



EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA PARTE SUR DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELA DENTRO DEL RESGUARDO INDÍGENA KANKUAMO EN EL SURORIENTE DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, CORREGIMIENTOS DE ATÁNQUEZ Y LA MINA, VALLEDUPAR, COLOMBIA

Óscar Enrique Forero Ospino

**Fundación Universitaria del Área Andina
Valledupar, Colombia
Universidad de Granada
Granada, España**

Resumen

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) se considera un complejo geológico ubicado en la región del Caribe Colombiano con influencia de procesos activos de modelado del terreno, condiciones climáticas y geomorfológicas específicas, lo que genera un cambio y modificación en las propiedades y parámetros geotécnicos de los materiales del sitio. Así mismo, muchas de sus inmediaciones se encuentran ocupadas por grupos étnicos denominados resguardos indígenas; al considerar los cambios en las condiciones actuales del terreno, las actividades y modificaciones en coberturas por uso del suelo, factores esenciales para conocer y asegurar el bienestar de las comunidades y las prácticas adecuadas de sus actividades, es importante cuantificar y definir la susceptibilidad, peligrosidad y riesgo del área y su afectación directa en las comunidades e infraestructura (vulnerabilidad) ante la generación de fenómenos naturales de origen geológico.

En los últimos años se han presentado problemas de movimientos en masa en todo el sector de la SNSM, específicamente con daños considerables en los asentamientos indígenas, confinamiento de productos y deterioro de las viviendas; lo que atrae el interés de las comunidades y los entes gubernamentales a brindar solución y dar respuesta a estas problemáticas. Dentro de este estudio se pretende establecer un entendimiento no solo de los procesos que se encuentran modificando

las condiciones actuales de las comunidades, también busca proyectar la probabilidad de generar este tipo de fenómenos naturales, la comparación entre métodos numéricos que requieren una cantidad considerable de datos y las simulaciones probabilísticas a la hora de tomar medidas frente a la situación de las comunidades y la conservación de la seguridad y bienestar de todo el sector.

Palabras clave: riesgos geológicos; movimientos en masa; susceptibilidad y peligrosidad

Abstract

The Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) is considered a geological complex located in the Colombian Caribbean region influenced by active processes of terrain modeling, specific climatic and geomorphological conditions, which generates a change and modification in geotechnical properties and parameters. of the site materials. Likewise, many of its surroundings are occupied by ethnic groups called indigenous reservations; When considering the changes in the current conditions of the land, the activities and modifications in coverage by land use, essential factors to know and ensure the well-being of the communities and the appropriate practices of their activities, it is important to quantify and define the susceptibility, hazard and risk of the area and its direct impact on communities and infrastructure (vulnerability) to the generation of natural phenomena of geological origin.

In recent years there have been problems of mass movements throughout the SNSM sector, specifically with considerable damage to indigenous settlements, confinement of products and deterioration of houses; which attracts the interest of communities and government entities to provide a solution and respond to these problems. Within this study it is intended to establish an understanding not only of the processes that are modifying the current conditions of the communities, it also seeks to project the probability of generating this type of natural phenomena, the comparison between numerical methods that require a considerable amount of data and the probabilistic simulations at the time of taking measures against the situation of the communities and the preservation of the safety and well-being of the entire sector.

Keywords: geological risk; mass movements; susceptibility and hazard

1. Introducción

La creciente ocurrencia de afectaciones por movimientos en masa se ha extendido por todo el mundo. Los movimientos en masa son un peligro natural común en todo el mundo con mayores impactos socioeconómicos en los países tropicales y en desarrollo (Quesada-Román, 2021). Al considerar a la SNSM una ubicación geográfica que cuenta con todas estas características, donde conforme aumentan la ocupación de áreas disponibles por los indígenas pertenecientes a los resguardos y cabildos para los sectores de Atánquez y La Mina (Kankuamos), corregimientos del municipio de Valledupar, Cesar; asimismo, la relación con las diferentes actividades y desarrollo económico de las comunidades que acompaña los cambios en la intensidad de fenómenos naturales provocados por los cambios climáticos y la afectación de las condiciones climático-



ambientales de la región, generan un interés para las unidades de gestión del riesgo de desastres, planeación y ordenamiento territorial.

El objetivo principal de la investigación centra su enfoque en brindar herramientas a la comunidad indígena y al municipio de Valledupar para la toma de decisiones en temas de planeación, expansión y ordenamiento del territorio a partir de la evaluación de las condiciones actuales del sector de Atánquez y La Mina (Sur Cuenca Río Candela) en temas relacionados con el cálculo de la susceptibilidad, peligrosidad, vulnerabilidad de las viviendas y evaluación del riesgo por movimientos en masa.

Para la década anterior, prácticamente toda la investigación sobre la susceptibilidad y el mapeo de peligros hace uso de herramientas digitales para el manejo de datos espaciales como GIS, GPS y Teledetección. En gran medida se puede afirmar que el GIS ha determinado, hasta cierto punto, el estado actual de la técnica en la evaluación de peligros y riesgos de movimientos en masa (van Westen, et al., 2008). Lo cual aborda de forma general las variables de litología (geología), parámetros geomorfológicos y topográficos (pendientes, orientación, etc.) y un adecuado inventario de movimientos en masa para la aplicación de métodos probabilísticos en el cálculo de susceptibilidad, que junto con el análisis de detonantes permite determinar la peligrosidad del área de interés.

En la actualidad, la evaluación del riesgo por movimientos en masa se considera una estrategia de gestión de riesgos, teniendo como objetivo principal reducir los riesgos y pérdidas (UNDRR, 2019). Esta evaluación requiere de un conocimiento integral y holístico relacionado con los desastres a nivel local, incluido el riesgo de movimientos en masa (Cruden, 2018). El enfoque de los análisis y evaluaciones del riesgo se ha dado en las últimas décadas en el orden o con naturaleza cualitativa, para el caso en particular se abordará desde un enfoque cuantitativo probabilístico (frecuencia); esto se alcanza al incorporar una posibilidad de generación de movimientos en masa a partir del cálculo de susceptibilidad y la cuantificación de los riesgos para la actualidad. Según Fell et al. (2008), existe una necesidad cada vez mayor de principios de gestión de riesgos cuantitativos que requieren el uso de métodos cuantitativos para la zonificación de la peligrosidad y el riesgo por movimientos en masa.

2. Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar el riesgo por movimientos en masa a partir de métodos probabilísticos dentro del resguardo indígena Kankuamo en los corregimientos de Atánquez y La Mina.

Objetivos específicos:

- Generar los modelos de susceptibilidad para todo el sur de la cuenca del río Candela a partir de los factores determinantes (naturaleza de los materiales y morfología del terreno).



- Analizar la peligrosidad del terreno frente a los factores detonantes (sismo y lluvia) y confrontar con las condiciones actuales de las viviendas y obras civiles (vulnerabilidad) dentro de los corregimientos de Atánquez y La Mina.

3. Metodología

Análisis de la susceptibilidad

Para el modelo de la susceptibilidad por movimientos en masa se realizó una estimación mediante la implementación de SIG. Actualmente para la estimación de la susceptibilidad mediante SIG existen varios métodos (Irigaray y Chacón, 2002; Chacón et al., 2006); el método utilizado para la elaboración de este proyecto ha sido el método de la matriz mediante el uso de SIG (Irigaray, 1995). Para este modelo se requiere un detallado inventario de movimientos en masa y la selección de los factores determinantes para el análisis.

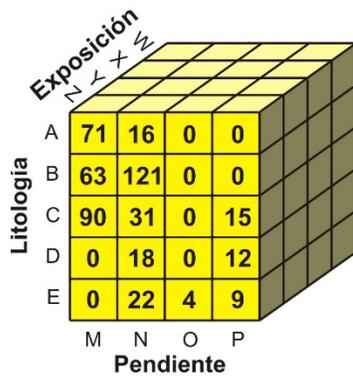
El método de la matriz se considera un método de análisis estadístico, una vez seleccionado el conjunto de factores contribuyentes con la generación de movimientos en masa, también conocidos como factores determinantes, se construye una matriz, de modo que cada una de sus celdas representan cada una de las combinaciones de las clases de los factores considerados (Perálvarez, et al., 2006).

Al continuar con la matriz de movimientos en masa se hace necesario el cálculo del área afectada por movimientos en cada combinación de factores y de forma similar se debe crear la matriz para la zona de estudio, que representará el área total de cada combinación de factores.

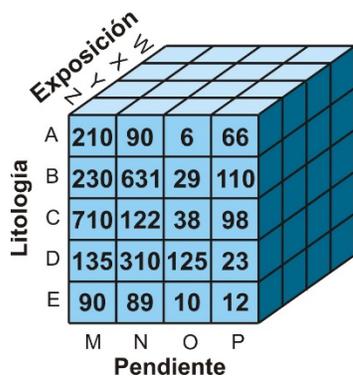
El cruce final se da entre las matrices de movimientos en masa y la de la zona de estudio, resultando la matriz de susceptibilidad, reflejando el valor de cada celda de esta nueva matriz, el cociente resultante de la división del valor de la matriz de movimientos entre los valores de la matriz de toda la zona en cada celda. Cualquier combinación que no está asociada a movimientos en masa se les asigna el valor "0" dentro de la matriz de susceptibilidad; los demás tendrán valores mayores que 0, pudiendo alcanzar el valor de 1 como máximo. (Irigaray, 1999) (Figura 1)



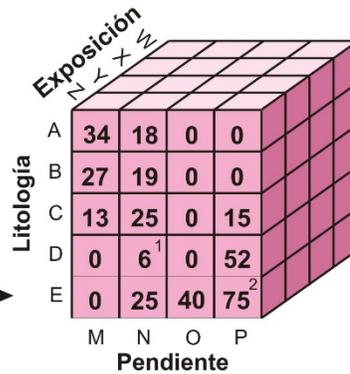
A. Matriz de movimientos de ladera



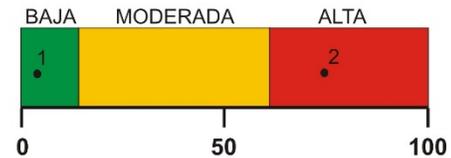
B. Matriz de toda la zona



C. Matriz de susceptibilidad



D. Clase de susceptibilidad en cada celdilla



1. Litología D, Pendiente N, Exposición Z
2. Litología E, Pendiente R, Exposición Z

(DIVISIÓN) *100

Figura 1. Susceptibilidad a los movimientos en masa mediante el método de la matriz. Tomado de Irigaray, 1999.

4. Resultados (preliminares)

Actualmente se avanza en la fotointerpretación (Figura 2) del área de estudio apoyado en imágenes satelitales y fotografías aéreas del sitio, todo esto permite una adecuada planeación de rutas y puntos de control durante la campaña de campo. La fotointerpretación está enseñando la zona en la que se espera encontrar mayor concentración de movimientos en masa, que para el caso en especial se acumulan en la franja sur, en la parte baja de Atánquez y La Mina. Por otro lado, se logra evidenciar procesos erosivos al norte del sector, donde es evidente que las alturas inciden directamente en la evolución y generación de estos fenómenos naturales (Figura 3).



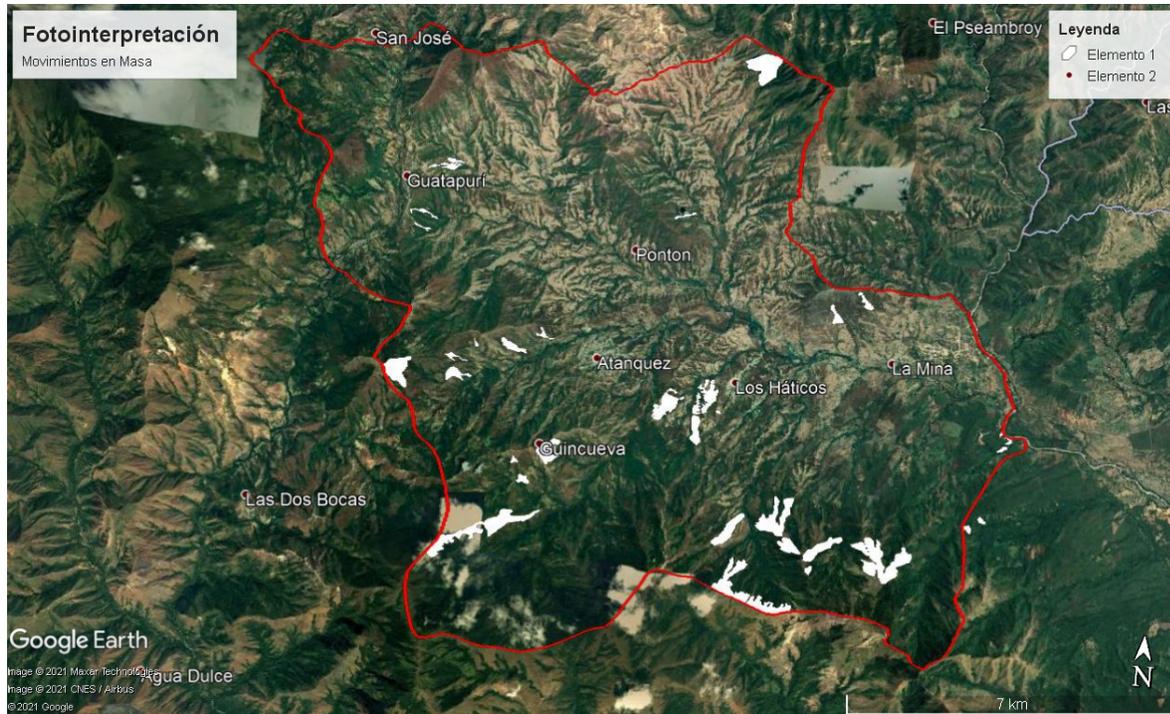


Figura 2. Fotointerpretación de movimientos en masa (MM). Extraído de Google Earth Pro.

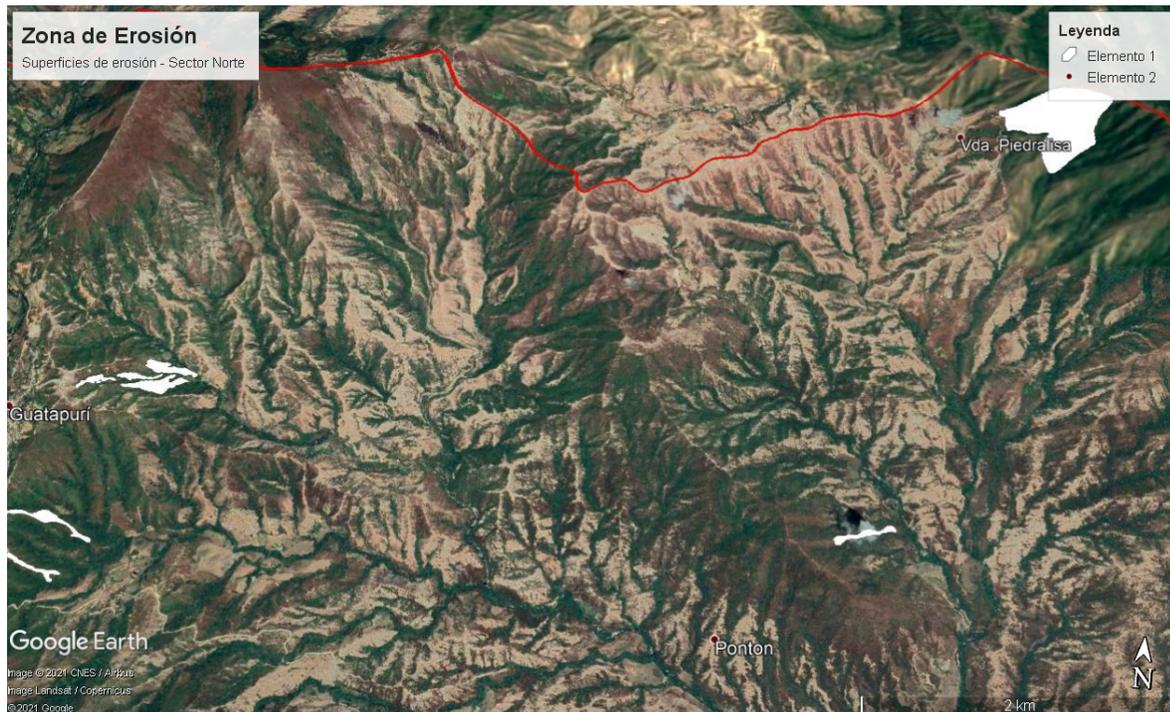


Figura 3. Zona con influencia de procesos erosivos. Extraído de Google Earth Pro.

En gran medida toda la fotointerpretación está acompañando a la información recolectada del orden geológico – geomorfológico, siendo los mapas a escalas regionales y la cartografía base



(curvas, vías, drenajes, etc.) necesario para interpretar y acoplar las variables con la información suministrada por parte del modelo digital de elevaciones (DEM por su sigla en inglés) (Figura 4).

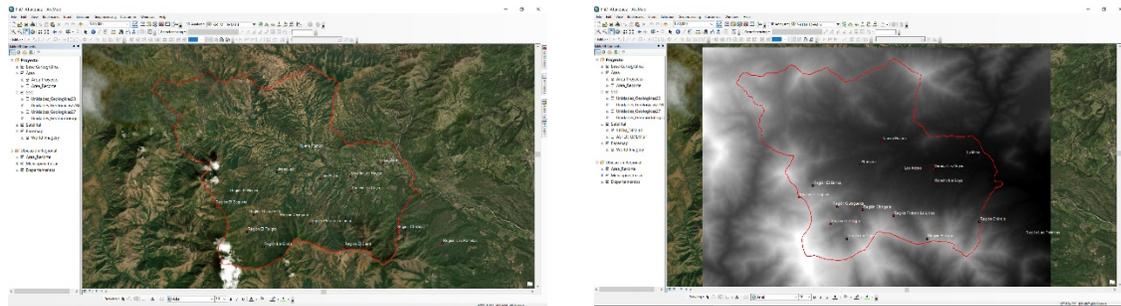


Figura 4. Comparación de imagen satelital con DEM. Tomado de ArcGIS 10.8.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Cruden, D. (2018). *Landslide risk assessment* Routledge.
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., & Savage, W. Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology*, 102(3), 99-111. doi:10.1016/j.enggeo.2008.03.014
- Irigaray, C. (1999): Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un Sistema de Información Geográfica. Granada, Memoria del Proyecto Investigador de la Plaza de Profesor Titular de Universidad (Inédito).
- Mendonca, M. B. d., & Gullo, F. T. (2020). Landslide risk perception survey in angra dos reis (rio de janeiro, southeastern brazil): A contribution to support planning of non structural measures. *Land use Policy*, 91, 104415. doi:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104415
- Puente-Sotomayor, F., Egas, A., & Teller, J. (2021). Land policies for landslide risk reduction in andean cities. *Habitat International*, 107, 102298. doi:https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102298
- Quesada-Román, A. (2021). Landslide risk index map at the municipal scale for costa rica. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102144. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102144
- Sepúlveda, S. A., & Petley, D. N. (2015). Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(8), 1821-1833.
- van Westen, C., van Asch, T. & Soeters, R. Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult. *Bull Eng Geol Environ* 65, 167–184 (2006). https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0
- van Westen, C. J., Castellanos, E., & Kuriakose, S. L. (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering Geology*, 102(3), 112-131. doi:10.1016/j.enggeo.2008.03.010
- Varnes, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: A review of principles and practice*



Memorias de congresos

- Jiménez-Perálvarez, J., Irigaray-Fernández, C., El Handouni-Jenoui, R., Fernández-Del Castillo, T., Fernández-Oliveras, P., & Chacón-Montero, J. (2006). Elaboración de un modelo para el análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un sistema de información geográfica. XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Granada, septiembre 2006. Editorial Universidad de Granada Pág 265 -280. ISBN: 9788433839442
- UNDRR – United Nations Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), Geneva, Switzerland (2019)

Sobre los autores

- **Óscar Enrique Forero Ospino:** Geólogo, Maestro en Ingeniería Geotécnica y Geomecánica, Estudiante de Doctorado en Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada. Profesor Planta de la Fundación Universitaria del Área Andina, Sede Valledupar. oforero10@areandina.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

