

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES.

- Las variables que intervienen en la evolución de un paisaje son todos los elementos que lo constituyen; los patrones de relación de estos elementos generan variados procesos que, en su conjunto, hacen del paisaje una estructura de cambio permanente. Entre una variada gama de procesos de “evolución” o cambios del paisaje se encuentran los movimientos de masa. En este sentido, para una escala regional, se puede modelar la susceptibilidad a movimientos de masa a partir del análisis de la interacción entre la geología, humedad del terreno y pendientes.
- Este trabajo puede ser un aporte para aproximaciones futuras y más detalladas a la comprensión de los complejos procesos que contribuyen a la transformación del paisaje en la zona de estudio. Los movimientos de masa, vistos a escala regional y sobre un período de tiempo del orden de los 10^2 años, son un fenómeno frecuente en el Eje Cafetero, debido a las condiciones ambientales que favorecen su ocurrencia, como se observa en los modelos de susceptibilidad. Estos fenómenos están desplazando material de las partes altas de las montañas y transportándolo a través de los drenajes. Se requiere información de tasas de depositación, entre otros datos, para reconstruir el proceso completo y entenderlo mejor en un contexto de evolución del paisaje.

- El modelo de susceptibilidad del territorio a los movimientos de masa Sp, desarrollado y propuesto para la zona de estudio, muestra un grado de correlación aceptable con respecto a un modelo patrón de inventario de huellas de movimientos en la zona. El índice de movimientos de masa por clase de susceptibilidad (Muy Baja, Baja, Moderada, Alta y Muy alta), indica que se trata de un modelo de predictibilidad tipo S (doblemente asintótico).
- Con respecto a modelos previos, se encontró que una mejor clasificación de la geología, incluyendo variables estructurales, y un modelo de humedad que va más allá de las precipitaciones (isoyetas), mejoran sustancialmente la capacidad del modelo para representar la susceptibilidad a los movimientos de masa.
- Los sismos y las lluvias son procesos o eventos que pueden actuar como disparadores de movimientos de masa pero también en un momento dado como preparadores. El primer caso, ocurre cuando la magnitud del evento sísmico o de la lluvia son suficientes para alterar el equilibrio del terreno. El segundo caso, ocurre cuando un sismo agrieta el terreno generando una superficie de despegue y un periodo de lluvias intensas ó un nuevo sismo pueden generar nuevos movimientos de masa. A partir de los datos con los que se trabajó se puede decir que la secuencia de eventos *periodo intenso de lluvias – sismo fuerte – periodo intenso de lluvias* generó efectos combinados de preparación y disparo de movimientos de masa a lo largo de 1999 en la zona de estudio, manifestados más intensamente entre el 25 de enero y el 27 de febrero y en diciembre.
- El sismo del 25 de enero del 1999 en el Eje Cafetero, disparó movimientos de masa, que se concentraron en un área máxima de 1402 km² localizados a una distancia máxima de 30 km del epicentro; el área de mayor concentración de movimientos de masa fue de 136.8 km² a una distancia máxima de 11 km, en los municipios de Pijao, Córdoba y Calarcá.
- Los movimientos de masa disparados por el sismo del 25 de enero y las lluvias posteriores de enero y diciembre de 1999, ponen de manifiesto la necesidad de registrar y analizar no sólo los efectos de un sismo a nivel de infraestructura, sino

también los efectos ambientales. Los efectos ambientales se manifiestan en el corto plazo con el disparo de movimientos de masa cosísmicos y a mediano y largo plazo con la ocurrencia de movimientos de masa en sitios afectados por agrietamientos y hundimientos cosísmicos, bajo la influencia de otro agente disparador.

- Para modelar la susceptibilidad a movimientos de masa en la zona de estudio (escala regional), se asumió como aceptable utilizar la geología, la humedad y las pendientes; sin embargo, otros factores como los usos del suelo podrían ser un aporte significativo. La decisión sobre las variables que se deben usar en el modelamiento está regida por el conocimiento que se tenga de la región, la disponibilidad de información y el tiempo y recursos necesarios para el trabajo.
- La humedad como factor de susceptibilidad no se refiere a la cantidad de agua que aportan las precipitaciones sino a la cantidad de agua que permanece en el suelo; es por ello que su determinación es más que un análisis pluviométrico. El desarrollo del submodelo de humedad significó un avance con respecto a las metodologías utilizadas, especialmente en Colombia
- El 64 % de la zona de estudio presenta potencial entre moderado a muy alto de susceptibilidad a movimientos de masa. Una somera revisión de las condiciones fisiográficas y de información histórica, permite concluir que la zona se encuentra amenazada por otros fenómenos como sismos y avenidas torrenciales. Dado el alto grado de destrucción que éstos implican, surge la necesidad de plantear estudios posteriores que evalúen el grado de amenaza y la vulnerabilidad a estos fenómenos de las comunidades asentadas allí, y que los resultados de los estudios sean tenidos en cuenta en la planificación del desarrollo de la región.
- El modelo de susceptibilidad propuesto (S_p) puede ser utilizado como variable para evaluaciones de amenaza en la zona de estudio.
- Los criterios, métodos y herramientas desarrollados y utilizados en este trabajo pueden ser aplicados en otras regiones, siempre y cuando se disponga de claridad sobre las implicaciones metodológicas, que en análisis heurísticos significan que los

criterios mismos pueden variar de uno a otro grupo de investigadores.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Dado que no todos los municipios tienen el 100% de su territorio dentro de la zona de estudio, se recomienda extender el modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en las áreas municipales que estén por fuera de la zona de estudio, utilizando la metodología y el modelo de susceptibilidad propuestos.
- Realizar estudios detallados de susceptibilidad y amenaza por movimientos de masa a escala municipal, principalmente en los municipios de Pijao, Calarcá y Córdoba, debido a los alto potencial a la ocurrencia por movimientos de masa que poseen, obtenidos del modelo propuesto.
- Dada la alta concentración de huellas de movimientos de masa en las porciones medias y altas de las cuencas, se recomienda realizar estudios de amenazas por avenidas torrenciales.
- Realizar estudios regionales y detallados sobre el comportamiento de las aguas subterráneas, para una mejor aproximación al análisis del contenido de humedad del suelo. Además, porque una porción importante de la región estudiada drena al río La Vieja, es importante realizar estudios del balance hídrico de la cuenca, lo que sería un insumo para mejorar el modelo de humedad desarrollado.
- Hacer estudios de susceptibilidad a movimientos de masa utilizando variables como usos del suelo a diversas escalas de análisis, para detallar la influencia que tienen en el potencial de ocurrencia de movimientos de masa.
- Actualizar y homogenizar la cartografía a escala 1:25 000, de tal manera que se reduzcan los errores y las inconsistencias derivados de las fuentes disponibles.
- Diseñar y aplicar metodologías eficaces para la generación de inventarios regionales homogéneos de movimientos de masa.

- Evaluar las implicaciones sociales y económicas de los movimientos de masa en la zona de estudio.
- Promover la difusión, discusión y aplicación de los procesos y resultados obtenidos, incluyendo instituciones regionales, comunidades y municipios.