25 de Junio de 2025

Señores
Alcaldía de La Belleza
Secretaria De Infraestructura Y Desarrollo

ÁNGEL ANDREY RUIZ
SUPERVISOR

Asunto: *INFORME DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO DE CONSULTORÍA No.* ***LB-CM-004-2024***

Referencia: *SEGUNDO INFORME DE EJECUCIÓN*
Periodo de ejecución: ***25 de Mayo al 25 de Junio del 2025***

RESPETADO SUPERVISOR:

De conformidad con las obligaciones derivadas del Contrato de Consultoría No. ***LB-CM-004-2024****, cuyo objeto es ¨ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE LA BELLEZA, SANTANDER DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN EL DECRETO 1077 DE 2015¨, de manera atenta remitimos el informe de las actividades ejecutadas del primer mese en la ejecución del CONTRATO DE CONSULTORÍA donde se han desarrollaron las diferentes actividades como la realización y generación de los insumos geoambientales necesarios para la realización y el cumplimiento del objetivo de este contrato de consultora:*

DICO INGENIERÍA Y ARQUITECTURA S.A.S.
NIT. 900.944.027-4
R/L. DIEGO ARMANDO CORREDOR SALAMANCA
Correo electrónico: ingeniero.diegoarmando@gmail.com
C.C. No. 9.434.928 de Yopal
Yopal-Casanare

Teniendo las condicione técnicas exigidas mencionadas en las cláusulas de Contrato de Consultoría No. **LB-CM-004-2024** el ejecutor de contrato da a conocer la evidencia de los diferentes ítems exigidos por la alcaldía de La Belleza - Santander y así dar cumplimiento de las condiciones técnicas del Contrato de Consultoría en el cual se solicita un informe de avances mensual del proyecto.

INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL CONSULTOR DICO **INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

Periodo de ejecución: ***25 de Mayo al 25 de Junio del 2025***

Objetivo: ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE LA BELLEZA, SANTANDER DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN EL DECRETO 1077 DE 2015¨

RESUMEN EJECUTIVO DEL PERIODO PRESENTADO

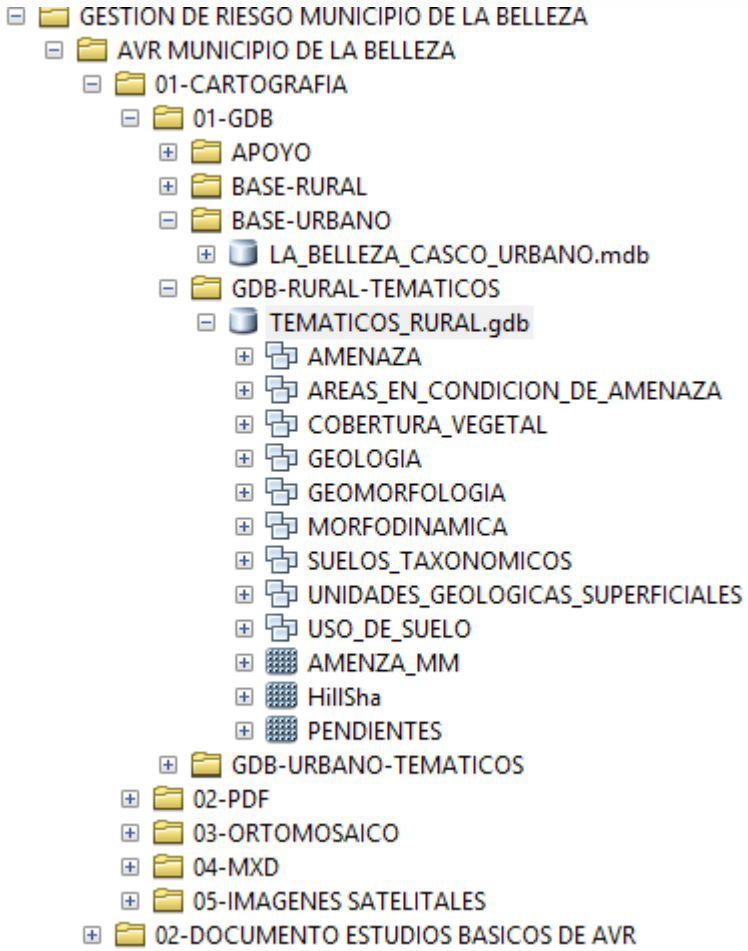
Las actividades que se realizaron son:

1. **ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO GDB**
2. **INFORME DE METODOLOGÍA POR MOVIMIENTOS EN MASA**
3. **DETONANTE LLUVIA**
4. **DETONANTE SISMO**
5. **ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA**
6. **ÁREAS EN CONDICIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA**

ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO:

1. **ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO GDB**



2. METODOLOGÍA POR MOVIMIENTOS EN MASA

1.1 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

1.1.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

El Artículo 8 “Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa” consagrado en el Decreto 1807 de 19 de septiembre de 2014, en su numeral 3 Alcance; indica que en la realización de los estudios para el suelo urbano se debe desarrollar el análisis dentro de alguna de las metodologías sugeridas como: estadística, determinística o probabilística, igualmente señalando que para la zona rural se debe realizar dentro de alguno de los siguientes análisis heurístico, estadísticos y/o inventarios.

Dando cumplimiento a las disposiciones señaladas dentro del contrato de consultoría **LB-CM-004-2024** del 18 de Febrero del 2025, entre la Alcaldía Municipal de La Belleza y la empresa Dico Ingeniera Y Arquitectura, la zonificación de la susceptibilidad y amenaza se realizan aplicando los criterios técnicos contenidos en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:25.000 SGC (2017). De acuerdo con dicha metodología, se realiza la caracterización geoambiental (ver capítulo VI) para lo cual se elaboraron los mapas temáticos de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), Subunidades Geomorfológicas (SGF), mapa de Procesos

Morfodinámicos (incluye procesos erosivos, movimientos en masa activos e inactivos) y mapas de Cobertura y uso de la Tierra (CT). Con base en estos mapas se calculó la susceptibilidad del área del municipio y teniendo en cuenta factores detonantes como sismo y lluvia, se evalúa la amenaza por movimientos en masa, mapas producto final del estudio.

El presente informe, contiene, la descripción de la metodología y resultado en cada una de las temáticas, así como del análisis de la susceptibilidad y amenaza, representados en mapas a escala 1:25.000, con la explicación de sus respectivas leyendas.

1.1.1.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

El análisis de susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de La Belleza se realizó con base en los lineamientos presentados en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa en Escala 1:25.000 (SGC, 2017). Esta guía propone diferentes métodos de análisis de la susceptibilidad dependiendo del tipo de movimiento en masa: para movimientos tipo deslizamiento (incluyendo los flujos) se recomienda el método estadístico bivariado de pesos de evidencia (WofE); para movimientos tipo caída se recomienda un método basado en criterios geológicos y geomorfológicos; para los movimientos tipo flujo (avenida torrencial) se propone un método basado en el mapeo geomorfológico; mientras que para los movimientos tipo reptación se plantea su identificación directa en el inventario y representación cartográfica sobre el mapa de susceptibilidad final. En el área de estudio, se aplicaron los métodos recomendados por SGC (2017) para movimientos tipo deslizamiento, caída, flujo y reptación, pues son los mecanismos identificados en el área de estudio. Aunque dentro del Inventario de Procesos de Movimientos en Masa (IPM), se identificaron algunos flujos, se aclara que cumplen estrictamente con los criterios propuestos en SGC (2017) para clasificarlos como avenidas torrenciales y por lo tanto aplican para ser analizados con el método de mapeo geomorfológico. Por tal motivo, dichos movimientos no son incluidos en el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa tipo deslizamiento ya que se evaluarán aparte con diferente metodología.

1.1.1.1.1 Factores condicionantes y pesos de evidencia

Aplicando el método WofE, se realizaron varias modelaciones de susceptibilidad utilizando diferentes combinaciones de factores condicionantes, las cuales fueron analizadas con base en el conocimiento del área de estudio y el criterio experto, hasta encontrar la combinación de factores que en la función final de susceptibilidad tuviera los pesos más significativos para explicar de la manera más congruente las condiciones reales del terreno y establecer cuáles son o serán las causas de la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamiento en el área de estudio (hipótesis de falla). De acuerdo con esto se definieron los siguientes factores condicionantes utilizados en la aplicación del WofE para el cálculo de la función de susceptibilidad por movimientos en masa tipo deslizamiento en el municipio de La Belleza como pendiente del terreno, unidades geológicas superficiales (UGS) y uso del suelo.

La aplicación del método estadístico bivariado de pesos de evidencia se realizó calculando los pesos de cada variable o factor condicionante de movimientos en masa tipo deslizamiento, basados en la

presencia o ausencia de este tipo de movimientos en las diferentes clases existentes en cada factor condicionante (de los diferentes tipos de calidad de roca, las diferentes unidades de cobertura y uso del suelo, los diferentes rangos de pendiente del terreno). El modelamiento también se basa en la suposición de que los futuros movimientos ocurrirán en condiciones similares a aquellas que han contribuido en el pasado a la ocurrencia de movimientos en masa; se asume que dichos factores permanecen constantes en el tiempo. Para el cálculo de los pesos se realizó el alistamiento de la información de cada capa temática que representa cada uno de los factores condicionantes definido en el (capítulo 1.5) y además se definió la variable de agrupamiento y se rasterizó, para posteriormente combinarla con cada una de las capas ráster de los factores condicionantes, de manera que el análisis se realizó en términos de pixeles. La relación entre deslizamientos y factores condicionantes que se obtiene como producto de dicha combinación se representa en la Figura 161.

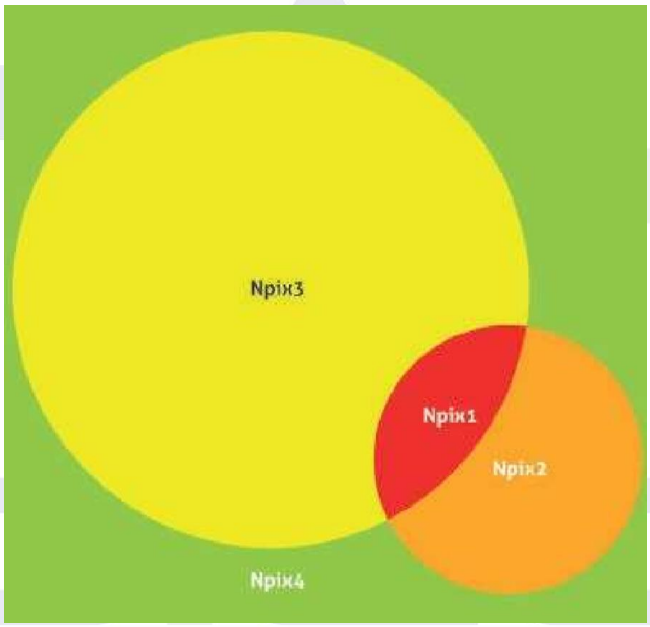


Figura 1: Representación gráfica del análisis de la relación deslizamiento y factor condicionante, el cual se utiliza en el cálculo de los pesos de evidencia.
Fuente: SGC, 2017

De acuerdo con SGC (2017), el análisis presentado en la Figura 161 se puede resumir de la siguiente manera:

Npix1 = hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una muy alta significancia (o influencia) de ese factor en el deslizamiento.

Npix2 = no hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una significancia alta por efecto de la presencia del deslizamiento.

Npix3 = factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia media por efector del factor que alguna vez contribuyó al deslizamiento.

Npix4 = no hay deslizamiento ni factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia baja.

Finalmente, se realizará el cálculo de los pesos de evidencia, tanto positivo Wi + como negativo Wi - , de acuerdo con los lineamientos dados por SGC (2017) en donde se proponen las respectivas ecuaciones:

$$W_i^+ = \ln \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3} + N_{pix4}}}$$

$$W_i^- = \ln \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3} + N_{pix4}}}$$

Los anteriores pesos se calcularon para cada clase presente en los diferentes factores condicionantes definidos.

Posteriormente, se realiza el cálculo del peso final que da una medida de la correlación existente entre el factor condicionante analizado y los movimientos en masa. De acuerdo con SGC (2017) el peso final está dado por:

$$W_f = W_i^+ - W_i^-$$

Las áreas ocupadas por cada clase de cada factor condicionante y los pesos finales calculados para los factores de cobertura de la tierra, pendientes del terreno, UGS u subunidades geomorfológicas del municipio de La Belleza se presentan en sus respectivas tablas donde se observarán los resultados de los pesos finales Wf.

1.1.1.1.1 Cálculo de la función de susceptibilidad

Luego de haber obtenido los pesos finales para cada clase de cada factor condicionante, se realizó una suma algebraica para el cálculo de la susceptibilidad final por movimientos tipo deslizamiento, que representa la función final del LSI (Landslide susceptibility index, por sus siglas en inglés) de acuerdo con SGC (2017):

LSI=Wf (UGS)+Wf (Cobertura)+Wf (pendiente)+Wf (curvatura)+Wf (Geomorfología)

1.1.1.1.2 Curva de éxito y validación del modelo

El ajuste de la función se calculó a partir de una curva de éxito, que mide la bondad de ajuste de la función de susceptibilidad a los movimientos en masa del inventario. Para su elaboración, se ordenaran los valores del LSI resultante, se separaron en 100 rangos de percentiles con su respectiva área acumulada y se relacionaron a través de un cruce con la muestra de entrenamiento usada para el cálculo de la función de susceptibilidad (80% de la variable de agrupamiento). Esta curva se elaborara considerando el área de modelación de la susceptibilidad y el área total de los movimientos en masa considerados en el análisis.

De acuerdo con SGC (2017) el área bajo la curva (ABC) de éxito se puede interpretar como la capacidad de la función para representar la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa.

Con base en el mismo rango de percentiles en 100 categorías usados para la construcción de la curva de éxito, se calculó el porcentaje de área deslizada en cada rango con la muestra de validación (20% restante de la variable de agrupamiento) y se obtuvo la curva de validación de la zona de estudio, la cual arrojara un resultado.

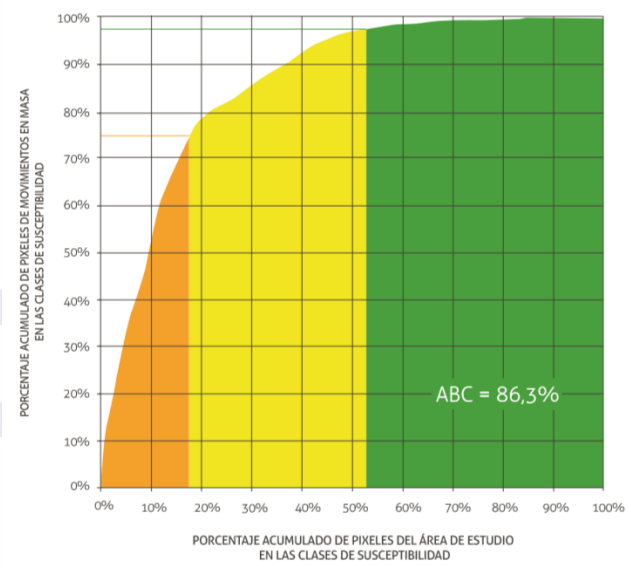


Figura 2: **Ejemplo de curva de éxito categorizada**
Fuente: SGC, 2017

1.1.1.1.3 Factores detonantes

Los movimientos en masa pueden tener diferentes factores causales (geográficas, físicas y antrópicas) pero solo un detonante. Por definición un detonante es un estímulo externo tal como una lluvia intensa, un sismo, erupciones volcánicas, tormentas etc, cuya respuesta casi inmediata es un movimiento en masa producto del rápido cambio en el estado de esfuerzos o disminución de la

resistencia del material que conforma la ladera o talud. En algunos casos los movimientos en masa ocurren en circunstancias en que no es claro identificar cual fue el detonante, debido a que la variación de diferentes factores causales lleva a las laderas a fallar gradualmente. Los factores detonantes naturales mas comunes tanto para el análisis de estabilidad de taludes como para la zonificación de amenaza de movimientos en masa son la lluvia y el sismo.

1.1.1.1.3.1 Detonante lluvia

En su mayoría, los movimientos en masa están asociados a las lluvias. Muchos autores han abordado este tema, con el fin de definir los umbrales de lluvia que detonan eventos relacionados con movimientos en masa. Una revisión de los umbrales de lluvia propuestos en el mundo fue realizada por Guzetti et al. (2007), quien recopila los parámetros tenidos en cuenta para el cálculo de los umbrales por diferentes autores. Algunos presentan umbrales universales independientemente de las condiciones geomorfológicas, litológicas y de uso del suelo, como los propuestos por Caine (1980). Otros autores estudiaron umbrales de lluvia regional o local en áreas donde las características climáticas, meteorológicas y fisiográficas son similares, pero que no son fácilmente extrapolables a regiones vecinas (Crosta, 1989)

1.1.1.1.3.2 Cálculo de periodos de retorno o probabilidades de excedencia anual

El análisis de la relación movimiento en masa y detonante es particular para cada zona de estudio y el objetivo de los estudios realizados con este enfoque busca determinar los valores críticos del detonante que pueden explicar la posible ocurrencia de un movimiento en masa (Corominas et al., 2013). En general, se propone realizar el análisis a partir del periodo de retorno de la lluvia de 24 horas que detonó el evento o el movimiento en masa, y de la lluvia acumulada antecedente asociada. Si se tiene inventario de varios eventos de lluvia que detonaron movimientos en masa (mínimo tres) se pueden establecer relaciones de magnitud-frecuencia (M/F) y periodos de retorno de estos. El cálculo del umbral de lluvia, a partir de un inventario multitemporal, se realiza a partir de un modelo empírico y con base en las siguientes premisas:

- Se cuenta con una base de datos que contiene la localización y fecha de movimientos en masa en un rango representativo de tiempo.
- Existen estaciones con registros de precipitación diaria localizadas preferiblemente a distancias menores a 11 km de los movimientos en masa seleccionados (Moreno et al., 2006). Las estaciones deben representar adecuadamente el régimen de precipitación de la cuenca o área de estudio a juicio del hidrólogo, y la asociación de cada movimiento en masa se debe realizar con la estación más cercana.
- Si existe la suficiente cantidad de datos, esta metodología se puede aplicar para establecer umbrales por tipo y por magnitud de movimiento en masa.

1.1.1.1.3.3 Probabilidad de excedencia de un evento

En el caso de un evento de lluvia que detonó múltiples movimientos en masa con los cuales se realizó la zonificación de la susceptibilidad, se define la probabilidad de excedencia o periodo de retorno de este, así:

- Establecer el número de días antecedentes al evento con lluvia de 24 horas constante.
- Acumular para toda la longitud del registro de lluvia de 24 horas, el número de días antecedentes con lluvia constante. Por tanto, en un año se tiene 365 datos de lluvia antecedente.
- Establecer la distribución de probabilidades de valores máximo-aleatorios que mejor se ajusten a los valores máximos diarios anuales y máximos antecedentes anuales. Por tanto, si la longitud del registro es de 30 años, se cuenta con 30 valores máximos.
- Definir, de acuerdo con los resultados del ítem anterior, cuál es el periodo de retorno asociado a la lluvia de 24 horas y a la lluvia antecedente definida.
- Calcular la probabilidad de excedencia anual y el periodo de retorno para el cual coinciden las dos variables aplicando la distribución de Poisson.

1.1.1.1.3.4 Probabilidad de excedencia de umbrales de lluvia a partir de un inventario multitemporal

Un inventario multitemporal contiene movimientos en masa que fueron detonados en condiciones de lluvia disímiles, por tanto, se establece un umbral de lluvia que represente el conjunto de datos. Se propone establecer la lluvia antecedente de 15 días. Sin embargo, la lluvia antecedente puede variar de acuerdo con las condiciones del área de estudio, la disponibilidad de información y criterio experto; algunos autores han utilizado diferente número de días de lluvia antecedente (3, 15, 50 días) (Guzzetti et al., 2007). A continuación, se enumeran los pasos a seguir para el cálculo de la probabilidad de excedencia.

- Establecer los registros de inventario de procesos con fecha y localización conocida.
- Para cada fecha en la que se registró un movimiento en masa se calcula la lluvia antecedente de 15 días (sin incluir la precipitación del día en que ocurrió)

- Construir una gráfica en la cual el eje de las abscisas (x) representa la lluvia de los 15 días antecedentes (P15ant) y en el eje de las ordenadas (y) la precipitación de las 24 horas (P24h) (Figura 127).
- Si se cuenta con varias estaciones, para cada una se establece una función que represente el umbral de lluvia a partir de los cuales se detona un movimiento en masa. La representación de los umbrales de lluvia se realiza mediante la Ecuación:

$$P_T = b + m * P_{ant}$$

- Se puede establecer a partir de las áreas específicas de análisis o para estaciones pluviométricas definidas (Jaiswal & van Westen, 2009).

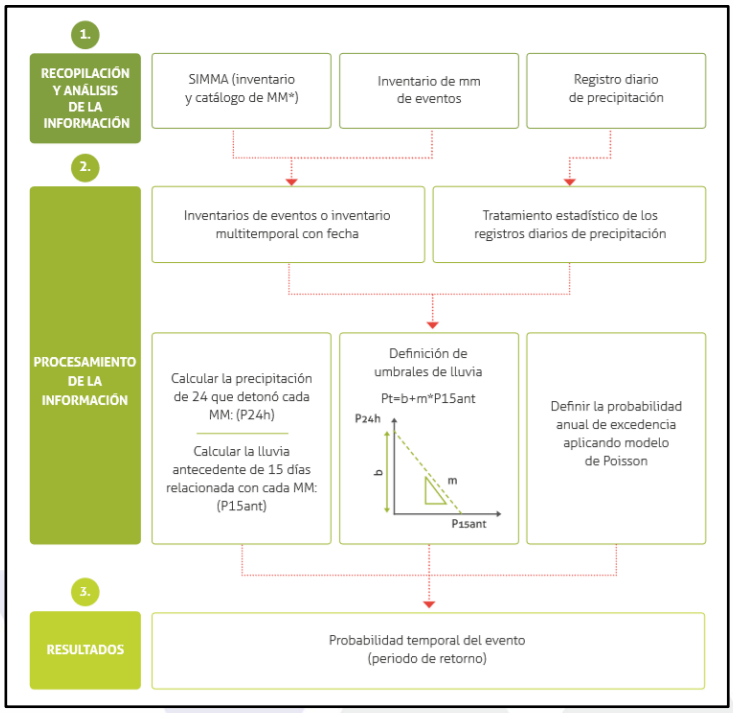


Figura 3: **Metodología para el cálculo de la probabilidad temporal a partir de umbrales de lluvia.**
Fuente: Tomado de SGC (2017b)

1.1.1.1.3.5 Detonante Sismo

Los sismos se han identificado como uno de los fenómenos naturales más peligrosos, los cuales han ocasionado grandes pérdidas económicas y sociales, donde no sólo los eventos considerados como fuertes producen daños severos, sino también los moderados y algunas veces los sismos de reducido tamaño han causado daños considerables. Lo anterior dado que las afectaciones no solo dependen de la energía liberada sino de las condiciones locales del territorio, tales como topografía y características geológicas de cada sitio, entre otras.

Los daños causados debido a los sismos han sido usualmente asociados con fallas estructurales en las viviendas. Sin embargo, una gran proporción de los daños por sismos alrededor del mundo son debidos principalmente a fallas del terreno, tales como licuación, fallas en rellenos antrópicos e inestabilidad de taludes, las cuales son comúnmente asociadas al riesgo sísmico-geotécnico.

La forma más común de expresar la amenaza sísmica de un lugar es a través de la probabilidad de excedencia de un parámetro típico, empleando un modelo de línea fuente y métodos probabilísticos paramétricos.

Dentro de las etapas para determinar la amenaza sísmica se deben de tener encuentran las siguientes:

- Consolidación de una base de datos de eventos sísmicos
- Determinación del área de influencia del sitio para el cual se determina la amenaza sísmica
- Asignación de eventos sísmicos a fallas y definición del corredor de las fallas
- Distribución de magnitudes y relaciones de atenuación
- Definición de ecuaciones de longitud de ruptura
- Definición de ecuaciones de aceleración en función de magnitud y distancia epicentral

1.1.1.1.3.6 Relaciones sismo-movimientos en masa

De acuerdo con el trabajo de Keefer (1984), la magnitud mínima para la ocurrencia de un movimiento en masa es 4,0. En Colombia, Rodríguez (2007) encontró que la magnitud mínima histórica en la que se reporta la ocurrencia de movimientos en masa es de Ms = 5,0 e intensidades en los niveles VI y VII de la escala de modificada de Mercali. La máxima distancia entre epicentro y ocurrencia de movimientos en masa para Colombia es muy cercana a la encontrada por Keefer (1984), como se presenta en las Figura 128 y Figura 129.

La clasificación de movimientos se presenta en dos tipos generales: movimientos en masa coherentes (incluye deslizamientos rotacionales profundos en suelo y roca, y flujos de tierra lentos) y movimientos en masa no coherentes (incluye caídas de roca y suelo, y deslizamientos traslacionales en suelo y planares en roca).

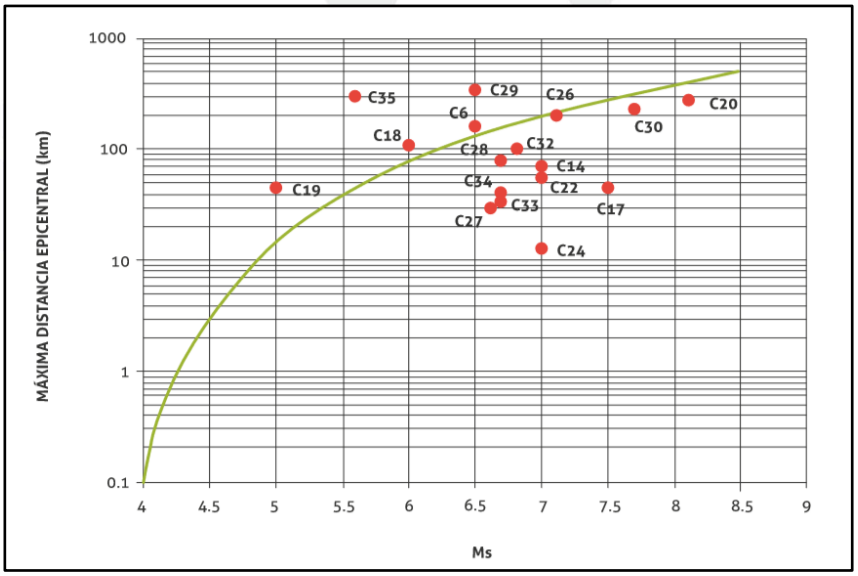


Figura 4: **Máxima distancia epicentral para movimientos en masa no coherentes**.
Fuente: Tomado de SGC (2017b).

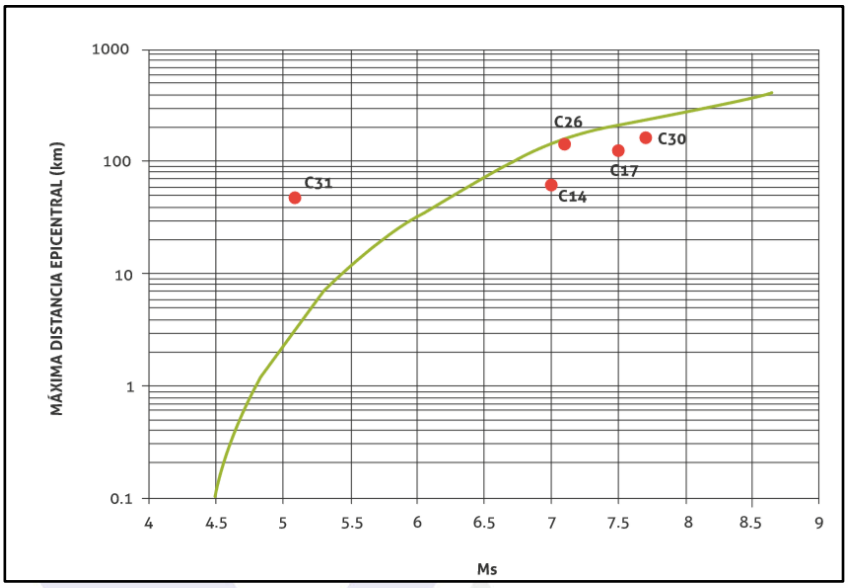


Figura 5: **Máxima distancia epicentral para movimientos en masa coherentes**
Fuente: Tomado de SGC (2017b).

1.1.1.1.3.6.1 Probabilidad Empírica – Distribución de Poisson

Si no se cuenta con un inventario de procesos morfodinámicos representativo en que se tengan fechas conocidas de ocurrencia de los movimientos en masa, se propone calcular la probabilidad a partir del inventario multitemporal obtenido desde la identificación en sensores remotos de las ocurrencias o reactivaciones de movimientos en masa los cuales cuentan con fecha de toma. El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de futuros procesos tipo deslizamiento se puede ajustar a una distribución de probabilidad como la de Poisson, con base en las estadísticas de los eventos pasados según lo considerado en Crovelli (2000). De acuerdo con el modelo de Poisson la probabilidad de que se detonen uno o más deslizamientos durante un tiempo t está dada por la Ecuación.

$$P(N \geq 1; t) = 1 - (e^{-\lambda t})$$

Donde, N es el número de deslizamientos que ocurren durante el tiempo t; λ es el promedio de ocurrencias de deslizamientos en el mismo intervalo de tiempo, el cual se puede obtener del análisis multitemporal de movimientos en masa. Sin embargo, esta probabilidad está e

1.1.1.1.3.7 Chi cuadrado

Las pruebas chi-cuadrado son un grupo de contrastes de hipótesis que sirven para comprobar afirmaciones acerca de las funciones de probabilidad (o densidad) de una o dos variables aleatorias.

Estas pruebas no pertenecen propiamente a la estadística paramétrica pues no establecen

suposiciones restrictivas en cuanto al tipo de variables que admiten, ni en lo que refiere a su distribución de probabilidad ni en los valores y/o el conocimiento de sus parámetros.

Se aplican en dos situaciones básicas:

- Cuando queremos comprobar si una variable, cuya descripción parece adecuada, tiene una determinada función de probabilidad. La prueba correspondiente se llama chi-cuadrado de ajuste.
- Cuando queremos averiguar si dos variables (o dos vías de clasificación) son independientes estadísticamente. En este caso la prueba que aplicaremos ser la chi-cuadrado de independencia o Chi cuadrado de contingencia.

Ecuación Chi Cuadrado:

$$\chi^{2*} \approx \sum_i \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Metodológicamente, la prueba se basa en la comparación entre la serie de frecuencias absolutas observadas empíricamente para los valores de la variable (Oi) y las correspondientes frecuencias absolutas teóricas obtenidas en base a la función de probabilidad supuesta en la hipótesis nula (Ei).

1.1.1.1.3.8 Análisis de magnitud

La magnitud de un movimiento en masa es entendida como una medida de su tamaño (Corominas et al., 2015) y puede ser descrita cuantitativamente por su volumen o indirectamente por su área (Portilla et al., 2010; Portilla, 2014). Al igual que para las demás características depende de la información disponible. Para cada categoría de amenaza se deben analizar los tamaños de movimientos en masa y sus distribuciones de frecuencias (relativas y acumuladas) a partir del inventario de procesos morfodinámicos. Los movimientos en masa tipo caída se pueden analizar en términos de tamaño de bloques o volumen y los deslizamientos en términos de su área o volumen. Para los movimientos en masa tipo flujo clasificados como avenida torrencial se debe estimar la frecuencia de la magnitud de los eventos en términos de volúmenes depositados o al menos de áreas afectadas. Si la distribución de frecuencias de la magnitud se puede ajustar a una distribución de probabilidad específica, se pueden establecer probabilidades de magnitud de procesos mayores o iguales a un tamaño específico.

1.1.1.2 Análisis de amenaza

La caracterización de la amenaza por movimiento en masa se construye a partir del análisis de susceptibilidad, el cual a su vez contempla la relación que tienen los procesos morfodinámicos, la geología (UGS), geomorfología, la cobertura y uso del suelo, con la posibilidad espacial de ocurrencia de deslizamientos dentro del área de estudio.

1.1.2 ESTUDIOS EXISTENTES

En el municipio de La Belleza se han realizado estudios de amenaza por movimientos en masa, como el análisis que se realizaron dentro del Esquema De Ordenamiento Territorial 2003, Pomca del Carare

Minero, Estudio De Susceptibilidad Y Amenaza -Sgc, Estudió De Geología Plancha 170 y 169- Sgc, Geomorfología Plancha 170 y 169 Sgc, Memoria Descriptiva De Inundación-Ideam. Cada uno de estos estudios se mencionan detalladamente en el (Capítulo de Información Técnica Disponible).

1.1.3 CARTOGRAFÍA BASE Y SENSORES REMOTOS

En esta sección se describe detalladamente en el capítulo 2 (Localización e información técnica disponible) donde se menciona la información utilizada para desarrollar y presentar los resultados de los trabajos del proyecto en lo relacionado a cartografía básica, fotografías aéreas, imágenes satelitales, información obtenida a partir de consultas en entidades oficiales como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y fuentes de internet como Google Earth.

1.1.4 INFORMACIÓN TECNICA DISPONIBLE

Para el desarrollo de este capítulo se tuvo en cuenta la información técnica disponible encontrada en entidades internacionales, nacionales, departamentales, municipales públicas o privadas y así tener el mejor gradado de veracidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en las diferentes zonificaciones.

Tabla 1: Información técnica disponible.

INFORMACIÓN TÉCNICA DISPONIBLE	DOCUMENTO PDF	MAPAS			AÑO REALIZADO
Aprestamiento e Inventario y Evaluación de Información existente		MAPAS PDF	MAPAS CAD	MAPAS SHP	
1-ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2003	X	X	X	x	2003
2-POMCA DEL RIO CARARE	X	X		X	2019
3-ESTUDIO Z DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA PLANCHA 170 y 169 -SGC	X			X	2016
4- ESTUDIÓ DE GEOLOGÍA PLANCHA 170 y 169 SGC	X	X		X	2009
5-GEOMORFOLOGÍA PLANCHA 170 y 169 -SGC	X			X	2018

6-MEMORIA DESCRIPTIVA DE INUNDACIÓN-IDEAM	X	X			2011

Fuente: DICO

1.1.5 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

Los índices geomorfológicos han sido utilizados en los últimos años, como una herramienta efectiva para reconocer señales anómalas en la topografía y el sistema de drenaje, que reflejan la influencia de factores externos como la tectónica, el clima o incluso la litología, en la evolución reciente del paisaje (El Hamdouni, Irigaray, Fernández, Chacón, & Keller, 2008; Giaconia, Booth-Rea, Martínez-Martínez, Azañón, & Pérez-Peña, 2012; Kothyari, Rastogi, Morthekai, Dumka, & Kandregula, 2016). Dentro de los índices más utilizados se encuentran: la curva y la Integral Hipsométrica (IH), el Factor Asimétrico (AF), y Factor de forma de la cuenca (Bs).

Con el objetivo de detectar evidencias de actividad tectónica reciente en el municipio de La Belleza, se llevó a cabo el cálculo de los índices mencionados.

1.1.5.1.1 Índices morfométricos cuencas

Los índices morfométricos fueron obtenidos a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) ALOS con una resolución de 12.5 m por pixel. El DEM se obtuvo gratuitamente de earthexplorer.usgs.gov partir de este DEM se seleccionaron 4 subcuencas del municipio de La Belleza, la delimitación de estas subcuencas de drenaje fue tomadas del ¨Pomca del rio Carare Minero¨ ya que estas se encuentran establecidas y por jerarquización se deben de tomar las descritas en el área de estudio por ende se tuvo en cuenta las siguientes subcuencas:

Tabla 2:Resultados de índices morfométricos de las subcuencas.

SUBCUENCA	ÁREA Km	ELEV MIN	ELEV MAX	ELEV MEDIA	IH	AF	BS
Río Piedras	10.339234	2147	2674	2410.5	0.50	-50.00	2.3
Quebrada Guas	22.382422	784	2555	1669.5	0.50	-50.00	4.17
Quebrada La Quitaz	108.904436	304	2362	1333	0.50	2.67	1.11
Directos al Río Minero	81.038334	207	1413	810	0.50	-50.00	1.95
Río Horta	76.054663	645	2778	1711.5	0.50	2.09	3.2
Quebrada La Tipa	41.73379	284	1355	819.5	0.50	17.99	1.3

Fuente: DICO

1.1.5.1.2 Curva e integral hipsométrica (IH)

La curva hipsométrica es la representación gráfica del estado evolutivo de un determinado paisaje con respecto al grado de erosión del mismo (Pike & Wilson, 1971; Strahler, 1952). Este tipo de curvas pueden presentar tres tipos básicos que reflejan el estado erosivo de la cuenca de drenaje: curvas cóncavas son indicativas de paisajes altamente erodados y “viejos”, curvas en forma de “S” o cóncavo-convexas son distintivas de paisajes en un estado intermedio moderadamente erodado y curvas convexas son características de paisajes jóvenes los cuales han sido poco erodados. Además de estas curvas clásicas, en la literatura existente se han encontrado y reportado curvas irregulares

o anómalas las cuales presentan convexidades en diferentes sectores de la curva y que reflejan rejuvenecimientos parciales de la cuenca de drenaje como resultado de levantamientos de la superficie, procesos de captura de drenajes y/o presencia de litologías extremadamente resistentes a la erosión como pueden ser calizas o rocas de basamento frescas (El Hamdouni et al., 2008; Giaconia, Booth-Rea, MartínezMartínez, Azañón, Pérez-Peña, et al., 2012). La integral hipsométrica (IH) corresponde al área bajo la curva hipsométrica y se puede calcular de la siguiente manera (El Hamdouni et al., 2008; Keller & Pinter, 2002; Pike & Wilson, 1971):

$$IH = (me – mne) / (mxe – mne)$$

Donde (me)es la elevación media, (mne) es la elevación mínima y (mxe) es la elevación máxima. Valores de la IH menores a 0,35 son indicativos de paisajes altamente erodados, valores de IH entre 0,35 y 0,6 indican paisajes en estado erosivo intermedio y valores de (IH) mayores a 0,6 indican paisajes jóvenes débilmente erodados.

En la (figura 166 a 171), se representan las curvas hipsomètricas para las subcuencas que conforman la cuenca del Rio Carare Minero. Estas curvas indican un paisaje en estado maduro, donde existe un equilibrio entre el levantamiento tectónico y la disección de los drenajes; con valores de IH entre 0,45 y -0.7. La subcuenca del Rio Piedras da un valor de 0.5 lo que indica que esta subcuenca presenta un relieve juvenil, no está representado por una curva cóncava hacia abajo con un área mayor bajo la curva respecto a la madura, producto del levantamiento. No se presentan aún un relieve senil, cuya curva se representa con una concavidad hacia arriba y tendría una menor área bajo la curva, es decir que la dinámica fluvial tiene bastante capacidad de carga. Las curvas hipsométricas son en forma de “S”, o estado maduro, la cual se representa por una curva intermedia de las dos anteriores. También estas subcuencas presentan puntos de inflexión en estas curvas, que evidencian cambios litológicos y quiebres de pendiente asociado con las fallas geológicas ya que el municipio se evidencia fallas geológicas, la subcuenca de la quebrada Piedras presenta un cambio brusco ya que está está influenciada por el eje del Sinclinal y Anticlinal de La Pradera.

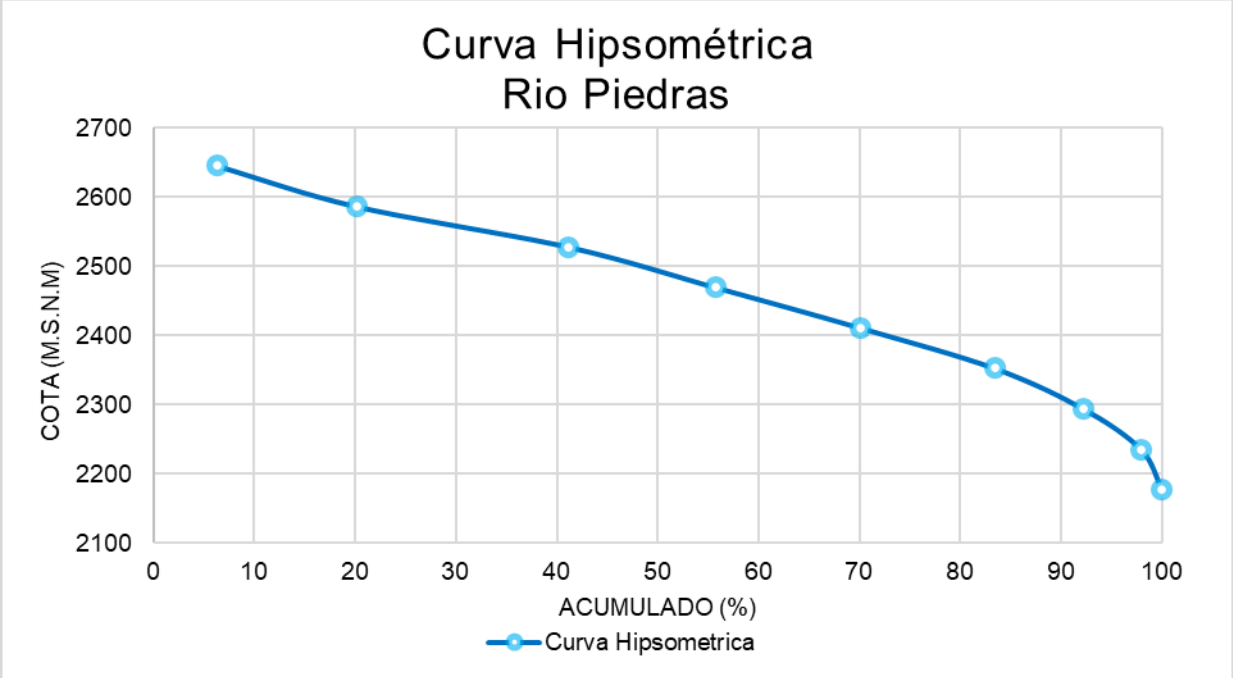


Figura 6: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Rio Piedras**
Fuente: Dico

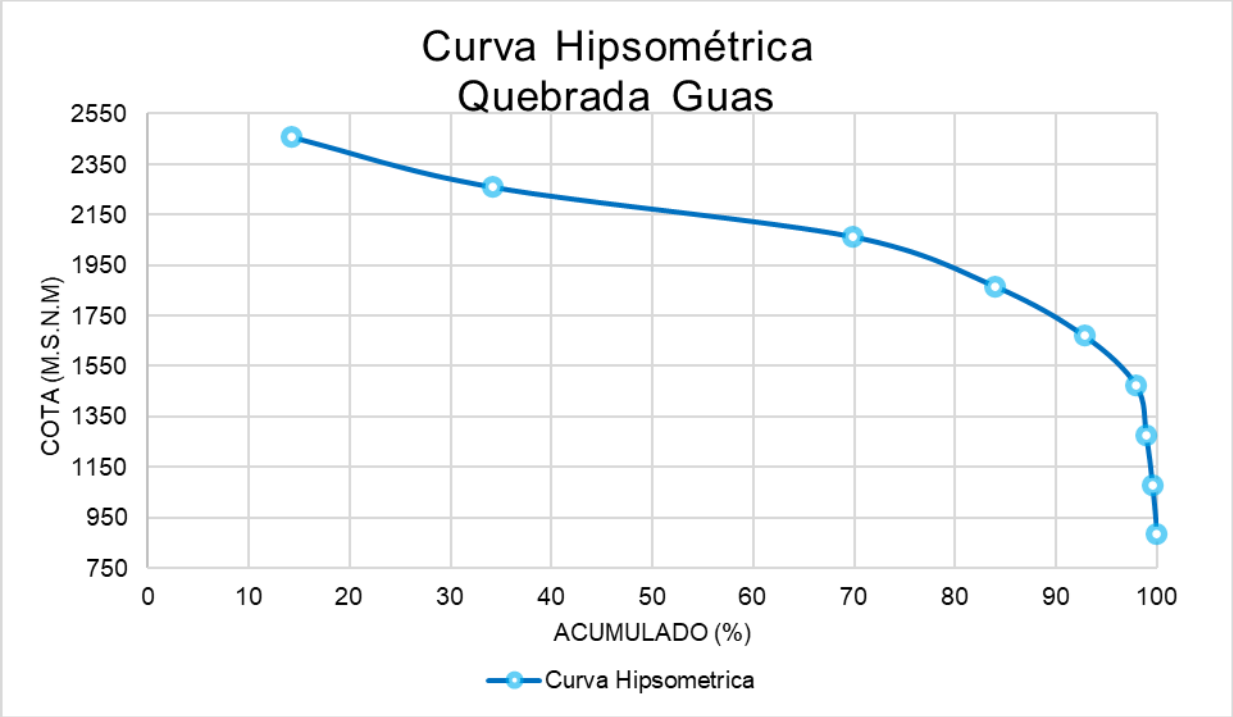


Figura 7: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Quebrada Guas**
Fuente: Dico

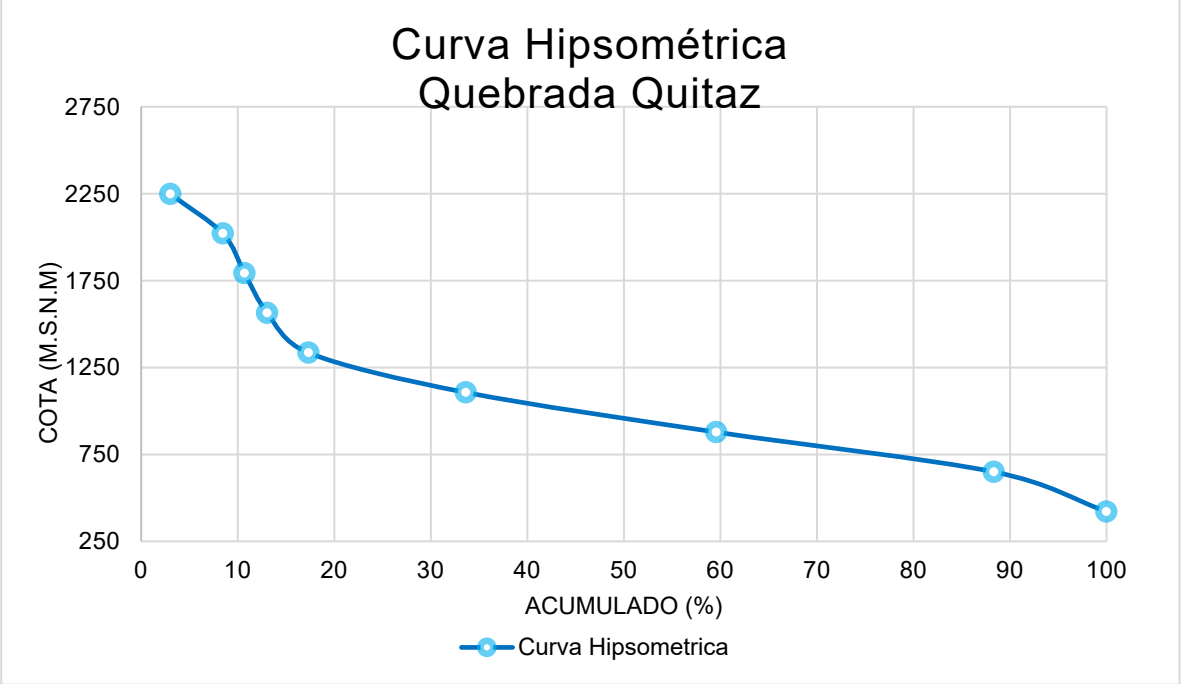


Figura 8: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Quebrada La Quitaz**
Fuente: Dico

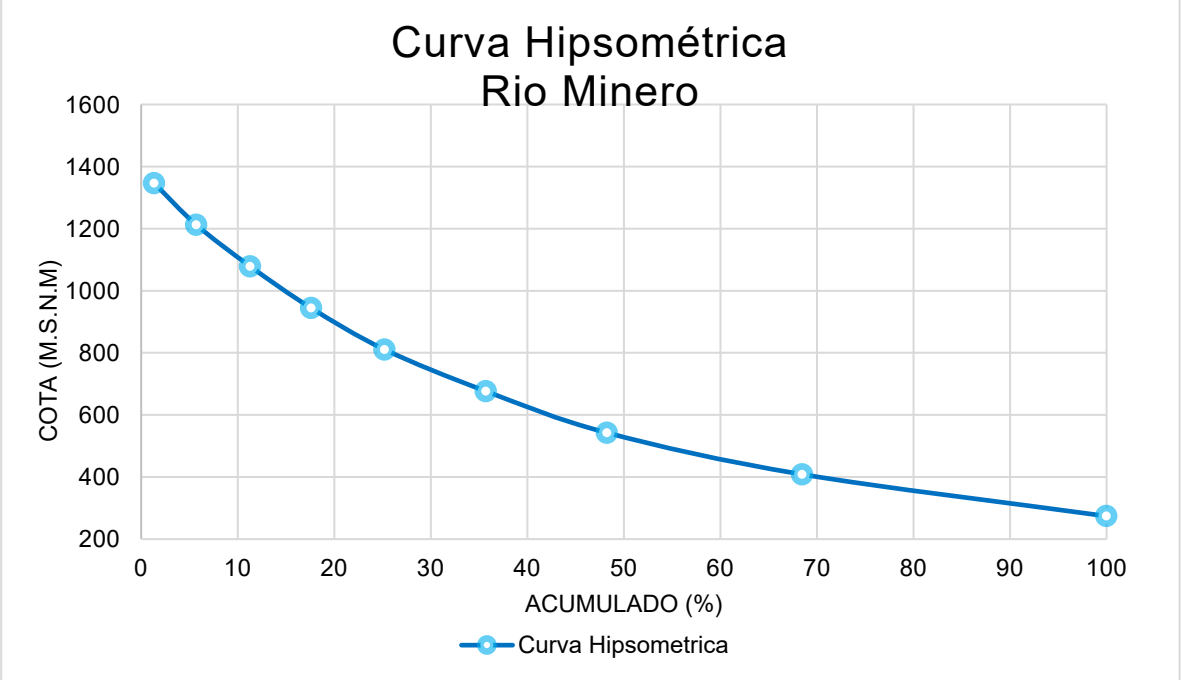


Figura 9: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Rio Minero**
Fuente: Dico

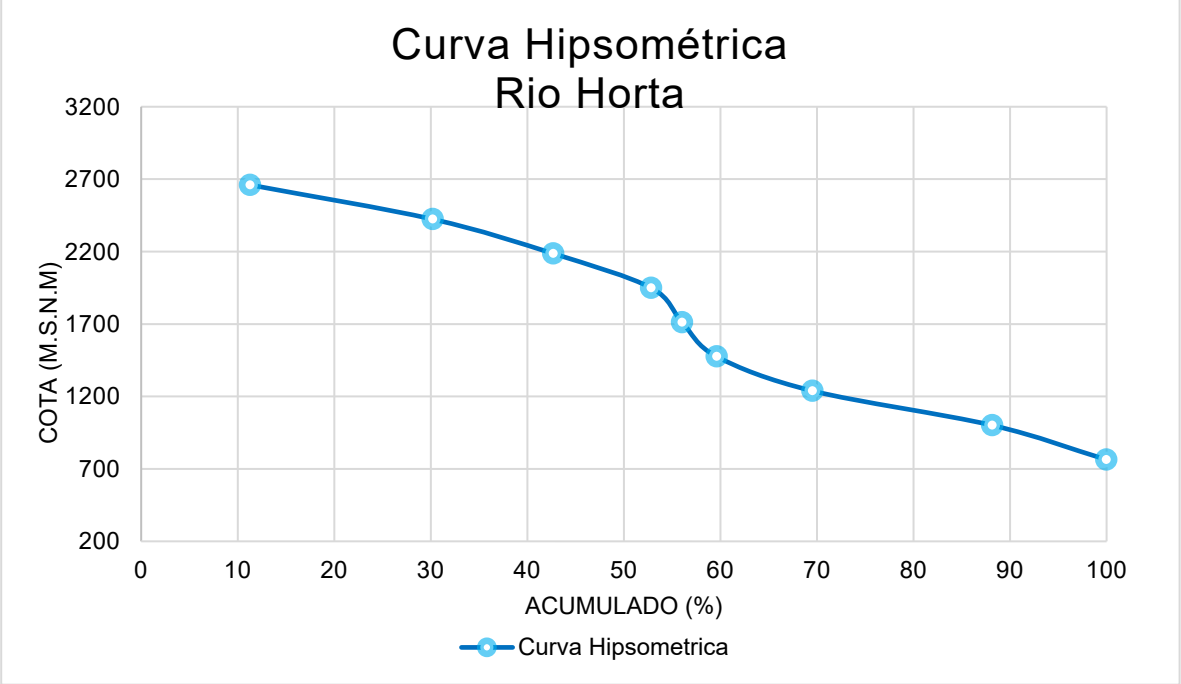


Figura 10: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Rio Horta**
Fuente: Dico

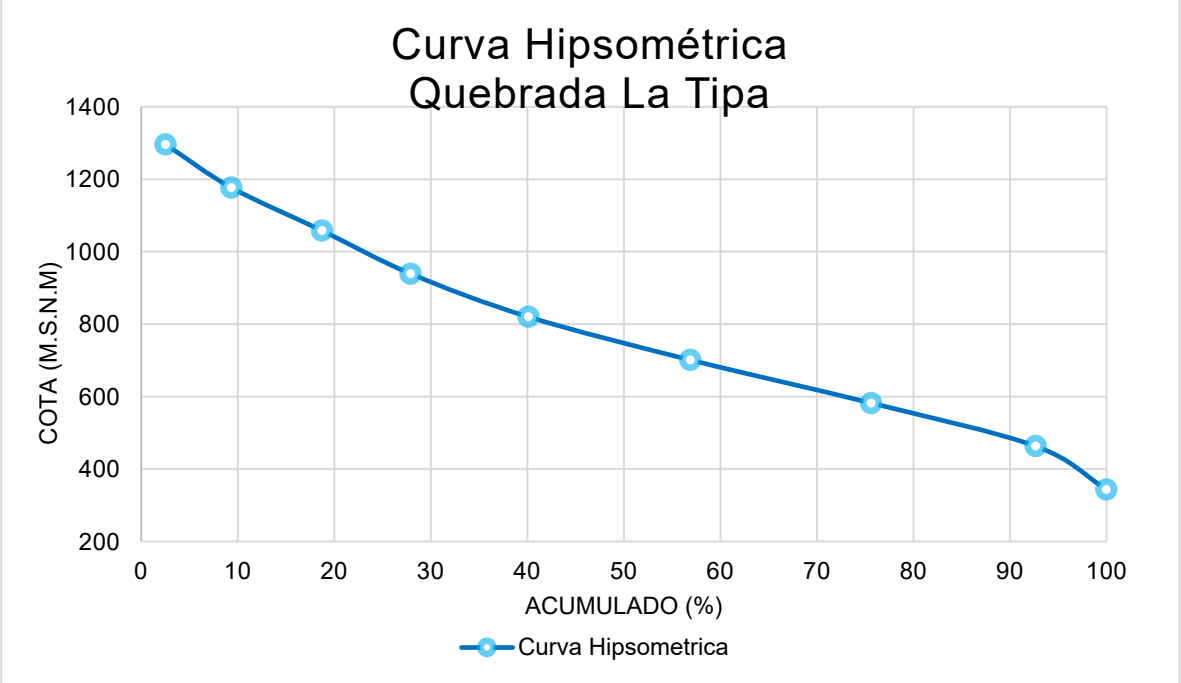


Figura 11: **Curva hipsométrica de la subcuenca de la Quebrada La Tipa**
Fuente: Dico

1.1.5.1.2.1 Factor de asimetría (AF)

El factor de asimetría es un índice geomorfológico a nivel de cuenca de drenaje que permite cuantificar el grado de basculamiento de una cuenca y el sentido del mismo. El índice AF puede ser influenciado por levantamiento asimétrico a lo largo de una estructura, por control estructural ejercido por la estratificación o por desarrollo preferencial de la red de drenaje (Keller & Pinter, 2002). El índice AF se puede calcular de la siguiente manera:

$$AF = |50 – (100*Ar)/At|$$

Donde Ar es el área de la cuenca a la derecha y At es el área total de la cuenca. Para interpretar el índice AF se realizó la clasificación del mismo en los siguientes rangos: AF < 5 = cuencas simétricas; 5<AF<10 = cuencas ligeramente asimétricas; 10<AF15 = cuencas moderadamente asimétricas y AF>15 = cuencas fuertemente asimétricas.

En la figura 167 y 172 se presenta la asimetría de las subcuencas del área, siendo las subcuencas de los ríos Piedras, Minero y Quebrada Guas son cuencas simétricas y las subcuencas quebrada Quitaz y Rio Horta son subcuencas ligeramente simétricas, las subcuenca de la Quebrada La Tipa presentas una fuertemente simetría.

1.1.5.1.2.2 Índice de forma de la cuenca de drenaje (Bs)

Este índice representa el grado de elongación de la cuenca de drenaje (Ramírez-Herrera, 1998). Cuencas elongadas con un valor de Bs mayor a 2,0 han sido asociadas a zonas con actividad tectónica reciente mientras cuencas redondas con un índice Bs menor a 2,0 se relacionan a una época de quietud o no actividad tectónica. El índice Bs se puede calcular de la siguiente forma:

$$Bs = Bl/Bw$$

Donde Bl es la máxima longitud de la cuenca de drenaje y Bw es el máximo ancho de la cuenca de drenaje.

Las subcuencas que pertenecen a Rio Carere Minero, tienen valores de índice de elongación mayores a 2, se asocian a una actividad reciente en la zona, siendo las subcuencas con los valores más altos de 4.17 de la quebrada. Las subcuencas evaluadas con valores altos de elongación definen la región de estudio como una zona activa tectónicamente. Esto se debe a una caída del nivel base de las mismas que afecta los procesos de degradación de las laderas concentrando energía para incisar eficientemente y para dar inicio a la erosión remontante, (gran deslizamiento), lo cual ha permitido generar gran cantidad de material suelto, el cual ha sido transportado en los eventos que suceden en la zona. Dichos procesos generan continuas migraciones de la divisoria de aguas que como respuesta origina la forma elongada de las subcuencas.

Las Quebradas La Quitaz, La Tipa y Rio Minero presentan valores menores a 2, (1.11, 1.3, y 1.95), respectivamente, que significaría menor actividad tectónica de las mismas y menor afectación por movimientos en masa.

1.1.5.1.2.3 Análisis Índices morfométricos

Los índices morfométricos evaluados para el área de estudio evidencian actividad tectónica reciente. El índice de asimetría de las cuencas Rio Horta y Piedras, Quebrada Quitaz, Guas muestran valores altos que corresponden a cuencas basculadas, en el bloque colgante de la actividad tectónica que presenta el municipio de La Belleza, También esta actividad se expresa en las curvas hipsométricas, que para estas mismas cuencas son en forma de "S", lo que sugiere un equilibrio entre procesos de pendiente e incisión fluvial o una cuenca madura, resaltando que estas curvas en su base tienden a ser convexas, asociado a rejuvenecimiento causado por levantamiento superficial, que en este caso se asocia al levantamiento de la traza del y el eje de sinclinal y Anticlinales que se presentan en el Municipio de La Belleza que pasa precisamente a la base de estas cuencas. Los movimientos en masa de la zona, se asocian a procesos de rejuvenecimiento antes mencionado, lo que se refleja en cuencas altamente elongadas y en que la erosión sea remontante hacia las divisorias, indicando un estado de desequilibrio, que junto con el tipo de material altamente fracturado y meteorizado y con la alta pluviosidad de la zona, se generen las condiciones geomecánicas de inestabilidad del macizo rocoso.

1.1.6 COBERTURA DE LA TIERRA EN EL TIEMPO ANTERIOR

Para hallar la cobertura de la tierra en el tiempo anterior se tomó como referencia la cobertura vegetal realizada por Igac 2018 del municipio de La Belleza y se verifico con imágenes del 2018 de Google Earth, en el cual esta clasificación de la cobertura vegetal corresponde a imágenes del año 2018.

En la base de datos de la capa se encuentra definido la unidad de cobertura del tiempo anterior identificada en la imagen del 2018. Se generaron 16 polígonos. En este insumo cartográfico no se realiza el ajuste a la unidad mínima de mapeo y polígonos adyacentes; ya que muchos de los cambios son menores a 1,56 ha, sin embargo, se deben incluir, para poderlos identificar a nivel de cambio. A continuación, se presenta la cuantificación de las coberturas identificadas en el tiempo anterior (Tabla 37 y Figura 172)

Tabla 3: **Información técnica disponible**

TIPO	Ha	Ha%
1.1.1. Tejido urbano continuo	5.66	0.017
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	23.28	0.068
2.3.1. Pastos limpios	7731.31	22.709
2.3.2. Pastos arbolados	2828.38	8.308
2.3.3. Pastos enmalezados	524.52	1.541
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1296.64	3.809
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	539.67	1.585
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	3926.79	11.534
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	565.89	1.662
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	8319.10	24.436

3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	780.41	2.292
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1063.02	3.122
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2416.77	7.099
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2510.94	7.375
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1281.58	3.764
5.1.1. Ríos	231.06	0.679
TOTAL	**34045.04**	**100.000**

Fuente: Dico

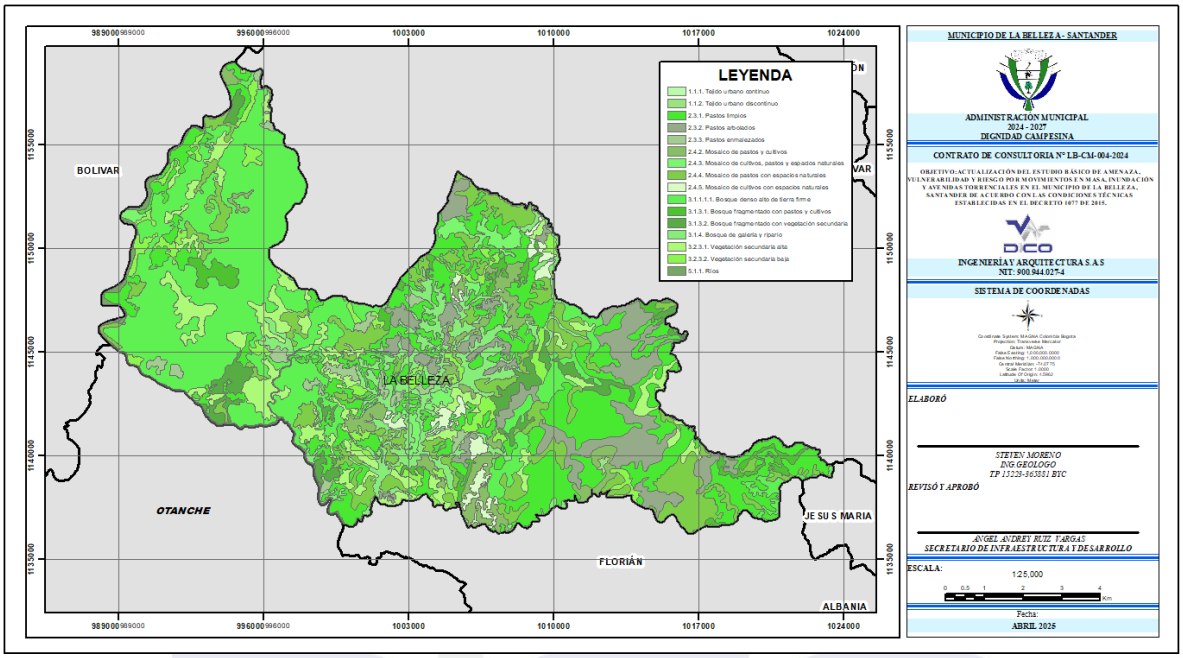


Figura 12: **Cobertura Vegetal tiempo anterior año 2018**
Fuente: Dico

1.1.6.1 Multitemporal

El análisis multitemporal define las zonas de cambio o de mayor dinámica y no cambio o de zonas estables o persistentes a través del tiempo, identificadas en la interpretación de coberturas de la tierra. De igual manera se define el tipo de cambio, es decir el cual hace referencia a identificar los polígonos de pérdida, es decir cuando se pasa de una cobertura de mayor estrato a menor estrato o de mayor rugosidad a menor rugosidad; ganancia: cuando pasa de una cobertura de menor estrato a mayor estrato y persistencia: Cuando se mantiene igual de un periodo de interpretación a otro.

A continuación, se desglosan los atributos de la cobertura de tiempo anterior:

En la siguiente tabla se describen las áreas de las unidades de cobertura de la tierra presentes tanto en el periodo de interpretación del tiempo anterior (Año 2018) como las unidades presentes en el tiempo actual (Año 2025), también se identifica la diferencia de áreas en ambos periodos para determinar el cambio por unidad de cobertura de la tierra y posteriormente se evalúa la clasificación

del cambio a nivel de persistencia, perdida y ganancia. De igual manera se incluyen las coberturas a las cuales no se les incluye el análisis multitemporal y están marcadas como No aplica, por estar presentes en el periodo anterior, pero no se encuentran en el periodo actual. (Tabla 38).

Tabla 4: **Resumen de los resultados de tipo de cambio de cobertura vegetal**

TIPO	Ha	Ha%	Ha	Ha%	CAMBIO	TIPO DE CAMBIO
1.1.1. Tejido urbano continuo	5.66	0.017	40.232	0.118	NULA	NULA
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	23.28	0.068	16.862	0.050	NULA	NULA
2.3.1. Pastos limpios	7731.31	22.709	7785.365	22.868	-54.053644	PERDIDA
2.3.2. Pastos arbolados	2828.38	8.308	2818.800	8.280	9.5761	GANANCIA
2.3.3. Pastos enmalezados	524.52	1.541	766.689	2.252	-242.164598	PERDIDA
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1296.64	3.809	1376.341	4.043	-79.699306	PERDIDA
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	539.67	1.585	444.413	1.305	95.257797	GANANCIA
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	3926.79	11.534	3264.072	9.588	662.721599	GANANCIA
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	565.89	1.662	573.342	1.684	-7.447432	PERDIDA
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	8319.10	24.436	8159.219	23.966	159.878836	GANANCIA
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	780.41	2.292	601.378	1.766	179.028672	GANANCIA
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1063.02	3.122	1468.463	4.313	-405.442354	PERDIDA
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2416.77	7.099	2391.246	7.024	25.52767	GANANCIA
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2510.94	7.375	2613.083	7.675	-102.145616	PERDIDA
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1281.58	3.764	1407.251	4.133	-125.671077	PERDIDA
5.1.1. Ríos	318.533	0.936	318.533	0.936	NULA	NULA

Fuente: Dico

De acuerdo con la tabla 38 se redujeron unidades Bosque fragmentado con pastos y cultivos en 405.44 Ha, las unidades mosaico de pastos con especies naturales es de 662.72 Ha y una ganancia en bosque denso alto de tierra firme el cual aumentaron en 159.87 Ha.

Por tanto, las zonas de coberturas con mayor relación con los movimientos en masa son los pastos y la vegetación secundaria o en transición, ideales de mayor dinámica y cambio de uso constante.

1.1.6.1.1 Evaluación de los cambios

En esta etapa se evalúa la dinámica del cambio en función de la pérdida, ganancia y persistencia de las unidades de coberturas de la tierra en un periodo de análisis de 7 años. Estas unidades de pérdida se evalúan teniendo en cuenta la pérdida de área y cambio de código de la unidad de un estrato mayor a un estrato menor. A nivel de ganancia se evalúa el cambio de código en función del incremento del área de una cobertura de menor estrato a una de mayor estrato y la persistencia son las unidades que permanecen o no cambian de un periodo a otro.

A continuación, en la tabla 39, se desglosan los tipos de cambio identificados en la zona de estudio:

Tabla 5: Cuantificación tipo de Cambio

CAMBIO	HA
PERDIDA	-1104.09422
GANANCIA	1131.99067

Fuente: Dico

La pérdida esta relacionad a el cambio de unidades Bosque fragmentado con pastos y cultivos en el cual esta sido remplazado por bosque denso alto de tierra firme, no que dichas zonas han sido producto de la deforestación si no del producto del cambio de vegetación.

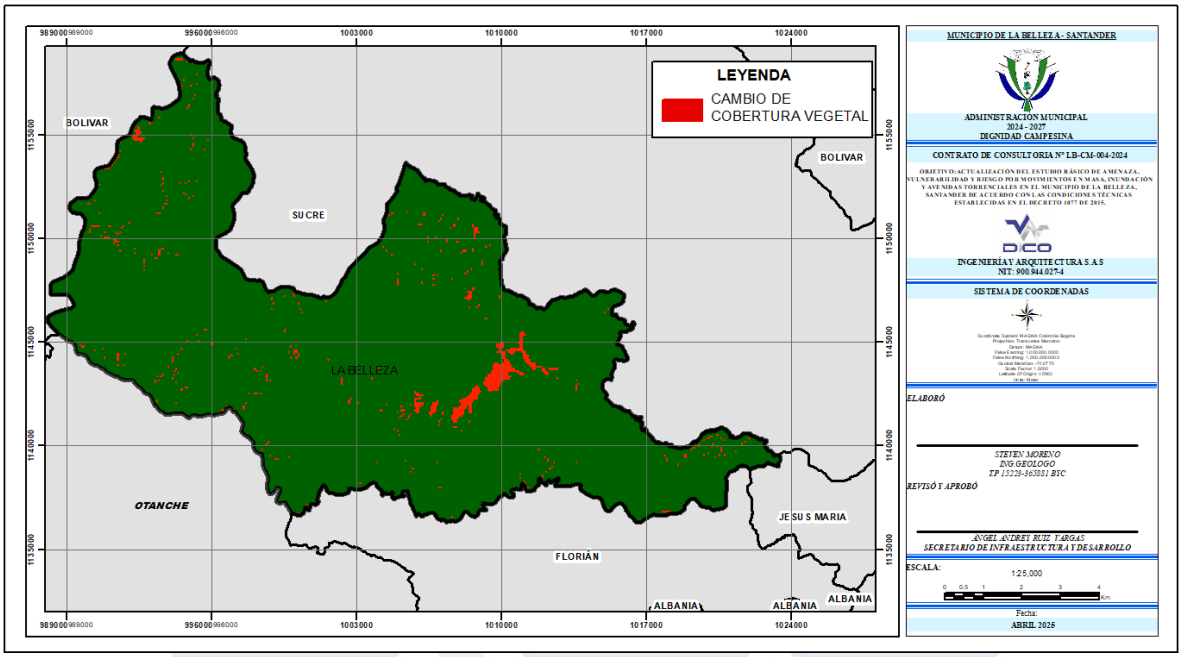


Figura 13: **Tipo de cambio de cobertura vegetal**

Fuente: Dico

Tabla 6: **Cuantificación tipo de Cambio**

TIPO	TIPO DE CAMBIO
2.3.1. Pastos limpios	PERDIDA
2.3.3. Pastos enmalezados	
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	
2.3.2. Pastos arbolados	GANANCIA

2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	

Fuente: Dico

Las unidades de vegetación relacionadas con Bosque denso bajo de tierra firme y pastos limpios abarcan el 22% del área de estudio, lo que representa una actividad de uso dirigida a la explotación de los recursos forestales en alta demanda, sin embargo, varios de los procesos de deforestación son generados por las condiciones naturales del territorio como los deslizamientos, incendios forestales entre otras.

La actividad de susceptibilidad a los movimientos en masa, en este tipo de análisis se puede ver en doble dirección, ya que no todas las veces la deforestación es un aportante a los movimientos en masa y procesos erosivos, sino que las actividades de inestabilidad generan pérdidas de la cobertura, relacionada en su mayoría con las unidades de bosques donde la intervención antrópica es casi nula.

A partir de lo anterior se concluye que la dinámica del territorio es alta vista desde un horizonte de 7 años, sin embargo, la proyección de cambios tendería a incrementarse en la medida que se incluyeran periodos adicionales de análisis multitemporal. Muchas de las zonas de deslizamiento y procesos de erosión evaluados como inactivos desarrollan actividades altas de regeneración de la vegetación y a lo largo de la zona de estudio lo cual se justifica en los datos obtenidos a nivel de ganancia diferenciados en el tipo de cambio y muchos de los procesos de movimientos en masa están relacionados con cambios de coberturas de estrato mayor a un estrato menor, reduciendo el aporte de protección al suelo y abriendo las posibilidades con mayor facilidad de activar o iniciar un proceso de inestabilidad.

1.1.7 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

El análisis de susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de La Belleza se realizó con base en los lineamientos presentados en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa en Escala 1:25.000 (SGC, 2017). Esta guía propone diferentes métodos de análisis de la susceptibilidad dependiendo del tipo de movimiento en masa: para movimientos tipo deslizamiento (incluyendo los flujos) se recomienda el método estadístico bivariado de pesos de evidencia (WofE); para movimientos tipo caída se recomienda un método basado en criterios geológicos y geomorfológicos; para los movimientos tipo flujo (avenida torrencial) se propone un método basado en el mapeo geomorfológico; mientras que para los movimientos tipo reptación se plantea su identificación directa en el inventario y representación cartográfica sobre el mapa de susceptibilidad final. En el caso del municipio de La Belleza, se aplicaron los métodos recomendados por SGC (2017) para movimientos tipo deslizamiento, caída y reptación, pues son los mecanismos identificados en el área de estudio. Aunque dentro del Inventario de Procesos de Movimientos en Masa (SIMMA), no se identificaron tipo flujos, se aclara que cumplen estrictamente con los criterios

propuestos en SGC (2017) para clasificarlos como avenidas torrenciales y por lo tanto aplican para ser analizados con el método de mapeo geomorfológico.

1.1.7.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis para la obtención del modelo de susceptibilidad se definió con base en lo propuesto por SGC (2017) que, para el caso del municipio de La Belleza, corresponde al tamaño de pixel del modelo digital de elevación (MDT) utilizado, el cual corresponde al modelo ALOS PALSAR de 12,5 m.

1.1.7.2 ALISTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la variable temática de cobertura y uso del suelo se combinó la información de cobertura de la tierra, usos del suelo y análisis de la multitemporalidad en un periodo de 7 años para el municipio de La Belleza (Santander), en función de los movimientos en masa, con el objeto de reducir las unidades temáticas sin perder la exactitud cartográfica en la modelación de la información integrada con los factores condicionantes. En primer lugar, se procedió a realizar una integración de las unidades de uso de mayor compatibilidad con las unidades de cobertura de la tierra cuyas definiciones lograban un punto de encuentro para generar una leyenda unificada de cobertura y uso del suelo, teniendo en cuenta las definiciones de cada una de las unidades en el marco de la dinámica antrópica del territorio. De esta manera, las unidades de interpretación temática pasaron de 16 unidades de cobertura de la tierra a 7 unidades integradas con el tipo de suelo, sin alterar la exactitud temática del producto cartográfico.

Finalmente se retomaron dichas unidades integradas y se evaluaron en función del número de movimientos en masa por unidad de cobertura y tipo de cambio (Persistencia, Pérdida y Ganancia) distribuida a lo largo de la zona de estudio, lo cual generó una distribución promedio de puntos de movimientos en un 12% aproximadamente para algunos de los tipos de unidades interpretadas. A las unidades que superaron este umbral de presencia de movimientos en masa se les incluyó el símbolo Ps (persistencia) y P (pérdida). Para el caso de ganancia, las unidades que incluían este atributo no superaban el umbral propuesto, por ende, no se incluyó.

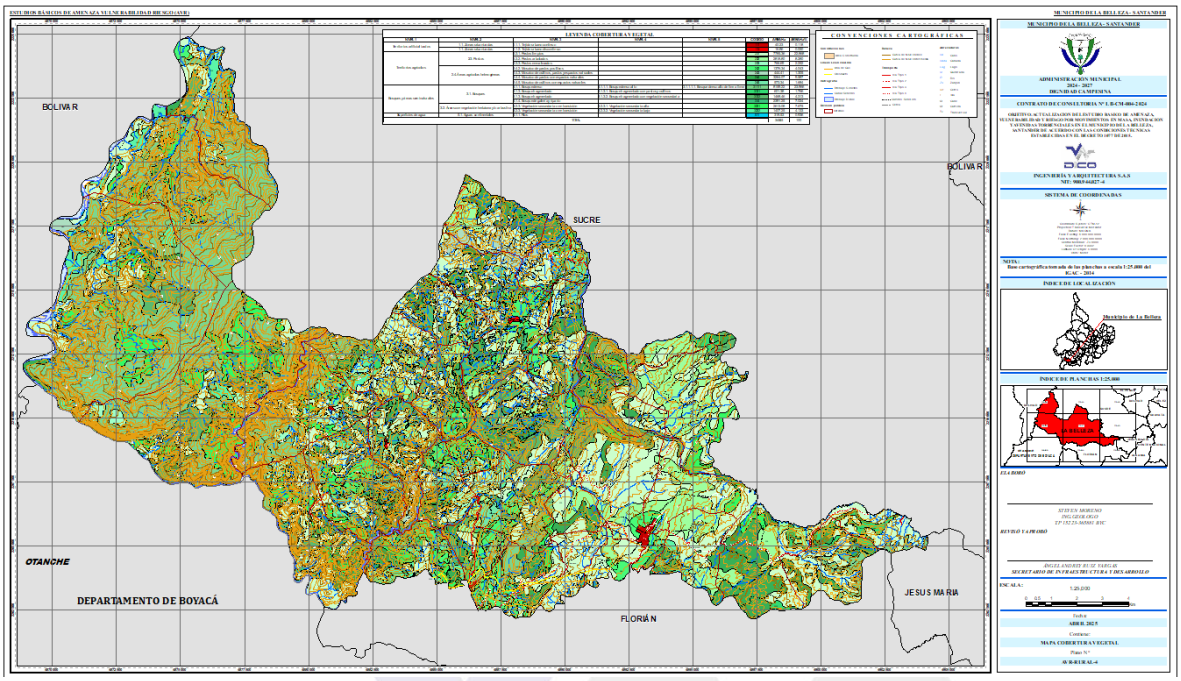


Figura 14: **Capa de cobertura vegetal**

Fuente: Dico

La capa de pendientes del terreno se elaboró a partir del DEM y fue clasificada en 7 clases de acuerdo con los rangos de pendiente utilizados con propósitos de ingeniería y zonificación de amenaza por movimientos en masa, planteados en SGC (2017).

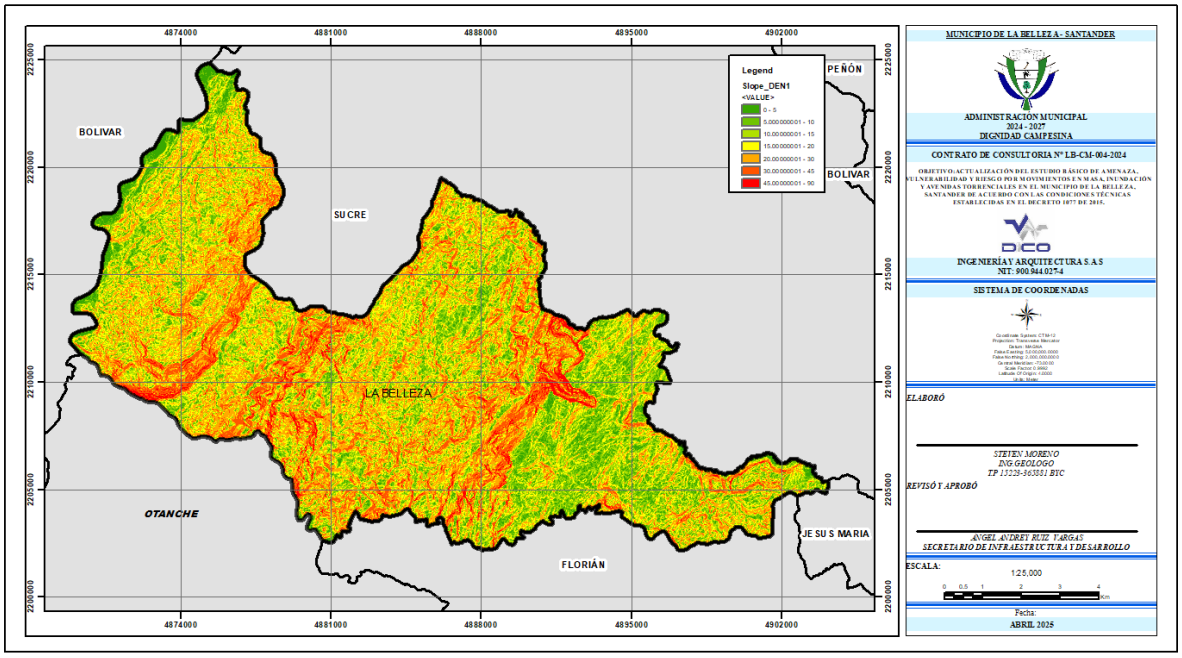


Figura 15: **Capa de pendientes del terreno**
Fuente: Dico

Para la variable temática de UGS que se usó para el cálculo de la susceptibilidad, se filtraron las entidades que correspondían a Suelo transportado coluvial activo (Stcoa) y algunas entidades de Suelo transportado coluvial (Stco). Lo anterior teniendo en cuenta que la UGS de Stcoa corresponde en una relación 1 a 1 con los movimientos en masa activos mientras que algunos Stco corresponden a movimientos en masa inactivos. En su lugar, se dejó la UGS circundante que representa las condiciones del terreno que en su momento se vieron afectadas por el movimiento en masa. Este procedimiento se llevó a cabo teniendo en cuenta que el método estadístico bivariado asigna pesos de evidencia dependiendo de la cantidad de pixeles de movimientos en masa por cada una de las variables temáticas, en este caso de la UGS. Al dejar las entidades de Stcoa y Stco, las cuales coinciden directamente con los movimientos en masa, son estas unidades las que adquieren el mayor peso de evidencia y por lo tanto se incurre en un error sistemático al momento de aplicar el método.

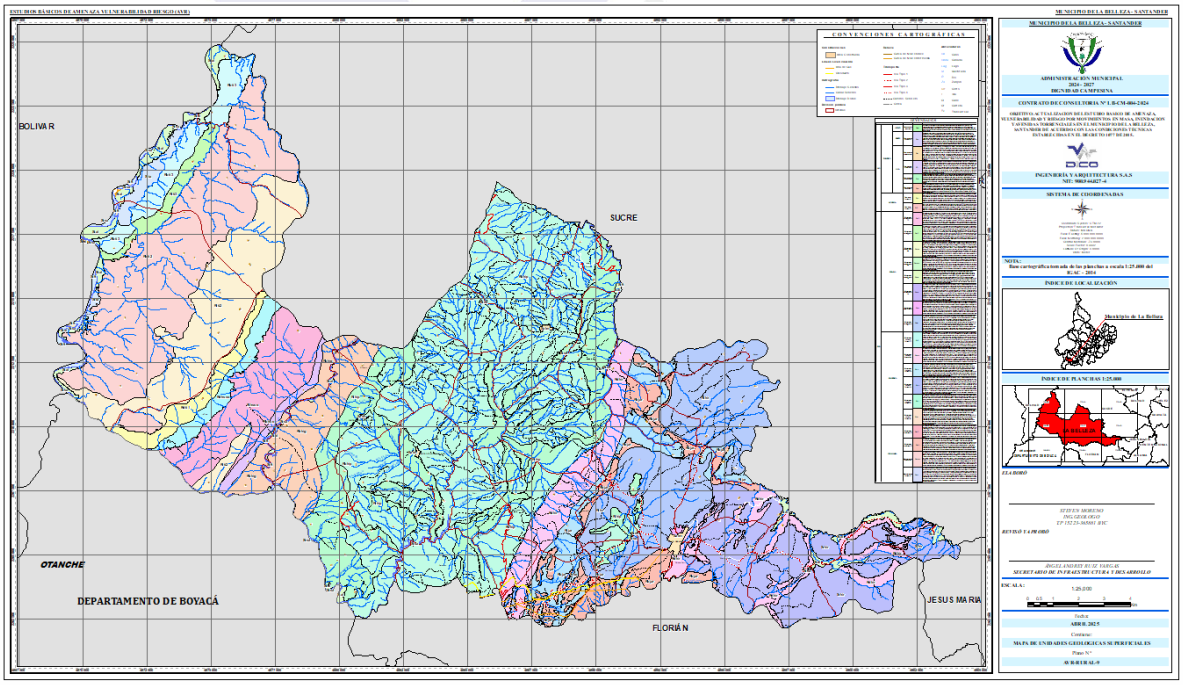


Figura 16: **Capa de unidades geológicas superficiales utilizadas en el análisis de susceptibilidad**
Fuente: Dico

Para la variable temática curvatura se divide en dos rangos en donde nos indica la forma de las laderas determinando el grado de concavidad/convexidad mediante el radio de curvatura de una celda según el plano vertical un valor positivo indica estas se asocian a la aceleración u desaceleración de las corrientes por la superficie y las curvaturas que son perpendiculares que se pueden asociar a la convergencia y divergencia del plano, ya que en una curvatura cóncava es más

efectiva la en la captación de aguas lluvia que es un condiciónate morfológico característico en la potencial generación de movimientos en masa.

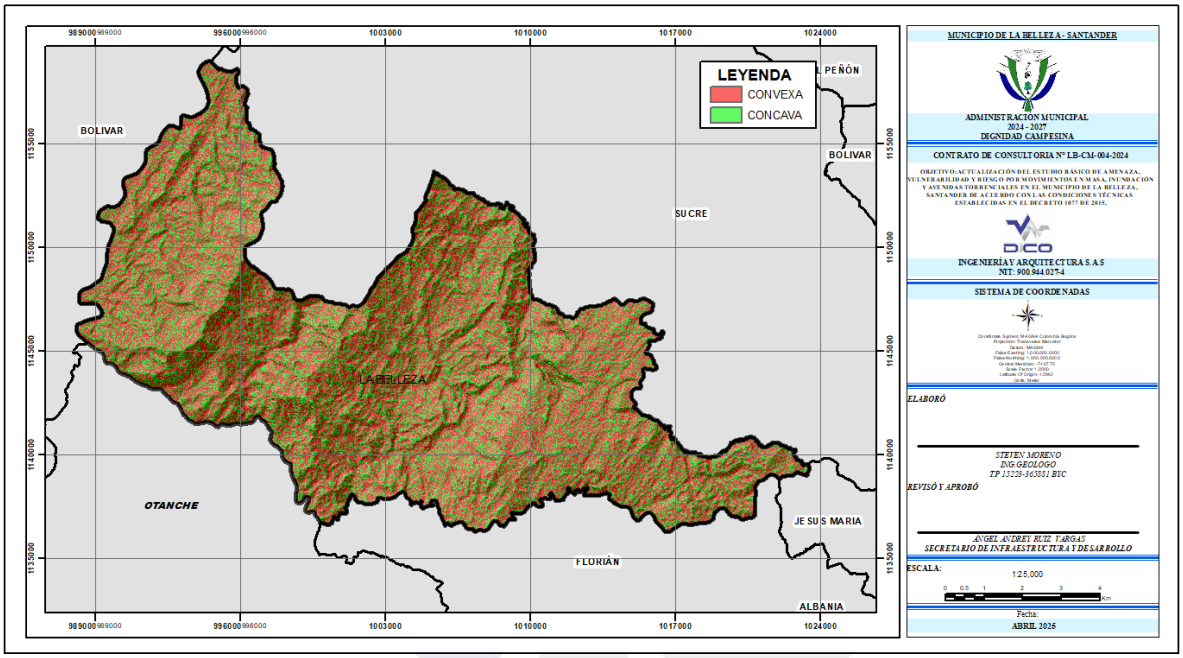


Figura 17: Capa de curvatura el terreno utilizadas en el análisis de susceptibilidad
Fuente: Dico

Finalmente, se realizó la conversión de cada una de las capas temáticas mencionadas del formato vector al formato ráster, para hacerlas compatibles con el MDT y poder realizar el análisis de susceptibilidad en términos de pixeles. Las capas temáticas de cobertura y uso del suelo, pendiente del terreno y unidades geológicas superficiales, que fueron utilizadas en el análisis de susceptibilidad se presentan.

1.1.7.3 SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA TIPO DESLIZAMIENTO

Para el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa tipo deslizamiento, se tuvo que definir la variable de agrupamiento a utilizar, la hipótesis de falla para este tipo de procesos en el área de estudio y finalmente establecer con criterio experto, la adecuada combinación de los factores condicionantes para la obtención del modelo de susceptibilidad que representara y explicara de la mejor manera posible la hipótesis de falla planteada.

A continuación, se explican con mayor detalle las etapas desarrolladas en la aplicación del método estadístico bivariado WofE para la elaboración del modelo de susceptibilidad por movimientos tipo deslizamiento.

1.1.7.3.1 Variable de agrupamiento – inventario de movimientos en masa

La variable de agrupamiento fue definida considerando el polígono que representa la totalidad de cada movimiento en masa tipo deslizamiento y flujo (es decir, el área de escarpe y el área de depósito).

El inventario de movimientos en masa se realizó por medio de visitas de reconocimiento en campo, así como la búsqueda de información de estudios anteriores donde se extrajo información de importancia para generar la base de datos, tablas, y formatos.

La información utilizada para el inventario arrojo un total de 22 movimientos en masa (M.M) localizados en el Municipio de Jesús María que involucran diferentes aspectos para cada uno de los movimientos identificados ya que contienen información de importancia empezando por un código identificador (JM-001), que es igualmente diligenciado y referenciado en el formato Multinacional Andino, incluye posición geográfica por medio de coordenadas planas, tipo de movimiento, Formación Geológica sobre la cual se produjo el evento, descripción litológica y la unidad Geomorfológica sobre la cual se desarrolla el Movimiento todo esto con el fin de obtener una mejor perspectiva del origen y desarrollo de estos procesos.

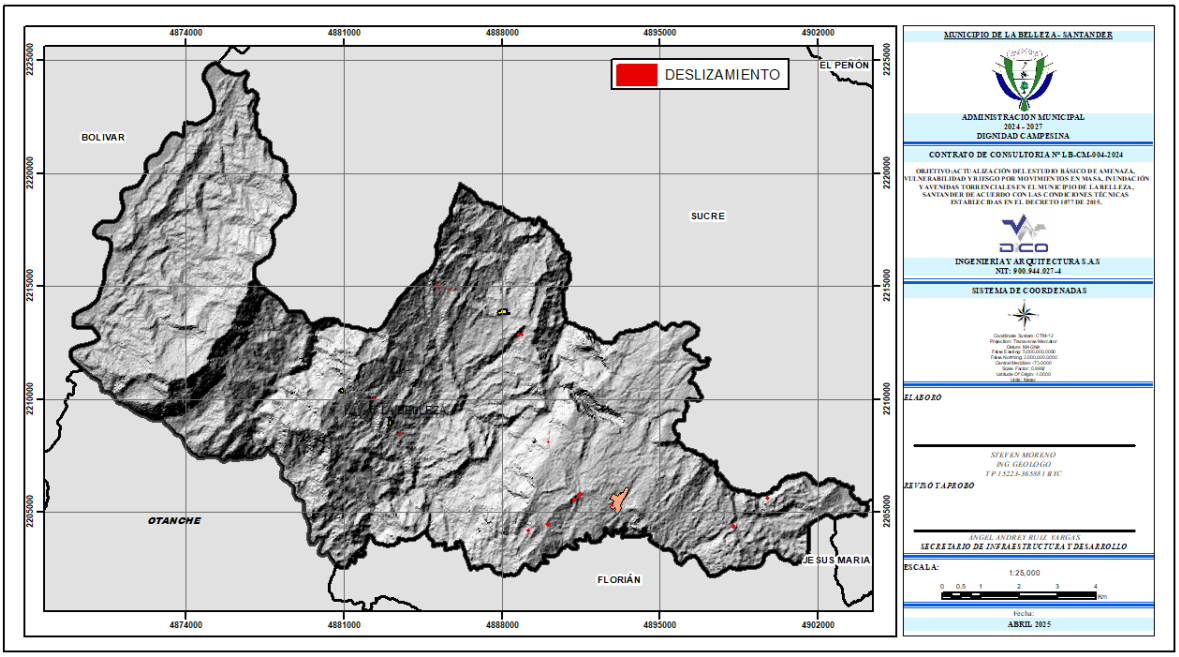


Figura 18: Movimientos en masa cartografiados.
Fuente: Dico

El área deslizada correspondiente a los movimientos tipo deslizamiento traslacional y flujo fue rasterizada para cada movimiento, da un total en el área de estudio de 16 pixeles (en promedio).

1.1.7.4 HIPÓTESIS DE FALLA

A partir del análisis de la información secundaria y la fotointerpretación para la zona rural del municipio de La Belleza, se planteó una hipótesis de falla preliminar, la cual fue validada y parcialmente replanteada de acuerdo con las observaciones y análisis realizados durante el control de campo, en función de los factores condicionantes: Unidades Geológicas Superficiales UGS, pendiente del terreno, Subunidades Geomorfológicas indicativas de inestabilidad y Cobertura de la Tierra y Uso del Suelo. De acuerdo con lo anterior se establecieron las siguientes premisas que definen las condiciones particulares que se presentan en La Belleza, en donde la combinación de estas determina la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamiento y caída:

• En el área de estudio existen macizos rocosos de calidad muy mala, mala y regular de las Formaciones Rosa Blanca donde predominan intercalación de areniscas con arcillolitas y lutitas y en menor proporción areniscas. Estos macizos rocosos han sido afectados por la tectónica de sistemas de fallas regionales de Santander y al plegamiento del sinclinal de La Belleza. El fracturamiento asociado con esta tectónica ha favorecido el desarrollo de procesos de meteorización química (oxidación y argilización) y física de los macizos, propiciando la degradación de las propiedades mecánicas de estas rocas. Lo anterior se manifiesta con el contraste de rigidez y permeabilidad en profundidad entre estos macizos rocosos degradados y la roca fresca más sana, definiendo planos susceptibles de falla.

• La presencia de suelo transportado de coluvión cubriendo parcialmente a los macizos rocosos anteriormente mencionados también se traduce en un contraste de rigidez y permeabilidad en la interface suelo-roca, lo cual puede actuar como una “superficie de discontinuidad” en el subsuelo.

• La disposición estructural de los macizos rocosos en el área de estudio con buzamiento entre 10°-30° en la misma dirección de inclinación natural de las laderas, favorece el desplazamiento de los materiales a lo largo de los planos de estratificación.

• Geomorfológicamente, la presencia de laderas contrapendiente, laderas estructurales, escarpes de erosión menor o mayor, geoformas relacionadas con procesos tectónicos y la acción de procesos denudativos (meteorización y erosión) dentro del ambiente estructural y denudacional, tienen relación directa con la inestabilidad del terreno y la generación de movimientos en masa.

• El área de estudio presenta una dinámica antrópica alta, la cual está relacionada con usos de producción y baja protección a los cuales se asocia a la tala selectiva de bosques y ampliación de la frontera agrícola, especialmente de pastos cuyos usos se relacionan con sistemas pecuarios extensivos y semi intensivos y silvopastoreo en muchos casos es dirigido a tierras en descanso o sin un uso determinado.

• Las zonas de cambio relacionadas con actividades de pérdida, enmarcadas en la dinámica de la deforestación, han causado pérdida de la estructura y la función ecológica vertical de la vegetación, causando fragmentación de las masas forestales, desprotegiendo el suelo y facilitando la inestabilidad del terreno y la ocurrencia de movimientos en masa.

• La socavación lateral observada en las márgenes de del Rio El Valle del área de estudio, afecta la base de las laderas causando pérdida de soporte del material que se encuentra ladera arriba.

• La presencia de gran cantidad de agua en el subsuelo por la infiltración de la escorrentía superficial, incrementa el peso específico del suelo, reduce el esfuerzo efectivo y en algunos casos dependiendo de la velocidad del flujo subsuperficial se desarrolla tubificación.

1.1.7.4.1 Factores condicionantes y pesos de evidencia

Aplicando el método WofE, se realizaron varias modelaciones de susceptibilidad utilizando diferentes combinaciones de factores condicionantes, las cuales fueron analizadas con base en el conocimiento del área de estudio y el criterio experto, hasta encontrar la combinación de factores que en la función final de susceptibilidad tuviera los pesos más significativos para explicar de la manera más congruente las condiciones reales del terreno y establecer cuáles son o serán las causas de la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamiento en el área de estudio (hipótesis de falla). De acuerdo con esto se definieron los siguientes factores condicionantes utilizados en la aplicación del WofE para el cálculo de la función de susceptibilidad por movimientos en masa tipo deslizamiento en el municipio de La Belleza: pendiente del terreno, unidades geológicas superficiales (UGS) y cobertura vegetal.

La aplicación del método estadístico bivariado de pesos de evidencia se realizó calculando los pesos de cada variable o factor condicionante de movimientos en masa tipo deslizamiento, basados en la presencia o ausencia de este tipo de movimientos en las diferentes clases existentes en cada factor condicionante (de los diferentes tipos de calidad de roca, las diferentes unidades de cobertura y uso del suelo, los diferentes rangos de pendiente del terreno). El modelamiento también se basa en la suposición de que los futuros movimientos ocurrirán en condiciones similares a aquellas que han contribuido en el pasado a la ocurrencia de movimientos en masa; se asume que dichos factores permanecen constantes en el tiempo. Para el cálculo de los pesos se realizó el alistamiento de la información de cada capa temática que representa cada uno de los factores condicionantes y además se definió la variable de agrupamiento y se rasterizó, para posteriormente combinarla con cada una de las capas ráster de los factores condicionantes, de manera que el análisis se realizó en términos de pixeles. La relación entre deslizamientos y factores condicionantes que se obtiene como producto de dicha combinación se representa en la Figura 179.

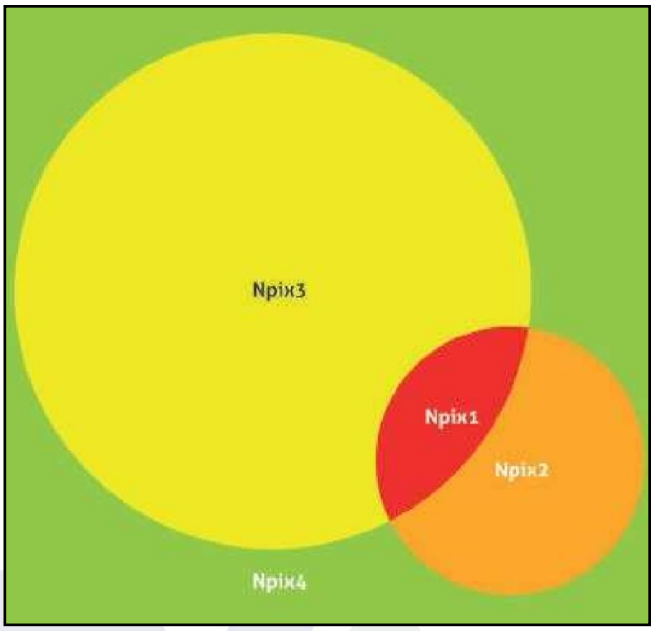


Figura 19: Representación gráfica del análisis de la relación deslizamiento y factor condicionante, el cual se utiliza en el cálculo de los pesos de evidencia
Fuente: SGC (2017)

De acuerdo con SGC (2017), el análisis presentado en la Figura 141 se puede resumir de la siguiente manera:

- Npix1 = hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una muy alta significancia (o influencia) de ese factor en el deslizamiento.

- Npix2 = no hay presencia del factor condicionante (Npix3) en el deslizamiento (Npix2). Lo cual es indicativo de una significancia alta por efecto de la presencia del deslizamiento.

- Npix3 = factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia media por efector del factor que alguna vez contribuyó al deslizamiento.

- Npix4 = no hay deslizamiento ni factor condicionante. Lo cual es indicativo de una significancia baja.

Finalmente, se realizará el cálculo de los pesos de evidencia, tanto positivo Wi + como negativo Wi - , de acuerdo con los lineamientos dados por SGC (2017) en donde se proponen las respectivas ecuaciones:

$$W_i^+ = \ln \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3} + N_{pix4}}}$$

$$W_i^- = \ln \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3} + N_{pix4}}}$$

Los anteriores pesos se calcularon para cada clase presente en los diferentes factores condicionantes definidos.

Posteriormente, se realiza el cálculo del peso final que da una medida de la correlación existente entre el factor condicionante analizado y los movimientos en masa. De acuerdo con SGC (2017) el peso final está dado por:

$$W_f = W_i^+ - W_i^-$$

Las áreas ocupadas por cada clase de cada factor condicionante y los pesos finales calculados para los factores de cobertura de la tierra, pendientes del terreno, UGS u subunidades geomorfológicas del municipio de La Belleza se presentan en sus respectivas tablas donde se observarán los resultados de los pesos finales Wf.

Las áreas ocupadas por cada clase de cada factor condicionante y los pesos finales calculados para los factores de cobertura de la tierra, pendientes del terreno y UGS del municipio de La Belleza, se presentan en las tablas la 41, 42, 43, 44.

1.1.7.4.2 Pesos de evidencia por cada tipo de deslizamiento y flujo de detritos

1.1.7.4.2.1 Peso de evidencia tipo deslizamiento Y flujo de detritos

Tabla 7: **Peso de evidencia de la variable pendiente del terreno por tipo de movimiento**

SUSCEPTIBILIDAD POR PENDIENTES							
CATEGORÍA	MOVIMIENTO	% MOVIMIENTO	CLASE	% CLASE	**Wi+**	**Wi-**	**wf**
(0-6)	404	20.09950249	167640	7.697796733	0.9611	-0.1444	1.1055
(6-10)	579	28.80597015	245569	11.27618853	0.9391	-0.2203	1.1593

(12-18)	229	11.39303483	153559	7.051216706	0.4803	-0.0479	0.5281
(18-24)	567	28.20895522	520119	23.88314447	0.1664	-0.0585	0.2249
(24-30)	175	8.706467662	477176	21.91126136	-0.9236	0.1564	-1.0800
(30-36)	26	1.293532338	309734	14.22255651	-2.3983	0.1405	-2.5388
>36	30	1.492537313	303969	13.95783569	-2.2364	0.1354	-2.3718

Fuente: Dico

Tabla 8: **Peso de evidencia de la variable cobertura vegetal por tipo de movimiento**

SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURA VEGETAL							
CATEGORÍA	MOVIMIENTO	% MOVIMIENTO	CLASE	% CLASE	Wi+	Wi-	wf
1.1.1. Tejido urbano continuo	0.001	4.9701542E-05	2570	0.118101516	-7.7742	0.0012	-7.7754
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0.001	4.9701542E-05	1078	0.049538301	-6.9054	0.0005	-6.9059
2.3.1. Pastos limpios	50	2.4850771E+00	497608	22.86702688	-2.2202	0.2347	-2.4550
2.3.2. Pastos arbolados	262	1.3021804E+01	180162	8.27914603	0.4533	-0.0531	0.5064
2.3.3. Pastos enmalezados	0.001	4.9701542E-05	49015	2.252430272	-10.7224	0.0228	-10.7452
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	125	6.2126928E+00	87981	4.043069831	0.4300	-0.0229	0.4529
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.001	4.9701542E-05	28413	1.305688081	-10.1771	0.0132	-10.1903
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	45	2.2365694E+00	208740	9.592416504	-1.4568	0.0783	-1.5351
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	43	2.1371663E+00	36679	1.685542996	0.2376	-0.0046	0.2422
3.1.4. Bosque de galería y ripario	1487	7.3906193E+01	152740	7.01899826	2.3624	-1.2713	3.6337
5.1.1. Ríos	0.001	4.9701542E-05	20379	0.936494471	-9.8448	0.0094	-9.8542
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0.001	4.9701542E-05	38401	1.764675607	-10.4784	0.0178	-10.4962
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0.001	4.9701542E-05	93871	4.313738285	-11.3722	0.0441	-11.4163
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	0.001	4.9701542E-05	166983	7.673519618	-11.9482	0.0799	-12.0281
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	0.001	4.9701542E-05	89999	4.135804795	-11.3301	0.0423	-11.3724
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	0.001	4.9701542E-05	521475	23.96380855	-13.0869	0.2743	-13.3612

Fuente: Dico

Tabla 9: **Peso de evidencia de la variable unidades geológicas superficiales (UGS) por tipo de movimiento.**

SUSCEPTIBILIDAD POR UGS							
CATEGORÍA	MOVIMIENTO	% MOVIMIENTO	CLASE	% CLASE	Wi+	Wi-	wf
Rbjar	0.001	4.9701369E-05	71480	3.284784573	-11.0997	0.0334	-11.1331
Rbkig	0.001	4.9701369E-05	90005	4.136080519	-11.3302	0.0423	-11.3724
Rbkip	1487	7.3905936E+01	562820	25.86377243	1.0510	-1.0446	2.0955
Rbkso	0.001	4.9701369E-05	13586	0.624329648	-9.4393	0.0063	-9.4456
Rbti2	0.001	4.9701369E-05	250240	11.49950324	-12.3527	0.1223	-12.4750
Rbti3	0.001	4.9701369E-05	42826	1.968021602	-10.5874	0.0199	-10.6073
Rdkir	38	1.8886520E+00	115661	5.315073705	-1.0353	0.0356	-1.0709
Rdksco	0.001	4.9701369E-05	24656	1.13303929	-10.0353	0.0114	-10.0467

Rdti1	0.001	4.9701369E-05	27282	1.253714224	-10.1365	0.0126	-10.1491
Rijar	12	5.9641643E-01	64063	2.943944517	-1.5973	0.0239	-1.6212
Rikip	464	2.3061435E+01	223161	10.25511766	0.8113	-0.1541	0.9654
Rikir	11	5.4671506E-01	187120	8.598893246	-2.7563	0.0845	-2.8408
Riksco	0.001	4.9701369E-05	91070	4.185021419	-11.3419	0.0428	-11.3847
Riti2	0.001	4.9701369E-05	10321	0.474290173	-9.1645	0.0048	-9.1692
Riti2	0.001	4.9701369E-05	144728	6.650815636	-11.8051	0.0689	-11.8740
Riti3	0.001	4.9701369E-05	20200	0.928268724	-9.8360	0.0093	-9.8453
Salm	0.001	4.9701369E-05	3753	0.172464976	-8.1528	0.0017	-8.1546
Srkir	0.001	4.9701369E-05	159157	7.313884419	-11.9002	0.0760	-11.9762
Stal	0.001	4.9701369E-05	41818	1.921700074	-10.5636	0.0194	-10.5830
Stca	0.001	4.9701369E-05	15235	0.700107624	-9.5539	0.0070	-9.5609
Stft	0.001	4.9701369E-05	1020	0.046872975	-6.8501	0.0005	-6.8506
Stta	0.001	4.9701369E-05	15892	0.730299334	-9.5961	0.0073	-9.6034

Fuente: Dico

Tabla 10: **Peso de evidencia de la variable curvatura por tipo de movimiento.**

SUSCEPTIBILIDAD POR CURVATURA							
CATEGORÍA	MOVIMIENTO	% MOVIMIENTO	CLASE	% CLASE	**Wi+**	**Wi-**	**wf**
CÓNCAVA	1407	7.0000000E+01	1312772	60.28067295	0.1490	-0.2799	0.4289
CONVEXA	603	3.0000000E+01	864994	39.71932705	-0.2811	0.1498	-0.4310

Fuente: Dico

Al revisar los resultados de los pesos finales Wf calculados, se pueden identificar las clases que tienen mayor peso en cada factor condicionante. En el caso de las pendientes del terreno, los mayores valores de Wf los tienen las pendientes muy abruptas y extremadamente abruptas; las coberturas de la tierra y uso relacionado que tienen mayor peso son las zonas mosaicas de pastos y cultivos; mientras que las UGS que adquirieron los pesos más altos fueron suelo transportado coluvial activo, roca de intermedia calidad de la formación Paja y depósitos coluviales.

1.1.7.5 Cálculo de la función de susceptibilidad

Luego de haber obtenido los pesos finales para cada clase de cada factor condicionante, se realizó una suma algebraica para el cálculo de la susceptibilidad final por movimientos tipo deslizamiento, que representa la función final del LSI (Landslide susceptibility index, por sus siglas en inglés) de acuerdo con SGC (2017):

LSI = Wf (UGS)+Wf (Cobertura)+ Wf (Pendientes)+ Wf(Curvatura)

Como resultado se obtuvo el mapa de LSI para la zona rural del municipio de La Belleza, en el cual se muestra la variación de dicho índice en el territorio (Figura 180). Los valores más altos representan

un mayor índice de susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa, mientras los menores valores indican un bajo índice de susceptibilidad.

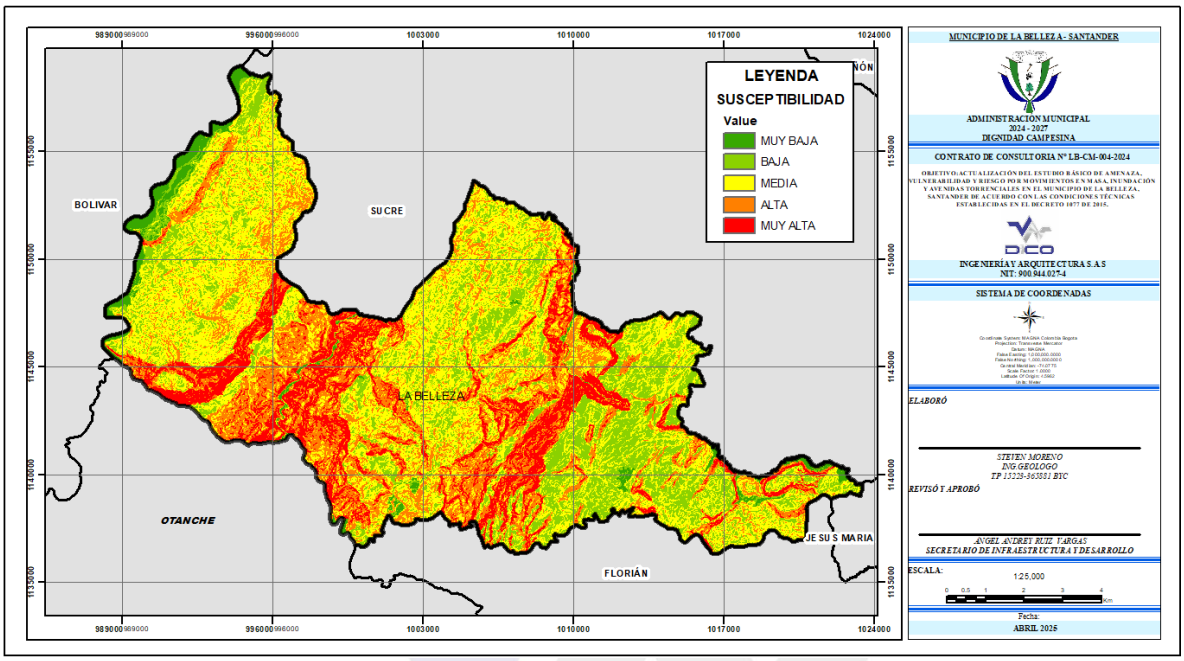


Figura 20: **Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del municipio de La Belleza**
Fuente: Dico

1.1.7.6 Curva de éxito y validación del modelo

El ajuste de la función se calculó a partir de una curva de éxito, que mide la bondad de ajuste de la función de susceptibilidad a los movimientos en masa del inventario. Para su elaboración, se ordenaron los valores del LSI resultante, se separaron en 100 rangos de percentiles con su respectiva área acumulada y se relacionaron a través de un cruce con la muestra de entrenamiento usada para el cálculo de la función de susceptibilidad (80% de la variable de agrupamiento). Esta curva se elaboró considerando el área de modelación de la susceptibilidad (34045 ha) y el área total de los movimientos en masa considerados en el análisis (31.61ha).

De acuerdo con SGC (2017) el área bajo la curva (ABC) de éxito se puede interpretar como la capacidad de la función para representar la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa. En el caso de La Belleza, el ABC de la curva de éxito fue de 94%, indicando un buen ajuste del modelo a los datos del inventario de movimientos en masa, con lo que se podría deducir que las causas planteadas como hipótesis de falla son explicadas por la función calculada.

Con base en el mismo rango de percentiles en 100 categorías usados para la construcción de la curva de éxito, se calculó el porcentaje de área deslizada en cada rango con la muestra de validación y se obtuvo la curva de validación de la zona de estudio, la cual arrojó un resultado del 91% (Figura 181).

Al superponer las dos curvas se encuentra una diferencia de ajuste entre ambas del 3%, lo cual permite inferir un buen ajuste de la modelación de susceptibilidad.

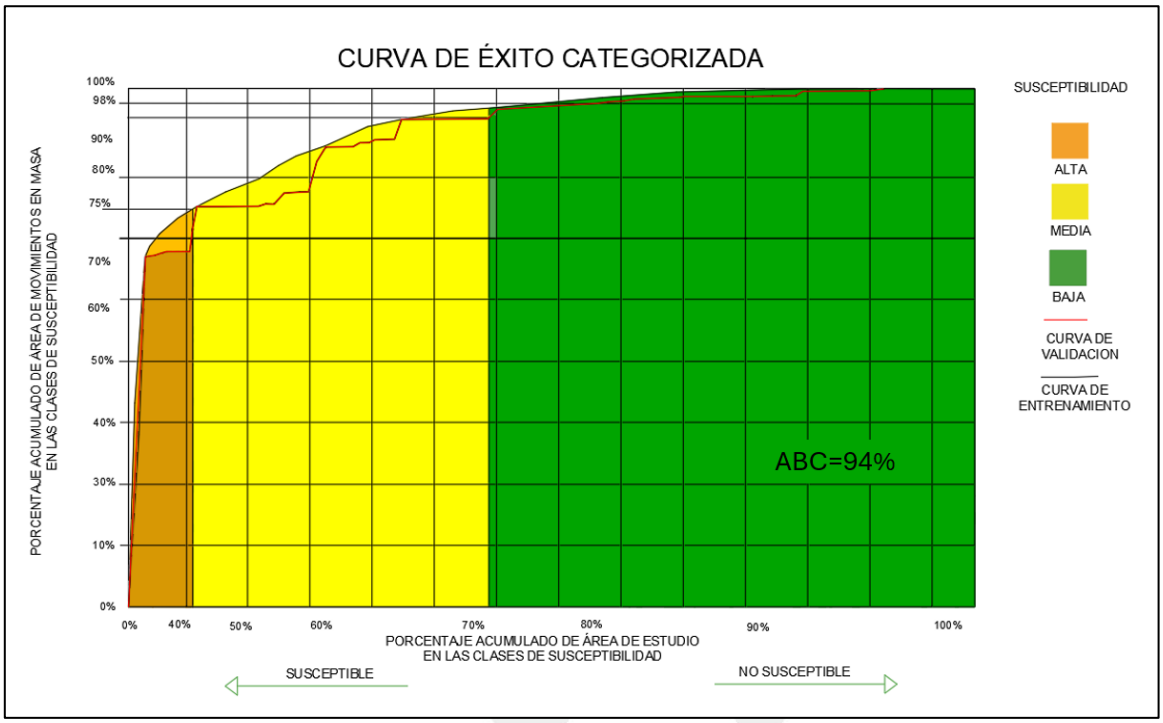


Figura 21: **Curvatura de éxito por movimientos en masa del municipio de La Belleza**
Fuente: Dico

1.1.7.7 CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

1.1.7.7.1 Susceptibilidad Muy Alta

Una vez definidas las categorías de susceptibilidad por los diferentes tipos de movimientos en masa (tipo deslizamiento) a partir los respectivos análisis de susceptibilidad, se elaboró la leyenda del mapa, la cual contiene las características geoambientales que contribuyen a la ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio, la localización geográfica y el porcentaje de área que ocupa cada categoría respecto al área total de estudio.

Para el caso del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de La Belleza, se obtuvieron las categorías que se describen a continuación:

Corresponde a los sectores que actualmente presentan las condiciones más críticas de inestabilidad porque han sido afectados de manera recurrente por deslizamientos traslacionales, activos e inactivos, donde estos últimos tienen alta posibilidad de reactivarse. En general hay predominio de

los deslizamientos traslacionales, que en su mayoría presentan distribuciones retrogresivas y en algunos casos ensanchados, complejos y compuestos. Gran parte de estos movimientos se encuentran sobre las laderas estructurales o donde su ocurrencia está condicionada por procesos de socavación lateral producto de la dinámica de dichos cauces de las quebradas.

Los movimientos en masa tipo deslizamiento y flujos se presentan en laderas con pendientes que varían entre 16° - 50°, mientras que las caídas se dan en laderas con pendientes superiores a 55°. Geomorfológicamente los movimientos de esta categoría de susceptibilidad se desarrollan principalmente sobre subunidades del ambiente estructuras como ladera de contrapendiente de Sierra sinclinal y anticlinal.

Las unidades geológicas superficiales (UGS) que contribuyen en mayor medida a la ocurrencia de movimientos en masa en esta categoría de susceptibilidad, corresponden a rocas intermedia y blanda de las Formaciones Paja, Rosa Blanca, Arcabuco y suelo transportado de coluvión.

Dada la combinación de estos factores condicionantes en las localidades mencionadas, convierte a estas áreas en las que presentan las condiciones más críticas actualmente en cuanto a problemas de inestabilidad del terreno en el área de estudio.

1.1.7.7.2 Susceptibilidad Alta por movimientos tipo deslizamiento

En las laderas con este nivel de susceptibilidad, pueden encontrarse de manera recurrente procesos de erosión tipo camino de ganado y en surcos. Esta categoría también está estrechamente relacionada con las zonas localizadas en las márgenes de las quebradas, donde los procesos de socavación lateral de dichos cauces sumados a la combinación particular de ciertos factores condicionantes del terreno, hacen de estas áreas altamente susceptibles a desarrollar los tipos de movimientos mencionados.

Las laderas estructurales presentan la mayor área dentro de la categoría de susceptibilidad alta debido a las zonas inestables observadas. A la altura de la confluencia de las quebradas, los procesos de inestabilidad y socavación de laderas han favorecido el desarrollo de movimientos en masa retrogresivos que llevan a afectar las laderas superiores, dentro de las cuales se encuentran laderas estructurales (hacia la vereda veredas Abarco, Berlin, Buenavista, Cachipayal, Campo Hermoso Alto, Campo Hermoso Bajo, Candelaria, Ceiba, Costa Rica, El Tesoro, Funcial, Granadina, Indostal, La Humareda, La Margelina, La Playa, La Quitaz, La Tipa, Los Valle, Montebello, Naranjos, Palacios, Pescado, Rodeo, Rubi, Sailan, San Antonio, San Cayetano, San Salvador, Sinagoga Alta, Sinagoga Baja, Sinai, Sitio Nuevo, Vereda Centro, Villa Hermosa).

Las UGS que tienen más influencia en esta categoría y en las cuales se presenta la mayoría de movimientos en masa son rocas de calidad mala y muy mala de la Formación Paja, unidades de suelos transportados de origen coluvial.

1.1.7.7.3 Susceptibilidad Media por movimientos tipo deslizamiento

A pesar de que las subunidades de Coluvión y Laderas estructurales suelen presentar procesos erosivos como terraceos, e incluso en algunos sectores desarrollan movimientos en masa, la suma de pesos de evidencia de la variable de pendientes, así como de la UGS de Suelo transportado coluvial llevan a clasificar ciertas zonas como de susceptibilidad media. Estas subunidades desarrollan laderas con pendientes moderadamente abruptas (8° - 16°) y abruptas (16° - 35°) que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa.

Las UGS que tienen mayor influencia en la ocurrencia de movimientos en esta categoría de susceptibilidad son rocas intermedias de la formación Paja en zonas con pendientes abruptas, rocas de blanda de la formación Paja, rocas de calidad mala y muy mala de la Formación Paja en zonas de pendiente plana (0°- 2°) a suavemente inclinada (4°- 8°) y unidades de suelos transportados de origen coluvial en zonas de pendientes inclinadas (20°- 30°) a moderadamente abruptas (30°- 45°).

1.1.7.7.4 Factores detonantes

Los movimientos en masa pueden tener diferentes factores causales (geográficas, físicas y antrópicas) pero solo un detonante. Por definición un detonante es un estímulo externo tal como una lluvia intensa, un sismo, erupciones volcánicas, tormentas etc, cuya respuesta casi inmediata es un movimiento en masa producto del rápido cambio en el estado de esfuerzos o disminución de la resistencia del material que conforma la ladera o talud. En algunos casos los movimientos en masa ocurren en circunstancias en que no es claro identificar cual fue el detonante, debido a que la variación de diferentes factores causales lleva a las laderas a fallar gradualmente. Los factores detonantes naturales más comunes tanto para el análisis de estabilidad de taludes como para la zonificación de amenaza de movimientos en masa son la lluvia y el sismo.

1.1.7.7.5 Probabilidad temporal

Se considera que el principal detonante de los movimientos en masa es la lluvia y los sismos, sin embargo, en la zona de estudio, fue posible establecer la relación lluvia-deslizamiento per no sismo-deslizamiento, debido a que no es posible establecer la fecha exacta en que dichos factores detonaran los movimientos en masa, lo que impide aplicar lo definido la guía metodológica (SGC, 2017), no obstante, se presenta un análisis general de la precipitación y la sismicidad.

1.1.7.7.6 ANÁLISIS HIDROLÓGICO (DETONANTE AGUA)

El conocimiento del balance hídrico es determinante para el estudio del ciclo hidrológico ya que con este es posible comparar los diferentes recursos hídricos de un sistema, eficiencia y exceso de agua en un periodo de tiempo.

Se calculó sobre los datos de las siguientes estaciones (Tabla 45) para determinación del balance hídrico de la zona de estudio en el Municipio de La Belleza, por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación medios mensuales multianual, lo que nos permita estimar el balance hídrico con el fin de obtener la oferta total de agua superficial. La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro y satisfacción de la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua en este caso para la planificación de buenas estrategias de gestión del recurso hídrico; de la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos de las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

Tabla 11: Estaciones de monitoreo climatológico

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
23125060	ALBANIA [23125060]	CO	1690	5.758333	-73.913333
23127080	SALADO EL [23127080]	LG	200	6.083333	-74.116667
23127070	ANGUSTIAS LAS [23127070]	LG	190	6.166667	-74.1
23115020	PADILLA [23115020]	CO	100	6.2	-74.366667
23120220	PRADERA LA [23120220]	PM	2590	5.870833	-73.913333
23125080	OTANCHE [23125080]	CO	1100	5.661722	-74.184611

Fuente: DICO

Las estaciones meteorológicas utilizadas son de tipo, climatológico ordinario y pluviométricas, las dos primeras permiten obtener datos de temperatura, evaporación, precipitación y humedad relativa.

En la (figura 182) se observa cómo están distribuidas cada una de las estaciones utilizadas para la realización del balance hídrico.

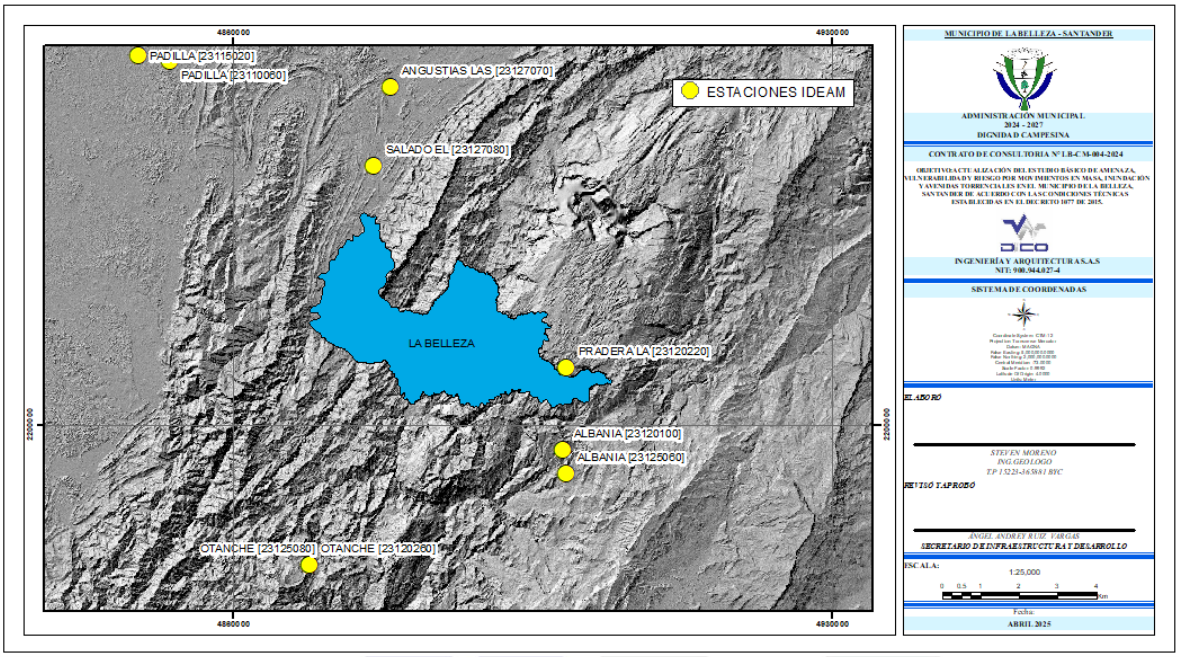


Figura 22 :Estaciones IDEAM municipio de La Belleza.
Fuente: DICO

1.1.7.7.6.1 Característica Hidrometeorológica

La caracterización Hidrometeorológica permite describir y analizar los cambios que presentan en el clima en un intervalo de tiempo determinado mediante los diferentes parámetros climatológicos.

1.1.7.7.6.1.1 Precipitación

Para obtener el mapa de Isoyetas se utilizó la precipitación media multianual, procesando mediante el software ArcGIS, con la herramienta de interpolación IDW. Según las Isoyetas encontradas se logra observar que la precipitación en el área de estudio oscila entre valores de 2874.88 mm y 2561.08 mm; donde el mayor grado de precipitación se encuentra al noroeste del municipio de La Belleza en las veredas Ceiba, Albarco, Pescado, La Tipa, Los Valles y El Tesosro.

El régimen de lluvia que se presenta en el área de trabajo es bimodal, donde se presenta las mayores precipitaciones en los meses de abril, mayo y octubre, noviembre, y las menores precipitaciones en los meses de enero, febrero y diciembre. (Figura 183).

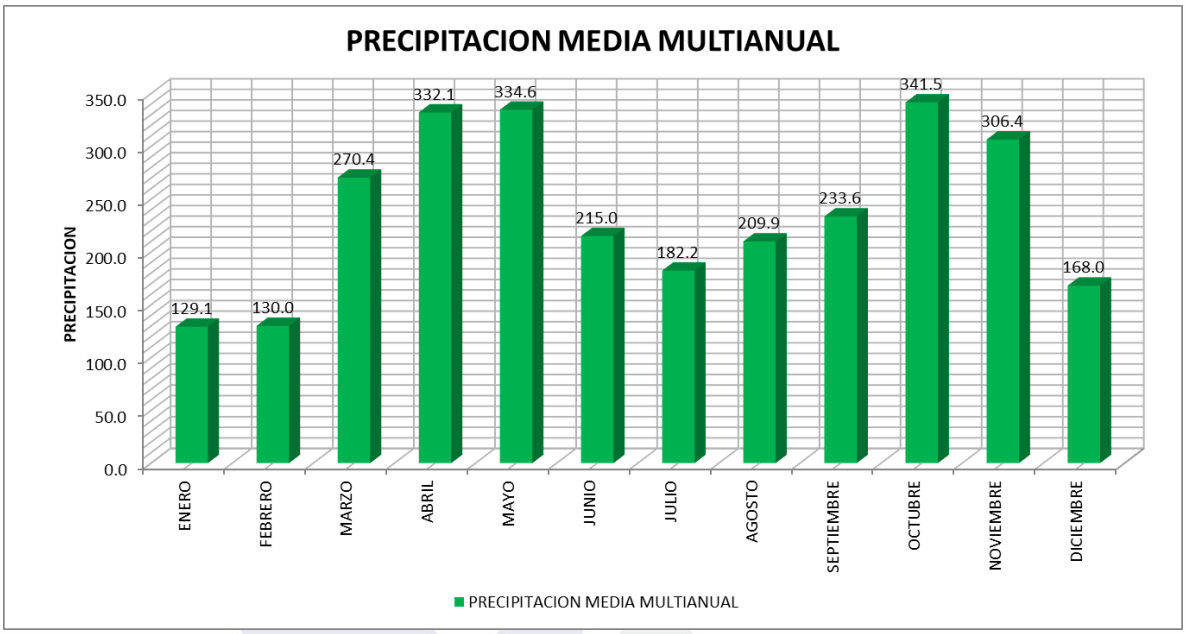


Figura 23 :Precipitación media multianual del Municipio de La Belleza.
Fuente: DICO

1.1.7.7.6.1.2 Precipitación media

La precipitación media permite conocer el valor de este parámetro de forma general en la zona de estudio en el intervalo de tiempo que se estableció, para ello se utilizaron el método de Isoyetas (ver figura 184). Con esto se obtuvo una precipitación media de 2717.9 mm.

Fórmula para el cálculo de la precipitación media:

$$P_m = \frac{(Pmedia * Area)total}{Area\ total}$$

$$P_m = \frac{9253336.29\ \text{mm} * \text{Km}^2}{340.45\ Km^2}$$

P_m=2717.9 mm

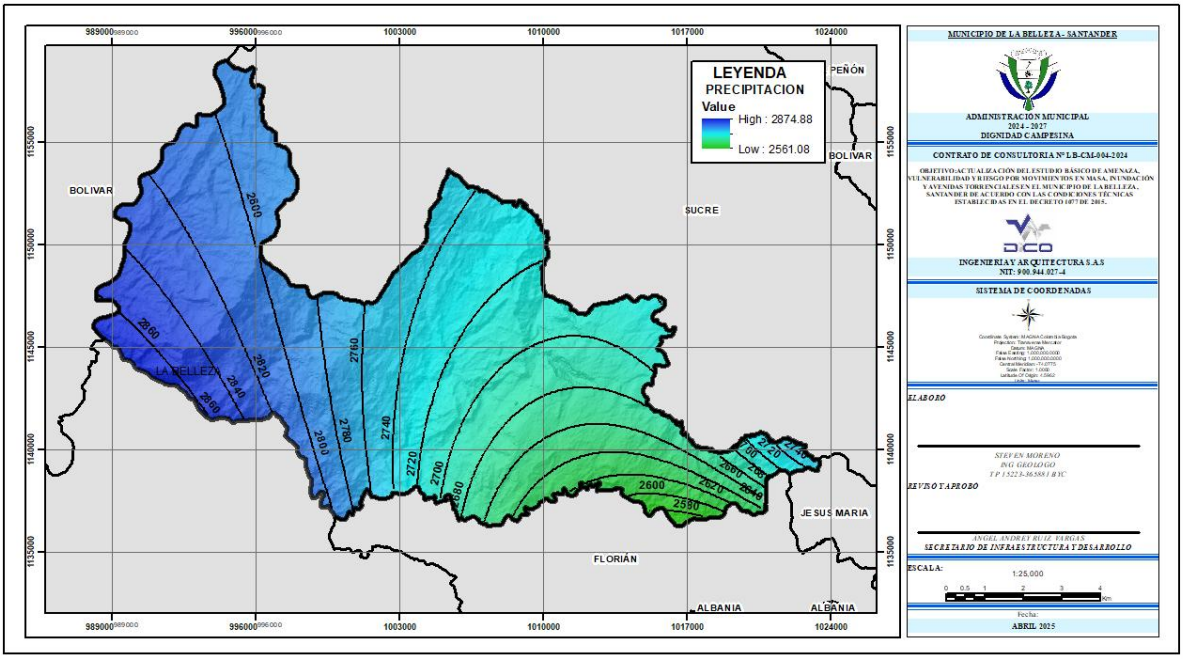


Figura 24 :Precipitación del municipio de La Belleza.

Fuente: DICO

1.1.7.7.6.1.3 Precipitación máxima en 24 horas

Para la precipitación máxima en 24 horas, se realiza de igual manera un análisis espacial con los mayores valores registrados en cada una de las estaciones, lo cual se observa en la tabla 46.

Tabla 12: Precipitación máxima 24 horas diarias máximos

ESTACIÓN LA PRADERA MÁXIMOS 24 HORAS													
ESTACIÓN	MESES												
	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
LA PRADERA	2000	29.5	21	34.3	56.9	58.2	54.5	76	34.4	61.8	56.5	34.4	19
	2001	15.2	33.3	47.5	32.3	48	24.6	45.5	14	54.8	61.1	41	11.9
	2002	21.3	37.4	66.9	44.6	39.5	18.4	27.4	26.8	45	43.3	59.2	34
	2003	2.1	22	36	53.1	52.1	56.2	38.7	60.5	40	40	31	25.2
	2004	24	18.2	51.5	81.7	49	51.5	35.5	80.5	36.8	52.2	41.3	19.6
	2005	19.9	42.7	25.2	39	47.7	58.4	25.8	43.6	39.3	38.3	45.3	25
	2006	34.9	48.1	57.2	76	39.8	41.7	35.7	44.8	42.2	69.8	59.6	75.2
	2007	23.8	57.9	63.3	64.9	47.4	23.7	36.5	29.7	32.7	69.5	65.4	41.1
	2008	42.3	33.2	39.2	40.6	41.3	40.6	32.3	42.8	37.1	47.5	71.4	10
	2009	34.4	38.7	86.3	26.2	51.4	24.3	17.4	47.1	71	44.3	28.2	27.9
	2010	16.3	30.3	45	35.7	59.2	70	99.1	47.8	37.2	34.3	37.4	47.9
	2011	39.2	53	29.2	49.3	47.7	49.4	59.2	23	74.3	39.9	59	32.6
	2012	28.6	42.4	44.8	46.7	33.8	31.2	16.4	24.1	42	30.9	22	40.4
	2013	16.8	35	50	53.1	58.5	28.7	26	39.5	26.4	31.7	54.2	23.7

	2014	12	28.1	34.5	61.2	61.2	42.9	42.9	53.8	64.6	66.2	55	63.3
	2015	38.1	38.1	6.4	65.5	38	28.4	26.8	76.3	38.2	31.8	39	18.3
	2016	23.4	60.8	21.7	63.8	42.8	24.6	30	45.8	31	36.1	58.4	47
	2017	23.7	23.9	48.3	54	69.6	29.4	30.5	60.6	38	55.8	32.7	35.1
	2018	34.7	35.7	46.7	69.4	49.6	44.3	27.9	51.3	29.8	34.9	26.7	34.9
	2019	32.8	28.6	39	49.6	57.6	29.3	21.4	44	35	38.6	36.9	27.3
	2020	7.6	29.2	31.6	41.1	43.3	66	28.9	30.1	30.5	29.8	67.6	52.5
	2021	27.9	25.9	67.3	45.8	46.6	45.7	47.6	49.8	56.8	49.8	78.9	18.1
	2022	11.9	37.3	47.3	23.5	38.7	58.8	66.1	60.1	39.6	53.2	43.2	17.3
	2023	27.9	34.9	74.3	57.9	53.9	30.3	27.2	68.1	30.6	32.5	46.9	13.3
	2024	0	29.7	59.7	89.1	65.5	38.6	34.1	30.8	26.8	62.9	38.1	34.6
	2025	27.5	29.9	31.5	53.6	40.6							

Fuente: DICO

Tabla 13: Precipitación máximos 24 horas mensual

MÁXIMOS 24 HORAS												
	ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS 24 Hrs	42.3	60.8	86.3	89.1	69.6	70.0	99.1	80.5	74.3	69.8	78.9	75.2

Fuente: DICO

La isoyeta de precipitaciones máximas en 24 horas permite observar la tendencia general que puede tener espacialmente dentro del área de estudio. Esta tendencia, para la mayor parte del área estudiada, tiene valores entre 42.3 a 99.1 mm/24h.

En conclusión, respecto de la lluvia media anual y máxima en 24 horas, es claro que las condiciones del área de estudio son particulares, ya que en general donde la lluvia media anual es menor (2874.88 mm y 2561.08 mm), la lluvia máxima en 24 horas tiende a ser mayor en los meses de marzo y abril en el municipio de La Belleza.

1.1.7.7.6.1.4 Umbral probable de la lluvia que detona movimientos en masa

Dado que se tiene certeza de la fecha exacta en la que ocurrieron los movimientos en masa, en la cual es el día 26 de abril con registro de la ocurrencia de fenómenos de remisión en masa por lo tanto se toma ese día como referencia, a partir de la información de inventario de movimientos en masa y los registros de precipitación de cada una de las estaciones, para lo cual se seleccionan las estaciones más cercanas a cada uno de los movimientos en masa inventariados en este estudio.

Los valores de precipitación se analizan para la lluvia del día en el cual se desarrolla el evento se marcan en (color rojo) y los 15 antecedentes sin incluir el día del evento (posible), se enmarcan en (color amarillo).

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (02/06/2025 15:17)

Nombre estacion:	**Corriente:**		**Categoría de est** Pluviométrica
Latitud:	**Longitud:**		**Elevación:** 2590
Entidad:	**Area Operativa:**		**Departamento:** Santander
Municipio:	**Fecha instalacíon:**		**Fecha suspensión:**
Variable:	**Frecuencia:**	Diaria	**Fecha consulta:**
Parametro:	**Unidad medida:**	mm	

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
2025-04-01 00:00	54.7	Preliminar
2025-04-02 00:00	49.2	Preliminar
2025-04-03 00:00	39.9	Preliminar
2025-04-04 00:00	56.7	Preliminar
2025-04-05 00:00	42.8	Preliminar
2025-04-06 00:00	17.7	Preliminar
2025-04-07 00:00	28.7	Preliminar
2025-04-08 00:00	52.6	Preliminar
2025-04-09 00:00	48.7	Preliminar
2025-04-10 00:00	59.7	Preliminar
2025-04-11 00:00	38.2	Preliminar
2025-04-12 00:00	45.7	Preliminar
2025-04-13 00:00	22.8	Preliminar
2025-04-14 00:00	16.9	Preliminar
2025-04-15 00:00	36.7	Preliminar
2025-04-16 00:00	36.7	Preliminar
2025-04-17 00:00	28.6	Preliminar
2025-04-18 00:00	19.7	Preliminar
2025-04-19 00:00	39.8	Preliminar
2025-04-20 00:00	59.1	Preliminar
2025-04-21 00:00	38.2	Preliminar
2025-04-22 00:00	46.2	Preliminar
2025-04-23 00:00	59.8	Preliminar
2025-04-24 00:00	48.7	Preliminar
2025-04-25 00:00	0	Preliminar
2025-04-26 00:00	38.7	Preliminar
2025-04-27 00:00	26.8	Preliminar
2025-04-28 00:00	36.7	Preliminar
2025-04-29 00:00	18.8	Preliminar
2025-04-30 00:00	36.7	Preliminar

Figura 25 :Valores de precipitación diaria 24horas registrados estación La Pradera.
Fuente: DICO

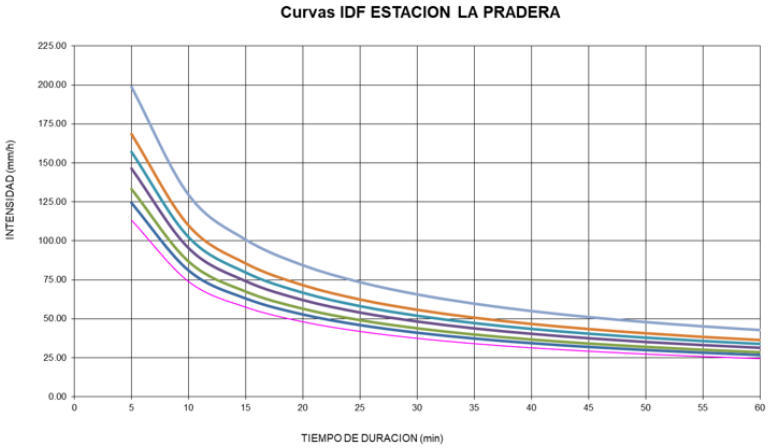


Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	113.09	73.64	57.30	47.95	41.77	37.31	33.92	31.23	29.03	27.20	25.64	24.30
5	124.17	80.86	62.92	52.65	45.86	40.97	37.24	34.29	31.88	29.87	28.16	26.68
10	133.27	86.79	67.53	56.51	49.22	43.97	39.97	36.80	34.21	32.05	30.22	28.63
25	146.33	95.29	74.14	62.05	54.05	48.28	43.89	40.41	37.57	35.20	33.18	31.44
50	157.06	102.28	79.58	66.60	58.01	51.82	47.11	43.37	40.32	37.78	35.61	33.75
100	168.57	109.77	85.41	71.48	62.26	55.62	50.56	46.55	43.28	40.54	38.22	36.22
500	198.66	129.37	100.66	84.24	73.38	65.55	59.58	54.86	51.00	47.78	45.05	42.68

Figura 26 :Curva de intensidad duración y frecuencia IDF estación La Pradera.
Fuente: DICO

Teniendo en cuenta los registros de precipitación de la estación La Pradera más cercana al Municipio de La Belleza donde se desarrolló el deslizamiento en el cual se desarrolló en vereda de Granadina, en el cual se tiene registro de la fecha del evento fue el 26 de abril del 2025, donde se registraron precipitaciones de 38.7mm por lo tanto, el umbral de lluvia acumuladas en 15 días registradas que detona los movimientos en masa cercanos o dentro del área de influencia de la estación La pradera es de 537 mm con periodos de retorno de 100 a 500 años.

Para los deslizamientos que no cuentan con fecha de reporte del día en el cual de desarrollo el movimiento en masa se toma como referencia el día con mayor precipitación reportado hasta el mes de febrero del 2022 en el cual es la fecha donde se encuentran el registro de lluvia máxima 24 horas por el IDEAM, por lo tanto la fecha en la cual se reporta el día con mayor precipitación es el 15 de mayo del 2010 con una precipitación de 99.1 mm, por lo tanto, el umbral de lluvia acumuladas en 15 días registradas que detona los movimientos en masa cercanos o dentro del área de influencia de la estación La Pradera es de 231.1 mm con periodos de retorno de 50 a 100 años.

Tabla 14: Precipitación máximos 24 horas diarias estación La Pradera

ESTACIÓN LA PRADERA AÑO 2010

PRECIPITACIÓN 24 HORAS												
DIAS	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	0	0	0	13.1	11.8	2.6	17.7	3.8	28.4	4.7	3.5	1.8
2	0	0	6.6	21.1	4.9	5.2	0	6.2	1.8	1.2	34.3	5.5
3	0	0	7.6	7.8	14.1	0	17.6	8.3	31.9	6.8	3	31.4
4	0	0	0	23.9	13	2.3	17.1	0	10.2	19.8	7	2.3
5	0	6.7	4.2	35.7	19.4	0	40.4	0	0	1.8	20.2	0
6	0	0	1.7	4.1	15.7	0	3	26.1	26.8	9.2	0.8	3.6
7	0	0	8.2	16.8	24.5	0	5.7	21	0	1.3	6	4.6
8	0	0	45	0.9	10.6	1.5	24.6	4.7	22.9	27.9	6.8	0.5
9	0	4.5	14.2	11	16.9	2.3	0	0.9	0	0	10	0.6
10	0.8	10.1	17.3	15.1	6.3	2.5	19.9	0	0	0	7	21
11	0	0	2.5	0	8.1	13.9	11.2	0	37.2	0	19.5	0
12	0	0	0	10	0	32.1	24	1	22.1	3.5	5.4	0
13	0	0	2.2	6.1	0	13.7	10.7	0	0.9	0	37.4	9.7
14	0	0	6.5	0	13.9	5.7	35.9	0	0	5.3	10.4	0
15	0	30.3	0	0	34.4	8.6	99.1	1.4	3.6	11.4	0.6	18.7
16	0	0	0.5	5.3	0	14.7	24.7	12.7	18.6	0	13.4	6.4
17	0	0	8.7	2.6	0	3.6	17.9	47.8	1.8	15	5	12
18	0	0	44.9	3.6	7.5	1.9	0.9	1.3	2.3	10.9	0	0
19	0	0	1.3	0.6	47.3	25.9	5.9	28.9	27	7.3	2.5	0
20	0	3.5	0	0	59.2	4.2	5.2	6.9	4.5	0.8	12.8	2.4
21	0	0	2.2	3.7	20	0.5	11.3	0	20.9	1.1	16.8	0
22	0	8.9	0	7.4	18	0	0.6	0	33.4	1	28.6	0
23	0	0	0	17.7	10.9	0.8	4.3	2	5.6	1.3	23.3	0
24	0	14.6	0	13.9	14.2	2.1	0	7	0	0	24.5	2.8
25	0	7.8	14.5	0	2.2	0	16.7	1.9	6.4	4.1	8.9	47.9
26	0	0	0	12	38	0	15.1	0	27.1	3.8	8	7.6
27	1.3	0	0	32.5	1.2	35.7	25.9	41.9	16.7	5.9	20.7	4.1
28	16.3	0	0	8.3	2.8	70	32	6.3	0	29	7.7	5
29	0	0	3.2	0	4.8	19.7	1.1	5.7	3.5	4.2	22.6	7.5
30	0		0	4.9	0	3.3	74.1	2.7	4.9	0	4.8	0

31	0		4.7		22.6		2.6	22.2		1.6	1.8	0

Fuente: DICO

1.1.7.7.6.2 Condición ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) – Precipitación Media

El índice oceánico niño (ONI), permite identificar la intensidad, tanto de la condición cálida (niño) como de la condición fría (niña), clasificándola en débil, moderada, fuerte y muy fuerte, con esta clasificación se obtiene la tabla 49.

Tabla 15: Fenómeno Niño Y Niña

EL NIÑO				LA NIÑA		
DÉBIL	MODERADO	FUERTE	MUY FUERTE	DÉBIL	MODERADO	FUERTE
2004-05	1994-95	1991-92	1997-98	2000-01	1995-96	1998-99
2006-07	2002-03	2023-24	2015-16	2005-6	2011-12	1999-00
2014-15	2009-10			2008-9	2020-21	2007-08
2018-19				2016-17	2021-22	2010-11
				2017-18		
				2022-23		

Fuente: weather services. https://ggweather.com/enso/oni.htm

1.1.7.7.6.2.1 Fenómeno ENSO de El Niño y La Niña

Estos estudios deben llevar a plantear los factibles cambios del clima bajo el fenómeno ENSO y con ello reducir el riesgo y los impactos socioeconómicos asociados a la variabilidad climática, VC; como también al cambio climático, CC. La variabilidad climática se refiere a las variaciones en las condiciones medias del estado del tiempo (días, meses, años) y otras estadísticas como desviaciones típicas y los fenómenos extremos, entre otros. En todas las escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de un fenómeno meteorológico en particular. Se entiende por cambio climático la modificación a largo plazo de las condiciones meteorológicas medias a escala del planeta; estas condiciones pueden variaciones en múltiples escalas de tiempo (días, meses, años, etc.) y espaciales (regional, local), y pueden representar una amenaza natural, como sequías, inundaciones, olas de frío o de calor, tormentas, entre otros (Bedoya et al., 2010). Los parámetros o elementos climáticos promedios al que se le hacen mayor seguimiento se relacionan con las lluvias, la temperatura y el aumento del nivel de los océanos. Es posible que en algunas regiones los problemas de variabilidad climática dominen sobre los relacionados con el cambio climático durante un período considerable de tiempo (OMM, 2009). Este podría ser el caso de Colombia, en donde el efecto de VC natural suscita

enormes riesgos a los sectores sociales, y económicos, debido a la intensidad de los eventos que se vienen presentando.

Los eventos climáticos relacionados con los fenómenos de la Niña y el Niño, son ampliamente conocidos dentro de las alteraciones por variabilidad climática y además son claros ejemplos de la forma como hay una redistribución del régimen interanual de las lluvias y sus valores porcentuales promedios. Aunque falta mucho por investigar sobre el comportamiento del clima y en especial de parámetros diferentes a las lluvias, como la humedad relativa, la dirección y velocidad del viento, la radiación solar y complementariamente bajo condiciones de intensidad del fenómeno, ya que por ahora todo se ha llevado a la escala de las precipitaciones y su distribución espacial, mas no temporal. En ciertas regiones como la Orinoquía, las lluvias tienden a modificar el régimen interanual de tipo monomodal a bimodal; mientras que en zonas con bimodalidad en las lluvias, los meses lluviosos, incrementan sustancialmente respecto a sus promedios multianuales y los secos a reducir, lo que en gran medida es compatible con la tendencia a presentarse severidad en los fenómenos extremos de sequía e inundaciones.

Según Carvajal en su libro Sequía y adaptación (2014), el clima colombiano, a escala de tiempo interanual, varía de forma natural ligado a la ocurrencia de fenómenos de macroescala. Poveda & Mesa, 2004, El sistema ENOS en sus dos fases, El Niño y La Niña, es el fenómeno más importante que afecta el clima, y en su fase cálida (El Niño) está asociado con disminución de la precipitación y los caudales de los ríos, con algunas variaciones espaciales en cuanto a duración e intensidad. Por otra parte, Avella, 2001, como la inflación en Colombia, se ha caracterizado por ser muy sensible a la variabilidad climática, no solo por efectos del fenómeno ENSO, sino a los períodos secos, que en muchas oportunidades son de carácter fuerte y que afectan la producción agrícola y con ello los alimentos esenciales de la canasta familiar, como acaba de ocurrir en el evento Niño de 2015 a 2016, cuando el costo de los alimentos agrícolas se incrementó hasta en un 100% y las proyecciones de inflación pasaron del 3.4 al 6.5%

1.1.7.7.6.2.2 Fenómeno de El Niño:

Según la NOAA de los Estados Unidos y el IDEAM, los eventos asociados con el fenómeno Niño que se presentaron durante la segunda mitad del Siglo XX, son en su orden, tal y como se presentan en la Tabla 31. Para esta entidad gubernamental se usa el Índice IOS: Índice de Oscilación del Sur - IOS: es calculado como las diferencias normalizadas entre la presión atmosférica medida en Tahití (Polinesia Francesa, representa el sector central del Pacífico tropical) y Darwin (norte de Australia, representa el sector occidental) y es un indicador de las fluctuaciones de la masa atmosférica entre los sectores centro-oriental y occidental del pacífico. Diferentes científicos han desarrollado metodologías para el cálculo del IOS; el obtenido por el Climate Analysis Center de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos, es el más utilizado por la comunidad que hace seguimiento e investigaciones sobre el ENOS (Tomado de Montealegre, A – Ideam 2007)

Tabla 16: Eventos fenómeno de el Niño

EVENTOS FENOMENO DE EL NIÑO	Valor IOS
JJA 1951 - DEF 1952	1,2
DEF 1952 - EFM 1954	0,8
MAM 1957 - JJA 1958	1,8
OND 1958 - FMA 1959	0,6
MJJ 1963 - EFM 1964	1,4
AMJ 1965 - MAM 1966	1,9
JAS 1968 - DEF 1969/70	1,1
AMJ 1972 - FMA 1973	2,1
ASO 1976 - EFM 1977	0,8
ASO 1977 - EFM 1978	0,8
AMJ 1982 - MJJ 1983	2,2
JAS 1986 - EFM 1988	1,6
AMJ 1991 - MJJ 1992	1,6
ASO 1994 - FMA 1995	1,2
AMJ 1997 - MAM 1998	2,4
AMJ 2002 - EFM 2003	1,5
JJA 2004 - DEF 2004/05	0,7
ASO 2006 - DEF 2006/07	1,0
JJA 2009 - MAM 2010	1,6
ASO 2015 - DEF 2016	(*)

Fuente: (Tomado de Montealegre, A – Ideam 2007)

El Índice de Oscilación de Sur (IOS): Es un indicador de la presencia de un evento ENOS, que mide la diferencia entre la anomalía promedio mensual de presión atmosférica superficial en Tahíti (Polinesia francesa), y el Pto. Darwin (Australia). En la Figura 187, se muestra la forma como ha variado el IOS entre 1950 a 2025.

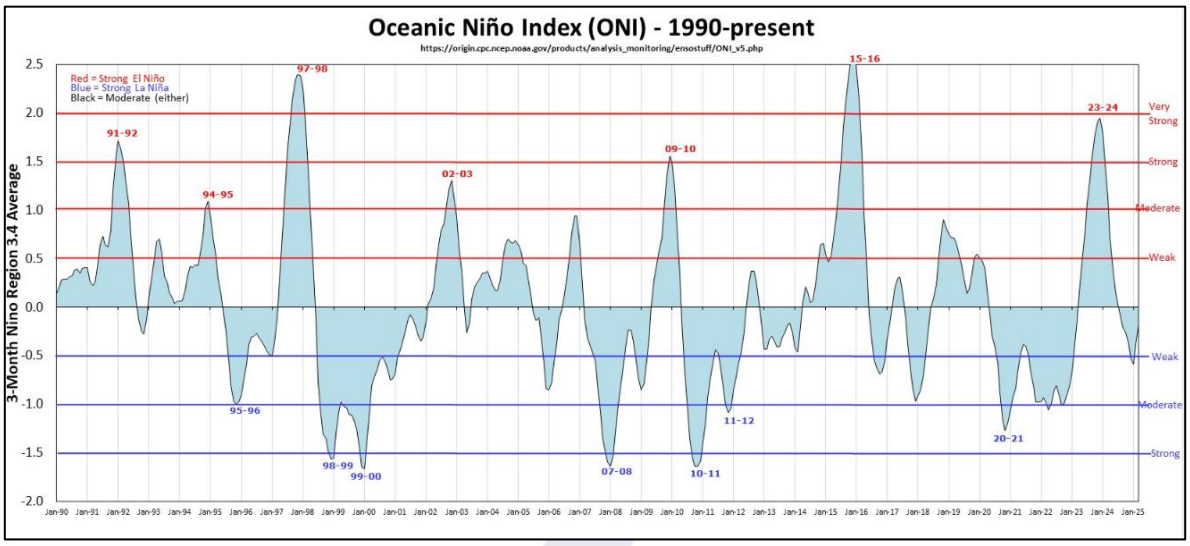


Figura 27 :Variación multianual del ISO.

Fuente: ggweather

ENSO Type	Season	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
	1990-1991	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6
SE	1991-1992	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7
	1992-1993	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6
	1993-1994	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4
ME	1994-1995	0.4	0.4	0.6	0.7	1	1.1	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0
ML	1995-1996	-0.2	-0.5	-0.8	-1	-1	-1	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3
	1996-1997	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2
VSE	1997-1998	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	1.9	1.4	1	0.5	-0.1
SL	1998-1999	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.5	-1.3	-1.1	-1	-1	-1
SL	1999-2000	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6
WL	2000-2001	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1
	2001-2002	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	0	0.1	0.2	0.4	0.7
ME	2002-2003	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4	0	-0.3	-0.2
	2003-2004	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
WE	2004-2005	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1
WL	2005-2006	-0.06	-0.14	-0.11	-0.29	-0.57	-0.84	-0.85	-0.77	-0.57	-0.37	-0.14	-0.03
WE	2006-2007	0.10	0.30	0.54	0.77	0.94	0.94	0.66	0.22	-0.12	-0.32	-0.38	-0.47
SL	2007-2008	-0.56	-0.81	-1.07	-1.34	-1.50	-1.60	-1.64	-1.52	-1.29	-1.01	-0.84	-0.61
WL	2008-2009	-0.37	-0.23	-0.24	-0.35	-0.55	-0.73	-0.85	-0.79	-0.61	-0.33	0.01	0.28
ME	2009-2010	0.45	0.58	0.71	1.01	1.36	1.56	1.50	1.22	0.84	0.35	-0.17	-0.66
ENSO Type	Season	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
SL	2010-2011	-1.05	-1.35	-1.56	-1.64	-1.64	-1.59	-1.42	-1.19	-0.93	-0.73	-0.55	-0.44
ML	2011-2012	-0.48	-0.62	-0.83	-1.01	-1.09	-1.04	-0.86	-0.72	-0.59	-0.47	-0.26	-0.01
	2012-2013	0.25	0.37	0.37	0.27	0.05	-0.21	-0.43	-0.43	-0.34	-0.30	-0.36	-0.41
	2013-2014	-0.40	-0.32	-0.26	-0.18	-0.17	-0.27	-0.42	-0.46	-0.27	0.04	0.21	0.16
WE	2014-2015	0.05	0.07	0.23	0.49	0.64	0.66	0.55	0.47	0.53	0.70	0.93	1.18
VSE	2015-2016	1.52	1.86	2.16	2.42	2.57	2.64	2.48	2.14	1.58	0.94	0.39	-0.07
WL	2016-2017	-0.36	-0.54	-0.63	-0.69	-0.67	-0.56	-0.34	-0.16	0.05	0.20	0.30	0.31
WL	2017-2018	0.14	-0.11	-0.38	-0.65	-0.84	-0.97	-0.92	-0.85	-0.70	-0.50	-0.22	-0.01
WE	2018-2019	0.09	0.23	0.49	0.76	0.90	0.81	0.75	0.72	0.71	0.66	0.54	0.45
	2019-2020	0.28	0.14	0.19	0.35	0.51	0.55	0.50	0.48	0.40	0.19	-0.08	-0.30
ML	2020-2021	-0.41	-0.57	-0.89	-1.17	-1.27	-1.19	-1.05	-0.93	-0.84	-0.66	-0.48	-0.38
ML	2021-2022	-0.40	-0.49	-0.67	-0.81	-0.98	-0.98	-0.97	-0.93	-0.99	-1.06	-0.99	-0.85
WL	2022-2023	-0.81	-0.91	-1.01	-0.99	-0.92	-0.82	-0.67	-0.43	-0.14	0.16	0.48	0.77
SE	2023-2024	1.07	1.32	1.56	1.78	1.92	1.95	1.79	1.49	1.14	0.71	0.40	0.15
	2024-2025	0.04	-0.11	-0.21	-0.26	-0.37	-0.53	-0.59	-0.39	-0.19			
ENSO Type	Season	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ

Figura 28 :Variación multianual del ISO.

Fuente: ggweather

Este ciclo global tiene dos fases: En el océano se manifiesta como una oscilación de la temperatura superficial del mar entre una fase cálida ("El Niño") y una fase fría ("La Niña") a lo largo del Pacífico tropical, y en la atmósfera como una oscilación entre una fase negativa ("El Niño") y una fase positiva ("La Niña") de la Oscilación del Sur (OS). En la actualidad el evento se conoce como "El Niño, Oscilación del Sur" (ENOS).

El IDEAM en 2007, elaboró un Plano de los Efectos del Fenómeno de El Niño respecto a las lluvias y temperaturas. Obsérvese en la Figura 105, cómo en el departamento de Santander, se registran tres (3) categorías: un Normal, en la mayor parte del territorio, con Exceso Ligero al sur del departamento y Déficit Moderado en la parte norte.

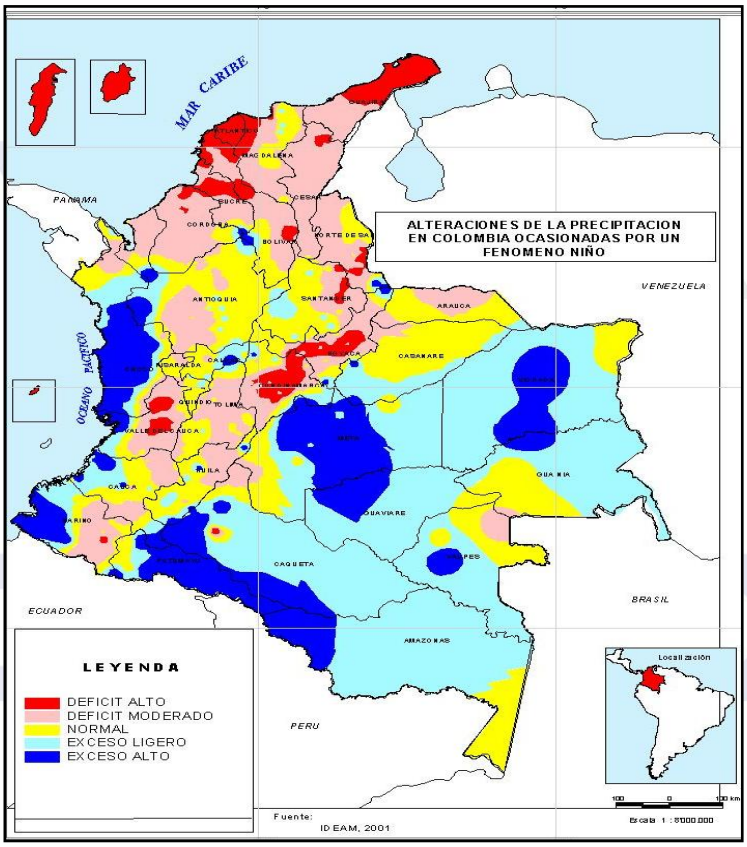


Figura 29 :**Zonas de Déficit y Exceso de agua durante el fenómeno del Niño en Colombia**
Fuente: Estudio del impacto del Fenómeno Niño en las lluvias de Colombia. Ideam, 2010

1.1.7.7.6.2.3 Influencia del Fenómeno ENSO en el Municipio de La Belleza

La estación de La Pradera, presenta con registros meteorológicos más antiguos y completos dentro de la cuenca del Carea Minero dentro del área administrativo del municipio de La Belleza. En la Figura 190, se muestra el histograma de la precipitación media multianual para el periodo 2003 a 2025. La

distribución interanual de la lluvia muestra un modelo típico monomodal, con un promedio de 2775 mm.

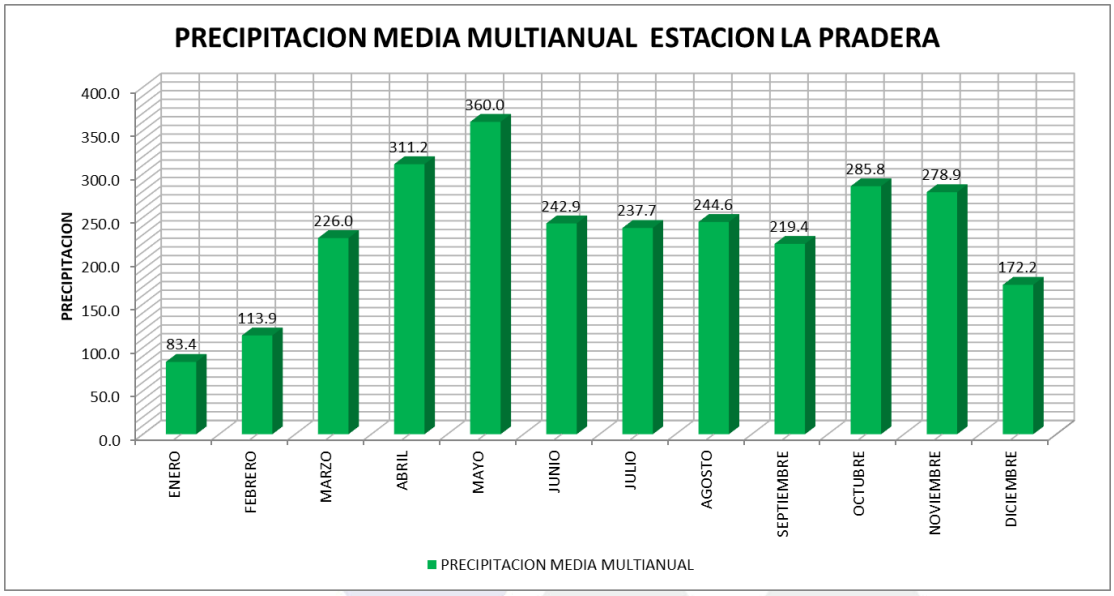


Figura 30 :Histograma de distribución interanual de la precipitación estación La Pradera
Fuente: DICO

En la Figura 191, se muestra el histograma de la precipitación media multianual para el año de fenómeno Niño de 2010. Es evidente como se distorsiona un poco la distribución interanual, con incrementos en el mes de la precipitación del mes de Junio y Julio y reducción en volumen en los otros meses como marzo, abril. mayo y octubre. Un leve aumento en el volumen anual con 2327 mm en el 2010. La tendencia sigue siendo monomodal.

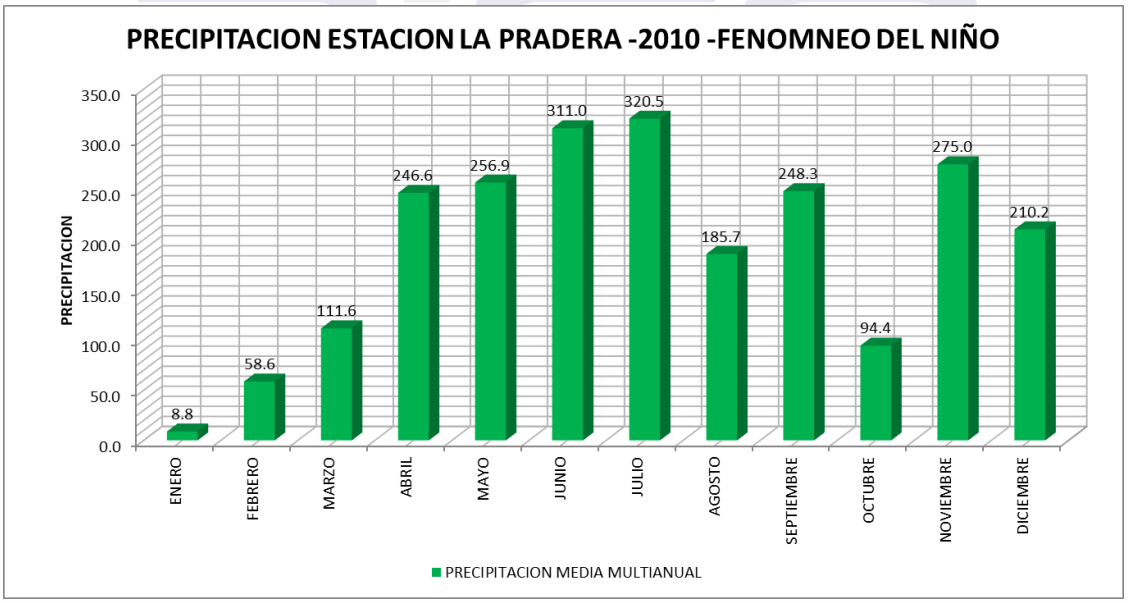


Figura 31 :Histograma de distribución interanual de la precipitación estación La Pradera
Fuente: DICO

1.1.7.7.6.2.4 Análisis de ocurrencia de movimiento en masa y fenómeno ENSO

En el municipio se presentan los movimientos en masa tipo deslizamiento y su relación con años Niña, Niño para los 21 deslizamientos presentes en el municipio de La Belleza no tiene certeza de la fecha en la que ocurrieron, por lo tanto, no se puede observar que la ocurrencia de los movimientos en masa tipo deslizamiento está principalmente influenciada por los años Niña, dada la cantidad de deslizamientos reportados para el año Niña 2021. La clasificación de años Niña, Niño se soporta en la página oficial de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA's Climate Prediction Center Internet Team, 2025).

1.1.7.7.7 DETONANTE SISMO

Los sismos se han identificado como uno de los fenómenos naturales más peligrosos, los cuales han ocasionado grandes pérdidas económicas y sociales, donde no sólo los eventos considerados como fuertes producen daños severos, sino también los moderados y algunas veces los sismos de reducido tamaño han causado daños considerables. Lo anterior dado que las afectaciones no solo dependen de la energía liberada sino de las condiciones locales del territorio, tales como topografía y características geológicas de cada sitio, entre otras. Los daños causados debido a los sismos han sido usualmente asociados con fallas estructurales en las viviendas. Sin embargo, una gran proporción de los daños por sismos alrededor del mundo son debidos principalmente a fallas del terreno, tales como licuación, fallas en rellenos antrópicos e inestabilidad de taludes, las cuales son comúnmente asociadas al riesgo sísmicogeotécnico.

Los deslizamientos ocasionados por sismos han sido los causantes de decenas de miles de muertos y billónes de dólares en pérdidas económicas alrededor del mundo. Por ejemplo el sismo del 06 de junio de 1994 en Páez sur-occidente de Colombia ocasiono más de 1.100 muertes, provocando la avalancha del rio Páez afectando más de 15 municipios pertenecientes a los departamentos de Huila y Cauca, El sismo del 25 de enero de 1999, que afectó a todo el departamento del Quindío, tuvo entre sus principales consecuencias disparar gran cantidad de movimientos de masa que obstruyeron las vías y afectaron cultivos y viviendas en las zonas rurales; produjo además agrietamientos y hundimientos distribuidos en la región epicentral, El sismo del 8 de Junio de 2025 que afecto el Municipio de Paratebueno - Cundinamarca en el tuvo consecuencias un deslizamiento de mas de 100 cachas de futbol, daños en la infraestructura, viviendas , la principal vía que conduce a Villavicencio.

Rodríguez (2007), recopilo información de movimientos en masa detonado por sismos en Colombia desde 1530 hasta 2006, la cual incluye daños asociados, parámetros del sismo, unidades geológicas, entre otros; de esta información se destaca la magnitud mínima histórica del sismo asociada con movimientos en masa MS=5,0 e intensidades en los niveles VI y VII de la escala modificada Mercali. Rodríguez et al (1999, 2007) presenta información de diferentes casos a nivel mundial, sobre la relación de la magnitud Ms de sismos que detonan movimientos en masa y la distancia epicentral máxima de influencia, como la que se presenta en la figura 109, para movimientos en masa no coherentes, asimilables a los registrados en el área de estudio.

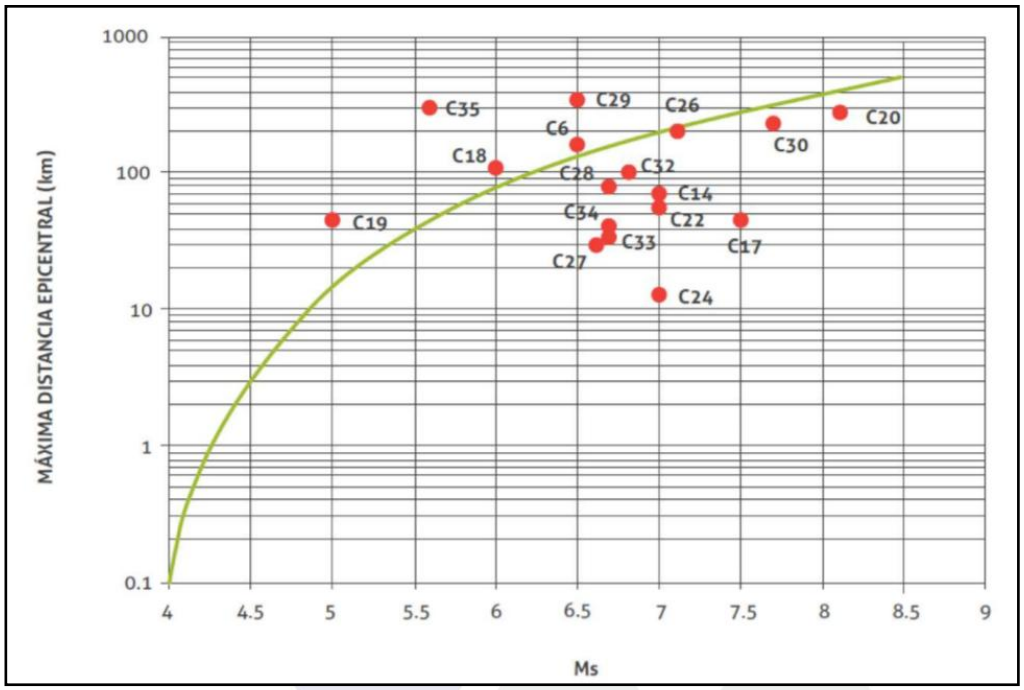


Figura 32 :**Máxima distancia epicentral para movimientos no masa no coherentes**
Fuente: Rodríguez (2007)

En Colombia, de la época reciente, son reconocidos diferentes eventos sísmicos que detonaron movimientos en masa (Páez, 1994; Tauramena, 1995; Quetame, 2008), para los cuales, en el área epicentral, se presentó amplificación de las ondas sísmicas por efectos topográficos o asociados con el comportamiento dinámico de depósitos presentes sobre el basamento rocoso.

El estudio de la amenaza por movimientos en masa detonados por sismos, a nivel mundial se encuentra en la actualidad en etapa de desarrollo, destacándose las investigaciones adelantadas por Rodríguez (1999, 2007) y Keefer (1984). Para estudios de amenaza por movimientos en masa a escala regional, los detonantes usualmente se evalúan con metodologías de tipo estadístico, que exigen como principal insumo, un completo inventario de procesos de inestabilidad y su relación con el detonante de interés. Infortunadamente en nuestro medio este tipo de registro es escaso, lo que hace inviable la evaluación de umbrales de aceleración, intervalos de recurrencia o probabilidades temporales de ocurrencia.

Por lo anterior, para la evaluación del efecto sísmico como detonante de movimientos en masa en la zona de estudio, se consideró como sismo de referencia, el evento de Tauramena, 1995, teniendo en cuenta el entorno geológico regional, descrito en detalle en el (capítulo VI), caracterizado por presentar unidades de roca que registran la evolución tectono-sedimentaria, así como la evidencia del sismo como evento detonante de movimientos en masa.

1.1.7.7.7.1 Sismicidad histórica

Los sismos se han identificado como uno de los fenómenos naturales más peligrosos, los cuales han ocasionado grandes pérdidas económicas y sociales, donde no sólo los eventos considerados como

fuertes producen daños severos, sino también los moderados y algunas veces los sismos de reducido tamaño han causado daños considerables. Lo anterior dado que las afectaciones no solo dependen de la energía liberada sino de las condiciones locales del territorio, tales como topografía y características geológicas de cada sitio, entre otras. Los daños causados debido a los sismos han sido usualmente asociados con fallas estructurales en las viviendas, sin embargo, una gran proporción de los daños por sismos alrededor del mundo son debidos principalmente a fallas del terreno, tales como licuación, fallas en rellenos antrópicos e inestabilidad de taludes, las cuales son comúnmente asociadas al riesgo sísmicogeotécnico.

Total de registros:		127	
Graficar:		Ver Mapa Sismicidad	
Generar KML:		Generar KML	
Generar Excel:		Generar Excel	
Tipo de consulta:		**cuadrante**	
Departamento:	Santander	**Municipio:**	La Belleza
Fecha inicial:	2018-06-01	**Fecha final:**	2025-06-26
Longitud mínima	-90 °	**Longitud máxima:**	-66 °
Latitud mínima:	-07 °	**Latitud máxima:**	15 °
Magnitud miníma:	0	**Magnitud máxima:**	9
Prof. min.:	0	**Prof. máx.:**	700
RMS min.:	0	**RMS máx.o:**	10
Gap min.:	0	**Gap máx.:**	360
Error prof. min.:	0	**Error prof. máx.:**	999
Error long. min.:	0	**Error long. máx.:**	999
Error lat. min.:	0	**Error lati. máx.:**	999

Figura 33 :**Sismos registrados en el Municipio De La Belleza**
Fuente: Rodríguez (2007)

En el municipio de La Belleza se han registrado 194 sismos como se muestra en la figura 146 en el cual se hace referencia a los sismos con mayor magnitud y los que se originaron cerca del casco urbano más repetitivos para el municipio de La Belleza.

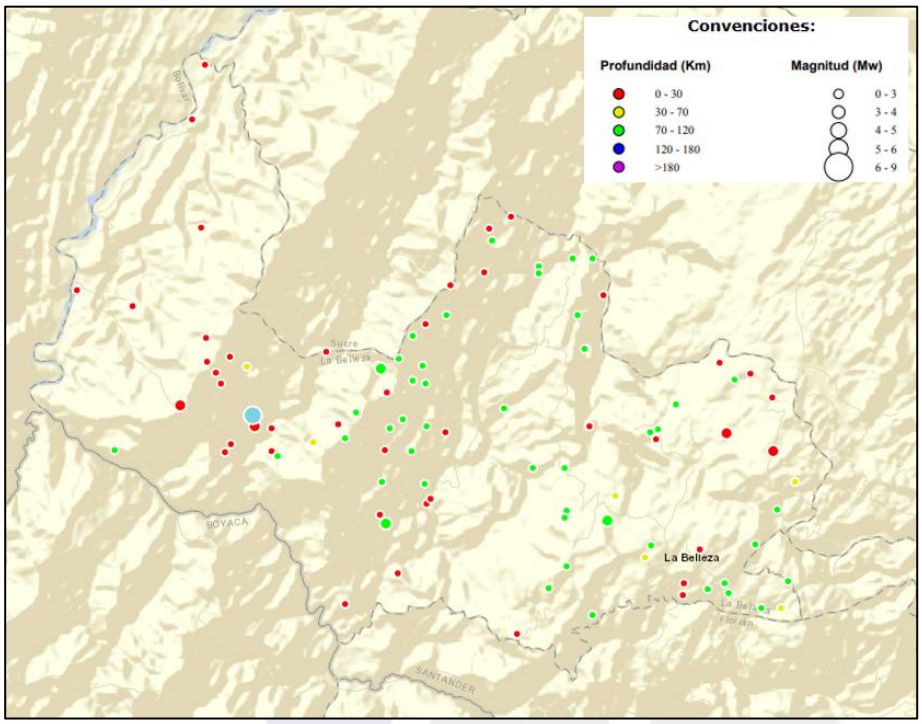


Figura 34 :**Sismos registrados en el Municipio De La Belleza**
Fuente: Rodríguez (2007)

1.1.7.7.7.2 Sismo 28 de mayo del 2021

Sismo mas cercano del Casco Urbano registrado por el Servicio Geológico Colombiano SGC.

Sismo registrados en el Casco Urbano Del Municipio de La Belleza

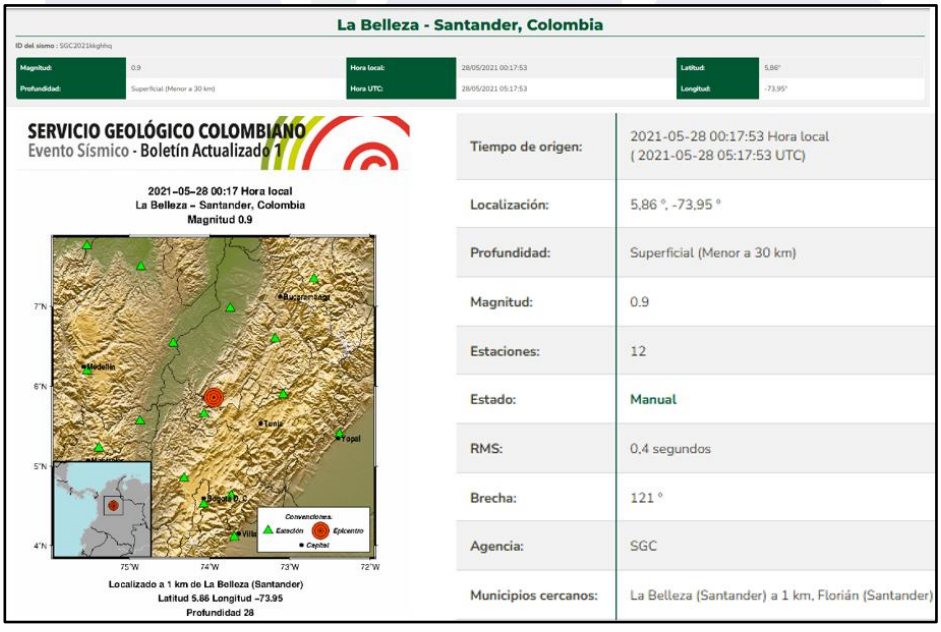


Figura 35 :
Fuente: Rodríguez (2007)

En la siguiente figura se observa la curva grabada del sismógrafo que se midió el movimiento del subsuelos en el cual este movimiento se originó a menos de 2 kilómetros de la superficie y registro una magnitud de 0.9.

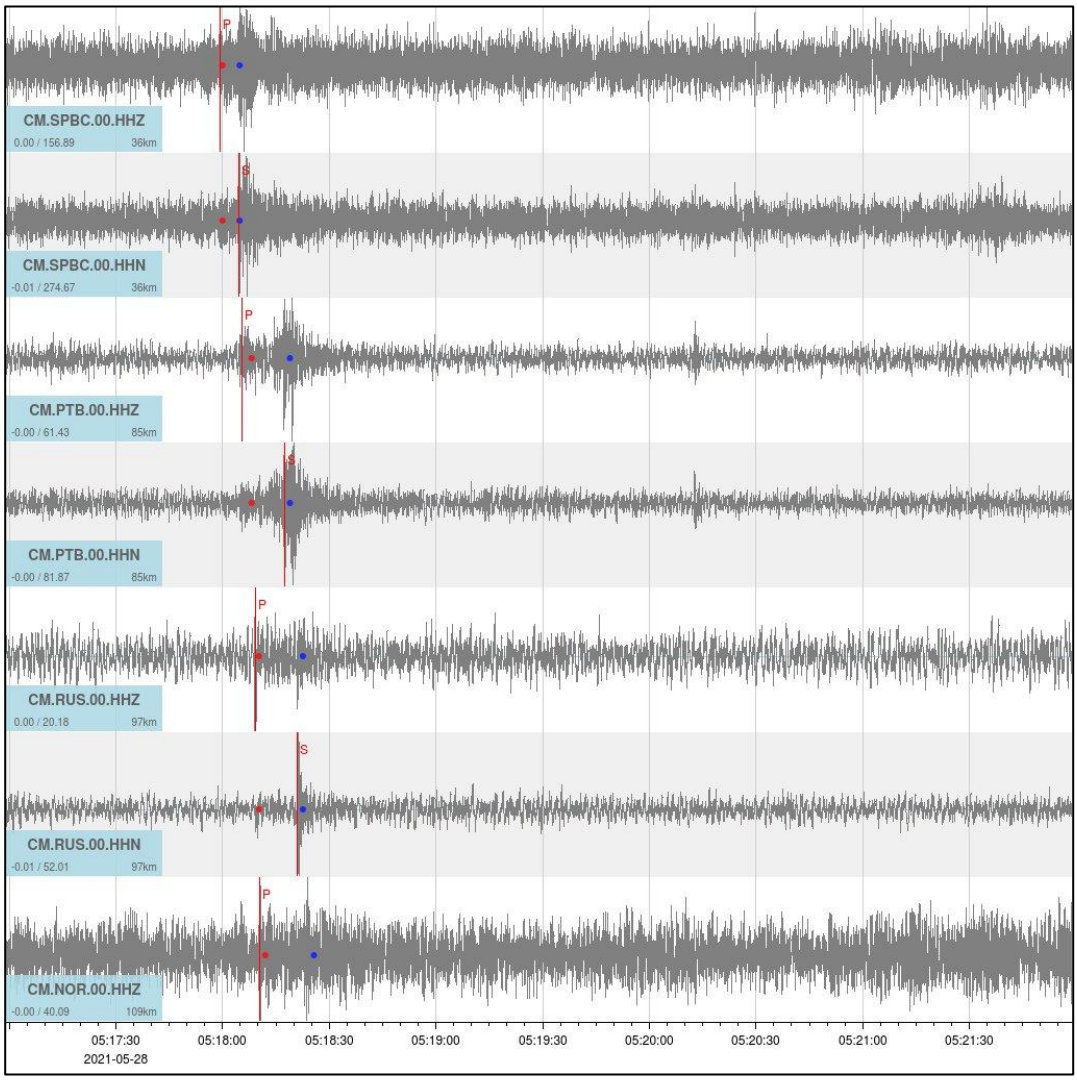


Figura 36 :**Trazas del sismo registrado en la cabecera municipal el Municipio De La Belleza**
Fuente: SGC

1.1.7.7.7.3 Sismo 16 de Mayo del 2025

Este sismo es el de mayor magnitud registrado en el municipio de la Belleza.



Figura 37 :Sismo registrados con mayor magnitud en el Municipio de La Belleza
Fuente: DICO

En la siguiente figura se observa la curva grabada del sismógrafo que se midió el movimiento del subsuelo en el cual este movimiento se originó a menos de 2 kilómetros de la superficie y registro una magnitud de 3.2.

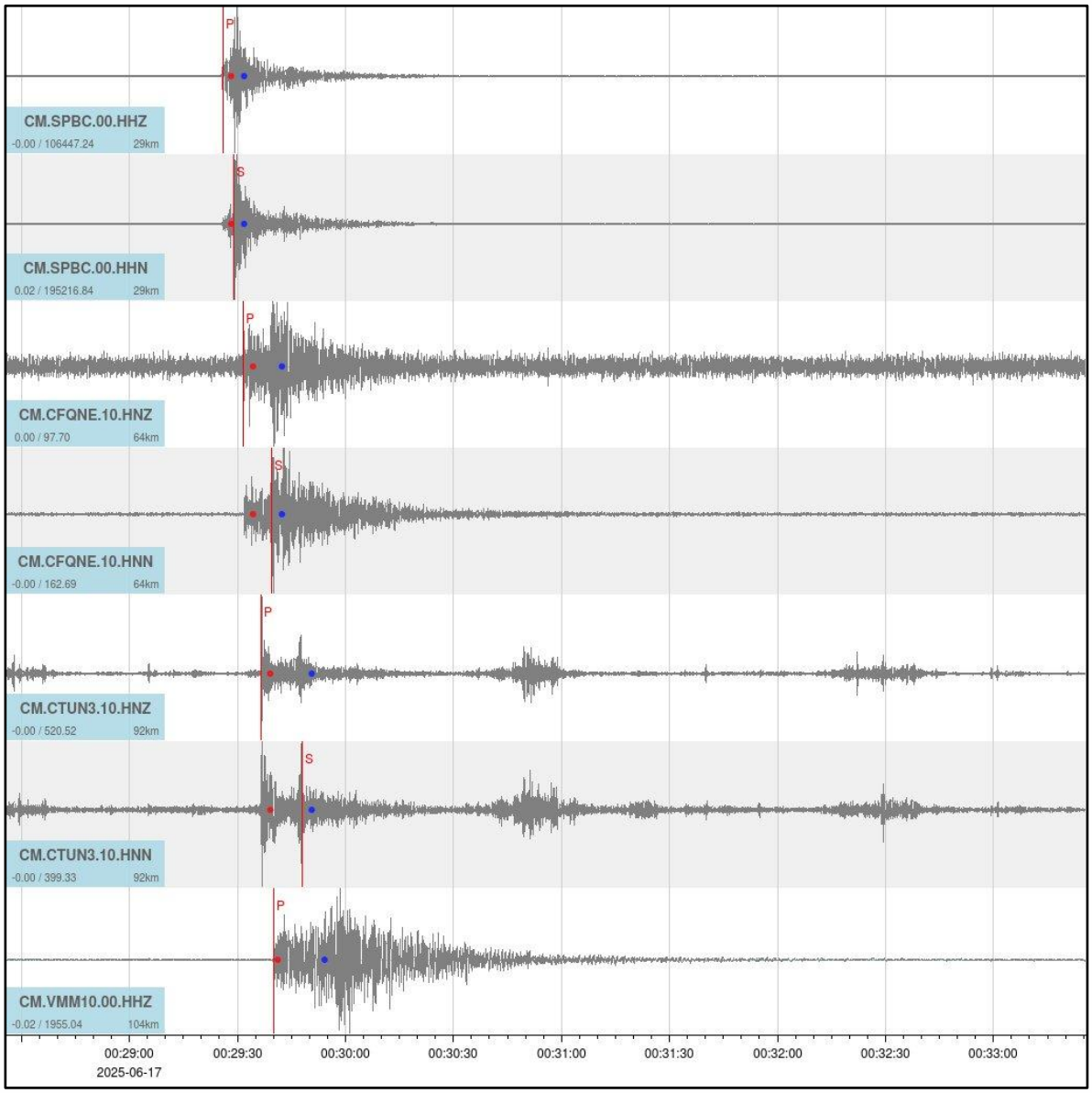


Figura 38 :**Trazas del sismo registrado con mayor magnitud en el municipal el Municipio De La Belleza**

Fuente: SGC

1.1.7.7.7.4 Detonante sismo y periodos de retorno estimados

Teniendo en cuenta lo anterior, es válido suponer que un evento sísmico de características similares al de Tauramena, 1995 o el sismo de Paratebueno Cundinamarca en el 2025 tiene potencial como detonante de movimientos en masa en el área de estudio.

El Servicio Geológico Colombiano ha realizado recientemente una nueva evaluación de amenaza sísmica de Colombia para diferentes periodos de retorno (31, 225, 475, 975 y 2475 años), versión

2025 la cual puede consultarse en www.amenazasismica.sgc.gov.co. Estos mapas se expresan en términos de PGA (peak Ground Aceleration por sus siglas en inglés). De esta nueva evaluación el mapa de periodo de retorno 31 años, aceleraciones PGA de 0.032

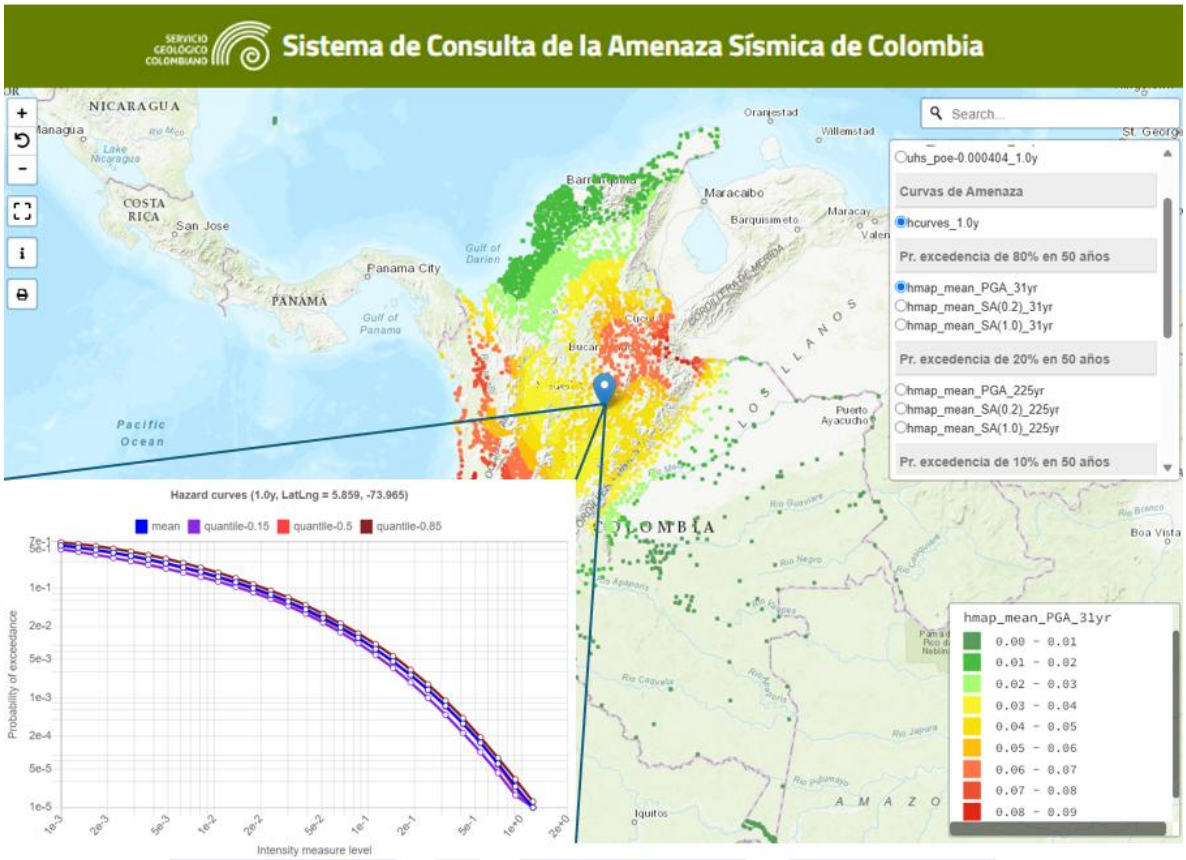


Figura 39 :**Evaluación de amenaza sísmica del Municipio de La Belleza con un periodo de retorno de 31 años.**
Fuente: DICO

En la figura 199 (periodo de retorno 31 años), puede observarse que el área de estudio, comparten el mismo intervalo de aceleración (PGA); de esto, la mejor aproximación umbral inferior de aceleraciones en roca con potencialidad de detonar movimientos en masa, corresponde al Modelo de Amenaza Sísmica de Colombia 2025, con periodo de retorno 31 años, con una probabilidad de excedencia de 80% en 50 años.

Finalmente, la tabla 51 resume los parámetros sísmicos para cada uno de los periodos de retorno.

Tabla 17: Periodos de retorno PGA

PERIODO DE RETORNO	TASA DE EXCEDENCIA	INTENSIDAD (gal)	ACELERACIÓN (g)
31	80 % EN 50 AÑOS	0.0954	0.01989
225	20 % EN 50 AÑOS	0.31002	0.05882

475	10 % EN 50 AÑOS	0.43407	0.8156
975	50 % EN 50 AÑOS	0.58623	0.10898
2475	2 % EN 50 AÑOS	0.83237	0.15523

Fuente: SGC

1.1.7.7.7.5 Analís de amenaza por sismisidad

Representa la probabilidad (anual para este caso) de excedencia o frecuencia (inverso del periodo de retorno) de valores esperados de movimiento del terreno (intensidad sísmica en roca, p.e. aceleración espectral) para un sitio particular. La probabilidad de excedencia se estimada por la contribución de todos los eventos posibles considerados (eventos significativos de múltiples magnitudes en diferentes localizaciones, distancias) en la modelación de amenaza sísmica para el sitio de observación. Las curvas se presentan para 3 niveles de incertidumbre: media y los percentiles 0.15 y 0.85, y es posible seleccionar la medida de intensidad de interés (ordenada espectral) desde la lista desplegable.

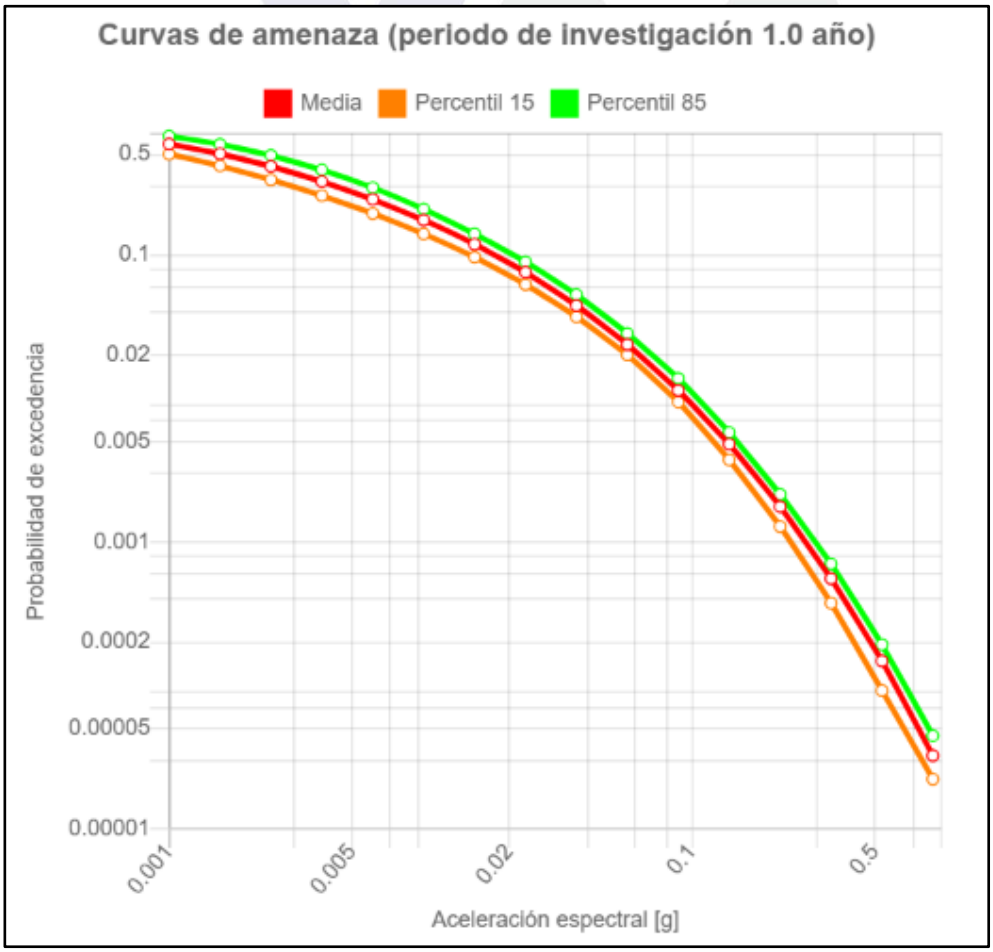


Figura 40 :**Curvas de amenaza por sismicidad**.

Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.6 Espectros de amenaza uniforme por sismicidad

Representa los valores esperados de aceleración espectral en roca para el sitio de interés y para un periodo de retorno o frecuencia anual de excedencia. Se presentan los espectros para 5 periodos de retorno a saber 31, 225, 475, 975 y 2475 años, equivalentes a 5 probabilidades de excedencia en 50 años a saber 80%, 20%, 10%, 5%, 2%. Los espectros se presentan de igual forma para tres niveles de incertidumbre desde la lista desplegable: media y percentiles 0.15 y 0.85. En la figura 201 contigua se presentan los valores medios de intensidad para la aceleración pico del terreno, y para periodos de vibración de 0.2 y 1 segundo, así como la aceleración máxima en el espectro para 4 periodos de retorno (31, 225, 475, 2475 años).

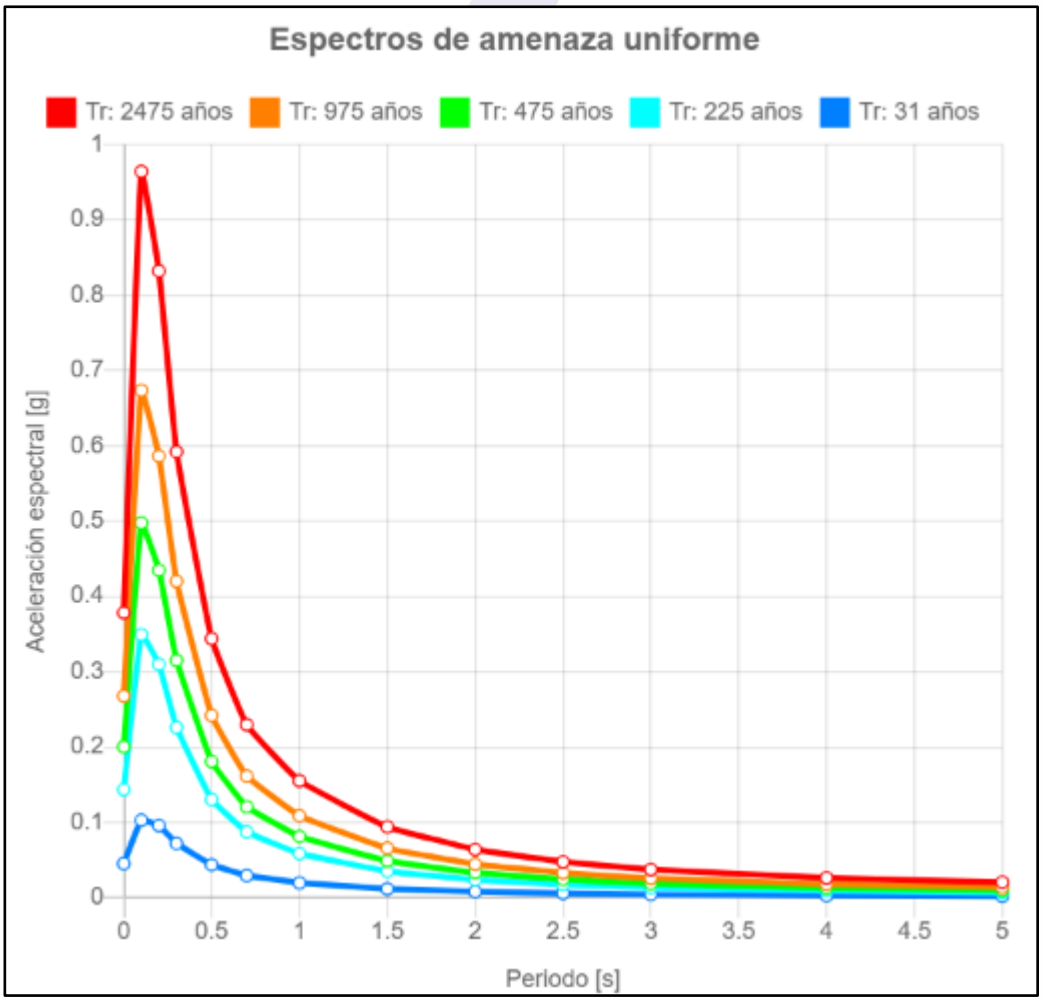


Figura 41: **Espectros de amenaza uniforme por sismicidad**

Fuente: SGC, 2025

Tr[años]	PGA[g]	Sa max[g]	Sa(0.2)[g]	Sa(1.0)[g]
31	0.04554	0.10287	0.09584	0.01989
225	0.14365	0.34955	0.31002	0.05882
475	0.20051	0.49756	0.43507	0.08156
975	0.26774	0.67378	0.58623	0.10898
2475	0.37840	0.96428	0.83237	0.15523

Figura 42: periodos de retorno de espectros de amenaza uniforme por sismicidad.
Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.7 Participación de distancias

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten a rango de distancia de ocurrencia de eventos particular para un periodo de retorno y medida de intensidad (ordenada espectral) seleccionados desde la lista desplegable correspondientes.

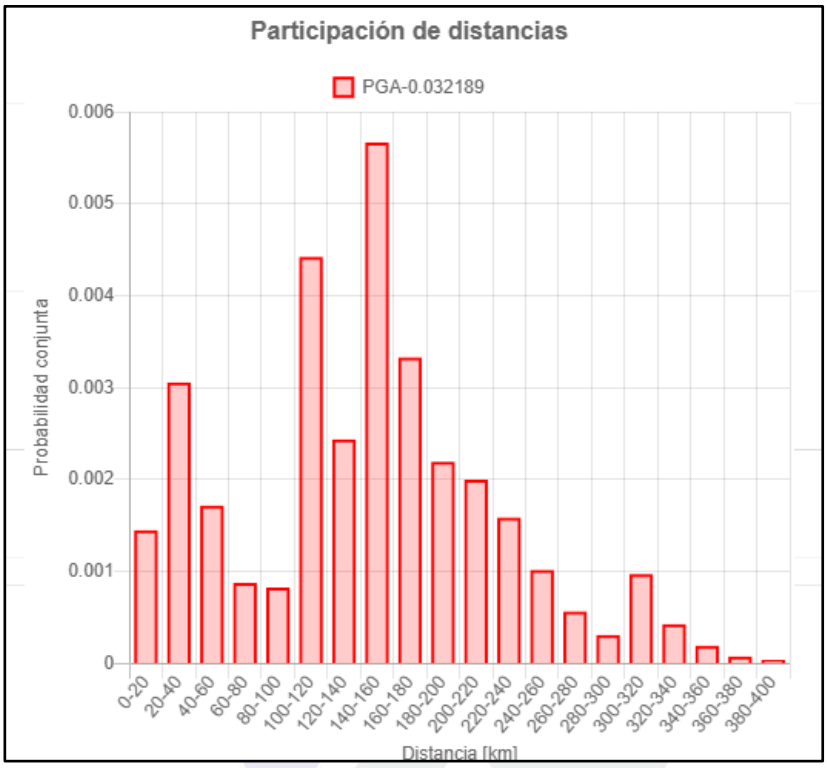


Figura 43:**Participación de distancias.**
Fuente: SGC, 2022

1.1.7.7.7.8 Participación de magnitudes

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten con un rango de magnitud de eventos particular para un periodo de retorno y medida de intensidad (ordenada espectral) seleccionados desde la lista desplegable correspondientes.

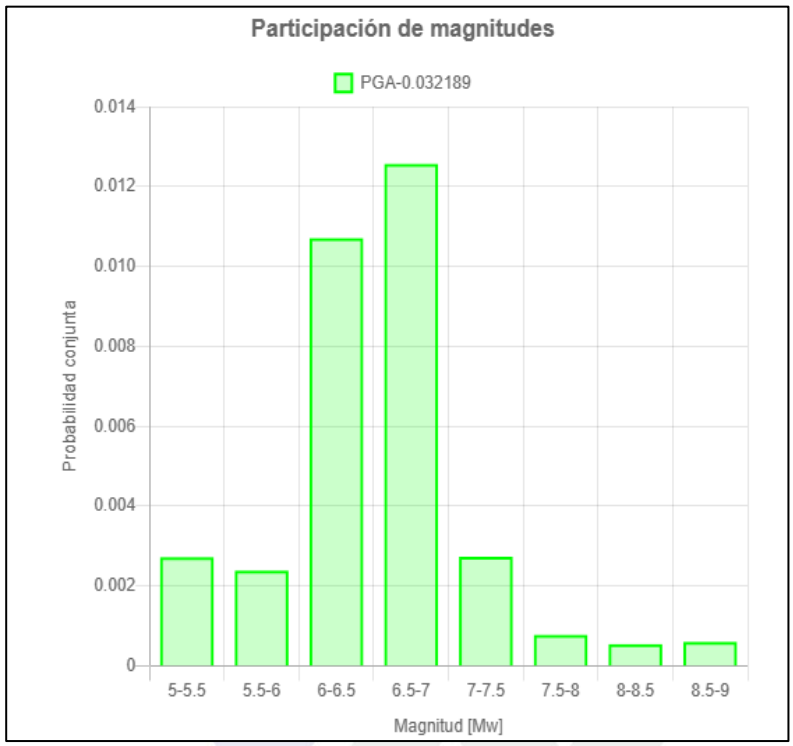


Figura 44:Participación de magnitudes para el municipio de La Belleza.
Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.9 Participación por ambientes tectónicos

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten a una distancia de ocurrencia y magnitud particulares de los eventos para diferentes medidas de intensidad (ordenadas espectrales) y periodo de retorno seleccionado desde la lista desplegable.

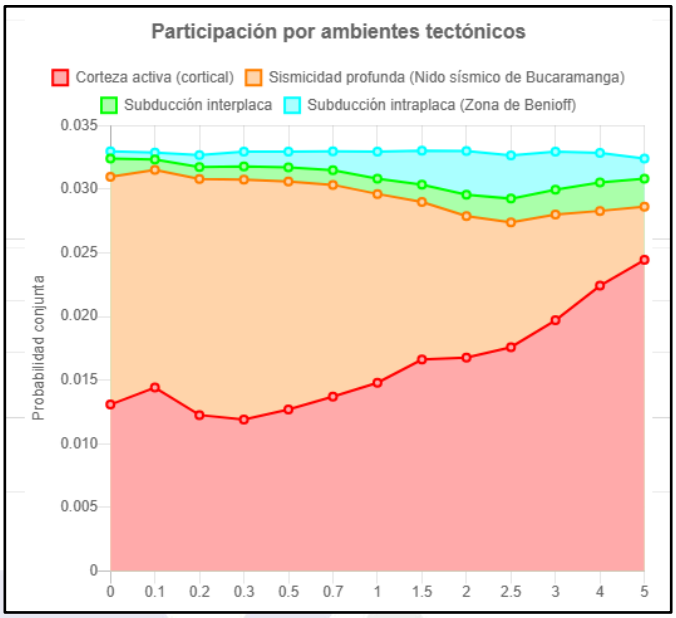


Figura 45:Participación por ambientes tectónicos para el municipio de La Belleza.
Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.10 Participación de magnitud y distancia

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten en un ambiente tectónico para diferentes medidas de intensidad (ordenadas espectrales) y periodo de retorno seleccionado desde la lista desplegable.

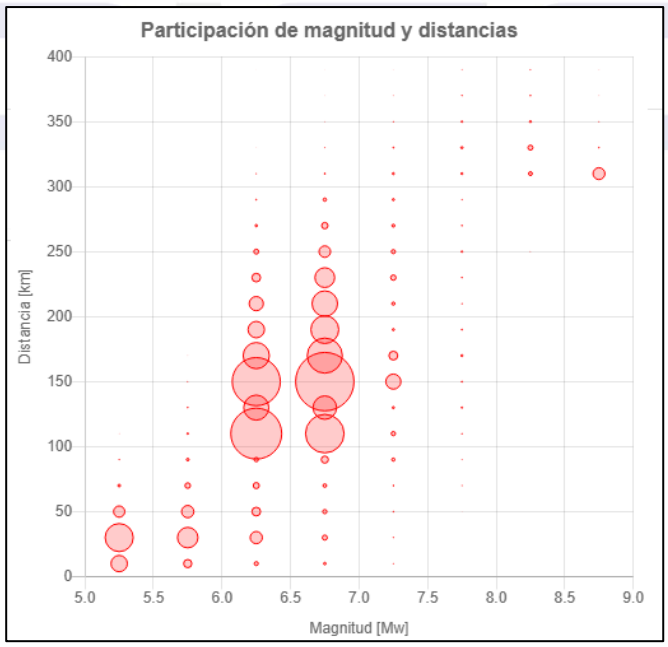


Figura 46:Participación magnitud y distancia para el municipio de La Belleza.
Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.11 Participación de localización geográfica por ambiente tectónico

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten en una localización geográfica de ocurrencia particular de eventos y ambiente tectónico correspondiente para diferentes medidas de intensidad (ordenadas espectrales) y periodo de retorno seleccionado desde la lista desplegable.

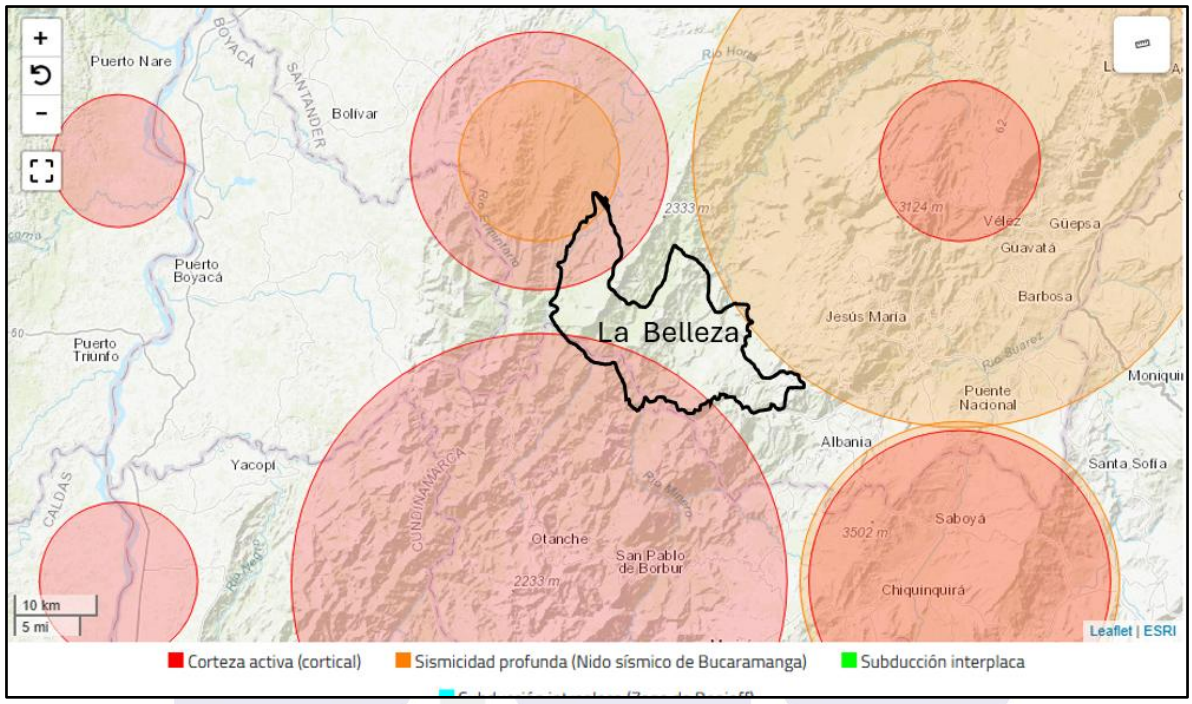


Figura 47: **Participación de localizacion por ambiente tectónico para el municipio de La Belleza.**
Fuente: SGC, 2025

1.1.7.7.7.12 Participación de localización geográfica por magnitud

Representa la probabilidad conjunta (distribución de probabilidad) que eventos sísmicos de influencia en la localización de análisis se presenten en una localización geográfica y magnitud particulares para diferentes medidas de intensidad (ordenadas espectrales) y periodo de retorno seleccionado desde la lista desplegable.

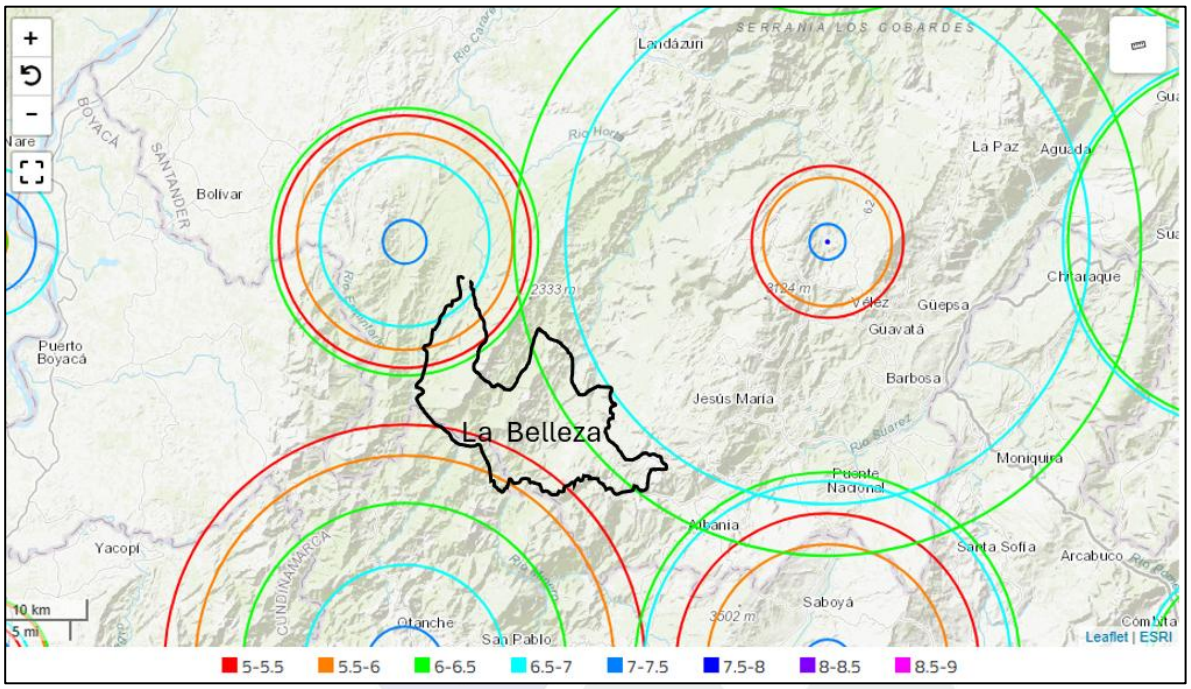


Figura 48: **Participación de localizacion por geográfica por magnitud para el municipio de La Belleza.**

Fuente: SGC, 2025

1.1.8 ANÁLISIS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

La caracterización de la amenaza por movimiento en masa se construyó a partir del análisis de susceptibilidad descrito en el capítulo anetrior, el cual a su vez contempla la relación que tienen los procesos morfodinámicos, unidades geológicas superficiales, la cobertura y uso del suelo, con la posibilidad espacial de ocurrencia de deslizamientos dentro del área de estudio. Por otro lado, se recopilo información de los sismos y lluvias que han afectado el territorio con el fin de establecer el carácter como detonantes y su relación con la ocurrencia de movimientos en masa.

1.1.8.1 En el presente capítulo se define la caracterización de la amenaza para los movimientos en masa tipo deslizamiento.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se hace una descripción de las características de cada una de las categorías de amenaza.

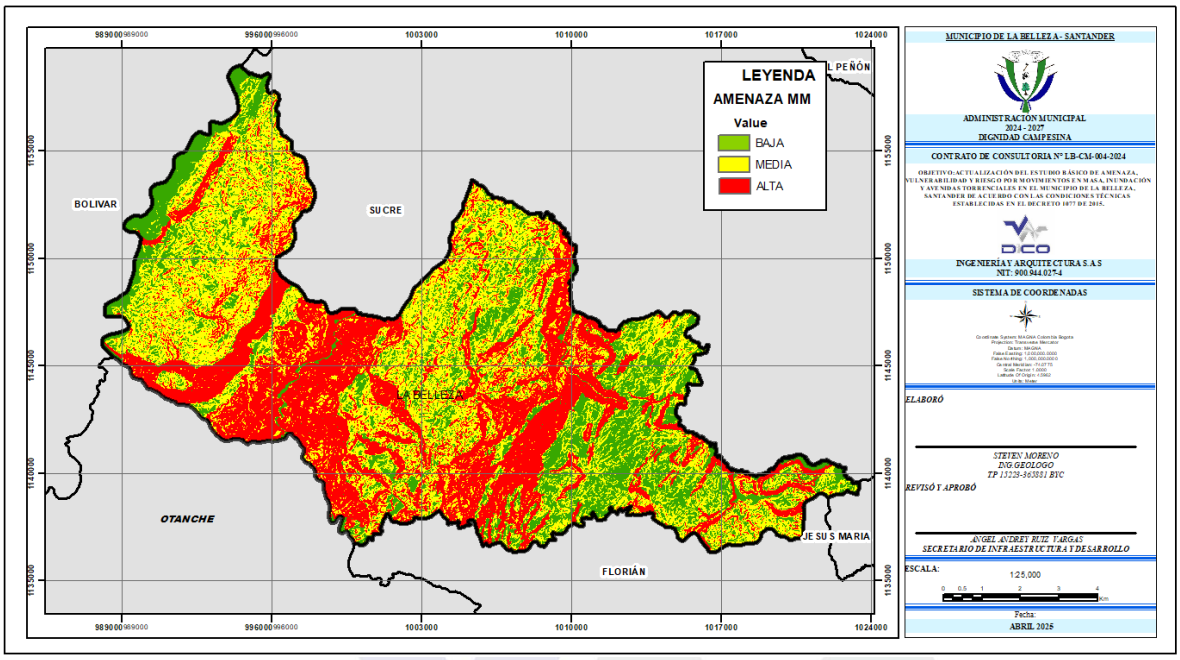


Figura 49: **Mapa de Amenaza por movimientos en masa del municipio de La Belleza.**
Fuente: Dico

1.1.8.1.1 Amenaza

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
ALTA	Dentro de esta categoría se localiza el 36.5% del área de estudio del municipio de La Belleza, que corresponde a 12435.89Ha. En esta categoría se encuentran sectores de las veredas Abarco, Berlin, Buenavista, Cachipayal, Campo Hermoso Alto, Campo Hermoso Bajo, Candelaria, Ceiba, Costa Rica, El Tesoro, Funcial, Granadina, Indostal, La Humareda, La Margelina, La Playa, La Quitaz, La Tipa, Los Valle, Montebello, Naranjos, Palacios, Pescado, Rodeo, Rubi, Sailan, San Antonio, San Cayetano, San Salvador, Sinagoga Alta, Sinagoga Baja, Sinai, Sitio Nuevo, Vereda Centro, Villa Hermosa, en las que se concentra la mayor área de terreno afectada o que presentan alta predisposición para la ocurrencia de movimientos en masa. Dentro de esta categoría se consideran las áreas de los movimientos registrados en el inventario de morfodinámicos, sumado a las áreas de los sitios que, por sus condiciones litológicas, características inherentes, contribuyentes y detonantes, presentan mayor predisposición para el desarrollo de movimientos en masa. Los factores condicionantes que tienen mayor influencia en esta categoría de amenaza son laderas con pendientes entre 16° - 50°, desarrolladas sobre rocas de calidad mala y muy mala de la Formación Paja y Arcabuco rocas de calidad regular de la donde se presentan fracturadas por acción del sinclinal de La Belleza; de igual forma unidades de suelos transportados coluviales (activos e inactivos); en algunos sectores dichos suelos corresponden con movimientos en masa reactivados. Predominan los deslizamientos traslacionales y flujo de detritos en materiales plásticos débiles (suelos residuales y depósitos de coluvión), controlados en profundidad por niveles de roca, que por lo general se encuentra altamente meteorizada. Esto hace que la interface entre depósito y roca, se constituya en zonas de debilidad y eventualmente en zonas donde tiene influencia el plegamiento del sinclinal de La Belleza, Sinclinal del Rio Pescadero y por la falla de la Salina también por efecto del contraste de permeabilidad y de rigidez.

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
	Con respecto a los detonantes de los movimientos en masa, se infiere que de acuerdo con la información sobre lluvia y sismo analizada, estos movimientos se detonan como resultado de lluvias cercanas a los 99.1 mm en 24 horas o lluvias acumuladas de 15 días mayores a 537 mm mm, dicha cantidad de lluvias se asocia a periodos de retorno de 537mm con periodos de retorno de 50 a 100 años; en cuanto al detonante sismo, se podría detonar movimientos en masa en zonas con influencia de eventos con magnitudes locales (Ml) superiores a 5° y profundidad superficial (menor a 30 km), eventos sísmicos de estas características corresponden a períodos de retorno superiores a 31 años. A nivel del detonante, se pueden desencadenar procesos tipo caída por sismos, preferentemente en la zona de influencia de eventos con magnitud Ml desde 4.0 y profundidad superficial (menores a 30 km). Por su gran velocidad, las caídas pueden generar afectación por fuerte impacto o energía cinética de los bloques caídos a través de su trayectoria sobre elementos expuestos en la zona de influencia. Debido a lo anterior, es necesario brindar atención a la zona de depósito de estos procesos ya que ante la eventual ocurrencia de un movimiento en masa tipo caída, el material desplazado desencadenar otro tipo de movimientos que podrían afectar los elementos expuestos en su trayectoria. En dado caso que se presenten elementos expuestos, se deberá evaluar mediante análisis técnicos más detallados de estas áreas y sus posibles zonas de depósito, el riesgo actual o potencial que representan este tipo de procesos de manera que se puedan establecer posibles medidas de prevención y/o mitigación de este. mayoría de los deslizamientos identificados, presentan un comportamiento retrogresivo, mientras que otros en menor medida, presentan una distribución de tipo ensanchada, en especial para los deslizamientos relacionados con los principales cauces de agua del municipio.

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
MEDIA	Esta categoría corresponde al 38.7% del área de estudio del municipio de La Belleza, lo que corresponde a 13178.41 Ha. Está distribuida principalmente en las veredas Abarco, Berlin, Buenavista, Cachipayal, Campo Hermoso Alto, Campo Hermoso Bajo, Candelaria, Ceiba, Costa Rica, El Tesoro, Funcial, Granadina, Indostal, La Humareda, La Margelina, La Playa, La Quitaz, La Tipa, Los Valle, Montebello, Naranjos, Palacios, Pescado, Rodeo, Rubi, Sailan, San Antonio, San Cayetano, San Salvador, Sinagoga Alta, Sinagoga Baja, Sinai, Sitio Nuevo, Vereda Centro, Villa Hermosa. Los factores condicionantes característicos de esta categoría de amenaza corresponden a laderas con pendientes moderadamente abruptas a abruptas (8° - 35°), desarrolladas a partir de los procesos denudativos y estructurales en rocas de calidad media de lodolitas de la Formación Paja, calidad buena de areniscas y calizas de las Formaciones Tablazo y Rosa Blanca, así como unidades de suelos transportados de origen coluvial en zonas de pendientes inclinadas a moderadamente abruptas (4° - 16°). En cuanto a los detonantes, se infiere que para que sucedan movimientos en masa en las áreas determinadas en esta categoría, lluvias cercanas a los 99.1 mm en 24 horas o lluvias acumuladas de 15 días mayores a 537 mm, dicha cantidad de lluvias se asocia a periodos de retorno de 537 mm con periodos de retorno de 50 a 100 años. En cuanto al detonante sismo, se esperan movimientos en masa seguidos de sismos con magnitudes locales (Ml) superior a 5 y profundidad superficial, (menor a 30 km) asociados con períodos de retorno superiores a 31 años.
BAJA	Esta categoría ocupa el 24.8% del área de estudio dentro del municipio de La Belleza qué corresponde a un área de 8430.69 Ha. Se distribuye en Está distribuida principalmente en las veredas Sitio Nuevo, Villa Hermosa, Funcia, Campo Hermoso Bajo, Campo Hermoso Alto. Esta categoría de amenaza se relaciona con factores condicionantes como laderas con pendientes planas a inclinadas que no superan los 8° de inclinación, conformadas por rocas de calidad muy buena de la Formación Paja, Tablazo y Rosa Blanca; también de manera aislada suelos transportados coluviales, en zonas de topografía plana (0° - 4°). En estas zonas existe predominio de coberturas boscosas, seguidas de pastos limpios y vegetación secundaria o en transición (alta y baja). Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que estas zonas son relativamente estables con una ocurrencia de movimientos en masa baja.

1.1.9 ÁREAS EN CONDICIÓN DE AMENAZA - (RURAL)

De acuerdo con el Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto 1077 de 2015) las áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca la necesidad de priorizar para la realización de estudia de detalle ya que estas zonas tienen recurrencia en presentar amenaza por movimientos en masa y tiene una gran afectación ya que estos áreas en condición de amenaza tiene como principal afectación el taponamiento de vías principales y secundarias en el municipio de La Belleza.

1.1.9.1 Delimitación

A partir de los resultados de los mapas básicos de amenaza obtenidos como producto de esta actualización del componente de gestión del a escala 1:25.000, a continuación, se muestran las áreas que serán objeto de desarrollo, que de acuerdo con el Decreto 1807 de 2014 son las zonas para las que se les ha definido como rural para permitir su desarrollo y que fueron cruzadas con las áreas calificadas como amenaza media y alta de los mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa.

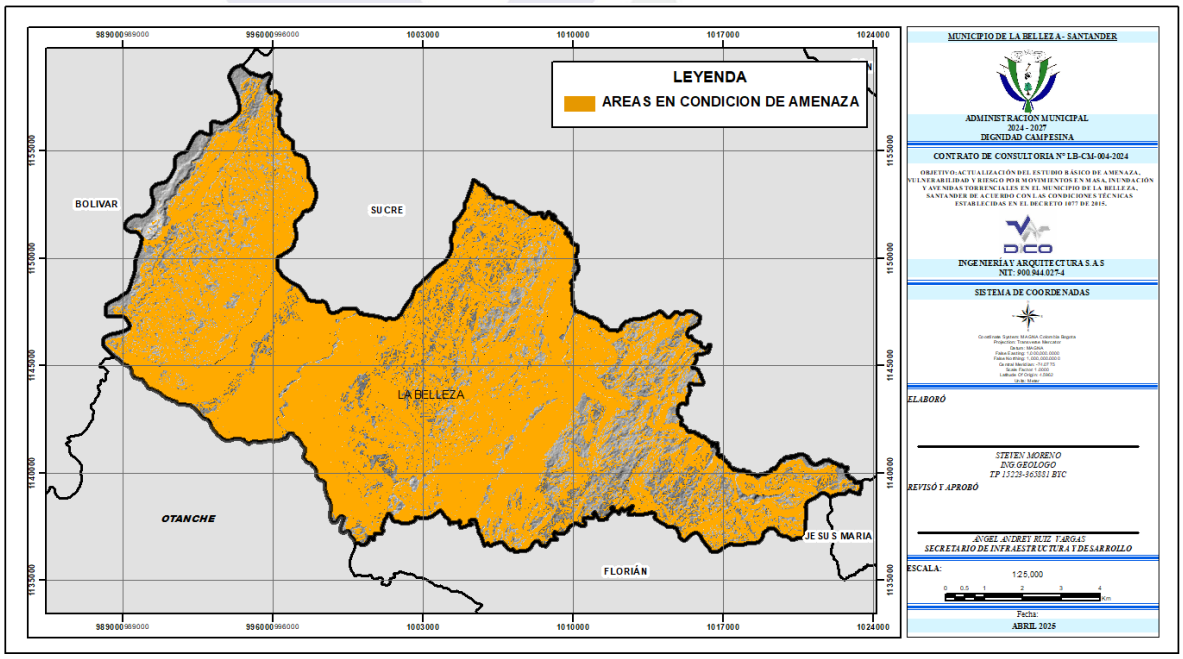


Figura 50: **Áreas en condición de amenaza por movimiento em masa del municipio de La Belleza.**
Fuente: Dico

Como producto del cruce mencionado, en las siguientes tablas y figuras se discriminan por veredas los porcentajes de las áreas en condición amenaza en el área rural y la delimitación áreas priorizados en el área rural como objeto de desarrollo, que se categorizan en amenaza Alta y Media, condicionado por Movimientos en Masa.

1.1.9.1.1 Amenaza alta y media por Movimientos en Masa

Tabla 18: Área afectada por amenazas media y alta por movimientos en masa

AMENAZA	VEREDA	ÁREA AFECTADA
ALTA	ABARCO	456.77
MEDIA		1101.70
ALTA	BERLÍN	352.64
MEDIA		543.51
ALTA	BUENAS VISTA	916.21
MEDIA		298.26
ALTA	CAHIPAYAL	328.18
MEDIA		58.40
ALTA	CAMPO HERMOSO ALTO	86.43
MEDIA		121.90
ALTA	CAMPO HERMOSO BAJO	213.21
MEDIA		353.24
ALTA	CANDELARIA	412.18
MEDIA		182.68
ALTA	CEIBA	765.50
MEDIA		2367.34
ALTA	COSTA RICA	135.08
MEDIA		104.29
ALTA	TESORO	363.19
MEDIA		485.18
ALTA	FUNCIAL	271.71
MEDIA		431.79
ALTA	GRANADINA	92.18
MEDIA		379.28
ALTA	INDOSTAL	112.11
MEDIA		490.67
ALTA	LA HUMARERA	236.03
MEDIA		154.17
ALTA	LA MARGELINA	554.81
MEDIA		347.34
ALTA	LA PLAYA	331.73
MEDIA		164.18
ALTA	LA QUITAZ	301.28
MEDIA		742.29
ALTA	LA TIPÁ	2285.34
MEDIA		659.32
ALTA	LOS VALLES	964.05

MEDIA		224.39
ALTA	MONTEBELLO	475.22
MEDIA		508.70
ALTA	NARANJOS	343.72
MEDIA		237.08
ALTA	PALCIOS	358.05
MEDIA		271.55
ALTA	PESCADO	149.91
MEDIA		648.69
ALTA	RODEO	47.44
MEDIA		136.94
ALTA	RUBI	221.69
MEDIA		375.87
ALTA	SAILIN	20.46
MEDIA		86.94
ALTA	SAN ANTONIO	176.56
MEDIA		222.22
ALTA	SAN CAYETANO	33.46
MEDIA		162.35
ALTA	SAN SALVADOR	172.48
MEDIA		289.81
ALTA	SINAGOGA ALTA	699.49
MEDIA		131.84
ALTA	SINAGOGA BAJA	109.15
MEDIA		107.58
ALTA	SINAI	189.76
MEDIA		239.73
ALTA	SITIO NUEVO	151.83
MEDIA		264.72
ALTA	VEREDA CENTRO	31.69
MEDIA		47.65
ALTA	VILLA HERMOSA	93.01
MEDIA		270.75

Fuente: Dico

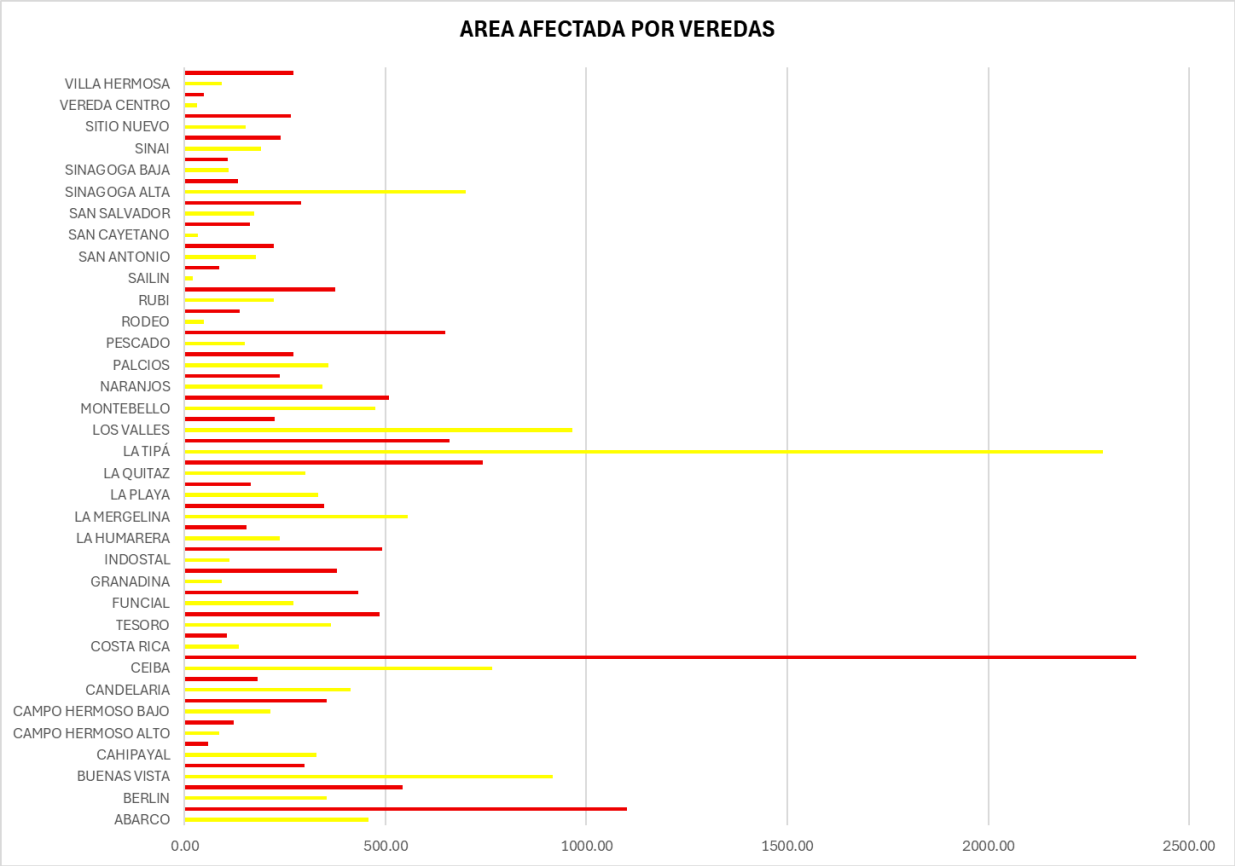


Figura 51: **Comparativo de áreas afectadas por vereda por amenaza media y alta por movimientos en masa.**
Fuente: Dico

1.1.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN NO ESTRUCTURALES

Dando cumplimiento con el artículo 13 del decreto 1907 del 2014 en el cual se debe determinar medidas de mitigación no estructurales que por lo tanto ha de tener presente que a corto, mediano, largo plazo es indispensable realizar un constante seguimiento en épocas invernales y tener como referencia las situaciones más críticas para evitar los acontecimientos como en los años 2010 y 2011.

En el Municipio de La Belleza se tiene en cuenta como medidas no estructurales, que se consideran activas cuando implican:

- El contacto directo con las personas

- El fortalecimiento institucional
- Educación, la capacitación
- Información pública
- Participación comunitaria

Estas medidas son usualmente muy efectivas para consolidar la reducción del riesgo en zonas menos desarrolladas. Las medidas pasivas están relacionadas con la legislación y la planificación de proyectos de carácter industrial, agrícola o de infraestructura, códigos de construcción, la reglamentación de usos del suelo, la educación y el trabajo con comunidades expuestas entre otros.

En general se puede definir como las medidas cuyo objetivo es organizar y facilitar los operativos para el efectivo y oportuno aviso, salvamento y rehabilitación de la población en caso de desastre. La preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de las acciones de alerta, evacuación, búsqueda y rescate, socorro y asistencia que deben realizarse en caso de emergencia, para evaluar la capacidad de respuesta de las instituciones y de la comunidad. Razón por la cual, se considera aspectos tales como el pronóstico de eventos, la educación y capacitación de la población, el entrenamiento de los organismos de socorro y la organización y coordinación para la respuesta en caso de desastre.

La preparación se caracteriza por la elaboración de planes de emergencia, planes de contingencia o de procedimientos de acuerdo con los niveles de alerta para la atención de eventos específicos. La mayoría de sus medidas son activas, es decir que existe una significativa interactividad con la comunidad.

Dependiendo del nivel de certeza que se tiene de la ocurrencia del suceso se definen diferentes estados de alerta. Usualmente, cuando el fenómeno lo permite, se utilizan tres estados que, de acuerdo con la gravedad de la situación, significan para las instituciones el aislamiento, la movilización y la respuesta. En ocasiones dichos estados son identificados con colores o nombres, que se dan a conocer a través de los medios de comunicación, o en algunos casos señales sonoras o de luz; según las recomendaciones de la entidad que vigila y monitorea los fenómenos y por las autoridades políticas de la región o ciudad.

1.1.10.1 PREDICCIÓN DE LOS DIFERENTES FENÓMENOS:

Estimación del desarrollo, tiempo y duración de las precipitaciones que posiblemente denotan los movimientos en masa como consecuencia de fuertes precipitaciones. La predicción de movimientos en masa se compone de dos pasos: el primero consiste en la predicción meteorológica y el segundo se corresponde con la pre-caracterización de movimientos en masa, considerando la situación meteorológica futura para predecir los movimientos en masa resultantes, mediante modelos hidrológicos. La combinación de ambas fases es fundamental para la obtención de predicciones precisas.

1.1.10.2 COMUNICACIÓN:

Se diferencian dos medidas de comunicación:

- Comunicación general a la población en materia de riesgo de movimiento en masa ya que aporta un mejor entendimiento del riesgo existente, además de facilitar el conocimiento de los procedimientos de actuación durante el deslizamiento.

- Comunicación durante el evento del deslizamiento que se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente, mediante la utilización del sistema de alarma.

2.6.3 MOVILIZACIÓN: SE CLASIFICAN EN TRES CATEGORÍAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DISPONIBLE PARA LA EVACUACIÓN:

- Evacuación preventiva: con anterioridad al evento de deslizamiento.

- Evacuación forzosa: durante el desarrollo de la deslizamiento.

- Huida: desplazamiento por efectos de un evento inminente.

- Coordinación y procedimientos de operación: Tratan de lograr una mejora en la comunicación entre diferentes organizaciones y actores con un papel de relevancia en la gestión del riesgo de inundación.

- Un primer grupo comprende las medias generales que facilitan la coordinación entre agentes, desarrollando planes de emergencia y estrategias para reducir el riesgo, incluyendo, reglas de operación a ejecutar.

- El segundo grupo recoge las medidas para una coordinación adecuada durante la emergencia, mejorando la efectividad de otras medidas no estructurales.

- La posibilidad de que puedan tenerse estados de alerta o no, antes de la ocurrencia de un desastre, depende de que pueda realizarse el pronóstico del evento generador del mismo. Pero no para todos los desastres es posible declarar estados de alerta con anticipación. La investigación científica y la instrumentación mediante redes de vigilancia y monitoreo permiten en algunos casos predecir o detectar fenómenos, que dependiendo de la certeza o del tiempo que tardan sus efectos en ser sentidos en un sitio, dan la posibilidad de declarar estados de alerta y/o de alarma para la protección o evacuación de la población. Algunos fenómenos que, debido a sus características, permiten definir estados de alerta con anticipación a sus efectos, las inundaciones, los incendios forestales y, en ciertos casos, las avalanchas, los flujos de lodo y cierto tipo de deslizamientos lentos.

1.1.10.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN NO ESTRUCTURA A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO

1.1.10.3.1 CORTO PLAZO

Realizar las evacuaciones recomendadas temporal o definitivamente en los lugares ya mencionados en los capítulos de áreas en condición de riesgo para la seguridad de los habitantes, los cuales fueron identificados y notificados a la administración municipal. Tener en cuenta y generar proyectos de reubicaciones de los sectores donde la amenaza por movimientos en masa es alta en la zona rural generada por el la morfodinámica de la zona para ejecutarlos a largo plazo.

Se deberá prestar especial atención a la principal vía que comunica el casco urbano de por la vía principal dadas las condiciones de inestabilidad de los terrenos circundantes sobre los cuales están asentados. Así mismo la mayoría de las otras viviendas visitadas que están construidas en la margen izquierda de la vía que conduce al casco urbano, presentan problemas relacionados con deterioro estructural, falta de mantenimiento y algunos como el de la mayoría de las veredas que presenta movimientos en masa en taludes adyacentes.

Ejecutar las obras de manejo y control propuestas para los sitios visitados, éstas se relacionan con el control de los movimientos en masa, para lo cual se recomienda la implementación de obras, tales como revegetalización de los suelos expuestos, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando la infiltración del agua de escorrentía, y el incremento en su deterioro. Para el control de cárcavas se hace sugiere implementar trinchos disipadores, los cuales disminuyen la energía de las aguas superficiales de escorrentía, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando el arrastre de este por procesos erosivos, que puedan incrementar las dimensiones del fenómeno y hacer de esto una problemática mayor, que requiera de recursos significativos para su tratamiento y control.

Implementar campañas de concientización a los acueductos veredales con el fin de realizar un mantenimiento periódico de las redes (tuberías), ya que el deterioro de éstas se expresa en fugas y colapsos, generando saturación rápida del terreno favoreciendo los movimientos en masa.

Actualizar, a partir de un estudio detallado, la identificación de zonas de amenazas en la zona urbana y a partir de éste, teniendo en cuenta el aumento de la población y el consecuente desarrollo urbano, considerar los niveles de exposición de la población a las amenazas que se presentan para reconocer también las zonas de riesgo de la zona urbana del municipio de La Belleza.

1.1.10.3.2 MEDIANO PLAZO

Realizar acciones de mayor plazo para lograr la recuperación y el manejo de las zonas afectadas por eventos naturales; en los terrenos cuyo deterioro se aceleró por actividades pecuarias extensiva o concentrada, sin manejo adecuado de aguas (residuales y superficiales) y con sobreexplotación agrícola, se debe permitir la recuperación del suelo, aislando las zonas afectadas (cerramiento), en especial en los casos donde se realizó este tipo de prácticas en terrenos cuyas condiciones de pendiente no eran las más adecuadas para tal fin y donde la causa principal de los fenómenos presentados fueron las actividades agropecuarias. Por lo anterior es necesario adquirir conocimiento más puntual sobre las obras complementarias necesarias para mitigar el impacto por el desarrollo de

este tipo de actividades agropecuarias o de ganadería, en las cuales se deben hacer mesas de concertación con la comunidad para un mejor y adecuado uso de los suelos.

Para la recuperación de los suelos afectados por la transformación acelerada del mismo gracias a las actividades antrópicas, tales como la disposición de material de excedentes (movimientos de tierra), aperturas de vías, construcción de edificaciones y demás actividades relacionadas con la construcción y el desarrollo social, económico, entre otros, se hace necesario implementar obras de contención acordes a las condiciones mecánicas del suelo y la norma NRS-10 Capitulo – H.

Controlar la tala indiscriminada de bosques en las zonas de bosque, así como las explotaciones mineras ilegales, actividades que afectan la dinámica de las fuentes hídricas y la conservación de los suelos, dos componentes fundamentales cuando de prevenir desastres se trata.

Desarrollar planes de ocupación del territorio concordantes con las limitaciones identificadas en este estudio, las cuales establecen restricciones para la ocupación y el desarrollo. Para ello es necesario, reglamentar los usos del suelo teniendo en cuenta la localización de zonas de riesgo bajo y medio identificadas en el municipio en el cual se propone en el sector de expansión urbana.

1.1.10.3.3 LARGO PLAZO

Implementar estrategias de capacitación para la comunidad tanto de la zona rural como urbana, tratando temas tales como el adecuado manejo de las aguas lluvias, de aguas servidas y de consumo; incentivar el manejo adecuado de los residuos sólidos y el reciclaje en la fuente, capacitar a la población en general en buenas prácticas agrícolas en las veredas veredas Abarco, Berlin, Buenavista, Cachipayal, Campo Hermoso Alto, Campo Hermoso Bajo, Candelaria, Ceiba, Costa Rica, El Tesoro, Funcial, Granadina, Indostal, La Humareda, La Margelina, La Playa, La Quitaz, La Tipa, Los Valle, Montebello, Naranjos, Palacios, Pescado, Rodeo, Rubi, Sailan, San Antonio, San Cayetano, San Salvador, Sinagoga Alta, Sinagoga Baja, Sinai, Sitio Nuevo, Vereda Centro, Villa Hermosa, con el fin de minimizar el impacto negativo que éstas ocasionan a los suelos dando como resultado terrenos erosionados. También preparar la población para el manejo y la reacción ante la ocurrencia de un evento de desastre, para disminuir el riesgo de esta, mediante la conformación de comités, simulacros con la comunidad del sector rural y urbano. También capacitar en medidas de emergencia tanto en prevención como en atención de desastres.

Adecuar la normativa municipal, para incorporar planes y programas que ajusten los usos del suelo a las características y restricciones del territorio.

Poner en marcha los proyectos de reubicación de los asentamientos situados en zonas de amenaza alta por eventos como movimientos en masa, especialmente en la zona urbana.

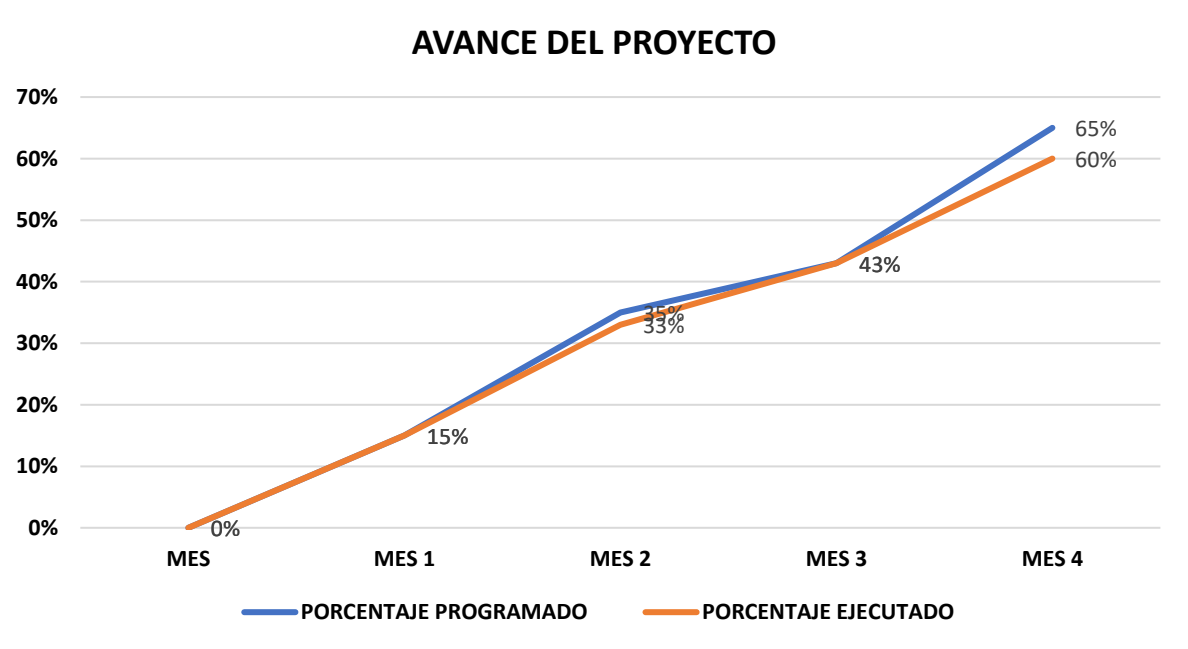
6. Cronograma de actividades y cumplimiento

Objetivo 1	TIEMPO DE EJECUCIÓN

Actividades	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
Recopilación de información																								
Fotografías aéreas																								
Cartografía base rural																								
Geotecnia																								
Inventario de deslizamientos																								
Insumos geoambientales																								
Estudio básico de amenaza por movimientos en masa en el suelo rural																								
Estudio básico de amenaza por movimientos en masa para el suelo urbano.																								
Estudio básico de amenaza por inundación en el suelo rural																								
Estudio básico de amenaza por inundación en el suelo urbano																								
Estudio básico de la amenaza por avenidas torrenciales																								
Amenaza de origen socio-cultural (incendios forestales																								
Amenazas de origen tecnológico																								
Conclusiones del estudio básico de amenazas																								
Lineamientos de cambio climático																								
OBJETIVO 2																								
Incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial																								
Objetivo y estrategias territoriales de mediano y largo plazo																								
Áreas con condición de riesgo y con restricción por amenazas identificadas en los estudios de amenaza																								
Identificación de áreas con condición de amenaza en suelo urbano																								

Identificación de áreas de amenaza media ocupadas en suelo urbano	
Identificación de áreas con condición de riesgo para el suelo urbano	
Identificación de áreas con condición de amenaza en suelo rural	
Identificación de áreas con condición de riesgo en el suelo rural	
OBJETIVO 3	
Incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial	
Se deben plantear proyectos para la gestión del riesgo que deben ser incorporados al EOT	

7. PORCENTAJE DE AVANCE



8. Recursos utilizados (humanos, materiales, financieros).

N°	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
1	RECURSOS HUMANOS			

1.1	PERSONAL	$ 23,710,000.00	1 MES DE JUNIO	$ 23,710,000.00
TOTAL				**$ 23,710,000.00**

9. Dificultades encontradas durante la ejecución del contrato de consultoría

En esta etapa de elaboración de mapas e insumos geoambientales amenaza por movimientos en masa no se han presentado ningún tipo de dificultades, los capítulos de avenidas torrenciales y inundaciones ya están en revisión para poderlos cargar al el drive.

10. Copias de comunicaciones oficiales

Hasta el momento no hay comunicaciones oficiales enviadas por parte de la entidad contratante y ni por el consultor.

11. Evidencia de la ejecución de las actividades

Toda la evidencia mencionada en la ejecución del contrato **LB-CM-004-2024** se puede descargar en el drive https://drive.google.com/drive/folders/1g-LoNPclKfVvcPHArhzU-U2OPumB62R-?usp=sharing

12. Conclusiones y recomendaciones

Los mapas ya generados se encuentran en la estructura de almacenamiento y en pdf.

DICO INGENIERÍA Y ARQUITECTURA S.A.S.
NIT. 900.944.027-4
R/L. DIEGO ARMANDO CORREDOR SALAMANCA
Correo electrónico: ingeniero.diegoarmando@gmail.com
C.C. No. 9.434.928 de Yopal
Yopal-Casanare