

**ZONAS DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTOS, A PARTIR DE
MODELAMIENTO DE DATOS ESPACIALES PARA EL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA**

**MAYRA ALEJANDRA GÁFARO DUARTE
CODIGO: 37.292.926**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroforestal

**Directora
YENIS GONZALEZ CORREA
In. Agrónomo, M. Sc Entomología Agrícola. UFV-Brasil**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE-
ECPAMA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER
2013**

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	7
1. PROBLEMA	9
1.1 Planteamiento del Problema	9
1.2 Formulación del Problema	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. JUSTIFICACION	14
4. MARCOS REFERENCIALES	16
4.1 Marco Contextual	16
4.2 Marco Teórico	17
4.3 Marco Conceptual	19
4.4 Marco Legal	24
5. METODOLOGÍA	26
5.1 Tipo de Investigación	26
5.2 Descripción de la Metodología de Investigación	26
5.2.1 Fase I.- Fase Preliminar	27
5.2.2 Fase II.- Planificación y Diseño	30
5.2.3 Fase III.- Realización	40
5.2.4 Fase IV.- Análisis e Interpretación de Resultados	45
5.3 Instrumentos	45

6. RESULTADOS	46
6.1 Trabajo de Verificación de Campo	50
7. CONCLUSIONES	55
8. RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	63

LISTA DE CUADROS

	pág.
<i>Cuadro 1. Barrios y Comunas del área de estudio</i>	28
<i>Cuadro 2. Rangos considerados para el factor de Pendiente del terreno</i>	41
<i>Cuadro 3. Rangos considerados para el factor de Clasificación de los suelos</i>	42
<i>Cuadro 4. Rangos considerados para el factor de Cobertura del suelo</i>	42
<i>Cuadro 5. Rangos considerados para el factor de Geomorfología</i>	42
<i>Cuadro 6. Rangos considerados para el factor de Geología</i>	43
<i>Cuadro 7. Rangos considerados para el factor de Isoyetas</i>	43
<i>Cuadro 8. Rangos considerados para el factor de Conflicto de uso</i>	44
<i>Cuadro 9. Peso porcentual de Susceptibilidad y Disparo</i>	44
<i>Cuadro 10. Zonas de Amenazas por deslizamientos</i>	49

LISTA DE FIGURAS

	pág.
<i>Figura 1. Clasificación de las amenazas según el origen</i>	18
<i>Figura 2. Metodología del estudio</i>	26
<i>Figura 3. Mapa del área de estudio</i>	27
<i>Figura 4. Modelo de datos conceptual para las áreas de Amenazas por Deslizamiento</i>	32
<i>Figura 5. Mapa de Áreas de Amenazas por Deslizamientos</i>	50
<i>Figura 6. Mapa de Verificación de las Áreas de Amenazas por Deslizamientos</i>	52

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. PUNTOS DE VERIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	64
ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO	67

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo corresponde al Proyecto de Grado de grado, en la Modalidad de Proyecto de Investigación para optar el Título de Ingeniero Agroforestal de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, presentado y desarrollado por la estudiante Mayra Alejandra Gáfaró Duarte.

La ciudad de San José de Cúcuta es la capital del departamento de Norte de Santander y el Núcleo del área Metropolitana de Cúcuta, que reúne además los municipios de El Zulia, Los Patios, San Cayetano y Villa del Rosario. Ubicada a $72^{\circ} 29'4''$ de longitud Oeste y $7^{\circ} 54'5''$ de Latitud Norte geográficamente es una ciudad privilegiada por ser límite entre Colombia y Venezuela, convirtiéndose ésta la frontera más activa de Latinoamérica. La extensión territorial es de 1.160 km^2 ubicada a 320 m sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 30°C .

El municipio se encuentra en un territorio sometido a múltiples amenazas naturales como lo son los deslizamientos, de las cuales ya ha impactado su población y factores económicos en eventos transcurridos con el Fenómeno de la Niña/Niño, basado en ello y con este trabajo se busca la aplicación de un modelamiento de datos espaciales que delimiten las zonas de amenazas por deslizamientos para el Municipio de San José de Cúcuta; el cual consiste en representar los deslizamientos a través de un mapa cartográfico y delimitarlos, y a su vez cerciorar en campo dichas zonas. Con este insumo como producto final será una ayuda para alertar a la comunidad asentada en estos lugares cuando se presente la amenaza de deslizamientos.

Los fenómenos de La Niña y El Niño que se han presentado en los últimos años (periodo comprendido entre 2007 y 2011), pusieron en alerta a las autoridades del ámbito nacional y regional sobre la necesidad de hacer cambios fundamentales en la política ambiental y de riesgo del país, y el municipio San José de Cúcuta no

fue ajeno a estas consecuencias, es así, como el trabajo a desarrollar, se convierte en una ayuda para detectar posibles amenazas de deslizamientos.

Durante el transcurso del tiempo establecido para el desarrollo del mismo, se hará el desarrollo de la metodología para el modelamiento de datos espaciales necesarios para determinar las posibles zonas de remoción en masa.

1. PROBLEMA

Ante la necesidad de conocer las zonas de amenazas a deslizamientos debido a las grandes consecuencias relacionados con los Fenómenos de la Niña y el Niño durante años anteriores, se realizó un modelamiento de datos espaciales para delimitar las zonas de amenazas por deslizamientos para el casco urbano del Municipio de San José de Cúcuta que servirá como alternativa en caso de alerta y a su vez será instrumento de planificación y ordenamiento territorial para la toma consciente de decisiones, con todo esto lo que conlleva es a facilitar a que los principales actores tomen conciencia de los riesgos existentes en el territorio, y a su vez, analizar, entender y tomar medidas de reducción necesarias para garantizar la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida de la población cucuteña.

1.1 Planteamiento del Problema

Las amenazas pueden ser inducidas por diversas causas, que actúan como factor detonante. Los más frecuentes son las fuertes lluvias y los terremotos, que en principio pueden considerarse independientes, aunque se ha evidenciado que muchos terremotos han disparado mayor número de deslizamientos en zonas previamente afectadas por fuertes lluvias. Cuando una amenaza natural afecta a la sociedad, entendida en un contexto amplio que abarca a personas, estructuras, infraestructuras, actividades económicas, etc., ésta constituye un riesgo.

La reducción del riesgo o minimización de los efectos adversos de los deslizamientos demanda caracterizar, en primer término, la amenaza que a la que está sometida el área de estudio.

Desde una perspectiva social, el aumento y densificación de la población en torno a los grandes centros urbanos, como en este estudio del municipio de San José de Cúcuta, provoca que cuando se presentan fenómenos naturales tales como deslizamientos, inundaciones, sismos, etc. se presenten graves daños sobre las

personas, sus bienes y su infraestructura, causando enormes pérdidas, que en ocasiones pueden llegar a afectar en forma muy severa el desarrollo económico y social del municipio.

Desde el punto de vista de la ordenación del territorio los análisis geográficos, geológicos, ecológicos, de infraestructura, etc. y por lo tanto de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo deben ser los más completos posibles, puesto que son determinantes para la orientación de los usos potenciales del suelo y para la definición de intervenciones sobre el medio natural y los asentamientos humanos.

Debido a todo ello y a las consecuencias que trae el fenómeno natural en nuestro país la Ley 1523 del 24 de Abril de 2012 por la cual se adopta la política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres fijó en el artículo 32 que “los tres niveles de gobierno formularán e implementarán planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación”.¹

Tomando como base dicha ley, la política nacional es muy clara en destacar que es deber implementar los tres procesos (Conocimiento del riesgo, Reducción del riesgo y Manejo de desastres) que esta contempla a nivel municipal bajo dirección del Alcalde como responsable directo, quien cuenta con el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo como instancia de orientación y coordinación, más el Plan Municipal de Gestión del Riesgo PMGRD, la Estrategia de Respuesta a Emergencias. Igualmente, la Ley establece el Sistema de Información y los Mecanismos de Financiación del nivel municipal.

¹ Guía para la formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre, (2012). Obtenida el 1 de Abril de 2013, desde, http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/FormulariosPMGRD2012/Guia_PMGRD_2012_v1.pdf

En la ciudad de San José de Cúcuta cuando se presenta este evento en particular se establece un sistema de monitoreo y alarma para facilitar la activación institucional oportuna por parte del Plan Municipal de Gestión del Riesgo PMGRD, esta medida está basada en un sistema de alertas de acuerdo a la gravedad del caso, por ejemplo en alerta amarilla - riesgo bajo los pronósticos meteorológicos de lluvias persistentes o temblores, alerta naranja - alto riesgo saturación de suelos por lluvias persistentes, caída de árboles, ruptura de muros y pisos, sacudida por sismos o terremotos fuertes de larga duración y por último alerta roja en proceso se refiere a los deslizamientos con reportes de zonas afectadas.

Como insumo y partiendo de la importancia de la ley 1523 de 2012 se hace necesaria la identificación de zonas de amenazas a deslizamientos pues juega un papel importante en la planificación territorial y urbana, y así mismo en la gestión del riesgo. Es necesario disponer de un inventario completo de deslizamientos y una mejor estimación de los daños plasmados en un modelamiento de datos ya que constituyen en una herramienta esencial para analizar, y transferir conocimientos del mundo real a un sistema de mapeo en donde se nos permite la captura, almacenamiento, búsqueda y análisis y despliegue de datos espaciales sobre la realidad del medio ambiente en cualquier evento que se presente; de igual manera es necesario profundizar en las relaciones entre los eventos lluviosos y los distintos tipos de deslizamiento para obtener un insumo capaz de mostrar la realidad del municipio San José de Cúcuta.

1.2 Formulación del Problema

Conforme con las problemáticas mencionadas, se plantea dar alguna alternativa de solución al siguiente problema de investigación: ¿Cuáles son las zonas de amenazas a deslizamientos para el casco urbano del Municipio de San José de Cúcuta?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Delimitar zonas de amenazas por deslizamientos, a partir de modelamiento de datos espaciales para el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar y recopilar la información existente sobre el Municipio San José de Cúcuta que resulten de utilidad para la implementación del modelo de datos en el análisis por deslizamientos.

- Identificar y analizar las distintas variables necesarias y existentes para la evaluación de la amenaza por deslizamiento.

- Desarrollar un modelo conceptual metodológico para analizar e integrar variables que caracterizan las amenazas por deslizamientos.

- Aplicar el modelo para determinar las zonas de amenazas por deslizamientos.

- Validar mediante visita de campo las zonas expuestas a amenaza a deslizamiento.

3. JUSTIFICACION

Los deslizamientos son la evidencia que las lluvias son los principales responsables de la rotura de muchas laderas, pero esto lleva a la pregunta de si los diferentes tipos de deslizamientos están relacionados con señales climáticas específicas.

Sin embargo, estudios recientes muestran que los factores no climáticos a menudo no son señales climáticas y que las series de deslizamientos contienen con frecuencia movimientos de origen no climático, es decir, antes de establecer relaciones causa-efecto, hay que realizar una selección cuidadosa del grupo de deslizamientos para asegurar que sólo el clima es responsable de esta actividad sino que hay que tener presente que las actuaciones humanas condicionan en gran medida la aparición de situaciones de inestabilidad en las laderas, dando lugar a deslizamientos que se desarrollan aparentemente de forma espontánea, alteraciones tales como se evidencia en las variaciones en la cobertura vegetal o cambios en el tratamiento o manejo del terreno. En su mayoría todas estas actuaciones favorecen, a menudo, la ruptura de las laderas, en condiciones relativamente moderadas de los factores desencadenantes.

Pero para la realidad de hoy y aunque se ha avanzado en múltiples campañas de sensibilidad no se ha logrado el objetivo de concientizar a la población sobre dichos riesgos; y aún la comunidad científica no ha encontrado la forma de predecir eventos de amenazas naturales, pero en cambio si ha desarrollado variables que permitan estimar la vulnerabilidad y riesgo de una región. Ya que muchos de estos trabajos hacen buen uso de nuevas tecnologías, gracias a los principales avances de los ordenadores.

Con este mismo objetivo se busca aplicar la metodología propuesta para el modelamiento de datos con el fin de delimitar las zonas de amenazas por deslizamientos en la ciudad de San José de Cúcuta, aplicando la carrera de

Ingeniería Agroforestal a este campo en el análisis de los diferentes factores involucrados tales como suelos, geomorfología, cobertura de suelos se obtiene una línea base para determinar las zonas con posibilidad de deslizamientos, y con este instrumento de localización seguidamente se podrían realizar a futuro su aplicación hacia una estrategia adecuada para la recuperación de ecosistemas degradados y desarrollar tecnologías que sean competitivas y de beneficio a las comunidades mediante la actividad forestal, teniendo en cuenta sostenibilidad económica, social y ambiental.

Es importante ofrecer un modelo espacial del comportamiento de las zonas de deslizamientos en esta ciudad, con el fin de detectar los niveles de riesgo para que sean de instrumento para determinar la población que sea más susceptible de sufrir pérdidas, durante un desastre y así mismo le resulte mas difícil recuperarse o auto ajustarse a la nueva coyuntura de desastre.

4. MARCOS REFERENCIALES

4.1 Marco Contextual

La ciudad de San José de Cúcuta está ubicada en el oriente del departamento de Norte de Santander. Se asienta en el valle geográfico del Río Pamplonita, el cual tiene 25 km de ancho. La “Perla del Norte” es atravesada por este río, uno de los más importantes de la región y el cual era fundamental para la economía hace años, pues a través de él se transportaba cacao. Hace parte de la Región Andina y la Región de los santanderes limita al norte con Tibú; al occidente con El Zulia y San Cayetano; al sur con Villa del Rosario, Bochalema y Los Patios y al oriente con Venezuela y Puerto Santander.

El área de la urbe representa el 5,65% del departamento de Norte de Santander, registrando ante el DANE en el censo del año 2005 una población existente entre la Cabecera y el restante del Municipio de 618.310 habitantes presenta un clima cálido en promedio de 27° C, su altitud es de 320 metros sobre el nivel del mar. Está constituida por 10 comunas y es el epicentro político, económico, administrativo, industrial, artístico, cultural y turístico del departamento. A nivel económico la ciudad se desarrolla del comercio binacional y algunas industrias tales como la construcción, textil, calzado y marroquinería. Es un productor de cemento de primer orden y la industria de la arcilla y el gres tiene la mejor reputación en el ámbito nacional por su altísima calidad. La minería de carbón también ocupa un importante reglón en la economía cucuteña.

Cúcuta se sitúa en un punto neurálgico y estratégico: hacia el oriente (aproximadamente 46 km) se conecta con la ciudad de San Cristóbal, y al sur con Bucaramanga. La ciudad es paso además de la Vía Panamericana y por ende paso obligado desde Colombia hacia Venezuela.

4.2 Marco Teórico

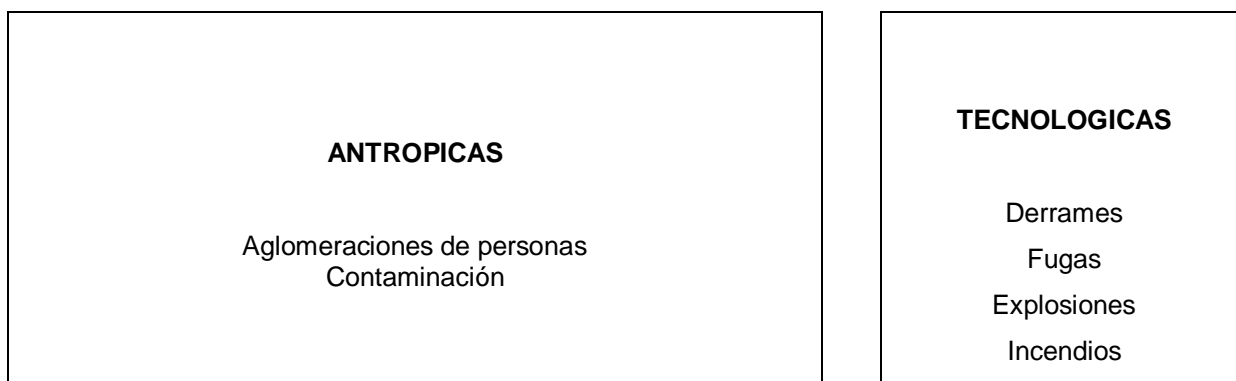
En lo que respecta a describir el panorama de amenazas del municipio de San José de Cúcuta, es necesario especificar su concepto en cuanto a amenazas y deslizamientos se refiere.

Respecto a la amenaza se define como el peligro latente que representa la posible manifestación dentro de un período de tiempo y en un territorio particular, de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y el ambiente². Es un factor de riesgo externo de un elemento o grupo de elementos expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en dentro de un periodo de tiempo definido.

De acuerdo con esto se pueden distinguir varios tipos de amenazas:

NATURALES INHERENTES A LA DINAMICA NATURAL DEL PLANETA TIERRA		SOCIO-CULTURALES
HIDROMETEROLOGICAS	GEOLOGICAS	
Huracanes	Sismos	Inundaciones
Vendavales	Actividad volcánica	Remoción en masa
Amenazas cerúnicas	Remoción en masa	Incendios forestales
Heladas	Tsunamis o terremotos	Degradación de recursos naturales
Sequias y desertificación	Diapirismo de lodos	
Inundaciones		
Granizadas		
Erosión litoral		

² Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo. 2013.Pg 26



Fuente: Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo. 2013.

Figura 1. Clasificación de las amenazas según el origen

Las amenazas naturales son propias de la dinámica de la naturaleza y en su ocurrencia no hay responsabilidad del ser humano y tampoco está en capacidad práctica de evitar que se produzcan. Según su origen se clasifican en amenazas geológicas e hidrometeorológicas. Para el tema de estudio como lo es el deslizamiento este tipo de amenaza se ubica dentro de este grupo.

Son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta. El deslizamiento o derrumbe, es un fenómeno de la naturaleza que se define como “el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formado por materiales naturales - roca- suelo, vegetación o bien de rellenos artificiales”. Los deslizamientos o derrumbes se presentan sobre todo en la época lluviosa los cuales son más vulnerables cuando se registras movimientos telúricos.

Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes.

Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

Existen dos tipos de deslizamientos o derrumbes:

* Deslizamientos lentos: Son aquellos donde la velocidad del movimiento es tan lento que no se percibe. Este tipo de deslizamiento genera unos pocos centímetros de material al año. Se identifican por medio de una serie de características marcadas en el terreno.

* Deslizamientos rápidos: Son aquellos donde la velocidad del movimiento es tal que la caída de todo el material puede darse en pocos minutos o segundos. Son frecuentes durante las épocas de lluvias o actividades sísmicas intensas. Como son difíciles de identificar, ocasionan importantes pérdidas materiales y personales.

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de billones de dólares cada año (Brabb-1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control. (Suárez, 2011)

Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

4.3 Marco Conceptual

Para llegar a desarrollar el objeto de conocimiento, se deben establecer los aspectos teóricos basándose a partir de la documentación existente para desarrollar el tema de investigación. Considerando esto, se establecen a través de la consulta bibliográfica los conceptos generales y relaciones para la fundamentación del presente trabajo.

Amenaza: es el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Para UNDRO (1979) y Piers, B., Ferry, C., Ian, D. y Ben, W. (1996), se define la amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

Por su parte, Moncayo y Muñoz (2001), Delgado y Navarro (2002), hacen referencia a la ocurrencia potencial, en un intervalo de tiempo y un área geográfica específica, de un fenómeno natural que puede tener un efecto negativo sobre vidas humanas, pertenencias o actividades, hasta el punto de causar desastres, teniendo orígenes naturales (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópicos (degradación ambiental y amenazas tecnológicas) y que pueden ser individuales, combinados o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad. (ONU-EIRD 2004).

Clasificación de las amenazas

Las amenazas se han clasificado dependiendo del agente perturbador que lo origine. (CENAPRED, 2009).

Fenómenos geológicos: son en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de su superficie de laderas y suelos entre ellos tenemos: tsunamis, vulcanismo, terremotos y otros.

Hidrometeorológicos: como son los huracanes, ciclones, las inundaciones, granizadas, lluvia y avenidas torrenciales, movimientos en masa, deslizamientos, nevadas, sequías.

Deslizamiento: es movimiento de masa de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta cuya ocurrencia depende de las siguientes variables:

Clase de rocas y suelos.

Orientación de las fracturas o grietas en la tierra.

Cantidad de lluvia en el área.

Actividad sísmica.

Erosión (por actividad humana y de la naturaleza).

Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.).

Los deslizamientos o movimientos de masa no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan, según lo indica SIGPAD³.

Tipos de deslizamientos

Estos se pueden dividir en dos subtipos denominados deslizamientos rotacionales y translacionales o planares. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y estabilización a emplearse. (Suárez, 2001).

³Sistema Nacional para la Prevención y Atención a Desastres. Obtenida el 10 de Abril de 2013, desde http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=140

a) Deslizamiento Rotacional. En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento.

Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semi-vertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos.

El movimiento aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad.

En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semi-vertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta.

Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura.

En zonas tropicales este tipo de suelos no es común y cuando existe rotación, la superficie de falla es usualmente curva pero no circular; Sin embargo, en zonas de meteorización muy profunda y en rellenos de altura significativa algunas superficies de falla pueden asimilarse a círculos.

Dentro del deslizamiento comúnmente, ocurren otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes.

b) Deslizamiento de traslación. En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización.

Sin embargo, un movimiento de rotación trata de auto-estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo.

Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y/o rompe y puede convertirse en flujo.

Los deslizamientos sobre discontinuidades sencillas en roca se les denomina deslizamientos de bloque, cuando ocurren a lo largo de dos discontinuidades se le conoce como deslizamiento de cuña y cuando se presentan sobre varios niveles de una familia de discontinuidades se le puede denominar falla en escalera.

4.4 Marco Legal

El Estado, a través de las leyes orgánicas y penales, disposiciones y decretos, establece medidas que se deberán cumplir en lo relacionado al tema de estudio, basado en la Constitución de la República de Colombia 1991 y conforme a la legislación se dictan leyes como tales:

Decreto 2811 de 1974. Código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables.

Ley 46 de 1988. Por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorgan facultades extraordinarias al Presidente de la República y se dictan otras disposiciones.

Decreto 919 de 1989. Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Ley 02 de 1991. Por la cual se modifica la Ley de Reforma Urbana, estableciendo que los municipios deben no sólo levantar sino tener actualizados los inventarios de las zonas que presenten altos riesgos para la localización de asentamientos humanos y que los alcaldes contarán con la colaboración de las entidades pertenecientes al Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, para desarrollar las operaciones necesarias para eliminar el riesgo en los asentamientos localizados en dichas zonas.

Decreto 969 de 1995. Por el cual se organiza y reglamenta la Red Nacional de Centros de Reserva para la atención de emergencias.

Ley 322 de 1996. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Bomberos y se dictan otras disposiciones.

Ley 388 de 1997. Por la cual se crea el Plan de Ordenamiento Territorial.

Decreto 93 de 1998. Por el cual se adopta el Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres PNPAD, el cual define los objetivos, principios, estrategias y programas de la Política Nacional.

Documento CONPES 3146 de 2001. Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres —PNPAD- en el corto y mediano plazo.

Decreto 4065 de 2008. Por el cual se reglamentan las disposiciones de la Ley 388 de 1997 relativas a las actuaciones y procedimientos para la urbanización e incorporación al desarrollo de los predios y zonas comprendidas en suelo urbano y de expansión y se dictan otras disposiciones aplicables a la estimación y liquidación de la participación en plusvalía en los procesos de urbanización y edificación de inmuebles.

Con el Fenómeno de La Niña, el gobierno nacional expide a finales del año 2010 varios decretos que sustentaban el Estado de emergencia que enfrentaba el país y fue en este momento, en medio de la emergencia, que el Estado empezó a pensar en la gestión del riesgo como el enfoque clave para fortalecer un verdadero sistema de prevención y atención de desastres que hiciera frente a los efectos del cambio climático.

Ley 1523 del 24 de abril de 2012. Por medio del cual el Gobierno Nacional adoptó la política de Gestión del Riesgo de Desastre y estableció el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

5. METODOLOGÍA

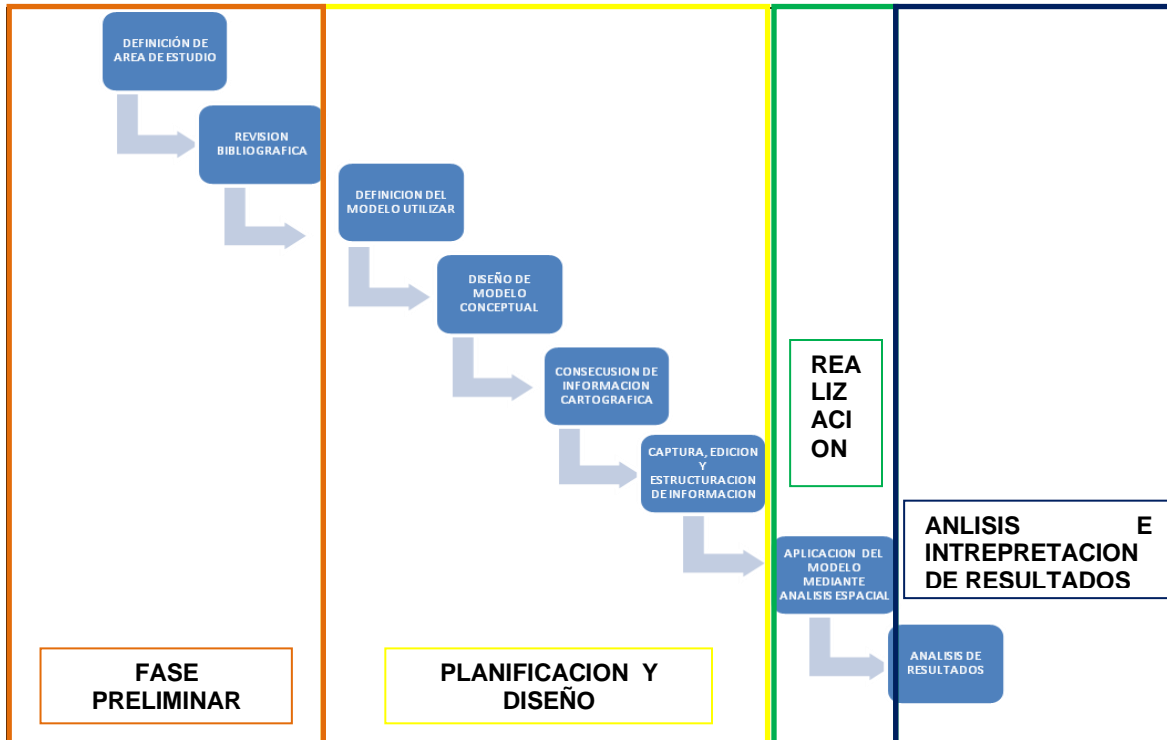
5.1 Tipo de Investigación

El trabajo a desarrollar es carácter descriptiva- experimental, a través de la cual se pretende realizar un modelamiento de datos espaciales para delimitar las zonas de amenazas por deslizamientos para el casco urbano del Municipio de San José de Cúcuta.

Tipo de investigación. Descriptiva – Experimental.

5.2 Descripción de la Metodología de Investigación

Para el desarrollo de la investigación se destacaron cuatro fases consecutivas entre sí que se describen como sigue:



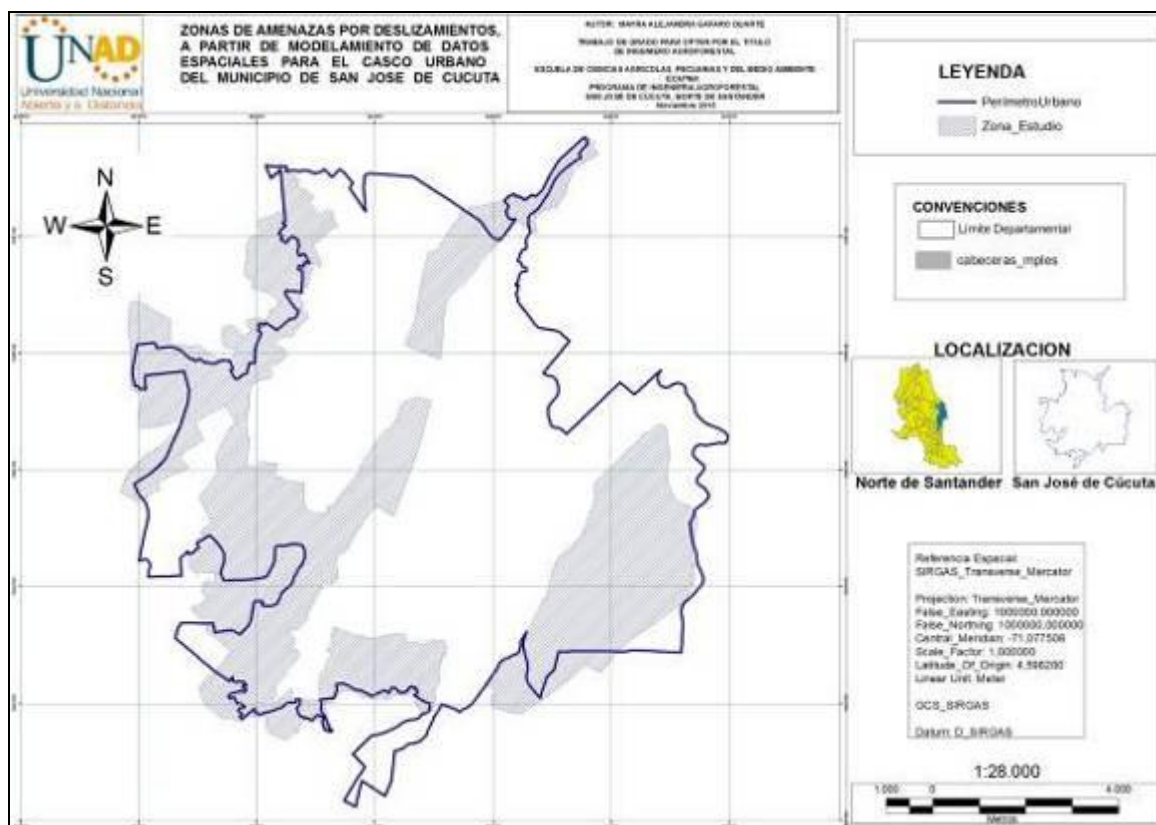
Fuente: Autor del proyecto, 2013

Figura. 2. Metodología del estudio

5.2.1 Fase I.- Fase Preliminar

La primera fase consistió en la revisión bibliográfica y cartográfica en formato digital y análogo relacionada con el proceso de modelamiento de datos, incluyendo las visitas a instituciones involucradas en el manejo de la información necesaria para dar curso a la realización del trabajo de investigación, a fin de modelar sobre datos reales y con la certeza que se puedan obtener los resultados propuestos.

Así mismo se realizó una delimitación del área de estudio basada en el conocimiento previo del terreno del la ciudad comprendido en las partes más altas, en cuanto a su zona montañosa con posibilidad de deslizamiento. El área analizada comprende una superficie de aproximadamente 29.097.753 hectáreas, (Véase la Figura 3).



Fuente: Autor del proyecto, 2013.

Figura. 3. Mapa del área de estudio

Dentro del área de influencia se determinaron las siguientes comunas y barrios que hacen parte del casco urbano del municipio:

Cuadro 1.

Barrios y Comunas del área de estudio

COMUNA	NOMBRE DEL BARRIO
03	BOGOTA LA LIBERTAD SAN MATEO BELLAVISTA AGUAS CALIENTES MORELLI SANTA TERESA ANIVERSARIO I ARCO IRIS ANIVERSARIO II TORCOROMA SAN JOSE SAN LUIS SIGLO XXI A.S.D. VILLAS DE CONFANORTE LA ESMERALDA NUEVO MILENIO BETHEL MUJERES DEL FUTURO BRISAS DEL SINAI POLICARPA LAS MARGARITAS SANTA ANA VALLE ESTHER LA UNION SANTA CLARA SAN MARTIN BAJO PAMPLONITA ALTO PAMPLONITA SAN MARTIN II TORCOROMA II LA ALAMEDA EL HIGUERON CAÑAFISTOLO 13 DE MARZO A.S.D. PORTOFINO LA CAROLINA BOCONO

COMUNA	NOMBRE DEL BARRIO
05	CERRO LA CRUZ SEVILLA
06	ZONA INDUSTRIAL LA INVASION EL SALADO SIMON BOLIVAR CAÑO LIMON MARIA PAZ AGUALINDA VIRGILIO BARCO EL PORVENIR CUMBBRES DEL NORTE COLINAS DEL SALADO AEROPUERTO PANAMERICANO SAN GERARDO CARLOS PIZARRO CERRO NORTE COLINAS DE LA VICTORIA CARLOS GARCIA LOZADA
07	CRISPIN DURAN CAMILODAZA LA HERMITA LA FLORIDA OSPINA PEREZ LA PRIMAVERA SAN GERONIMO TUCUNARE MOTILONES CHAPINERO LAS AMERICAS
08	ANTONIA SANTOS LA VICTORIA LOS ALMENDROS CUCUTA 75 EL DESIERTO DOÑA NIDIA CARLOS RAMIREZ PARIS PALMERAS BELISARIO BETANCOURT SABANA VERDE CIUDADELA EL PROGRESO EL PROGRESO LA PRIMAVERA NIÑA CECI NUEVA ESPERANZA
09	CUNDINAMARCA SAN MIGUEL DIVINA PASTORA BELEN

COMUNA	NOMBRE DEL BARRIO
	RUDENSIDO SOTO GERONIMO URIBE PUEBLO NUEVO
10	LA CABRERA SANTO DOMINGO SAN RAFAEL CAMILO TORRES CIRCUNVALACION CUBEROS NIDO GAITAN SANTANDER ALFONSO LOPEZ SAN JOSE GALAN BARRIO NUEVO

Fuente: Autor del proyecto, 2013.

5.2.2 Fase II.- Planificación y Diseño

Para esta fase se estructura la información obtenida, basándose posteriormente en constituir la base de datos y se efectúa las funciones de superposición dependiendo de la relación prevista del diseño del modelo conceptual.

El diseño del modelo conceptual tomado como base es la metodología de Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson en 1991⁴ para la determinación de deslizamientos, la cual se ajusta teniendo en cuenta lo comentado reglón arriba e incorporando las variables con información disponible, que enriquezcan el modelo y aumente el grado de precisión.

Mora - Vahrson utiliza en su modelo cinco factores: tres intrínsecos o de *Susceptibilidad* y dos externos o de *Disparo*.

Ese modelo se ha modificado con los siguientes cinco factores intrínsecos pendiente (Sp), suelo (Ss), cobertura (SCob), geomorfología (Sg) y geología (Sgeo).

⁴ Mora, Sergio & Vahrson, Wilhelm (1991). Modelo Determinación " A Priori " de la Amenaza de Deslizamientos en Grandes Áreas Utilizando indicadores Morfodinámicos. Escuela Centro Americana de Geología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Informe inédito; p.30.

$$\text{SUSC} = (\text{Sp} * \text{Ss} * \text{SCob} * \text{Sg} * \text{Sgeo})$$

Y como factores externos se utiliza la isoyeta (Tisoy) y las zonas de conflicto de uso del suelo (Tcus).

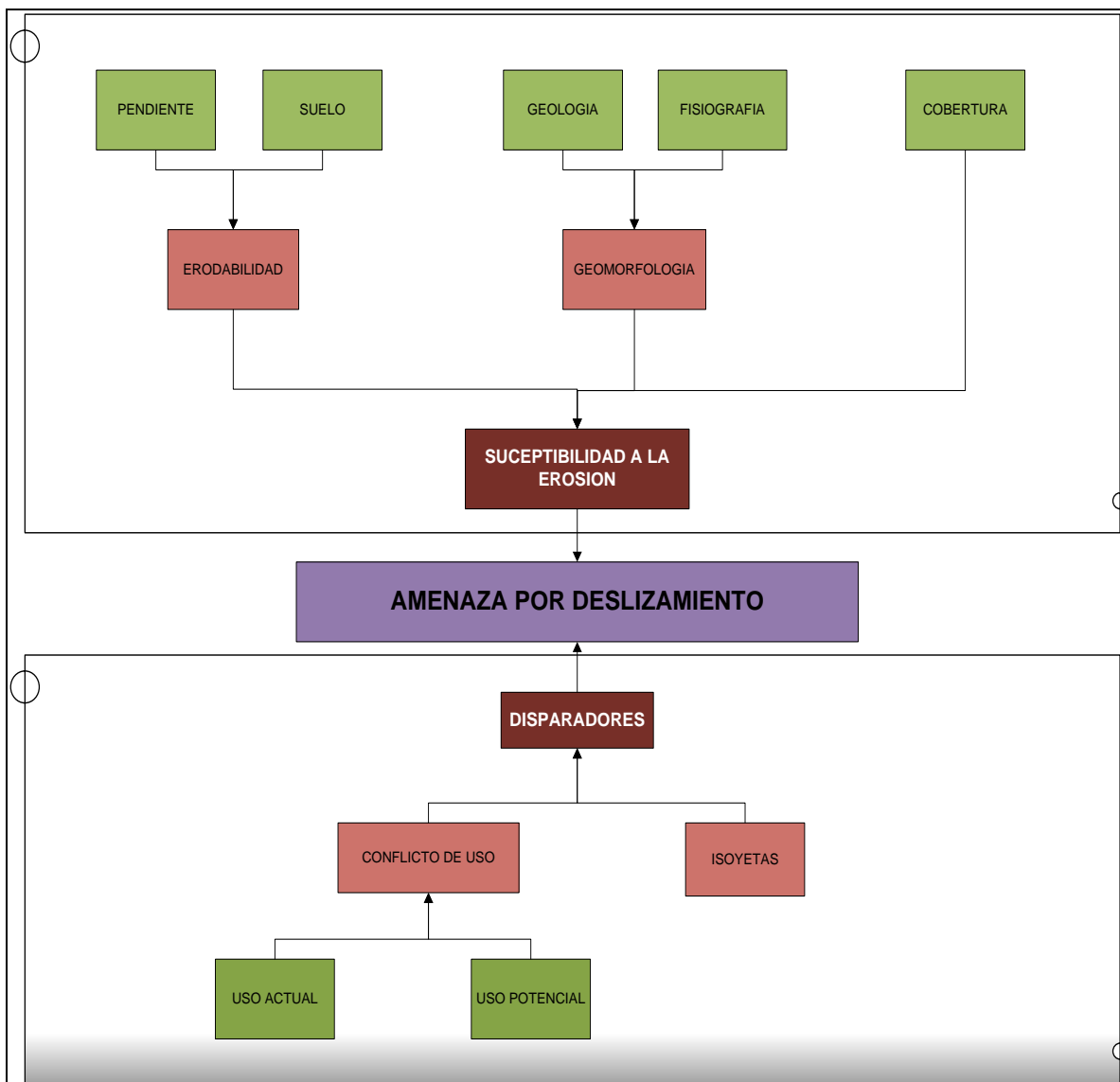
$$\text{DISP} = (\text{Tisoy} * \text{Tcus})$$

Nivel de Amenaza relativa

$$A = \text{SUSC} * \text{DISP}$$

$$A = (\text{Sp} * \text{Ss} * \text{SCob} * \text{Sg} * \text{Sgeo}) * (\text{Tisoy} * \text{Tcus})$$

En donde A es la Amenaza a deslizamientos, SUSC es la Susceptibilidad y DISP es Disparo. Las variables se obtienen a partir de clasificar los valores iniciales de las mismas. El modelo que se obtiene a partir de este algoritmo es reclasificado en rangos de importancia, asignándole a cada rango una valoración desde baja hasta muy alta amenaza, para obtener el modelo final. A continuación se muestra el esquema del modelo de datos conceptual:



Fuente: Autor del proyecto, 2013

Figura 4. Modelo de datos conceptual para las áreas de Amenazas por Deslizamiento

De acuerdo al modelo a seguir se describe a continuación cada factor que hace parte integral del mismo:

Parámetro de susceptibilidad: Es la facilidad o propensión de determinadas zonas a generar movimientos en masa (para la amenaza que nos ocupa) o a ser impactadas dependiendo si se está caracterizando la susceptibilidad a la rotura o al

alcance. En el concepto de susceptibilidad, al contrario que en el de amenaza, no se tienen en cuenta la frecuencia ni la magnitud del evento.

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad y son relativos a la propia naturaleza. Para la estimación del Índice de Susceptibilidad es necesario considerar los 5 factores intrínsecos: la pendiente, suelo, cobertura, geomorfología y geología.

Pendiente (Sp)

La pendiente es un factor muy importante y que condiciona la aptitud o vocación de un área. En general, se puede decir que zonas donde las pendientes sean bajas y moderadas, presentan mejores condiciones naturales al desarrollo de actividades productivas que áreas con pendientes elevadas, donde se multiplica la susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos como la erosión, remoción en masa o que sencillamente encarecen los costos de producción y extracción de los productos dadas las condiciones de accesibilidad. Debido a esto, es ampliamente generalizado y aceptado que a mayor pendiente debe ser mayor el carácter de protección de dicha área, o dado el caso de protección-producción.

En cuanto a la clasificación de pendientes para la zona urbana se toma como referencia el estudio de las Zonas Homogéneas Físicas Urbanas para Bogotá D.C, Jaime Silva Herrera.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones por pendiente:

- a. Zonas con pendiente 0-7 % - Plano
- b. Zonas con pendiente entre 7-14 % - Empinado
- c. Zonas con pendiente entre > 14 % - Montañoso

Suelo (Ss)

Los suelos son el resultado de la interacción de factores orogénicos y climáticos. Determinan, en gran medida, la capacidad productiva de las áreas destinadas a la producción primaria regional y delimitan, junto con aspectos como el relieve, la posibilidad de establecer zonas de protección y conservación de suelos, para garantizar la perdurabilidad de coberturas que mantengan la dinámica ambiental.

El suelo se forma a partir de la descomposición de la roca madre, por factores climáticos y la acción de los seres vivos. Esto implica que el suelo tiene una parte mineral y otra biológica, lo que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales y animales.

La descomposición de la roca madre puede deberse a factores físicos y mecánicos, o por alteración, o descomposición química. En este proceso se forman unos elementos muy pequeños que conforman el suelo, los coloides y los iones. Dependiendo del porcentaje de coloides e iones, y de su origen, el suelo tendrá unas determinadas características.

La materia orgánica procede, fundamentalmente, de la vegetación que coloniza la roca madre. La descomposición de estos aportes forma el humus bruto. A estos restos orgánicos vegetales se añaden los procedentes de la descomposición de los aportes de la fauna, aunque en el porcentaje total de estos son de menor importancia.

El parámetro del suelo escogido para la reclasificación es la textura, tomando como base los criterios de clasificación según el triángulo de texturas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA 1954, USDA 1957), y de acuerdo a la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1985). La textura de un suelo es la proporción

de cada elemento en el suelo, esta depende la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación de suelo, así mismo es aquella sensación generada en el tacto por el roce de la piel con algún material. Es el tacto es el encargado de decodificar la textura ya que es el que produce la sensación como la dureza, rugosidad, suavidad, entre otras. A pesar de esta definición, no se habla sólo de la textura táctil, sino también de la visual.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a. Zonas con suelos de textura arcillosa-franca
- b. Zonas con suelos de textura arcillosa-franco-arcillosa
- c. Zonas con suelos de textura franco arcillosa-franco arcillosa limosa
- d. Zonas con suelos de textura franco arcillo limosa
- e. Zonas con suelos de textura franco gravilosa-arcillosa
- f. Zona Urbana

Cobertura (Scob)

La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos.

El efecto positivo que produce la vegetación es el de mantener la estabilidad superficial del terreno y evitar su degradación, ya que las raíces cohesionan las partículas del suelo y disminuyen la disgregación de los niveles superficiales. La presencia de una cobertura vegetal también favorece el drenaje por la absorción del agua superficial del terreno, al tiempo que disminuye el efecto producido por la

erosión hídrica. Como contribución negativa, está la producida por el efecto de cuña realizado por algunas raíces al desagregar el suelo, provocando los consiguientes efectos mecánicos en grietas y fracturas.

El conocimiento de la cobertura y uso de la tierra constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico para el ordenamiento territorial por ser indispensable no sólo en la caracterización y espacialización de las unidades de paisaje, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a. Zonas con cobertura de Rastrojo bajo
- b. Zonas con cobertura de Urbana construida
- c. Zonas con cobertura de Zona con erosión mixta

Geomorfología (Sg)

El moldeamiento de la superficie terrestre del Municipio San José de Cúcuta es el resultado de diversos procesos naturales como los movimientos tectónicos ocurridos durante miles de años, además, son el producto de los procesos de carácter exógeno como la erosión, y el transporte de material particulado desde las partes altas hacia las partes más bajas.

Las formas del terreno son el resultado de la interacción entre fuerzas endógenas, o procesos tectónicos de creación de volúmenes montañosos, y fuerzas exógenas, o procesos erosivos de destrucción y modelado de relieves. Las fuerzas endógenas se nutren de la energía geotérmica, mientras que las fuerzas exógenas se generan a partir de la energía solar y de la energía rotacional de la tierra.

De este modo el análisis litológico y a la génesis en el proceso evolutivo de las geo-formas actuales, permiten identificar las unidades geomorfológicas, las cuales determinan las condiciones actuales de los paisajes presentes en el Municipio.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a) Colinas medias y altas denudacionales estructurales – Cmade
- b) Depósitos aluviales – Da
- c) Depósitos coluvio –aluviales –Dca

Geología (Sgeo)

Es necesario tener un conocimiento de la composición de las unidades litológicas y estructurales del material rocoso que compone el subsuelo para poder determinar las amenazas y riesgos que se pueden generar, además de identificar el potencial económico en materia geológica de la misma.

Según Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). 1998. Cuadrángulo Geológico G: 13 a escala 1:200.000, correspondiendo al municipio de Cúcuta, se mapean depósitos aluviales y sedimentitas continentales. Los depósitos aluviales, limos, arenas y gravas, ocupan las cuencas bajas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira y Guaramito, depósitos que corresponden al Cuaternario, originadas a partir de procesos geológicos externos. Así mismo las sedimentitas corresponden a formaciones de edad Cretáceo y Terciario.

Los recursos minerales, aspectos que forman parte de la geología económica están referidos a la explotación del carbón (Sectores Tasajero y San Pedro dentro de las áreas más relevantes), la explotación de la arcilla para la fabricación de ladrillo, teja, cerámica y productos derivados, y la extracción dentro y fuera de perímetro urbano de material de arrastre (gravas, cantos, arenas y cantos) de los ríos Zulia,

Pamplonita y Táchira. Así mismo de forma artesanal e incipiente en el Corregimiento de Ricaurte se extraen calizas.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a) Tol (lutitas y arenitas continentales. Oligoceno (LEON COLORADO)
- b) Te-o (Sedimentitas continentales localmente epicontinentales. Arenitas y lutitas con niveles de carbón. Eoceno Superior Oligoceno inferior (MIRADOR CARBONERA MUGROSA)
- c) Tmg (Sedimentitas continentales y epicontinentales. Arenitas, lutitas y conglomerados. Mioceno-Plioceno (GUAYABO REAL)
- d) Qal (Gravas, arenas, y lodos en depósitos fluviales y aluviales)
- e) Qt (Principalmente depósitos de canal, terrazas y abanicos)

La información sobre la Geología del Municipio de San José Cúcuta se realizó con base en la obtenida por Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS). 1994. Cuadrángulo Geológico G: 13 a escala 1:250.000.

Parámetro de disparo: Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad de los deslizamientos. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, siendo catalogados como factores externos al sistema que generan el fenómeno.

Para la estimación del Índice de Disparo es necesario considerar los 2 factores externos: isoyetas y las zonas de conflicto de uso del suelo.

Isoyetas (Tisoy)

La Isoyeta es la línea curva que une los puntos, en un mapa, que presentan las mismas precipitaciones en la unidad de tiempo considerada.

Como es sabido la precipitación promedio anual de un área geográfica juega un papel determinante en la aptitud ambiental de dicha área, al condicionar en gran medida la cantidad de agua disponible para los diferentes procesos ecosistémicos y la incidencia sobre otros fenómenos naturales tales como procesos de remoción en masa, erosión, inundaciones, deslizamientos, entre otros. La lluvia como tal no representa amenaza, esta se presenta cuando al caer, el agua se concentra, se infiltra y genera o acelera los movimientos de masa, según las características de los suelos y el grado de alteración e inestabilidad que presentan los terrenos, cuando la cantidad de agua lluvia que llega al suelo, excede la capacidad de absorción e infiltración del mismo, el agua de exceso fluye sobre la superficie como agua de escurrimiento o escorrentía.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a) Zonas con precipitación entre 500 – 1000 mm
- b) Zonas con precipitación entre 1000 – 2000 mm

Conflicto de uso del suelo (Tcus)

El conflicto por uso del suelo se define como la magnitud de la diferencia existente entre la oferta productiva del suelo y las exigencias del uso actual del mismo; tales diferencias se definen como conflictos. Para establecer niveles o grados de conflicto basta comparar el mapa de oferta productiva del suelo o uso potencial con el de uso actual.

De acuerdo a lo anterior se delimitaron las siguientes descripciones:

- a) Adecuado
- b) Inadecuado

Una vez identificadas las variables y atributos más importantes definidos en el modelo de datos, y luego de haber obtenido la información cartográfica, se realiza la captura, edición y estructuración de esta información.

Para la manipulación de las variables utilizadas se realizaron los siguientes procesos: Georeferenciación de archivos digitales, digitalización de polígonos de las capas, entrada de datos y verificación, almacenamiento y manipulación de datos, transformación y análisis de datos, salida y presentación de la información.

El factor de pendientes del terreno a nivel municipal se obtuvo a partir de un modelo digital del terreno (MDT) a través de una red de triángulos irregulares contiguos (TIN), cuyos vértices han sido obtenidos a partir de las curvas de nivel del municipio⁵ y así mismo con las herramientas propias del SIG. Este modelo permite a través de un proceso de conversión a GRID y posteriormente una reclasificación y así determinar zonas con valores de pendiente contenidos en los rangos propuestos.

5.2.3 Fase III.- Realización

La fase corresponde a la aplicación del diseño de los pesos y ponderaciones utilizando herramientas de análisis espacial de los SIG para cada una de los factores descritos en la fase anterior de los parámetros de Susceptibilidad y Disparo, de esta forma se delimitan las diferentes zonas de amenaza clasificándolas según su grado.

A partir de ello se definieron los pesos haciendo que la suma de cada factor involucrado en los parámetros del modelo sea de 100%, es decir, se aplicó la metodología de pesos ponderados (Ver Rangos para cada Factor); a cada variable se le procede a realizar una INTERSECCION de los mapas utilizando herramientas de análisis espacial propios de los SIG, la derivación de este proceso da como resultado un nuevo mapa el cual a la vez se reclasifica aplicando los pesos generales del modelo de amenaza (Ver Peso porcentual de Susceptibilidad y Disparo), este

⁵ IGAC .Cartografía básica del departamento de Cúcuta, Norte de Santander a escala 1: 2.000

mapa se cruza con otra variable de acuerdo al modelo de datos descripto anteriormente en la metodología, y nuevamente es analizado, este proceso es repetitivo y abierto a la incorporación de las variables.

Es así que para cada factor físico-biótico considerado y a su vez para cada rango determinado se asigna una puntuación de pesos que comprende en su sumatoria total el 100% de peso de acuerdo con los requerimientos y características definidas.

Con respecto a los rangos para cada factor del modelo, el menor puntaje o (10) se asigna a aquellos que se caracterizan por una condición extrema en cualquier parámetro y que configuran un carácter bajo, y el mayor puntaje o (50) se asigna aquellos rangos que ofrecen las mayores características para el desarrollo de actividades que pueden provocar deslizamientos por sus características propias, y que configuran con un carácter muy alto.

Con todas las puntuaciones definidas e intersectadas de las variables del modelo se realiza la determinación de cada área obtenida en el modelo de datos y se analizan las zonas de amenazas a deslizamientos las cuales se obtienen en el mapa final comprendido en base a cuatro rangos (Bajo, Medio, Alto y Muy alto).

En los cuadros 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se muestra tabla de pesos por variable asignada para cada factor considerado:

Cuadro 2.

Rangos considerados para el factor de Pendiente del terreno

PENDIENTE	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Plano 0 -7 %	20
Empinado 7 - 14 %	30
Montañoso > 14 %	50
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 3.**Rangos considerados para el factor de Clasificación de los suelos**

SUELOS	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Arcillosa- franca	20
Arcillosa-franco arcillosa	15
Franco arcillosa-franco arcillosa limosa	12
Franco arcillo limosa	10
Franco gravillosa- arcillosa	25
Zona urbana	18
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 4.**Rangos considerados para el factor de Cobertura del suelo**

COBERTURA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Rastrojo bajo	20
Urbana construida	30
Zona con erosión mixta	50
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 5.**Rangos considerados para el factor de Geomorfología**

GEOMORFOLOGIA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Colinas medias y altas denudacionales estructurales	50
Depósitos aluviales	20
Depósitos coluvio aluviales	30
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 6.**Rangos considerados para el factor de Geología**

GEOLOGIA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Tol_ (lutitas y arenitas continentales. Oligoceno(LEON COLORADO))	30
Te-o_ (Sedimentitas continentales localmente epicontinentales. Arenitas y lutitas con niveles de carbón. Eoceno Superior Oligoceno inferior (MIRADOR CARBONERA MUGROSA))	20
Tmg_ (Sedimentitas continentales y epicontinentales. Arenitas, lutitas y conglomerados. Mioceno-Plioceno(GUAYABO REAL))	25
Qal_ (Gravas, arenas, y lodos en depósitos fluviales y aluviales)	10
Qt_ (Principalmente depósitos de canal, terrazas y abanicos)	15
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 7.**Rangos considerados para el factor de Isoyetas**

ISOYETAS	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
500-1000	40
1000-2000	60
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Cuadro 8.**Rangos considerados para el factor de Conflicto de uso**

CONFLICTO DE USO	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
Adecuado	40
Inadecuado	60
TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Seguidamente de la tabla de pesos de cada factor se realiza una clasificación de acuerdo al peso porcentual de Susceptibilidad y Disparo dentro del modelo de datos y su influencia en el mismo para obtener el Nivel de Amenaza. En el Cuadro 9 se presenta la clasificación:

Cuadro 9.**Peso porcentual de Susceptibilidad y Disparo**

	DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
SUSCEPTIBILIDAD	PENDIENTE	40
	SUELO	30
	GEOMORFOLOGIA	20
	COBERTURA	10
	TOTAL	100%
DISPARO	ISOYETAS	30
	CONFLICTO DE USO	70
	TOTAL	100%

Fuente: Autor del proyecto, 2013

Denominamos mapa de amenaza integrado a la suma del mapa de susceptibilidad y el mapa de disparo. Se puede inducir que los factores antrópicos son una variable importante a tener en cuenta en el aumento de amenaza a los

movimientos en masa, y aún más considerándose que estamos tratando una zona predominantemente urbana.

5.2.4 Fase IV.- Análisis e Interpretación de Resultados

Esta es la última fase corresponde a los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología para determinar las zonas de deslizamientos, en el siguiente capítulo (Ver Resultados) se describirán cada zona encontrada en el Municipio de San José de Cúcuta.

5.3 Instrumentos

Con el uso de fuentes primarias y/o secundarias que se requieren para enriquecer la investigación y conseguir la información y a las técnicas a utilizar.

Dado que para el tipo de investigación presentada, es imprescindible la observación directa de la realidad, las situaciones y los escenarios que abarcan el área de estudio son los que proporcionaron la mayor información para dar curso a la propuesta.

Fuentes primarias: Documentos de la UNGRD, PMGRD, SIGPAD, POT Alcaldía de San José de Cúcuta, FAO, PNUD. Fotografías de evidencia.

Material cartográfico de IGAC, INGEOMINAS, IDEAM, CORPONOR, POT.

Fuentes secundarias: Textos, artículos periódicos y revistas, representantes de comunidades, internet y libros.

6. RESULTADOS

La ubicación geográfica del Municipio de San José de Cúcuta con variedad de pendientes, suelos y demás factores presenta áreas con amenazas por deslizamientos trayendo consigo múltiples consecuencias para el desarrollo del mismo.

Por ende la formación de movimientos de ladera que se generan en el Municipio da una serie de cambios en las características a las rocas y forma del relieve, que permite detectar aquellas zonas que han sido afectadas por inestabilidad. Estos indicadores, se pueden observar directamente sobre el terreno y algunos de ellos a través de fotos aéreas pues son áreas que ya han sido afectadas por inestabilidad de la ladera; y los otros son aquellos que permiten identificar áreas que posiblemente no han sido afectadas, pero en las cuales el terreno presenta alguna característica que las hace potencialmente inestables.

Por ello la existencia de zonas montañosas por el sistema de la Cordillera Oriental hasta las zonas bajas influenciadas por el paisaje aluvial de ríos importantes que pertenecen a las grandes cuencas del Departamento, sumado a la variedad de relieves, resulta en condiciones complejas del suelo a los cuales se imponen los factores sociales y económicos que determinan su uso. Esta complejidad se debe enfocar a potencializar el uso y la productividad del suelo, para que las extensiones de zonas con deslizamientos alto y muy alto sean tratadas de modo especial acorde a su condición.

El plan de mitigación de la amenaza y/o riesgo natural tiene dos ejes principales de gestión que deben ser desarrollados paralelamente: el control de la amenaza natural (geológica), es decir, el manejo y control de los deslizamientos, y todo aquello que los pueda ocasionar, y la disminución de la vulnerabilidad, es decir, reducir los elementos expuestos a los fenómenos citados desde el punto de vista físico y social.

Dentro de este control hay actividades y se deberá manejar de tal forma que se disminuya la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural.⁶

Las actividades, obras de control y recuperación de la amenaza que se pueden incluir van desde restauración y rehabilitación de coberturas vegetales con ejemplares forestales propios de la zona, conservación ex situ de la biodiversidad y protección de la capa verde, obras civiles contención, obras de bioingeniería para estabilizar taludes, obras para el manejo de aguas lluvias y subsuperficiales, todo esto y lo más fundamental es la cultura y conciencia de la comunidad del territorio.

Dentro de las zonas clasificadas en el estudio tenemos:

Zonas con amenaza Muy Alta.- Abarcan tanto a zonas muy inestables que tras pequeñas y reducidas actuaciones de los factores naturales en el material, pueden movilizarse por su propia dinámica, también se presentan en áreas con pendientes mayores de material muy meteorizado y fallado. En estas áreas en ocasiones anteriores se han reportado deslizamientos y afectación hacia la comunidad asentadas allí, que por condiciones sociales viven en estos sitios con pendientes altas y han adecuado el sitio como opción de vivienda, sin tener precaución que en cualquier momento pueden tener consecuencias en sus vidas. Está representada por las comunas 03, 05, 07, 08, 09 y 10 con una superficie de extensión de 6.878.996 Has. Los agentes geológicos, como el viento y el agua arranca y transportan los materiales del suelo, así mismo la pendiente presente en la zona favorece el desplazamiento a favor de la gravedad y la pérdida de la poca vegetación que existe impide la retención del suelo por las raíces predominando la erosión. Se producen en suelos poco cohesivos y en rocas muy meteorizadas, fracturadas o de otro tipo de discontinuidad, acelerado por las precipitaciones de la zona cuando se presentan y el uso inadecuado del suelo. La inestabilidad se produce por actuaciones naturales medianas, tanto en intensidad como en extensión.

⁶ Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) (Versión 1).2012.

Zonas con amenaza Alta. Esta zona es representada por las comunas 03, 05, 07, 08, 09 y 10, el cual presenta un comportamiento similar al anterior en cuanto a los barrios que comprende debido a la cercanía entre los mismos, este cuenta con una superficie de extensión de 14.715.326 Has,. Abarcan tanto a zonas inestables que tras pequeñas y reducidas actuaciones de los factores naturales en el material, pueden movilizarse por su propia dinámica con material meteorizado y fallado los cuales corresponden a zonas con pendientes empinadas. Aunque dentro de esta clasificación se presenta una zona hacia el Este del Municipio que los deslizamientos son inactivos debido a sus características topográficas por encontrarse en una zona de planicie bordeado de montañas. Dentro de las demás características de la clasificación se producen en suelos poco cohesivos y en rocas meteorizadas, fracturadas o de otro tipo de discontinuidad, acelerado por la cobertura de vegetación presente el cual es de porte bajo y presentándose aclareos en algunos sitios por los asentamientos humanos que se han desplazado hacia esta parte de la ciudad en zonas no adecuadas. La inestabilidad se produce por actuaciones naturales medianas, tanto en intensidad como en extensión propias del terreno.

Zonas con amenaza Media. Son zonas poco susceptibles a los deslizamientos. Se presentan en materiales muy poco o nada fracturado, con pendientes menores. Esta zona es representada por la comuna 06 en menor proporción del total del área de estudio, con una superficie de extensión de 886.954 Has .El material existente se inestabiliza tras actuaciones naturales muy intensas y/o extensas, así como a la acción de la precipitación de la zona coayuda al mismo fenómeno, aunque en esta franja la vegetación esta aún mantenida pues los asentamientos son en mediana escala.

Zonas con amenaza Baja. Son zonas donde las características de suelos, pendientes y geología, y uso del suelo, entre otras no son favorables para que se produzcan movimientos en masa; permanecen estables aún ante fenómenos intensos y extensos como la precipitación de la zona cuando se presenta, puede producirse soliflucción de material. Esta zona es representada por las comunas 03, 06,

07, 08, 09 y 10, con una superficie de extensión de 6.616.475 Has. La presencia de vegetación es semi-densa y la presencia de asentamientos humanos es aun en moderada escala de colonización.

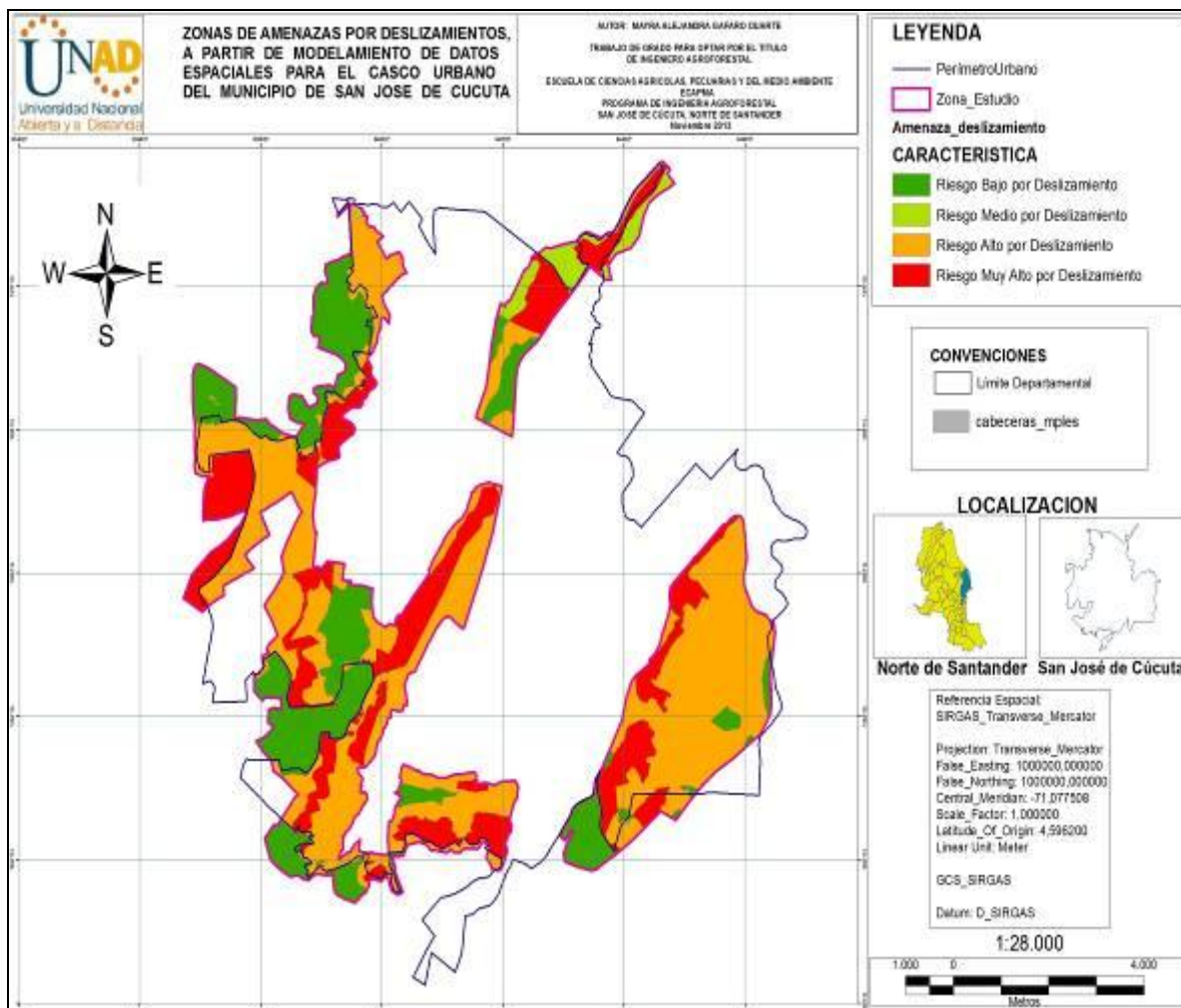
Los resultados de las zonas de amenazas muestran que el Municipio San José de Cúcuta posee bajo la zona de amenaza muy alto, tipologías las cuales brindan la posibilidad de desarrollar actividades de restauración y protección con la aplicación de medidas de defensa de los recursos naturales, a las cuales se suman las zonas alto y medio, con una atención de similar importancia en cuanto a las diferentes maniobras entorno con la amenaza. En la Figura 5 se detallan las zonas objeto del estudio con sus respectivas características, y en el Cuadro 10 se relacionan la extensión en hectáreas.

Cuadro 10.

Zonas de Amenazas por deslizamientos

ZONAS DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTOS	EXTENSION (Has)
Muy Alto	6.878.996
Alto	14.715.326
Medio	886.954
Bajo	6.616.475

Fuente: Autor del proyecto, 2013



Fuente: Autor del proyecto, 2013

Figura 5. Mapa de Áreas de Amenazas por Deslizamientos

6.1 Trabajo de Verificación de Campo

Con base a la interpretación preliminar del mapa de deslizamientos, se define el itinerario de la verificación en campo de los puntos previamente seleccionados aleatoriamente para recopilar información (sitios de información).

Durante el recorrido de campo se trabaja en dos tipos de puntos: puntos de posición, que son aquellos en los que se recopila información a detalle con GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global) o NAVSTAR-GPS siendo un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite

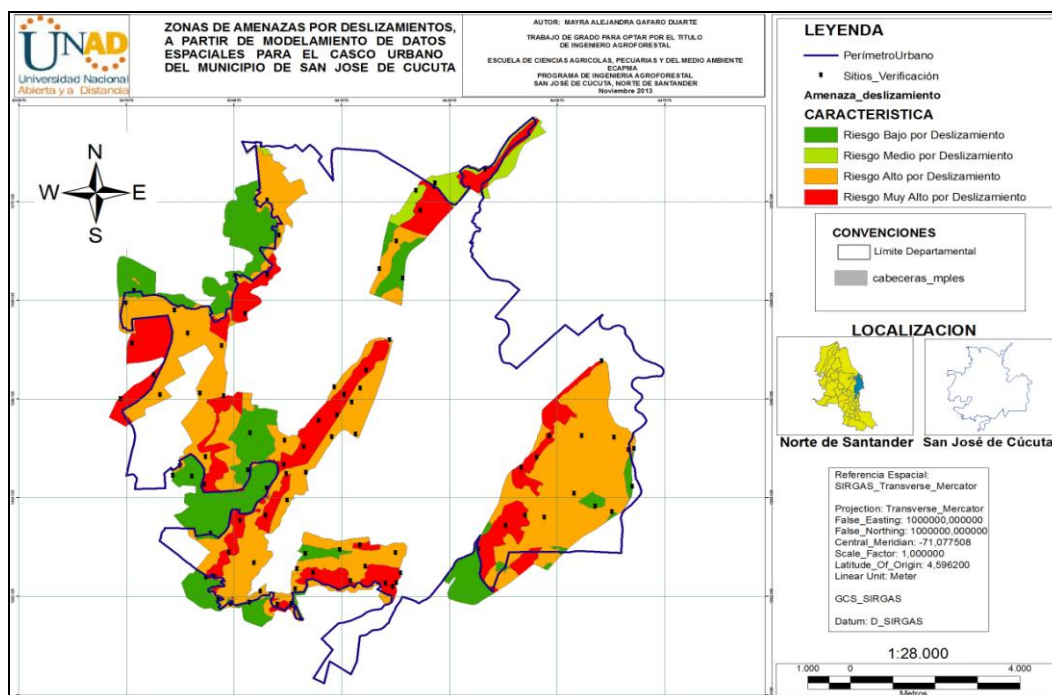
determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión⁷; y seguidamente el punto de observación, en los que únicamente se toman datos cualitativos, es decir lo referente al registro fotográfico.

La verificación se realiza por vía terrestre, y con la salvedad que en algunas áreas es posible el acceso pero no la toma de fotografías por seguridad y en otras ocasiones es difícil el recorrido hacia al área, por tal motivo en algunos sitios no es posible hacer confrontación.

Durante esta etapa se analiza la información que se obtuvo de la interpretación preliminar y del proceso de verificación de campo y se comprueban las hipótesis planteadas en el modelo de datos para el Municipio de San José de Cúcuta, seguidamente los puntos obtenidos con GPS (Ver Anexo A) se ubican en la cartografía y se comparan con la zona de amenaza clasificada y su registro fotográfico con el fin de constatar las clasificaciones obtenidas para los deslizamientos.

A continuación se ilustra el área de influencia con los respectivos puntos de verificación de las áreas de amenazas del Municipio de San José de Cúcuta.

⁷GPS.Obtenida el 20 de Septiembre de 2013, desde http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global



Fuente: Autor del proyecto, 2013

Figura 6. Mapa de Verificación de las Áreas de Amenazas por Deslizamientos

Luego del recorrido de campo se puede comparar que las áreas clasificadas como amenazas por deslizamientos corresponden con la realidad del terreno en ella se muestran los deslizamientos que han sufrido en ocasiones pasadas durante la época invernal el municipio, así mismo se muestra la no adecuada ubicación de las algunas viviendas las cuales pueden sufrir deslizamientos por estar situadas en la periferia, la topografía del terreno, las zonas despobladas de las montañas sin árboles las cuales posibilitan la filtración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial hacia la pérdida de la cobertura vegetal, sistemas tendientes a no controlar el agua y sus efectos aumentando fuerzas que producen movimiento y/o desarrollando las fuerzas resistentes. Las evidencias fotográficas (Ver Anexo B) son un reflejo de las condiciones topográficas y ambientales las cuales se encuentran las áreas estudiadas.

La expansión urbana sobre la periferia que tiene el Municipio de San José de Cúcuta es un acelerado proceso de ocupación de territorios por usos y actividades

urbanos que alteran negativamente las condiciones ambientales y productivas de estos territorios y generan grandes demandas de atención de la municipal derivadas de la carencia de las dotaciones básicas como servicios públicos domiciliarios, vías suficientes para atender una alta demanda de viajes en automóvil privado, servicios sociales de educación, salud, recreación y servicios próximos a la vivienda.

La ocupación del territorio periférico con actividades típicamente urbanas genera impactos en casi todos los aspectos del desarrollo territorial y afecta de manera grave la calidad de vida de la población que habita los territorios “invadidos” por las demandas urbanas de la ciudad.

La mayoría de los problemas de la población en búsqueda de una vivienda son por ser damnificados, no tener casa propia, y por desplazamiento forzado desde el interior del Departamento y otras regiones del país por medio violento, tiene como causas entre otras, la constante lucha por el posicionamiento de los distintos actores sociales, políticos y económicos, los más poderosos y fuertes aniquilan e intimidan a los más débiles.

La guerrilla, las autodefensas y el narcotráfico, ubican a las familias humildes entre el fuego cruzado aumentando el número de muertes violentas y por ende viudas y huérfanos, obligándolos a estos últimos a abandonar también sus lugares de origen, sin más recursos que ir e invadir los terrenos de la periferia de las cabeceras municipales de las ciudades intermedias o capitales a engrosar los cordones de miseria, buscando como alternativa para sobrevivir.

Analizando las consecuencias que esto acarrea en cuanto a la invasión del terreno sin previo análisis del mismo, ejerciendo una inestabilidad pues se sitúan en áreas donde la topografía del lote no es apta para viviendas, acabando con el equilibrio natural del área pues es necesario talar árboles nativos para construir sus techos en las faldas de las montañas afectando la flora y fauna, así mismo la

deforestación de las faldas de los cerros y los cortes que hacen en las montañas para construir carreteras, caminos.

Dentro de las consecuencias que se generan a raíz de la construcción de una carretera, el vertido de aguas negras a una quebrada, o la urbanización masiva en ciertas zonas para darnos cuenta que el hombre incide predominantemente en la generación de estos movimientos de deslizamientos.

7. CONCLUSIONES

La identificación de zonas de amenazas por deslizamientos, a partir de modelamiento de datos espaciales para el casco urbano del Municipio de San José de Cúcuta es un punto de partida para empezar a realizar acciones en pro no dejar avanzar este proceso en el cual se nota que el territorio esta susceptible ha dicho evento y no se puede hacer ajeno a esta circunstancia.

Es decir la susceptibilidad a los movimientos de ladera debe ser estudiada en cada espacio geográfico con los medios y datos disponibles de la zona, pues detectar la inestabilidad de una ladera requiere de una intervención y seguimiento, aunque es posible descubrir a simple vista y detectarse cuando se inician o ya cuando están en desarrollo, porque cuando la ladera está desprovista de vegetación es aún más grave el problema, por otro lado si se encuentra poblada por el hombre es frecuente que los daños a viviendas proporcionen una percepción nítida de la magnitud de los movimientos del terreno y de las áreas donde el problema es crítico.

Dentro del estudio se analizó que las áreas de amenazas por deslizamientos se encuentran ubicadas en las comunas 03, 05, 06, 07, 08, 09 y 10 en consideraciones acordes a las características que presenta el suelo en cada territorio siendo calificadas de riesgo Bajo, Medio, Alto y Muy Alto Riesgo. Los riesgos por deslizamiento están asociados a sistemas de alta pendiente, y/o suelos con muy escaso nivel de cobertura vegetal y de características superficiales de baja capacidad portante, que generalmente soportan actividades productivas o en el peor de los casos existen asentamientos establecidos en tales lugares.

Cada área exige sus actividades como la mitigación o reubicación según el tipo de riesgo, las primeras articuladas al mejoramiento de vivienda y entorno, y las segundas a la reubicación de asentamientos en riesgo, y aquellas focalizadas en riesgo no mitigable y al mejoramiento integral del asentamiento humano, aquellas en donde el riesgo es mitigable.

Si bien es cierto que con la perturbación de las características del suelo ante al proceso erosivo que ocurre con el deslizamiento no solo se asocia a la reducción de la fertilidad del mismo, pues se afectan otras propiedades como la porosidad, la compactación del suelo y la capacidad de infiltrar y retener el agua, esto encadena la degradación de las propiedades químicas y biológicas propias.

Este trabajo además, permite establecer la falta de existencia en la planificación del crecimiento del área urbana que se está presentando en el Municipio San José de Cúcuta, pues la permisibilidad para la implementación de viviendas en áreas de alto riesgo, genera desequilibrio ambiental y coloca en peligro la vida de la población. Aunque si se plantean acciones de prevención para atenuar el problema en forma conjunta con la comunidad sin dejar de olvidar las anteriores mencionadas pueden ser básicamente de dos tipos para combatir este tema: las cartográficas y las educativas. Las cartográficas se fundamentan en la delimitación y caracterización a fondo de las áreas del terreno expuestas a movimientos de laderas, las cuales son útiles para la gestión de los usos del suelo como es el objetivo de este estudio, y las acciones divulgativas y educativas sobre autoprotección, tanto a nivel escolar como a nivel informativo, son especialmente útiles ya que es la estrategia es más eficaz a largo plazo con la población.

8. RECOMENDACIONES

Promover la capacitación ambiental a todo nivel, concientizando a la población de la necesidad de preservar los recursos naturales existentes en el municipio e implementar programas que incluyan prevención y respuesta ante la ocurrencia de deslizamientos.

Incorporar en el POT medidas urbanísticas e implementar programas de recuperación de áreas estratégicas, de restauración y conservación que están siendo afectadas por la expansión de la población.

Desarrollar proyectos de reforestación en las partes altas de las montañas para evitar la erosión y aumentar los caudales hídricos ya que son de gran importancia para los habitantes de la zona de influencia.

Impulsar la no talar árboles en pendiente altas de las montañas pues esta práctica ocasiona la destrucción de la capa vegetal del suelo, erosiona el terreno y puede generar incendios de grandes proporciones.

Promover actividades para cuidar los bosques porque favorecen la firmeza de los suelos y evitan la erosión y los deslizamientos.

Incentivar el recubrimiento de las zonas erosionadas ya que puede consistir en elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Proporcionar una mayor atención a los recursos hídricos con que cuenta el municipio, pues son una fuente clave para su desarrollo agrícola y pecuario, sembrando especies arbóreas nativas.

Construir las viviendas en zonas seguras; no hacerlo en terrenos erosionados o en la falda de montañas muy húmedas.

Ejecutar una política de prevención incluyendo el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada que integre a la población, mediante la vinculación eficiente de todos los actores, a través de alianzas estratégicas para asegurar la sostenibilidad y la viabilidad de las actividades.

Iniciar las actividades de mitigación en las construcciones que se encuentren cerca de las zonas de deslizamientos, cuando sea posible su recuperación.

Establecer de otra parte y solo considerando el aspecto físico y funcional, la ocupación urbana del territorio de expansión requiere condiciones de urbanización muy sui géneris, o estar precisamente al margen de las ofertas de la ciudad en servicios públicos, transporte, servicios sociales a la comunidad como salud, educación, cultura y recreación.

Realizar investigaciones a nivel de geomorfología, suelo, uso actual del suelo que permitan identificar, analizar, cartografiar y actualizar a detalle la información del Municipio San José de Cúcuta.

Ahondar las causas más comunes del deterioro y pérdida del suelo en que puedan ocurrir deslizamientos como lo son la erosión, expansión urbana, contaminación por depósito de sustancias químicas y basura, cumple un papel fundamental, pudiendo hacer perder la productividad del suelo debido a la falta de planificación y descuido de los seres humanos. Es por esto que deben realizarse con conocimiento y responsabilidad actividades como la reforestación con árboles nativos, conservación de la biodiversidad y transformación de su hábitat evitando los impactos negativos al suelo y su consecuente pérdida de productividad pues el

Municipio tiene una alta probabilidad en cuanto al tema y su población se puede afectar.

Actualizar la información de los deslizamientos existentes en campo ya que cada año puede variar por los cambios climáticos presentados.

Realizar un estudio a una escala tan local como este, es muy importante recurrir por un desarrollo sustentable de las actividades y proyectos que se desarrollen y del entorno en que se desplieguen. Por lo tanto, para poder cumplir con esto se debe procurar que el suelo, que es el soporte para la producción, se mantenga en condiciones óptimas, para así asegurar su productividad para las actuales y futuras generaciones.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía del Municipio de San José de Cúcuta. 2011. *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta*. Cúcuta, p. 353.

Alcaldía del Municipio de San José de Cúcuta. 2012. *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) (Versión 1)*. Cúcuta.

Brabb E.E. Hrod B.L. (1989). "Landslides: extent and economic significance": Proc., 28th International Geological Congress: Symposium on landslides, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, p 385.

Cepredenac; Eird. (2002). *Iniciativas de reducción de riesgo a desastres en Centroamérica y República Dominicana: una revisión de recientes desarrollos. 1997- 2002*. La Red, p 66.

Estrategia de fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la educación para la reducción de riesgos y atención de desastres. (2002). Obtenida el 15 de Abril de 2013, desde, http://www.rds.org.co/aa/img_upload/03cac6b6d6daf7e99722f350f13772a2/estrategia_cte.pdf.

Guía para la formulación del plan municipal de gestión del riesgo de desastre, (2012). Obtenida el 1 de Abril de 2013, desde, http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/FormulariosPMGRD2012/Guia_PMG RD_2012_v1.pdf.

GPS. Obtenida el 20 de Septiembre de 2013, desde http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, (2004).
Obtenida el 1 de Abril de 2013, desde
<http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/909>.

Instituto Geografico Agustin Codazzi- IGAC, (2007). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento Norte de Santander.* Bogotá D.C. p 304.

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química –INGEOMINAS,
(1994). *Cuadrángulo Geológico G: 13.p.9*

Ministerio del Interior y de Justicia, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, (2010). *Guía municipal para la gestión del riesgo.* Bogotá D.C.

Mora, sergio., vahrsen, wilhelm, (1991). *Modelo determinación " a priori de la amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos.* Escuela Centro Americana de Geología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Informe inédito; p.30.

Moncayo & Muñoz (2001). *Elementos conceptuales generales.* En E. Castro M. (coord.) *Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa: guía metodológica.* Ingeominas/ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca/ Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá DC.

Presidencia de la República de Colombia, (2012). *Ley 1523 de 2012.* Política Nacional de Gestión del Riesgo y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Sistema Nacional para la Prevención y Atención a Desastres. (20013). Obtenida el 10 de Abril de 2013, desde,
http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=140.

- Suárez Díaz, Jaime. (2001). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, UIS, p16-18.
- Piers, B., Ferry, C., Ian, D. & Ben, W. (1996). *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. [Libro en línea]. Obtenida el 16 de Julio de 2013, desde, http://www.desenredado.org/public/libros/1996/vesped-todo_sep-09-2002.pdf.
- UNDRO. (1979). *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Informe de reunión del Grupo de expertos. Ginebra, Oficina Coordinadora de las Naciones Unidas para el Socorro en Caso de Desastre.
- USDA. *Soil taxonomy. a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Segunda edición, 1999, p: 869. Obtenida el 16 de Agosto de 2013, desde, <http://soils.usda.gov/technical/classification/taxonomy/>.
- Villota, Hugo. (1991). *Geomorfología aplicada a Evantamientos Edafologicos y zonificación física de las tierras*, Instituto Geográfico Agustín Codazzi- IGAC, Bogotá D.C. p 33-122.

ANEXOS

ANEXO A. PUNTOS DE VERIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

SITIO	X	Y
1	846336	1365368
2	843254	1370339
3	843607	1370491
4	843581	1370418
5	838011	1368305
6	844539	1370763
7	839643	1367194
8	839239	1366231
9	843327	1369932
10	837971	1367248
11	839680	1366174
12	840075	1367840
13	837753	1366124
14	842125	1365395
15	842885	1362391
16	845285	1363751
17	846705	1366881
18	847304	1365104
19	842816	1362307
20	847272	1364342
21	846899	1363827
22	842969	1362586
23	845213	1364719
24	842308	1362722
25	845498	1364931
26	841202	1364625
27	845730	1365361
28	844924	1363555
29	844412	1363079
30	845636	1363716
31	846935	1365334
32	846587	1363939
33	847200	1365079
34	846191	1364195
35	842870	1362995
36	842686	1362376
37	842038	1362425

SITIO	X	Y
38	841335	1362591
39	841836	1363056
40	842209	1363154
41	841197	1362984
42	841039	1362672
43	841006	1362261
44	840939	1361968
45	840672	1361952
46	840157	1361989
47	840358	1362214
48	839807	1361957
49	839579	1362044
50	839507	1362511
51	839345	1362495
52	839776	1363000
53	840244	1362791
54	839433	1363392
55	839980	1363656
56	840853	1364060
57	840454	1363752
58	840476	1364321
59	840841	1364600
60	840791	1364780
61	841688	1365343
62	841442	1365674
63	841165	1365146
64	842759	1367310
65	842326	1366694
66	842215	1366333
67	841784	1365784
68	842057	1366044
69	841919	1366202
70	841737	1366356
71	839319	1364381
72	839087	1364548
73	838730	1364563
74	838857	1364759
75	839343	1364939

SITIO	X	Y
76	840127	1364671
77	840172	1365422
78	840810	1365271
79	838492	1366197
80	838372	1366603
81	839004	1367445
82	838762	1367915
83	837863	1368059
84	839882	1368616
85	840482	1368633
86	840709	1369431
87	840483	1370139
88	842574	1368748
89	843008	1368560
90	842884	1369310

Fuente: Autor del proyecto, 2013.

ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO



Foto 1. Vista general de las invasiones

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 2. Detalle del material deslizado en un carretable

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 3. Vista general de viviendas en zona de deslizamiento

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 4. Detalle de la superficie de ruptura en la vivienda y grietas existentes en la misma

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 5. Adecuación de soporte con llantas para evitar el deslizamiento

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 6. Vivienda ubicada en zona de afectación

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 7. Obra de mitigación del riesgo

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 8. Vivienda afectada por el deslizamiento

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 9. Zona de Muy alto riesgo de deslizamiento

Fuente: Autor del proyecto, 2013.



Foto 10. Afectación del terreno por deslizamientos

Fuente: Autor del proyecto, 2013.