



**ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD POR
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y
ZONIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE
RIESGO POR AVENIDAS
TORRENCIALES A ESCALA 1:25000.**

***CORREGIMIENTO DEL ENCANO,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO***

SAN JUAN DE PASTO, NOVIEMBRE DE 2015.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO
SUBDIRECCIÓN DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL
SUBCEA.

**ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y
ZONIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES A
ESCALA 1:25000. CORREGIMIENTO DEL ENCANO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

MEMORIA DESCRIPTIVA

SAN JUAN DE PASTO, NOVIEMBRE DE 2015.

Contenido

1. RESUMEN	8
2. INTRODUCCIÓN	9
3. OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. METODOLOGÍA.....	11
4.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES GEOAMBIENTALES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA:	11
4.2 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (ANÁLISIS ESTADÍSTICO):.....	11
4.3 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO:	12
4.4 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA Y ESCENARIOS DE RIESGO ANTE LA OCURRENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES:.....	12
4.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA:	13
5. LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
6. GEOLOGÍA.....	15
6.1 PRECÁMBRICO.....	15
6.1.1 COMPLEJO MIGMATÍTICO DE LA COCHA - RÍO TÉLLEZ (pCAmct).....	15
6.2 PALEOZOICO	15
6.2.1 GNEIS DE LA COCHA (PIN).....	15
6.3 CENOZOICO	16
6.3.1 Lavas y cenizas (TQvlc)	16
6.3.2 Lavas (TQvl).....	16
6.3.3 Depósitos lacustres (Ql)	17
6.3.4 Depósitos Coluviales y Aluviales (Qcal).....	18
7. TECTÓNICA	24
8. GEOMORFOLOGÍA.....	25
8.1 Relieve de Montaña.....	25
8.2 Relieve de Altiplanicie	26
8.3 Relieve de origen Fluvial	29
8.4 Relieve denudativo	30

8.5 Relieves por sedimentos lacustres	30
9. COBERTURA Y USO DEL SUELO	34
10. PENDIENTES	39
11. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	42
11.1 Deslizamiento Rotacional.....	42
11.2 Deslizamiento Traslacional.....	42
12. ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	44
12.1 Resultados Mapas de Susceptibilidad ante Movimientos de remoción en masa.....	50
13. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO.....	53
13.1 Procesos generadores de daño	53
13.2 Elementos Expuestos en el área de estudio.	57
13.3 Resultados Mapas de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales.....	62
14. FACTORES DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA	65
14.1 Precipitación.....	65
14.2 Sismicidad.....	68
15. CONCLUSIONES	70
16. RECOMENDACIONES	71
17. BIBLIOGRAFÍA.....	72
Figura 1. Localización Zona de Estudio, Corregimiento El Encano-Departamento de Nariño.	14
Figura 2. Gneis grisáceo quebrada El Motilón, altamente diaclasado.	15
Figura 3. Afloramiento de rocas ígneas de composición andesítica en estado de meteorización y con diaclasamiento, localizadas en la parte media de la fuente de agua el Socorro.	16
Figura 4. Lavas de composición andesítica parte alta fuente de agua el Socorro, se presentan fracturadas y en estado de meteorización.....	17
Figura 5. Depósitos lacustres rio el Encano.....	17
Figura 6. Depósitos torrenciales pertenecientes al rio el Encano.....	18
Figura 7. Depósitos aluviales del Río el Encano. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies Gmm: Grava matriz soportada masivo con gradación pobre, Gh: Grava clasto soportada, con incipiente estratificación planar e imbricación, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.....	19
Figura 8. Depósitos aluviales del Río el Encano. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies: Gmg: Grava matriz soportada con gradación pobre, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.	20

Figura 9. Depósitos aluviales del Río Motilón. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies: Gmm: Grava matriz soportada masivo con gradación pobre, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.	21
Figura 10. Mapa Geológico fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	22
Figura 11. . Mapa Geológico fuente de Agua El Motilón, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño.....	23
Figura 12. Mapa Tectónica, Modificado de la Plancha 429 Pasto - INGEOMINAS 1991.....	24
Figura 13. Relieve de montaña parte alta fuentes de agua el Socorro y Bordoncillo.....	25
Figura 14. Relieve de montaña parte alta Microcuenca el Motilón.....	26
Figura 15. Relieve de Altiplanicie sector Quebrada el Socorro	27
Figura 16. Relieve de Altiplanicie sector Microcuenca el Motilón.....	27
Figura 17. Evidencia reptación sobre ladera perteneciente a la fuente de agua el Socorro.	28
Figura 18. Evidencia reptación ladera perteneciente a la fuente de agua el Motilón.....	28
Figura 19. Depósitos de terraza pertenecientes al Río el Encano..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 20. Depósitos aluviales, terraza perteneciente al Río el Encano.	29
Figura 21. Depósitos aluviales, terraza perteneciente al rio el Motilón.	29
Figura 22. Ejemplo Coluvion en cercanías al Río el Encano.	30
Figura 23. Relieve plano originado por sedimentos lacustres, sector El Puerto.....	31
Figura 24. Relieve plano originado por sedimentos lacustres, sector El Puerto al fondo se aprecia el relieve de montaña también presente en la zona.	31
Figura 25. Mapa Geomorfológico fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño.	32
Figura 26. Mapa Geomorfológico fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	33
Figura 27. Mapa Cobertura fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	35
Figura 28. Mapa Cobertura fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño.....	36
Figura 29. Mapa Uso de Suelos fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	37
Figura 30. Mapa Uso de Suelos fuente de Agua el Motilón, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	38
Figura 31. Mapa Pendientes fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	40
Figura 32. Mapa Pendientes fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño.....	41
Figura 33. Deslizamientos rotacionales simples y múltiples (tomado de Jaime Suarez Díaz. “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”).....	42
Figura 34. Deslizamiento traslacional (tomado de Jaime Suarez Díaz. “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”).....	43
Figura 35. Movimientos de remoción en masa fuente de agua Socorro y Bordoncillo.....	43

Figura 36. Movimientos de remoción en masa fuente de agua el Motilón.....	44
Figura 37. Mapa Susceptibilidad fuente de Agua el Socorro y Bordoncillo, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	51
Figura 38. Mapa Susceptibilidad fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño	52
Figura 39. Procesos generadores de daño (Tomado de “Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales”	54
Figura 40. Procesos generadores de daño. (Tomado de “Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales”).....	55
Figura 41. Viviendas ubicadas sobre depósitos de antiguas avenidas torrenciales y puente en posible riesgo.	59
Figura 42. Edificaciones localizadas en terraza aledaña al cauce del Río encano y vía afectada por socavación lateral.....	59
Figura 43. Cultivos ubicados en zona inundable y de depositación de sedimentos ante posible avenida torrencial.	59
Figura 44. Puente sector El Encano, destruido anteriormente por avenida torrencial.	59
Figura 45. Vía afectada por socavación lateral producida por el Encano.	60
Figura 46. Vivienda localizada sobre depósitos de antiguas avenidas torrenciales.	60
Figura 47. Metodología para la estructuración de un escenario de riesgo (Tomado de “Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales”)	60
Figura 48. Vivienda afectada por socavación lateral y posibles depósitos torrenciales del Río Motilón.....	61
Figura 49. Bocatoma que abastece a la Vereda El Motilón ubicada hacia la parte media de la Microcuenca.....	61
Figura 50. Vía localizada al margen derecho del Río Motilón expuesta en su mayoría a inundaciones.	61
Figura 51. Cultivos localizados al margen izquierdo del Río Motilón.....	61
Figura 52. Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales, Fuente de agua el Socorro y Bordoncillo.....	63
Figura 53. Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales, Fuente de Agua el Motilón.....	64
Figura 54. Variación estacional Precipitación Media Estaciones el Encano, Santa Isabel, Wilquipamba y Río Bobo. (Tomado de Manejo Humedal Laguna de la Cocha, Plan Integral del Ramsar)	66
Figura 55. Precipitación Media plurianual- Estación el Encano, Wilquipamba, Río Bobo y Santa Isabel. (Tomado de Manejo Humedal Laguna de la Cocha, Plan Integral del Ramsar).....	66
Figura 56. Distribución de la precipitación anual en el Humedal Ramsar.	67
Figura 57. Sismicidad registrada en la zona de estudio desde 1993 hasta 2015.....	68
Figura 58. Ocurrencia de eventos sísmicos por mes.....	69

Figura 60. Profundidad eventos Sísmicos.	69
Figura 59. Magnitud eventos Sísmicos.....	69

Tabla 1. Categorías de Pendiente.....	39
Tabla 2. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo	45
Tabla 3. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geomorfológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.	45
Tabla 4. Cálculo estadístico del peso de las unidades de Cobertura Vegetal en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.....	46
Tabla 5. Cálculo estadístico del peso de las unidades de uso de suelos en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.	46
Tabla 6. Cálculo estadístico del peso de las unidades de pendiente en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.	47
Tabla 7. Categorías de Susceptibilidad Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.	47
Tabla 8. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.	47
Tabla 9. Cálculo estadístico del peso de las unidades de Cobertura Vegetal en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.	48
Tabla 10. Cálculo estadístico del peso de las unidades de uso de suelos en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.....	48
Tabla 11. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geomorfológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.....	49
Tabla 12. Cálculo estadístico del peso de las unidades de pendiente en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.	49
Tabla 13. Categorías de Susceptibilidad Fuente de agua El Motilón.	49
Tabla 14. Categorías de Susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa- (Definición).....	50
Tabla 15. Modos y Niveles de daño de los elementos expuestos, Adaptada de Leone, 1996.	56
Tabla 16. Elementos expuestos fuente de Agua Bordoncillo y El Socorro.....	57
Tabla 17. Elementos expuestos fuente de Agua El Motilón.	58
Tabla 18. Categorías de riesgo ante Avenidas Torrenciales.....	62

1. RESUMEN

Una Avenida Torrencial se puede definir como el fenómeno natural que abarca el desprendimiento, transporte y de depositación de grandes masas de suelo, por acción del agua. Por otro lado, la susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa es la predisposición que presenta un talud o ladera a fallar debido a características geomorfológicas, físicas, ambientales e intrínsecas de la zona.

En este documento se plasman los resultados del estudio de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa y la zonificación de escenarios de riesgo por Avenidas Torrenciales para las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y Motilón, pertenecientes al Corregimiento del Encano, Departamento de Nariño, para lo cual se aplicó los lineamientos metodológicos planteados en el documento denominado “Guía Metodología Para la Zonificación de Amenazas Por Fenómenos de Remoción en Masa- Método Univariado- y Escenarios de Riesgo por Avenidas Torrenciales” propuesto conjuntamente por Ingeominas y la Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC).

Se aplicó el Método Univariado para la zonificación de la amenaza por fenómenos de Remoción en Masa que hace uso de las variables geoambientales que intervienen en la amenaza tales como Geología, Geomorfología, Pendientes, Cobertura y Uso de Suelos, mediante un análisis estadístico de determinó la susceptibilidad ante deslizamientos y se analizaron los factores detonantes que intervienen en la amenaza, finalmente se hizo la evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de riesgo ante la ocurrencia de avenidas torrenciales.

De esta manera se obtiene una zonificación de la susceptibilidad por movimientos de remoción en masa de la zona y se genera el mapa de riesgos por avenidas torrenciales a escala 1:25000, en las Microcuencas anteriormente mencionadas.

La descripción de los resultados en los mapas, se realiza con la distribución de la zonificación de la amenaza clasificada en categorías de amenaza muy alta, alta, media, baja y nula.

2. INTRODUCCIÓN

La variación climática y el aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, así como también la actividad sísmica, incrementan la ocurrencia de eventos tales como movimientos de remoción en masa y erosión en las vertientes y las partes más altas de las cuencas, que sumados a una serie de variables existentes en determinada zona como lo son la Geología, las Pendientes, la Geomorfología y la Cobertura vegetal desencadenan avenidas torrenciales e inundaciones que afectan considerablemente los elementos expuestos (población e infraestructura) que se encuentran ubicados en las zonas vulnerables de dichas cuencas.

Estos eventos no solo ponen en riesgo la vida de la población, sino que causan una gran afectación a los bienes y a la naturaleza, repercutiendo en la calidad de vida de la población.

Una avenida torrencial se puede definir como el fenómeno natural que abarca el desprendimiento, transporte y de depositación de grandes masas de suelo, por acción del agua, esto origina un aumento del caudal del cauce que involucra grandes volúmenes de fluidos mezclados con flujos de escombros compuestos por roca, suelo y material vegetal que bajan por los cauces de los ríos a grandes velocidades generando un gran potencial destructivo a su paso.

En el área de estudio este fenómeno se presenta con frecuencia debido a las características climáticas y topográficas de la misma, al estar localizada en la zona andina de Colombia las precipitaciones son constantes y las montañas presentan pendientes escarpadas lo que hace esta zona susceptible a la ocurrencia de avenidas torrenciales generando un riesgo evidente a la población aledaña a las cuencas y la infraestructura, como ha ocurrido en el pasado causando la pérdidas de vidas y cuantiosos daños a viviendas, sistemas de generación de energía, bocatomas, puentes, carreteras y tierras cultivables .

La Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), en el marco de las políticas encaminadas al cumplimiento del plan de acción de la corporación y buscando proteger el bienestar de la comunidad, realiza este proyecto para determinar las zonas de susceptibilidad y el riesgo generado por avenidas torrenciales, movimientos en masa e inundaciones en el Corregimiento del Encano (Departamento de Nariño) más exactamente en las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y El Motilón.

Este proyecto se ejecuta en el programa de Conocimiento y Gestión del Riesgo como parte de la estrategia de Ordenamiento Ambiental del territorio, Por lo tanto el presente estudio se enfoca en determinar las zonas de susceptibilidad que después de un evento detonante como la precipitación y la sismicidad pueden desencadenar una avenida torrencial, se realizó también la cartografía detallada a escala 1:25000 en donde se recopilaron las características Geológicas, Geomorfológicas, Cobertura vegetal y pendientes, factores que influyen considerablemente a la hora de generarse este fenómeno y se evaluaron las antiguas zonas de depositación de estos escombros, es decir, lugares en donde previamente se ha presentado un evento torrencial, con el fin de generar un mapa de amenaza que delimite las posibles zonas afectadas por dicho fenómeno y el periodo de ocurrencia de las mismas que sirva para como método informativo y de prevención ante el riesgo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Generar el mapa de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa y el Mapa de riesgos ante avenidas torrenciales a escala 1:25.000 de las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y Motilón, pertenecientes al Corregimiento del Encano, Departamento de Nariño, como herramienta para realizar la evaluación y ajuste en el temas de riesgo, amenaza y vulnerabilidad, con el fin de fortalecer la prevención, atención de emergencias y mitigación de riesgos a nivel municipal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la cartografía a escala 1:25:000 de la zona de estudio en aspectos tales como, Geología, Geomorfología, Pendientes, Cobertura y Uso de Suelo.
- Identificar, clasificar y realizar un inventario de los Fenómenos de Remoción en Masa presentes en la zona de estudio.
- Caracterizar y localizar los elementos expuestos que se encuentran dentro del área de influencia del fenómeno y que son susceptibles a ser afectados.
- Determinación y análisis de los factores detonantes que intervienen en la amenaza.

4. METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa de zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y Motilón fue necesario realizar las siguientes etapas:

4.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES GEOAMBIENTALES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA:

Inicialmente se recolectó, se analizó y se depuró la información secundaria, incluyendo información cartográfica, planchas geológicas, fotografías aéreas y satelitales, así como también estudios realizados previamente en el sector.

Con el fin de verificar y complementar dicha información se llevaron a cabo salidas de campo en el área de estudio, en donde se realizó la cartografía detallada a escala 1:25000 de las fuentes de agua teniendo en cuenta aspectos tales como la geología; litología y rasgos estructurales, estado de meteorización de los materiales, resistencia y susceptibilidad a los procesos erosivos, rasgos topográficos, rutas de acceso de los materiales cuando se generan las avenidas, se levantaron una serie de columnas estratigráficas a lo largo de las fuentes de agua determinando la composición y forma de los clastos que componen los depósitos y los espesores de cada episodio. Geomorfología; particularmente la forma, altura y orientación de las pendientes, altura de las terrazas con respecto al nivel del río, zonas de erosión lateral, socavación y acumulación de sedimentos. Aspectos Agroecológicos; uso potencial y actual del suelo, cobertura vegetal y la influencia que tienen las actividades del Hombre sobre estos.

Se complementó la información existente de las diferentes capas tales como drenajes, geológica, geomorfología, conflictos de uso del suelo y coberturas con la información obtenida en las diferentes salidas de campo. Se elaboraron los mapas de pendientes a partir del Modelo Digital de Elevaciones (DEM). La modelación se realizó en el Sistema de Información Geográfico (SIG).

4.2 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (ANÁLISIS ESTADÍSTICO):

Se determinaron y digitalizaron mediante polígonos, las zonas en donde se han presentado movimientos de remoción en masa, mediante la observación directa en las partes medias de las cuencas y por medio de imágenes satelitales en las zonas más altas y de difícil acceso.

La información geológica, geomorfológica, cobertura, usos de suelos y pendientes fue transformada a mapas digitales temáticos para poder emplearlas dentro de un SIG.

Mediante la aplicación de un sistema de información geográfica (ArcGIS) se hizo una ponderación de diferentes factores con el fin de identificar las zonas que presentan mayor probabilidad de amenaza y riesgo. De esta manera se procedió a realizar el cruce de cada una de las capas temáticas (ingeniería geológica, pendientes, geomorfología, conflicto de uso del suelo) con la capa de fenómenos de remoción en masa mediante una operación

del SIG que consiste en calcular la unión geométrica de dos capas de polígonos y la almacena en una capa resultado, preservando los atributos de cada una de ellas.

A los resultados obtenidos en dicho cruce, se aplicó un procesamiento geoestadístico con el cual se determinó el peso o fragilidad que cada variable geoambiental tiene hacia la generación de fenómenos de remoción en masa. En este procesamiento, cada factor intrínseco es valorado en el SIG, con base en el área de cada deslizamiento tanto activo como antiguo, con respecto al área total de cada unidad.

La Susceptibilidad del terreno (W) se determina por la relación entre el área del fenómeno de remoción en masa con el área total de la unidad del terreno así:

Proceso Geoestadístico:

$$W \% = \frac{\text{Área fenómeno tipo } n}{\text{Área total unidad terreno}} * 100$$

De esta manera se obtuvieron los mapas de susceptibilidad de cada una de las capas con relación a cada uno de los deslizamientos, finalmente se hizo el cruce y sumatoria de todas las capas temáticas (geología, pendientes, geomorfología, conflicto de uso del suelo) para obtener el mapa de susceptibilidad total del terreno.

4.3 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO:

Mediante información de campo se realizó la identificación y localización de los diferentes elementos tales como personas, bienes materiales, actividades o funciones, que se encuentran dentro del área de influencia y por lo tanto son vulnerables a ser afectados en caso de la materialización del fenómeno amenazante

Por lo tanto fue necesario evaluar el tipo y la intensidad del fenómeno en cada sector para categorizar la interacción con los elementos expuestos reuniendo parámetros tales como volumen de material depositado, alturas de antiguos depósitos, distancia recorrida, entre otros y la causa de afectación, ya sea por socavación lateral, inundación o impactos.

Para la caracterización de dichos elementos expuestos se cuantificaron los modos de daño que pueden sufrir dependiendo de su exposición y la estimación de las consecuencias potenciales.

4.4 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA Y ESCENARIOS DE RIESGO ANTE LA OCURRENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES:

Una vez obtenido el mapa de susceptibilidad se integra el modelamiento de los escenarios de riesgo generado a través de la caracterización de los diferentes elementos expuestos y se realiza el análisis de estos factores mediante sistemas de información geográfica para la generación del mapa de zonificación de amenaza y riesgo relativo por avenidas torrenciales.

4.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA:

Se analizaron los factores externos que pueden detonar los fenómenos de remoción en masa y por tanto la ocurrencia de avenidas torrenciales tales como precipitación y sismicidad. Según la metodología propuesta por la CVC, es necesario contar con información detallada acerca de la ocurrencia de los eventos tanto sismológicos como de precipitación, sin embargo no se cuenta con dicha información, debido a que en la zona de estudio no se cuenta con estaciones sismológicas y pluviométricas que permitan obtener una información precisa, por lo tanto se hace la descripción de estos fenómenos y se determina una aproximación de la frecuencia o periodos de retorno de dichos eventos lo cual se hizo mediante registros documentales, información instrumental y la recopilación de testimonios de los pobladores más antiguos del sitio, los cuales brindaron información acerca del tiempo, tipo y magnitud de los fenómenos de avenidas torrenciales ocurridos anteriormente.

5. LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El corregimiento El Encano perteneciente al Municipio de Pasto, departamento de Nariño, se encuentra ubicado al sur occidente de Colombia sobre las coordenadas 0° 53' 28.55" y 1° 20' 36.40" de latitud Norte y 76° 50' 50.41" y 77° 14' 17.37" de longitud Oeste, hace parte del Corredor Andino Amazónico Norte, Ecorregión Bordoncillo Patascoy – La Cocha. Está ubicado a aproximadamente 20 km de la zona urbana de Pasto (Figura 1).

El corregimiento está conformado por las veredas: Ramos, Romerillo, Motilón, Carrizo, Casapamba, El Socorro, Bellavista, El Puerto, San José, Campo Alegre, Santa Clara, Santa Rosa, Mojondinoy, Naranja, El Estero, Santa Isabel, Santa Teresita y Santa Lucía.

Los límites de este corregimiento son:

Norte: Con el municipio de Buesaco y corregimiento de La Laguna.

Sur: Con el municipio de Funes y el departamento del Putumayo.

Occidente: Con los corregimientos de Catambuco, El Socorro y Santa Bárbara.

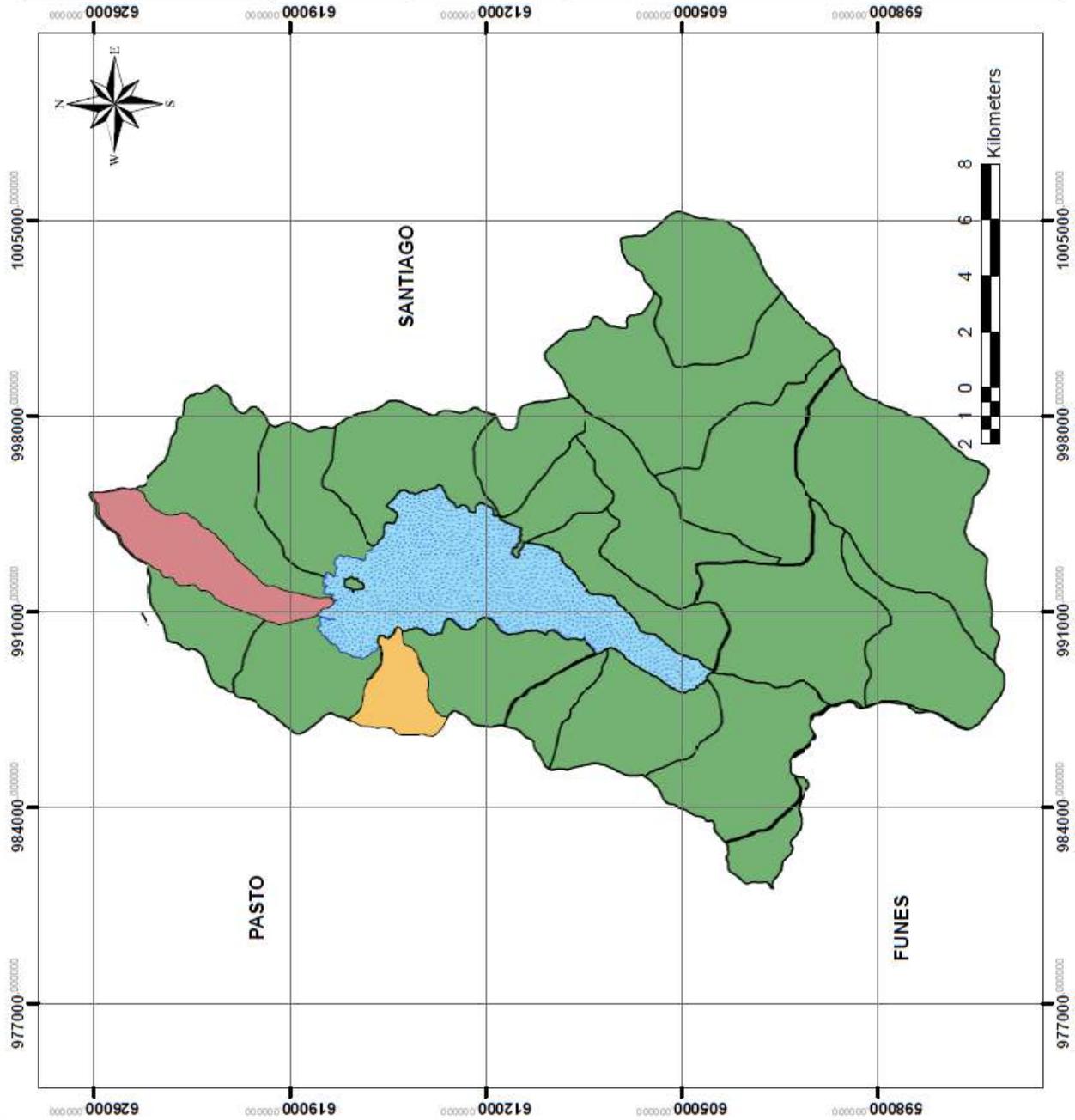
Oriente: Con el departamento del Putumayo.

Cuenta con el segundo cuerpo de agua natural más grande del país denominado laguna de la cocha, después del lago de Tota con un área de más de 40 km² y una longitud de 25 km; una profundidad máxima de 70 m. La laguna es alimentada por varias corrientes de agua, siendo la principal el río Encano, y desagua por el río Guamúz al río Putumayo.

Las Microcuencas el socorro y Bordoncillo se localizan al norte de la laguna de la cocha, y la Microcuenca el Motilón al occidente de la misma, haciendo parte del sistema de alimentación de dicha laguna.

Localización Zona de Estudio, Corregimiento El Encano- Dpto Nariño

MAPA N° 1



	<p>Corporación Autónoma Regional de Nariño-Corponariño Subdirección de Conocimiento y Evaluación Ambiental SUBCEA</p>	<p>Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Oeste Proyección: Transverse Mercator Falso Este: 1000000.0 Falso Norte: 1000000.0 Unidad Lineal: Metros</p>	<p>CONVENCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Microcucunas ■ Microcucuna El Socorro ■ Microcucuna El Motilón ■ Laguna de la Cocha 	<p>ESCALA NUMÉRICA 1:25000 FECHA: NOVIEMBRE 2015</p>		
---	---	--	--	--	--	---

Figura 1. Localización Zona de Estudio, Corregimiento El Encano-Departamento de Nariño.

6. GEOLOGÍA

El área de estudio se encuentra localizada sobre la Cordillera Centro-Oriental de los Andes, por lo tanto su origen geológico corresponde al periodo Precámbrico, presenta una topografía abrupta debido a la acción de tectónica de placas y la erosión causada por los ríos que forman valles en forma de V, afloran principalmente rocas de origen volcánico del Terciario Cuaternario (Lavas y Cenizas) en contacto con rocas sedimentarias del Cuaternario como depósitos aluviales, glaciares y lagunares. La estratigrafía se detalla a continuación en orden cronológico:

6.1 PRECÁMBRICO

6.1.1 COMPLEJO MIGMATÍTICO DE LA COCHA - RÍO TÉLLEZ (pCAmct). Localizado al oeste del lago Guamués. Corresponde a gneíses, anfíbolitas, esquistos, granitoides de anatexia con desarrollo de estructuras y texturas migmatíticas. El Complejo Migmatítico de La Cocha-Río Tellez limita al occidente con la Falla del río Guáitara, y al este por la Falla de Afiladores. Se infiere su presencia en cercanías a la Microcuenca el Motilón debido a la presencia de clastos acumulados por la dinámica del Río el Motilón, tales como esquistos grisáceos, gneíses con desarrollo de textura migmatítica y anfíbolitas, algunos de estos con un estado de meteorización moderada.

6.2 PALEOZOICO

6.2.1 GNEIS DE LA COCHA (PIN). Aflora al occidente del lago Guamués, distribuida en la mayor parte de la Microcuenca el Motilón, corresponde a una Roca gnéisica cuarzo – feldespática con un estado de meteorización moderado, presenta una dureza alta, en algunos sectores se encuentra altamente diaclasado debido a su cercanía con la falla afiladores la cual ejerce presión sobre la unidad (Figura 2). Su edad es considerada como del Paleozoico Inferior según la proximidad que tiene con el Grupo Monopamba y a la ausencia de polimetamorfismo.



Figura 2. Gneis grisáceo quebrada El Motilón, altamente diaclasado.

6.3 CENOZOICO

Corresponde a depósitos relacionados con la actividad volcánica como lavas y cenizas de los periodos Terciario y Cuaternario asociados a diferentes centros de erupción adicionalmente afloran depósitos Glaciares y fluvioglaciares, Lacustres, Lapilli y depósitos Aluviales.

6.3.1 Lavas y cenizas (TQvlc) Unidad compuesta por cuerpos estratiformes e irregulares con alto grado de fracturación compuestas por depósitos de tobas, que se presentan estratificados y plegados, aglomerados volcánicos consolidados, depósitos escoraceos y lavas en bloques. Generalmente intercalados con otros materiales volcánicos como rocas porfidíticas, tipo andesitas. Afloran hacia la parte más alta de la ladera en donde se localiza la fuente de la fuente de agua el Socorro (Figura 3), cerro correspondiente al Páramo de Bordoncillo, la secuencia se encuentra en con un alto grado de meteorización y está cubierta por depósitos de ceniza y lapilli.

6.3.2 Lavas (TQvl). Esta unidad se localiza en cercanías de conos volcánicos extintos, está conformada por lavas de composición andesítica y dacítica con variaciones locales de más ácidas a más básicas, en ocasiones se encuentran intercaladas con pumita, bombas y aglomerados posiblemente originados en avalanchas piroclásticas. Estas lavas afloran hacia las partes altas de la fuente de agua el Socorro y presentan un avanzado estado de meteorización y en ocasiones se encuentran muy fracturadas (Figura 4).



Figura 3. Afloramiento de rocas ígneas de composición andesítica en estado de meteorización y con diaclasamiento, localizadas en la parte media de la fuente de agua el Socorro.



Figura 4. Lavas de composición andesítica parte alta fuente de agua el Socorro, se presentan fracturadas y en estado de meteorización.

6.3.3 Depósitos lacustres (QI) Depósitos localizados en las zonas aledañas a la Laguna de la Cocha, es decir hacia las partes más bajas de las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y Motilón (Figura 5), son producidos por flujos de lodo, lagunas naturales y artificiales, y zonas pantanosas relictos de antiguos dominios lacustres, son esencialmente limos de colores claros y oscuros, según el contenido de materia orgánica y las épocas de alta y baja o no pluviosidad, en ocasiones se presentan gravas redondeadas embebidas en una matriz de grava fina y arena. Estos depósitos continúan su formación en la actualidad.



Figura 5. Depósitos lacustres río el Encano

6.3.4 Depósitos Coluviales y Aluviales (Qcal). Los depósitos aluviales se componen de bloques, gravas, arenas, limos y arcillas, asociados a canales fluviales y a los valles de inundación de origen fluvial, algunos corresponden a depósitos torrenciales (Figura 6). En las márgenes del río Encano la Altura de las terrazas aledañas tiene un promedio de 1 a 3 metros con respecto al nivel del agua, la composición de los cantos que afloran es principalmente de rocas ígneas tales como andesitas, dacitas, pumita y material originado en avalanchas piroclásticas, conformado por rocas pobremente seleccionadas, de esfericidad moderada, subredondeados a redondeados y algunos clastos angulares en la parte superior, donde los clastos de niveles de guijos, guijarros y bloques se presentan en con tamaños entre 9 y 85 centímetros, algunos alcanzan tamaños de hasta 2 metros, hacia las partes más bajas el tamaño de estos clastos disminuye presentando tamaños entre 5 y 14 centímetros embebidos en una matriz arenosa de grano fino a medio y de compacidad media, acumulados por la dinámica del río el Encano (Figura 7).

En las márgenes del río y la quebrada el Motilón, los clastos se componen principalmente por rocas metamórficas provenientes de las laderas aledañas a donde corre el río tales como esquistos grises y gneises cuarzo-feldespáticos con desarrollo de texturas migmatíticas, se encuentran también fragmentos de lavas dacíticas y bloques de cuarzo, los tamaños de los clastos comprenden niveles de guijos, guijarros y bloques, hacia la parte media de tamaños entre 15cm y 1,5 metros, hacia la parte baja varían entre 5 a 15 cm, la selección es pobre, con esfericidad moderada y se presentan clastos tanto angulares, subredondeados y redondeados. Las terrazas en este sector tienen tamaños entre 0.5 y 3 metros. Los depósitos coluviales forman generalmente conos deyección y se componen de material no homogéneo en tamaños y en origen (Figura 9). Estos depósitos son cuaternarios y muchos de ellos están en proceso de formación.



Figura 6. Depósitos torrenciales pertenecientes al río el Encano



Figura 7. Depósitos aluviales del Río el Encano. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies
Gmm: Grava matriz soportada masivo con gradación pobre, Gh: Grava clasto soportada, con incipiente estratificación planar e imbricación, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.



Figura 8. Depósitos aluviales del Río el Encano. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies: Gmg: Grava matriz soportada con gradación pobre, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.

Descripción Columnas Estratigráficas del Río el Encano.

Depósitos de terraza aluvial, conformados por rocas pobremente seleccionadas, clastosoadportado, de esfericidad moderada, los clastos principalmente lavas de composición dacítica y andecítica, se presentan subredondeados a redondeados y algunos angulares, niveles con tamaños de clastos de guijos, guijarros y bloques de hasta 80 cm, embebidos en una matriz arenosa de grano fino a medio y de compacidad media acumulados por la dinámica del río El Encano, como se observa en las figuras 7 y 8.



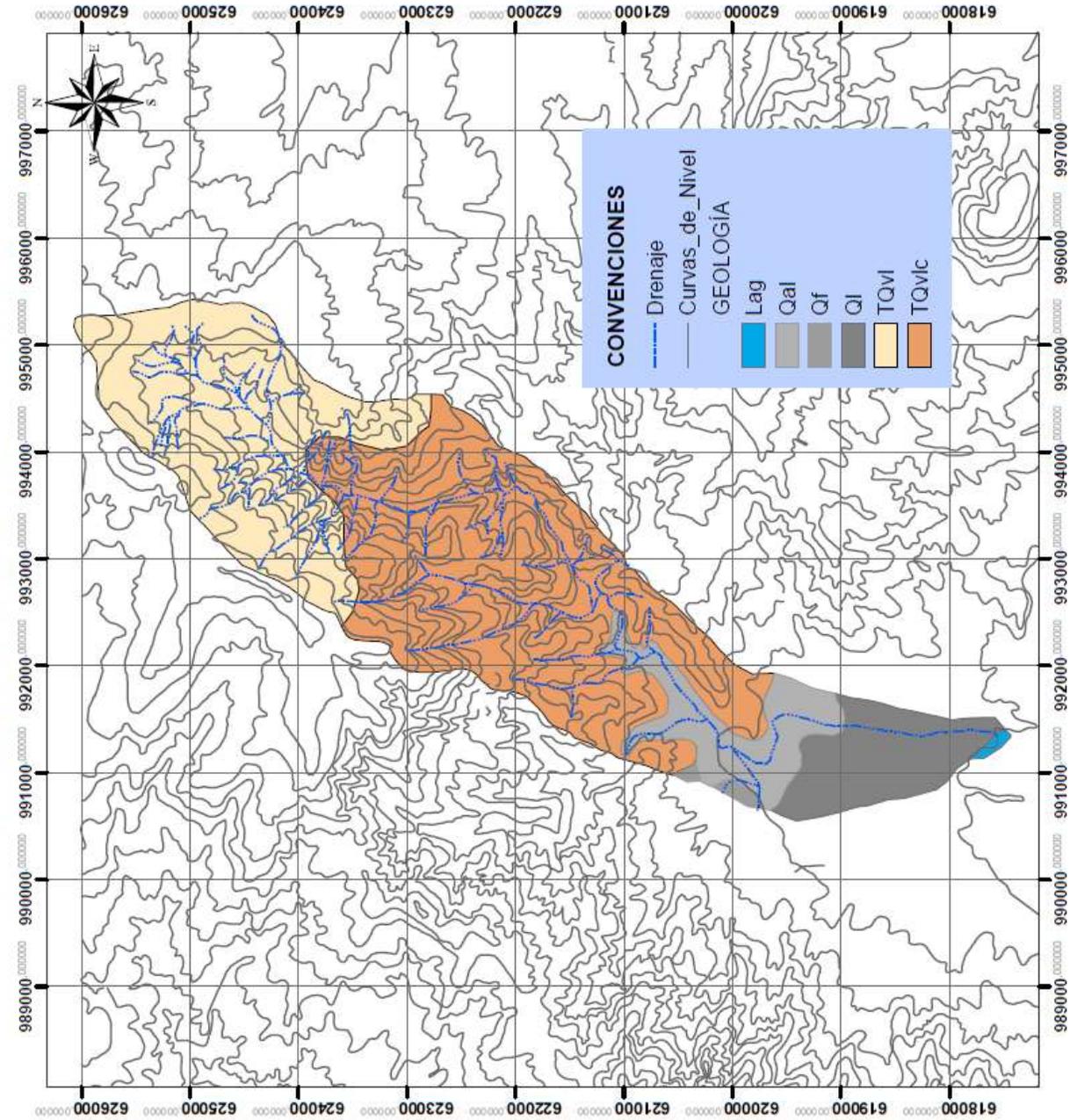
Figura 9. Depósitos aluviales del Río Motilón. Línea continua: Separación de litofacies. Clasificación de Litofacies: Gmm: Grava matriz soportada masivo con gradación pobre, Gcm: Grava clasto soportada masivo, evidencia de flujo turbulento.

Descripción Columna Estratigráfica del Río Motilón.

Depósitos de terraza aluvial, de niveles de clastos con tamaños que varían entre guijos, guijarros y bloques de hasta 1,5 m embebidos en una matriz arenosa de grano fino a medio y de compacidad media, conformados por rocas con selección pobre, de esfericidad moderada, clasto soportadas, con un índice de redondez de sub redondeados a redondeados y algunos angulares de composición principalmente gnéisica y migmatítica, acumulados por la dinámica del Río Motilón, como se observa en la figura 9.

MAPA
N° 2

**Geología, Fuentes de Agua El Socorro
y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño**



	<p>Corporación Autónoma Regional de Nariño-Corponariño Subdirección de Conocimiento y Evaluación Ambiental SUBCEA</p>	<p>GEOLOGÍA Fuente de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano Departamento de Nariño</p>	<p>Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Oeste Proyección: Transverse Mercator Falso Este: 1000000.0 Falso Norte: 1000000.0 Unidad Lineal: Metros</p>	<p>ESCALA NUMÉRICA 1:25000</p>	<p>ESCALA GRÁFICA: 0 0.2750,55 1,1 1,65 2,2 KM</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2015</p> 
---	---	--	--	--------------------------------	--	--

Figura 10. Mapa Geológico fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

MAPA
N° 3

Geología, Microcuenca El Motilón, Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

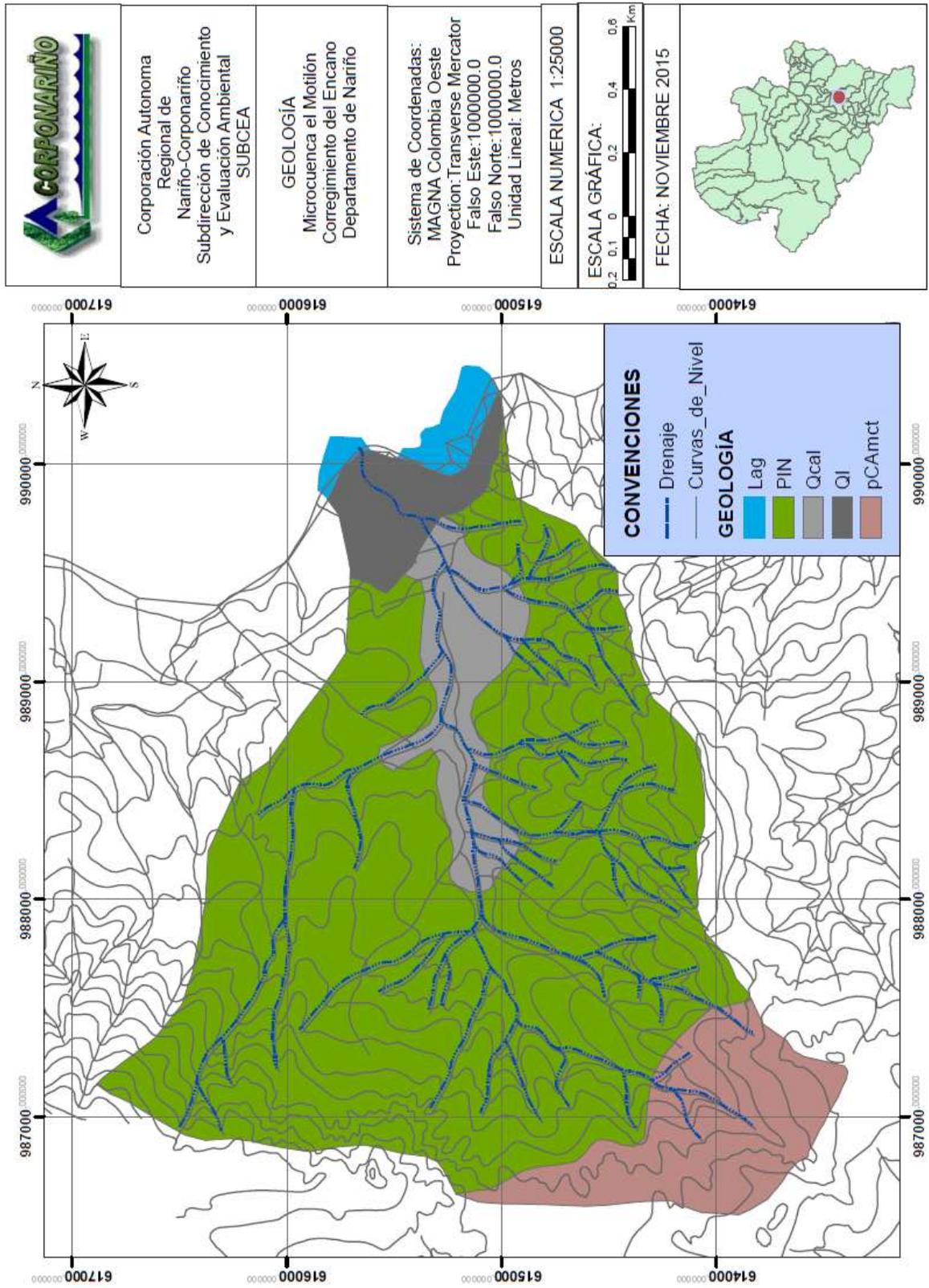


Figura 11. . Mapa Geológico fuente de Agua El Motilón, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

7. TECTÓNICA

La zona de estudio se encuentra localizada sobre la Cordillera Oriental y sus estribaciones hacia la región amazónica, está afectada por fallas a nivel regional que ejercen control estructural sobre la morfología de la misma, Los principales rasgos estructurales se deben a la convergencia de las tres Cordilleras. La falla principal que genera mayor afectación es la Falla Afiladores, corresponde a una Falla de cabalgamiento, (INGEOMINAS, GEOLOGÍA DE LAS PLANCHA 429 – PASTO ESCALA 1:1000 MEMORIA EXPLICATIVA) BOGOTA, 1991). La cartografía con una dirección N-S ubicada costado izquierdo de la Cocha y la describen ejerciendo un control tectónico sobre las unidades pertenecientes a la Microcuenca el Motilón. Hacia la parte norte la influencia tectónica se presenta debido al Sistema de Fallas del Río Magdalena afectando así las Microcuencas El Socorro y Bordoncillo (Figura 12). El tectonismo en el área de estudio se evidencia debido al alto diaclasamiento de algunas de las unidades rocosas.

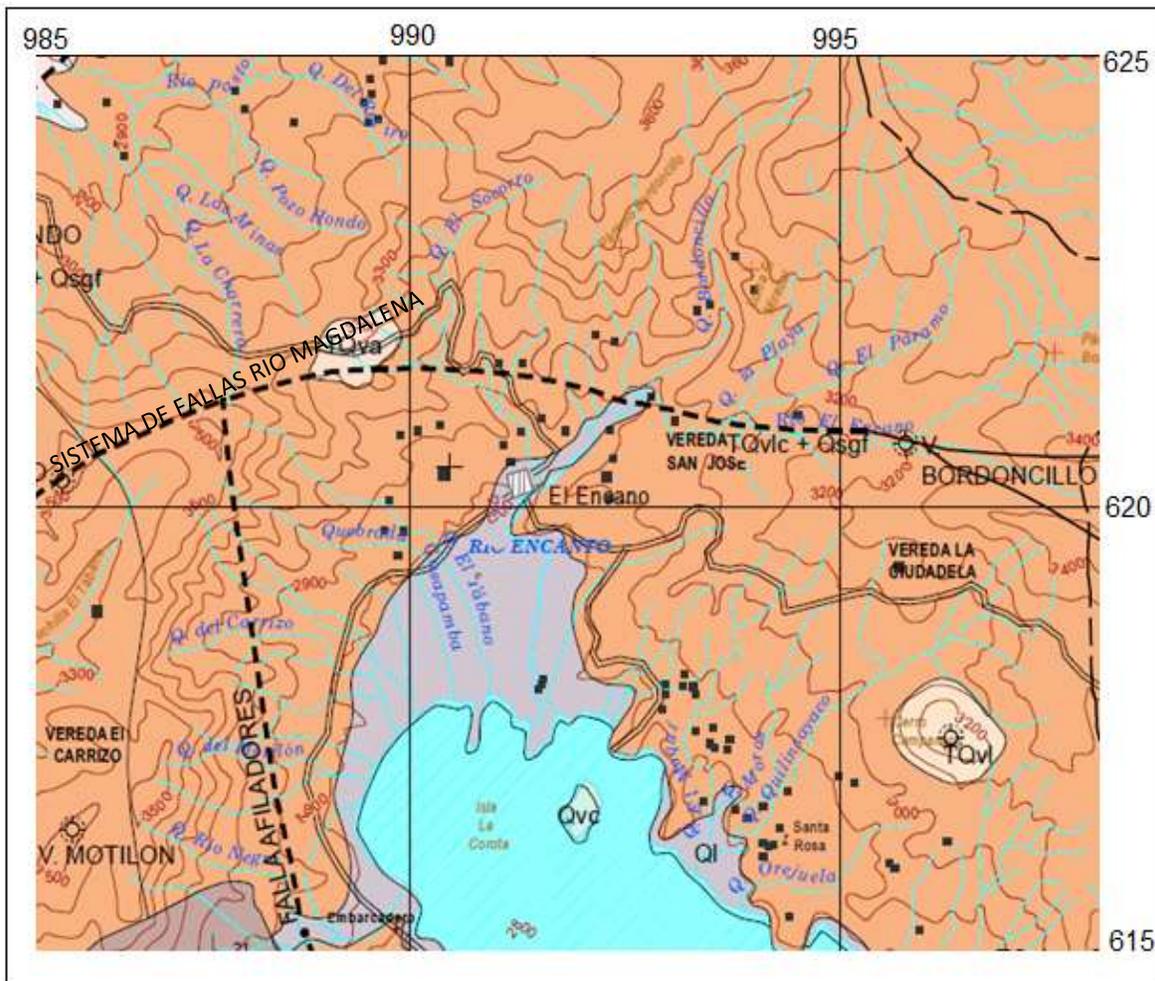


Figura 12. Mapa Tectónico, Modificado de la Plancha 429 Pasto - INGEOMINAS 1991

8. GEOMORFOLOGÍA

Las geformas presentes en el terreno obedecen a la interacción de factores geológicos como el tipo de litología y la tectónica, así como también a la acción continua de los procesos de denudación de la corteza terrestre enmarcados en la variable tiempo, los cuales en muchos casos son acelerados por actividades antrópicas inadecuadas y otros factores como el tipo de cobertura vegetal y el clima. Las cuencas correspondientes al área de estudio, coinciden en su Geomorfología, presentando tres tipos de relieve, los cuales son; montañoso, altiplano y denudativo.

8.1 Relieve de Montaña: Se reconoce en las partes más altas de las microcuencas donde se localizan las fuentes de las mismas. Se caracteriza por ser montañas escarpadas con pendientes fuertes y laderas rectilíneas que se encuentran disectadas por cauces profundos en forma de "V" y drenaje dendrítico. En el Páramo de Bordoncillo, donde nacen las fuentes de agua el Socorro y Bordoncillo, la litología corresponde principalmente a rocas volcánicas tipo dacitas cubiertas por ceniza y suelos residuales (Figura 13), y hacia las partes altas de la Microcuenca el Motilón, dichas geformas se modelan sobre las rocas metamórficas del Gneis de la Cocha (Figura 14).



Figura 13. Relieve de montaña parte alta fuentes de agua el Socorro y Bordoncillo.



Figura 14. Relieve de montaña parte alta Microcuenca el Motilón.

8.2 Relieve de Altiplanicie: Corresponde a zonas que han sufrido levantamiento originado por tectonismo y procesos geológicos como plegamiento, fallamiento y vulcanismo, por lo tanto son geoformas de pendiente moderada, en ocasiones con cima redondeada, la mayor parte de este paisaje en la Microcuenca El Socorro y Bordoncillo está representada por depósitos de caída piroclástica como ceniza y suelo residual, cuyas superficies se han erosionado y se encuentran disectadas por los drenajes superficiales (Figura 15). En la Microcuenca el Motilón este tipo de relieve presenta características similares, se observa en las partes medias de las fuentes de agua y en su mayoría están afectadas por raptación (Figuras 17 y 18).



Figura 15. Relieve de Altiplanicie sector Quebrada el Socorro



Figura 16. Relieve de Altiplanicie sector Microcuenca el Motilón.



Figura 17. Evidencia reptación sobre ladera perteneciente a la fuente de agua el Socorro.



Figura 18. Evidencia reptación ladera perteneciente a la fuente de agua el Motilón

8.3 Relieve de origen Fluvial: Hace referencia a zonas que han sido formadas por acumulación de depósitos aluviales localizados en las márgenes de los ríos el Encano y Motilón, y las quebradas el Socorro, Bordoncillo y Motilón, formados a partir del material erosionado de las laderas aledañas, los cuales son transportados y acumulados cuando los ríos pierden su capacidad de arrastre debido al cambio de pendiente, la morfología es plana ligeramente ondulada de baja altura. Hacen parte también de este tipo de relieves las terrazas, llanuras de inundación, abanicos aluviales, los conos de deyección ubicadas en cercanías a las zonas de desembocadura de dichos ríos hacia la laguna de la cocha.



Figura 19. Depósitos aluviales, terraza perteneciente al Río el Encano.



Figura 20. Depósitos aluviales, terraza perteneciente al río el Motilón.

8.4 Relieve denudativo: Abarca un conjunto de fenómenos tanto químicos, en donde el más influyente es la meteorización y físicos como las fallas, diaclasas, la erosión producida por el viento, la gravedad, movimientos sísmicos, y acción antrópica que degrada el terreno hasta generar nuevas superficies de relieve conformadas por depósitos coluviales con morfología redondeada y pendientes suaves. Este tipo de relieve se observa cercano a algunas terrazas originadas por la quebrada el socorro.



Figura 21. Ejemplo Coluvion en cercanías al Río el Encano.

8.5 Relieves por sedimentos lacustres: Localizadas en las áreas más bajas de las fuentes de agua, Corresponden a zonas de relieve plano originadas por el transporte de sedimentos finos del río El Encano y río El Motilón que posteriormente fueron depositados en los bordes del lago Guamuez, son principalmente limos de colores claros y oscuros que continúan su depositación en la actualidad.



Figura 22. Relieve plano originado por sedimentos lacustres, sector El Puerto



Figura 23. Relieve plano originado por sedimentos lacustres, sector El Puerto al fondo se aprecia el relieve de montaña también presente en la zona.

MAPA
N° 4

Geomorfología, Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

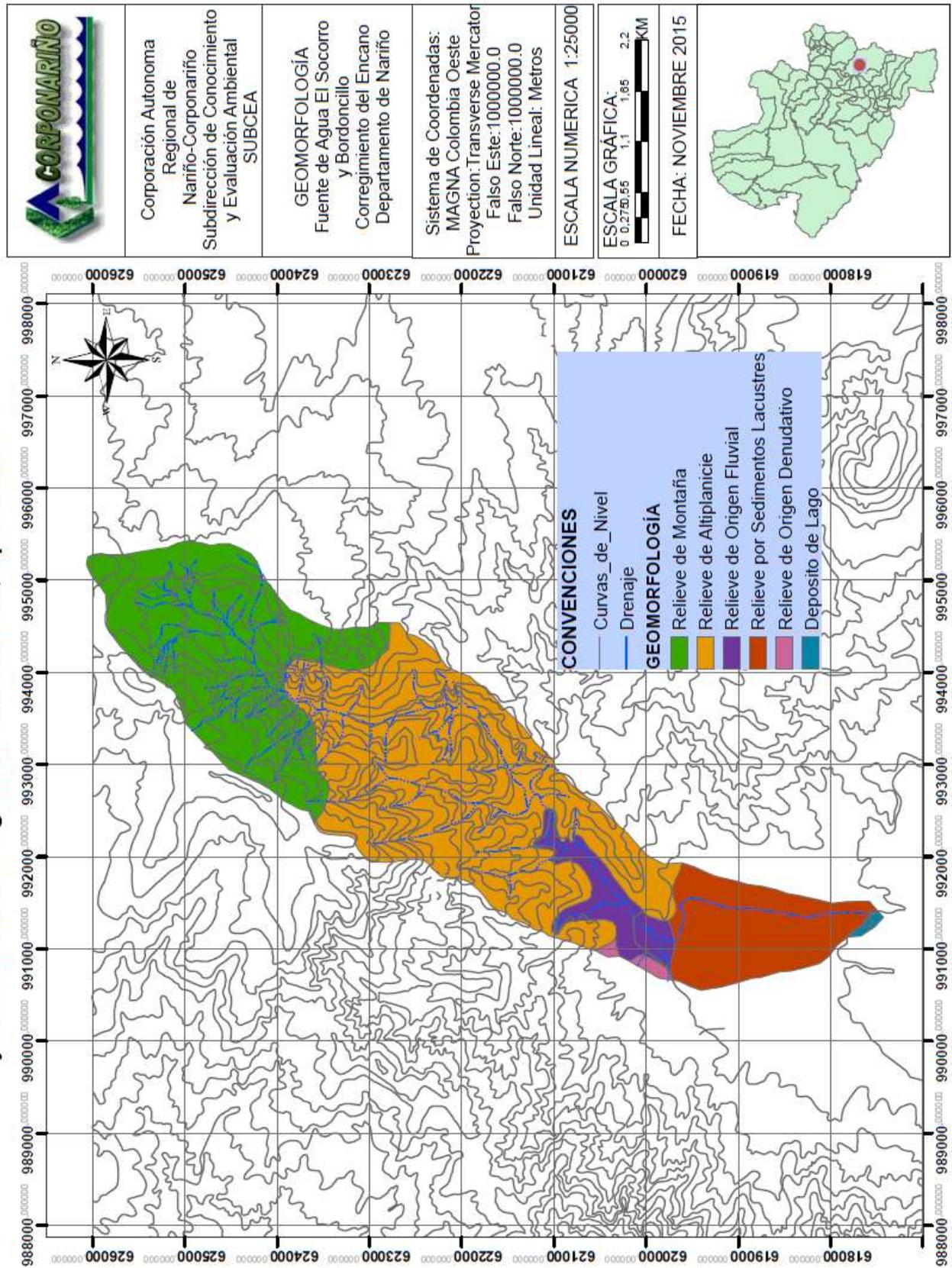


Figura 24. Mapa Geomorfológico fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño.

MAPA
N° 5

Geomorfología, Microcuenca El Motilón, Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

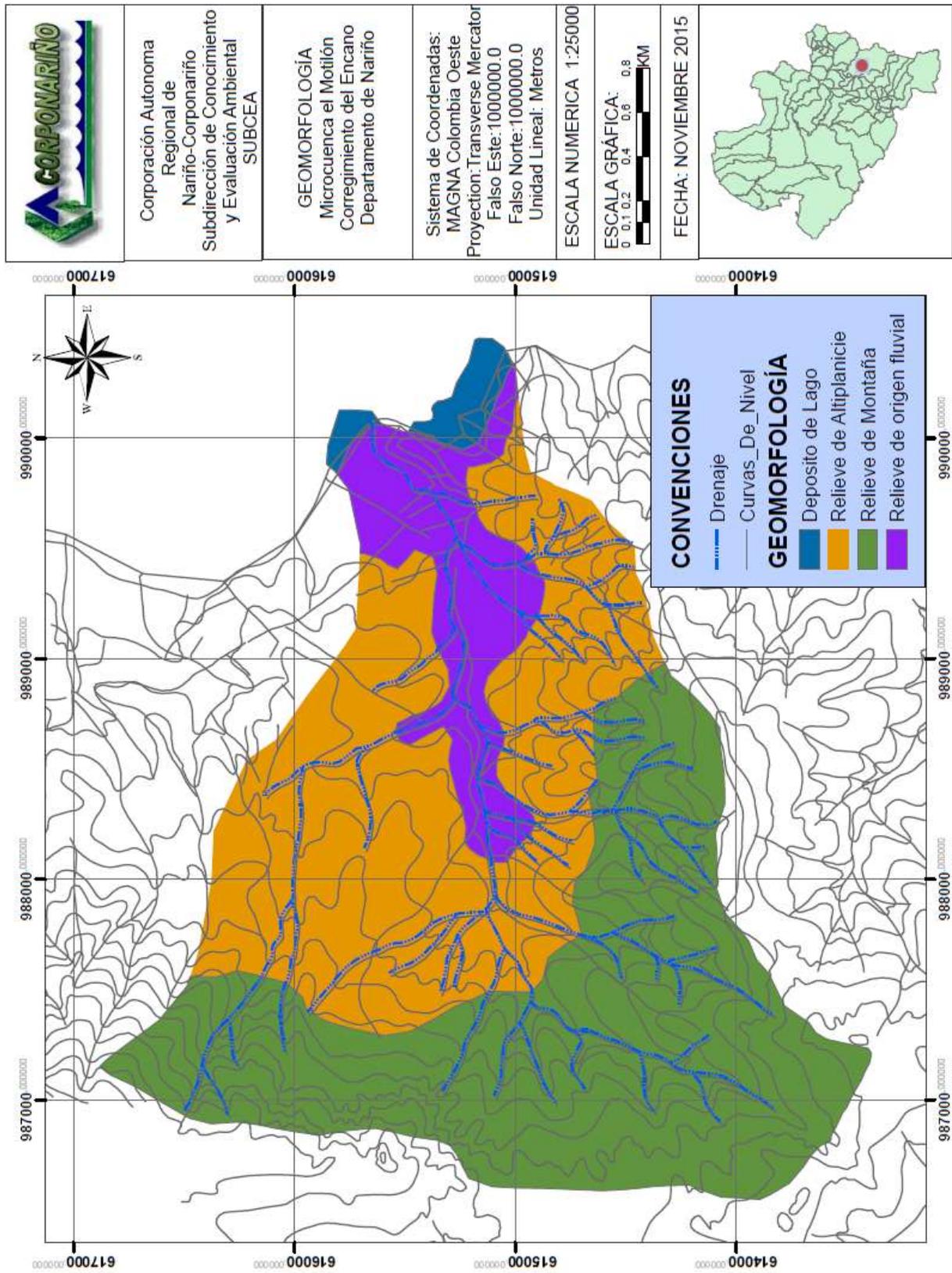


Figura 25. Mapa Geomorfológico fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

9. COBERTURA Y USO DEL SUELO

Vegetación de Páramo: El Páramo de Bordoncillo, se ubica entre los 3.000 y 3.600 msnm, en donde existen numerosas fuentes de agua y terrenos inundables está conformado por pequeños parches de bosques, lagunas, pantanos, pajonales y frailejonales. Se destaca la presencia de especies retenedoras de agua, especialmente musgos y algunas gramíneas y también estratos arbóreo y arbustivo.

Bosque de Niebla: En este tipo de bosque, ubicado entre los 2.900 m y los 3100 m de altitud, solo predomina el estrato arbóreo con árboles que alcanzan alrededor de 25 metros y se caracteriza por la abundante presencia de musgos y epífitas.

En los límites entre el páramo y el bosque de niebla, la vegetación se entrecruza, iniciando con la vegetación arbórea de menor tamaño muy ramificada

En este ecosistema se ubican los **bosques primarios** que se encuentran localizados en las partes más altas de las laderas de las microcuencas el Socorro, Bordoncillo y Motilón, entre los 2800 y 3000 m.s.n.m, **bosques primarios intervenidos** localizado entre los 2200 y 2500 m.s.n.m, y **bosques secundarios**, los cuales han sido muy intervenidos y algunos están en procesos de regeneración natural, están distribuidos sobre alturas entre los 2200 y 2500 m.s.n.m.

Pastizales: La ganadería, es extensiva y semi-extensiva, se encuentran distribuidos en las zonas bajas de las microcuencas El Socorro y Motilón.

Cultivos asociados: Son de rotación y transitorios, papa, cebolla, repollo, haba, arveja, maíz, ulluco y hortalizas, se distribuyen en las vertientes de La Cocha.

Pastos naturales: Representa la mayor cobertura de la zona de estudio, con presencia de árboles, arbustos y cultivos.

Zona Degradada sin Vegetación: Originada por los diferentes fenómenos erosivos que se producen en la zona, como movimientos de remoción en masa y erosión causada por el viento y el agua. Se encuentra este tipo de zonas aleatoriamente distribuidas a lo largo de las microcuencas.

Zonas de Humedales: Se encuentran cubiertas por espejos de agua y zonas de pantanos y turberas que se localizan, en la ribera del Lago Guamués, almacena y regula grandes cantidades de agua, facilita el transporte acuático y propicia la recreación ecológica

Área Urbanizada: Esta cobertura corresponde a las zonas urbanizadas del municipio del El Encano y los caseríos en las veredas el Socorro, Motilón y la zona del Puerto.

MAPA
N° 6

**Cobertura, Fuentes de Agua El Socorro
y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño**

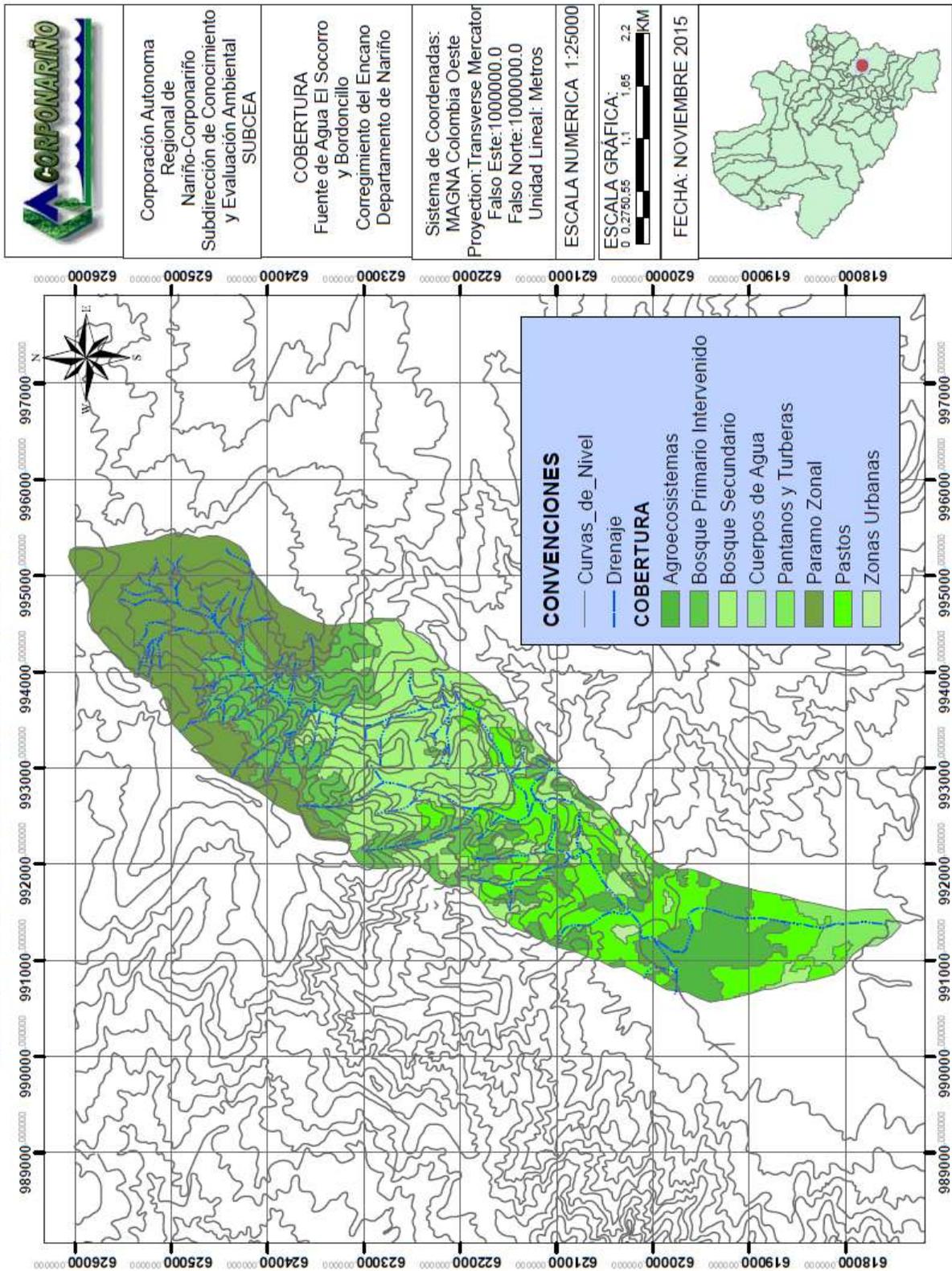


Figura 26. Mapa Cobertura fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño Modificado de Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha

Cobertura, Microcuencas El Motilón, Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

MAPA
N° 7

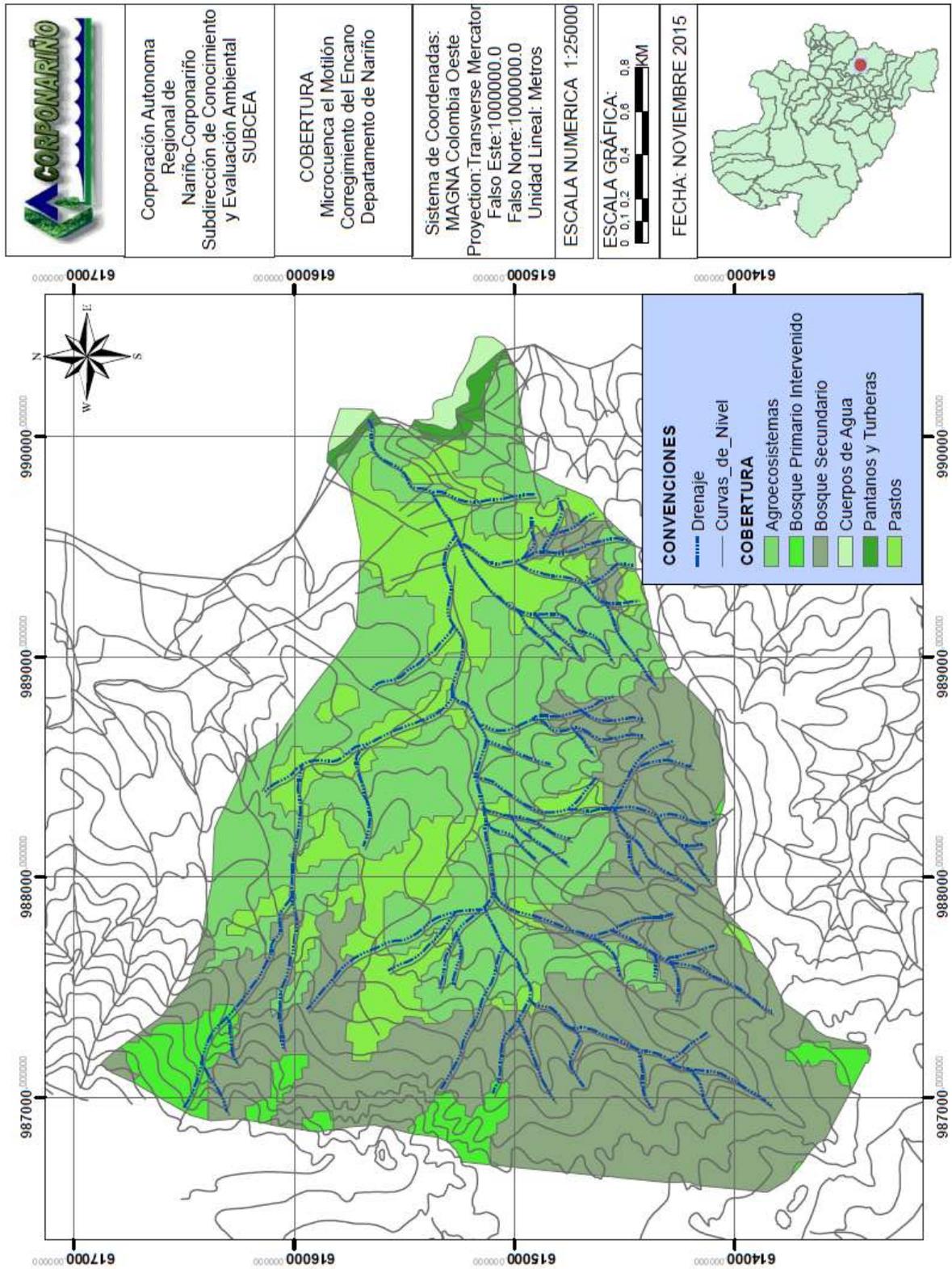


Figura 27. Mapa Cobertura fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño, Modificado de Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha

MAPA
N° 8

Uso de Suelos, Fuentes de Agua El Socorro
y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

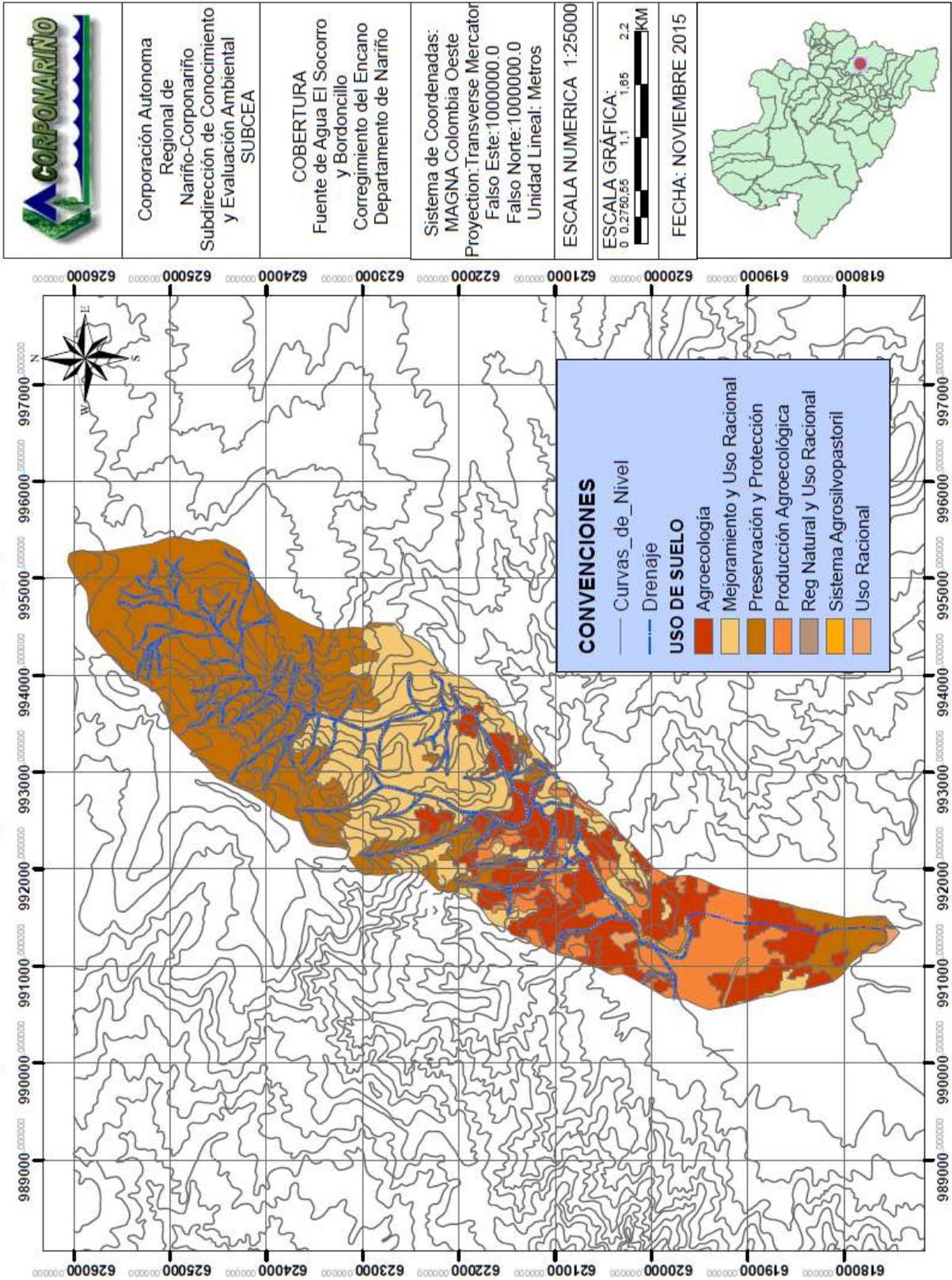


Figura 28. Mapa Uso de Suelos fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño, Modificado de Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha.

MAPA N° 9
Uso de Suelos, Microcuenca El Motilón, Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

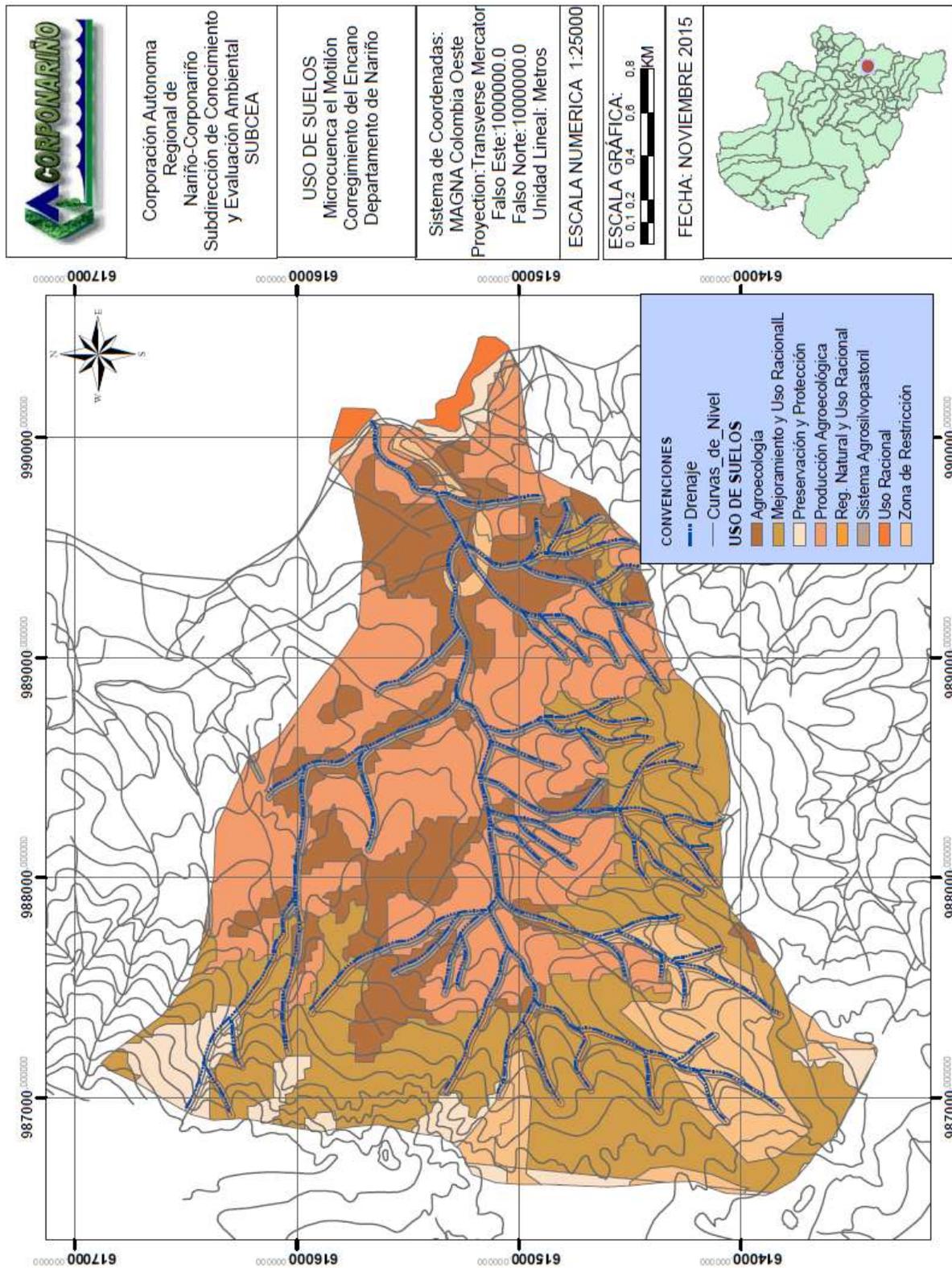


Figura 29. Mapa Uso de Suelos fuente de Agua el Motilón, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño, Modificado de Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha.

10. PENDIENTES

La inclinación del terreno constituye un factor esencial que se relaciona con fenómenos de erosión e inestabilidad de laderas y por lo tanto controla o interviene en la generación de movimientos de remoción en masa. La pendiente tiene relación con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve. En este contexto, existen intervalos definidos para describir la pendiente (Lugo, 1988, Pedraza, 1996).

Se generó el modelo de elevación digital del terreno (DEM) del área de estudio y posteriormente se definieron las siguientes seis categorías de pendiente del terreno de acuerdo con los rasgos observados en el relieve: plano (de 0° a 1°), ondulado (de 1° a 7°), montañoso (de 7° a 14°), muy montañoso (de 14° a 26°) escarpado (de 26° a 40°) y muy escarpado (>40°). Finalmente se elaboró el mapa de pendientes de las fuentes de agua el Socorro, Bordoncillo y Motilón (Figuras 31 y 32).

En esta región, las planicies con pendiente plana (de 0° a 1°) corresponden el 1,7% del área de estudio, lo cual favorece que se encuentren permanentemente inundadas o se inundan durante la temporada de lluvias. Los terrenos con esta característica se extienden hacia las zonas aledañas a la Laguna de la Cocha. Por otra parte, los terrenos ondulados (de 1° a 7°) presentan pendientes suaves, colinas redondeadas y niveles de terrazas antiguas que representan al 16% de la zona. Los terrenos montañosos (de 7° a 14°), muestran una correspondencia con superficies inclinadas o ligeramente cóncavas, representan un 30% del total del área siendo el segundo tipo de pendiente más predominante localizado en las partes medias y altas de las microcuencas. La mayor parte del terreno presenta una pendiente muy montañoso (14° a 26°) y abarca el 36% del área total, moldeado principalmente debido al basamento ígneo y metamórfico presente en la zona. Los terrenos escarpados y muy escarpados (26° a 40 y >40 respectivamente) se encuentran hacia las partes más altas de las fuentes de agua donde el relieve es más abrupto y en conjunto representan el 15% del área de estudio.

Tabla 1. Categorías de Pendiente.

PENDIENTE	INTERVALO
PLANO	0° - 1°
ONDULADO	1° - 7°
MONTAÑOSO	7° - 14°
MUY MONTAÑOSO	14° - 26°
ESCARPADO	25° - 40°
MUY ESCARPADO	> 40°

MAPA
N° 10

**Pendientes, Fuentes de Agua El Socorro
y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño**

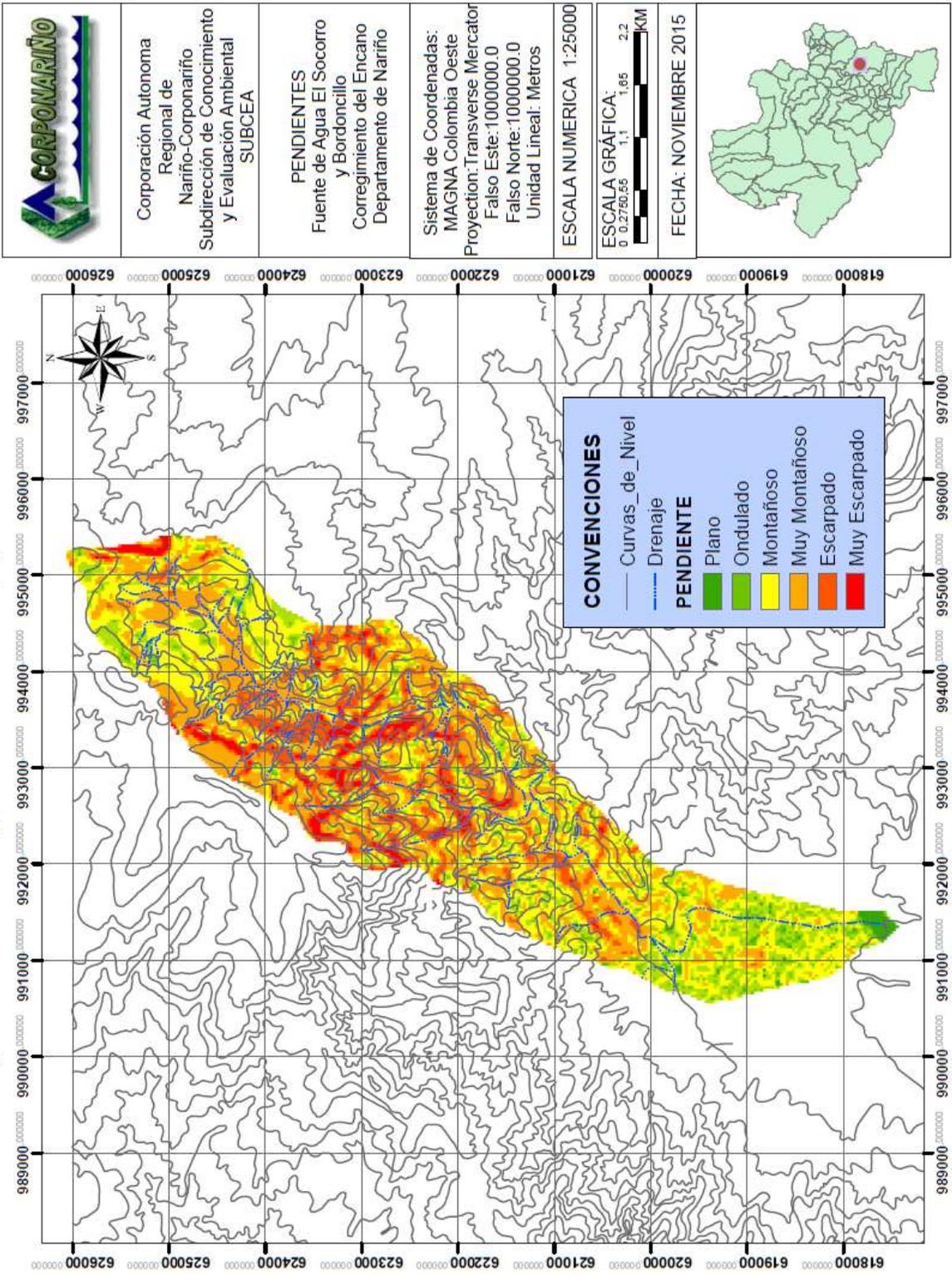


Figura 30. Mapa Pendientes fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

MAPA
N° 11

Pendientes, Microcuenca El Motilón, Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

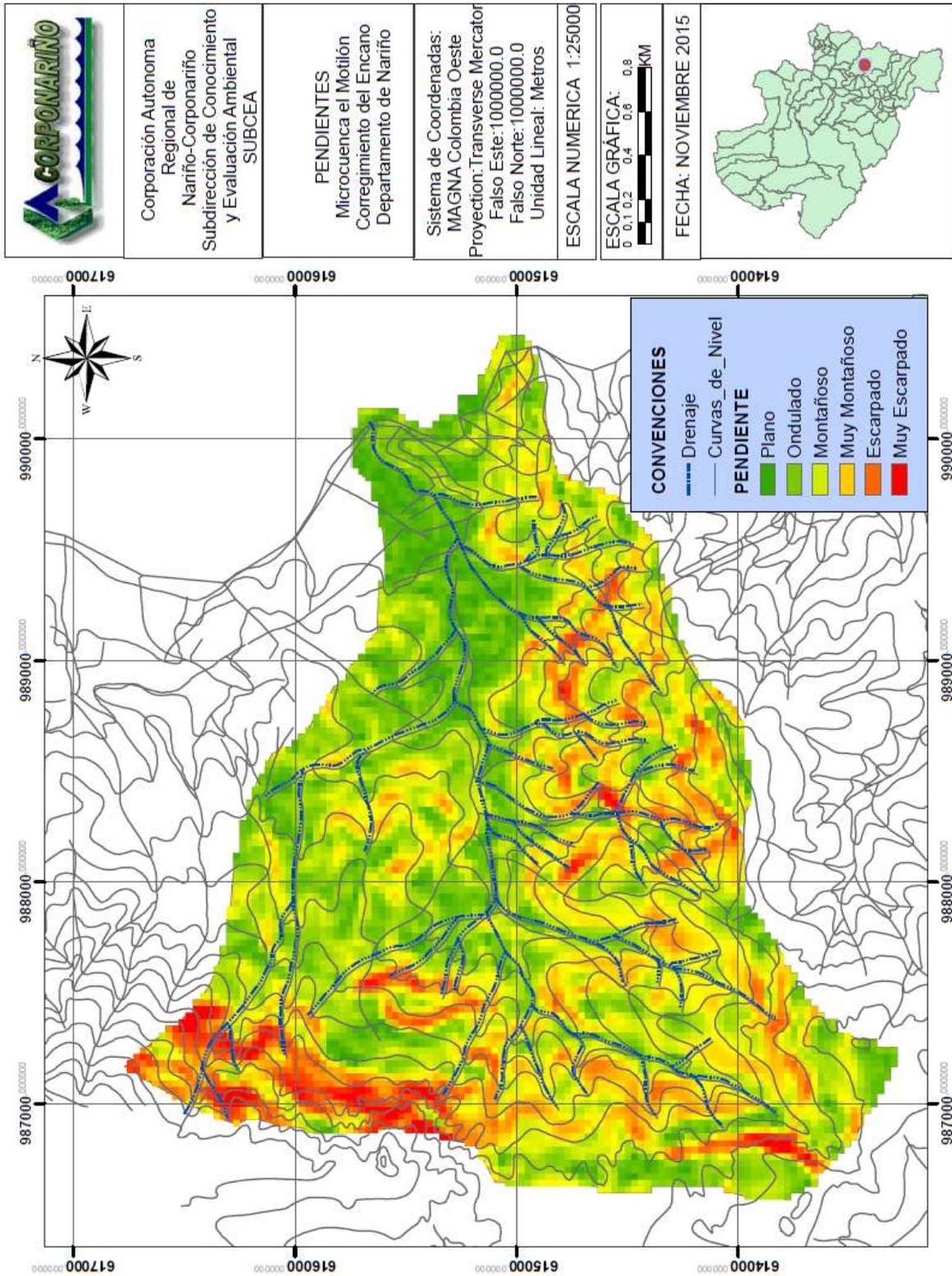


Figura 31. Mapa Pendientes fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

11. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Se procedió a realizar el inventario de los movimientos de remoción en masa ocurridos en el área de estudio mediante salidas de campo, en donde se determinó su localización, estado, litología, morfometría, dimensiones y causas del movimiento, basándose en la observación directa del fenómeno y dependiendo de las características particulares de cada uno de estos se asignó su clasificación respectiva, adicionalmente se recolectó información de deslizamientos antiguos por medio del análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Se identificó el predominio de dos tipos de deslizamientos:

11.1 Deslizamiento Rotacional

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos.

El movimiento aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. Frecuentemente la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación

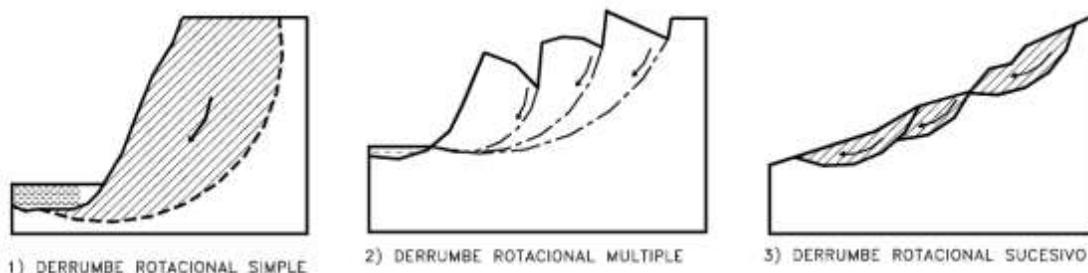


Figura 32. Deslizamientos rotacionales simples y múltiples (tomado de Jaime Suarez Díaz. “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”)

11.2 Deslizamiento Traslacional

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo

La diferencia importante entre los movimientos de rotación y

Traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización. Sin embargo, un movimiento de rotación trata de auto estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o

coluviones. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y/o rompe y puede convertirse en flujo.

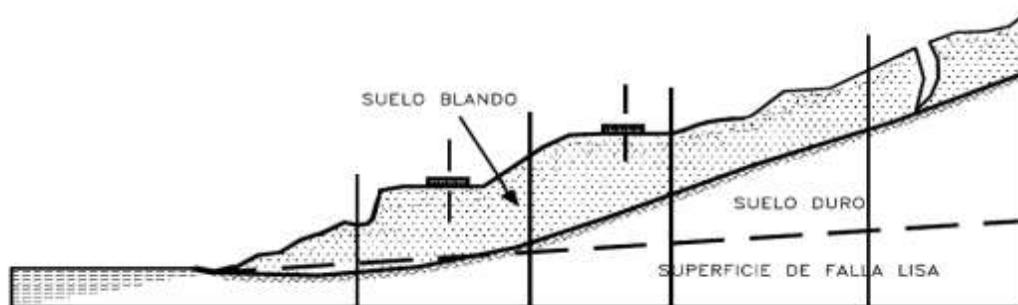


Figura 33. Deslizamiento traslacional (tomado de Jaime Suarez Díaz. "Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales")

La localización de los diferentes deslizamientos tanto rotacionales como traslacionales de la zona de estudio se evidencia en los siguientes mapas:

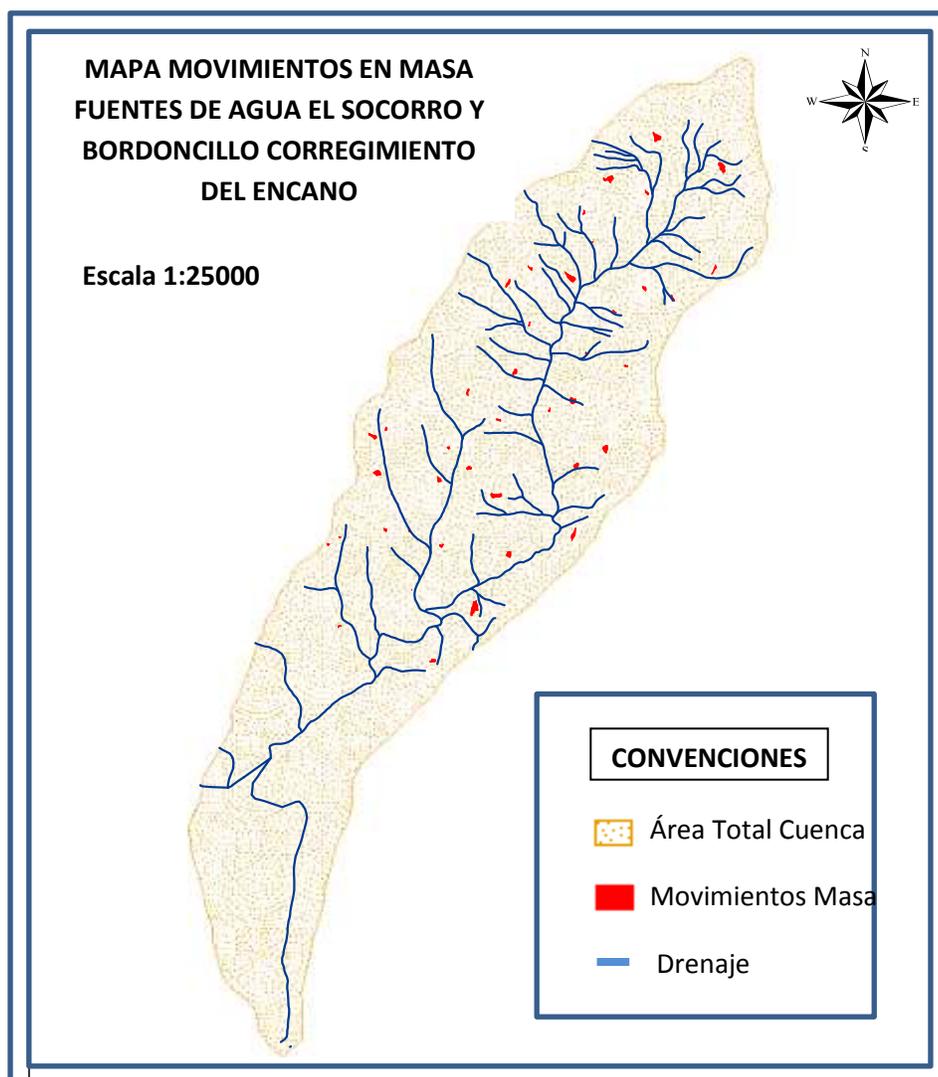


Figura 34. Movimientos de remoción en masa fuente de agua Socorro y Bordoncillo

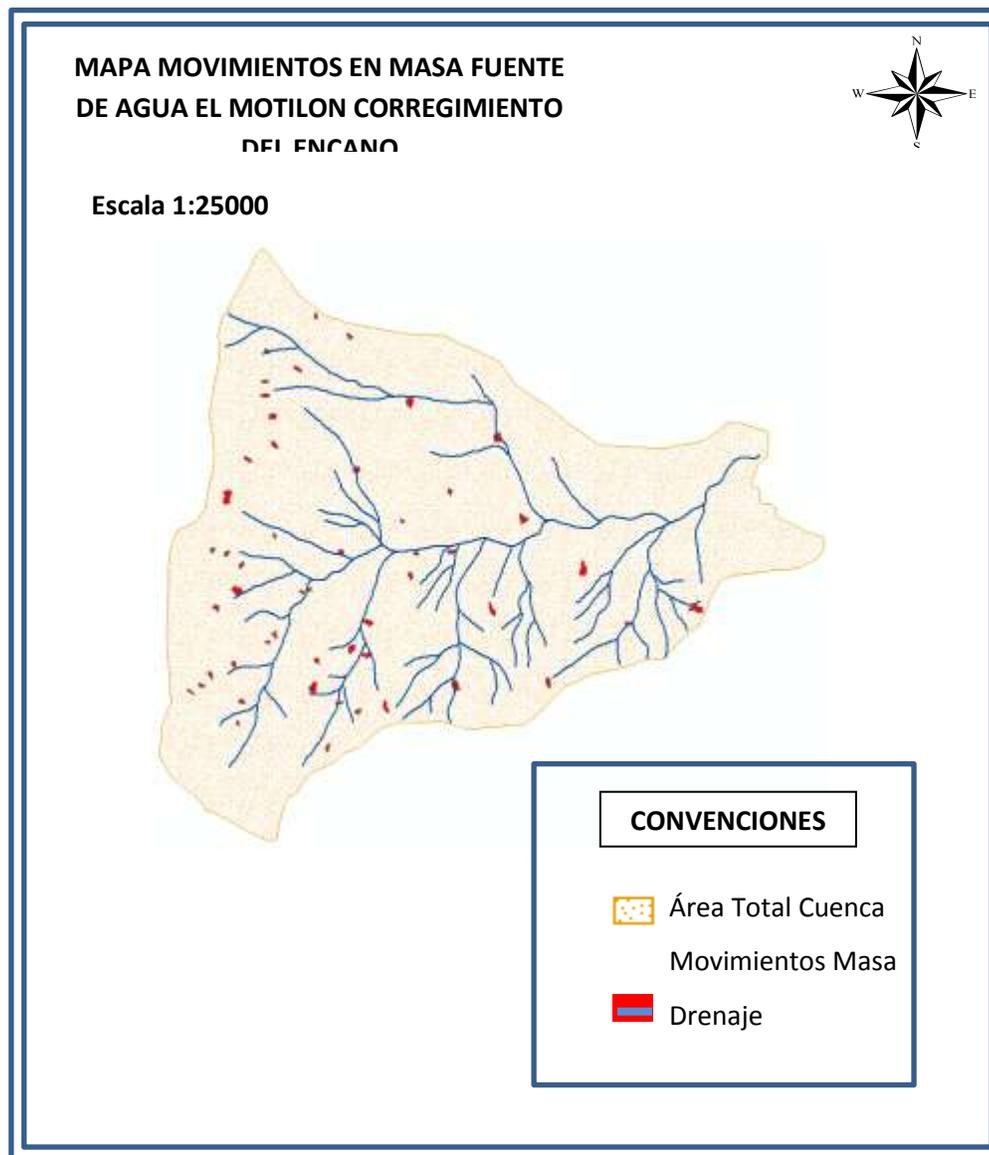


Figura 35. Movimientos de remoción en masa fuente de agua el Motilón.

12. ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Con el fin de determinar el peso o la fragilidad que cada unidad del terreno tiene hacia la generación de fenómenos de remoción en masa, se procedió a realizar la unión de cada una de las variables (Geología, Geomorfología, Cobertura Vegetal, Usos del Suelo y Pendiente) con el mapa de deslizamientos mediante el uso de la herramienta UNION de ArcGis. Después se procedió a aplicar el método de análisis estadístico descrito anteriormente por medio del cual se pudo determinar la susceptibilidad de cada unidad del terreno por cada tipo de movimiento.

En las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2** a 12 se presenta el resultado de la aplicación de esta técnica para el caso las fuentes de agua El Socorro, Bordoncillo y Motilón. Una vez establecida esta relación de pesos para los diferentes mapas, se recodifican los valores iniciales de las diferentes unidades del terreno en términos de susceptibilidad.

Los rangos de susceptibilidad se definen con base en un análisis estadístico de dispersión mediante el ajuste de los datos a una curva de distribución normal para todos los mapas índice, según el tipo de proceso. El máximo de las curvas indica la categoría media,

a partir de la cual se seleccionan los rangos de susceptibilidad y se establecen categorías desde nula a muy alta los cuales se presentan en las Tablas 7 y 13.

Los mapas de susceptibilidad del terreno se obtienen mediante la adición de los mapas de susceptibilidad específicos para cada tipo de proceso y recodificando el mapa obtenido en categorías. Éste indica el grado de susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos de remoción en masa, teniendo en cuenta todos los factores intrínsecos del terreno evaluados. Las zonas homogéneas de susceptibilidad están representadas en categorías que van desde nula a muy alta (Figuras 37 y 38).

Susceptibilidad de Cada Variable Con Respecto a Cada Tipo de Fenómeno de Remoción en Masa.

Tabla 2. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo

UNIDAD GEOLÓGICA	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
TQvíc	678,47	26	1,79	0,51	0,26	0,07	3	2
TQvl	453,71	15	2,17	1,44	0,48	0,1	5	2
Qal-Ql	265,32	0	0	0	0	0	1	1
Qf	8,52	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 3. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geomorfológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.

UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Relieve de montaña	453,33	14	2,03	1,58	0,44	0,34	4	4
Relieve de Altiplanicie	678,32	27	1,72	0,56	0,25	0,08	3	2
Relieve de origen fluvial	265,2	0	0	0	0	0	1	1
Relieve de origen denudativo	8,76	0	0	0	0	0	1	1
Relieves por sedimentos lacustres	3,85	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 4. Cálculo estadístico del peso de las unidades de Cobertura Vegetal en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.

COBERTURA VEGETAL	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Bosque Primario Intervenido	227,60	12	1,21	0,46	0,53	0,2	5	3
Bosque Secundario	349,99	15	1,65	0,85	0,47	0,24	5	3
Agroecosistemas	147,55	0	0	0	0	0	1	1
Cuerpos de Agua	2,84	0	0	0	0	0	1	1
Pantanos y Turberas	37,25	0	0	0	0	0	1	1
Paramo Zonal	345,01	11	1,23	0,39	0,36	0,11	4	2
Pastos	272,68	3	1,13	0,04	0,41	0,01	4	1
Zonas Urbanas	3,15	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 5. Cálculo estadístico del peso de las unidades de uso de suelos en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.

USO DE SUELOS	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Preservación y Protección	609,69	23	2,77	0,73	0,46	0,12	5	1
Reg. Natural y uso racional	33,29	2	0,15	0,16	0,45	0,48	4	5
Sistema Agrosilvopastoril	34,32	0	0	0	0	0	1	1
Producción Agroecológica	146,24	2	2	0,27	0	0,18	1	3
Mejoramiento y uso racional	334,14	12	0,91	0,76	0,27	0,23	4	3
Uso racional	6,12	0	0	0	0	0	1	1
Agroecología	249,19	2	0,13	0	0,05	0	2	1

Tabla 6. Cálculo estadístico del peso de las unidades de pendiente en la susceptibilidad a los FRM Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.

PENDIENTE	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Plano	23,65	1	0,05	0	0,21	0	3	1
Ondulado	228,68	11	0,59	0,06	0,51	0,03	3	1
Montañoso	441,69	26	1,54	0,69	0,34	0,15	4	2
Muy Montañoso	514,3	22	1,06	0,98	0,2	0,19	3	3
Escarpado	164,88	14	0,64	0,2	0,38	0,12	4	2
Muy Escarpado	55,67	6	0,3	0,06	0,53	0,1	5	2

Tabla 7. Categorías de Susceptibilidad Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo.

Intervalo	Valor	Categoría de Susceptibilidad
<0,04	1	Nula
0,05-0,15	2	Baja
0,16-0,26	3	Media
0,27-0,45	4	Alta
>0,46	5	Muy Alta

Tabla 8. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.

UNIDAD GEOLÓGICA	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
PIN	582,99	42	2,61	2,78	0,44	0,47	2	2
QC	106,57	10	0,68	0,73	0,63	0,68	3	3

Tabla 9. Cálculo estadístico del peso de las unidades de Cobertura Vegetal en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.

COBERTURA VEGETAL	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Bosque Primario Intervenido	12,83	5	0,51	0,1	3,97	0,77	5	3
Bosque Secundario	282,44	32	1,92	2,25	0,67	0,78	3	4
Agroecosistemas	236,82	18	1,05	1,39	0,44	0,58	2	2
Cuerpos de Agua	6,12	0	0	0	0	0	1	1
Pantanos y Turberas	5,38	0	0	0	0	0	1	1
Pastos	55,36	9	0,45	0,83	0,81	1,49	4	5

Tabla 10. Cálculo estadístico del peso de las unidades de uso de suelos en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón..

USO DE SUELOS	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Preservación y Protección	37,04	2	0,21	0,12	0,56	0,32	2	1
Reg. Natural y uso racional	25,77	8	0,29	0,95	1,12	3,68	5	5
Sistema Agrosilvopastoril	44,37	13	0,64	0,85	1,44	1,91	5	5
Producción Agroecológica	200,08	17	0,72	0,71	0,35	0,35	2	2
Mejoramiento y uso racional	206,87	28	0,66	0,61	0,31	0,29	1	1
Agroecología	81,15	10	0,45	0,73	0,55	0,89	2	4
Zona de Restricción	69,12	14	0,57	0,3	0,82	0,43	4	2

Tabla 11. Cálculo estadístico del peso de las unidades Geomorfológicas en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.

UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Relieve de montaña	321,77	43	2,01	2,04	0,62	0,63	3	3
Relieve de Altiplanicie	261,21	9	0,6	0,74	0,22	0,28	1	1
Relieve de origen fluvial	106,56	6	0,41	0,42	0,35	0,39	2	2
Depósitos de Lago	14,15	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 12. Cálculo estadístico del peso de las unidades de pendiente en la susceptibilidad a los FRM Fuente de agua El Motilón.

PENDIENTE	SUPERFICIE TOTAL UNIDAD (HA)	NUMERO DE OCURRENCIAS	SUPERFICIE ACOMULADA DE PROCESOS (HA)		SUSCEPTIBILIDAD O PESO		GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD PARA CADA UNIDAD	
			TIPO 1 TRASLACIONAL	TIPO 2 ROTACIONAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 1	TIPO 2
Plano	5,12	0	0	0	0	0	1	1
Ondulado	13,75	0	0	0	0	0	1	1
Muy Ondulado	53,35	3	0,15	0,19	0,28	0,35	1	2
Montañoso	122,9	13	0,78	0,91	0,63	0,74	3	3
Muy Montañoso	233,5	37	2,21	2,58	0,94	1,1	4	5
Escarpado	154,18	27	1,93	1,54	1,25	0,6	5	3
Muy Escarpado	0,99	1	0,008	0	0,8	0	4	1

Tabla 13. Categorías de Susceptibilidad Fuente de agua El Motilón.

Intervalo	Valor	Categoría de Susceptibilidad
<0,04	1	Nula
0,05-0,15	2	Baja
0,16-0,26	3	Media
0,27-0,45	4	Alta
>0,46	5	Muy Alta

12.1 Resultados Mapas de Susceptibilidad ante Movimientos de remoción en masa.

En términos generales, el área de estudio presenta una alta susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa hacia las partes altas de las fuentes de agua el Socorro, Bordoncillo y Motilón. Las pendientes escarpadas, la meteorización de los materiales, el uso inadecuado del suelo, la deforestación en algunas zonas sumado a la influencia tectónica y los periodos recurrentes de presipitación confluyen para tener unas condiciones que favorecen la ocurrencia de deslizamientos rotacionales y translacionales. El mapa de amenazas por movimientos de remoción en masa fue obtenido mediante la aplicación de la metodología denominada “Guía Metodología Para la Zonificación de Amenazas Por Fenómenos de Remoción en Masa- Método Univariado- y Escenarios de Riesgo por Avenidas Torrenciales” propuesto conjuntamente por Ingeominas y la Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC) y la cual fue descrita a detalle anteriormente.

El estudio permitió identificar los niveles de amenaza ante deslizamientos que se han agrupado en cinco categorías de susceptibilidad: Nula, Baja, Media, Alta y Muy alta (Tabla 14) que muestran como las microcuencas pueden dividirse en varios sectores dependiendo de las condiciones presentes en cada uno de estos. Las partes bajas son más estables principalmente por ser zonas de relieve ondulado a plano, mientras que las partes altas son inestables y en las partes medias existe una zona de un nivel de estabilidad intermedio. Las áreas críticas se encuentran dentro de las categorías de susceptibilidad Alta y Muy alta después de aplicar el método de análisis estadístico por medio del cual se pudo determinar la susceptibilidad de cada unidad del terreno por cada tipo de movimiento.

El mapa de susceptibilidad permitirá orientar el uso del suelo dentro de unos horizontes de planeación más amplios.

Tabla 14. Categorías de Susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa- (Definición)

CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD	DEFINICIÓN
NULA	Zonas planas, localizadas en las partes bajas de las microcuencas donde no se presenta susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa.
BAJA	Áreas donde se presenta la menor susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa, se presenta generalmente hacia las partes bajas de las áreas de estudio.
MEDIA	Susceptibilidad media ante movimientos de remoción en masa, generalmente en las partes intermedias de las microcuencas debido a las condiciones geoambientales presentes en estos sectores.
ALTA	Áreas en donde se genera una alta susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa principalmente a raíz del estado de alteración de los materiales y las fuertes pendientes.
MUY ALTA	Zonas de mayor susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa debido a las altas pendientes, el tipo de cobertura, el estado de los materiales y las geoformas del terreno especialmente en las partes altas de las microcuencas.

Susceptibilidad Total del Terreno a Deslizamientos, Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

MAPA N° 12

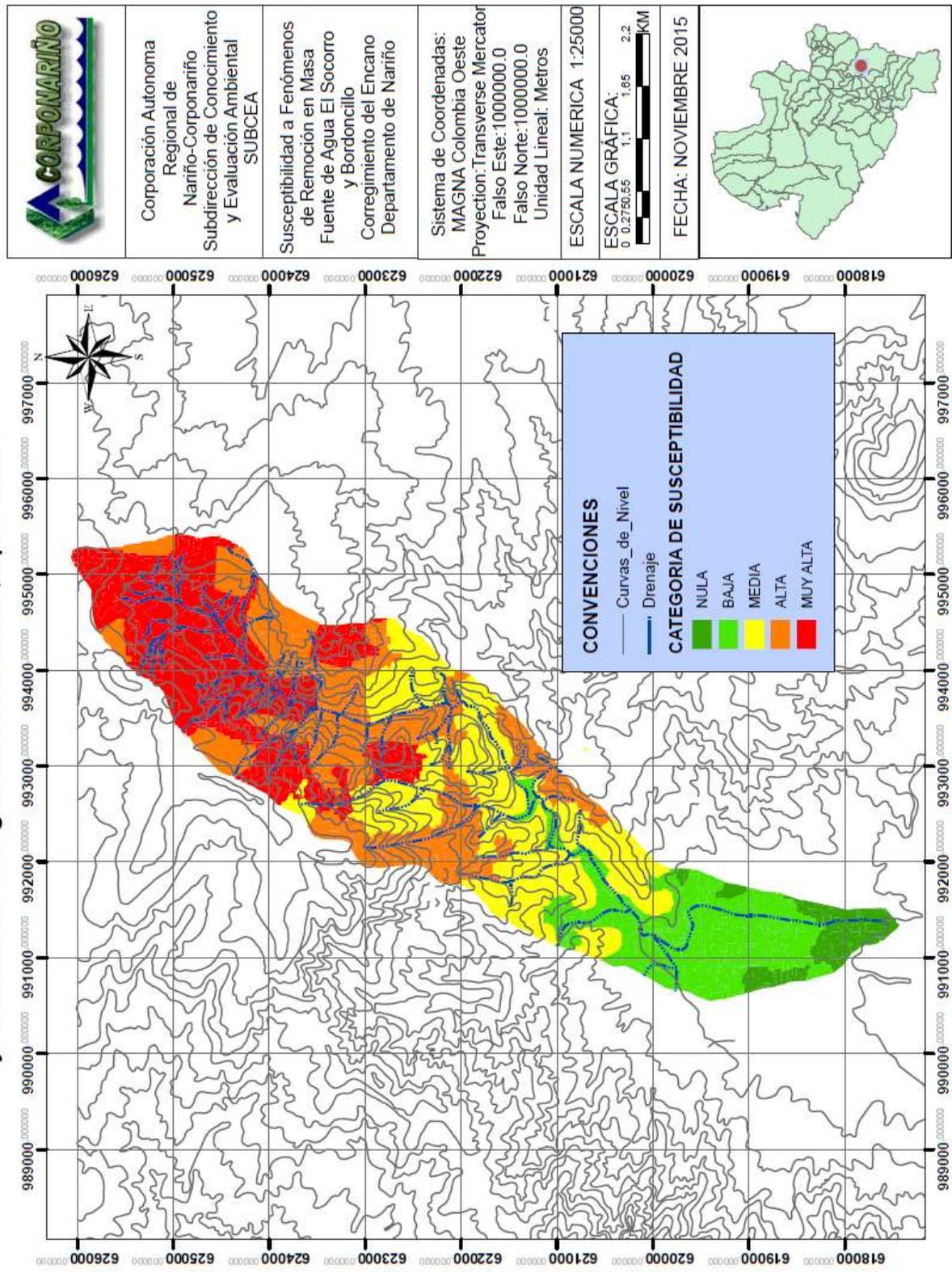


Figura 36. Mapa Susceptibilidad fuente de Agua el Socorro y Bordoncillo, Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

**Susceptibilidad Total del Terreno a Deslizamientos, Microcuenca el Motilón,
Corregimiento del Encano, Dpto Nariño**

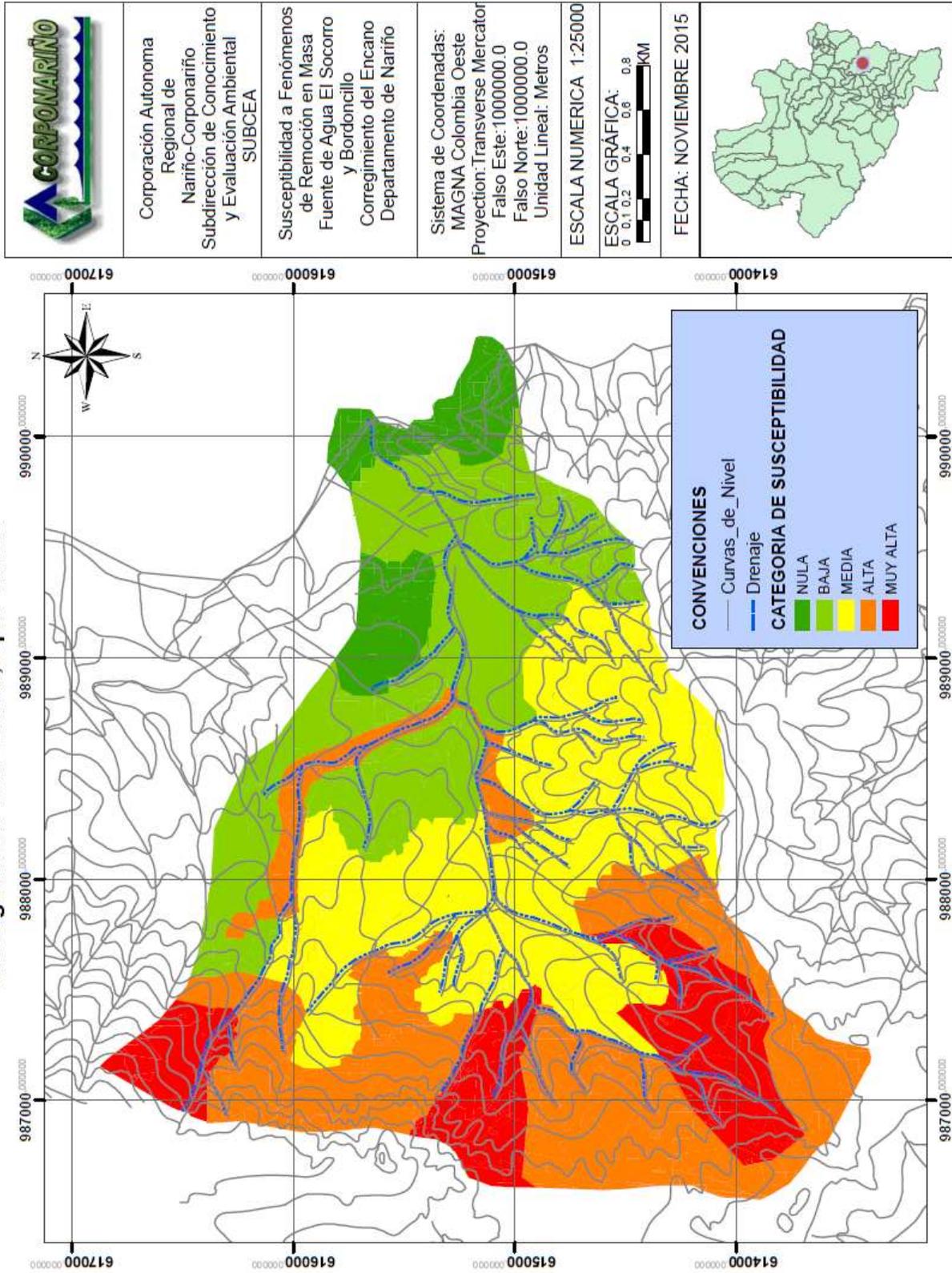


Figura 37. Mapa Susceptibilidad fuente de Agua el Motilón Corregimiento del Encano- Departamento de Nariño

13. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO

Las amenazas Naturales, como los fenómenos de remoción en masa y las avenidas torrenciales, pueden causar efectos catastróficos si en cercanías a su zona de ocurrencia existe la presencia de población, bienes materiales, actividades o funciones que al tener interacción con estos fenómenos naturales pueden generar afectación en aspectos económicos, sociales y ambientales. Estos escenarios se denominan como elementos expuestos ya que se encuentran vulnerables ante este tipo de amenazas, por lo tanto con la identificación de los mismos, se pretende principalmente generar una alerta para así prevenir posibles daños y pérdidas, dentro de una política global de reducción del riesgo.

Para el análisis de la vulnerabilidad, y antes de entrar a evaluar el modo, la magnitud y el nivel de daño comprobado o potencial de los elementos, es necesaria su identificación, con el fin de considerar únicamente aquellos que se encuentran dentro del área de influencia del fenómeno.

Por lo tanto en primer lugar, se realizó la caracterización y localización de los elementos expuestos susceptibles a ser afectados en las fuentes de agua el Socorro, Bordoncillo y Motilón, mediante la identificación de los mismos durante las salidas de campo. (Ver tablas 15 y 16).

Posteriormente se buscó cuantificar la dimensión de la interacción entre el fenómeno y los elementos expuestos así como la intensidad con que estos puedan generarse.

Adicionalmente se determinaron los posibles procesos generadores de daño teniendo en cuenta aspectos como las características de los depósitos presentes en las zonas aledañas, los registros históricos, los testimonios recopilados de los habitantes acerca de desastres naturales que causaron afectación en la zona durante eventos antiguos, el análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales y finalmente, la interpretación de cada una de las zonas de amenaza definidas en el mapa de susceptibilidad generado anteriormente mediante sistemas de información geográfica. De esta manera se establecieron los modos y niveles de afectación esperados en caso de que ocurra el evento.

13.1 Procesos generadores de daño

Para el caso de movimientos de remoción en masa y avenidas torrenciales existe una serie de procesos que dependiendo de su intensidad y su interacción con los elementos expuestos pueden generar afectación en los mismos, estos son:

Impactos: Ocurren debido a que objetos de gran tamaño como bloques y troncos se desplazan a grandes velocidades y causan daños severos al chocar con los elementos que se encuentren a su paso.

Presiones: Es el peso que se genera por flujos de gravas y arenas que se desplazan a gran velocidad y que ejercen fuerzas uniformes sobre las superficies de contacto con los elementos.

Socavación lateral: La socavación ocurre cuando hay remoción del margen de un cauce debido a la acción erosiva del flujo de agua, causando afectación en las bases de los taludes. Dependiendo de su magnitud y de los elementos ubicados en el área de influencia el grado de afectación puede variar.

Acumulaciones: son procesos de deposición de materiales, que causan afectación por obstrucción y taponamiento de ciertas estructuras; ese grado de afectación dependerá de la magnitud de la acumulación, en donde se tendrá muy en cuenta la posibilidad de recuperación del elemento.

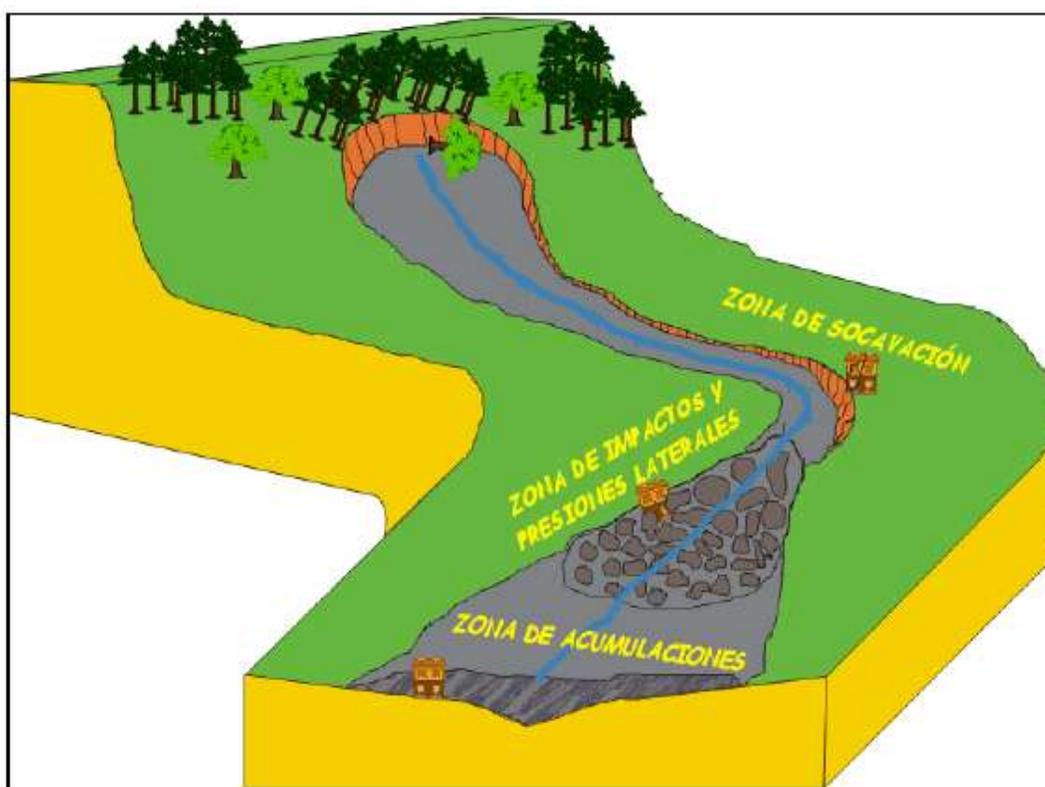
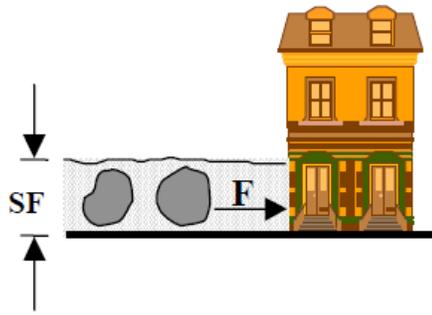
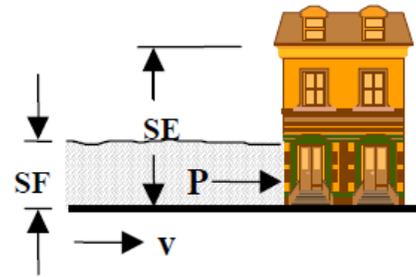


Figura 38. Procesos generadores de daño (Tomado de "Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales")



IMPACTO :

Zona donde la avenida torrencial transporta bloques y troncos de gran tamaño que chocan con gran fuerza contra los elementos a su paso.



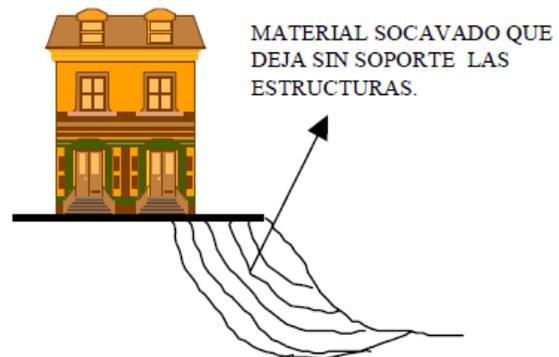
PRESIÓN LATERAL:

Zona donde la avenida torrencial choca con los elementos expuestos generando sobre ellos una fuerza que depende de la velocidad y del peso específico de la masa en movimiento.



ACUMULACIONES :

Deposición de material con un mínimo de energía cinética, pero que por simple ubicación sobre los elementos expuestos genera presiones o simplemente taponamiento.



SOCAVACIÓN:

Zona de arranque de material que aumenta la carga de la avenida torrencial. Deja sin soporte los elementos ubicados en las márgenes del fenómeno.

Figura 39. Procesos generadores de daño. (Tomado de "Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales")

- SF: Superficie de acción del fenómeno
- F: Fuerza generada por bloques u objetos de gran tamaño
- SE: Superficie de exposición del elemento
- P: Presión generada por el volumen del fenómeno
- V: Velocidad de viaje del fenómeno
- H: Altura de acumulación

Tabla 15. Modos y Niveles de daño de los elementos expuestos, Adaptada de Leone, 1996.

ELEMENTOS EXPUESTOS		Intensidad de daño	MODOS DE DAÑO	Tasas de Daño	
PERSONAS	P	I	Heridas leves sin secuelas.		
		II	Heridas importantes (fracturas).		
		III	Heridas graves (invalidez).		
		IV	Muerte.		
CONSTRUCCION	Co	I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada		
		II	Daños importantes. Fisuración de elementos.		
		III	Daños graves o destrucción total de la estructura		
REDES	VIAS	Vi	I	Obstrucción de la calzada.	
			II	Obstrucción de la calzada de gran volumen.	
			III	Ruptura de la calzada. Obstrucción definitiva.	
	CONDUCCIONES	Cd	I	Ruptura de la conducción	
	LINEAS	Li	I	Caída de la línea.	
	ACEQUIAS	Ac	I	Obstrucción por depositación menor.	
			II	Afectación de la sección.	
		III	Destrucción total del canal.		
SUPERFICIES NATURALES	SUELO	Su	I	Daños parciales a uso actual del suelo.	
			II	Daños totales a uso actual del suelo. Uso recuperable.	
			III	Restricción permanente en el uso del suelo.	
FUNCIONES	ECONOMICA	F-eco	I	Interrupción temporal; afectación productividad.	
			II	Interrupción prolongada; pérdida cosecha.	
			III	Interrupción definitiva.	
	TRANSPORTE COMUNICACION DISTRIBUCION	F-td	I	Interrupción momentánea (horas - días)	
			II	Interrupción prolongada (días - meses).	
			III	Interrupción definitiva.	
	SOCIAL - CULTURAL EDUCATIVA	F-sce	I	Interrupción temporal de la actividad.	
			II	Interrupción definitiva de la actividad.	
	SOCORRO SALUD SEGURIDAD	F-sss	I	Limitación operativa temporal.	
			II	Limitación operativa prolongada.	
III			Limitación operativa definitiva.		

- Construcciones
 - I. Daños ligeros no estructurales como rotura de puertas y ventanas, daño de muebles y enseres por presencia de lodo o por inundación.
 - II. Daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación.
 - III. Derrumbe parcial a total de la estructura; deposición de material con alturas superiores a 1,0 m que obligan a un abandono de la edificación.
- Vías
 - I. Deposición de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70 cm) que genera obstrucción y plantea la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación.
 - II. Deposición de material sobre la calzada, de altura media a alta (>70 cm) que genera obstrucción y requiere ardua labor de limpieza e incluso plantea la apertura de una variante.
 - III. Ruptura de la calzada por afectación de su estructura de base, debido a acciones erosivas por socavación lateral.
- Líneas
 - I. Caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte del servicio.
- Conducciones
 - I. Ruptura del elemento (tubería) que genera interrupción del servicio

- Acequias
 - I. Obstrucción del canal o reducción de su sección por deposición de material, que imposibilita un adecuado funcionamiento hidráulico. Requiere labores de limpieza.
 - II. Afectación de la sección del canal y daños estructurales del mismo que implican un cierto grado de reconstrucción.
 - III. Afectación total del canal por sedimentación de gran volumen o daños estructurales severos. Colmatación total del mismo
- Suelo
 - I. Daños parciales a predios con actividad agrícola o pastoril. Probable pérdida de cosechas y de pastos.
 - II. Daños totales a predios con actividad agrícola o pastoril. Pérdida de cosechas y pastos.
 - III. Deposición de bloques que restringe altamente la aptitud de uso del suelo. Difícilmente permite actividad agrícola o pastoril posterior.

13.2 Elementos Expuestos en el área de estudio.

Se realizó la caracterización y localización de los elementos expuestos tales como viviendas, vías, Bocatomas, edificaciones y cultivos susceptibles a ser afectados en las fuentes de agua el Socorro, Bordoncillo y Motilón, mediante la identificación de los mismos durante las distintas salidas de campo llevadas a cabo en el sector. Adicionalmente según la tabla de Modos y Niveles de daño de los elementos expuestos, Adaptada de Leone, 1996 se asignó a cada elemento in nivel de intensidad de daño de I a III.

Tabla 16. Elementos expuestos fuente de Agua Bordoncillo y El Socorro.

Coordenadas Norte	Coordenadas Este	Altura	Elementos Expuestos	Intensidad de Daño
992548	621859	2991	Bocatoma	III
998579	621829	2975	Vivienda	III
993179	621686	2987	Vivienda	II
992466	621521	2939	Vivienda	II
992459	621588	2960	Viviendas	II
992491	621630	2973	Cultivos	I
992466	621336	2870	Vía	III
992788	621405	2898	Vía	II
992612	621166	2895	Viviendas	II
992679	621022	9886	Cultivos	I
992444	621022	2832	Vía	III
992335	621064	2851	Cultivos	I
992380	621043	2849	Vivienda	I
992165	621054	2867	Capilla Cancha	II
992099	621995	2981	Cultivos	I
992132	621182	2910	Viviendas	I
992234	621020	2833	Cultivos	II

992085	620983	2821	Vía	I
992087	620802	2849	Vivienda	I
991981	621077	2851	Cultivos	II
991997	620940	2833	Vía	I
992097	620075	2849	Cultivos	I
992153	620715	2824	Viviendas Puente	I
992311	620750	2858	Cultivos	I
992084	620636	2843	Vivienda	I
992052	620611	2844	Viviendas	I
991958	620543	2844	Cultivos	I
991339	620119	2820	Puente	III
991306	619574	2815	Viviendas	I
991472	619627	2808	Viviendas Puente	I

Tabla 17. Elementos expuestos fuente de Agua El Motilón.

Coordenadas Norte	Coordenadas Este	Altura	Elementos Expuestos	Intensidad de Daño
987773	614080	2938	Bocatoma	III
988206	615149	2887	Vivienda	III
988306	614098	2879	Vivienda Cultivos	II
988420	615105	2868	Vía	I
988466	615112	2866	Viviendas	I
988781	615191	2843	Viviendas	I
988976	615212	2834	Viviendas	I
989165	615234	2829	Vía	I
989173	615262	2824	Viviendas Cultivos	I
989325	615287	2816	Vía	I
989573	615399	2810	Escuela	I
989774	615776	2803	Viviendas	I

Ejemplos de elementos expuestos localizados en los sectores El socorro, Bordoncillo y El Encano que podrían verse afectados ante la posible ocurrencia de una avenida torrencial.



Figura 41. Edificaciones localizadas en terraza aledaña al cauce del Río encano y vía afectada por socavación lateral.



Figura 40. Viviendas ubicadas sobre depósitos de antiguas avenidas torrenciales y puente en posible riesgo.



Figura 43. Puente sector El Encano, destruido anteriormente por avenida torrencial.



Figura 42. Cultivos ubicados en zona inundable y de depositación de sedimentos ante posible avenida torrencial.



Figura 45. Vivienda localizada sobre depósitos de antiguas avenidas torrenciales.



Figura 44. Vía afectada por socavación lateral producida por el Encano.

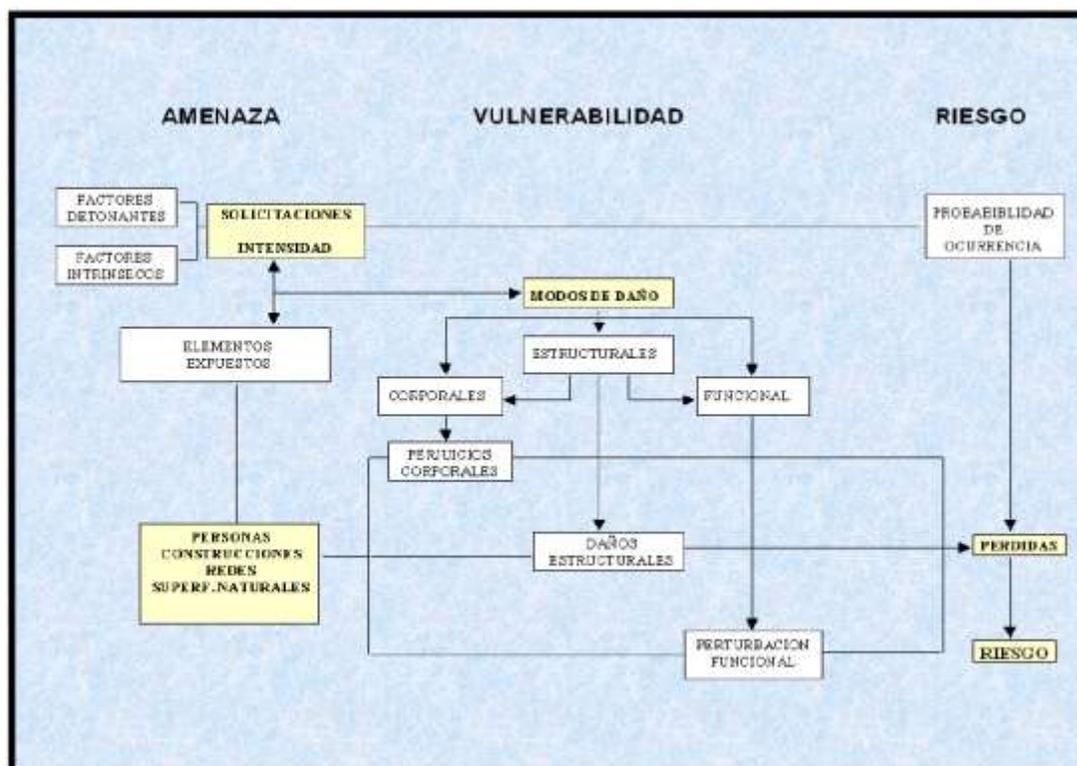


Figura 46. Metodología para la estructuración de un escenario de riesgo (Tomado de "Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa - método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales")

Ejemplos de elementos expuestos localizados en la Microcuenca el Motilón que podrían verse afectados ante la posible ocurrencia de una avenida torrencial.



Figura 48. Bocatoma que abastece a la Vereda El Motilón ubicada hacia la parte media de la Microcuenca.



Figura 47. Vivienda afectada por socavación lateral y posibles depósitos torrenciales del Río Motilón.



Figura 50. Cultivos localizados al margen izquierdo del Río Motilón.



Figura 49. Vía localizada al margen derecho del Río Motilón expuesta en su mayoría a inundaciones.

13.3 Resultados Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales

Las altas pendientes, la sismicidad, las elevadas precipitaciones y la alta susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa debido a los factores intrínsecos de las microcuencas, crean las condiciones ideales para el desencadenamiento de avenidas torrenciales.

Con el estudio se obtuvieron tres niveles de riesgo, Alto, Medio y Bajo, para su categorización se tiene en cuenta la geomorfología de las microcuencas, la cual brinda conocimiento acerca de las zonas propensas a la depositación del material torrencial en el escenario de que este fenómeno ocurra, adicionalmente se identifican las áreas que han sido afectadas por eventos torrenciales en el pasado y se reconocen los de elementos expuestos ubicados en dichas zonas tales como edificaciones, cultivos, vías, bocatomas, entre otros, estos parámetros categorizan dichas zonas como de riesgo Alto, en donde la afectación por avenidas torrenciales es elevada y puede poner en riesgo vidas y bienes. El riesgo Medio hace referencia a aquellas zonas de las microcuencas que presentan relieve plano a ondulado en donde solo sedimentos finos son depositados debido a la pérdida de velocidad y capacidad de carga, sin embargo son zonas inundables, que aunque no en gran magnitud, pueden generar afectación. El riesgo Bajo incluye áreas no inundables y donde la geomorfología no permite que se depositen sedimentos, esto generalmente se presenta hacia las partes altas de las microcuencas, donde no se encuentran elementos expuestos que puedan estar en riesgo.

El resumen de los escenarios se presenta en la tabla 18, donde se enuncian las características de las categorías de riesgos utilizados en los mapas de riesgos generados.

Tabla 18. Categorías de riesgo ante Avenidas Torrenciales

CATEGORÍAS DE RIESGO	DEFINICIÓN
ALTO	Zonas de mayor riesgo por avenidas torrenciales, debido a la ubicación de elementos expuestos en estos sectores como viviendas, cultivos, vías, bocatomas, entre otros, en donde se evidencian antiguos depósitos de torrente ya que las condiciones físicas de las microcuencas hacen propensa su depositación debido al cambio de pendiente, lo que pone en peligro vidas y bienes.
MEDIO	Al llegar a esta zona, parte de los afluentes que generan avenidas torrenciales han perdido velocidad, altura de flujo y capacidad de carga, aunque se encuentran algunos elementos expuestos susceptibles a ser afectados, son áreas propensas a inundaciones y depositación de sedimentos finos.
BAJO	Zonas de riesgo bajo ante amenaza por avenidas torrenciales debido a que se localizan hacia las partes altas de las microcuencas en donde los cauces encañonados y las altas pendientes no permiten la depositación de material torrencial, adicionalmente no se encuentran elementos expuestos en dicho sector.

Mapa de Riesgos ante la Ocurrencia de Avenidas Torrenciales, Fuentes de Agua El Socorro y Bordoncillo Corregimiento del Encano, Dpto Nariño

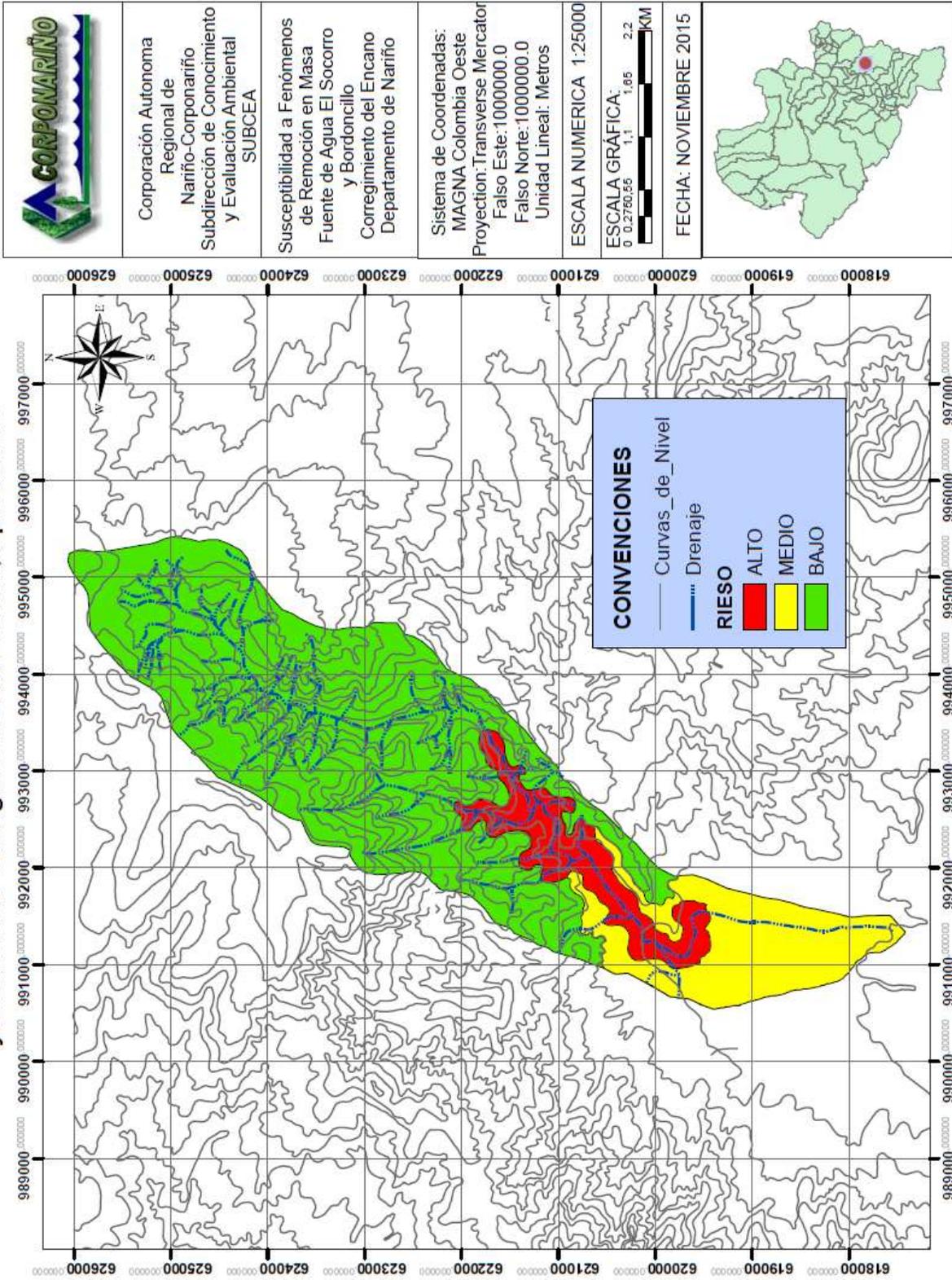


Figura 51. Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales, Fuente de agua el Socorro y Bordoncillo.

MAPA
N° 15

**Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de Avenidas Torrenciales, Microcuenca el Motilón,
Corregimiento del Encano, Dpto Nariño**

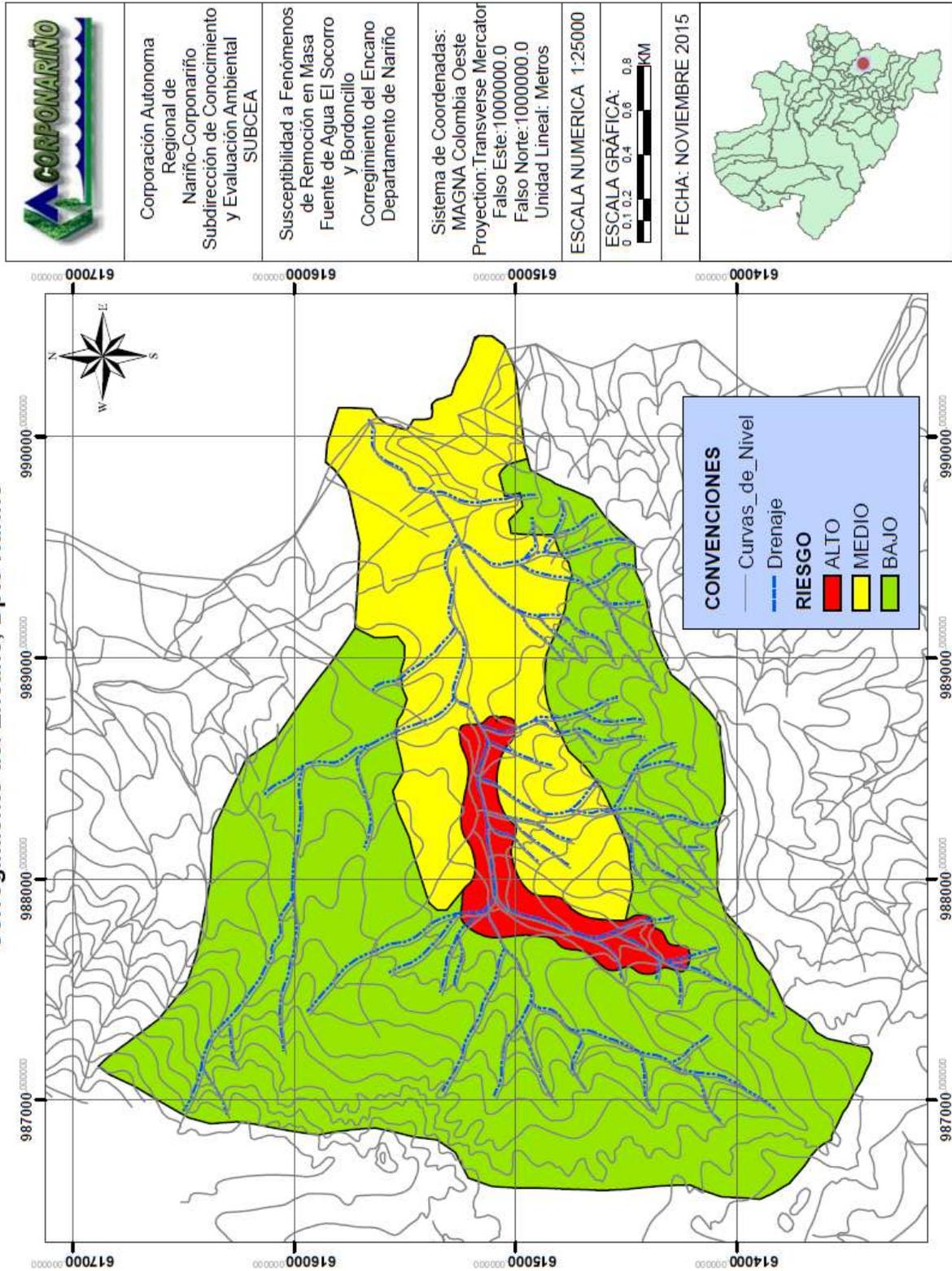


Figura 52. Mapa de Riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales, Fuente de Agua el Motilón.

14. FACTORES DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA AMENAZA

Una vez obtenida la susceptibilidad del terreno, se analizan los factores externos que pueden originar los fenómenos de remoción en masa y detonar la ocurrencia de avenidas torrenciales como son la precipitación y la sismicidad. Se buscó detectar el periodo de frecuencia con que estos eventos se presentan y la interacción que tienen con la generación de dichos fenómenos, para de esta forma proponer un seguimiento a los mismos con el fin de prevenir futuros incidentes, de esta manera se hizo un seguimiento a las áreas en las que se han presentado lluvias extremas e incrementos en actividad sísmica por medio de registros documentales, información instrumental y testimonios de los pobladores más antiguos del sitio.

14.1 Precipitación

Debido a las condiciones climáticas que presenta la zona de estudio, se establece que la mayoría de los movimientos de remoción en masa que se originan en las laderas son detonados por lluvias intensas, por lo tanto es importante conocer como es régimen de distribución de lluvias a lo largo del año, para así determinar la época en las que estos se pueden presentar con mayor frecuencia.

Este régimen de distribución de las lluvias, presenta una época de intensas lluvias de Abril a Agosto y una época de pocas lluvias en los meses de Octubre a Marzo. La distribución espacial de las lluvias medias anuales muestra variaciones mayores a 2500mm anuales en el sector del Encano.

La precipitación media anual en la estación del Encano y zonas aledañas es de 1332.7mm., registrando las máximas medias mensuales en los meses de abril, Mayo, Junio y Julio, alcanzando un valor medio mensual de 155 mm. para el mes de Mayo; mientras que los mínimos se presentan en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, reportando un valor mínimo medio mensual de 82.4 mm. en el mes de Enero.

En los registros de las estaciones pluviométricas Santa Isabel y El Encano se observa un régimen monomodal, un solo período lluvioso fuerte durante el año y un episodio de menor precipitación. El único período de lluvias se presenta entre los meses de abril y agosto, mientras que el período seco se extiende entre los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y parte de marzo. (Ver figura 54).

La distribución interanual de la precipitación en las estaciones El Encano y Santa Isabel, puede observarse la influencia del fenómeno del Pacífico (El Niño y La Niña) en menor grado que en las estaciones Wilquipamba y Río Bobo. En relación con el fenómeno de El Niño, es evidente que éste generó una leve disminución en los siguientes periodos: un aumento de la lluvia en los siguientes años: 1994, 1997y 1999, tal como se muestra en la Grafico 71992-1993, 1995, 1998 y 2002-2003, exceptuando el descenso significativo de la precipitación en la estación Santa Isabel para el año de 1998. La situación contraria fue detectada en las estaciones producto del fenómeno de La Niña (Ver figura 55).

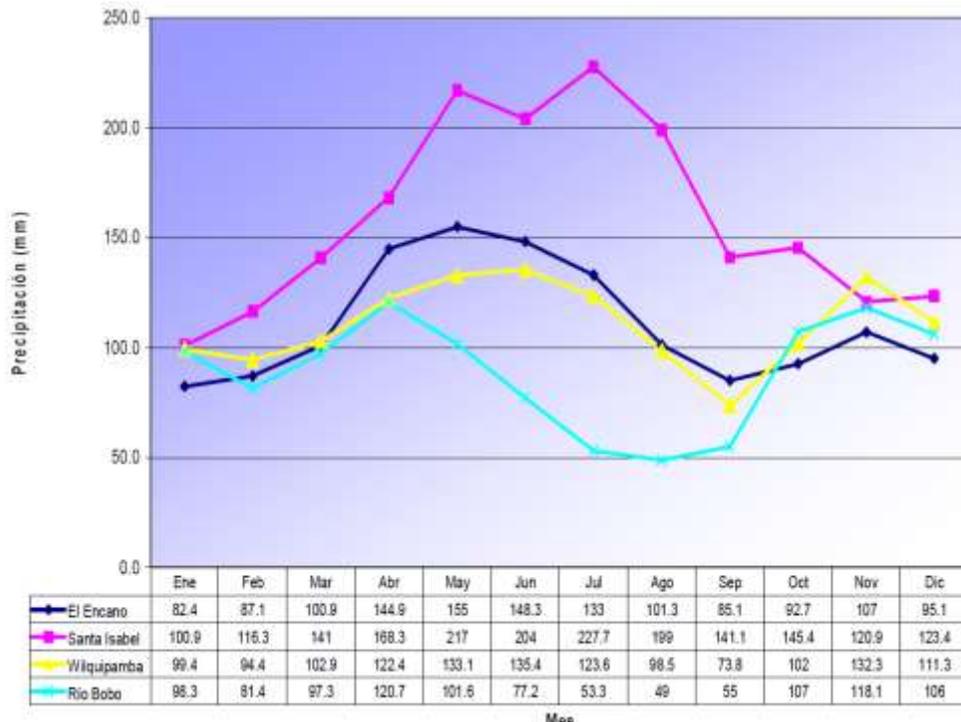


Figura 53. Variación estacional Precipitación Media Estaciones el Encano, Santa Isabel, Wilquipamba y Rio Bobo. (Tomado de Manejo Humedal Laguna de la Cocha, Plan Integral del Ramsar)

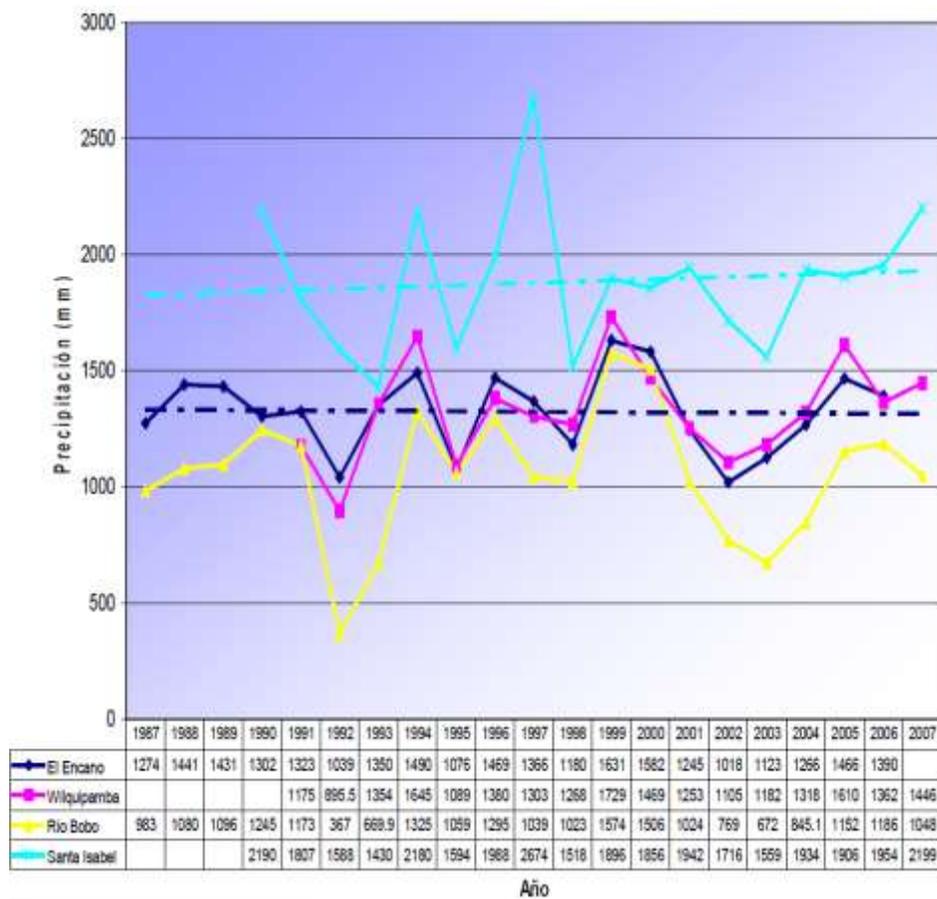


Figura 54. Precipitación Media plurianual- Estación el Encano, Wilquipamba, Rio Bobo y Santa Isabel. (Tomado de Manejo Humedal Laguna de la Cocha, Plan Integral del Ramsar)

La distribución de la precipitación anual determinada para el Humedal Ramsar sugiere que, debido a su ubicación geográfica, tanto para las fuentes de agua el Socorro, Bordoncillo y Motilón el rango de pluviosidad anual se encuentra entre 1400 y 1800 mm.

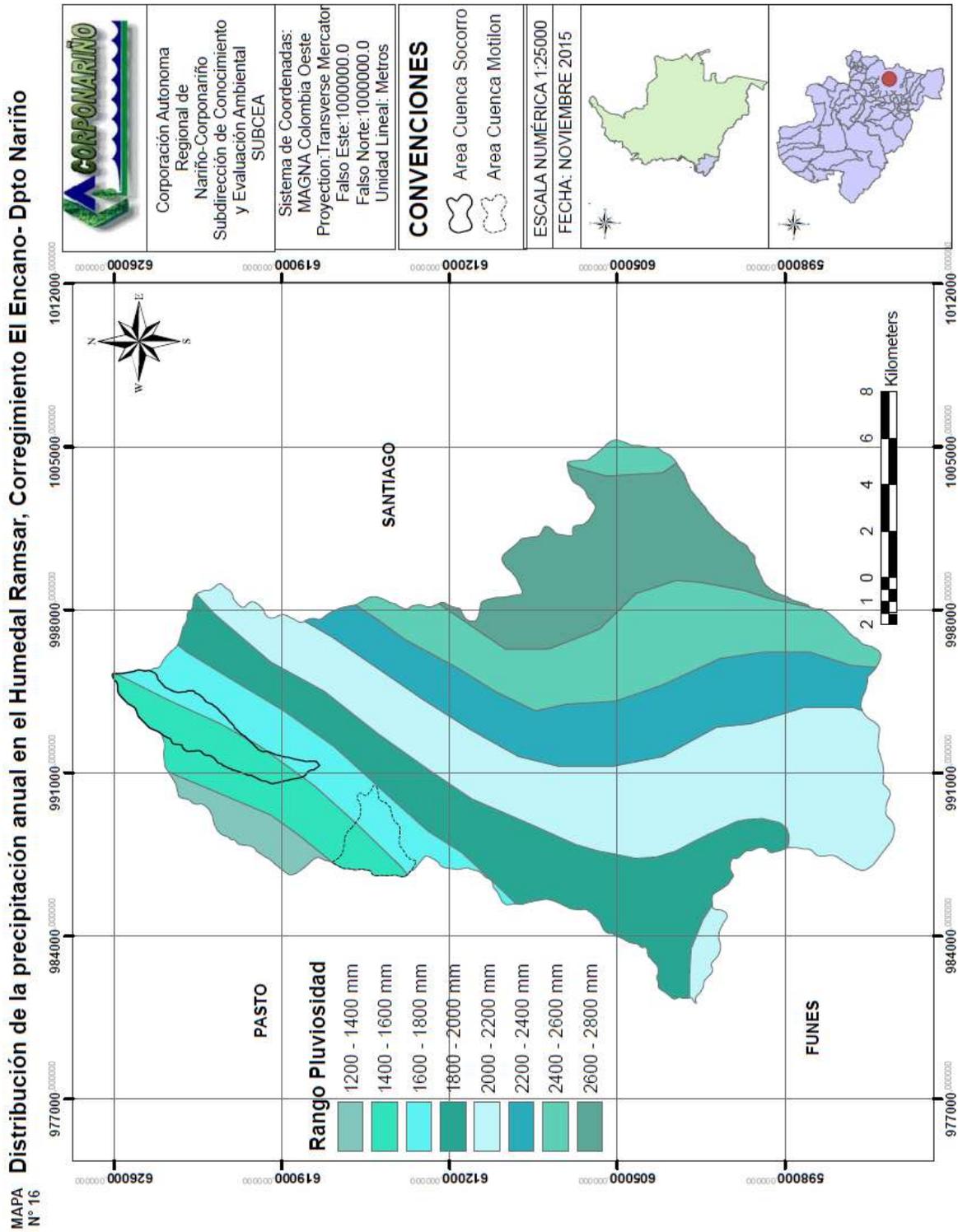


Figura 55. Distribución de la precipitación anual en el Humedal Ramsar.

14.2 Sismicidad

La sismicidad producto de la tectónica de placas es un detonante de fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio ya que esta se ubica sobre la Cordillera Oriental y sus estribaciones hacia la región amazónica, y se encuentra afectada por fallas a nivel regional que ejercen control estructural sobre la morfología de la misma. Los principales rasgos estructurales se deben a la convergencia de las tres cordilleras y al estrechamiento y levantamiento de las depresiones interandinas. Las fallas activas que afectan directamente el área de estudio son:

Falla Afiladores: Localizada al occidente de la Laguna de la Cocha por lo tanto ejerce control tectónico sobre la microcuenca el Motilón, falla de cabalgamiento con dirección NS.

Falla Río Magdalena: Se localiza hacia la parte Norte de la Laguna de la Cocha Su dirección es E-W, ejerce control tectónico sobre la parte baja de las microcuencas el Socorro y Bordoncillo. (INGEOMINAS, GEOLOGÍA DE LAS PLANCHA 429 – PASTO ESCALA 1:1000 MEMORIA EXPLICATIVA. BOGOTA, 1991)

SISMICIDAD REGISTRADA DESDE 1993 HASTA 2015

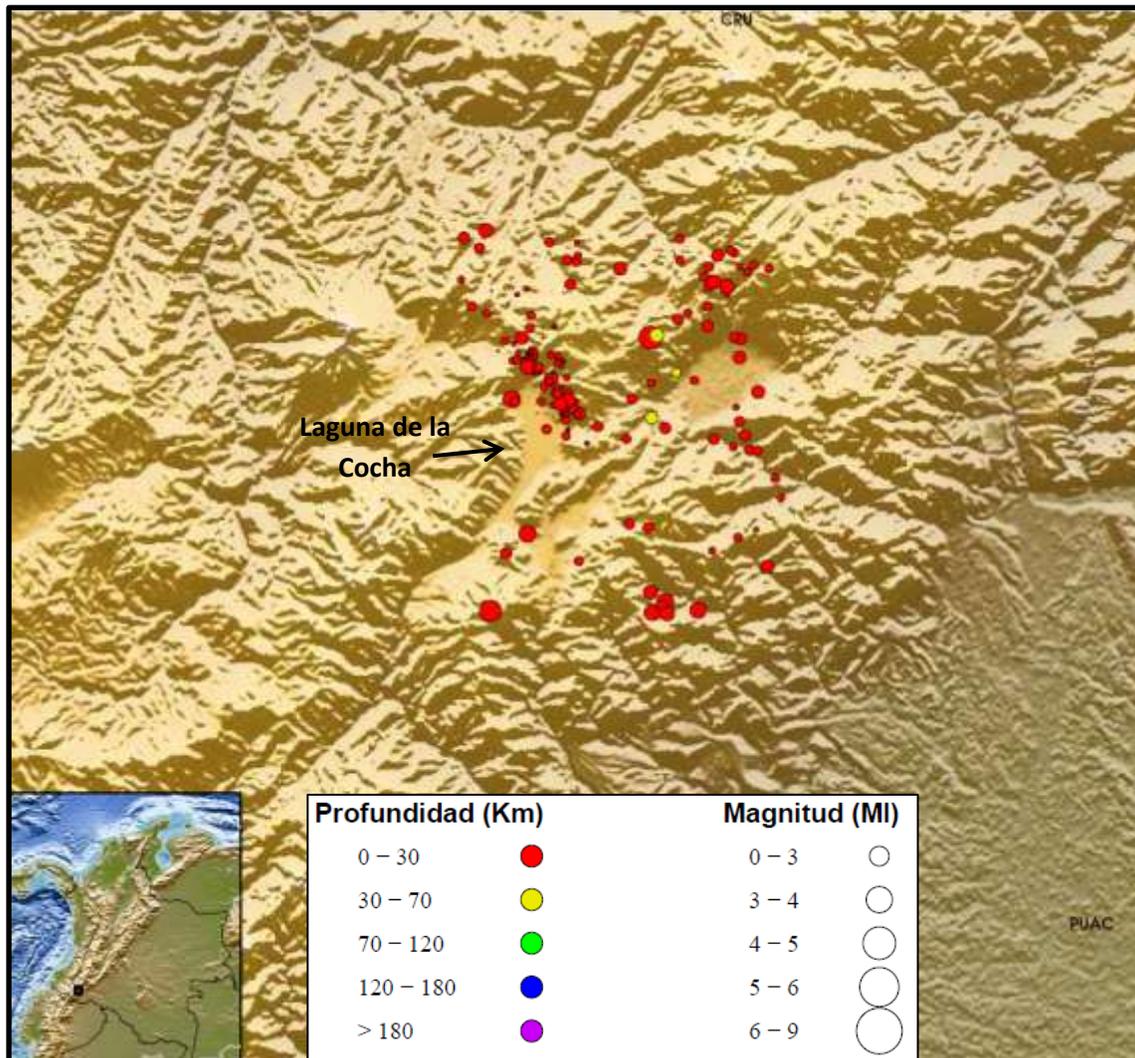


Figura 56. Sismicidad registrada en la zona de estudio desde 1993 hasta 2015 (información suministrada por la Red Sismológica Nacional de Colombia.).

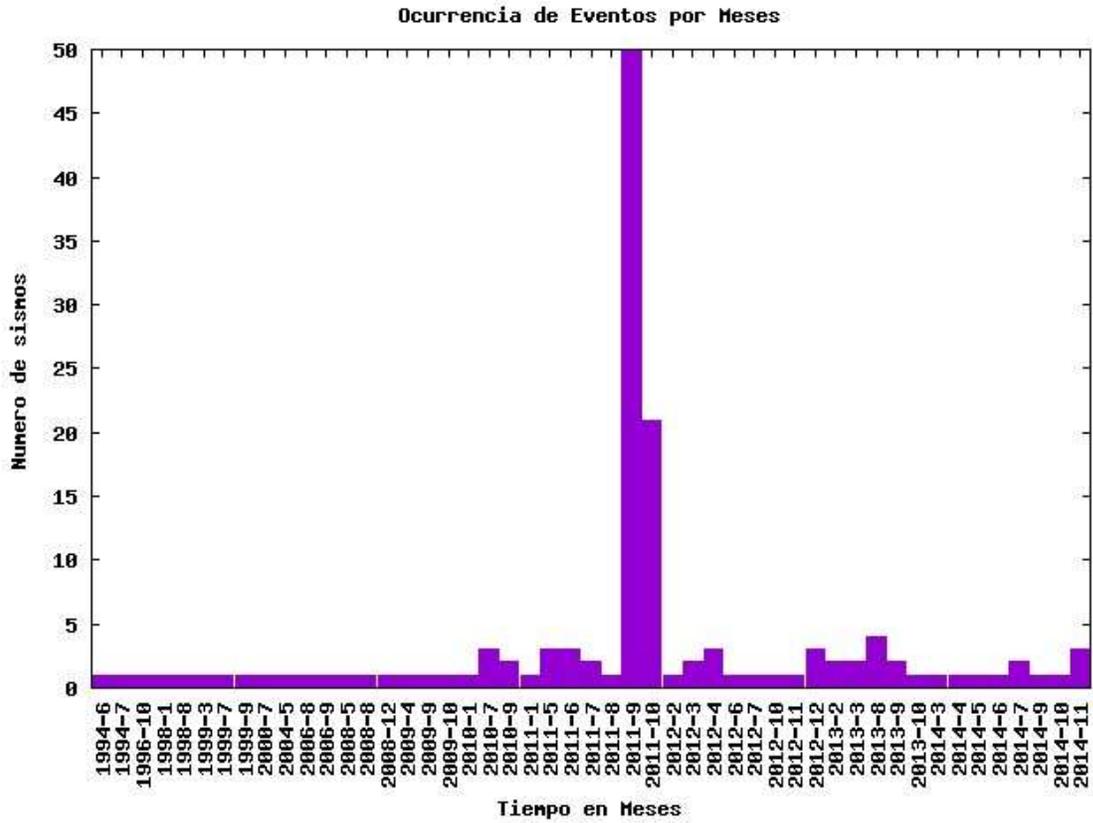


Figura 57. Ocurrencia de eventos sísmicos por mes,

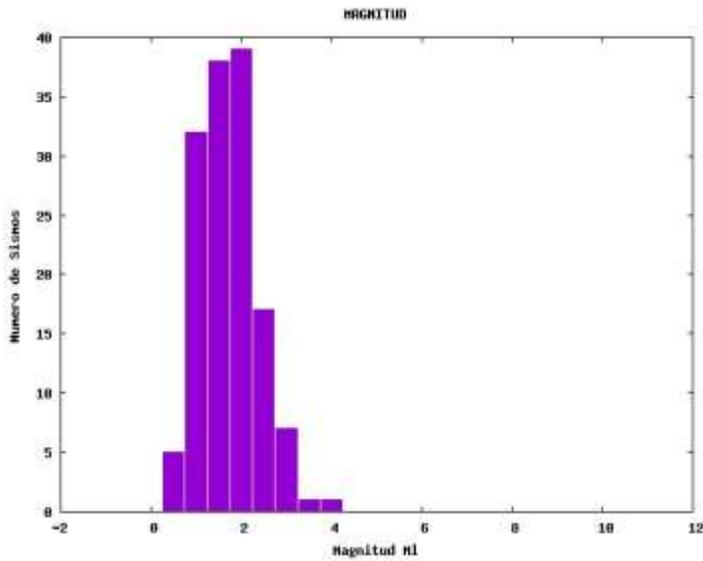


Figura 59. Magnitud eventos Sísmicos.

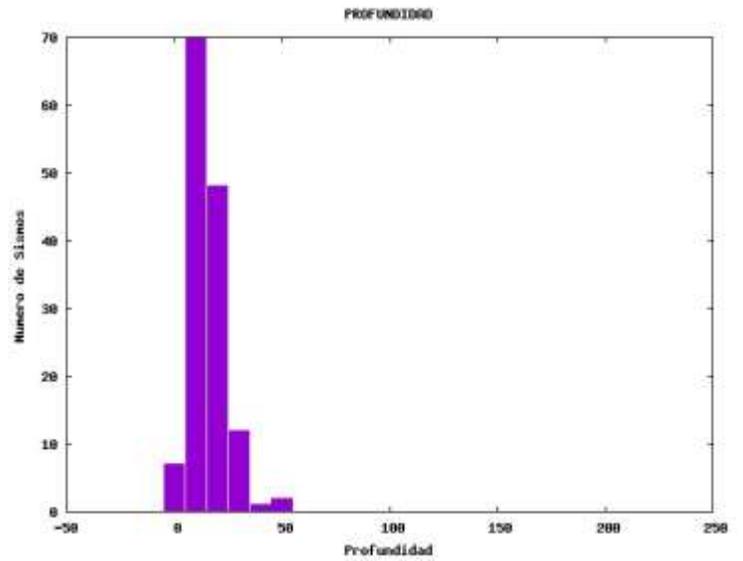


Figura 58. Profundidad eventos Sísmicos.

((Información suministrada por la Red Sismológica Nacional de Colombia.))

15. CONCLUSIONES

- Las microcuencas el Socorro, Bordoncillo y Motilón se encuentran en un alto grado de erosión como consecuencia de las altas pendientes, el sistema de fallas existente en la zona, rocas en estado avanzado de meteorización, factores antrópicos como la deforestación en áreas de vegetación nativa y el uso inadecuado del suelo detonadas por la ocurrencia de lluvias por largos períodos de tiempo produciendo la saturación de los suelos y los eventos sísmicos. En general, las quebradas tienen un potencial erosivo en aumento que genera continuamente movimientos de remoción en masa que pueden desencadenar flujos torrenciales.
- La superposición de propiedades tanto geológicas, geomorfológicas, de cobertura, uso de suelo y pendientes del terreno, permite categorizar el grado de susceptibilidad ante movimientos de remoción en masa de acuerdo a la vulnerabilidad que presenta el conjunto de características intrínsecas de las diferentes capas temáticas.
- La mayor susceptibilidad ante ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que puedan desencadenar posibles avenidas torrenciales en las microcuencas El Socorro, Bordoncillo y Motilón se evidencia en la parte superior de las mismas, debido las altas pendientes, el estado de meteorización de las unidades y el uso inadecuado del suelo, sumado a los diferentes factores detonantes. Por otro lado, se evidencia que hacia la parte media de las microcuencas, la categoría de susceptibilidad ante deslizamientos es de alta a media, y en la parte inferior la susceptibilidad corresponde a baja y nula.
- Los depósitos encontrados en zonas aledañas a las quebradas evidencian la ocurrencia de antiguas avenidas torrenciales, el reconocimiento de los mismos permitió delimitar las zonas vulnerables propensas a sufrir afectación ante la generación de un nuevo fenómeno.
- De acuerdo a la ubicación de los elementos expuestos se generó el mapa de riesgos ante la ocurrencia de avenidas torrenciales y como resultado de su análisis se determinó que el riesgo alto se presenta en la zona media-baja de las microcuencas donde se localiza la mayor cantidad de viviendas, vías y cultivos, coincidiendo con las zonas donde se encuentran antiguos depósitos torrenciales sumado al grado de pendiente que favorece la depositación de flujos de lodo, flujos de material rocoso de tamaños considerables y material vegetal generando graves daños a las estructuras, viviendas, vías, puentes etc. Por otro lado hacia los sectores de baja pendiente en las microcuencas como los son la vereda el Motilón y el sector del puerto se exponen a inundaciones y depositación de sedimentos finos.
- Los periodos de lluvias de alta intensidad se generan en los meses de abril, Mayo, Junio y Julio, registran las máximas medias mensuales, este factor influye notablemente en la generación de fenómenos de remoción en masa siendo estos la causa principal de detonación.

- La sismicidad producto de la tectónica de placas se considera también como un factor detonante de fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio ya que esta se ubica sobre la Cordillera Oriental y sus estribaciones hacia la región amazónica, y se encuentra afectada por fallas a nivel regional que ejercen control estructural sobre la morfología de la misma causando diaclasamiento en las unidades rocosas.

16. RECOMENDACIONES

- La zonificación de la susceptibilidad que se presenta en este estudio para las microcuencas el Socorro, Bordoncillo y el Motilón, ofrece información esencial para la toma de decisiones, ya que establece las áreas donde se es más susceptible a presentar los fenómenos de remoción en masa por lo tanto se recomienda realizar un control y monitoreo sobre dichas áreas, así como también adoptar medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles de sufrir deslizamientos activos o potencialmente inestables.
- Se recomienda realizar la incorporación del riesgo presente en las microcuencas en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, con el fin de establecer medidas para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro.
- Es indispensable prevenir el deterioro de las condiciones ambientales en las microcuencas, evitando que las zonas con altas pendientes sean deforestadas, igualmente se debe evitar el cambio de cobertura y el sobrepastoreo ya que por esto influye directamente en la generación de fenómenos de remoción en masa. Se deben adoptar medidas preventivas para evitar la generación de dichos fenómenos, estas pueden ser la reforestación de áreas de pendiente medianas a altas.
- Es necesario también desarrollar estrategias educativas que capaciten a la población ante prevención y reducción del riesgo, considerando la opción de reubicar los elementos que se encuentren en amenaza de zona alta.
- Cabe que aclarar que la amenaza por avenidas torrenciales integra gran cantidad de fenómenos hidrológicos, físicos, hidráulicos, entre otros, y en general una descripción completa de todos estos fenómenos es compleja, por lo tanto se recomienda realizar un estudio hidráulico con el fin de combinar dichos factores y complementar así el presente estudio.

17. BIBLIOGRAFÍA

- “Guía Metodología Para la Zonificación de Amenazas Por Fenómenos de Remoción en Masa- Método Univariado- y Escenarios de Riesgo por Avenidas Torrenciales” propuesto conjuntamente por Ingeominas y la Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS PLANCHA GEOLÓGICA Escala 1:1000 No.429 – Pasto. Bogotá, 1991.
- INGEOMINAS, Documento metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico, insumo para el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000
- INGEOMINAS, Documento metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico, insumo para el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa.
- Jaime Suarez Díaz. “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.”
- Lugo, 1988, Pedraza, 1996. Clasificación de la Pendiente de un Terreno.
- PLAN DE MANEJO INTEGRAL HUMEDAL RAMSAR LAGUNA DE LA COCHA San Juan de Pasto, Diciembre 2008. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL FONDO DE COMPENSACION AMBIENTAL. CORPONARIÑO
- RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA. Sismicidad registrada en la zona de estudio desde 1993 hasta 2015.