

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

AGENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

INSTITUTO DE GEOFÍSICA Y ASTRONOMÍA

**RIESGO DE DESASTRES POR PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA
EN LLANURAS ATERRAZADAS COSTERAS. CASO DE ESTUDIO: NÚCLEO
URBANO DE MARIEL.**

Tesis presentada en opción al grado científico de

Doctor en Ciencias Geográficas.

Autor: Lic. Silvestre Elier Pacheco Moreno.

Tutor: Dr. Alberto E. García Rivero.

La Habana, 2009

AGRADECIMIENTOS

Es difícil poder relacionar todas las personas que han contribuido con este trabajo, pues podríamos empezar con mis padres, abuelos y maestros que me enseñaron mis primeras letras. No alcanzaría esta hoja para los amigos que me han apoyado en el que hacer diario los que pertenecen al Instituto de Geografía Tropical, el Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría” el Instituto Superior Pedagógico “Enrique José Varona”, el Instituto de Geofísica y Astronomía, y la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana para quienes emito mis sinceros reconocimientos.

En especial mis agradecimientos para el tutor el Dr. Alberto García Rivero, el Profesor Hilario Santana, el Dr. Orlando Novoa y el Dr. Orestes Valdés.

Para quienes expreso un profundo respeto y admiración por sus conocimientos en las oponentes realizadas: Dra. Mireya Pérez, Dr. Mario Rubio, Dr. Ricardo Seco y Dr. José L. Batista.

Para mi esposa Amparito, Raquel, mis hijas Eleana y Oriana, mi mamá y mis queridos yernos que siempre me han apoyado incondicionalmente, algo muy privado más allá del abrazo que no abarcan estas letras.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la Ciencia Cubana, al Ministerio de Educación Superior y en específico a la memoria de mi amiga la Dra. Bertha Elena González Rainal quien dedicó todos sus esfuerzos a los estudios de la Sismología en nuestro país.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
<i>Problema a resolver</i>	3
<i>Objeto de la investigación</i>	3
<i>Hipótesis</i>	3
<i>Objetivo General</i>	3
<i>Objetivos Específicos</i>	3
<i>Novedad científica, implementación en la práctica e impacto de los resultados</i>	4
<i>Estructura y volumen de la tesis</i>	5
Capítulo I. Fundamentos teóricos-metodológicos de la investigación	7
<i>I. 1. Bases conceptuales y posiciones teóricas acerca de los deslizamientos de tierra</i>	7
<i>1.1.1 La situación del tema a nivel internacional</i>	7
<i>1.1.2. La situación del tema en Cuba</i>	11
<i>I.2. Antecedentes.</i>	21
<i>I.3 Selección y justificación del estudio.</i>	22
<i>I.4. Bases metodológicas de la investigación.</i>	24
Capítulo II. El estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en las llanuras aterrazadas costeras. Caso de estudio en el núcleo urbano de Mariel.	27
<i>II.1. El diagnóstico exploratorio para el manejo del riesgo</i>	27
<i>II.1.1. Selección del área de la investigación</i>	27
<i>II.1.2. Análisis de los antecedentes</i>	28
<i>II.1.3. Aspectos físico-naturales</i>	30
<i>II.1.4. Aspectos socio-económicos.</i>	42
<i>II.1.5. Aspectos patrimoniales.</i>	45
<i>II.1.6. Principales factores que pueden influir en el aumento del peligro</i>	47
<i>II.2 El análisis de los factores que influyen en la susceptibilidad del medio físico a los deslizamientos de tierra.</i>	47
<i>II.3 El análisis del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres.</i>	56
<i>II.3.1. El análisis y la evaluación del peligro</i>	56
<i>II.3.2. El análisis y la evaluación de la vulnerabilidad</i>	62
<i>II.3.3. El análisis y la evaluación del riesgo de desastres</i>	63

II.3.4. Recomendaciones de medidas encaminadas a la prevención y mitigación de los efectos de los deslizamientos de tierra.	66
Capítulo III. "Propuestas de etapas para el estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en llanuras aterrazadas costeras"	70
III.1. Etapa no. 1.	71
III.2. Etapa no. 2.	72
III.3. Etapa no. 3.	79
III.4. Etapa no. 4	84
IV. Validación de los resultados obtenidos dado las afectaciones ocurridas el 25 y 26 de Octubre del 2007.	91
Conclusiones	95
Recomendaciones	99

SÍNTESIS

La tesis trata sobre el riesgo de desastres por peligros de deslizamientos de tierra en zonas de llanuras aterrazadas costeras. El objetivo general se dirige a obtener un estudio del análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres para el núcleo urbano de Mariel. En este sentido se ejecuta el diagnóstico exploratorio para el manejo del riesgo, se investiga la sinergia entre los elementos que propician la susceptibilidad del medio físico y se evalúa el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en el lugar. Como resultado se obtuvo el estudio de la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres donde por primera vez se aplicó la Alerta Temprana y se redujo el riesgo a escala local, además de validarse la propuesta de las etapas desarrolladas en la investigación para el tipo de caso. En la práctica se utilizaron los indicadores para la Alerta Temprana al peligro, escalas y mapas en función de la reducción de las vulnerabilidades por parte del Gobierno Local y la Defensa Civil donde se evacuaron con anticipación 259 personas sin pérdidas de vidas humanas, así como gran parte de sus pertenencias cuestión que responde al cumplimiento de la tarea asignada al CITMA en la Directiva no.1/2005.

Introducción.

El tema de los cambios climáticos y su impacto en la sociedad se ha convertido en tema de conversación cotidiana y preocupación de la población, además de constituir un espacio buscado en las noticias de los órganos de difusión masiva. Sin embargo ya desde la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro en el año 1992, se abordó esta compleja problemática de carácter global.

La divulgación para la concientización de la población al igual que la preparación para el enfrentamiento al peligro, se connotó como una tarea mundial de todos los países ricos y pobres, grandes o chicos, sin embargo, los resultados esperados no fueron los deseados producto de las diferencias de criterio y la poca madurez acerca del tema, lo cual constituye, hoy por hoy, una preocupación para aquellos que no atinan como reducir el riesgo.

La Alerta Temprana como vía preventiva para la reducción del riesgo, forma parte de la estrategia aprobada en el desarrollo de la reunión del Marco de Hyogo y constituye un reto especial para la ciencia en la implementación de nuevas líneas de investigación, con relación a los peligros naturales y la reducción de las vulnerabilidades en zonas urbanizadas y de desarrollo económico.

En este sentido, Cuba como ejemplo de la política preventiva, refuerza las líneas de trabajo en los estudios de riesgos hasta el nivel de municipios, consejos populares y manzanas cuestión que facilita el control para la protección de la población y la economía, lo cual se

vincula a la aplicación de la Directiva no. 1/2005 para la planificación, organización y preparación del país en situaciones de desastres (Castro, 2005). Vea el anexo 1.

El aumento de la frecuencia de los eventos hidrometeorológicos extremos en los últimos años en el Mar Caribe unido a la posición geográfica de nuestro archipiélago, ha traído consigo el aumento de los peligros de esa naturaleza ante los fuertes vientos, las intensas lluvias y las penetraciones del mar. De forma similar ocurre con los deslizamientos de tierras que en Cuba no se manifiestan con gran frecuencia como en otros países del mundo, aunque estos no se pueden descartar pues se conocen algunos sucesos de importancia tales como el ocurrido en San Antonio del Sur en la Región Oriental y el caso activo de Mariel en la Región Occidental.

Varios estudios se han realizado con diferentes modalidades, criterios y escalas acerca de los deslizamientos de tierra principalmente en las zonas montañosas del país, no siendo así para el caso de las llanuras, que constituye el relieve predominante en la isla y en específico en aquellas llanuras aterrazadas en zonas costeras donde encontramos asentamientos poblacionales y objetivos económicos.

Por ello, que se toma la problemática del núcleo urbano de Mariel como estudio de caso para la presente tesis, donde el autor ha dedicado más de 16 años de investigación continua a los procesos físico-geográficos que provocan el peligro en el lugar, presentado a su vez resultados positivos de forma secuente, sin embargo, el caso de gran complejidad en esta zona de llanuras costeras aterrazadas continúa activo e incrementa la historia de las

evacuaciones que ya suman hasta miles de personas y acumulados en pérdidas materiales que se estiman sobre los \$ 10'000,000.00 de pesos, lo que constituye un **problema** a resolver por: *La carencia de un estudio detallado del riesgo por deslizamientos de tierra en llanuras aterrazadas costeras que permita el análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en el caso del núcleo urbano de Mariel.*

Objeto de la investigación.

Comportamiento del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en el núcleo urbano de Mariel.

Partiendo de la **hipótesis** de que: *Es posible analizar y evaluar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en el núcleo urbano de Mariel si se conoce la sinergia entre los elementos que propician los procesos físico-geográficos que favorecen la susceptibilidad del medio físico a los deslizamientos de tierra.*

Así es que el **objetivo general** del trabajo sea: *Obtener el estudio del análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en el núcleo urbano de Mariel.*

De tal manera, que para dar cumplimiento al objetivo general se trazan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Revisar y analizar críticamente la bibliografía existente de la temática bajo estudio.
2. Sistematizar y ordenar los conocimientos y resultados obtenidos por el aspirante.

3. Investigar la sinergia entre los elementos que propician los procesos fisico-geograficos que favorecen la susceptibilidad del medio fisico al peligro.
4. Analizar y evaluar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en el núcleo urbano de Mariel.
5. Cartografiar las zonas peligrosas, las zonas vulnerables y las zonas de riesgos de desastres por deslizamientos para el sector afectado.
6. Elaborar un documento rector con la propuesta de las etapas para el estudio del riesgo por deslizamiento de tierra en llanuras aterrazadas costeras.

En correspondencia con los objetivos propuestos y los resultados alcanzados la **novedad científica** del tema se materializa en:

1. La obtención de un estudio del análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en llanuras aterrazadas costeras que hizo posible la Alerta Temprana al peligro y redujo el riesgo de desastres en el núcleo urbano de Mariel.
2. La validación por primera vez a escala local de las etapas propuestas para el estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en llanuras aterrazadas costeras.

En la práctica:

- ⇒ Se conoció la sinergia entre los elementos que propician los procesos fisico-geográficos al peligro, encontrándose que el factor alterador lo constituye el acumulado de lluvias

en el transcurso de un año siendo los condicionantes la litología, la configuración convexa del relieve, la posición de las fallas a los bordes escarpados y las acciones negativas acometidas por el hombre como: las inversiones sin estudios, la sismicidad inducida y el crecimiento de barrios informales, entre otros

- ⇒ Se establecieron y validaron los indicadores para la Humedad Límite Condicionada en el medio físico con relación a los deslizamientos de tierra
- ⇒ Se obtuvieron escalas para la evaluación de la susceptibilidad, la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres
- ⇒ Se implementaron los mapas de las zonas peligrosas, las zonas vulnerables y las zonas de riesgo por parte del Gobierno Local y la Defensa Civil en el enfrentamiento y la mitigación de los efectos de los deslizamientos siendo efectivo en la gestión del riesgo
- ⇒ Se aplicó la Alerta Temprana de acuerdo a la escala de la evaluación del peligro pudiéndose evacuar 259 personas sin pérdidas de vidas humanas y mayores daños materiales (26 de Octubre del 2007), con lo que se materializó el cumplimiento de la Directiva 1/2005 como tarea asignada al CITMA.

Estructura y volumen de la tesis.

La tesis consta de la siguiente estructura introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, bibliografía general, bibliografía del autor y anexos

En el Capítulo I “*Fundamentos teóricos-metodológicos de la investigación*” se abordan los aspectos teóricos-conceptuales con relación a las posiciones teóricas, los antecedentes, los métodos, procedimientos y técnicas, así como el diseño de la investigación.

El Capítulo II “*El estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en el núcleo urbano de Mariel* “ trata del diagnóstico exploratorio para el manejo del riesgo donde se caracterizan los aspectos físicos-naturales, socio-económicos y patrimoniales, se investiga la sinergia entre los elementos que influyen en la susceptibilidad del medio físico y se analiza y evalúa el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres, además de cartografiarse las zonas peligrosas, vulnerables y de riesgos y proponerse una serie de medidas encaminadas a la prevención y mitigación de los efectos.

El Capítulo III “*Propuestas de etapas para el estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en llanuras aterrazadas costeras*” constituye un documento elaborado que se compone de cuatro etapas de trabajo que se sustenta sobre la base de la experiencia del autor durante más de 17 años en la investigación del Caso Mariel. En este se explican los aspectos fundamentales para desarrollar el estudio detallado y secuencial del análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres a escala local.

**CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DE LA
INVESTIGACIÓN.**

Capítulo I. Fundamentos teóricos-metodológicos de la investigación.

I.1. Bases conceptuales y posiciones teóricas acerca de los deslizamientos de tierra.

En este capítulo se analiza críticamente la bibliografía existente de la temática bajo estudio y se trata cronológicamente el desarrollo del concepto deslizamiento de tierra como término más generalizado de los movimientos de masas. Además de analizarse y adoptarse los conceptos vigentes con relación al peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres los que se utilizan en el país por el Grupo de Estudios de Desastres (GREDES) del Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”, la Agencia del Medio Ambiente (AMA) y el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC) (vea anexo 2), estos se compatibilizan con los aprobados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2004) y la Secretaria de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) en Kobe-Hyogo, Japón (vea anexo 3). Por otra parte se consultan estudios y metodologías que se destacan por sus resultados tanto en el mundo como en Cuba lo que argumenta con más solidez la actualización del asunto.

I.1.1. La situación del tema a nivel internacional.

Los movimientos de masas de tierra también llamados remoción de masas ó generalizados popularmente como deslizamientos de tierra han sido objeto de estudio por diferentes investigadores durante muchos años. Tal es así, que ya a principios del siglo XX, se distingue el geógrafo William Morris Davis con varios estudios acerca de los cambios en la

geomorfología del paisaje donde destaca lo predecible y lo cíclico, además de demostrar los procesos de juventud, madurez y vejez lo cual se reconoce como el llamado Ciclo de Davis.

Pasado el tiempo, con el desarrollo de la ciencia, la minería y la urbanización surgen un sin número de criterios con relación al tema, donde ocupan un espacio inevitable los movimientos de masas de tierra. De esto se dice que la ocurrencia de los deslizamientos se produce por la caída libre o movimientos descendentes de una masa seca de tierra o roca (Sharpe, 1938). También se plantea la existencia de varios tipos de movimientos, destacándose los reptamientos que se caracterizan como movimientos superficiales del suelo que se producen por la mantención de la humedad y la temperatura en las diferentes estaciones del año (Varnes, 1958). Por otra parte se explica que los movimientos de masas de tierra se manifiestan en cualquier talud apareciendo inicialmente en partes aisladas y transcurrido el tiempo abarcan gran parte del mismo (Aronstam, 1970), sin embargo, se especifica al deslizamiento como el movimiento que se produce gravitacionalmente hacia el exterior de la ladera y descendente de tierra o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte (Crozier, 1986).

El tema de los deslizamientos de tierra es bastante complejo, pues los mismos no se manifiestan de la misma forma en cuanto a alturas y latitudes geográficas, quizás esa haya sido una de las causas por las cuales todavía en la década del 80 no existía una unificación de criterios y una clasificación entre los investigadores más destacados, sin la cual se hace difícil el tratamiento del conocimiento del peligro. Sin embargo, años más tarde se logran avances con otras concepciones y se profundizan nuevos estudios enfocados a este peligro

donde se expone que el mismo se produce por la acción simultánea de una serie de factores tanto internos como externos (Ferrer, 1987), aunque después se ejecutan estudios en zonas montañosas de España, donde se explica la relación entre las roturas de los taludes y la influencia de los grandes umbrales de lluvias caídas en 24 horas (Romana, 1992). No obstante, en Cuba también se plantea la ocurrencia de deslizamientos en zonas de llanuras aterrazadas costeras donde se implementan indicadores y se ejecutan monitoreos para probar la intensidad de los movimientos con relación a los acumulados de lluvias anuales (Pacheco, 1994). Por otra parte, en Washington, Estados Unidos, se unifican criterios y se definen los tipos de movimientos con una clasificación aplicable a nivel internacional (Cruden y Varnes, 1996). Vea el cuadro en el anexo 4. De forma extensiva se incrementan otros estudios en España donde se obtienen más resultados acerca de la estrecha relación entre el desencadenamiento de los deslizamientos superficiales y la reactivación de grandes deslizamientos con la caída de grandes umbrales de lluvias antes de la ocurrencia (Corominas y Moya, 1999).

La realidad demuestra que entre la década del 80 y finales del siglo XX el tema ha evolucionado de forma efectiva fundamentándose con la obtención de una clasificación para los tipos de movimientos y el reconocimiento de la lluvia como elemento causal en la ocurrencia de los deslizamientos, pero se estima que aún no se argumenta lo suficiente acerca de los procesos que provocan los mismos, cuestión que es una tarea a solucionar paralelamente al surgimiento y la implementación de nuevas técnicas de trabajo y herramientas para el estudio del peligro donde se destaca el uso del Sistema de información

Geográfica y el análisis de imágenes satelitales lo que ocupa un gran espacio en las investigaciones de muchos especialistas en la actualidad.

El Sistema de Información Geográfica resulta un gran aporte para el desarrollo de la ciencia, sólo que no se debe realizar un uso indiscriminado del mismo y obviar la secuencia de trabajos necesarios en los levantamientos de campo y el monitoreo que ofrece el detalle sustancial para el tratamiento del riesgo. Sobre esto destacamos el incremento de las investigaciones en el territorio de la cuenca del Río San Juan, en la República Dominicana, donde se plantea una metodología sobre la base de métodos determinísticos e indirectos con el uso del Sistema de Información Geográfica (Van, 2000). Entre algunos resultados se obtienen simulaciones del peligro para las zonas de alto riesgo de las comunidades objeto de estudio, además de los mapas del lugar, sin embargo, después del análisis realizado resulta de interés que para un estudio de tanto detalle se exprese el contenido y la cartografía de forma general, lo cual no se considera factible para el tratamiento secuencial del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo.

Otros autores enfocan sus trabajos para demostrar la influencia de los factores antrópicos en el acondicionamiento del medio físico a los deslizamientos, donde se ponen como ejemplos el inapropiado uso del suelo agrícola en las zonas montañosas y el acelerado crecimiento de zonas urbanas e industriales sin planificación. Sobre este aspecto se realizó un grupo de estudios locales en la Región del Cusco, en Perú, donde se plantea que muchas de las ocurrencias de deslizamientos de tierra en forma de colada tienen una estrecha relación con espejos de aguas artificiales creados para uso del suelo agrícola en la cima de las elevaciones

los que se alimentan del derretimiento de los glaciales de montañas por cambios de temperatura y de las lluvias en diferentes épocas del año (Palza, 2003). También en estudios desarrollados en Vargas, Venezuela se especifica que los grandes desastres provocados por los deslizamientos de tierra en el litoral costero de ese lugar se deben al crecimiento informal de viviendas en zonas de alto riesgo vinculado a los grandes umbrales de lluvias (De Lisio, 2000). Aunque en otros trabajos desarrollados en Vila de Mello, Brasil se explica que las pérdidas ocasionadas por los desastres se vinculan al desordenado crecimiento de favelas como consecuencia de la lenta gestión del planeamiento urbano y la poca percepción del riesgo ante las escorrenterías (Barbosa, 2006).

En síntesis en el análisis realizado los autores exponen de forma positiva algunos aspectos que favorecen los deslizamientos de tierra y reconocen a las lluvias como elemento causal, sin embargo, esto no constituye el centro del tema, más bien se concentran en la vulnerabilidad social, por tal motivo se considera un trabajo parcial, para lo cual se sugiere un estudio secuente a partir de la susceptibilidad del medio físico, al peligro y después a la vulnerabilidad y el riesgo.

I.1.2. La situación del tema en Cuba.

En Cuba, el estudio de los deslizamientos de tierra no se ha desarrollado con amplitud, verdaderamente se inicia un control de los mismos cuando surge el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil que en sus funciones de aglutinar instituciones para salvaguardar a la

población y sus bienes, estimuló esta tarea investigativa, aspecto que ha sido tomado con fuerza por universidades, institutos científicos y otras entidades.

El tema ha sido abordado por pocos investigadores, iniciándose el mismo entre las décadas de los 60 y 70, donde se hicieron algunos estudios preliminares en funciones de respuestas a la Defensa Civil y los Poderes Populares, por tal motivo de forma muy somera, aparecen informes de visitas y no estudios verdaderamente completos, más bien la actividad investigativa comienza a partir de la década del 80, y se conoce con efectividad a partir del año 1992, cuando se realiza en Cuba, el III Congreso Internacional para la Reducción de Desastres.

Entre los primeros informes sobre los deslizamientos de tierra en Cuba, se encuentra el relacionado con el ocurrido en la escalinata de la Academia Naval en Mariel, donde se plantea que el mismo se produce por la influencia de las intensas lluvias provocadas por organismos meteorológicos vinculados a procesos relacionados con la geología, la erosión y la deforestación (Cañas, Formell y de Albear, 1968). En ese mismo lugar, pasado el tiempo y la continuidad de los deslizamientos, se realizaron otros estudios donde se define que la causa de los mismos se debe a las intensas lluvias vinculadas a procesos naturales relacionados con la geología y la geomorfología del lugar (Getchov y Genov, 1970; Formell y de Arbear, 1979; Díaz, Pérez, Serrano, Fernández y de Albear, 1982). Otros informes que se emitieron por el Grupo de Operaciones de la Defensa Civil destacan que los deslizamientos de tierra en Mariel, se producen por la arcilla y concuerdan con los períodos muy lluviosos (Lewis y Pacheco, 1984). También se realizaron estudios de servicios

geotécnicos con ejecución de calas y mediciones para la restauración del talud de la Academia Naval donde se define una compleja litología arcillosa muy saturada dado el incremento del manto freático (Moya, 1984).

Todos estos estudios expuestos constituyen una fuente primaria de información muy valiosa pues dan a conocer que las lluvias son las causas que provocan los deslizamientos en este lugar y a su vez destacan otros aspectos dentro de medio geográfico como la litología y las características del relieve que se vinculan a los procesos, sin embargo, no se conciben como estudios de riesgo.

Un año después se hacen extensivos los estudios ingeniero-geológicos en el país, siendo el Instituto de Geología y Paleontología el rector de esta actividad, donde se obtuvieron resultados que demuestran que en los macizos con características semirrocosos-plásticos y plásticos-arenosos con taludes suaves se pueden producir deslizamientos de tierra si son mal cortados (Iturralde-Vinent, 1985), pero que “..... para que ocurra deslizamiento alguno basta que las fuerzas de cohesión a lo largo de las superficies fracturadas sufran un colapso y no puedan soportar el peso del volumen de las rocas que la soportan, que generalmente esto ocurre cuando las aguas vadasas y freáticas alteran las propiedades físicas de las rocas” (Iturralde-Vinent, 1991). También se plantea que en las zonas premontañosas y montañosas de la Región Oriental del país ocurren estos eventos de manifestación súbita siempre que exista determinada masa de rocas con una escarpa libre hacia la que pueda liberarse la energía del campo gravitacional, explicándose que para que esto suceda tiene que mediar una etapa relativamente prolongada denominada de preparación, donde son determinantes

las condiciones hidrogeológicas y geomorfológicas y otra etapa corta llamada colapsiva. (Magaz, Hernández, Díaz, Venéreo, Pérez, et al., 1991).

En los ejemplos presentados se explican con solidez las causas que originan los deslizamientos de tierra, además de las firmes posiciones tomadas por los autores con relación a que todo proceso físico-geográfico posee períodos preparatorios y colapsivos, demostrando una alta capacidad en el análisis de los procesos naturales; pero a pesar del peso de los planteamientos todavía, hasta ese momento, se carece del tratamiento integral del peligro como primera fase de los estudios de riesgo.

Otros esfuerzos se realizan con el incremento de los estudios en zonas de llanuras aterrazadas costeras en el núcleo urbano de Mariel donde ocurren deslizamientos de tierra, definidos como peligros de manifestación progresiva dado su lentitud y se atribuyen a la baja altura y a los acumulados de lluvias como elemento causal, además de otros factores condicionados que se estudiaron en el terreno como la litología, la geomorfología y las fallas, así como las acciones negativas del hombre (Pacheco y Lewis, 1992; 1996; 1998). No obstante, aun quedan aspectos por integrar en los estudios de base para lograr un verdadero inicio del estudio del peligro.

También se desarrollan investigaciones dirigidas al manejo de las amenazas geológicas en zonas montañosas de Oriente, donde se aplican técnicas de análisis de imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica, ejecutándose una cartografía al respecto, además de obtenerse la información de las áreas propensas a deslizamientos de tierra (Castellanos,

Carrillo, Díaz, Pérez, y García, 1998b). Por otra parte, se realiza un estudio y se aplica una metodología para la predicción de escenarios favorables a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Caujerí en la Región Oriental de Cuba, utilizándose una base de datos expectrométricos aéreos de la distribución espacial de los radioelementos naturales, siendo procesado a través del Sistema de Información Geográfica (Chang, Suárez, Castellano, Núñez y Moreira, 2003).

La utilización de imágenes satelitales, el Sistema de Información Geográfica y las técnicas geofísicas constituyen un aporte en la interpretación del relieve, así como en la obtención de mapas para identificar áreas propensas a los deslizamientos. No obstante, el primer caso se valora como un trabajo de carácter regional que puede ser utilizado para la identificación de amenazas, no siendo posible totalmente para el manejo de las mismas sin conocer las características en detalle de cada una de ellas. Para el segundo caso (Chang, Suárez, Castellano, Núñez y Moreira, 2003), la conceptualización del riesgo no se compatibiliza con la función del estudio, pero tampoco el estudio se concreta al tratamiento del riesgo, más bien se dirige a conocer los procesos naturales que favorecen la susceptibilidad del lugar, sugiriéndose que sea reordenado tan importante estudio.

Constantemente se profundiza en el estudio del Caso de Mariel y se explica la continuidad de los deslizamientos hasta el puerto y parte del núcleo urbano cuyas causas se atribuyen a los acumulados de lluvias anuales y procesos hidrogeológicos complejos vinculados a las formas convexas de los escarpes más las acciones acometidas por el hombre sin previos estudios, (Pacheco, 2003). Después se define que la susceptibilidad del medio físico está

dada por los acumulados de lluvias anuales como elemento alterador y otros factores condicionantes delimitándose las áreas vulnerables en la zona urbanizada (Pacheco, 2004). Esto constituye el fundamento preliminar en el estudio del peligro y aunque se identifican las zonas afectadas, el autor considera que todavía no se ha desarrollado un trabajo concreto hacia el riesgo de desastres.

La investigación con el título de Riesgos Geólogo-Geofísicos y Tecnológicos inducidos se desarrolla en la zona montañosa de Guamuhaya donde se aplica una metodología y se identifican zonas de amenazas múltiples por intensas lluvias, deslizamientos, inundaciones y sismos con el objetivo de reducir el riesgo en asentamientos humanos (Cuevas, Polo, Pedroso, Fundora, Díaz, et al., (2005a, 2007). Esto posee una gran importancia para el Programa de Montaña en el país y se logran resultados efectivos, pero los mismos poseen un contenido general y una cartografía de carácter regional.

Otros estudios se concretan a pronosticar problemas de taludes en lugares específicos donde se han efectuado cortes en carreteras o sectores urbanizados. Es así que se determina la adopción de varios criterios como la anisotropía del medio, la acción de carga sobre el macizo, el análisis del ángulo de las pendientes y los materiales que conforman el macizo (Rocamora, 2004). Se especifica que en estos lugares los deslizamientos rotacionales se favorecen por la posición del buzamiento de los estratos con relación al corte, la inclinación de la laderas y las intercalaciones de capas de lutitas entre capas gruesas de calizas (Paz, 2005). En este caso autores se concretan a problemas puntuales en taludes, utilizando software para pronósticos de restauración, aunque se considera que faltan elementos para

completar un buen análisis al que se propone agregar las formas geométricas del relieve y la posición de las fallas con relación a los escarpes, que son elementos que también influyen en los procesos. Se aclara que ambos casos no constituyen un estudio de riesgo de desastres.

La elaboración del mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra en la República de Cuba, se confeccionó a una escala regional (1; 250 000). Este se elaboró sobre la base de diferentes parámetros, entre los que se encuentran: el relieve, la composición de las rocas, la tectónica, el antropismo y régimen de precipitaciones (Febles y Rodríguez, 2005). Se considera que el mapa presentado no se adapta para el estudio de susceptibilidad del terreno pues es muy general.

La evaluación de la susceptibilidad del medio físico en un lugar como antesala del análisis del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo requieren de trabajos detallados a través de levantamientos y monitoreos. Es así, que se desarrolló un proyecto para profundizar el estudio de los deslizamientos sobre la base de las investigaciones realizadas (Pacheco, 2003, 2004; Pacheco, Lewis y Palza, 2006) en el núcleo urbano del Mariel donde se confirman los resultados anteriores del autor acerca de los deslizamientos de manifestación progresiva, además de continuar con el análisis del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres, lo que permitió emitir la Alerta Temprana, la reducción de las vulnerabilidades y el riesgo específico para el lugar quedando validado el estudio para ese lugar. No obstante, el autor determina que aún faltan algunas tareas para ejemplificar el modelo de trabajo ejecutado.

De otra manera se realizan estudios en la zona del Valle de Caujerí en la zona montañosa de Cuba Oriental donde se implementa una metodología para la evaluación espacial del riesgo por deslizamientos, usando técnicas de evaluación espacial y multicriterio sobre la base de un Sistema de Información Geográfico donde se obtienen mapas desde 1: 1000,000 a nivel nacional hasta 1: 25 000 a escala local (Castellano, 2008). Este ejemplo, de reciente estudio en nuestro país, constituye un aporte donde se han implementado técnicas modernas sobre la base del Sistema de Información Geográfica, sin embargo, es atrayente que siguiendo un trabajo ordenado de multiescalas desde nivel nacional hasta nivel local, no se llegó a una escala detallada (por ejemplo: 1:5000, 1:2000) como se requiere en el tratamiento del análisis del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo, lo cual se considera importante para la operatividad en la Alerta Temprana y la Reducción del Riesgo.

El tratamiento del riesgo en sentido general es relativamente joven y se hace conocer a nivel internacional a través de la Comisión de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura (UNESCO) en el año 1993.

El riesgo (R) se estima en función del análisis del Peligro (P) y el análisis de Vulnerabilidad (V) teniendo presente la siguiente relación probabilística para expresarlo: $R = P \times V$. No obstante, no es una relación matemática simple, sino que requiere de un estudio analítico de detalle en función del espacio geográfico donde ocurren los procesos del fenómeno que conllevan al peligro. Por ello, los estudios detallados del medio físico juegan un papel determinante en esta tarea, no desde el punto de vista Regional o particular de una

especialidad, sino desde el punto de vista geosinérgico, donde se integran todos los elementos del medio físico y se investiga la correlación que existe entre los mismos.

Las terminologías adoptadas (vea el anexo 2) para el tratamiento del riesgo de desastres en esta tesis, se usan en el país por el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil y el CITMA en función de la Directiva no.1/2005 (Castro, 2005), y se derivan de la unificación de criterios de los especialistas cubanos en las diferentes ramas de la ciencia, los que contribuyen con sus conocimientos a la creación de líneas de trabajo sobre la base de las experiencias vividas en la prevención, el enfrentamiento y la mitigación ante los desastres. Cabe destacar que el contenido del análisis del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo en Cuba no discrepa conceptualmente en nada sustancial de los utilizados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2004) y la Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) divulgados en Kobe-Hyogo, Japón en el año 2005 (vea el anexo 3).

De forma explícita el análisis del peligro de desastre es un proceso para estimar la probabilidad de que se produzca en un tiempo y en un lugar determinado, con cierta magnitud fenómenos potencialmente destructivos, con un grado de severidad capaz de crear una situación de desastre, lo que incluye el estudio del lugar como primer paso, donde se deben brindar resultados específicos del peligro que posibiliten abordar eficazmente el análisis de la vulnerabilidad (EMNDC, 2002). Por otra parte en el análisis de vulnerabilidad se aplica la técnica sobre la base del estudio de la situación físico-geográfica, biológica, socioeconómica y patrimonial de un lugar, para detectar la sensibilidad del mismo ante el

impacto de un fenómeno destructivo (EMNDC, 2002). Además del análisis de riesgos de desastres que constituye el proceso científicamente fundamentado para calcular (estimar) el riesgo mediante el empleo de métodos y técnicas apropiadas basadas en análisis probabilístico y una estadística confiable que garanticen un resultado eficazmente cuantificado en relación al objeto de análisis. Este debe arrojar un modelo con el resultado predictivo acerca de las pérdidas y daños para el objeto respecto al cual se realizó anteriormente el análisis de peligro y de la vulnerabilidad, aunque constituye un todo, el análisis del peligro, el análisis de la vulnerabilidad y el análisis integrado del riesgo (EMNDC, 2002).

De forma conclusiva se ha podido apreciar que:

El estudio de los deslizamientos de tierra ha evolucionado lentamente a nivel internacional y nacional y aún no se ha alcanzado totalmente el análisis secuencial y detallado del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres.

Entre los estudios desarrollados en el país, se destacan por su rigor científico los desarrollados en las zonas premontañas de la zona sur oriental de Cuba (Magaz, Hernández, Díaz, Venéreo, Pérez et al., 1991; Iturralde-Vinent, 1991), sin embargo, no se realiza el análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgos de desastres, ni tampoco se abordan las llanuras, lo que fue sugerido por los propios autores.

Las metodologías elaboradas para los estudios del riesgo por deslizamientos de tierra en Cuba, no se encuentran validadas en la aplicación de la Alerta Temprana y la reducción del

riesgo, ni tampoco existe un documento rector que argumente las etapas para el desarrollo de la investigación secuencial y detallada en el análisis y la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en llanuras aterrazadas costeras.

I.2. Antecedentes.

La historia de los deslizamientos de tierra en el municipio de Mariel que se ha elaborado por el autor se mantiene vigente en nuestros días. El primer suceso se registra a principios del siglo XX, en el año 1910, después de un año muy lluvioso y el posterior paso del ciclón de los Cinco Días.

Años más tarde (1967-1972) se inició un deslizamiento al pie de la escalinata de la Academia Naval coincidiendo con el paso del huracán Gladis que provocó sucesos desbastadores como: ascensos y descensos de pavimentos, corrimientos en viviendas y apertura de grietas. Vea las figuras 1 y 2, (fotografías tomadas por Lewis, 1968).



Figura. 1. Ascenso de pavimentos.
(Fuente: Lewis, 1968).

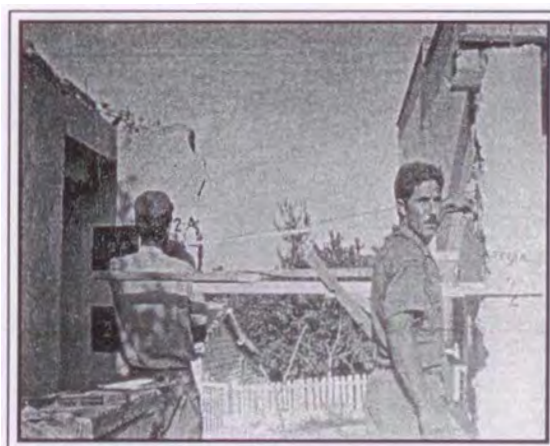


Figura. 2. Corrimientos de habitaciones.
(Fuente: Lewis, 1968).

En el período 1977-1984 se activaron los movimientos como consecuencia del curso de años muy lluviosos provocando afectaciones en la base de transporte y los barrios Las Delicias, Cocosolo y la Vigía llegándose a evacuar hasta 1200 habitantes con pérdidas mayores a 200 viviendas. Además de ocasionarse derrumbes, avances de grandes volúmenes de tierra y caídas de postes eléctricos y telefónicos. Después en el año 1997 sucedieron derrumbes en la parte superior de la Academia Naval además de aparecer grietas en los espigones del puerto.

Posteriormente en el año 2005 se activaron dos deslizamientos con dirección al sector urbano los que provocaron la inestabilidad del tanque del acueducto y la rotura de las conductoras principales. Los mismos se mantuvieron lentamente activos hasta el año 2007 hasta que dado el incremento de las lluvias se manifestaron de forma severa ocasionando la evacuación de 259 personas, la destrucción de 79 viviendas con otros daños de envergadura.

I.3 Selección y justificación del estudio.

El municipio Mariel se ubica en la Región Occidental de Cuba, en la costa norte de la Provincia de La Habana y la zona más arqueada y estrecha del país. Este posee una extensión físico-espacial de 270,88 km² y limita al:

- ⇒ Norte: Estrecho de la Florida
- ⇒ Este: Municipio de Caimito
- ⇒ Sur: Municipio de Guanajay y el Municipio de Artemisa
- ⇒ Oeste: Municipio de Bahía Honda. Provincia de Pinar del Río.

Observe las figuras 3 y 4.

ESQUEMA DE LA UBICACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO MARIEL



Figura 3. Esquema de Ubicación Geográfica del Municipio de Mariel. (Fuente: elaborado por el autor).

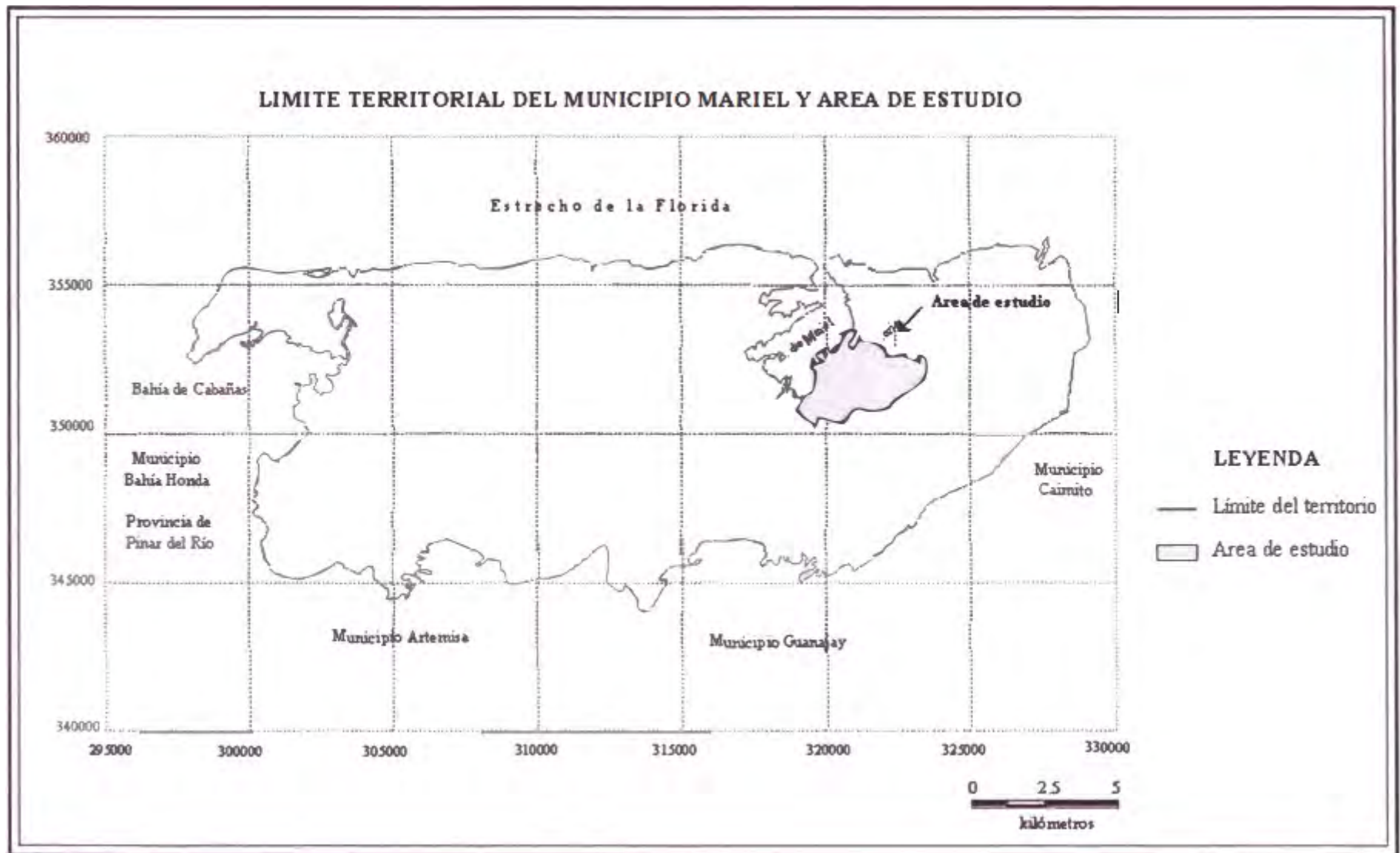


Figura 4. Mapa del límite territorial del municipio Mariel y el área de estudio. (Fuente: a partir de hojas topográficas, GeoCuba, 1997, elaborado por el autor).

El área de estudio que se señala en la figura 4, tiene una extensión superficial de 7,5 km² y ocupa un espacio mayor al lugar escarpado donde se producen los deslizamientos de tierra. La misma se selecciona producto de sus antecedentes donde los deslizamientos han ocasionado severas situaciones provocando la evacuación de miles de personas en diferentes momentos en los últimos 40 años.

La degradación del patrimonio en el núcleo urbano de Mariel se ha hecho evidente dado las pérdidas totales y parciales de zonas urbanizadas en las cuales también se encuentran infraestructuras de gran volumen (tanque del acueducto) y sistemas de redes funcionales para el servicio de agua potable, la electricidad y la telefonía. Además se han deteriorado progresivamente la Academia Naval, la Terminal de Ómnibus Urbanos y la Empresa de Servicios Portuarios siendo esta última la más dañada donde se observan, hundimientos en el piso del almacén principal, voladizos y derrumbes en los atraques.

En la actualidad no ha cesado la dinámica de los movimientos y el área afectada se expande lentamente como consecuencia del radio de acción de tres deslizamientos activos, además de uno en fase preparatoria en la parte superior de la antigua Academia Naval. También se encuentran otros peligros asociados como rocas sueltas de gran tonelaje y el tanque del acueducto municipal que bascula sobre el asentamiento de un deslizamiento antiguo. En el espacio geográfico donde se producen los procesos del fenómeno, se localizan un total de 19 manzanas con una población de 2182 habitantes y 501 viviendas, además de tres empresas estatales. Observe las figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

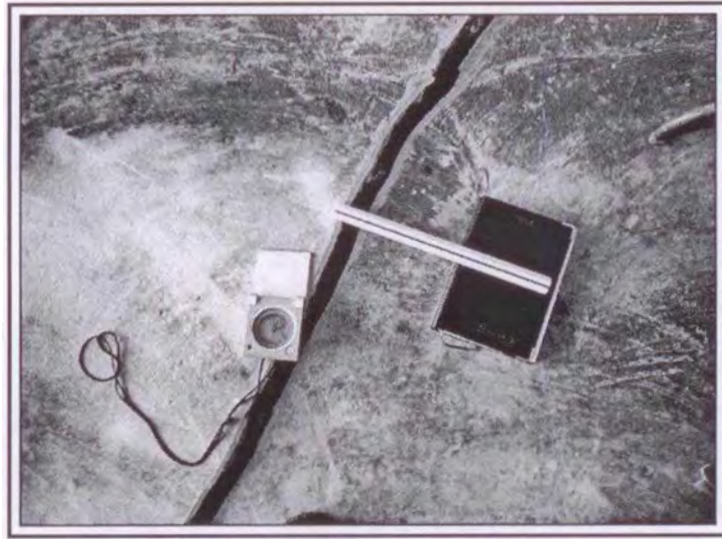


Figura 5. Grieta en el piso de la vivienda.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 6. Separaciones de tuberías de hierro.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 7. Basculamiento del tanque.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 8. Formación de voladizos.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 9. Derrumbes en los atraques.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 10. Área afectada en el núcleo urbano. (Fuente: a partir de la imagen satelital, 2008, indicado por el autor).

Desde el punto de vista científico no ha sido resuelto el problema en el lugar, el cual se presenta con procesos físico-geográficos complejos, por esta razón constituye un estudio que requiere de atención por ubicarse en zonas de llanuras aterrazadas costeras, donde generalmente en nuestro país se desarrollan asentamientos humanos e inversiones con objetivos económicos y turísticos, pero aún más la tarea se prioriza para reducir el riesgo a pérdidas de vidas humanas y materiales cuestión que constituye un aspecto asignado al Ministerio de la Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la Directiva no.1/2005 (Castro, 2005). Las pérdidas y daños acumulados en los últimos 40 años por los deslizamientos de tierra en el núcleo urbano de Mariel se estiman como mínimo en \$ 10'000,000.00 de pesos.

I.4. Bases metodológicas de la investigación.

Para el desarrollo de la investigación se confeccionó un diseño en el cual proceden diferentes niveles de trabajo. Observe la figura 11.

En este sentido, después de definido y fundamentado el tema de estudio y planteado el problema, la hipótesis y los objetivos propuestos se procedió al estudio y selección de los materiales de trabajo como: documentos bibliográficos (estudios, metodologías, artículos, informes de servicios geotécnicos), estadísticos (control de lluvias e inventarios) y cartográficos (mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales).

En la primera etapa (teórico-conceptual) donde se recopilan y seleccionan las ideas del conocimiento empírico no sistematizado, donde se ejecutan entrevistas y conversatorios y se

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

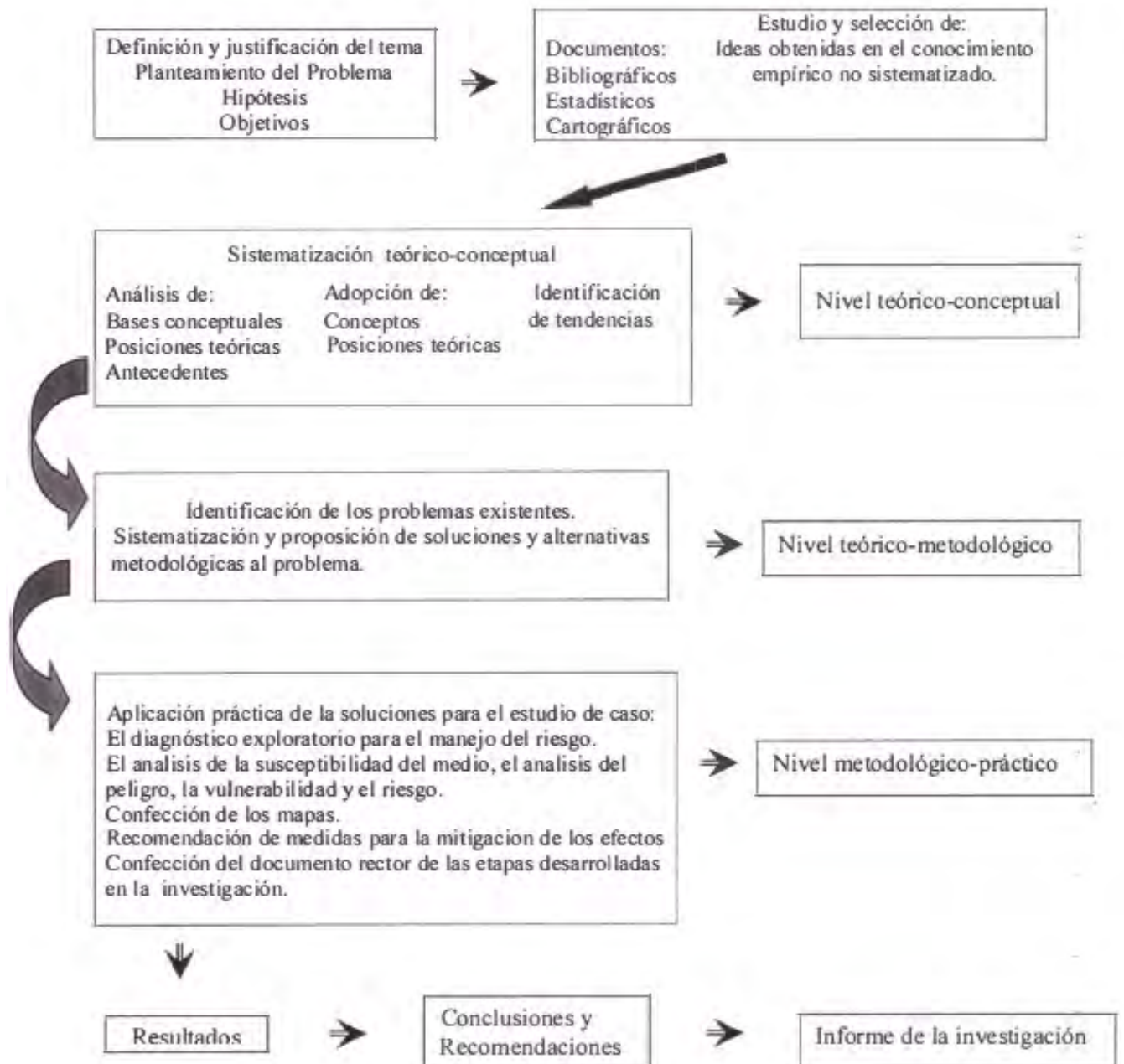


Figura 11. Diseño de la investigación. (Fuente: elaborado por el autor).

toman ideas que se concilian con las reconocidas y de acuerdo a su importancia se sistematizan. Además de analizarse conceptos y posiciones teóricas de diferentes autores, así como los antecedentes en el lugar, donde se adoptan los aspectos compatibles para el tratamiento del caso.

En la segunda etapa (teórico-metodológica) se puntualizan los problemas existentes y se planifica el estudio para el caso estableciéndose la relación entre los problemas identificados y las posibles soluciones y alternativas que se puedan aportar para el desarrollo de la investigación.

La tercera etapa (metodológico-práctica) comprende el desarrollo de la investigación donde se ejecuta el diagnóstico exploratorio para el manejo del riesgo, el análisis de los factores que influyen en la susceptibilidad del medio físico, y el estudio insito del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra. Finalmente se elaboran las conclusiones, las recomendaciones y se redacta el informe escrito.

En la presente investigación se emplea el método científico como método general, el cual se materializa con el uso de métodos específicos, procedimientos y técnicas según se desarrollan los diferentes niveles de la investigación que abarcan desde el nivel teórico-conceptual hasta el práctico. Entre los métodos utilizados encontramos los métodos empíricos y los estadísticos, además de otros del grupo de los teóricos. El método empírico se utilizó para describir la realidad de los hechos ocurridos en el lugar en diferentes

momentos y recopilar datos lo cual permite establecer generalizaciones empíricas. Algunas técnicas aplicadas fueron la observación, la entrevista y las tormentas de ideas.

El método estadístico se aplicó para procesar los datos empíricos obtenidos, además de mantenerse durante el desarrollo de la investigación en el control cuantitativo de las variables climáticas y monitoreos entre otros aspectos. Otros como los métodos teóricos (observación, el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción el hipotético-deductivo, el análisis histórico-lógico, el tránsito de lo abstracto a lo concreto, el sistémico y la modelación) se emplearon en el estudio y análisis de conceptos y posiciones así como en la construcción y desarrollo de los aspectos teóricos y para explicar los procesos, relaciones y cualidades de los fenómenos.

En la parte metodológico-práctica se aplicaron diferentes técnicas de trabajo, entre ellas levantamientos topográficos, inventarios y monitoreos de fracturas, siendo empleados entre otros los métodos matemáticos, de medición, de comparación, cartográficos, clasificación y evaluación, lo cual permitió cumplir con los objetivos de trabajo.

**CAPITULO II. EL ESTUDIO DEL RIESGO DE DESASTRES POR
DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN EL NÚCLEO URBANO DE MARIEL.**

Capítulo II. El estudio del riesgo de desastres por deslizamientos de tierra en las llanuras aterrazadas costeras. Caso de estudio en el núcleo urbano de Mariel.

II. 1. El diagnóstico exploratorio para el manejo del riesgo de desastres.

El diagnóstico se ejecutó de forma exploratoria de acuerdo a los objetivos propuestos en la investigación. El mismo cumplió funciones explicativas y aplicativas relacionadas con los aspectos físico-naturales, socio-económicos y patrimoniales de la situación del lugar facilitando el conocimiento de los elementos naturales condicionados y el antropismo desarrollado durante años.

Por otra parte se identificaron aquellos factores que se pueden asociar al peligro, además de otros que se encuentran en riesgo o que pueden ser utilizados para el manejo y la gestión en momentos determinados.

II.1.1 Selección del área de la investigación.

El polígono de estudio se ubica al Este del territorio del Mariel y tiene un área de 7,50 km² que es mayor con relación a la zona escarpada donde ocurren los deslizamientos, lo que se justifica con el objetivo de obtener una visión integral del lugar. A continuación se presenta el área seleccionada y la descripción de la trayectoria de la misma. Vea la figura 12 y la tabla 1.

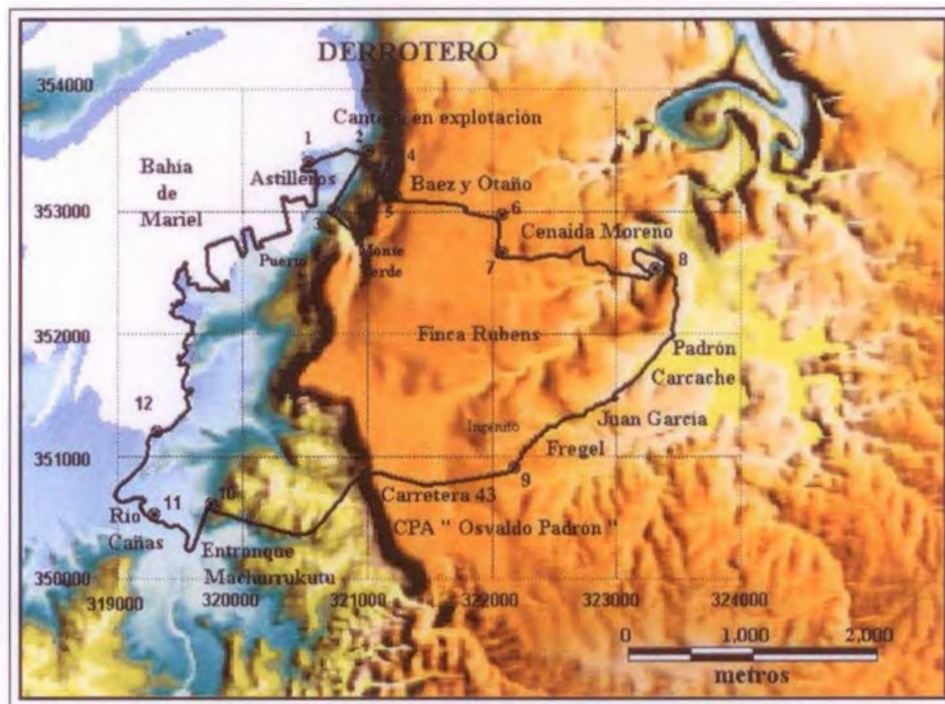


Figura 12. Area seleccionada y trayectoria del derrotero (Fuente: a partir de la fotointerpretación adecuado por el autor).

Tabla 1. Coordenadas de la trayectoria del derrotero (Fuente: elaborada por el autor).

No.	Coordenada X	Coordenada Y
1	320 500	353 500
2	320 900	353 360
3	320 720	353 050
4	321 200	353 500
5	321 250	353 150
6	322 130	353 000
7	322 100	352 665
8	323 330	352 570
9	323 250	350 500
10	319 720	350 650
11	319 570	350 300
12	319 250	351 250

El derrotero se inicia en Cayo Lenin y límite con la bahía (*Pto.-1*) donde se toma la calle principal hasta interceptar la carretera Boca-Mariel (*Pto.-2*). Esta carretera se mantiene con dirección a Mariel por su margen izquierdo pasando frente a la cantera en explotación hasta el término del cercado y un trillo (*Pto.-3*). Continúa por el trillo paralelo al núcleo forestal de Monte Verde hasta la cima de la elevación donde se encuentra un terraplén (*Pto.- 4*) que llega hasta la finca Rodríguez-Pacheco (*Pto.-5*), donde se mantiene la trayectoria utilizando de guía la línea de cercado hasta llegar a las propiedades Báez-Otago y Zenaida Moreno (*Pto.-6*). A partir de esta posición se gira hacia el Sur hasta encontrar una primera flexión (*Pto.-7*) que indica el camino hacia la presa Mosquitos (*Pto.-8*). Situado en el borde de la presa se avanza paralelo a la franja forestal de la misma quedando a la derecha en orden las fincas Padrón, Carcache, Juan García y Ernesto Fregel con salida a la carretera 43, (*Pto.-9*) que continúa hasta el entronque de Machurrukutu (*Pto.-10*). Situado en el entronque se adelantan 60,00 metros hacia Guanajay hasta el puente del Matadero por donde pasa el Río Cañas (*Pto.-11*). Posteriormente se sigue la trayectoria del cause del río hasta la Bahía (*Pto.-12*) y en el litoral se toma rumbo Norte quedando a la derecha la zona de manglares, el casco urbano, el puerto y hasta Cayo Lenin (*Pto.-1 de partida*).

II.1.2. Análisis de los antecedentes.

La historia de los deslizamientos de tierra en el núcleo urbano de Mariel data desde principios del siglo XX incrementándose en los últimos 40 años con serias afectaciones.

Las ocurrencias de los sucesos se han manifestado de forma prolongada y han tenido

intervalos aparentemente estables lo que se consideró por el autor para agrupar los escenarios en tres etapas fundamentales las que se presentan a continuación:

Primera etapa: 1967-1972.

Segunda etapa: 1977-1984.

Tercera etapa: 2002-2007.

La primera etapa se inicia durante el año 1967 con numerosas salidas de manantiales y a partir del año 1968 se producen los primeros movimientos que se vinculan a las lluvias asociadas del paso del huracán Gladis. Después en el año 1969 continuaron los movimientos con descensos y ascensos de infraestructuras, grietas en el terreno y corrimientos de viviendas los cuales disminuyeron paulatinamente hasta una aparente estabilidad que se mantuvo desde 1972 hasta el año 1976 coincidiendo con años pocos lluviosos.

La segunda etapa comprendida desde el año 1977 hasta el año 1984 se manifestó muy lluviosa. En este período los movimientos estuvieron presentes desde el año 1977 incrementándose en el mes de Septiembre de 1979 como resultado de altos acumulados de lluvias relacionado con el paso del huracán Federic. No obstante, desde el año 1979 hasta el año 1984 sucedieron situaciones críticas produciéndose un marcado deslizamiento desde la escalinata de la Academia Naval hasta la base de transporte el cual provocó severas afectaciones en el sector social y económico donde se evacuaron 1200 personas y quedaron parcialmente destruidas más de 150 viviendas en las áreas aledañas al lugar.

Entre la segunda y la tercera etapa que comprende desde el año 1985 hasta el año 2001, el

clima se comportó con una tendencia no lluviosa y de forma general por debajo de la media anual. En ese espacio de tiempo en el año 1997 se producen derrumbes espontáneos en el lugar que ocupa la Academia Naval ocasionando la caída de cinco almacenes pertenecientes al MINED los cuales poseían estructuras de paredes de bloques y techos de losas de hormigón armado en buen estado constructivo.

En la tercera etapa a partir del año 2002 se aprecian salidas de manantiales y un incremento de ligeros movimientos que se agudizan con el transcurso del tiempo y las incidencias de años lluviosos siendo severos en Septiembre y Octubre del año 2005, en esta fecha se activan dos deslizamientos de tierra los que se manifestaron progresivamente hasta el mes Octubre del 2007; uno de ellos colapsó y provocó la interrupción del servicio de acueducto, afectaciones en 79 viviendas y la evacuación de 259 personas. Observe la figura 13.

II.1. 3. Aspectos físico-naturales.

Relieve.

El área que comprende el municipio se ubica sobre los dos pisos morfoestructurales que componen el modelo tectónico nacional (Cendero, Díaz y Francés, 1996). Al Norte, se encuentra el piso de la cobertura neoautóctona o cobertura moderna que coincide con la llanura litoral la que posee características abrasiva-acumulativas con terrazas de series escalonas. En la porción Sur y Centro del municipio se encuentran el piso del basamento plegado y en específico la unidad morfotectónica de las cuencas superpuestas sobre el arco volcánico Cretácico (Cendero, Díaz y Francés, 1966).

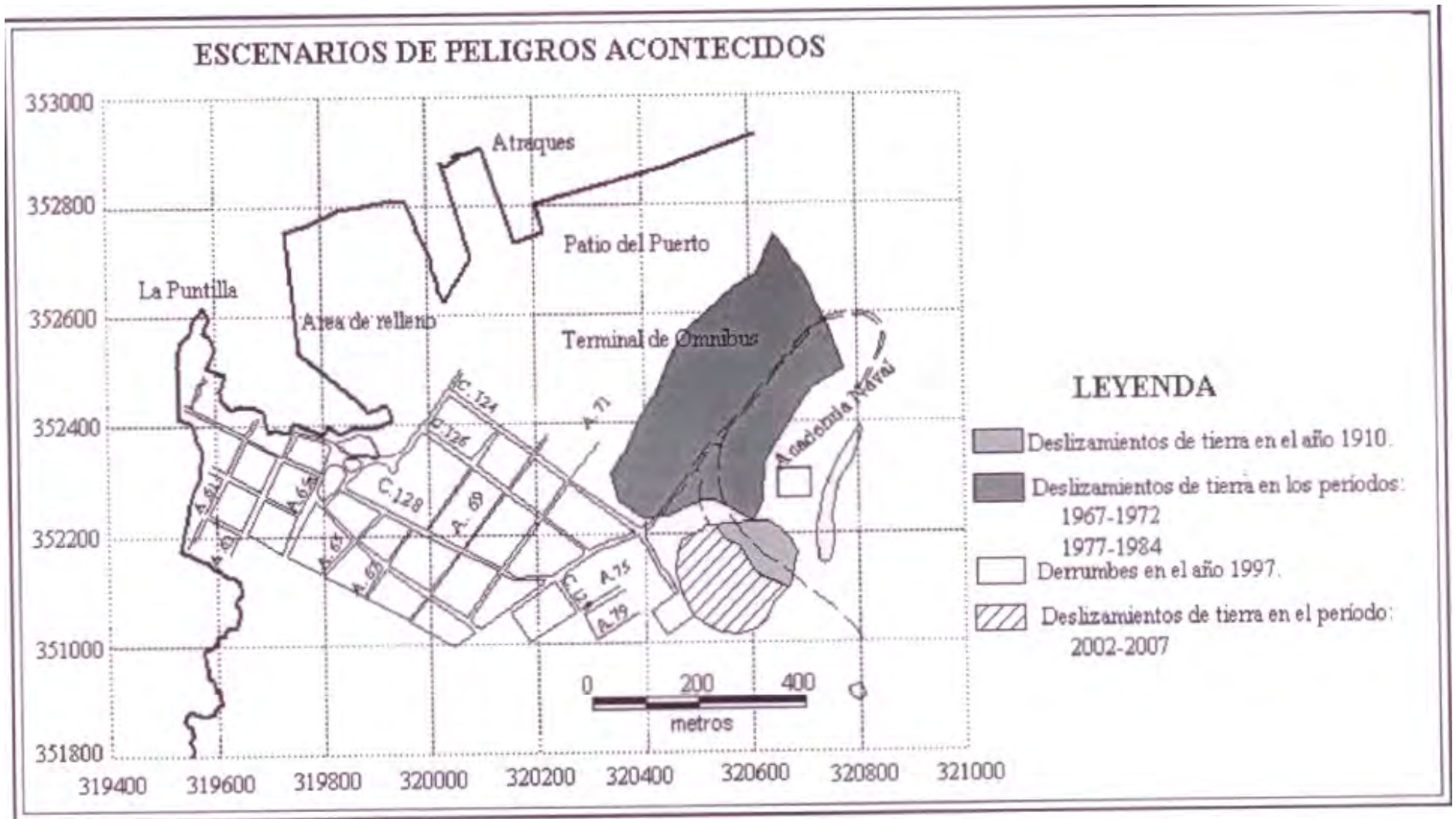


Figura 13. Mapa de escenarios de peligros acontecidos. (Fuente: elaborado por el autor).

El núcleo urbano del Mariel se localiza al este de la bahía y funje como cabecera municipal. En el mismo las características del relieve se hacen poco visibles producto de la urbanización, pero se aprecia con facilidad la existencia de ligeras pendientes con inclinaciones hacia el mar y antiguas terrazas marinas que se presentan con diferencias de niveles y que han influido en las construcciones ejecutadas por los habitantes. Vea las figuras 14 y 15.



Figura 14 El muro indica el desnivel.
(Fuente: fotografía tomada por el autor).



Figura 15. Vivienda al pie de la terraza.
(Fuente: fotografía tomada por el autor)

En el análisis del relieve visto en planta se observó que en el área donde se producen los deslizamientos de tierra los bordes de las pendientes escarpadas presentan una configuración geométrica convexa-cóncavo-convexa y en línea recta. La altura en este lugar no sobrepasa los 90,0 metros definiéndose como llanuras (según, Díaz, 1986) por cumplirse los tres niveles de pisos altimétricos que son bajos (0-20 m), medios (20-80) y altos (80-120 m). Observe las figuras 16 y 17.

También se clasificaron las laderas por su longitud las cuales no poseen dimensiones mayores de 500,0 metros valorándose como medias (según, Leontiev, y Richagov, 1979)