

**ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA  
EGAL LIMA – PERÚ, 2013**

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN EL SECTOR DEL  
MORTIÑAL Y LOS CRISTALES EN SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA**

*Sandoval-Sierra Elisa Mercedes, Ruiz-Figueroa Daniel, Ruiz-Trullo Leonardo David.*  
*elisa0792@hotmail.com, danisac187@hotmail.com, leonardo\_ruiz11@hotmail.com*  
Estudiantes de Geografía. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

**RESUMEN**

El hombre, como los demás seres vivos, depende en gran medida del medio natural que los rodea. Es esencialmente la naturaleza la que da elementos necesarios para la existencia de la sociedad, al mismo tiempo que lleva consigo toda una gama de *amenazas*, y riesgos que también le afectan; estos son tanto de tipo natural como antrópicos.

En este trabajo se evalúa de manera preliminar el riesgo específico por remoción en masa en los sectores Mortiñal y Los Cristales, pertenecientes a la Comuna 19 ubicados cerca de la avenida circunvalar en la zona de ladera al noroccidente del municipio Santiago de Cali. Se caracterizó la amenaza (susceptibilidad) e identificó la Vulnerabilidad de los elementos expuestos. Se plantearon algunas acciones conducentes a reducir los posibles impactos sobre las comunidades asentadas en el sector.

La metodología empleada en este trabajo propone dos etapas. Primera: caracterizar la amenaza de remoción en masa (RM) en el sector, identificando el tipo de fenómeno, la frecuencia y los factores detonantes que inciden en el proceso. Con esto se obtiene un primer producto correspondiente a las áreas de amenaza del sector, representado en un mapa de zonas propensas a la remoción en masa. Y segunda, se caracteriza la vulnerabilidad considerando la exposición y la fragilidad de las estructuras y los elementos corporales. En este caso, se determinan la vulnerabilidad física y social.

Para la vulnerabilidad física de las estructuras se tuvo en cuenta su localización en función a la susceptibilidad, el tipo de vivienda y materiales; para lo social se consideraron variables como ingresos familiares, estrato socioeconómico, nivel de escolaridad, tenencia de seguro, equipamientos de la población ante la amenaza. A partir de los posibles impactos, se determinó las medidas de mitigación y prevención.

Para realizar este trabajo se utilizó información primaria y secundaria. Primaria con trabajo de campo en el área de estudio, para reconocer e identificar cambios en el paisaje por RM; acompañado de encuestas a la población con aspectos como integrantes de la familia, tipo de vivienda, medidas de prevención en la zona, la reacción ante eventos de RM, entre otros. Secundaria a partir de datos históricos de los procesos que han ocurrido en el sector.

**INTRODUCCIÓN**

Muchas ciudades del mundo viven en situaciones sociales y económicas desfavorables, que los llevan desde la marginalidad hasta la exclusión total, afectados también por los desplazamientos que obligan una reubicación de la población a nuevos espacios, esto genera exposición en los asentamientos en áreas de alto riesgo.

Esta situación se ve en muchas partes del mundo, inclusive en la ladera de la ciudad de Santiago de Cali que están sufriendo un proceso acelerado de deterioro y erosión debido a las actividades antrópicas, tales como quemas, urbanizaciones que cambian el territorio poniendo en evidencia la influencia de la variable de la riqueza y, el ingreso y el beneficio social en el análisis del entorno sociopolítico y económico de los desastres.

Por estas condiciones, el hombre desarrolla un sistema de adaptación al medio de una manera informal, sin contemplar el riesgo al que se enfrenta; solo cuando los sucesos naturales exceden la capacidad de los sistemas sociales, se pone en evidencia la falta de adaptación y los límites de la eficacia de los sistemas que se hayan aplicado para evitar algún desastre.

En este trabajo se pretende evaluar los riesgos por remoción en masa en la ladera del municipio de Santiago de Cali, Colombia, específicamente en el sector del Mortiñal y los Cristales sobre la Avenida Circunvalar, ubicada en la comuna 19. Para esto, se hizo una revisión teórico-conceptual del riesgo, amenaza, vulnerabilidad y proceso de Remoción en Masa, se da la pauta para caracterizar la amenaza, la vulnerabilidad presente en el área de estudio y con estas dos variables, caracterizar el riesgo en el área de estudio. Finalmente se plantearon algunas acciones que permitieron reducir los posibles impactos a sufrir por las comunidades asentadas en este sector.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el riesgo por remoción en masa en el sector del Mortiñal y los Cristales, y los impactos a sufrir por las comunidades asentadas en este sector.

### **Específicos**

- Caracterizar la amenaza por Remoción en Masa en el sector del Mortiñal y los Cristales.
- Identificar la vulnerabilidad del sector del Mortiñal y los Cristales.
- Generar medidas de prevención y mitigación para el sector del Mortiñal y Los Cristales.

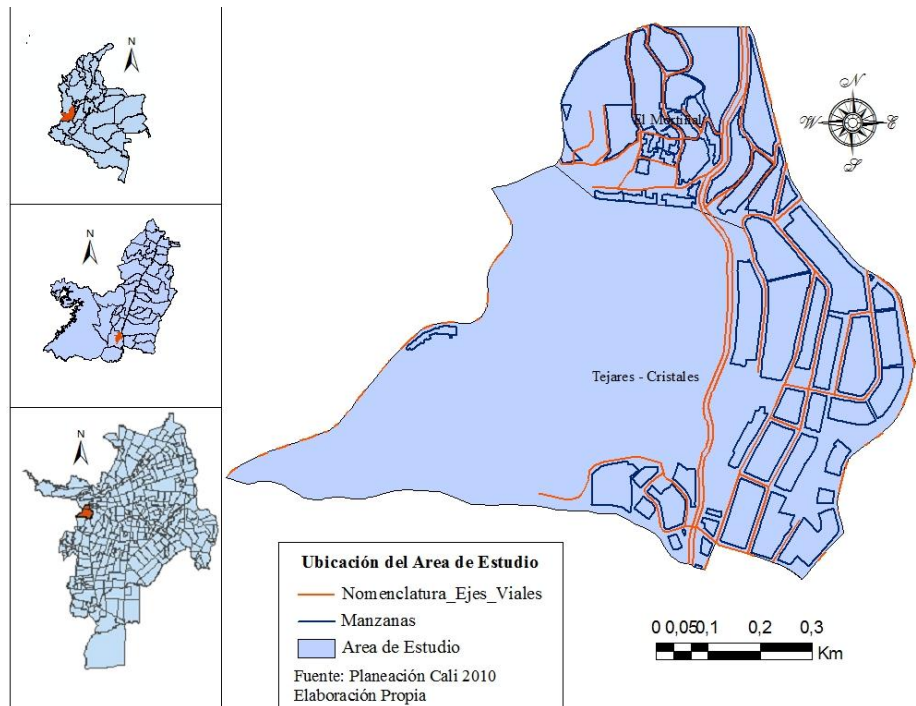
## **ÁREA DE ESTUDIO**

Está ubicada al costado occidental del municipio de Santiago de Cali específicamente en el sector de Mortiñal y los Cristales, costado izquierdo de la avenida circunvalar, una de las principales vías de la ciudad, en la comuna 19 (Figura 1). Esta comuna esta representada por 98.257 habitantes. El área de estudio pertenece al 5% del total de la comuna y esta ubicada en el barrio el Mortiñal, la cual pertenece al estrato Bajo con 4.900 habitantes.

En el área de estudio predominan tres factores que influyen en el proceso de la remoción en masa y son: topográfico, antrópicos y climáticos.

- **Topográfico:** Esta zona es montañosa y tiene pendientes muy inclinadas.
- **Antrópicos:** La construcción de la Avenida Circunvalar, lo que genero un cambio en el angulo de la pendiente, por tanto se creó un desequilibrio en el talud de la ladera acelerando el proceso de remosion en masa y por otro lado la construcción de viviendas en áreas no adecuadas que aceleran el proceso de remoción en masa.

- **Climáticos:** Cuando caen fuertes precipitaciones provocan deslizamientos en la zona por una sobrecarga en el terreno que desestabilizan la montaña. Además, los incendios forestales ocasionan una pérdida de agua en el terreno generando grietas e inestabilidad en el terreno



**Figura 1.** Localización del Área de Estudio

## MARCO TEÓRICO

### RIESGO.

El riesgo aparece cuando en un mismo territorio y en un mismo tiempo, coinciden eventos amenazantes que pueden ser de origen natural o creados por el hombre, con unas condiciones de vulnerabilidad dadas. Así, el riesgo es una situación derivada del proceso de desarrollo histórico de las comunidades que ha conducido a la construcción y ubicación de infraestructura pública o privada de forma inapropiada con relación a la oferta ambiental del territorio. Teóricamente, el riesgo se estima como la magnitud esperada de un daño, que presenta un elemento o sistema, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Se evalúa en términos de pérdidas y daños físicos, económicos, sociales y ambientales que podrían presentarse si ocurre el evento amenazante. El riesgo alude a una situación latente o potencial y por lo tanto es posible intervenirlo actuando sobre sus elementos constitutivos (conocidos como la Amenaza y la Vulnerabilidad), con el fin de evitarlo o de reducir el nivel esperado de pérdidas y daños. Estas actuaciones hacen parte de una serie de acciones, iniciativas y procedimientos que constituyen la denominada Gestión del Riesgo.

## AMENAZA.

La amenaza se define como “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado”<sup>1</sup>. Estas pueden ser:

- **Naturales** que hacen referencia a los fenómenos de formación y transformación del planeta y se caracterizan porque el ser humano no puede incidir ni en su ocurrencia ni en su magnitud, y teóricamente tampoco en su control.
- **Antrópicas**, hacen referencia a desequilibrios generados por la actividad humana. Se refieren a la polución, contaminación química, uso de tecnologías inadecuadas, enfermedades infecciosas, accidentes industriales. etc
- **Socio-naturales** hace referencia a fenómenos amenazantes derivados de la degradación ambiental, la cual actúa como catalizador de procesos naturales, haciendo que estos se presenten con mayor recurrencia o con mayor intensidad. Por ejemplo la deforestación generada por uso inadecuado del territorio (social) que junto con las lluvias incrementa el riesgo de deslizamientos.

Para dimensionar los efectos de una amenaza es necesario conocer:

1. Dónde surgen y cómo evolucionan: área de afectación, intensidad, duración, frecuencia o recurrencia, evento detonante y concatenación con otras amenazas.
2. Probabilidad de manifestarse y magnitud: periodos de retorno, severidad o magnitud, antecedentes históricos.
3. Mecanismos físicos de destrucción: efectos probables sobre la infraestructura y equipamientos, efectos sobre el medio ambiente.

Cuando un proceso natural o inducido por el hombre es de magnitud baja o moderada y representa una amenaza, la sociedad está en capacidad de intervenir para controlarlo mediante el uso de las técnicas de ingeniería como es el caso de las obras de estabilización de taludes y la canalización de corrientes que se construyen como obras de protección de una comunidad determinada.

En la región andina colombiana, por lo abrupto de las montañas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteóricos (lluvias, vientos y cambios de temperatura), hacen que exista una alta susceptibilidad a la acción de eventos como deslizamientos y avalanchas. Aunque estos eventos se presentan en zonas muy específicas y por lo general con una pequeña área de influencia, ocasionan pérdidas humanas y materiales, obstrucción y congestión en los servicios vitales básicos, colapso o la seria deformación de edificaciones, estructuras o establecimientos debido a la fuerza extrema causada por el deslizamiento. Son después de las inundaciones, los fenómenos más frecuentes en el país.

## VULNERABILIDAD.

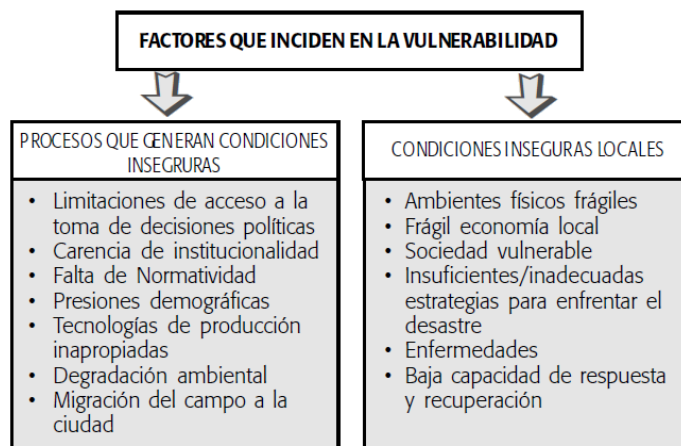
Según la guía ambiental<sup>1</sup> para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal, el concepto de vulnerabilidad hace referencia tanto a la susceptibilidad de un sistema social de ser afectado por una amenaza como a

---

<sup>1</sup>Departamento Nacional de Planeación. Guía Ambiental, para evitar y corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. 2005

la capacidad del mismo sistema de sobreponerse luego de la afectación. Para Wilches Chauz este concepto es relativo y es un proceso dinámico, y se debe analizar frente a las condiciones particulares de cada comunidad. “Ya que la vulnerabilidad es la condición en virtud de la cual la población queda expuesta o en peligro de resultar afectada por un fenómeno”.<sup>2</sup> Igualmente, está siempre se debe evaluar específicamente frente a cada amenaza específica, pues la Vulnerabilidad no actúa de la misma manera para cada amenaza en particular. La existencia de riesgos y la ocurrencia de desastres “no sólo está determinada por la amenaza de que se presente un fenómeno peligroso de origen natural o humano, sino, principalmente, por la existencia de condiciones sociales vulnerables en las poblaciones”<sup>2</sup> donde se presenta en fenómeno.

Sobre la vulnerabilidad actúan factores físicos, políticos, educativos, ideológicos, culturales, institucionales y organizativos, su combinación e interrelación constituye la vulnerabilidad global; es un proceso complejo y dinámico (ver figura 2). Las acciones que se implementen desde la Gestión del riesgo deben conducir a disminuir la vulnerabilidad global de las comunidades generando mayores niveles de seguridad y de desarrollo.



**Figura 2:** Factores que inciden en la Vulnerabilidad  
(Tomado de: Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial, 2005).

Es necesario señalar que la amenaza y la vulnerabilidad se deben evaluar necesariamente uno en relación con el otro, ya que ninguno puede concebirse de forma independiente (no existe amenaza sin vulnerabilidad, ni vulnerabilidad sin amenaza) los diferentes niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos a un evento, determinan el carácter selectivo de las consecuencias de dicho evento y crean condiciones de riesgo propias que se materializan en el escenario de desastre.

**El cálculo de la Vulnerabilidad:** la vulnerabilidad de los diferentes elementos expuestos depende de los niveles de exigencia o intensidad y del tipo de impacto que cada fenómeno puede generar, por lo tanto los elementos no son vulnerables por si sino frente a cada fenómeno y dependiendo de su intensidad. Por ejemplo, una vivienda de madera construida con materiales livianos, con anclajes y amarres adecuados puede ser poco vulnerable frente a los sismos, pero altamente vulnerable frente a los incendios.

<sup>2</sup> Chauz, Wilches. 1998. Guía de la Red para la gestión Local del Riesgo. Auge, Caída y Levantamiento de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o yo Voy a correr el Riesgo.

## REMOCIÓN EN MASA.

La remoción en masa es un proceso natural que sucede por las características del terreno como su topografía pendientes demasiado empinadas por su geología, en donde sus materiales no son lo suficientemente consolidados, y esto asociado a los efectos de la gravedad origina los movimientos en masa. Pero hay factores detonantes tanto naturales como antrópicos que propician o aceleran los procesos en remoción en masa (Tabla 1). Generalmente están relacionados con pendientes abruptas e inestables, pero también ocurren en terrenos casi llanos si se dan las condiciones geológicas adecuadas.

**Tabla 1.** Factores que influyen en el proceso de remoción en masa.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	CAUSAS
Ángulo de la pendiente	Cambios en el ángulo de la pendiente acelera el deslizamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Socabamiento por corrientes</li><li>• Acción de las olas</li><li>• Excavaciones para vías</li><li>• Edificaciones en laderas</li></ul>
Intemperismo y clima	El desgaste físico y químico de rocas facilita el deslizamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Liberación de presiones</li><li>• Expansión y contracción térmica</li><li>• Actividad de los organismos</li></ul>
Cambios en la vegetación	La vegetación absorbe el agua y disminuye la saturación de humedad. Las raíces estabilizan la pendiente	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesos naturales</li><li>• Actividad Humana</li><li>• Incendios forestales</li></ul>
Sobrecarga	El peso adicional aumenta la presión del agua y reduce la fuerza de resistencia al corte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Actividades humanas (acumulaciones, llenados, apilamiento de material)</li></ul>

Tomado de: Salcedo, Elkin. Apuntes de Clase de Geodinámica. Nov del 2010

Los fenómenos de remoción en masa de tipo Natural está dada por la infiltración y saturación del suelo por el agua a partir de lluvias muy fuertes o prolongadas, o por la ocurrencia de movimientos sísmicos. Las antrópicas están dadas por la deforestación para diferentes actividades del hombre como la agricultura, la explotación minera, la urbanización con la construcción de viviendas y vías.

## EVALUACIÓN Y CÁLCULO DEL RIESGO.

Según el ministerio de medio ambiente el calculo es el resultado de relacionar los dos parámetros anteriores amenaza y vulnerabilidad; los cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo<sup>3</sup>. Por su parte el cálculo, consiste en la cuantificación de la afectación de personas (perjuicios), infraestructura (daños) y actividades socioeconómicas y culturales del municipio (perturbaciones) que se pueden plasmar en mapas, matrices, etc, que indican las categorías de riesgo (alto, medio y bajo). Estos análisis por ser tan específicos deben realizarse a escalas detalladas, y se utilizan para:

- Definir zonas prioritarias de intervención.
- Inferir la interacción que puede producir un evento (remoción en masa) con las zonas desarrolladas y/o de futuro desarrollo en los límites definidos como expuestos de acuerdo a las características definidas en la evaluación de amenaza y el análisis de vulnerabilidad de los elementos.

<sup>3</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía 1 Metodológica. Incorporación de la Prevención y la reducción de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial. Bogotá. 2005

- La mitigabilidad o no-mitigabilidad del riesgo, lo cual es indispensable con el fin de determinar las acciones a adelantar. Es necesario que los análisis de riesgo planteen medidas de mitigación a corto, mediano y largo plazo, y la ejecución de obras y acciones.

## **ANTECEDENTES DEL SECTOR.**

La Avenida Circunvalar se empezó a ejecutar en 1998. Aunque debió entregarse en ocho meses, la vía tardó tres años en construirse. Todavía queda pendiente las obras de drenaje y corrección de taludes. La inversión en el proyecto superó en un 70% lo que estaba presupuestado. En julio del 2003 se presentó un derrumbe en la Avenida Circunvalar que obligó al cierre del tramo norte-sur por más de seis meses. Para lograr recuperar el tramo y normalizar el paso de los vehículos se invirtieron cerca de cinco mil millones de pesos(2.800.000 USD). De acuerdo con cálculos realizados por técnicos de la Contraloría Municipal, en agosto del 2012, se requieren diez mil millones de pesos (5.600.000 USD) para hacer obras de corrección y protección en la vía.

La Asociación de Ingenieros del Valle, AIV, planteó la necesidad de realizar un nuevo estudio geológico de la zona, que permita obtener una respuesta definitiva para evitar nuevos deslizamientos de tierra.

## **METODOLOGÍA**

El Trabajo inicia con una revisión teórico-conceptual del riesgo, amenaza, vulnerabilidad y proceso de Remoción en Masa, el cual dará la pauta para empezar, seguido por un esquema metodológico planteado para el estudio (Grafico 1).

Se escogió la variable de la remoción en masa en el sector del Mortiñal y los Cristales sobre la Avenida Circunvalar en el municipio de Santiago de Cali, posteriormente se procede a hacer un reconocimiento y análisis del lugar identificando y caracterizando la amenaza y vulnerabilidad del sector. Con este análisis se realizaron encuestas a la población del sector (Anexo 1), se tuvo en cuenta número de Integrantes en la familia, tipo de vivienda, conocimiento sobre la ubicación del barrio en una zona amenazada por fenómenos naturales o antrópicos, medidas de prevención en la zona a la RM, reacciones de ellos ante un proceso de RM, cambios que hayan observado en el paisaje y si tenían algún conocimiento sobre los riesgos por RM dado por el gobierno u otra entidad. Con esta información se identificó la situación actual del riesgo en esta zona en forma cualitativa tomando Riesgo alto, medio y bajo, dando como resultado un mapa de las zonas de riesgo del sector. Finalmente se generaron alternativas para mitigar la remoción en masa.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **AMENAZA DE LA REMOCIÓN EN MASA EN EL SECTOR EL MORTIÑAL Y LOS CRISTALES.**

#### **Geología.**

La geología de un sitio tiene gran influencia como factor determinante de inestabilidad. De manera inicial se incluyen dos campos para la litología. La geología del sitio en proceso de RM no sólo es importante por el tipo de roca que está involucrado, sino también por su disposición estratigráfica. Si el lecho rocoso subyacente presenta superficies por las que se pueda deslizar el material, se incrementa el potencial de ocurrencia de un movimiento. Para este campo se usó la cartografía base de Ingeominas (2005). En el área de estudio principalmente se encuentran tres unidades de origen denudacional y una unidad de origen antrópico. (Figura 3).

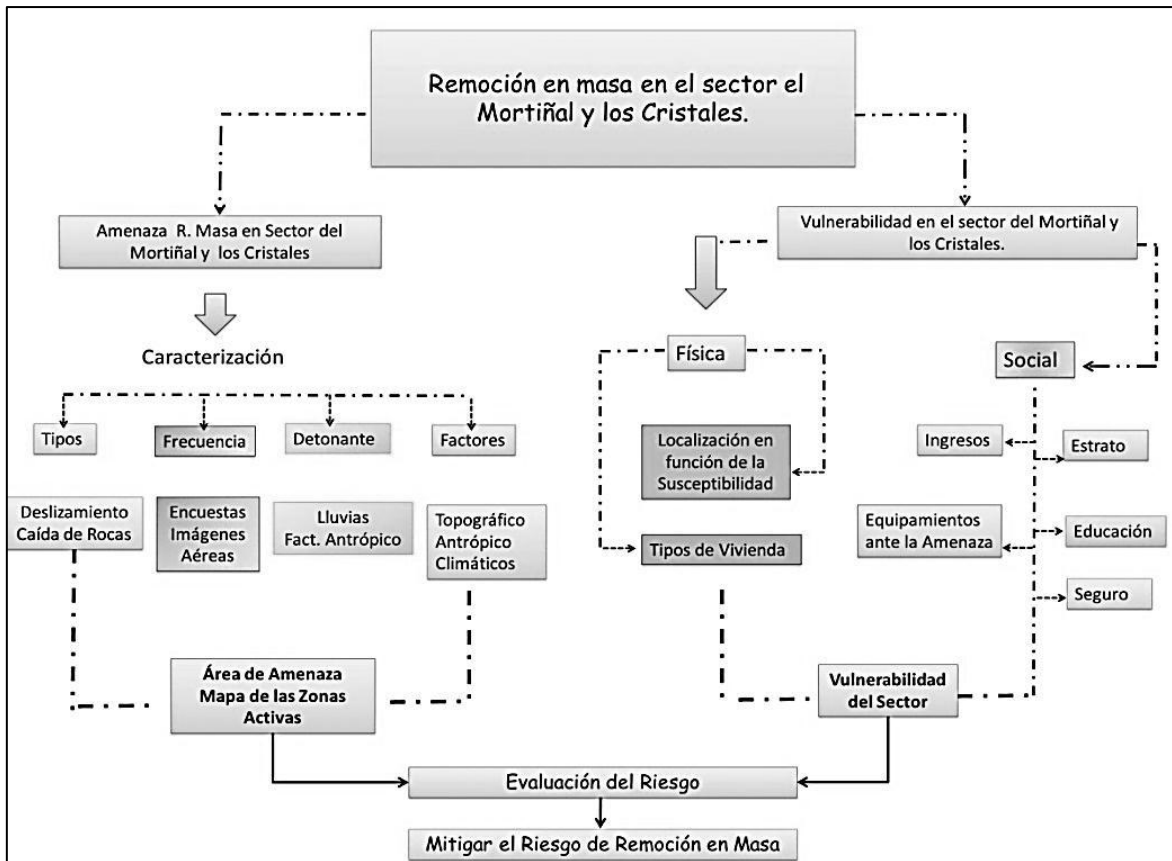


Grafico 1. Metodología planteada para el estudio.

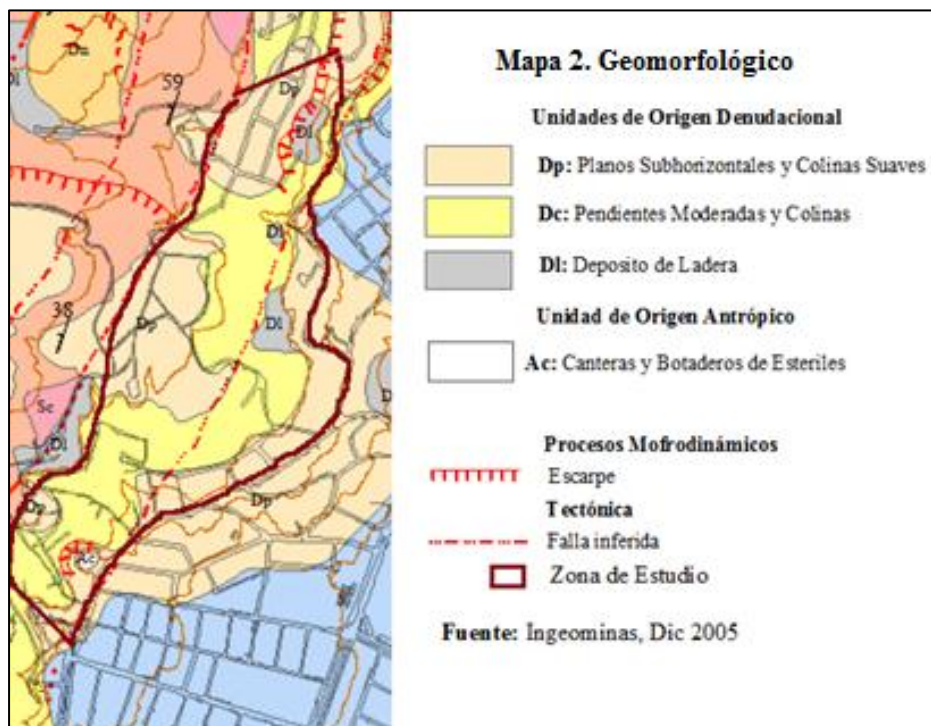


Figura 3. Geomorfología del Área de Estudio

Según este mapa y el estudio de Microzonificación sísmica de Santiago de Cali (Ingeominas,2005), el área de estudio presenta: *unidades de Origen denudacional*. Son Geofomas producto de la



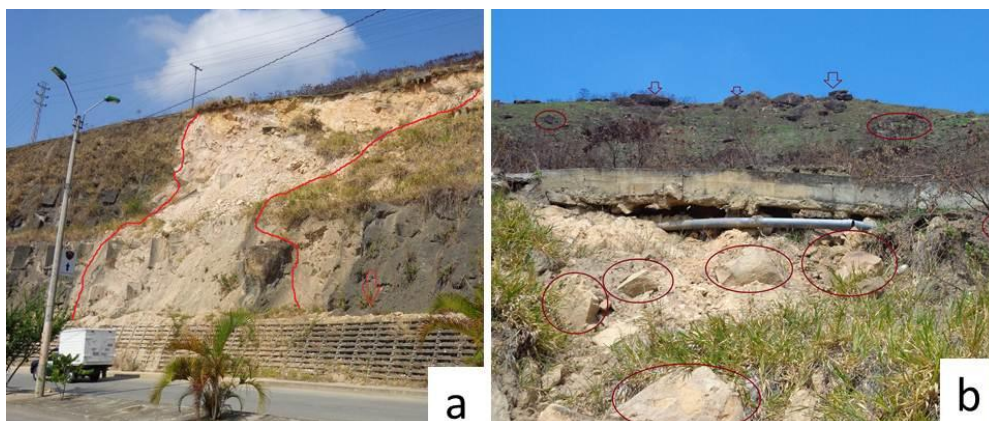
acción climática que degrada el terreno montañoso, lo que meteoriza y desgasta hasta producir depósitos de ladera y morfologías denudadas de expresión redondeada a relativamente suave. Estas son desarrolladas por la acción de procesos exógenos (meteorización y erosión). Y *unidades de Origen Antrópico*. Corresponde a las geoformas asociadas a zonas de canteras donde se realiza extracción de material principalmente de la formación volcánica. Dentro de esta unidad también se incluyen áreas de botaderos de basura, desechos o estériles provenientes de la explotación minera (carbón) y de la construcción. Este último como lo es el caso de el área de estudio.

Los Procesos Morfodinámicos desde un punto de vista estructural en el área de estudio están dados por una falla interferida, esta roca corta el terreno abruptamente adoptando la forma de una corona, lo que irrumpe la continuidad de una parte de paisaje en el área de estudio.

De acuerdo con el estudio de Microzonificación Sísmica para Santiago de Cali 2005, el área de estudio pertenece a cerros de suelo coluvial. Según Mosquera *et al.* (2010), estos depósitos son producto de “las acumulaciones constituidas por materiales de varios tamaños pero con una litología homogénea englobadas en una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en las montañas. Estos suelos se caracterizan por tener gravas angulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente” estos depósitos se pueden originar por formaciones en la base de laderas, transportados por gravedad (erosión y transporte de agua no canalizada). También se presentan depósitos antrópicos que según el diccionario de geotecnia (Hoyos, 2001), es la acumulación artificial de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o una mezcla de ellos.

#### Procesos de Remoción en Masa.

Los deslizamientos son movimientos de arrastre de materiales, representan movimientos de una masa relativamente pequeña con límites bien definidos este caso se presenta en el área de estudio. El tipo de remoción en masa que se encuentra en el área de estudio, es de deslizamientos de tierra como se observa en la Figura 5 (a) y deslizamiento de rocas (b). Estos tipos de RM se encuentran en nuestra área de estudio, específicamente al límite con la Avenida Circunvalar como dentro del barrio del Mortiñal.



**Figura 4.** Tipos de remoción en masa **a.** Deslizamiento de tierra; **b.** Deslizamiento de rocas

Según el mapa geológico (Alvares y Tenjo, 1971), con adaptaciones según el OSSO (1996) de la Macro zonificación de los terrenos de Cali. El área de estudio está caracterizada por presentar terrenos rocosos sobre laderas de la cordillera Occidental. El movimiento de los materiales de deslizamiento en el área de estudio son pendiente abajo, esto se inicia por encontrarse con una notable sobrecarga a causa de la sobresaturación de agua y la influencia de construcciones en esta

area. Su movimiento es lento y es frecuente en orillas de vías de comunicación como la Avenida Circunvalar. Según el geólogo Almeira (Periódico el Pais, 2006), afirma que la avenida circunvalar esta construida sobre una geología compleja de rocas sedimentarias dispuestas en capas una sobre otra, por lo que es más susceptible a los deslizamientos. Para prevenir la RM en este sector, actualmente se han tomado medidas de prevención en las cuales se presentan los muros de contención en concreto (Figura 5 a) y en guadua (*Guadua angustifolia* Kunth, b) para la construcción de canales de aguas lluvias.



**Figura 5.** Prevención con muros para la RM. **a.** Muros de contención en concreto; **b.** Muros de contención en Guadua.

El crecimiento poblacional y los desplazamientos de la población rural, genera una gran demanda de vivienda y escasos de tierra, por lo tanto las familias construyen en zonas de ladera de alto riesgo y en la mayoría con materiales de mala calidad, provocando pérdidas cuando ocurren desastres naturales.

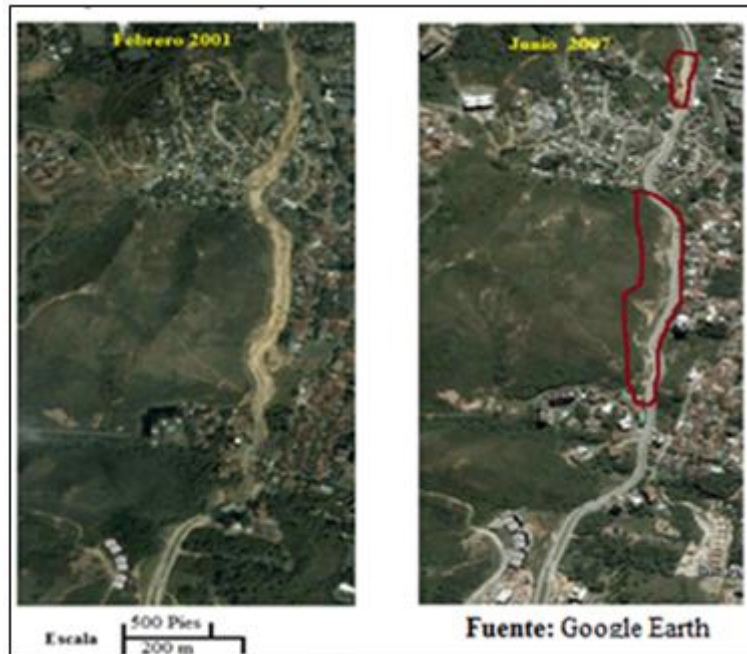
La intervención del factor antrópico en el área de estudio como lo es la construcción de viviendas, la quema y las lluvias, la construcción de la Avenida Circunvalar, generan una inestabilidad en el terreno, así por ejemplo, la quema hace que el suelo pierda agua y cambie su textura, permitiendo una fácil infiltración de agua al suelo. También se pierde diversidad vegetal, actuando ésta como conservador y protector del suelo contra la erosión, la construcción de la Avenida Circunvalar ocasiono un desequilibrio en el talud de la montaña. Estos factores son algunos de los que aceleran el proceso de Remoción en Masa.

### **Análisis Multitemporal.**

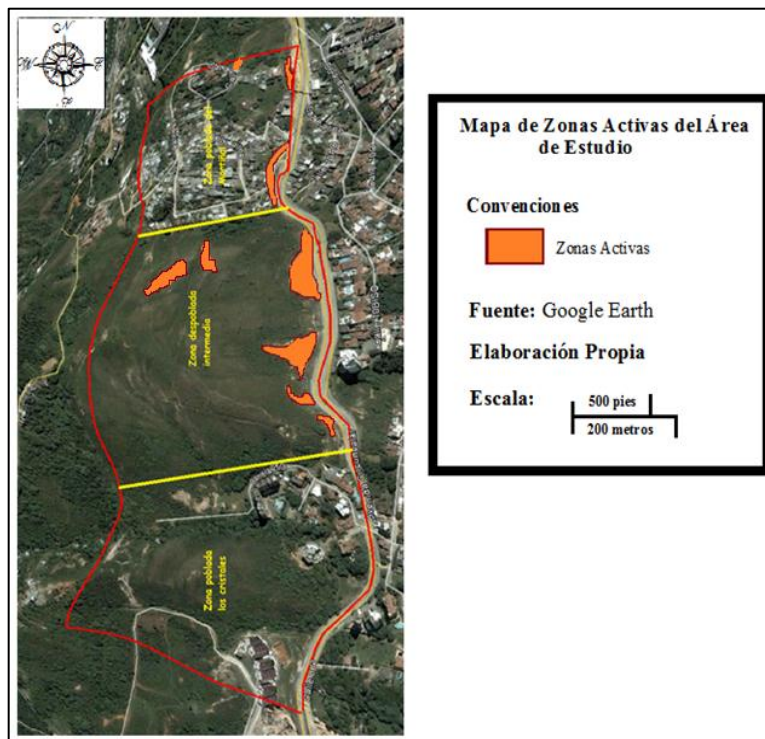
Se realizó un estudio de análisis multitemporal de cambios en el suelo por erosión en el área de estudio (Figura 6), Usando el periodo comprendido en los años de 2001 y 2007, para lo cual se implementó el análisis de fotointerpretación y análisis de las imágenes satelitales.

Las imágenes usadas fueron imágenes satelitales de Google Earth, Se escogió el 2001 ya que en esta época inició la construcción de la Avenida Circunvalar, siendo un gran detonante para el proceso de Remoción en Masa. Se demarcó el área donde se ven los cambios siendo un criterio para desarrollar el mapa de Zonas Activas (Figura 7).

Como producto del análisis de la imagen multitemporal y lo visto en el recorrido de campo, se generó el mapa de Zonas Activas de procesos morfodinámicos del área de estudio, ya que se ve claramente una serie de acciones sucesivas a través de las cuales los agentes morfogenéticos en este caso los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie (Figura 7).



**Figura 6.** Analisis Multitemporal del área de estudio. Erosion del Suelo. Línea en rojo (derecha), presencia de movimiento en remoción en masa.



**Figura 7:** Zonas Activas. Procesos Morfodinamicos Área de Estudio.

El mapa contiene las áreas de zonas activas las cuales están determinadas por la interpretación de imagen satelital y con información recogida en la salida de campo. Se nota claramente que esta zona activa esta presente en la zona intermedia y la zona del Mortiñal, siendo está ultima la más afectada. Además se ve que antes de la construcción de la vía no habían procesos de remoción en

masa en el sector señalado y pasando los seis años se presentan fenómenos de remoción en masa claramente visibles en la imagen.

## ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD EN EL SECTOR EL MORTIÑAL Y LOS CRISTALES.

### Vulnerabilidad física.

Para analizar esta variable se dividió el sector en 3 zonas: zona poblada de los Cristales, zona poblada del Mortiñal y zona despoblada intermedia (Figura 8).



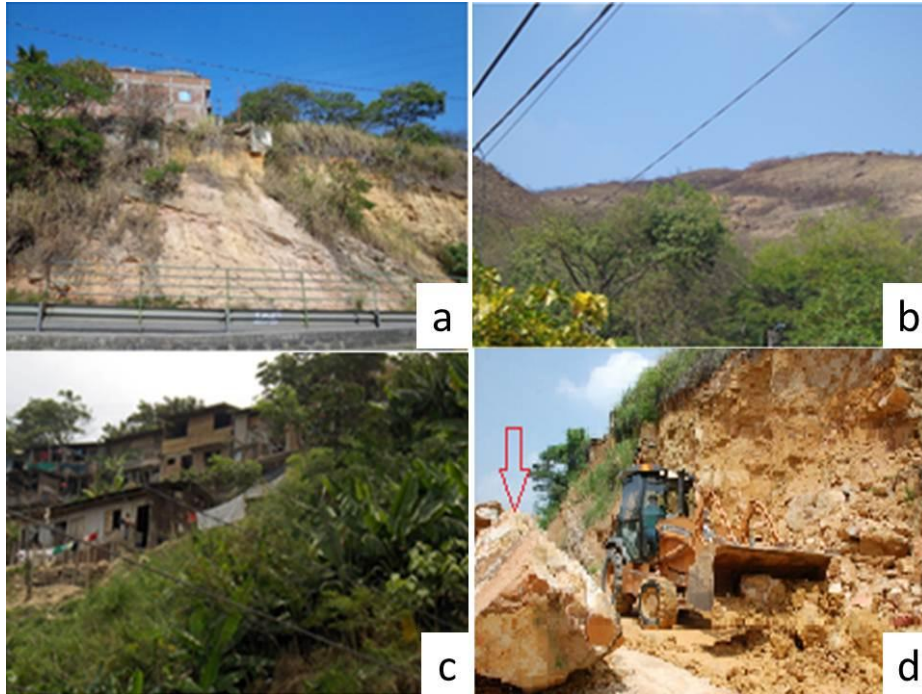
Figura 8. Mapa de las Zonas del área de Estudio

**Zona poblada de los Cristales.** Ésta zona es la que presenta el menor factor de amenaza, ya que el terreno evidencia una buena estabilidad y compactación del suelo por ende su riesgo de un evento de remoción en masa es menor que el de las otras zonas (Figura 9)



Figura 9. Zona poblada los Cristales. Izq.Zona Poblada de los Cristales; Der.Compactación del suelo.

**Zona poblada del Mortiñal.** Ésta zona es la que presenta un alto factor de amenaza dado que el terreno presenta alta inestabilidad en el suelo debido a la escorrentía de las aguas lluvias, a la infiltración y a la erosión del suelo por la eliminación de la capa vegetal para construir viviendas, también el factor antrópico de asentamiento en este sector incrementa el riesgo, dado que las construcciones se encuentran en áreas no aptas para éstas, y también el tipo de viviendas y los materiales usados para la construcción, todo esto incrementado por la construcción de la avenida Circunvalar, la cual género un suelo inestable, propenso a grandes desprendimientos de suelo y rocas (Figura 10).



**Figura 10.** Zona poblada del Mortifinal. **a.** Construcción de viviendas en áreas no aptas. **b.** Incendios. Pérdida de cobertura vegetal. **c.** Tipo de construcción de las viviendas. **d.** Deslizamientos de grandes rocas.

**Zona despoblada intermedia.** Presenta un alto factor de amenaza. Se evidencia suelo desnudo (Figura 11) causados por la erosión debido a la quema de la capa vegetal, y la deficiente canalización de las aguas de escorrentía, produciendo un debilitamiento de la estructura del suelo. Se vislumbran procesos de meteorización, aumentando la inestabilidad del área, dando como resultado deslizamientos lento de la tierra creando coronas de derrumbes (deslizamientos) fácilmente visibles al apreciar la montaña; además, se observa que las obras de mitigación realizadas en el área son ineficientes e insuficientes, cabe recalcar que esta es una zona despoblada donde la mayor implicación en un fenómeno de remoción en masa (que son muy frecuentes en este sector aproximadamente uno por año ) es en la avenida Circunvalar, siendo ésta una vía muy importante de la ciudad comunicando norte y el sur de la ciudad, presentando un alto flujo vehicular.

La construcción de la vía circunvalar generó un corte en la ladera que la desestabilizó cambiando el ángulo de la pendiente. Este corte está más en favorabilidad de la vía que de la población. Según las encuestas que se realizó a la población los deslizamientos en esta zona empezaron a generarse por las construcciones de la vía. Para prevenir estos deslizamientos han creado unas obras de mitigación: muros de contención de tipo escalonados, simples, en guadua; canales y escalones de agua para cambiar y aprovechar de que caiga bien el agua y no se infiltre en el suelo para evitar deslizamientos.

### **Vulnerabilidad social.**


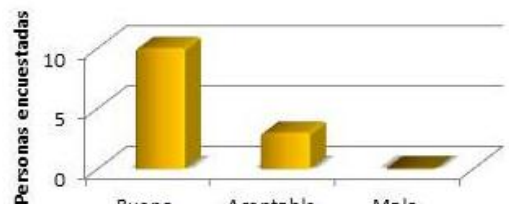
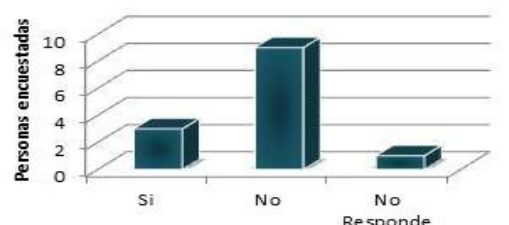
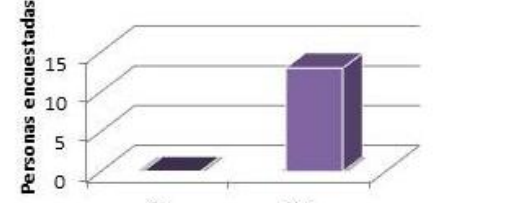
Para analizar esta variable, se encuestaron a 14 personas del sector, escogidas de forma aleatoria. La encuesta fue de tipo cualitativo y cuantitativo (Anexo 1). Teniendo los siguientes resultados (Tabla 2):



**Figura 11.** Zona despoblada intermedia. Obras de mitigación realizadas en esta zona para prevenir la RM. **a** y **b**. Muros de contención de forma escalonada. **c** y **d**. Canales de agua. **e**. Coronas de remoción y **f**. Meteorización.

**Tabla 2.** Vulnerabilidad social en la zona de estudio.

	Descripción	Gráfica												
<b>Riesgo según la percepción de la población</b>	En el nivel de riesgo según la percepción de la población el 69% de la población encuestada clasificó su casa con un nivel de riesgo bajo. Un 16% como Medio y el 15% restante con un nivel alto.	<table border="1"> <caption>Nivel de Riesgo</caption> <thead> <tr> <th>Nivel de Riesgo</th> <th>Personas encuestadas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo (1-3)</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Medio (4-7)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Alto (8-10)</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de Riesgo	Personas encuestadas	Bajo (1-3)	10	Medio (4-7)	3	Alto (8-10)	3				
Nivel de Riesgo	Personas encuestadas													
Bajo (1-3)	10													
Medio (4-7)	3													
Alto (8-10)	3													
<b>Nivel de escolaridad</b>	El nivel de escolaridad de la población de la zona de estudio tiene un mayor nivel de básica secundaria (8), seguido por primaria (4) y por último Técnico (1).	<table border="1"> <caption>Personas encuestadas</caption> <thead> <tr> <th>Nivel de escolaridad</th> <th>Personas encuestadas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Primaria</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Bachillerato</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Técnico</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Pregrado</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Posgrado</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de escolaridad	Personas encuestadas	Primaria	4	Bachillerato	8	Técnico	1	Pregrado	1	Posgrado	1
Nivel de escolaridad	Personas encuestadas													
Primaria	4													
Bachillerato	8													
Técnico	1													
Pregrado	1													
Posgrado	1													

<b>Tipo de vivienda</b>	El material predominante en las viviendas encuestadas es en ladrillo con un 92% seguido con un 8% de madera o adobe (Figura 12).	
<b>Estado de la vivienda</b>	El estado de vivienda de la población encuestada consideran que es bueno (10) siendo este las casas que, a simple vista, no presentan fallas aparentes. Por ultimo aceptable (3).	
<b>Botiquín ante cualquier suceso de RM</b>	La mayoría de la población no contiene botiquín en sus viviendas, solo tres personas afirmaron tener botiquín pero no completo.	
<b>Seguro para deslizamientos</b>	Ninguna de las personas encuestadas posee un seguro ante un proceso de deslizamiento.	



**Figura 12.** Estado y tipo de vivienda presente en la zona de estudio. **a.** Panorama general de las viviendas. **b** y **c.** Vivienda en madera y guadua. **d** y **e.** Construcción en lugares de alto riesgo.

Con la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad física del área de estudio se llega a la conclusión de que la mayor amenaza se encuentra en las zonas del Mortiñal y la zona despoblada intermedia.

La zona del Mortiñal, por su mayor concentración de población en un espacio no apto y poco estable, no tiene alguna capacitación ante los deslizamientos, no poseen seguros ni medidas ante este suceso. La población se considera con un bajo riesgo ante esta amenaza, siendo una vulnerabilidad alta por la mala localización de las viviendas, por el tipo de suelos y por la infraestructura de las viviendas, además, las condiciones económicas de esta zona no les permite afrontar el coste de un desastre por remoción ni tampoco crear un hábitat seguro. Pero un punto a favor es que la población está dispuesta a capacitarse para afrontar este fenómeno.

La zona despoblada intermedia muestra un alto factor de riesgo porque por esta parte pasa una de las arterias más principales de la ciudad lo que ocasionaría un taponamiento por lo que es una vía muy transitada, además esto ya ha ocurrido y genera un alto costo para la Ciudad; Por más de que se han implementado unas obras de mitigación no son suficientes y no satisfacen las necesidades de este sector ya que en este es fácilmente apreciable a simple vista como avanza lentamente el fenómeno de remoción en masa ocasionado por la erosión del suelo que presenta esta zona, esto incrementado por la quema y la propagación de incendios forestales en la zona generando una mayor susceptibilidad del terreno, a la escorrentía de la aguas y la infiltración, y estos factores ayudan al deterioro de las precarias obras de mitigación del sector afectando directamente la avenida circunvalar, dado que esta zona se encuentra despoblada, el coste del proceso de remoción en masa ella se traslada al municipio de Cali el cual debe de afrontar los daños que conlleve un fenómeno en esta vía.

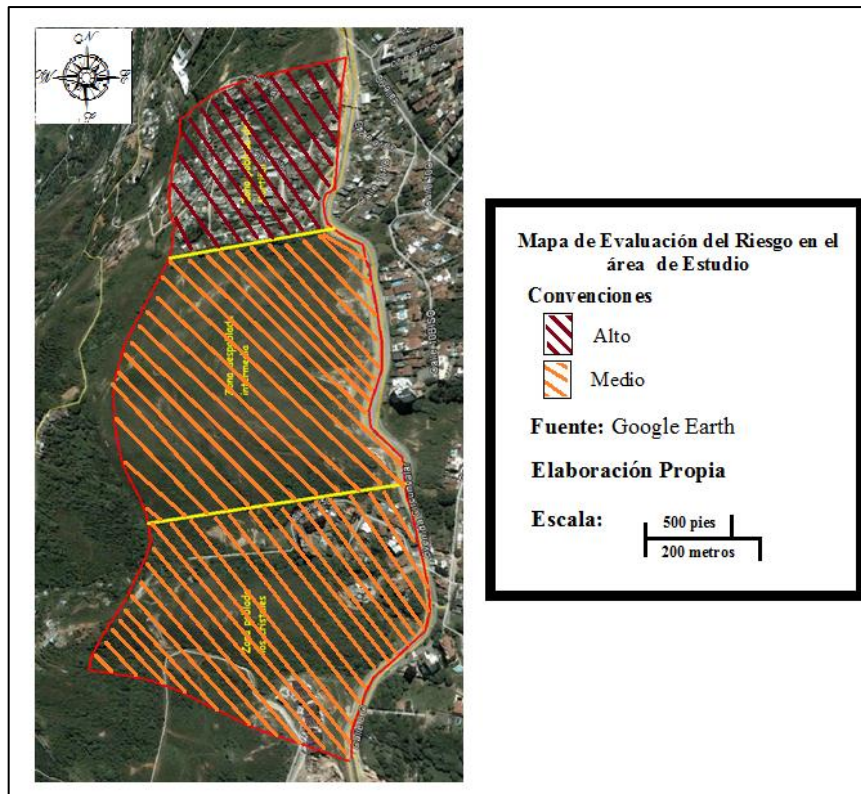
### **EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO.**

En la tabla 3, se muestra la evaluación del riesgo en cada una de las tres zonas ya mencionadas. Se elaboró con base en la información recolectada en la salida de campo. Esta tabla es definida por la afectación de personas, la infraestructura y actividades socioeconómicas. El resultado se plasma en la figura 13. donde se indica el nivel de riesgo por sector. El sector del Mortiñal se define como la zona prioritaria de intervención, ya que posee un alto riesgo resultado de la unión de estos tres factores. La zona intermedia y los cristales, según la evaluación, el nivel del riesgo es medio. Por un lado la zona intermedia no tiene población vulnerable aunque si hay infraestructura de la zona que se puede ver afectada, como son los canales y la vía Circunvalar, la cual es una importante arteria vial de la ciudad y afectaría inmediatamente las actividades socioeconómicas del sector y de la ciudad. Y por otro lado, el sector de los Cristales posee población vulnerable, pero las obras de mitigación hechas en el sector disminuyen su vulnerabilidad, y estas a su vez reducen el daño en la infraestructura de la zona.

**Tabla 3.** Evaluación del Riesgo en el área de estudio

	<b>Perjuicios</b>	<b>Daños</b>	<b>Perturbación</b>	
<b>Sector/Clasificación</b>	Afectación Personas	Infraestructura	Actividades Socioeconómicas	<b>Riesgo</b>
Mortiñal	Alto	Alto	Alto	<b>Alto</b>
Intermedia	Bajo	Medio	Alto	<b>Medio</b>
Los Cristales	Bajo	Medio	Alto	<b>Medio</b>





**Figura 13.** Evaluación del Riesgo en el Área de Estudio.

A partir de las encuestas y del análisis en recorrido de campo, se llega a la conclusión de que en Santiago de Cali se observa una poca oferta de accesibilidad a la vivienda para la población de los estratos socioeconómicos uno y dos, que son los que se encuentran en el área de estudio, como la oferta de espacios en la ciudad para que estas poblaciones puedan acceder a ellos y construir sus viviendas en sitios más seguros donde la inestabilidad del suelo, las precipitaciones y la erosión no los afecte como en la zona de ladera.

### **MITIGAR EL RIESGO DE REMOCIÓN EN MASA.**

Las acciones del hombre como la tala de cobertura vegetal, los vertimientos inadecuados de agua, las quemadas, los movimientos de tierra, el uso no adecuado del suelo, la creación de vías, entre otras, aceleran el proceso erosivo que degradan el suelo. Para mitigar el riesgo de remoción en masa en el área de estudio, se propone a corto, mediano y largo plazo posibles soluciones:

- A corto plazo, capacitar a la población ante un riesgo de Remoción en Masa en su Zona.
- Reforestar la zona para disminuir los deslizamientos.
- Ejecutar un sistema de monitoreo y alarma ante este riesgo.
- A mediano plazo, incorporar en la zona de peligro de alto riesgo obras de ingeniería (mallas metálicas, señales de advertencia, zanjas para atrapar materiales de caída de rocas) para reducir la exposición al riesgo.
- Generar un plan de atención de emergencia a la población coordinado con instituciones estatales y ONG's locales.
- Ejercer un control de drenaje e infiltración.
- Cambiar la función actual en la zona.
- Por última instancia, a largo plazo, una reubicación gradual de las viviendas y edificaciones presentes en la zona a un sitio más seguro.
- A largo plazo, articular todas estas acciones a un plan de ordenamiento territorial.

## BIBLIOGRAFIA

Alvares & Tenjo.1971. Adaptaciones del OSSO, 96. Mapa Geologico. Macro zonificación de los terrenos de Cali.

Comision Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL). Material de los Muros Vivienda. Disponible en línea en: [http://celade.cepal.org/chl/CASEN/WebHelp/informaci\\_n\\_casen/conceptos\\_y\\_definiciones/vivienda/material\\_de\\_los\\_muros\\_vivienda.htm](http://celade.cepal.org/chl/CASEN/WebHelp/informaci_n_casen/conceptos_y_definiciones/vivienda/material_de_los_muros_vivienda.htm). Fecha de consulta 9 de Octubre del 2012.

Departamento Nacional de Planeación. Bogotá-Agosto de 2005. Primera Edición, Guía Ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Páginas 16, 17,18 y 19. Fecha de consulta 28 de Septiembre del 2012.

El país, Deslizamientos en la Circunvalar. Antecedentes del Sector. Disponible en línea en: <http://historico.elpais.com.co/paionline/calionline/notas/Diciembre222006/derrum.html>  
<http://historico.elpais.com.co/paionline/calionline/notas/Enero202007/circun.html>. Fecha de consulta 14 de Octubre del 2012.

Hoyos, Fabian Patiño. 2001. Geotecnia. Disponible en línea en: [http://www.academia.edu/1329261/GEOTECNIA\\_DICCIONARIO\\_BASICO](http://www.academia.edu/1329261/GEOTECNIA_DICCIONARIO_BASICO).


Mosquera, Cuartas y Trejos 2010. SUELOS, Depósitos Coluviales. Disponible en línea en: [http://trabsuelos.blogspot.com/2010/08/depositos-coluviales\\_3567.html](http://trabsuelos.blogspot.com/2010/08/depositos-coluviales_3567.html)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogota 2005. Guía 1 Metodológica Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial.

Salcedo, Elkin de Jesús, Remoción en Masa. Apuntes de Clase de Geodinámica. Nov del 2010. Fecha de consulta 28 de Septiembre del 2012.

WILCHES Chau, citado en: Marco general para la gestión del riesgo. En: Hacia la gestión de riesgos a desastres en el contexto de un desarrollo sostenible.

## ANEXO 1

 Universidad del Valle	<b>EVALUACIÓN Y VALORACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA SECTOR EL MORTIÑAL Y LOS CRISTALES. LA AVENIDA CIRCUNVALAR. SANTIAGO DE CALI</b>
Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad del Valle. Séptimo Semestre Área, Seminario de Geografía de los Riesgos	
<b>Estudiantes: Sandoval Sierra Elisa Mercedes Ruiz Figueroa Daniel Ruiz Trullo Leonardo David</b>	<b>Encuesta #</b>  <b>Fecha:</b>

Sexo:

Número de Integrantes en la Familia:

Adultos:

Niños:

Casa:      Propia      Familiar      Alquiler

Tipo de vivienda: 1 acero u hormigón armado      2 ladrillo, concreto, bloque de hormigón      3 madera o adobe      4 material de reciclaje      5 otro, ¿cuál?

¿Cuál considera que es el estado de su vivienda?      Bueno      Aceptable      Malo

Siendo:

**Bueno:** Se asigna este código a los muros que, a simple vista, no presentan fallas aparentes.

**Aceptable:** Se asigna este código a los muros que, a pesar de presentar fallas evidentes, no estén inclinados ni agrietados de lado a lado, material de revestimiento desprendido.

**Malo:** Se asigna este código a los muros que presentan grietas profundas y/o están inclinados, carcomidos en su base o con perforaciones de lado a lado.

¿Hace cuánto tiempo vive usted en el barrio?      Meses      Años

¿Cuáles cambios ha observado usted en el paisaje?

Algún organismo o persona le ha informado sobre la remoción en masa?

¿Cuenta con algún seguro para remoción en masa?      Si      No      Cual? \_\_\_\_\_

¿Cuenta actualmente con un botiquín en su casa ante cualquier suceso de remoción en masa?      Sí      No

¿Cree usted que las medidas para la prevención de remoción en masa implementadas en esta zona sirven?  
¿Por qué?

De 1 a 10 califique el nivel de riesgo que representa para usted un posible suceso de remoción en masa, mayor 10 menor 1.      ¿Por qué?

¿En caso de un deslizamiento cuál es su primera reacción?

¿Estaría dispuesto a capacitarse junto con su comunidad para atender un probable desastre en su barrio? Sí No