

## **5.5. Amenazas**

Para el análisis y evaluación de las amenazas del sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago se tomó en cuenta los procesos activos, las características geomorfológicas, geológicas e hidrogeológicas del área de estudio. El análisis de los procesos geomorfológicos y geológicos en la amenaza por procesos gravitacionales, se basó en el trabajo de campo y en el análisis de las bases cartográficas de mapas de procesos activos, geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos y de pendiente del área de estudio. En la zona de estudio se destacó un índice alto de amenaza por procesos gravitacionales.

Los eventos que han sido considerado amenazas en este estudio de los diferentes parajes son: deslizamientos, coluviones, flujos y glaciares, debido a movimientos en masa presente en la falla septentrional, masa de suelo con permeabilidad por porosidad intergranular y por fracturación, alta pendiente y la presencia de red de drenajes, los cuales presenta un peligro, ya que, 81 de los 179 parajes del área de estudio oscilan entre un índice alto y muy alto con respecto a la amenaza, donde 54 tienen un índice alto y 27 muy alto de acuerdo con Lavaell (2003) esto constituyen un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presenta con una cierta intensidad, en sitios específicos y dentro de un periodo de tiempo definido.

## **5.6. Mapeo temático**

Con el empalme de los mapas geológicos, geomorfológicos, de pendiente, hidrogeología, uso y cobertura e infraestructuras expuestas de las hojas 6074-II de Santiago y 6074-IV de Esperanza, resultó el mapa temático de amenaza el cual muestra que la zona de color rojo presenta un nivel de amenaza muy alta, el color naranja demuestra un nivel de amenaza alta, el amarillo moderado y el verde bajo.

## CONCLUSIONES

Analizados los datos sobre la investigación de los Procesos Gravitacionales en el Sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago, República Dominicana se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se identificó que los movimientos en masa en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago son deslizamientos, coluviones, flujos (Abanicos aluviales modernos y Abanicos aluviales antiguos), por lo que más afectan son los flujos y deslizamientos.
- De acuerdo los factores condicionante y desencadenante en la zona de estudio son, los factores condicionantes (litología, geomorfología, pendientes y usos del suelo) y los factores desencadenantes más relevantes (precipitaciones, intensidad sísmica máxima, procesos antrópica y la incisión fluvial), en la formación de la morfología actual de movimientos en masa.
- Se evaluaron los elementos expuestos de esta área y se determinó que los centros educativos, centro de atención primaria, hospitales y vías, así como actividades productivas y vegetación se ven afectadas directamente por Movimientos en Masa. Los centro educativo que están expuesto son Amaceyes Arriba, Alto de los mates, Gustavo Manuel Inoa Fernández, María Altagracia Henríquez, Adriano Valdez, Profesor Ercilia Pepín Estrella, Eugenio Antonio Ventura Pichardo, Atravesada, La Cumbre, Hermanas Mirabal, José de Jesús Jiménez, Alberto Apolinar Toribio, Los Higos, José Ignacio Mendoza Reyes, Centro educativo Puente de enseñanza, Arroyo del Toro, Josefa del Carmen Toribio de Rodríguez y Carlos Díaz. Las vías más expuestas son carretera la Cumbre, carretera el Palmar, carretera la Sierra y la

Avenida 27 de Febrero. Actividad productiva expuesta es el cultivo de café, cacao, caña y arroz. Los hospitales más expuestos son Palmar Arriba, la Cumbre, Cuesta Quinigua y Jacagua Adentro.

- Por otra parte se evaluó las amenazas en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago de acuerdo a los resultados presentados un índice moderado y alto como su mayor porcentaje de amenaza, lo que determina la representación significativa de ciertos eventos naturales y procesos gravitacionales en la zona de estudio.
- Con la producción de mapa temático en el sector Navarrete-Tamboril, Provincia Santiago ha quedado zonificada las áreas susceptibles a amenazas geológicas. Por otro lado ha estado identificado los centros de emergencia y respuesta ante un desastre natural.

## **RECOMENDACIONES**

Según el mapa de amenazas por procesos gravitacionales se dan las siguientes recomendaciones a las autoridades, a los centros de emergencia y respuestas, a Obras Públicas y al Servicio Geológico Nacional de la Dirección General de Minería:

- Realizar estudio detallado de susceptibilidad por movimiento en masa en el sector Navarrete-Tamboril, Santiago Republica Dominicana.
- Promover la difusión, discusión y aplicación de los resultados obtenidos, incluyendo instituciones regionales, comunidades y municipios.
- Las viviendas afectadas por procesos gravitacionales deben ser desalojadas y no permitir la construcción de nuevas infraestructuras en la zona.
- Realizar un estudio detallado para la reubicación de diferentes tramos de carreteras que han sido afectada directamente por movimientos en masa.
- Desarrollar un manejo de las obras de mitigación ajustada lo más posible al tipo de movimiento que ocurre.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abramson L. W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G. M. (2002). "Slope stability and stabilization methods". John Wiley & Soins, Inc. New York. pp 712.
- Antonie, P. (1992). "Les problèmes posés par l'instabilité des versants de grande ampleur-aspects géologiques". Bull. Int. Assoc. Engineering Geology, N° 45. 9-24.
- Braja M. Das, (2011). "Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones", 7ª ed. Cengage Learning. México
- B.y Francisco Balocchi (2011). Procesos de Erosión Vol. 2. Casilla de correo. Uruguay.
- Busso, G. (2002). "Vulnerabilidad Sociodemográfica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza". Vol. 29 of Serie Población y desarrollo. United Nations Publications, Santiago de Chile, agosto.
- Corominas, J. y García Yagüe, A. (1997). "Terminología de los movimientos de ladera" IV Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables; Alonso, E.; Corominas, J.; Chacón, J.; Oteo, C. y Pérez, J. (eds.). Granada. Vol. III, 1051-1072.
- Cruden, D. M., 1991, A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27–29.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996). "Landslides types and Processes" Landslides: investigation and mitigation; Turner, A.K. & Schuster, R.L. (eds.). National Academic Press. Washington D.C. 673 pp. pp. 35-76.
- Cruden, D.M. (1991). "A simple Definition of a Landslide" Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Paris. Vol. 43, 27-29.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, enTurner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.

Davis, H. G., 1996, Structural Geology of rocks and Regions. John Willey & Sons, New York., 776 p.

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos, (1991), “Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños”, Washington, D.C.

Fernández, T. (2001). “Cartografía, análisis y modelado de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en macizos rocosos mediante SIG: Aplicación a diversos sectores del sur de la provincia de Granada” Tesis Doctoral; Universidad de Granada. 648 pp.

Foschiatti, A. H. (2007). “Aportes Conceptuales y Empíricos de la Vulnerabilidad Global”. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, República Argentina.

Foschiatti, A. H. (2007). “Aportes Conceptuales y Empíricos de la Vulnerabilidad Global”. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, República Argentina.

Fuentelsaz Gallego, C. M., Icart Isern, T. A. M. y Segura, Pulpón, (2006). “Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina”, España: Edicions Universitat Barcelona

García Martínez, A. Sáez Carreras, Juan y Escarbajal de Haro Andrés, (2000). “Educación para la salud: la apuesta por la calidad de vida”. ARÁN Ediciones, S.A. Madrid

González de Vallejo, L. (2002). Ingeniería Geológica. Editoroal PearsonPrentice Hall, España-Madrid, p. 2-695.

González, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). “Ingeniería Geología” Pearson Educación, Madrid.

Graf, W. L. (1988): Fluvial Processes in Dryland Rivers. Springer. Berlin, 346 pàgs

Hernández, Sampieri R. Fernández C. Baptista L. P. (2003): “Metodología de la Investigación”. Ed. Mc Graw Hill. Chile.

- Herrero Velasco, M. (2014). “Emergencias Sanitarias y Dispositivos de Riesgos Previsible”. IC Editorial
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M.J., Hutchinson, J.N., 2001. A review of the classification of landslides of the flow type.
- Hutchinson, J.N., 1988, Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, enMemorias, 5th International Conference on Landslides, Lausanne, p. 3–35.
- INETER. 2001. .Amenazas Naturales de Nicaragua. Managua.1ra edición.310 p
- Instituto Geológico y Minero De España (1988), Riesgos Geológicos y Geología Ambiental, IGME, Madrid.
- Instituto Internacional de Agricultura Tropical, IITA (2000). “Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos”: Nigeria
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. INETER, (2001). “Vulnerabilidad Física y Vulnerabilidad Funcional” Nicaragua. Consultado en marzo 7, 2016, de <http://webserver2.ineter.gob.ni/sis/vulne/cali/6.2-vulnerabilidad.htm>
- Jiménez, F. 2002. Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 288 p.
- Ley No. 147-02. Gestión de Riesgos. Congreso Nacional. Santo Domingo, República Dominicana. Año 2002
- Ley No. 1523, (2012). "Gestión del riesgo, responsabilidad, principios, definiciones y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres", Colombia
- Muñoz, S. J. (s.f). Cartografía Geotematica en República Dominicana. Servicio Geológico Nacional (SGN). Recuperado de [http://www.sgn.gov.do/pdf/Cartografia\\_Geotematica.pdf](http://www.sgn.gov.do/pdf/Cartografia_Geotematica.pdf)

- Muthoka, M. Rego, Assumpta B. y Jacobson, W. J., (1995). “Educación ambiental: programa para profesores e inspectores de ciencias sociales de Enseñanza Media”, España: Los Libros de la Catarata.
- Pereira, M. (2012). “Litología y Estructura geológica”, Venezuela.
- Proyecto Esfera, (2004). Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response. Oxfam. Suiza: (s.f.). Consultado en marzo 7, 2016, de <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/contenid/vulner7.htm#18>
- Real Academia Española, [on line], consulta [6 de septiembre de 2016], en la world wide web: <http://www.rae.es>
- Servicio Geológico Nacional SGN, (2010). Guía Metodológica para la Elaboración de los Mapas de Riesgos. República Dominicana.
- Servicio Geológico Nacional SGN, (2010). Guía Metodológica para la Elaboración de los Mapas de Riesgos. República Dominicana
- Sharpe, C.F.S. (1938). “Landslide and related phenomena” Columbia Univ. Press., New York, 137pp.
- United Nations, (2007). “Guía de Elaboración de Estadísticas sobre el Empleo del Tiempo: Para Medir el Trabajo Remunerado y no Remunerado”. Estados Unidos.
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9–33.
- Varnes, D.J. (1978). “Slope movements types and processes” Landslides: analysis and control; Schuster, R.L. & Kizek, R.J. (eds.) National Academy of Sciences. Washington D.C. Special rep. Vol. 176, 11-33.
- Vulnerabilidad Global y Pobreza, (s.f.). Consultado en marzo 7, 2016, de Recuperado de <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/contenid/vulner7.htm#18>

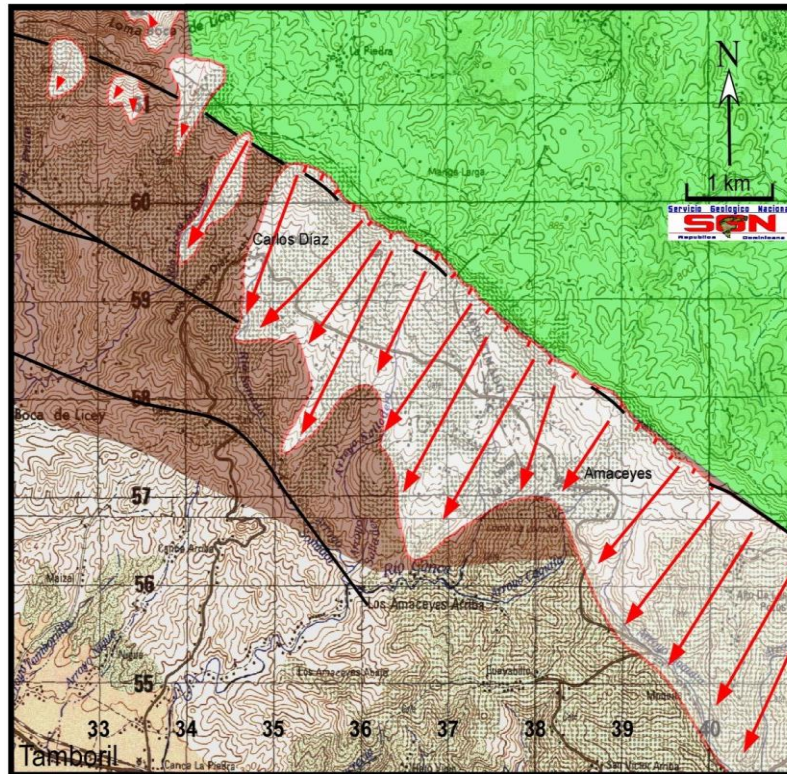
## **ANEXOS**



Figura 1. Mapa topográfico de la República Dominicana. La línea negra enmarca el área del Proyecto, en las provincias de la Cordillera Septentrional y su límite con el Valle del Cibao.

## Carlos Díaz - Amaceyes

### Mapa geológico



#### LEYENDA

-  Calizas porosas (Formación Villa Trina)
-  Arcillas y areniscas (Formación La Toca)
-  Deslizamientos. Coluvión (bloques, cantos, gravas y arcillas de origen carbonatado-terrigeno)
-  Cicatriz de deslizamiento (escarpe)
-  Falla

Fig. 2: Mapa del deslizamiento de Carlos Díaz



Fig. 3: Se presenta una zonificación del grado de amenaza por deslizamiento en la zona de Carlos Díaz – Amaceyes.



Fig.4: Deslizamiento de laderas - Vista del deslizamiento en masa ocurrido el 12 de Febrero 2009 en Carlos Díaz



Fig.5. Vivienda afectada por cicatriz



Fig.6. Material movilizada Carretera San Víctor - Amaceyes Arriba



Fig.7. Deslizamiento Canca La Piedra - Amaceyes Arriba



Fig.8. Deslizamiento Carlos Díaz



Fig.9. Cicatriz Deslizamiento Carretera San Víctor - Amaceyes Arriba



Fig.10. Cicatriz Deslizamiento Carretera San Victor - Amaceyes Arriba



Fig.11. Rodamiento de Bloques



Fig.12. Flujo en Amaceyes Abajo



Fig.13. Flujo que afectó los cultivos de plátano y la alcantarilla de la carretera Amaceyes

| <b>Paraje</b>                        | <b>Estructuras</b>  | <b>Eventos</b> | <b>Escuela</b>                                                                       | <b>Ubicación<br/>(Latitud-longitud)</b>                  |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Amaceyes Arriba                      | Cicatrices          | Deslizamientos | Amaceyes Arriba                                                                      | 19.5114/-70.5485                                         |
| Arrenquillo                          | Cicatrices-Fallas   | Deslizamientos | Alto de los Mates                                                                    | 19.6006/-70.7688                                         |
| Canca Arriba                         | Fallas              | Coluviones     | Gustavo Manuel Inoa<br>Fernández<br>María Altagracia<br>Henríquez                    | 19.48449/-70.582847<br>19.485/-70.5761                   |
| Cuesta Quinigua                      | Fallas-cicatrices   | Deslizamientos | Adriano Valdez                                                                       | 19.5018/-70.7769                                         |
| El Jamo                              | Fallas y cicatrices | Deslizamientos | Profesor Ercilia Pepín<br>Estrella                                                   | 19.549494/-<br>70.806528                                 |
| Haina                                | Fallas              | Coluviones     | Eugenio Antonio Ventura<br>Pichardo                                                  | 19.4845/-70.5992                                         |
| La Atravesada                        | Eventos lineales    | Coluviones     | Atravesada                                                                           | 19.5898/-70.8626                                         |
| La Cumbre<br>(Gurabito la<br>cumbre) | Fallas              | Deslizamientos | La cumbre<br>Hermanas Mirabal<br>José de Jesús Jiménez.                              | 19.5516/-70.6398<br>19.5466/-70.6231<br>19.5391/-70.6198 |
| La Lomita                            | Eventos lineales    | Deslizamientos | Alberto Apolinar Toribio                                                             | 19.5529/-70.7796                                         |
| Los Higos                            | Fallas              | Deslizamientos | Los Higos                                                                            | 19.5508/-70.6566                                         |
| Palmar Arriba                        |                     | Flujo          | José Ignacio Mendoza<br>Reyes                                                        | 19.5393/-70.7394                                         |
| Palmar Abajo                         | No hay              | Coluviones     | Centro educativo Puente<br>de enseñanza<br>Josefa del Carmen<br>Toribio de Rodríguez | 19.5465/-70.5877<br>19.5486/-70.7676                     |
| Palma Picada de<br>Carlos Díaz       | Fallas-cicatrices   | Deslizamientos | Arroyo del Toro<br>Carlos Díaz                                                       | 19.5397/70.7384<br>19.47593/-70.592775                   |

**Matriz utilizada para el cálculo de amenaza**

| AMENAZA                 |        |                    |           |             |         |                             |                 |               |             |
|-------------------------|--------|--------------------|-----------|-------------|---------|-----------------------------|-----------------|---------------|-------------|
| Parajes                 | Evento | Litología/Geología | Pendiente | Estructuras | Drenaje | Porosidad-<br>Permeabilidad | Uso y cobertura | Amenaza Total | Ponderación |
| La Villa Nueva          | 2      | 4                  | 1         | 4           | 3       | 4                           | 4               | 22            | 3           |
| La Atravesada           | 2      | 2                  | 1         | 5           | 3       | 4                           | 4               | 21            | 3           |
| Guanábano del Limón     | 3      | 2                  | 3         | 5           | 3       | 3                           | 2               | 21            | 3           |
| La Estación             | 3      | 2                  | 2         | 4           | 3       | 4                           | 4               | 22            | 3           |
| Villa Henequén (Pontón) | 3      | 3                  | 1         | 1           | 3       | 4                           | 3               | 18            | 2           |
| El Abanico              | 2      | 3                  | 1         | 1           | 2       | 4                           | 3               | 16            | 2           |