



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**ESCENARIO DE RIESGO, A PARTIR DE FACTORES DE AMENAZA
(DESLIZAMIENTO) Y VULNERABILIDAD (USO DEL SUELO)**

MAYRA ALEJANDRA GÁFARO DUARTE

TUTOR: CAMILO LEÓN

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

RESUMEN

Con esta investigación se determinó el escenario de riesgo, evaluando la vulnerabilidad en el uso del suelo y determinando áreas críticas a deslizamientos en el municipio de San José de Cúcuta para la zona urbana. La metodología incluyó el uso de sistemas de información geográfica y paralelamente la inserción de variables como factores de susceptibilidad pendiente, suelo, geomorfología, cobertura del suelo, y factores de disparo isoyetas y conflicto de uso para determinar la zona de amenaza, así mismo para la identificación de la vulnerabilidad fue el uso del suelo; estos factores se dividen en dos grupos: factores críticos que aumentan la vulnerabilidad y el riesgo a deslizamientos.

Según los factores críticos propuestos de deslizamientos, el 48% del área del Municipio presenta un nivel de amenaza baja, 6% amenaza media, 12% amenaza alta y 34% muy alta. Mientras el componente de vulnerabilidad refleja que 6% del área del casco urbano presenta un nivel bajo, el 36% vulnerabilidad media, y 16% y 42% alta y muy alta. Al aplicar la ecuación entre la vulnerabilidad y la amenaza en una relación ponderada da como resultado que, el 55% del área del Municipio presenta un nivel de riesgo bajo, el 6% nivel de riesgo medio y 4% riesgo alto el 35% un nivel de riesgo muy alto.

Palabras Clave: Deslizamiento, amenaza, vulnerabilidad, uso del suelo, riesgo.

ABSTRACT

With this research the risk scenario is determined by assessing the vulnerability of land use and determining critical to landslides in the town of San José de Cúcuta for urban areas. The methodology included the use of geographic information systems and parallel inserting variables as factors of susceptibility slope, soil, geomorphology, land cover, and factors isohyetal shot conflict of use to determine the threat zone, also for the identifying vulnerability was land use; These factors are divided into two groups: critical factors that increase vulnerability and risk to landslides.

Critics factors proposed landslide 48% of the area of the municipality has a low level of threat, medium threat 6%, 12% and 34% high threat high. While the vulnerability component shows that 6% of the urban area has a low level, 36% medium vulnerability, and 16% and 42% high and very high. By applying the equation between vulnerability and threat in a balanced relationship results in 55% of the area of the municipality it has a low risk level, 6% at medium risk and high risk 4% 35% level very high risk.

Keywords: Slip, threat, vulnerability, land use, risk.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la afectación climática presentada por los fenómenos de La Niña y El Niño durante 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.

El análisis del riesgo ha tomado fuerza dentro de los temas prioritarios para el desarrollo del país y su población debido a sus causas y consecuencias, llevando a que los estudios y técnicas realizados para esto en muchos casos involucren el uso de los sistemas de información geográfica SIG mediante el desarrollo y ejecución de la aplicación, pues estos permiten la integración de números ilimitados de capas temáticas involucradas en el evento, así como lograr la representación gráfica de la información geográfica; es decir el uso de los SIG para el análisis del riesgo ofrece una serie de ventajas como lo es facilitar la toma de decisiones, mejorar la amplitud y profundidad de los análisis, orientar los procesos de desarrollo y asistir a las entidades planificadoras del riesgo en la selección de medidas de mitigación y la implementación de acciones como preparativo y respuesta frente al evento.

Así pues “la gestión de riesgos es un proceso de gestión que analiza posibles efectos que podrían imponer una amenaza a la sociedad o al medio ambiente, y establece arreglos previos para permitir respuestas oportunas, eficaces y apropiadas ante tales eventos y situaciones”.(Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), 2009) [1].

De acuerdo al documento, “Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres, ONU” (Naciones Unidas, 2004) [2], define una expresión para el riesgo basado en los factores de amenaza y vulnerabilidad, el informe plantea que el grado de conocimiento del riesgo depende en gran medida de la cantidad y calidad de la información disponible y de las distintas maneras en que las personas perciben el peligro. La gente es más vulnerable cuando no tiene conciencia de las amenazas que ponen en peligro su vida y sus bienes. La percepción del riesgo varía según la sensibilidad de cada persona, comunidad o gobierno. Tener conocimiento de las amenazas y de la vulnerabilidad, así como disponer de información precisa y oportuna al respecto puede influir en esta percepción y disminuir las pérdidas de vida, económicas, medio ambientales y patrimoniales.

En lo concerniente a la evaluación de la gestión del riesgo se ha venido involucrando en sus estudios el uso de las técnicas de los SIG, como se plantea en el caso siguiente en el que se ilustra las respectivas formas de usos de los SIG para evaluar al mismo tiempo un conjunto de amenazas en zonas urbanas, este proyecto fue auspiciado por la UNESCO en el año 2002, (Urban Rafael, 2002) [3] analizando el peligro sísmico y evaluación de la vulnerabilidad en Turrialba, Costa Rica, esta ciudad de 33 mil habitantes se encuentra en una zona azotada periódicamente por fenómenos naturales como lo son las inundaciones, deslizamientos o terremotos, buscando además y con el fin de ayudar a la comisión local encargada de

emergencias y al municipio. Se llevó a cabo un estudio piloto para aplicar un SIG a los efectos de la evaluación y gestión del riesgo; a fin de confeccionar el mapa de vulnerabilidad de edificaciones, basado exclusivamente en parámetros referentes a los materiales de construcción, utilizando la base de datos catastrales de la ciudad y realizando la distinción entre los costos de construcción y el valor del contenido de las edificaciones, a fin de determinar el valor total de los elementos que se encontraban en riesgo, a través de los SIG combinaron los mapas de costo con los mapas de vulnerabilidad y con los distintos mapas de amenazas correspondientes a los distintos períodos de retorno, como producto resultante se obtuvo las zonas vulnerables, las probabilidades y pérdidas de valores resultantes, con esto también se determinó para las autoridades locales la utilización de la base de datos resultante la cual fue fundamental para evaluar los efectos de las distintas medidas de mitigación, respecto de las cuales puede realizarse el análisis de costo-beneficio.

A raíz de los diferentes casos y eventos presentados en Colombia sobre el riesgo, se crea para el año 1989 bajo el decreto ley 919 de 1989, el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), como integridad funcional de entidades responsables en la reducción de riesgos y atención de desastres, fue la iniciativa para organizar toda una institucionalidad alrededor del tema. (Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, 2002) [4].

Dando continuidad a la intendencia y en aras de fortalecer los estamentos de la gestión del riesgo se adopta bajo la Ley 1523 del 24 de Abril de 2012 (la cualidad deroga el decreto-ley 919), la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, con la misión de elaborar y promover las herramientas necesarias para optimizar el desempeño frente a la gestión del riesgo de la entidades nacionales como territoriales.(Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD, 2012) [5].

Basado en lo anterior, en este trabajo se aborda como punto de partida la temporada invernal 2010-2011, originado por el fenómeno de la niña en donde se ocasionaron sendos impactos naturales, sociales y económicos que produjeron pérdidas considerables en vidas humanas, suelo y haciendo cada día más vulnerable la infraestructura existente y la población asentada en estos sectores afectados dentro del municipio de San José de Cúcuta, con base en ello se busca establecer un escenario de riesgo implicando conocer la amenaza y la vulnerabilidad del territorio a través de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica, queriendo alcanzar como resultado una representación cartográfica del riesgo a través de un mapa, el cual podrá ayudar a alertar a la comunidad asentada en estas zonas.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

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° 29'4" de longitud oeste y 7° 54'5" de latitud norte, geográficamente es una ciudad privilegiada por ser límite entre Colombia y Venezuela. La extensión territorial es de 1.160 Km² ubicada a 320m sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 30°C.(Alcaldía del Municipio San José de Cúcuta, 2011)[6]. (Ver Figura 1):

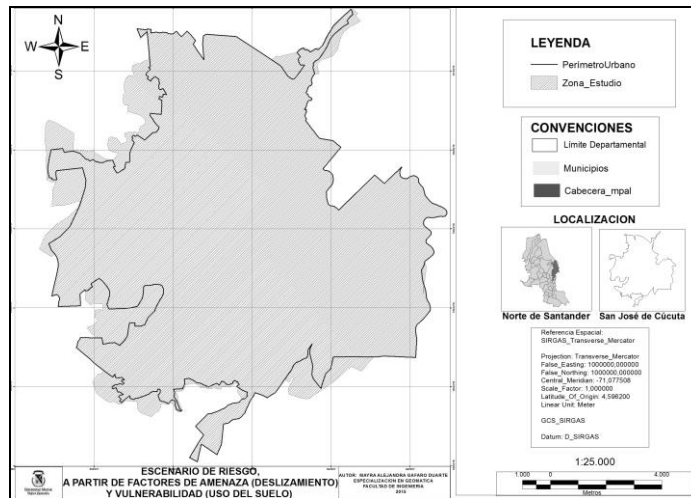
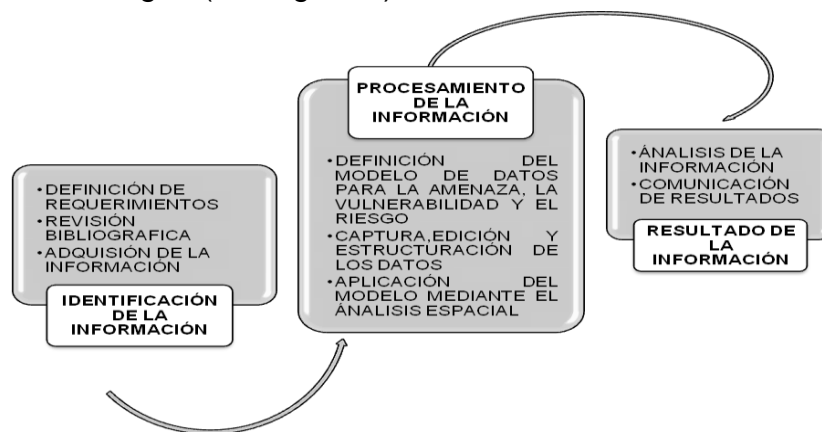


Figura. 1. Área de estudio Municipio de San José de Cúcuta, área urbana.
Fuente: Elaboración propia, 2015.

1.2 MÉTODOLOGIA

Para el desarrollo de la investigación se destacaron tres fases consecutivas entre sí que se describen como sigue (ver Figura 2):



Fuente: Elaboración propia, 2015.
Figura. 2 Metodología de estudio.

Para realizar el proceso de modelamiento de datos, se identifica previamente la disponibilidad de información existente en las entidades encargadas de suministrarla, a fin de modelar sobre datos reales y con la certeza que se puedan obtener los resultados propuestos, posteriormente se realiza el procesamiento y estructura de la

base de datos y se efectúan las funciones de superposición dependiendo de la relación prevista en el modelo de datos, y como resultado se analiza la información, divulgándose los resultados.

Con el objeto de poder estimar un escenario de riesgo se considerarán como análisis previos, en primer lugar, la identificación de la amenaza por deslizamiento que existe en el Casco Urbano del municipio de San José de Cúcuta, contemplando principalmente el área de interés (polígono) que está afectada por la amenaza (deslizamientos), en segundo lugar, se deberá contemplar el análisis de vulnerabilidad (uso del suelo) que será estudiada en función de identificar, evaluar y analizar los elementos expuestos en el área afectada por la amenaza. Finalmente se determinará un escenario de riesgo con estas dos variables identificadas y analizadas para el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta.

Este documento, toma como base la metodología de (Mora C & Vahrson, 1994) [7] y la metodología heurística la cual en términos generales, los análisis multicriterio involucran la utilización de datos geográficos, debiéndose establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas, que han sido implementados en ambiente SIG (Malczewski, 2006) [8], para la determinación de la amenaza por deslizamientos y vulnerabilidad del uso del suelo, la cual se ajustará teniendo en cuenta lo anteriormente comentado reglón arriba e incorporando las variables con información disponible, que enriquezcan el modelo y aumente el grado de precisión.

(Mora C & Vahrson, 1994) [7] utiliza en su modelo cinco factores: tres intrínsecos o de *Susceptibilidad* (SUSC) y dos externos o de *Disparo* (DISP). Ese modelo se ha modificado con los siguientes cinco factores intrínsecos como se indica en la ecuación (1) Nivel de Amenaza, donde SUSC= pendiente (Sp), suelo (Ss), cobertura (SCob), geomorfología (Sg) y geología (Sgeo); y como factores externos se utiliza DISP= Isoyetas (Disoy) y las zonas de conflicto de uso del suelo (Dcus):

$$\begin{aligned} &\text{Nivel de Amenaza} && (1) \\ &A = SUSC \times DIS \\ &A = (Sp \times Ss \times Scob \times Sg \times Sgeo) \times (Disoy \times Dcus) \end{aligned}$$

Para la determinación de la ecuación (2) Nivel de vulnerabilidad del uso de suelo, la información temática será uso del suelo (Usuelo):

$$\begin{aligned} &\text{Nivel de Vulnerabilidad} && (2) \\ &V = Vusuelo \end{aligned}$$

El producto de la amenaza y la vulnerabilidad da como resultado el nivel riesgo ecuación (3), que se categoriza de bajo a muy alto dependiendo del grado de inestabilidad asociada (Presidencia de la República de Colombia, 2012) [9], para el caso particular de este documento se toma como:

$$\text{Nivel de Riesgo} \quad (3)$$

$$R = A \times V$$

Una vez identificadas las variables y atributos más importantes, se asignan los pesos para cada factor a partir de criterios de ponderación de los componentes físicos, bióticos y sociales donde la sumatoria de los mismos da como resultado cien por ciento. Así mismo la sumatoria de los pesos ponderados para cada factor es del cien por ciento.

Partiendo de los insumos obtenidos relacionados con el proceso de modelamiento de datos, se estructura la base de datos, con actividades inherentes a este proceso como captura, edición, verificación, almacenamiento, manipulación, transformación, y análisis de datos siguiendo lo descrito en la metodología.

De acuerdo con el modelo de datos cada factor recibe un diferente peso así:

1. Asignación de pesos a cada nivel (amenaza y vulnerabilidad) por factores de acuerdo a las variables relevantes.
2. Asignación de valores de peso a cada dominio por sus componentes (escala de 5 a 50).
3. Aplicación del modelo y análisis espacial por medio de herramientas SIG.
4. Reclasificación de niveles y asignación de pesos ponderados para procesos siguientes.
5. Asignación de valores a cada mapa de amenaza y vulnerabilidad para obtener el mapa de riesgo.

Asignados los valores a cada una de las coberturas correspondientes y utilizando herramientas de análisis espacial de los SIG se determinan los escenarios de riesgo para las diferentes zonas al interior del perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta.

1.2.1 Nivel de amenaza (deslizamientos)

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los factores definidos como determinantes para la amenaza por deslizamientos para esta investigación, los cuales fueron definidos en la ecuación (1):

Para la determinación de la variable de *susceptibilidad* se consideraron los 5 factores intrínsecos: pendiente, suelo, cobertura, geomorfología y geología.

- **Factor 1: Pendiente (S_p)**

La pendiente, como componente del relieve, se refiere al grado de inclinación del terreno o gradiente, expresado en porcentaje o grados, su menor o mayor valor tiene relación directa con la estabilidad de un talud o ladera. 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 Municipio 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. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Factor pendiente clasificado según categoría.

PENDIENTE	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Plano 0 - 3 %	5
Suave 3 -7 %	15
Ondulado 7 - 12 %	30
Montañoso > 12 %	50

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Factor 2: Suelo (Ss)**

La textura del suelo fue el parámetro escogido para la reclasificación de este factor, pues tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Factor suelo clasificado según categoría.

SUELO	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Arcillosa- Franca	20
Arcillosa-Franco Arcillosa	15
Franco Arcillosa-Franco Arcillosa Limosa	12
Franco Arcillo Limosa	10
Franco Gravillosa- Arcillosa	25
Zona Urbana	18

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Factor 3: Cobertura (Scob)**

Es la destinación que un terreno específico posee en la actualidad. (Ver tabla 3).

Tabla 3.Factor cobertura clasificado según categoría.

COBERTURA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Rastrojo bajo	20
Urbana construida	30
Zona con erosión mixta	50

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Factor 4: Geomorfología (Sg)**

La composición, estructura y evolución de la tierra a lo largo de los tiempos geológicos modelando el relieve. Este factor da cuenta de los tipos de rocas y su relación con la inestabilidad presente en el área de estudio. (Ver tabla 4).

Tabla 4.Factor geomorfología clasificado según categoría.

GEOMORFOLOGIA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Colinas medias y altas denudacionales estructurales	50
Depósitos aluviales	20
Depósitos coluvio aluviales	30

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Factor 5: Geología (Sgeo)**

Contar con el conocimiento de la composición de las unidades litológicas y estructurales del material rocoso que compone el subsuelo es un insumo importante para poder determinar las amenazas y riesgos que se pueden generar, además de identificar el potencial económico en materia geológica de la misma. (Ver tabla 5).

Tabla 5.Factor geología clasificado según categoría.

GEOLOGIA	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
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

Fuente: Elaboración propia, 2015

Continuando con el mismo procedimiento anterior, se realiza la estimación de la variable de *disparo* considerando los 2 factores externos: Isoyetas y conflicto de uso del suelo.

- **Factor 1: Isoyetas (Disoy)**

Este factor da cuenta de la cantidad de agua precipitada, expresada en milímetros por año. La precipitación es el volumen o altura de agua lluvia que cae sobre un área en un período de tiempo, la cual tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, y a su vez afecta la estabilidad de taludes o laderas. (Ver tabla 6).

Tabla 6.Factor Isoyetas clasificado según categoría.

ISOYETAS	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
500-1000	40
1000-2000	60

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Factor 2: Conflicto de uso (Dcus)**

Se considera como factor de amenaza o generadores de inestabilidad, ya que es la diferencia existente entre la oferta productiva del suelo y las exigencias del uso actual. (Ver tabla 7).

Tabla 7.Factor Conflicto de uso clasificado según categoría.

CONFLICTO DE USO	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Adecuado	30
Inadecuado	70

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Peso porcentual entre susceptibilidad y disparo:**

A partir de los pesos asignados a cada factor se realiza una clasificación para cada variable susceptibilidad y disparo dentro del modelo de datos para obtener el nivel de amenaza. (Ver tabla 8).

Tabla 8.Peso porcentual entre susceptibilidad y disparo para determinar la amenaza.

DESCRIPCIÓN		CALIFICACIÓN
SUSCEPTIBILIDAD	Pendiente	40
	Suelo	30
	Geomorfología	20
	Cobertura	10
TOTAL		100%
DISPARO	Isoyetas	30
	Conflicto de uso	70
TOTAL		100%

Fuente: Elaboración propia, 2015

A continuación se muestra el modelo de datos utilizado para determinar cada variable con su respectivo factor es decir, para poder generar el primer resultado de susceptibilidad por factores intrínsecos del terreno como son la pendiente, suelo, cobertura del suelo, geología y fisiografía a través de la herramienta de programación visual para desarrollar el flujo de trabajo ModelBuilder, en una secuencia de herramientas de geoprocésamiento para obtener el resultado deseado, en este caso la susceptibilidad intrínseca del terreno; continuando con el mismo procedimiento anterior pero ahora aplicado a los factores de disparo correspondiente a isoyetas y

zonas de conflicto de uso; por último y dentro del proceso de superposición de variables se toma la *susceptibilidad* junto con el factor de *disparo*, y se obtiene el resultado final el nivel de amenaza por deslizamientos (Ver figura 3).

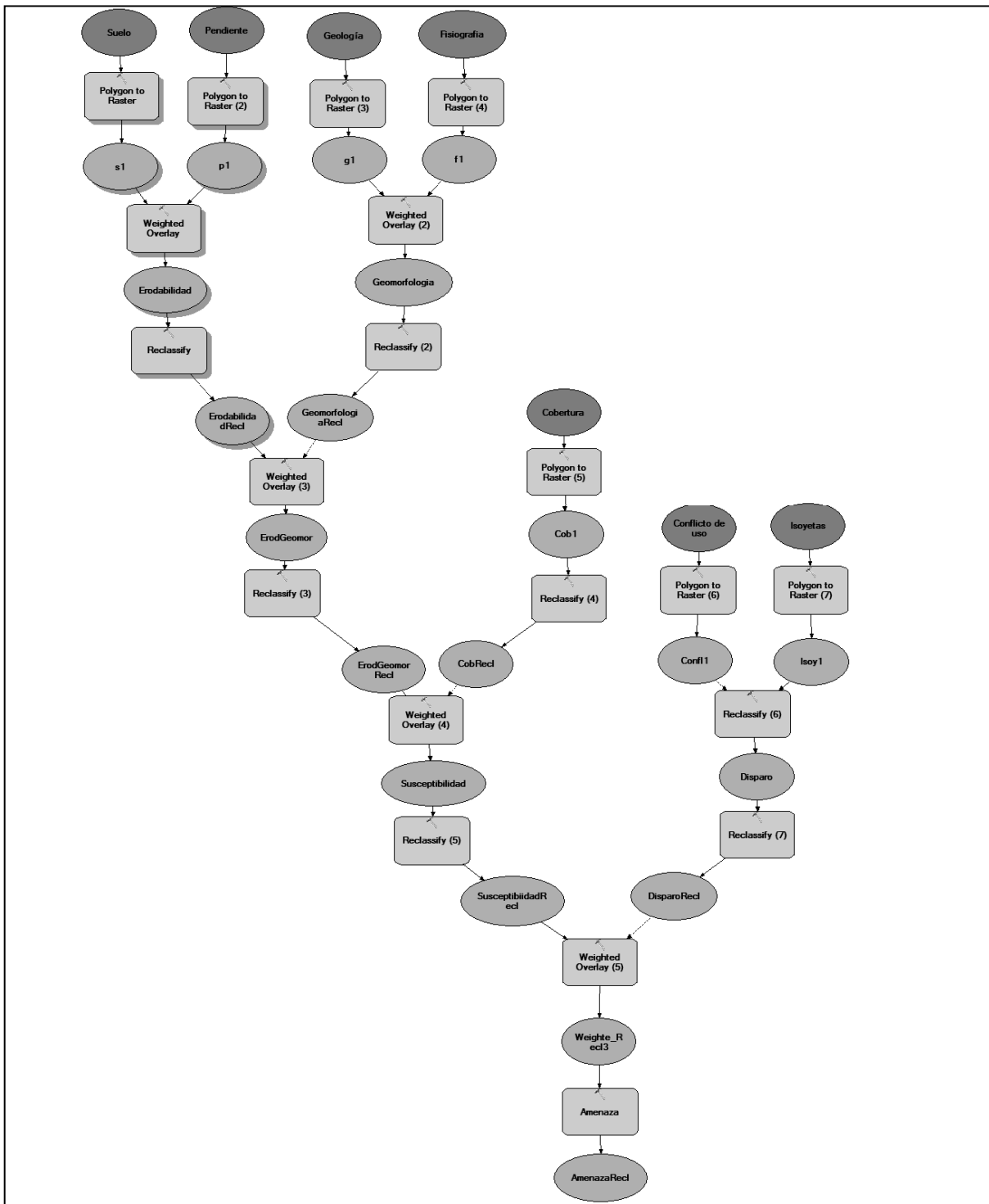


Figura.3 Proceso para determinar la amenaza por deslizamientos. ModelBuilder
Fuente: Elaboración propia, 2015.

1.2.2 Nivel de vulnerabilidad (uso del suelo)

Para la presente investigación se ha considerado como elemento expuesto determinante la vulnerabilidad, enfocada al uso del suelo urbano, por lo que se hace necesario comprender la interacción entre la distribución espacial y su uso, ya que es importante conocer si la población maneja su entorno para fines residenciales o lo comparten con otros usos como comercial, dotacional, industrial, etc., y como se enfrentaría ante una emergencia como lo puede ser un deslizamiento.

Dichos suelos están conformados por áreas destinadas a usos urbanos, ya que poseen una infraestructura vial y de acceso a servicios públicos domiciliarios, aumentando la posibilidad de su urbanización y edificación en el que habita una comunidad; lo cual fue definida en la ecuación (2):

- **Factor 1: Uso del suelo (VUsuelo)**

Este factor establece criterios para la localización de actividades y procesos económicos en un territorio urbano, donde se definen tipologías de usos. (Ver tabla 9).

Tabla 9.Factor uso del suelo clasificado según categoría.

USO DEL SUELO	
DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
Uso residencial	40
Uso dotacional e institucional	35
Uso industrial	25
Sujeto a estudios técnicos	40
Suelo de protección	15
Uso comercial y de servicios	30

Fuente: Elaboración propia, 2015

El modelo de datos que se muestra a continuación es el resultado del nivel de vulnerabilidad utilizando como factor el uso del suelo urbano a través de la aplicación ModelBuilder. (Ver figura 4).

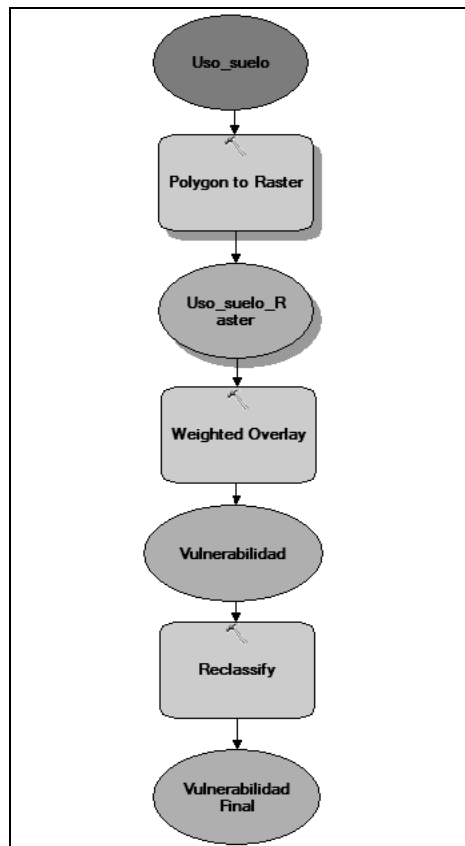


Figura. 4 Proceso para determinar la vulnerabilidad. ModelBuilder
Fuente: Elaboración propia, 2015.

1.2.3 Nivel de riesgo

El análisis de riesgo se fundamenta en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópica, analizados desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en el caso de formación o progreso de procesos de deslizamiento. Estas consecuencias deben analizarse no solamente para las áreas urbanizadas sino teniendo la posibilidad de ocupación de las áreas aledañas. Para la determinación de este se definió en la ecuación (3).

Continuando con la determinación de variables se muestra el modelo de datos utilizado para determinar el nivel de riesgo, el cual es producto de la amenaza y la vulnerabilidad de la siguiente manera: (Ver figura 5).

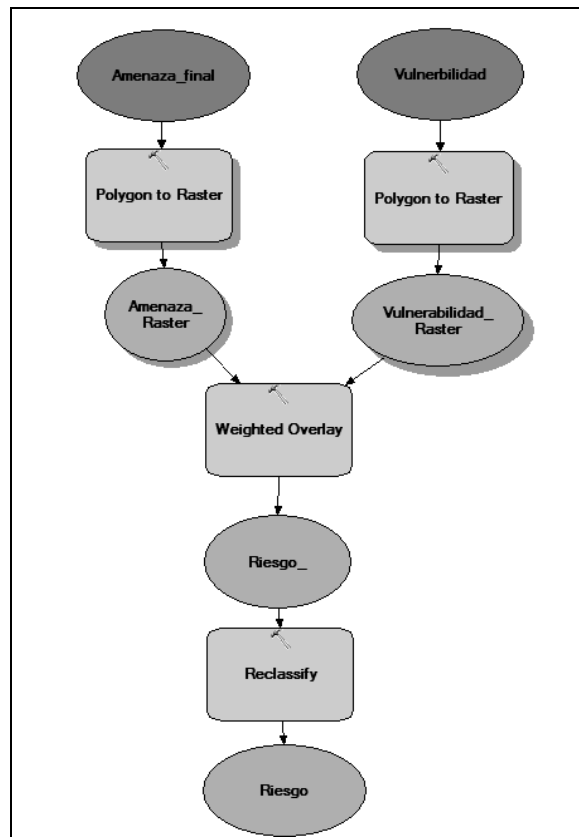


Figura. 5 Proceso para determinar el nivel del riesgo. ModelBuilder

Fuente: Elaboración propia, 2015.

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El resultado del escenario de riesgo para el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta se compone de la amenaza por deslizamiento y la vulnerabilidad del uso del suelo.

La determinación de las áreas críticas a deslizamientos fue el resultado de la sobreposición ponderada de los mapas de los indicadores propuestos a los cuales se les asignaron pesos relativos de acuerdo a la importancia que cada uno tiene sobre los deslizamientos. Los resultados de la sobreposición indican que el casco urbano presenta un 48% con amenaza baja este rango es el que predomina en el Municipio, es decir estas zonas no son favorables para que se produzca un deslizamiento debido a sus características propias ya estudiadas anteriormente, 6% con amenaza media podrán ser susceptible a los movimientos en masa asociado con el uso de la superficie, predominando en esta zona cobertura de rastrojo y pendientes moderadas, 12% con amenaza alta y 34% con amenaza muy alta es el restante del Municipio asociado a una pendiente ondulada a montañosa y a la pérdida de la poca vegetación impidiendo la retención del suelo por las raíces, predominando por ello la erosión. En la figura 6 se muestran los niveles de amenaza por deslizamiento y la figura 7 corresponde al mapa de estas amenazas.

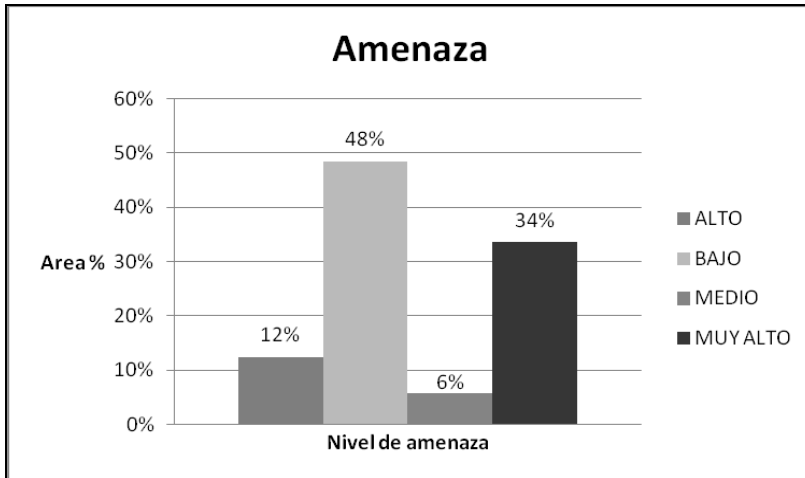


Figura. 6 Nivel de amenaza con base al porcentaje de área
Fuente: Elaboración propia, 2015.

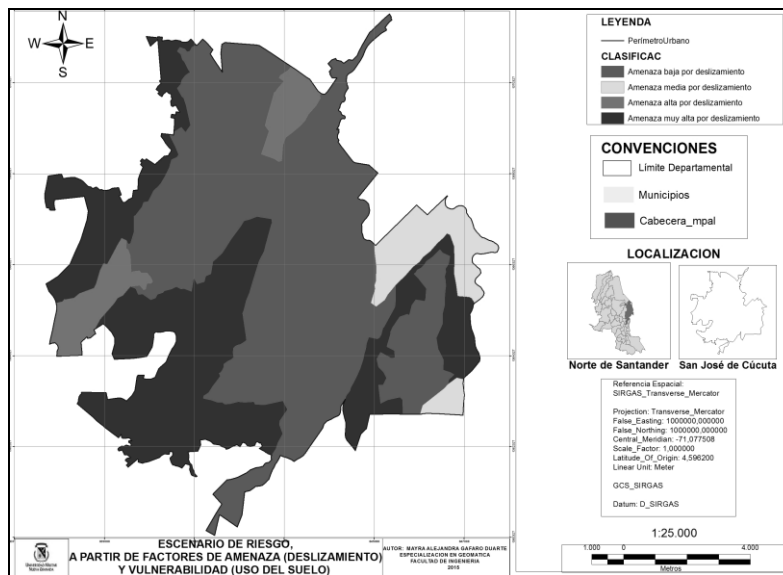


Figura. 7 Mapa de amenazas por deslizamientos
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Consecuentemente con el fin de mejorar el análisis de la amenaza, anteriormente descrita, y para alcanzar la percepción del riesgo desde el punto de vista de los daños que pueden ocasionarse a los elementos potencialmente afectables, se evalúa el concepto de vulnerabilidad.

Acorde a este estudio, el tipo de vulnerabilidad asociada al uso del suelo; se han agrupado las tipologías en términos de valores monetarios o por inversión en infraestructura esto considerando vulnerable aquel tipo de uso de suelo donde exista mayor atención de emergencia en orden de prioridad, debido a las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dicha amenaza y así mismo la inversión monetaria susceptible a sufrir algún daño ante un fenómeno natural peligroso.

En general el casco urbano presenta una vulnerabilidad muy alta 42% pues su estado de la estructura que se ubica en este rango la identifica como grave, debido a la utilidad que tienen estas áreas de uso residencial y sujetas a estudios técnicos ya que en caso de emergencia serían la prioridad de evacuación pues se verían involucradas muchas vidas humanas, 16% de vulnerabilidad alta constituida por los usos: comercial, servicios, dotacional e institucionales, la vulnerabilidad media 36% con áreas de uso industrial y por último la vulnerabilidad baja 6% cuenta con áreas de suelos de protección. Es de resaltar que todos los usos del suelo son de gran importancia en caso que exista una amenaza por la presencia de población. Se muestra en la figura 8 los rangos de vulnerabilidad y la figura 9 muestra el mapa de vulnerabilidad por el uso del suelo.

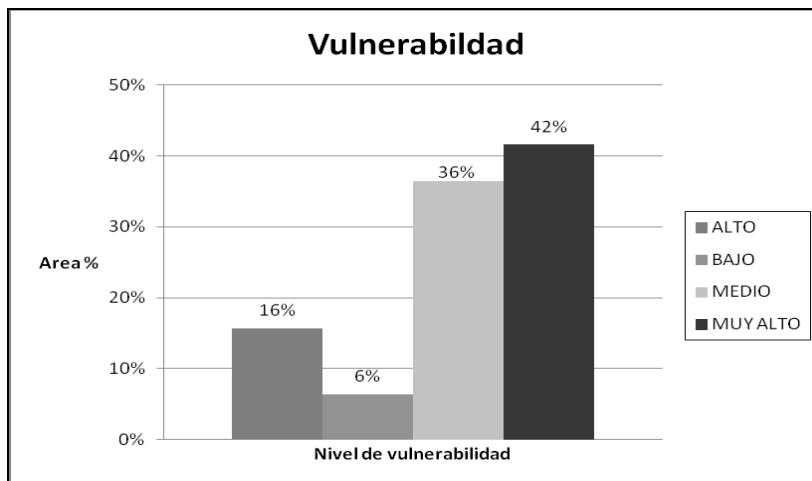


Figura. 8 Nivel de vulnerabilidad con base al porcentaje de área
Fuente: Elaboración propia, 2015.

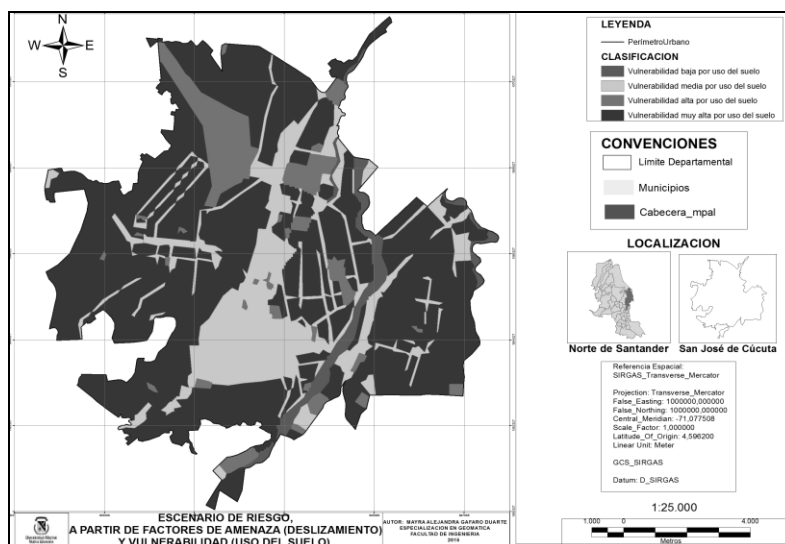


Figura. 9 Mapa de vulnerabilidad por el uso del suelo
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Cuando existe la incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un

proyecto puede resultar muy alto o se tiene que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas. En este contexto es necesario implementar medidas de prevención y de control sobre la problemática existente en razón a que la vida de los pobladores y sus bienes pueden traducirse en pérdidas a causa del tipo de amenaza estudiada anteriormente.

Conforme a lo mencionado, es fundamental analizar el riesgo del Municipio basado en tres pasos: la evaluación de la amenaza; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores.

El escenario de riesgo se determinó mediante el producto de las variables anteriores ya que la superposición de los mapas generados por cada una de estas incide en la obtención de valores que se asignaron a cada área del Municipio, para clasificarla; el resultado muestra que el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta presenta un 55% de área con nivel de riesgo bajo correspondiendo a áreas donde se encuentran las zonas de tipo residencial entre otras clasificaciones del uso del suelo; así mismo se presentan condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas que no son propensas a deslizamientos, un 6% con riesgo medio donde el uso del suelo se encuentra en un estado aceptable con zonas pavimentadas y su manejo socioambiental, ha sido admisible y 4% con riesgo alto y lo referente al riesgo muy alto 35% correspondiente a zonas donde se conjugan los fenómenos de remoción en masa con el uso del suelo, sumado a estas dos variables también se encuentra la localización de asentamientos con problemas de tenencia de la tierra en zonas no aptas para la urbanización; sin que las autoridades puedan controlar la situación, aumentando de esta manera el número de viviendas en zonas de riesgo; para este tipo de riesgo alto y muy alto se deben tomar medidas de mitigación y si es necesario de evacuación, convirtiéndose estas zonas propias de un estudio adicional que permita valorar sus alcances. A continuación en la figura 10 se detallan los rangos del nivel de riesgo y la figura 11 muestra el mapa de riesgo.

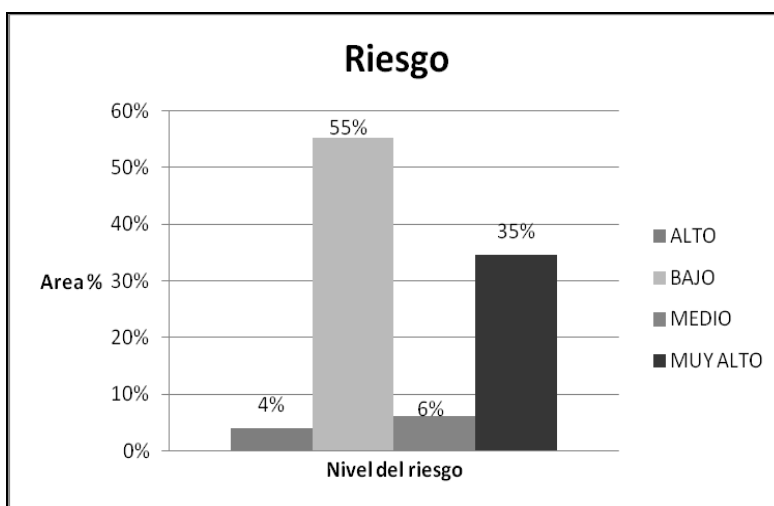


Figura. 10. Nivel de riesgo determinado a partir de la amenaza y la vulnerabilidad
Fuente: Elaboración propia, 2015.

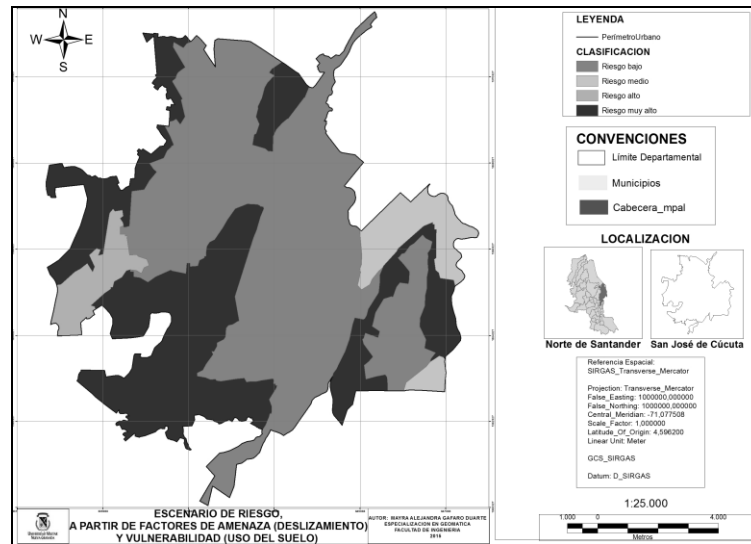


Figura. 11 Mapa de riesgo para el municipio de San José de Cúcuta
Fuente: Elaboración propia, 2015.

3. CONCLUSIONES

El área urbana del Municipio de San José de Cúcuta debido a su ubicación geográfica, su composición de pendientes, suelos y demás variables tienen una clara relación entre los agentes desencadenantes de movimientos por deslizamientos en masa, dando como vulnerable la población asentada allí y la infraestructura puede llegar a afectarse por dicho fenómeno, así como las actividades destinadas para dichos usos.

Las áreas de amenaza por deslizamiento se encuentran distribuidas espacialmente en todo el territorio municipal, observándose claramente las zonas donde el rango de amenaza bajo están ubicadas en el costado oriental-occidental, en la zona central, y en el extremo norte y sur, apreciándose una mancha continua; el rango medio es una pequeña porción del territorio con relieve moderado, mientras el rango alto y muy alto se ubica particularmente en los terrenos ubicados en el norte oeste y sur este del Municipio en donde las zonas presentan las más altas pendientes.

La exposición a los rangos de vulnerabilidad alta y muy alta, de las comunidades a deslizamientos en suelo con tipología uso residencial, comercial, servicios, dotacional e institucionales; indica la urgencia de implementar acciones concretas para reducir la misma y con ello el riesgo a desastres en la zona de estudio.

El involucrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) a este tipo de estudio, constituyó una herramienta útil, rápida y eficaz, pues con este fue posible, estructurar, analizar y presentar datos mediante la superposición de mapas temáticos, obteniendo los resultados anteriormente expuestos.

Las invasiones en las zonas de alto riesgo realizadas con conocimiento del riesgo por la población de otras regiones del país, inquietados por la ubicación en zona de frontera, genera conflictos para la administración municipal.

La carente planificación para el crecimiento del área urbana, permite, entre otras cosas; la generación y el desarrollo acelerado, de asentamientos poblacionales subnormales, que bajo la permisividad de las autoridades, surgen en áreas de alto riesgo, provocando además, desequilibrio ambiental y pone bajo inherente peligro, la vida de la población.

No solamente es identificar las zonas de riesgo del municipio, sino detener los correspondientes asentamientos en áreas de alto riesgo realizando constantemente los controles necesarios por parte de las autoridades competentes de dicho tema.

La identificación espacial de las zonas de riesgo es una propuesta para indagar sobre las medidas de planificación debido a que el rango medio clasificado podría convertirse en zonas de alta restricción y reglamentación del uso y manejo, en la cual se podría permitir cierto desarrollo de asentamientos humanos de baja densidad,

siempre y cuando se realicen estudios de riesgos detallados previos, que apliquen normas de construcción y obras de mitigación; el rango alto y muy alto podrán ser zonas de prohibición e intervención inmediata, por ser tierras no aptas para el desarrollo de asentamientos humanos ni de infraestructura importante u ocupados de forma permanente.

Los movimientos en masa que están asociados en su mayoría a intervenciones del hombre sobre el terreno para adecuarlo a las diferentes actividades relacionadas con satisfacción propia de sus necesidades, como lo es la construcción de viviendas, sumado al inadecuado manejo de las aguas residuales, de las de producción y las de riego, propician la aceleración de los procesos de transformación natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*.
- [2] Naciones Unidas. (2004). *Vivir con el Riesgo* (p. 139).
- [3] Urban Rafael. (2002). *Seismic hazard and vulnerability assessment in Turrialba , Costa Rica. Geo-Information Science*.
- [4] Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. (2002). *Estrategia de Fortalecimiento de la Ciencia , la Tecnología y la Educación para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres* (p. 16).
- [5] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD. (2012). *Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo Sistema Nacional de Gestión* (p. 47).
- [6] Alcaldía del Municipio San José de Cúcuta. (2011). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio San José de Cúcuta* (p. 356).
- [7] Mora C, S., & Vahrson, W.-G. (1994). *Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination*.
- [8] Malczewski, J. (2006). *GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science* (p. 726).
- [9] 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*.