

EOT

Esquema de Ordenamiento Territorial
del Municipio de Curillo

2021

REVISIÓN Y AJUSTE DEL
ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
EOT DEL MUNICIPIO DE CURILLO,
DEPARTAMENTO DE CAQUETA



C.C.C.



INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CURILLO

CONTENIDO

ALCANCES	8
1 GENERALIDADES.....	8
1.1 Marco de referencia	8
1.1.1 Marco conceptual.....	9
2 EVENTOS HISTÓRICOS.....	11
2.1 Información secundaria	11
2.2 Proceso de participación ciudadana.....	15
3 DELIMITACIÓN DE Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA	18
3.1 Estudio básico de amenaza por movimientos en masa en zona rural	18
3.1.1 Descripción Metodológica	18
3.1.2 Zonificación de la Amenaza	38
3.2 Estudio básico de amenaza por movimientos en masa en zona urbana y centros poblados	41
3.3 Estudio básico de amenaza por inundación en zona rural	48
3.3.1 Estudios Previos	49
3.3.2 Descripción Metodológica.....	53
3.3.3 Zonificación de la amenaza por inundaciones	66
3.4 Estudio básico de amenaza por inundación en suelo urbano.	71
3.4.1 Estudios previos.....	71
3.4.2 Insumos generales.....	75
3.4.3 Descripción metodológica	77
3.4.4 Caracterización del sistema hídrico	87
3.4.5 Régimen de precipitación.....	88
3.4.6 Zonificación final de la amenaza por inundación	90
3.5 Estudio básico de amenaza por avenidas torrenciales	94
3.5.1 Descripción metodológica	94
3.5.2 Análisis geomorfológico	96
3.5.3 Zonificación de la amenaza	99
3.6 Otras amenazas	102
3.6.1 Incendios forestales	102
3.6.2 Socavación lateral.....	114
3.6.3 Sequias	118



3.6.4	Tormentas eléctricas.....	124
3.6.5	Sismos	126
3.6.6	Vendavales	127
4	ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA	130
4.1	Áreas con condición de amenaza por avenidas torrenciales	130
4.2	Áreas con condición de amenaza por movimientos en masa	130
4.2.1	Suelo rural.....	130
4.2.2	Suelo urbano y centros poblados.....	130
4.3	Áreas con condición de amenaza por inundaciones	131
4.3.1	Suelo rural.....	131
4.3.2	Suelo urbano y de expansión y centros poblados.....	132
5	ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO.....	134
5.1	Áreas con condición de riesgo por avenidas torrenciales	134
5.2	Áreas con condición de riesgo por movimientos en masa	134
5.2.1	Suelo rural.....	134
5.2.2	Suelo urbano y centros poblados.....	134
5.3	Áreas con condición de riesgo por inundaciones	135
5.3.1	Suelo rural.....	135
5.3.2	Suelo urbano y de expansión y centros poblados.....	136
5.4	MEDIDAS DE INTERVENCIÓN Y PRIORIZACIÓN PARA ESTUDIOS DE DETALLE	138
5.4.1	Movimientos en masa	138
5.4.2	Inundaciones.....	139
5.4.4	Otras amenazas.....	141
6	BIBLIOGRAFÍA	142



Índice de figuras

Figura 1. Proceso de recopilación de información historia de eventos	11
Figura 2. Eventos históricos según el tipo de amenaza para el municipio de Curillo	13
Figura 3. Eventos históricos por fuente consultada.	14
Figura 4. Eventos históricos reportados por fuentes secundarias para el municipio de Curillo	15
Figura 5. Espacios de participación en el municipio de Curillo	16
Figura 6. Espacialización de eventos identificados por la comunidad	17
Figura 7. Uso de SIG para el análisis heurístico de susceptibilidad por movimientos en masa	19
Figura 8. Descripción metodológica de la zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa ...	19
Figura 9. Susceptibilidad a movimientos en masa por geología para el municipio de Curillo.....	23
Figura 10. Susceptibilidad a movimientos en masa por geomorfología para el municipio de Curillo.....	27
Figura 11. Susceptibilidad a movimientos en masa por suelos para el municipio de Curillo	29
Figura 12. Susceptibilidad a movimientos en masa por coberturas para el municipio de Curillo.....	32
Figura 13. Susceptibilidad total a movimientos en masa por coberturas para el municipio de Curillo.....	33
Figura 14. Matriz de calificación detonante clima	34
Figura 15. distribución del detonante precipitación para el municipio de Curillo.....	36
Figura 16. distribución del detonante temperatura para el municipio de Curillo	36
Figura 17. distribución del detonante sismo para el municipio de Curillo	37
Figura 18. Matriz de decisión para la categorización de la amenaza relativa.....	38
Figura 19. Zonificación final de amenaza por movimientos en masa para el municipio de Curillo	39
Figura 20. Zona en categoría de amenaza media asociada en la vereda La Novia	40
Figura 21. Metodología zonificación básica de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000 ...	42
Figura 22. Zonificación de las pendientes en el casco urbano de Curillo	43
Figura 23. Puntos de muestreo de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) en el casco urbano de Curillo	44
Figura 24. Esquema del cálculo de profundidad de la tabla de agua para el factor de seguridad.....	46
Figura 25. Amenaza por movimientos en masa en zona urbana del municipio de Curillo.....	47
Figura 26. Rangos de pendientes para el centro poblado Salamina y Puerto Valdivia	48
Figura 27. Mapa de inundaciones en el municipio de Curillo desarrollada por Consultoría EOT Curillo 2012.	51
Figura 28. Mapa de Gestión del Riesgo de Curillo desarrollado por Consultoría EOT Curillo 2015.....	52
Figura 29. Zonificación de amenaza por inundación en el municipio de Curillo desarrollada por UT Gestión del riesgo Caquetá 2018.....	53
Figura 30. Metodología implementada para la zonificación por inundaciones en suelo rural	54
Figura 31. Unidades geomorfológicas identificadas para el municipio de Curillo	55
Figura 32. Geformas susceptibles a inundaciones en el municipio de Curillo	56
Figura 33. Formas del paisaje presentes en el área de estudio (sistema meándrico).....	60
Figura 34. Cauce principal del río Caquetá 1969.....	61
Figura 35. Cauce principal del río Caquetá 1999.....	61
Figura 36. Cauce principal del río Caquetá 2020.....	62
Figura 37. comparativo del cauce principal del río Caquetá y un afluente en 3 momentos (1969, 1999 y 2020)	62
Figura 38. Sección A, comparativo del afluente que desemboca en el Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020).....	63
Figura 39. Sección B, comparativo del cauce principal del río Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020) ..	64



Figura 40 Sección C, comparativo del cauce principal del río Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020) .	65
Figura 41.Eventos históricos por inundaciones reportados para el municipio de Curillo	66
Figura 42 Zonificación de amenaza por inundaciones en el municipio de Curillo.....	68
Figura 43 . Zona en categoría de amenaza alta asociada en la vereda Horizonte.....	69
Figura 44 . Zona en categoría de amenaza media asociada a la laguna la Cocha	70
Figura 45 Zonificación de amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo	71
Figura 46 Zonificación de amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo	72
Figura 47 Zonas inundables en el centro poblado Salamina	73
Figura 48 Zonas inundables en el centro poblado Puerto Valdivia	74
Figura 49 Modelos Digitales del Terreno (MDT) para el municipio de Curillo.....	75
Figura 50 Modelos De Sombras para el municipio de Curillo.....	76
Figura 51 Ortofotografías para el municipio de Curillo.....	77
Figura 52. Metodología implementada para la zonificación de la amenaza en área urbana y centros poblados, escala 1:5.000	78
Figura 53 Figuras geomorfológicas identificadas para la cabecera municipal de Curillo y los centros poblados Novia Puerto Valdivia y Salamina.....	79
Figura 54 Geoformas susceptibles a inundaciones para la cabecera municipal de Curillo	81
Figura 55 Geoformas susceptibles a inundaciones para el centro poblado Puerto Valdivia	82
Figura 56 Geoformas susceptibles a inundaciones para el centro poblado Salamina.....	82
Figura 57. Eventos históricos por inundación registrados en el casco urbano del municipio de Curillo y los centro poblados Salamina y Novia Puerto Valdivia	85
Figura 58. Análisis multitemporal de la dinámica del río Caquetá en el sector de la cabecera municipal de Curillo	86
Figura 59. Sistema hídrico natural de la cabecera municipal de Curillo	88
Figura 60 Precipitación máxima mensual (mm).....	89
Figura 61 Amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo	90
Figura 62 Amenaza por inundaciones en el centro poblado Novia Puerto Valdivia.....	92
Figura 63 Amenaza por inundaciones en el centro poblado Salamina	93
Figura 64 . Zonas características de una avenida torrencial: zona de inicio, zona de transporte y zona de deposito	95
Figura 65. Variables empleadas para la obtención de la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.	96
Figura 66. Formas del terreno identificada en el municipio de Curillo	97
Figura 67. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales para el municipio de Curillo.....	100
Figura 68.Focos de calor reportados por año para el municipio de Curillo.....	104
Figura 69. Temperatura media mensual del año 2003 al 2017 para el municipio de Curillo	105
Figura 70. Cantidad de focos de calor registrados por mes para el municipio de Curillo	106
Figura 71. Temperaturas medias mensuales reportados en las estaciones cercanas al municipio de Curillo	107
Figura 72. Distribución espacial de los focos de calor en el municipio de Curillo	109
Figura 73. Distribución de las zonas afectadas por quema para los años 2017, 2018 y 2019	111
Figura 74. Superposición de los focos de calor y cicatrices de incendios forestales.....	112
Figura 75 Relación entre los focos de calor y las hectáreas afectadas por año.	113
Figura 76. Características de flujo, erosión y depósito en un sistema de meandros	115
Figura 77. Sistema hidráulico de flujo produce erosión de los bancos exteriores en las curvas de meandros	115
Figura 78. Reconocimiento general de zonas potenciales a sufrir fenómenos de socavación.....	116
Figura 79. Configuración de la remoción lateral para la socavación de bancos laterales	117



Figura 80. Socavación lateral del río Caquetá el municipio de Curillo	117
Figura 81 Cambio del cauce permanente por socavacion lateral en la verede Fidelicias	118
Figura 82. Socavación lateral del río Caquetá en el centro poblado la Novia	118
Figura 83. Categorías del índice de precipitación estandarizada	119
Figura 84. Índice de precipitación estandarizado para el municipio de Curillo	120
Figura 85. Sequias reportadas en el municipio de Curillo.....	123
Figura 86 Mapa de tormentas eléctricas en Colombia.....	124
Figura 87 Ubicación espacial de tormentas eléctricas reportadas en el municipio de Curillo.....	125
Figura 88 Mapa por amenaza sísmica en el municipio de Curillo.....	126
Figura 89. Vendavales registrados para el municipio de Curillo	127
Figura 90. Vendavales identificados por la comunidad para el municipio de Curillo	129
Figura 91. Áreas con condición de amenaza por movimientos en masa en el suelo urbano	131
Figura 92. Áreas con condición de amenaza por inundaciones en el suelo rural	132
Figura 93. Áreas con condición de amenaza por inundaciones en el suelo urbano y centros poblados	133
Figura 94. Áreas con condición de riesgo por movimientos en masa en el suelo urbano	135
Figura 95. Áreas con condición de riesgo por inundaciones en el suelo rural.....	136
Figura 96. Áreas con condición de riesgo por inundaciones en el suelo urbano y centros poblados	137



Índice de tabla

Tabla 1. Antecedentes de las bases de datos oficiales	12
Tabla 2. Calificación según el tipo de fábrica.....	20
Tabla 3. Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas	21
Tabla 4. Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su fábrica y estructura	22
Tabla 5 Susceptibilidad de la roca y depósitos geológicos por fábrica estructura y resistencia	22
Tabla 6. Susceptibilidad de la pendiente a movimientos en masa	24
Tabla 7. Valores de calificación Susceptibilidad de la rugosidad.....	24
Tabla 8. Clasificación de la Susceptibilidad del atributo Acuencia	25
Tabla 9 Susceptibilidad a movimientos en masa por morfometría y morfogénesis	26
Tabla 10 Calificación de las unidades de suelo encontradas en el área de estudio	28
Tabla 11 Calificación de atributos según la contribución a la estabilidad	31
Tabla 12 Relación de las áreas por categoría de amenaza.....	40
Tabla 13. Parámetros geotécnicos de las Unidades Geológicas para Ingeniería determinados para el cálculo de factor de seguridad en el municipio de Curillo.	45
Tabla 14. Grados de estabilidad según los resultados del factor de seguridad.....	46
Tabla 15 Relación de las áreas y porcentajes de por categoría de amenaza por movimientos en masa para el casco urbano de Curillo	47
Tabla 16. Tipo inundaciones con sus posibles efectos.....	49
Tabla 17. Geoformas susceptibles a inundaciones presentes en el municipio de Curillo.....	57
Tabla 18. Imágenes interpretadas.	61
Tabla 19. Matriz de decisión para la zonificación final de amenaza por inundaciones.....	67
Tabla 20 Relación de las áreas por categoría de amenaza.....	70
Tabla 21. Formas del terreno presentes en el municipio de Curillo	78
Tabla 22. Formas del terreno susceptibles a inundaciones para la cabecera municipal de Curillo y sus centros poblados	83
Tabla 23. Eventos históricos por inundaciones en el casco urbano	85
Tabla 24 valores de precipitación máxima a diferentes periodos de retorno	90
Tabla 25 Relación de las áreas por categoría de amenaza por inundaciones dentro del casco urbano de Curillo	91
Tabla 26 Categorización por centro poblado de la amenaza por inundaciones	93
Tabla 27 Susceptibilidad de las geoformas identificadas en el municipio de Curillo	98
Tabla 28 Matriz de decision para la zonificacion de amenaza por avenidas torrenciales.....	99
Tabla 29 Relacion porcentual y areas de las categorias de amenaza por avenidas torrenciales en el municipio de Curillo.....	100
Tabla 30. Sequias reportadas para el municipio de Curillo.....	122
Tabla 31 Tormentas eléctricas en el municipio de Curillo.....	124
Tabla 32 Eventos de sismos en el municipio de Curillo.....	126
Tabla 33. Vendavales reportados para el municipio de Curillo por la comunidad	128
Tabla 34 condicion de amenaza por tipo de suelo.....	130
Tabla 35 Condición de amenaza por movimientos en masa para casco urbano y centros poblados.....	131
Tabla 36 Condición de amenaza por inundaciones para casco urbano y centros poblados	133
Tabla 37 Condición de riesgo por tipo de suelo.....	134
Tabla 38 Condición de riesgo por movimientos en masa para casco urbano y centros poblados.....	135



Tabla 39 Condición de riesgo por inundaciones para casco urbano y centros poblados 137

INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CURILLO

El presente capítulo se centra en la identificación y evaluación de las diferentes amenazas que afectan el área enmarcada en la jurisdicción del municipio de Curillo. Esto con el propósito de establecer y delimitar áreas con condición de amenaza y riesgo por cada uno de los fenómenos amenazantes identificados en el municipio.

Lo anterior es de suma importancia ya que permite formar a los habitantes, fortalecer la capacidad operativa del municipio y sus comunidades para prevenir, mitigar, responder, y recuperarse ante cualquier evento de amenazante.

Los aspectos técnicos y las definiciones utilizadas en el presente documento fueron realizadas tomando como referencia el decreto 1807 de 2014, donde se establece la necesidad de realizar estudios básicos para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los esquemas de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes. En cumplimiento de este, se desarrolla lo dispuesto en el decreto, en el marco del ajuste del esquema de ordenamiento territorial del municipio de Curillo, mediante la identificación, caracterización, delimitación y zonificación de las amenazas. Dicho procedimiento se lleva a cabo para las diferentes zonas de suelo urbano y suelo rural que requieren realizar estudios básicos por encontrarse en áreas de amenaza alta y media.

Además de los lineamientos técnicos del decreto 1807 de 2014, fueron contemplados otros instrumentos de planificación emitidos por entes regionales que operan en el Municipio. Tal es el caso de las directrices señaladas en la *Zonificación Ambiental Participativa y Propuesta de Usos Sostenibles para los municipios de Albania, Curillo y Valparaíso* formulado por la GIZ en 2019.

En el presente documento se detalla, entre otras cosas, la metodología propuesta para la determinación de la zonificación de amenaza y riesgo ante eventos de movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales. Adicionalmente el reconocimiento de otros fenómenos amenazantes tales como incendios forestales, socavación lateral y sismicidad.

ALCANCES

El presente documento, se ajusta a los lineamientos técnicos del decreto 1807 de 2014, donde se establecen los alcances del componente de gestión del riesgo dentro de los planes de ordenamiento territorial. De igual forma se tiene en cuenta los documentos técnicos vigentes para el área de estudio.

Mediante la validación e integración de los insumos generales y temáticos que inciden dentro de cada una de las amenazas, se realiza la zonificación de las amenazas naturales tales como: movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones. Además de realizar un análisis de amenazas otras amenazas como, incendios, forestales, vendavales, entre otras.

Para la determinación de las condiciones de amenaza a escala rural se utilizan análisis heurísticos. Para suelo urbano se utilizan métodos determinísticos cuando los insumos y la escala de trabajo lo permita. Se categorizan las zonas de amenazas en baja, media y alta, en atención a la necesidad de identificar las áreas que requieren intervención correctiva del riesgo existente.



1 GENERALIDADES

1.1 Marco de referencia

La Ley 388 de 1997, en su artículo décimo, establece como determinante de superior jerarquía que los municipios y distritos deben tener en cuenta en la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, la determinación de las áreas relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales, la prevención de amenazas y riesgos naturales, así como las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos y las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos. De tal forma que la adopción de políticas de gestión del riesgo se constituye indispensable para asegurar un desarrollo sostenible en temas de seguridad territorial, mejorar la calidad de vida, protección del medio ambiente y comunidades en riesgo. Posterior a la Ley 388, con el Decreto Ley 19 de 2012, se requiere oficialmente la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.

La ley 1523 de 2012, en su artículo 1, señala que la gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

Lo anterior fortalece jurídicamente a los municipios colombianos en el lineamiento de realizar estudios de riesgos naturales como parte esencial para aterrizar las políticas encaminadas a la Planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible.

Con el fin de establecer criterios unificados, el estado colombiano genera el decreto 1807 de 2014 y el 1077 de 2015, que orientan a las administraciones municipales sobre la incorporación de la Gestión del Riesgo (GR) en los procesos de ordenamiento territorial y las consideraciones a tener en cuenta en la realización de estudios básicos y detallados para procesos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Finalmente, con este decreto, se genera una propuesta normativa que oriente a las administraciones municipales en aspectos como el establecer los usos y restricciones y las medidas de intervención, que deberán articularse para el desarrollo del suelo urbano y rural.

Con el presente documento técnico definido como estudio básico de gestión del riesgo del municipio, se presenta la identificación, caracterización y zonificación de los procesos amenazantes con afectación en rural y urbano; y acorde al decreto en mención, se definen las áreas con condición de amenaza o con condición del riesgo, según sea el caso.

1.1.1 Marco conceptual

El análisis y evaluación del riesgo es la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que las mismas puedan ocurrir. Según la Ley 1523 de 2012 en su artículo 4, numeral 4 se define análisis y evaluación del riesgo como: “el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación”. A continuación, se conceptualizan términos involucrados dentro de la gestión del riesgo:

1.1.1.1 Gestión del riesgo:

De acuerdo con el artículo 4, numeral 11 de la Ley 1523 de 2012, “es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de



una mayor conciencia de este, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”.

1.1.1.2 *Evento:*

Cualquier acontecimiento que probablemente pueda ocurrir en una posición y momento determinados, que lo definen como un punto en el espacio-tiempo y que representa a la fuente en términos de las respectivas características, dimensiones y localización geográfica (Portilla, 2012).

1.1.1.3 *Inundaciones:*

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos resultado de la dinámica de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas ocasionando un aumento progresivo del nivel de las aguas que sobrepasa la capacidad de retención del suelo y supera la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. Las inundaciones lentas, que es el enfoque que se realizará en este estudio, son las que ocurren en las zonas planas de los ríos y con valles aluviales extensos, los incrementos de nivel diario son de apenas del orden de centímetros, reportando afectaciones de grandes extensiones, pero usualmente pocas pérdidas de vidas humanas, el tiempo de afectación puede fácilmente llegar a ser del orden de meses (Modificado de (IDEAM, 2016).

1.1.1.4 *Inventario:*

Es una base de datos que contiene información de los eventos históricos en un área determinada, básicamente corresponde a registros identificados combinados con información de su descripción como resultado de la ocurrencia de un evento y se utiliza como insumo de información básica para el análisis de la susceptibilidad junto con los factores condicionantes y extrínsecos o detonantes de los eventos amenazantes identificados. Dentro de las limitaciones que presenta la elaboración de un inventario se encuentra el determinar si este es confiable, suficiente y completo (Turcotte & Malamud, 2000) (Guzzetti, Reichenbach, Cardinali, & Galli, 2005), ya que se encuentra sujeto a la calidad y cantidad de información que se recopile y se interprete durante el proceso de elaboración de este. En consecuencia, un inventario incompleto o poco confiable puede dar como resultado una evaluación errónea de la susceptibilidad, la amenaza o el riesgo.

1.1.1.5 *Factores condicionantes:*

Cualquier acontecimiento, circunstancia, suceso o situación previa que predispone o prepara las condiciones de la fuente ante la materialización de un evento. La caracterización de estos factores, así como la identificación de sus interacciones, permite la incorporación en la zonificación de la susceptibilidad y de esta manera en la evaluación de la respectiva amenaza para un área determinada (Glade & Crozier, 2005).

1.1.1.6 *Factores detonantes:*

También llamados desencadenantes y corresponden a cualquier acontecimiento, circunstancia, suceso o caso posible que genere una perturbación de la fuente y conlleve a la materialización de un evento (Portilla, 2012).

1.1.1.7 *Amenaza:*

Probabilidad de ocurrencia de un evento, o de la materialización de una fuente, en un sitio específico durante un periodo de tiempo determinado (Portilla, 2012). Una evaluación de una amenaza incluye un estudio previo de la susceptibilidad y de la posibilidad de que ocurra un evento detonante que materialice la fuente.

1.1.1.8 *Movimientos en masa:*

Equivala a definiciones como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, deslizamientos o fallas de taludes y laderas. La terminología y clasificación de movimientos en masa para este documento es conforme a la Guía para la evaluación de amenazas por movimientos en masa propuesta por el Proyecto Multinacional Andino (PMA), adoptada por Colombia (PMA: GCA, 2007), en la que movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos de ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Ávila, y otros, 2015).



1.1.1.9 Avenidas torrenciales:

Las avenidas torrenciales son crecientes súbitos que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca están compuestas por un flujo de agua con alto contenido de materiales de arrastre, con un gran potencial destructivo debido a su alta velocidad. Son uno de los tipos más comunes de amenazas y son extremadamente peligrosas debido a su naturaleza rápida. Sus características son: corta duración, pequeña extensión de área de influencia, alto caudal pico y flujo rápido generalmente causantes de daños importantes a la propiedad. Ocurren a causa de tormentas de alta intensidad, en áreas de altas pendientes en las cuencas y cobertura vegetal pobre y se ven afectadas de manera importante cuando el índice de infiltración se reduce por tormentas previas. Se pueden subdividir de acuerdo con el material de arrastre de la corriente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.1.1.10 Incendios forestales:

Fenómeno que se presenta cuando el fuego consume de forma incontrolada la cobertura vegetal (siendo esta el material combustible dentro del proceso de propagación y duración del fuego), cuya quema no estaba prevista (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2011).

1.1.1.11 Riesgos

Medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, salud, propiedad o el ambiente. Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio natural, o antrópico no intencional, en un periodo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. Según la manera como se defina el elemento en riesgo, el riesgo puede medirse según la pérdida económica esperada, según el número de vidas perdidas o según la extensión del daño físico a la propiedad

2 EVENTOS HISTÓRICOS

La recopilación de información se abordó a partir de los datos obtenidos de información social-talleres e información secundaria (eventos históricos e información especializada emitida por diversas fuentes nacionales, territoriales y locales).



Figura 1. Proceso de recopilación de información historia de eventos



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

2.1 Información secundaria

La identificación de los eventos históricos para el municipio de Curillo se llevó a cabo a través de una consulta, compilación, análisis y georreferenciación de información secundaria, obtenida de diferentes bases de datos emitidas por diversas fuentes como el Servicio Geológico Colombiano, IDEAM, IGAC, Desinventar, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y otras fuentes que se presentan en el **Anexo de eventos históricos**

La información recopilada fue organizada de acuerdo con el tipo de evento registrado, su fecha, localización geográfica, y fuente de consulta, esta información sirve como insumo para la validación del resultado de la zonificación de amenazas naturales.

Tabla 1. Antecedentes de las bases de datos oficiales

Amenaza/fuente	Número
Incendio forestal	322
NASA	37
SINCHI	284
UNGRD	1
Inundación	17
DesInventar	2
IDEAM-IGAC	2
UNGRD	11
UNGRD Y CARACOL RADIO	1
UNGRD y DesInventar	1



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

C.C.C.

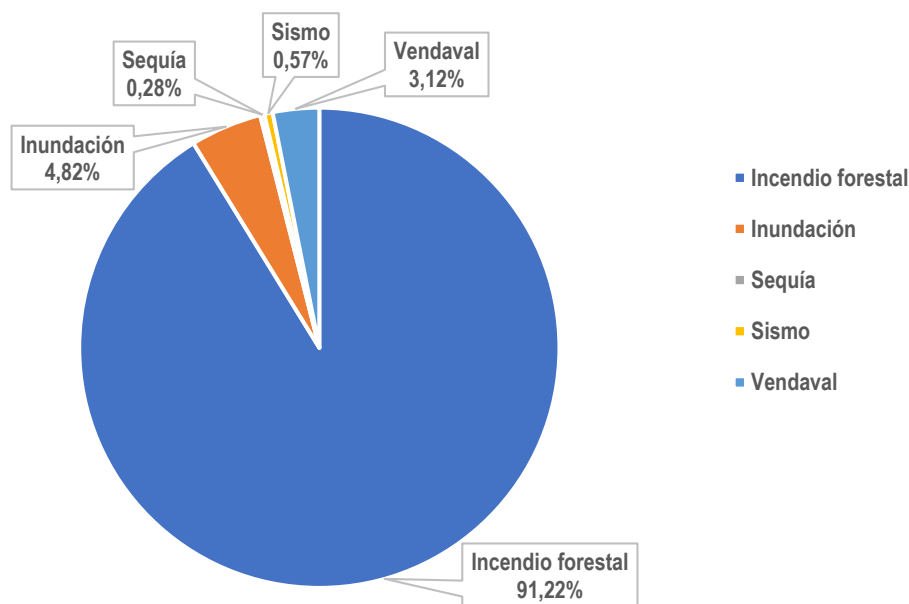
Sequía	1
UNGRD	1
Sismo	2
SGC	2
Vendaval	11
CLOPAD	4
DesInventar	2
UNGRD	4
UNGRD y DesInventar	1
Total general	353

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En la Figura 2, se muestra de acuerdo con la información recopilada, la amenaza con mayor número de acontecimientos registrados corresponde a los incendios forestales con un 91% de los registros y un número de 322 eventos, continua la amenaza por inundaciones con un reporte de 17 casos respectivos al 5%, le siguen los vendavales con 11 reportes de eventos correspondientes al 3%, posteriormente los sismos con 2 registros que corresponden al 1% y, por último, un reporte de sequía.



Figura 2. Eventos históricos según el tipo de amenaza para el municipio de Curillo



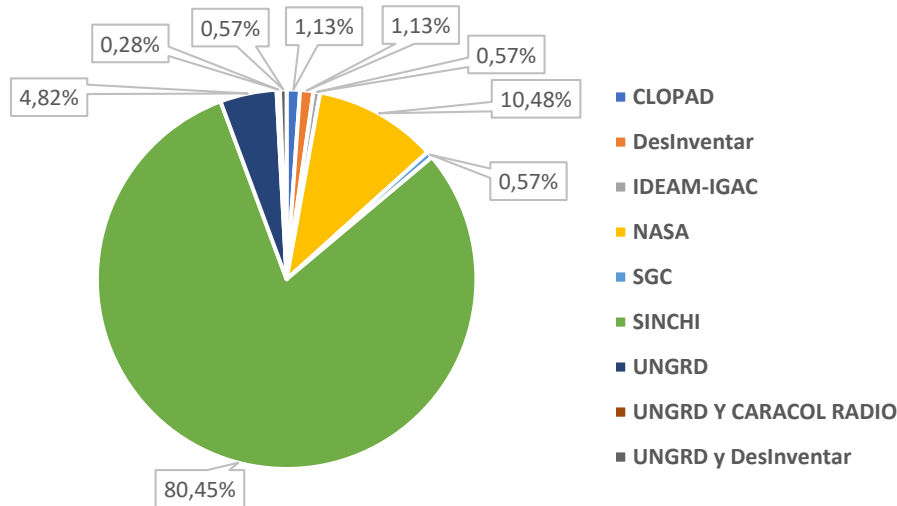
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Para el municipio de Curillo se presentaron 353 eventos históricos amenazantes, donde se encuentran 340 de estos espacializados y 13 sin espacializar. La amenaza por incendios forestales presenta 322 puntos espacializados y 1 sin espacializar, por inundaciones se muestran 12 puntos y 5 polígonos espacializados, por sismos 2 puntos espacializados, tempestades 1 puntos sin espacializar y finalmente 23 puntos de vendavales sin espacializar.

Estos reportes fueron consultados de 8 fuentes diferentes, en donde se tienen 284 reportes del Instituto SINCHI, 37 reportes de la NASA, 17 reportes de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 4 registros del Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD), 4 de DesInventar, 2 del IDEAM, 2 del Servicio Geológico Colombiano, 2 reportes de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y DesInventar y por ultimo un reporte de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre y Caracol Radio (Figura 3)



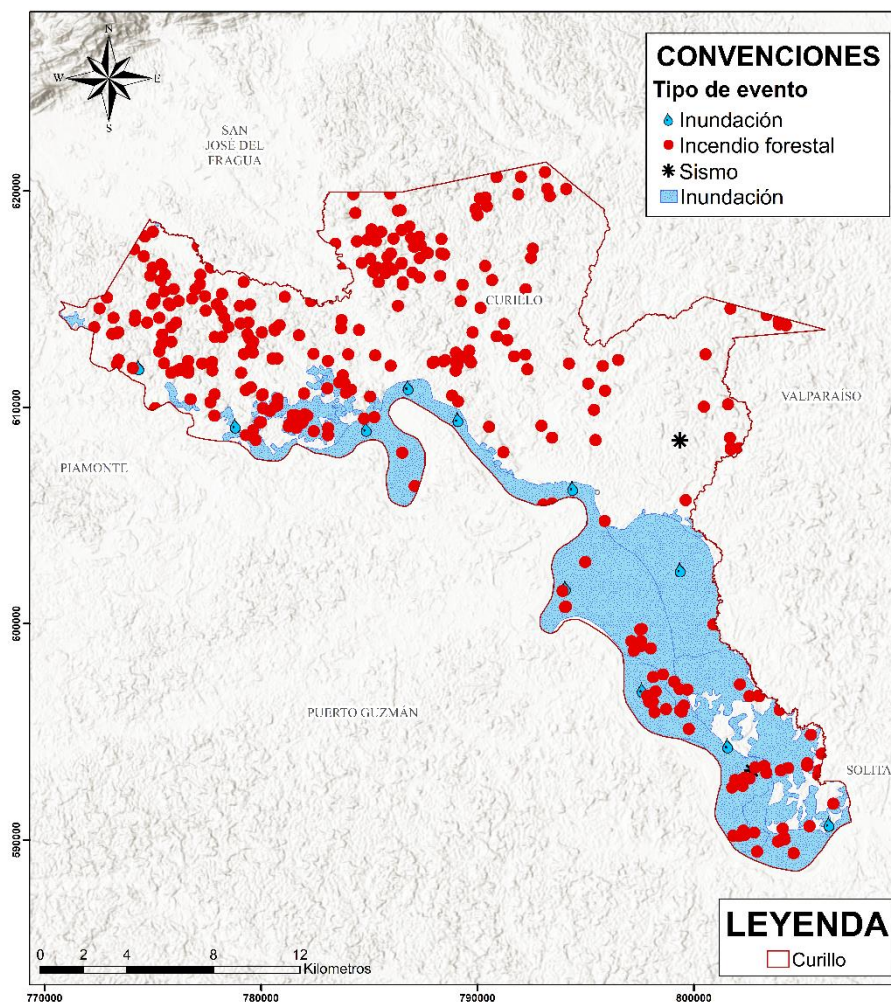
Figura 3. Eventos históricos por fuente consultada.



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En el mapa de eventos históricos reportados se evidencia que los sucesos de inundación se encuentran asociados a las zonas aledañas al río Caquetá, además se observa que los incendios forestales se presentan en mayor caso hacia el norte del municipio y los sismos hacia el este del municipio. El registro histórico (ver Figura 4) y la recopilación de toda la información disponible son fundamentales ya que permiten tener una visión general de la amenaza y el riesgo para la zona, junto con una idea global del impacto que tienen los factores detonantes en la generación de los diferentes tipos de fenómenos.

Figura 4 Eventos históricos reportados por fuentes secundarias para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

2.2 Proceso de participación ciudadana

Mediante los talleres realizados con los grupos veredales y de interés específico en la fase de diagnóstico del Ajuste del Esquema de Ordenamiento del Municipio de Curillo, se recolectó información específicamente relacionada al registro de eventos históricos que aportan al modelamiento y validación de la zonificación de las amenazas estudiadas.

Se realizaron cuatro espacios de participación con la comunidad (ver Figura 14) en la vereda El Turbay vereda Horizonte, Puerto Valdivia y Salamina, en donde se recopiló información sobre los fenómenos que afectan a su territorio, su temporalidad y afectaciones, todo esto permitió construir una cartografía social donde se identificaron zonas críticas.

Este levantamiento de eventos históricos se realizó a partir de la generación de capacidades en los temas relacionados a la gestión del riesgo, en donde se tuvo un proceso de formación de los participantes de los talleres en el manejo de cartografía e identificación de eventos apoyados por profesionales de la consultoría.

Figura 5. Espacios de participación en el municipio de Curillo

<p>1</p> <p><u>Salón Comunal El Turbay</u></p> 	<p>2</p> <p><u>Escuela Centro Poblado Horizonte</u></p> 
<p>Asistentes: líderes y comunidad de Argentina, Villa Inés, Turbay, Las Palmas, Poblado, El Convenio, El Jardín, Centro, Tablón, Curillo Medio, Danubio, Libertador, Nutria Uno, Nutria Dos, España, Normandía, Libertad, El Palmar, Los Ángeles, Miravalle</p>	<p>Asistentes: líderes y comunidad de Remolino, Horizonte, Conquistador, Ceilán, Calle San Juan.</p>
<p>3</p> <p><u>Salón comunal Puerto Valdivia</u></p> 	<p>4</p> <p><u>Centro Poblado Salamina</u></p> 
<p>Asistentes: El Vergel, Puerto Valdivia, Brisas, Novia Dos, Puerto Amor, La Florida</p>	<p>Asistentes: líderes y comunidad de La Tigra, Cerrito, Camelias, Salamina, Matecaña, Villa del Prado, GIZ.</p>

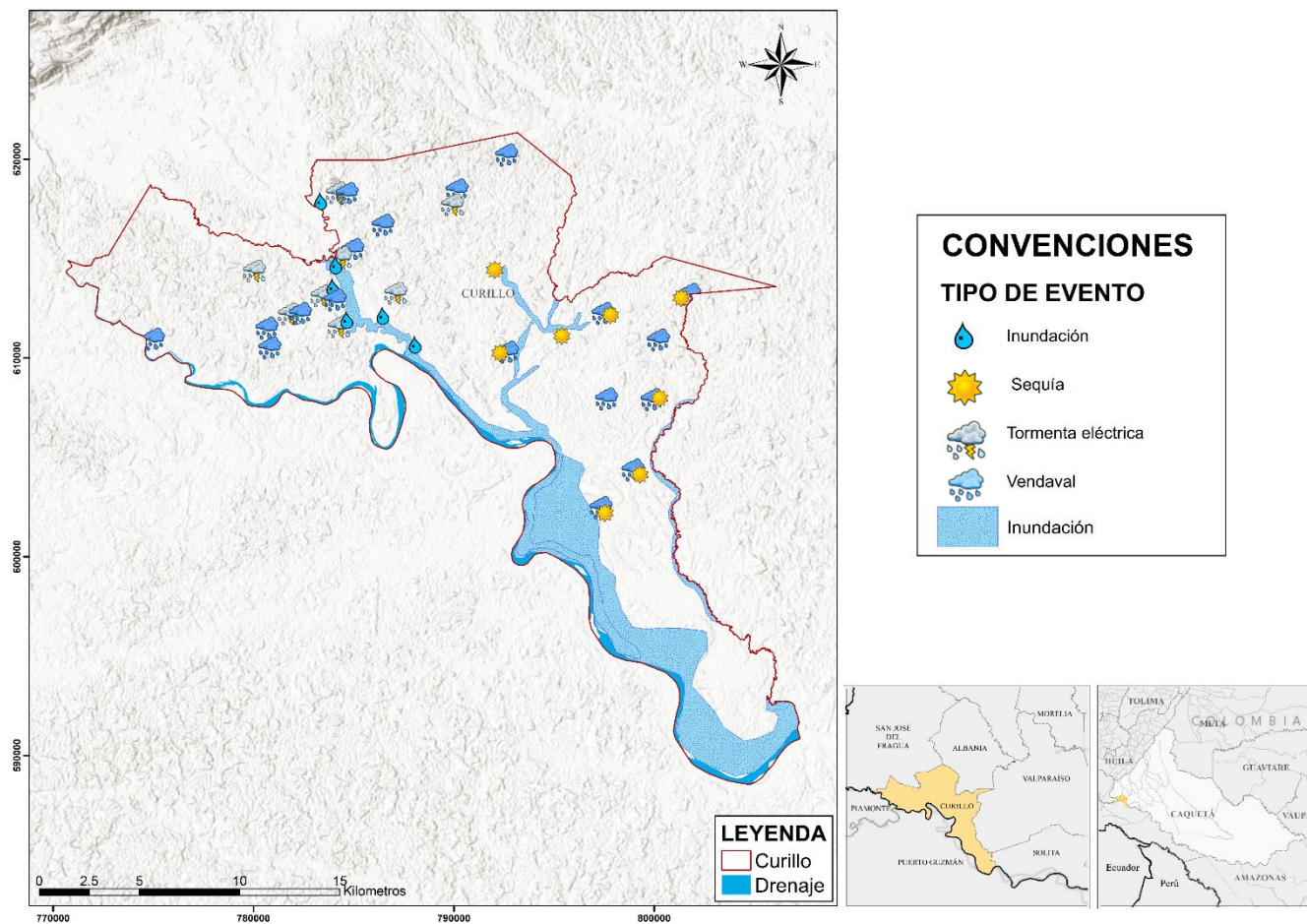
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



Los eventos con mayor ocurrencia en el territorio son los vendavales los cuales afectan un gran número de veredas del municipio de manera anual en la temporada de lluvias y afecta cultivos, techos de viviendas y escuelas, otro evento que afecta de una manera recurrente a la comunidad son las inundaciones asociadas al río Caquetá, sin embargo expresan que es un fenómeno al cual se han adecuando, ya que sus edificaciones son palafíticas, por lo tanto sugieren las zonas donde se presentan inundaciones de manera frecuentes sean catalogadas como áreas de riesgo mitigable.

Además de estos fenómenos, reportaron la ocurrencia de tormentas eléctricas en temporada de lluvias, en donde se tienen muertes de semovientes alcanzados por rayos y sequias debido a la disminución del caudal en temporadas de verano. (Figura 6)

Figura 6. Espacialización de eventos identificados por la comunidad



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Toda la información reportada por la comunidad fue validada a partir de recorridos de campo en la zona para su articulación con la zonificación de la amenaza de cada fenómeno presentado en los siguientes capítulos.



3 DELIMITACIÓN DE Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA

Los criterios para la determinación de los escenarios de amenaza en el área dependen directamente del desarrollo e incidencia de la susceptibilidad a los detonantes para cada amenaza; de esta forma, para poder hacer el análisis correspondiente, es necesario que cada uno los fenómenos que afecta la zona estén correctamente identificados, localizados, inventariados y caracterizados.

Para realizar la zonificación de las amenazas, se utilizan diversos insumos como el registro histórico de los fenómenos ocurridos en el municipio, además de los procesos recientes identificados durante los recorridos de campo adelantados en zonas rurales del municipio de Curillo. Del mismo modo, se utilizaron como insumos generales, las fotografías satelitales del área de estudio, junto al respectivo modelo digital de elevaciones.

El principal producto del presente apartado es la cartografía de las amenazas para las zonas urbanas, suburbanas y rurales del municipio de Curillo, dichos mapas se convierten en un insumo de superior jerarquía dentro del ordenamiento territorial del municipio.

3.1 Estudio básico de amenaza por movimientos en masa en zona rural

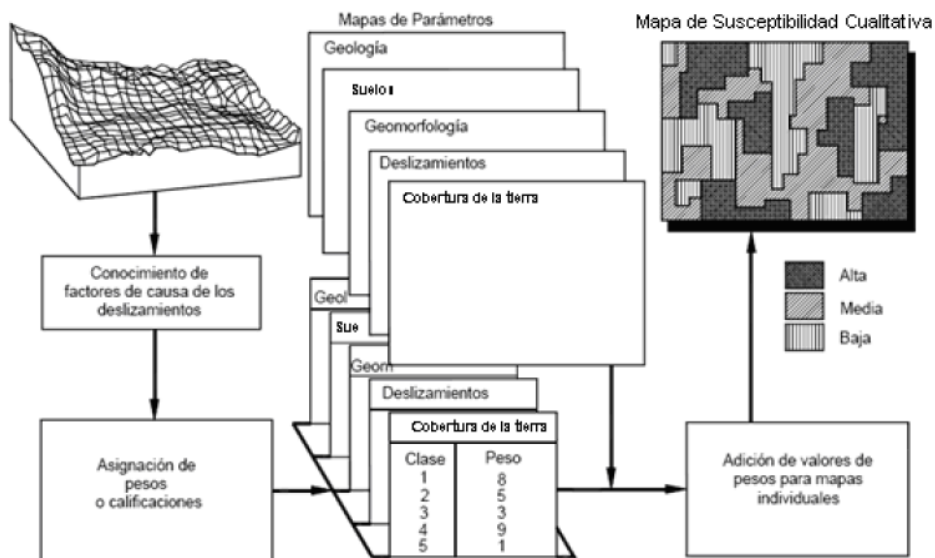
De acuerdo con lo establecido en el decreto 1807 de 2014, se deben adelantar estudios de delimitación y zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 para la zona rural. A continuación, se presenta de manera detallada, la metodología usada y los productos obtenidos.

3.1.1 Descripción Metodológica

La metodología empleada en la zonificación de la amenaza y la susceptibilidad a movimientos en masa parte de la propuesta metodológica del Servicio Geológico Colombiano (Antiguo INGEOMINAS) "*Documento Metodológico De La Zonificación De Susceptibilidad Y Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa*" publicada en el año 2012. Dicha metodología fue ajustada y adaptada a la escala de trabajo y el área de estudio.

La metodología utilizada es categorizada como heurística, cuya base teórica es calificar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de movimientos en masa (Anbalagan, 1992). El método empleado es basado en una combinación de mapas de acuerdo con las características de los factores involucrados. (Lucini, 1973; Stevenson, 1977; Bosi, 1984, Ramírez, González, 1988).

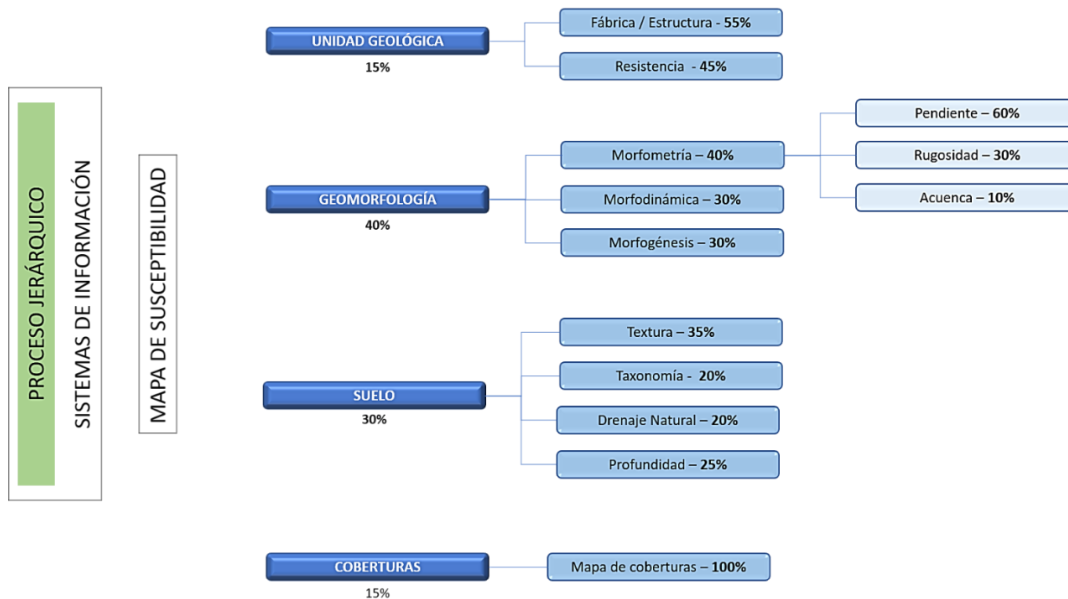
Figura 7. Uso de SIG para el análisis heurístico de susceptibilidad por movimientos en masa



Fuente: Servicio Geológico Colombiano (2012)

Una vez determinadas las características y definidos los pesos de cada criterio, se ejecuta el proceso metodológico donde los parámetros se combinan para establecer la susceptibilidad a movimientos en masa, la cual se generó para 3 rangos de clasificación (alta, media y baja), esto de acuerdo con los requerimientos expuestos según el decreto 1807 del 2014.

Figura 8. Descripción metodológica de la zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa



Fuente: modificado de SGC. 2012



Una vez obtenido el mapa de susceptibilidad total por movimientos en masa, con base en el diagrama de jerarquía expuesto en la Figura 8 se procede a hacer un análisis de los detonantes de la amenaza: clima y sismo; para el análisis del factor climático se analizan las características climatológicas existentes en el área de estudio, particularmente precipitación y temperatura y respecto a los sismos se estudia la información asociada a la aceleración sísmica. Una vez examinados los detonantes y sustentado en ello se plantea la zonificación de la amenaza por movimientos en masa.

3.1.1.1 Insumos Generales:

3.1.1.1.1 Modelo Digital De Elevación (DEM)

El modelo de elevación digital es un insumo de gran importancia, pues del procesamiento de este se obtendrán diferentes parámetros morfométricos y geométricos. Para el caso de estudio se utiliza en modelo de elevación con resolución mínima de píxel de 12,5 metros.

3.1.1.1.2 Sensores Remotos

Para el caso de estudio se utilizó la Imagen satelital tomada con el satélite Sentinel-2b, captada en enero del 2020, compuesta por 4 bandas multiespectrales con resolución espacial de 10 m.

3.1.1.2 Insumos Temáticos:

3.1.1.2.1 Geología

La caracterización geológica se realiza a partir de los insumos básicos expuestos anteriormente, partiendo de la cartografía oficial del servicio Geológico Colombiano que comprende las planchas 451, 452, 432 y 433 a escala 1:100.000 obteniendo una cartografía final a escala 1:25.000. Esto complementado con el control litológico realizado en campo como se expone en el capítulo de geología.

La caracterización geológica con fines de aplicación en los estudios de ingeniería debe contemplar los elementos básicos de las propiedades y características de los materiales rocosos. Para esto se recomienda describir y clasificar las rocas de acuerdo con las clasificaciones propuestas por la Comisión de Cartografía de la *International Association of Engineering Geology* (IAEG) en 1981.

3.1.1.2.1.1 Fábrica estructura

La fábrica tiene gran influencia en el comportamiento de los suelos y rocas, en especial en lo referente a la anisotropía que genera debido a la orientación de las partículas, la cual así mismo gobierna anisotropía en las propiedades geomecánicas, la clasificación de las rocas según su fábrica/estructura, puede servir para establecer diferencias de las rocas en cuanto a su resistencia y direccionalidad de las propiedades mecánicas. El tipo de fábrica se definió según lo parametrizado en la Tabla 2.

Tabla 2. Calificación según el tipo de fábrica

Fábrica / Estructura	
Atributo	Propuesta de Calificación
N/A	0
Cristalina Masiva	1
Cristalinas Bandeadas	2
Clásticas Cementadas	3
Clásticas Consolidadas	4
Cristalina Foliada y Rocas de Falla	5

Fuente: SGC, 2012



3.1.1.2.1.2 Resistencia

La resistencia evalúa ciertas propiedades de la roca tales como la respuesta mecánica ante la compresión, la evaluación de la resistencia se hace a partir de la consulta de datos de laboratorio ejecutados a rocas similares a las aflorantes en el área de estudio, los cuales tienen como objetivo caracterizar la resistencia de los materiales a los agentes de deterioro. Esto última gobierna la vida útil del material, Los rangos de referencia que se adoptan en este estudio corresponden a los valores propuestos por Hoke 1996 y se basan en información documentada y datos de resistencia a nivel nacional e internacional (Tabla 3)

Tabla 3. Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas

Grado *	Termino	Fuerza uniaxial compresiva (mpa)	Punto índice de carga (mpa)	Campo estimado de fuerza	Ejemplos
R6	Extremadamente dura	>250	>10	La muestra puede ser fragmentada con martillo geológico	Basalto fresco, Chert, Diabasa, Gneiss, Granito, Cuarzita.
R5	Muy dura	100 -250	4 – 10	La muestra requiere de muchos golpes de un martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, Arenita, Basalto, Gabro, Gneiss, Granodiorita, Caliza, Mármol, Riolita y Toba.
R4	Dura	50 – 100	2 – 4	La muestra requiere más de un golpe con martillo geológico para fracturarse	Caliza, Mármol, Filita, Arenita, Esquisto, Shale
R3	Moderadamente dura	25 – 50	1 – 2	No puede ser rayada o pelada con una navaja, la muestra puede ser fracturada con un único golpe de un martillo geológico	Arcillolita, Carbón, Concreto, Esquisto, Shale, Limolita
R2	Blanda	5 – 25	**	Puede ser pelada por una navaja con dificultad, con abolladuras someras, producidas por un golpe firme con martillo geológico.	Creta, Halita.
R1	Muy blanda	1 – 5	**	Se deshace por golpes firmes, la punta del martillo geológico. Puede ser rayada fácilmente por una navaja.	Roca alterada o altamente alterada.
R0	Extremadamente blanda	0,25 – 1	**	Rayado por una uña.	Milonita

*Grado de acuerdo con Brown (1981)

** Punto de Carda testeado en rocas con fuerza de compresión uniaxial, por debajo de los 25 MPa, dan resultados muy ambiguos.

Fuente: Modificado de Hoke, 1996



Tabla 4. Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su fábrica y estructura

Grado	Termino	Propuesta de calificación
R6	Extremadamente dura	1
R5	Muy dura	1
R4	Dura	2
R3	Moderadamente dura	3
R2	Blanda	4
R1	Muy blanda	5
R0	Extremadamente blanda	5

Fuente: SGC, 2012

Como se muestra en la Tabla 5, las unidades que presentan una mayor susceptibilidad en el área son los depósitos aluviales, los cuales registran valores de baja resistencia y estructura muy débil o nula. Por el contrario, la unidad que presenta menor susceptibilidad es el Grupo Orito/Formación Caimán dado que su resistencia es mayor y presenta una estructura más rígida y organizada.

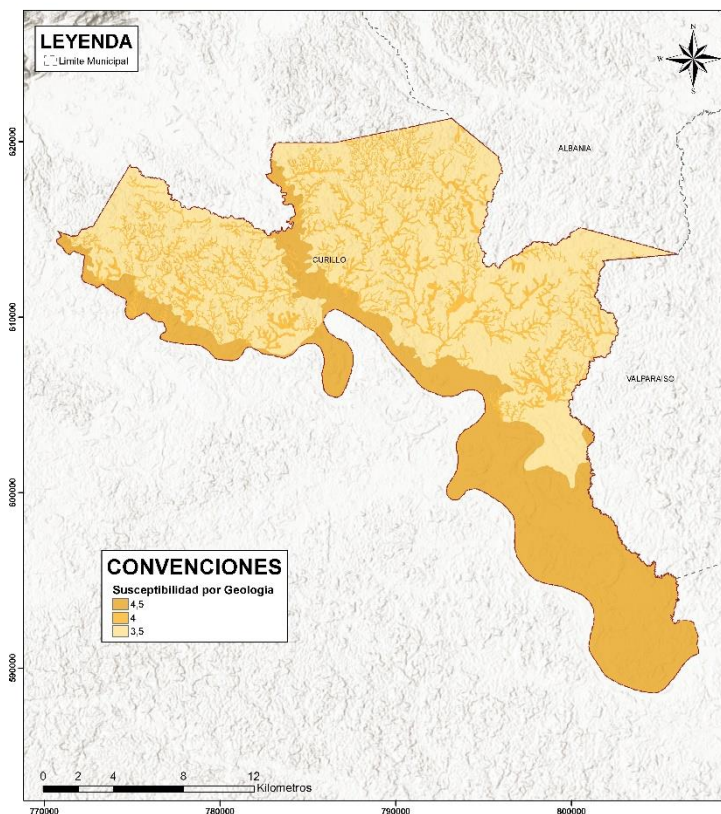
Tabla 5 Susceptibilidad de la roca y depósitos geológicos por fábrica estructura y resistencia

Unidad	Nomenclatura	Fábrica/estructura	Resistencia	Calificación total
Depósitos aluviales de barra de canal	Q2alb	4	5	4.5
Depósitos aluviales de llanura de inundación	Q2al	4	5	4.5
Depósitos aluviales recientes	Qal	4	4	4
Depósitos de cauce aluvial	Qcal	4	5	4.5
Grupo Orito/Formación Caimán	N1n3or/Q1c	3	4	3.5

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Figura 9) muestra que las rocas que tiene mayor susceptibilidad frente a la ocurrencia de deslizamientos son los depósitos recientes que obedecen a la génesis fluvial relacionada con los principales drenajes como el río Caquetá debido a la falta de diagénesis. Por otro lado, las formas del terreno denudacionales como los lomeríos disectados corresponden a las unidades con menor susceptibilidad a movimientos en masa dentro del municipio de Curillo.

Figura 9. Susceptibilidad a movimientos en masa por geología para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.1.1.2.2 Geomorfología

La caracterización geomorfológica se realiza a partir de los insumos básicos, partiendo de la cartografía oficial del servicio Geológico Colombiano que comprende las planchas 451, 452, 432 y 433 a escala 1:100.000. Esto complementado con el control geomorfológico y paisajístico realizado en campo como se expone en el capítulo de geomorfología obteniendo una cartografía a escala 1:25000.

La caracterización del componente geomorfológico se evalúa a partir de 3 principales criterios, los cuales comprenden la morfometría, la morfogénesis y la morfodinámica, que se describen a continuación:

3.1.1.2.3 Morfometría

Trata de aspectos cuantitativos en términos de pendientes, Rugosidad y Acuenca. También se incluye la comparación según la relación geométrica entre las diferentes posiciones espaciales. Para las variables de morfometría se empleó el modelo digital de elevaciones (DEM), el cual sirvió como insumo para la elaboración y análisis de los parámetros morfométricos.

3.1.1.2.4 Mapa de pendientes

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Para el caso de estudio su valor se expresa en grados de 0° a 90°, se relaciona con los movimientos en masa de manera que; a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa. La Tabla 6 muestra la calificación asignada a los rangos en grados de pendientes encontrados en el área



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO





Tabla 6. Susceptibilidad de la pendiente a movimientos en masa

Rango de pendiente (°)	Descripción	Calificación según susceptibilidad a movimientos en masa
0 - 7	Plana a suavemente inclinada	1
7 - 11	Inclinada	2
11 - 19	Muy inclinada	3
19 - 40	Abrupta	4
>40	Escarpada	5

Fuente: Modificado de SGC, 2012

Mapa de rugosidad.

La rugosidad del terreno se define como la variación de la pendiente en un área y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda. El valor 1 (ver Tabla 7) corresponde a rugosidad nula y los valores se hacen menores al aumentar la dispersión de los vectores (alta rugosidad). Se relaciona con los movimientos en masa de manera que las laderas de rugosidad alta son más propensas a presentar movimientos en masa debido a que los cambios sucesivos de pendientes favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno y, por ende, aumenta la inestabilidad de este. Este cálculo se realiza, a partir del DEM, mediante sistemas de información geográfica.

Tabla 7. Valores de calificación Susceptibilidad de la rugosidad

Rango de rugosidad	Descripción	Calificación según susceptibilidad a movimientos en masa
<0,985	Rugosidad Muy baja o Nula	1
0,985 - 0,99	Rugosidad Baja	2
0,99 - 0,995	Rugosidad Media	3
0,995 - 0,9975	Rugosidad Alta	4
>0,9975	Rugosidad Muy Alta	5

Fuente: Modificado de SGC, 2012

Mapa de Acuenca

El atributo ACUENCA corresponde a la superficie de la cuenca aguas arriba de la celda cuya sumatoria de la superficie vierten a una celda determinada (cuenca acumulada). La variable se deriva del Modelo Digital de Elevación MDE y se expresa en m². Si bien es una variable cuantitativa, los valores de superficie son múltiplo del área de una celda, no tratándose de una variable continua. Los valores más altos de ACUENCA corresponden a aquellas celdas con gran flujo de agua, en este caso quebradas y ríos, sin embargo, la calificación mayor de susceptibilidad se les asignó a aquellos valores intermedios (Tabla 8), los cuales



corresponden a las celdas interpretadas como de flujo acumulado, es decir aquellas zonas que no favorecen el drenaje permanente.

Ecuación 1. Calculo Acuencia

$$Acuencia = Flujo Acumulado * Tamaño de la celda$$

Tabla 8. Clasificación de la Susceptibilidad del atributo Acuencia

Rango de acuencia	Descripción	Calificación susceptibilidad a movimientos en masa
0	Divisoria de Aguas o Lomos	1
0 - 3500	Escorrentía Lenta	2
3500 - 40000	Flujo Acumulado	5
40000 - 1000000	Drenaje no permanente	3
>1000000	Quebradas, Ríos	1

Fuente: Modificado de SGC, 2012

3.1.1.2.4.1 Morfogénesis

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación por parte de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, cada unidad y subunidad geomorfológica fue calificada de acuerdo con los parámetros anteriormente expuestos.

3.1.1.2.4.2 Morfodinámica

Trata de los procesos activos en el presente o aquellos que se pueden activar en el futuro. Se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las geoformas preexistentes. Los eventos naturales son específicos de cada ambiente morfogenético, afectan y modelan la superficie terrestre con diferentes grados de intensidad, imprimiéndole al terreno características propias de cada ambiente. Además del origen del mecanismo, la calificación de la morfodinámica está sujeta a la recurrencia de procesos de movimientos en masa, estos fueron evaluados a partir del registro histórico de eventos de movimientos en masa obtenido de diversas fuentes, el análisis de las imágenes satelitales y finalmente el inventario de procesos observados en campo.

A partir de la espacialización y evaluación de dichos eventos se calificaron las unidades geomorfológicas de acuerdo con la presencia y densidad de procesos morfodinámicos, a partir de lo cual se le atribuyó un valor de susceptibilidad a cada unidad.

La Tabla 9 expone las calificaciones de las formas del terreno presenten es en la zona de estudio siguiendo los criterios de morfogénesis y morfodinámica, siendo las formas del terreno más susceptibles aquellas que



presentan las mayores pendientes y su origen indique procesos denudacionales (por ejemplo, la forma de terreno cima de ladera de loma y colina) localizados al norte de la zona de estudio. Por otro lado, las unidades de origen aluvial y con bajas pendiente o nulas (como por ejemplo la forma de terreno Plano y talud de mesa) que se enmarcan a los cuerpos de agua y sus afluentes o aledaños, tienen calificaciones menores por susceptibilidad a sufrir fenómenos por movimientos en masa.

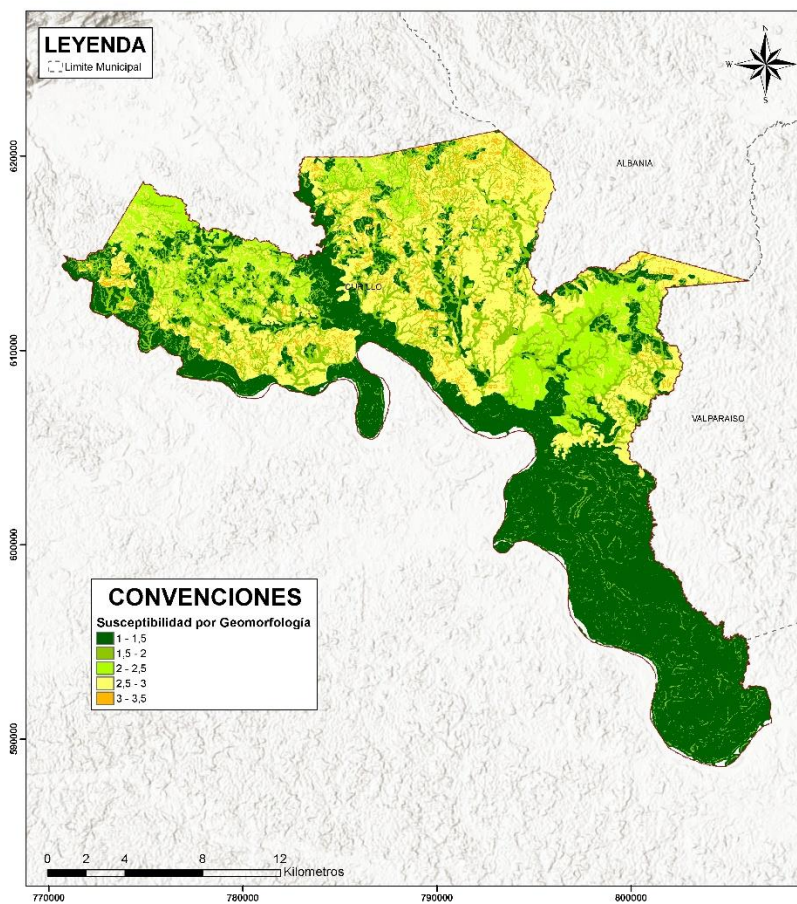
Tabla 9 Susceptibilidad a movimientos en masa por morfometría y morfogénesis

Forma del terreno	Nomenclatura	Morfodinámica	Morfogénesis	Calificación total
Albardón	Vpia	1	1	1
Bajo con herbazales	Ldbh	1	1	1
Bajos vegetados	Ldpbv	1	1	1
Barra de canal	Vpibc	1	1	1
Cauce aluvial	Vpica	1	1	1
Cima y ladera de lomas	Llcl	3	4	3.5
Complejo de orillares	Vpico	1	1	1
Cubeta de decantación	Vpicd	1	1	1
Meandro abandonado	Vpima	1	1	1
Napa de desborde	Vpind	1	1	1
Plano de inundación de vallecito	Lvpi	1	1	1
Sobrevega de cauce aluvial	Vpiv	1	1	1
Cima y ladera de colinas	Lccl	3	3	3
Cima y ladera de loma y colina	Llcl	3	4	3.5
Vega de vallecito	Lvv	2	2	2

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

De acuerdo con las características anteriormente descritas y los criterios morfodinámicos y morfogenéticos identificados en el municipio de Curillo, se elaboró el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa por geomorfología (Figura 10). En este se observa que las zonas más susceptibles se relacionan principalmente con las periferias de los ríos Caquetá y la quebrada Curillo; los valores bajos se encuentran en el sur del municipio en la faja de migración del río Caquetá en la vereda Horizonte. En las partes de media pendiente del municipio no se relacionan eventos morfodinámicos, sumado a esto dichas zonas se consideran de ambientes principalmente deposicionales, razón por la cual los valores de susceptibilidad son medios en toda el área.

Figura 10. Susceptibilidad a movimientos en masa por geomorfología para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.1.1.2.5 Suelos

La evolución edafológica se relaciona con el desarrollo de ciertas propiedades del suelo, las cuales tendrán cierta respuesta ante el dinamismo y disposición de las coberturas vegetales, la interacción del clima y la intervención humana. Para inferir esa capacidad y respuesta, en esta ocasión, orientada a la posibilidad de deterioro y movimientos del suelo y estimar que tan susceptible o predispuesto esté a movimientos en masa, se requiere evaluar características propias de la condición natural de los suelos. La presente metodología define las variables: taxonomía, textura, profundidad y drenaje natural, con las que se evalúa su relación con la susceptibilidad a los movimientos en masa.

3.1.1.2.5.1 Textura.

La textura comprende la cantidad relativa de las diferentes partículas de suelo de tamaño menor de 2 mm de diámetro (arenas, limos y arcillas). La textura, se encuentra relacionada con la retención de humedad, aireación (difusión de gases), permeabilidad, intemperismo, volumen explorado por las raíces, manejo de suelos, fertilidad y nutrición mineral entre otras.



3.1.1.2.5.2 Taxonomía

La taxonomía de suelos corresponde a un sistema básico de clasificación para hacer e interpretar los levantamientos de suelos. Actualmente, la descripción taxonómica de suelos se basa en la clasificación y estructuración que hace la S.S.S. (Soil Survey Staff 1998). La clasificación taxonómica, permite realizar generalizaciones inductivas acerca de las características de las clases de suelos y establecer interrelaciones entre ellos.

3.1.1.2.5.3 Drenaje natural

La importancia del drenaje natural radica en conocer la frecuencia y duración de los períodos húmedos bajo condiciones similares, a aquellas en las cuales se han desarrollado los suelos, o sea, en condiciones naturales. IDEAM, 2009. El drenaje interno contribuye a la estabilización de masas de tierra, ya que logra controlar el flujo de agua subterránea, al mismo tiempo que reduce las presiones de poros y se aumenta por tanto la resistencia al corte del material (Fajardo Puerta, 2005).

3.1.1.2.5.4 Profundidad

La profundidad de los suelos está definida por el espesor de los horizontes establecidos por los estudios generales y detallados y en todo caso se puede definir hasta donde se encuentra el contacto con el material parental o litológico y puede tenerse también como referencia la profundidad efectiva (hasta donde pueden penetrar las raíces de las plantas).

Como se evidencia en la Tabla 10, la mayoría de los suelos presentan un alto grado evolutivo (gran concentración de óxidos de fe y caolinita), texturas arcillosas y niveles freáticos y cambios en el tipo de cobertura, asignándole a estas calificaciones altas y que representan zonas susceptibles a que se generen fenómenos por movimientos en masa en el área de estudio.

Tabla 10 Calificación de las unidades de suelo encontradas en el área de estudio

UCS	Textura	Taxonomía	Drenaje	Profundidad	Calificación total
Typic Udifluent, Aeric Fluvaquent	3	5	2	3	3.2
Aeric Endoaquept, Typic Humaquept, Hydric Haplofibrist	5	5	5	2	4.25
Typic Endoaquept, Hydric Haplofibrist, Typic Humaquept	5	5	5	1	4
No suelo	0	0	0	0	0
No suelo	0	0	0	0	0
Typic Kandiuult, Typic Hapludox, Aeric Haplaquox	4	1	1	5	3.05
Oxyaquic Dystrudept, Typic Udifluent	5	5	4	1	3.8
Typic Endoaquept	4	5	4	1	3.45
Typic Epiaquept	5	5	4	1	3.8
Typic Epiaquept, Oxyaquic Udifluent	5	5	4	1	3.8
Oxyaquic Dystrudept, Typic Humaquept	4	5	5	1	3.65
Typic Udorthent, Inceptic Hapludult	3	5	1	1	3.9
Aeric Endoaquept, Typic Endoaquept, Typic Udifluent, Aquic Dystrudept	5	5	5	2	4.25
Oxic Dystrudept, Typic Paleudult	5	5	2	3	3.9

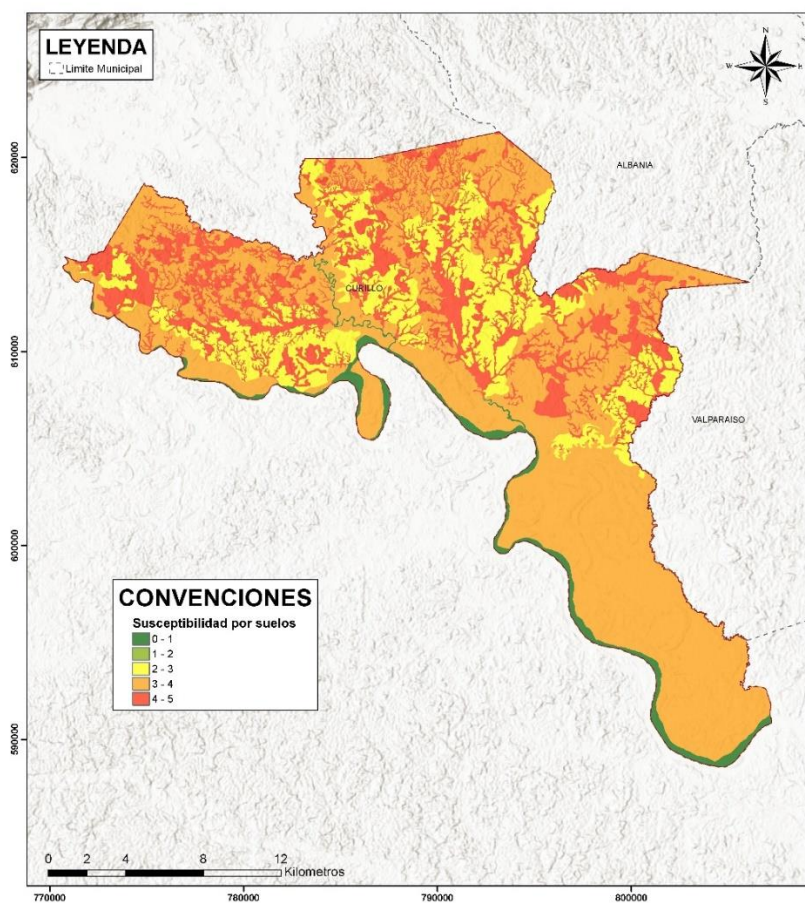


Typic kandiudult, Typic Paleudult, Inceptic Hapludult, Oxíc Dystrudept	2	1	1	5	2.35
Aquic Udifluvent	4	5	4	3	3.95
Oxyaquic Udifluvent	4	5	4	1	3.45
Typic kandiudult, Typic Paleudult, Typic Hapludox, Oxíc Dystrudept	2	1	1	5	2.351

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Como paso final de la de definición de susceptibilidad por suelos, se integran los criterios internos de suelos, obteniendo la Figura 11 . Se puede observar que la mayor parte del municipio tiene categoría alta, interrumpida por un segmento en susceptibilidad media en la parte central del municipio. Dentro de estas categorías se resalta los suelos de vallecitos en categoría muy alta.

Figura 11. Susceptibilidad a movimientos en masa por suelos para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.1.1.2.6 Coberturas De La Tierra

La cobertura de la tierra es un resultado de la interacción de la dinámica natural geológica, geomorfológica, los suelos, el clima y sistemas de comunidades bióticas, interrumpida por el hombre para su supervivencia y desarrollo. Dicha interrupción genera o contribuye a la aparición de diferentes procesos como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO



hidrológicos, cambios en las formas del relieve (en gran número de casos en forma negativa produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas y erosión).

La calificación se realizó de acuerdo con el tipo de cobertura establecido según la metodología Corine Land Cover en el tercer nivel, la cual se evaluó según la propuesta de calificación del Servicio Geológico Colombiano (Tabla 11). Se puede observar las zonas de mayor calificación corresponden a aquellas áreas desprovistas de cobertura vegetal relacionadas con zonas y tierras desnudas, tal como se observa en la Figura 12



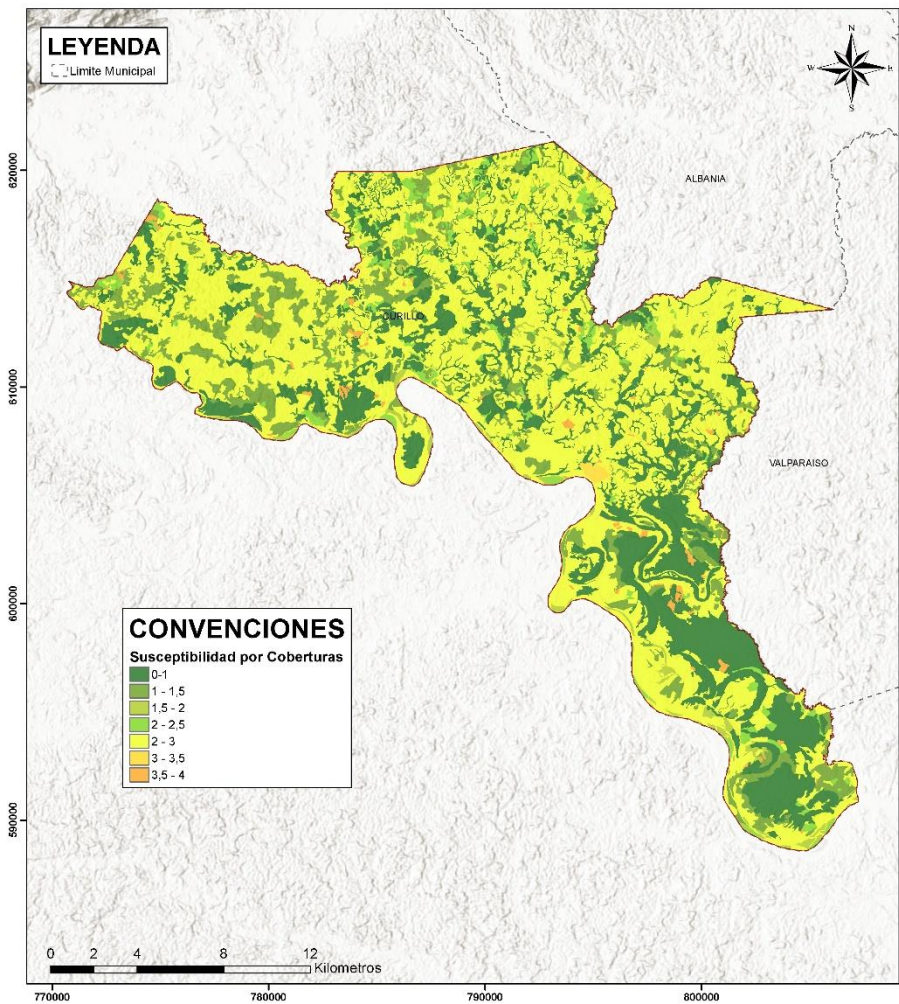
Tabla 11 Calificación de atributos según la contribución a la estabilidad

Cobertura natural	Calificación total
Bosque de galería	0.9
Bosque denso alto de tierra firme	0.9
Bosque denso alto inundable	0.9
Bosque denso bajo inundable	0.9
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1.4
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1.5
Caña	3
Cuerpos de agua artificiales	3
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3
Mosaico de cultivos	2.9
Mosaico de cultivos con espacios naturales	2.9
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.9
Mosaico de pastos con espacios naturales	2.9
Mosaico de pastos y cultivos	2.9
Palmares	1.9
Pastos arbolados	3
Pastos enmalezados	3
Pastos limpios	3
Plantación de latifoliadas	1.9
Plátano y banano	2.6
Red vial y territorios asociados	3.5
Ríos	3
Tejido urbano discontinuo	3.5
Tierras desnudas y degradadas	3.6
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	1
Vegetación secundaria	2.1
Vegetación secundaria alta	2.1
Vegetación secundaria baja	2.1
Yuca	2.6
Zonas arenosas naturales	2
Zonas pantanosas	1
Zonas quemadas	3.6

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



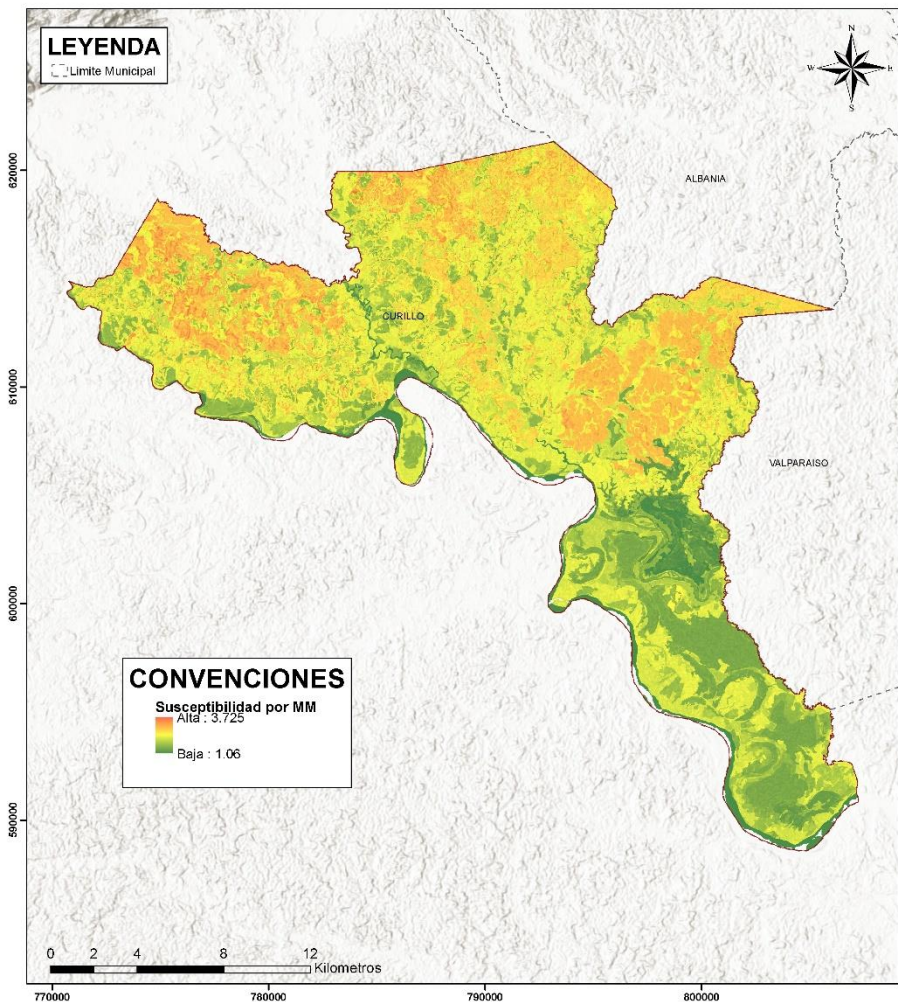
Figura 12. Susceptibilidad a movimientos en masa por coberturas para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Luego de la determinación de susceptibilidad por cada una de las variables analizadas, se realizó la integración de todos los insumos de esta fase, mediante el uso de ponderados. Como resultado se obtiene la Figura 13 donde se muestra las categorías de susceptibilidad total a lo largo del municipio. En su mayoría, el municipio de Curillo presenta susceptibilidad media, Sin embargo, en el sector sur predomina la susceptibilidad baja especialmente condicionada por la faja de migración del río Caquetá.

Figura 13. Susceptibilidad total a movimientos en masa por coberturas para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.1.1.3 Detonantes de la Amenaza

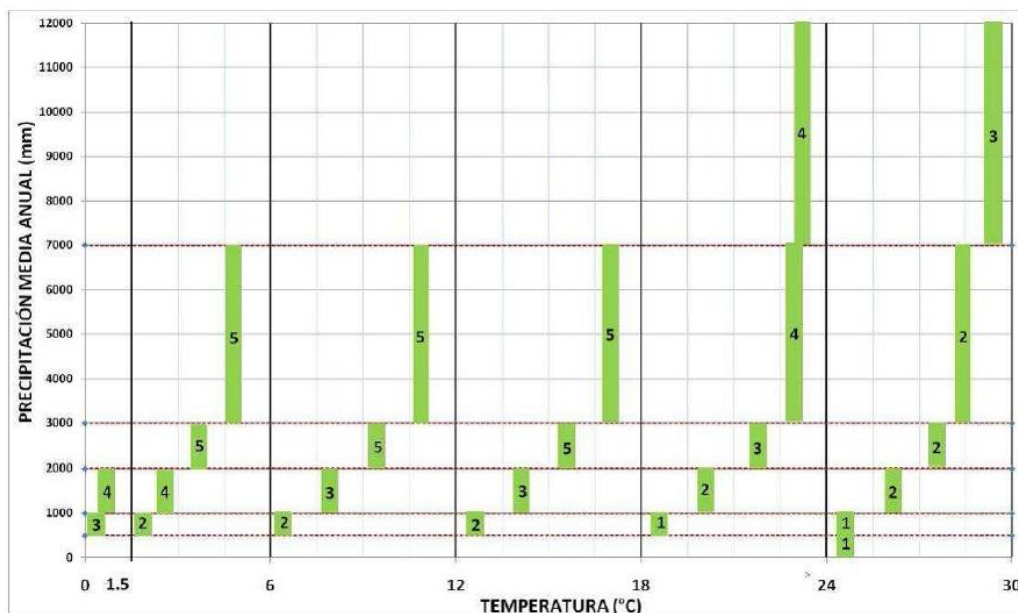
3.1.1.3.1 Clima

Generalmente los movimientos en masa están asociados a las lluvias, es por esto que diversos autores han abordado el tema desde diferentes puntos de vista, tal como se describe Guzzetti et al. (2007) quien recopiló los parámetros tenidos en cuenta para el cálculo de los umbrales por diferentes autores. Algunos presentan ecuaciones universales independientemente de las condiciones geomorfológicas, litológicas y de uso del suelo, como los propuestos por Caine (1980), otros autores han definido distribuciones espaciales de lluvia como umbrales que detonan eventos relacionados con movimientos en masa. Por tanto, no existe una única metodología aplicada a la evaluación de distribuciones de lluvia como detonantes de fallas en taludes y no se ha usado un único conjunto de medidas de lluvia.



Para el detonante clima se utilizó la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano, la cual propone una matriz de calificación que enfrenta la precipitación media anual con la temperatura media del municipio.

Figura 14. Matriz de calificación detonante clima



Fuente: Modificado de SGC, 2012

Según las características climatológicas existentes en el área de estudio, se evaluaron las condiciones de precipitación y temperatura para el municipio, de acuerdo con la información oficial existente en el IGAC y el IDEAM.

Generalmente los movimientos en masa están detonados por las lluvias; es por esto, que el mapa de amenaza por movimientos en masa se realizó tomando como detonante la precipitación media anual, la cual se considera como un indicativo de la humedad antecedente de suelo, cuando se presentan las lluvias máximas diarias. De igual manera, se contempla la temperatura promedio del área, pues se sabe que, a menores rangos de temperatura, existe menor evaporación y mayor contenido de humedad en el suelo, lo que contribuye a la generación de movimientos en masa.

En la



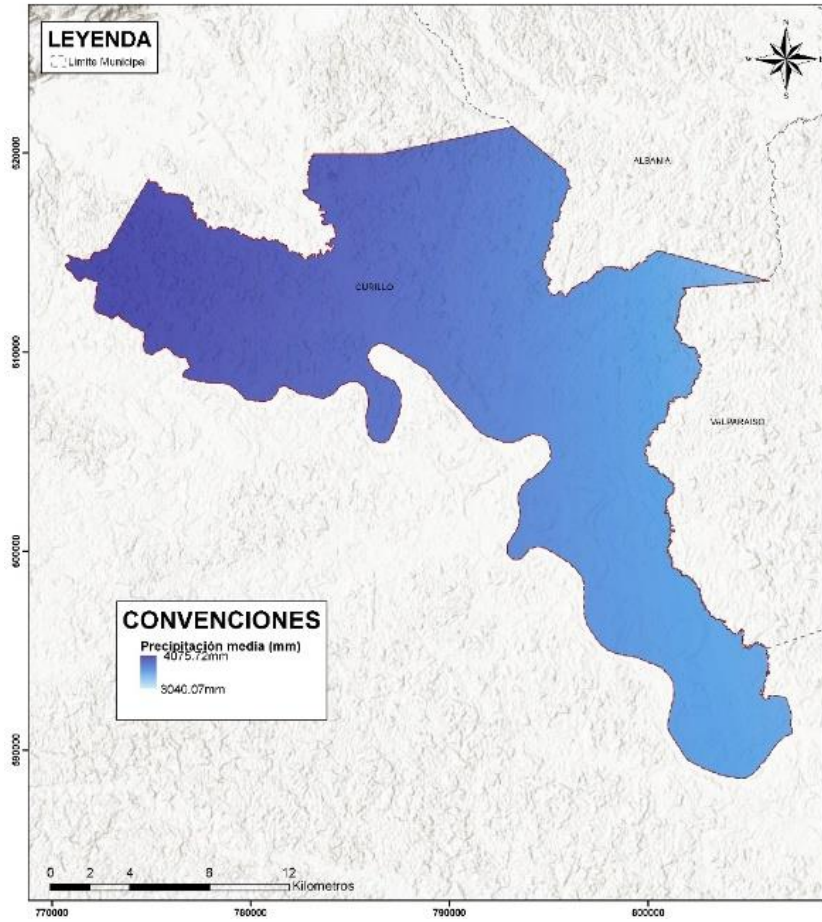
Figura 15 se observan las condiciones generales de precipitación para el municipio de Curillo, donde se presentan valores principales dentro de la distribución de lluvias medias anuales. Al norte del municipio, se registran valores cercanos a 4000mm, mientras que, al sur del área de estudio, se encuentran valores que oscilan entre 3380 mm y 3400mm. En cuanto a los valores de precipitación, tal como se observa en la

Figura 16, el municipio de Curillo enmarca un rango de temperaturas promedio entre los 23° y 26°. De acuerdo con lo anterior, la gran mayoría del área total del municipio se clasificó con un valor de amenaza de 2 (bajo) dentro de las tablas de referencia explicadas en la metodología, sin embargo, una pequeña parte del área de análisis (sector nor - occidental) al registrar valores de temperatura muy cercanos e inferiores a los 24° se clasificó como de amenaza media.

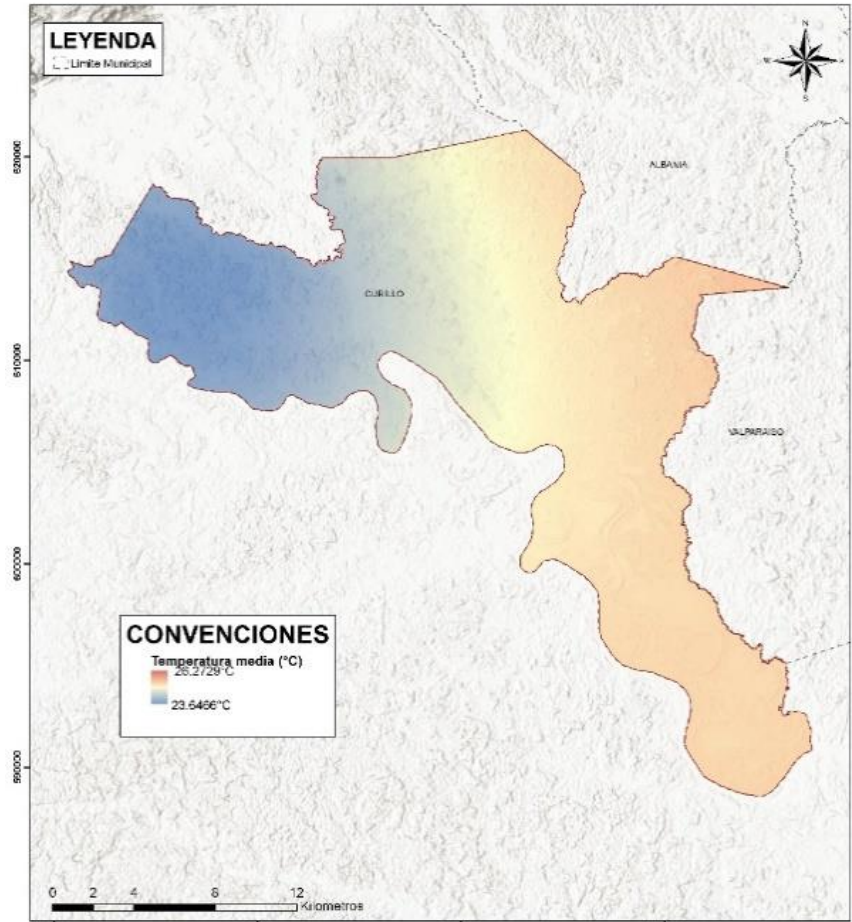


Figura 15. distribución del detonante precipitación para el municipio de Curillo

Figura 16. distribución del detonante temperatura para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

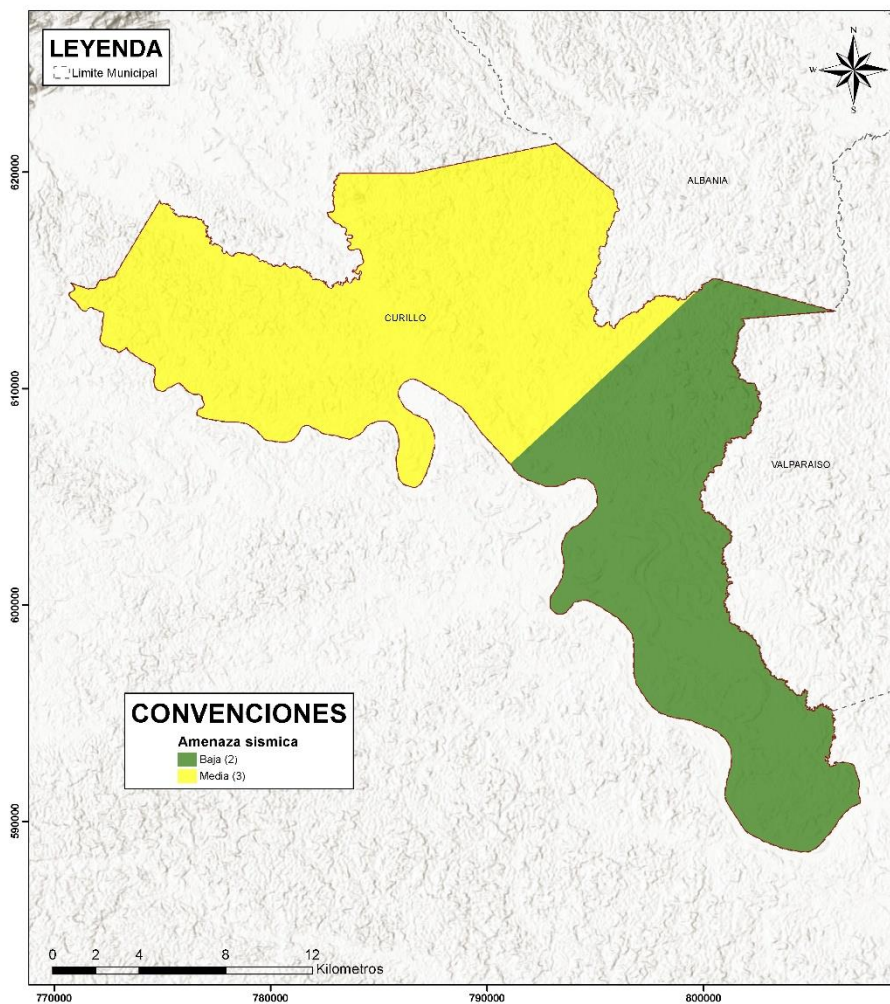


3.1.1.3.2 Sismo

Los taludes se encuentran en diferentes rangos de estabilidad. Cuando un sismo ocurre induce un movimiento del terreno, a menudo suficiente para causar fallas a taludes que están en los rangos más bajos de estabilidad. Los daños resultantes pueden ser desde insignificantes a catastróficos dependiendo de la geometría y de las características del material del talud.

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) realizada por el la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica para la aceleración horizontal que pueda ocasionar un movimiento en masa (AIS,2010), se establece entonces a partir de la consulta de dicho documento que el municipio de Curillo presenta un rango de valores de aceleración sísmica intermedia (Figura 17).

Figura 17. distribución del detonante sismo para el municipio de Curillo





3.1.2 Zonificación de la Amenaza

Los detonantes fueron involucrados en el álgebra de mapas del cálculo de amenaza mediante las siguientes expresiones:

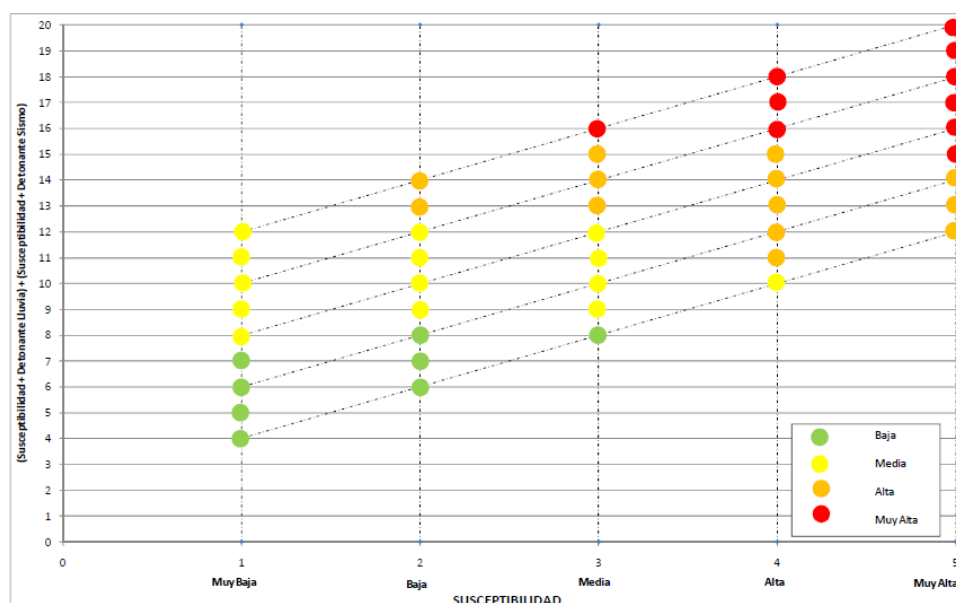
Ecuación 2. Detonantes de la amenaza

$$\text{Amenaza por sismicidad} = \text{Susceptibilidad final} + \text{donante sismo}$$

$$\text{Amenaza por Clima} = \text{Susceptibilidad final} + \text{detonante clima}$$

Para el cálculo de la amenaza total se utilizó la matriz de decisión establecida por el SGC para el cálculo de esta, la cual involucra los parámetros metodológicos anteriormente mencionados. A partir del cruce de los mapas obtenidos debido a la matriz se obtuvo el mapa de amenaza por movimientos en masa.

Figura 18. Matriz de decisión para la categorización de la amenaza relativa

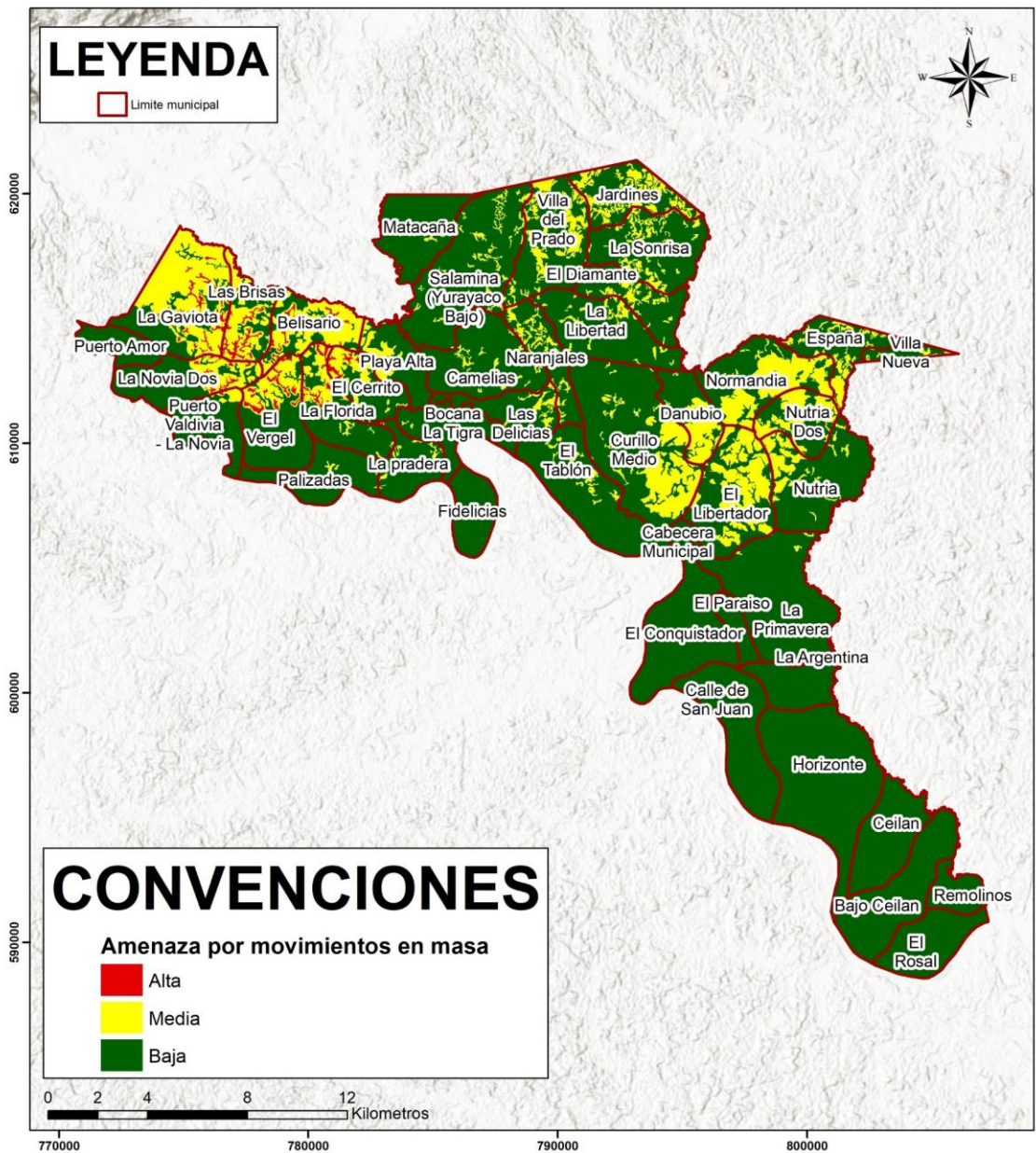


Fuente: SGC 2012

La zonificación final de amenaza por movimientos en masa, para el municipio de Curillo (Figura 19), muestra que el 81% del municipio, se encuentra categorizado en amenaza, baja, principalmente en las zonas de baja pendiente. Del mismo modo, en el sector norte del municipio, predomina la amenaza media. Finalmente, sectores puntuales del noroeste del municipio fueron zonificados en amenaza alta, debido a la confluencia de diferentes factores como pendientes, unidades geomorfológicas asociadas a procesos erosivos, litología entre otras.



Figura 19. Zonificación final de amenaza por movimientos en masa para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La zonificación de amenaza alta por movimientos en masa para el municipio de Curillo se presenta principalmente al noroeste del área de estudio, en las veredas de El Cerrito, El Vergel, La Florida, La Gaviota, La Novia Dos, Las Brisas, Puerto Valdivia - La Novia; estas zonas cubren 363.14 ha (0.91%) del área total del municipio.

La amenaza media por movimientos en masa está distribuida en alternancia con las zonas calificadas con amenaza alta, en este sentido se ubica principalmente en el sector norte especialmente en veredas de Belisario, Bocana La Tigra, Cabecera Municipal, Camélias, Curillo Medio, Danubio, El Cerrito, El Diamante, El Libertador,



El Tablón, El Vergel, España, Jardines, La Florida, La Gaviota, La Libertad, La Novia Dos, La pradera, La Primavera, La Sonrisa, Las Brisas, Las Delicias, Matacaña, Naranjales, Normandia, Nutria, Nutria Dos, Palizadas, Playa Alta, Puerto Valdivia - La Novia, Salamina (Yurayaco Bajo), Villa del Prado, Villa Nueva. En total, ocupa un área de 7282.29ha (18,20%) del área del área de estudio.

La Figura 20 referencia una localidad categorizada como de amenaza media dada su pendiente prominente, geofomas asociadas a ser susceptibles a fenómenos en movimientos en masa, procesos erosivos, cambios en la cobertura entre otras.

Figura 20 Zona en categoría de amenaza media asociada en la vereda La Novia



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Las áreas con zonificación baja de amenaza por movimientos en masa cubren la mayor parte del área de estudio con 32360.10ha (80.89%) y se encuentran distribuidas en las zonas que corresponden al relieve más bajo del municipio, ubicándose principalmente en las veredas de Bajo Ceilan, Belisario, Bocana La Tigra, Cabecera Municipal, Calle de San Juan, Camelias, Ceilan, Curillo Medio, Danubio, El Cerrito, El Conquistador, El Diamante, El Libertador, El Paraiso, El Rosal, El Tablón, El Vergel, España, Fidelicias, Horizonte, Jardines, La Argentina, La Florida, La Gaviota, La Libertad, La Novia Dos, La pradera, La Primavera, La Sonrisa, Las Brisas, Las Delicias, Matacaña, Naranjales, Normandia, Nutria, Nutria Dos, Palizadas, Playa Alta, Puerto Amor, Puerto Valdivia - La Novia, Remolinos, Salamina (Yurayaco Bajo), Villa del Prado, Villa Nueva.

En la Tabla 12, relaciona el porcentaje de amenaza en categoría media y baja por movimientos en masa identificados en el municipio, estando el 81% del total del municipio en amenaza baja, el 18% en amenaza media y el 1% en amenaza alta.

Tabla 12 Relación de las áreas por categoría de amenaza

Amenaza	Área (ha)	Porcentaje (%)
Alta	363.14	0.91%
Media	7282.29	18.20%
Baja	32360.10	80.89%
Total, general	40005.53	100.00%

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.2 Estudio básico de amenaza por movimientos en masa en zona urbana y centros poblados

De acuerdo con lo establecido en el decreto 1807 de 2014, se deben adelantar estudios de delimitación y zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000 para la zona urbana. A continuación, se presenta de manera detallada, la metodología usada y los productos obtenidos.

La metodología empleada en la zonificación de la amenaza por movimientos en masa parte de la propuesta metodológica del Servicio Geológico Colombiano “Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa” publicada en el año 2015.

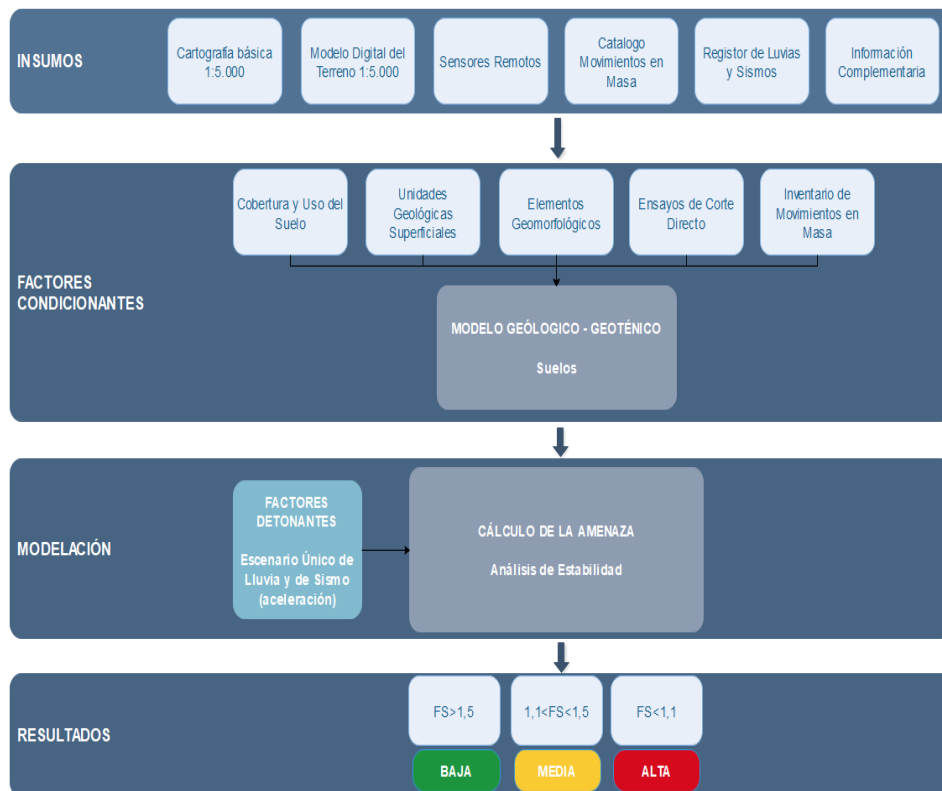
1.1.1.1 Descripción Metodológica

Dentro de la evaluación de la amenaza por Movimientos en Masa en suelo urbanas y centros poblados, se tomó como referencia el procedimiento establecido por Cardona y Alzate para la determinación de los diversos escenarios de amenaza por Movimientos en Masa descritos. Para generar la zonificación correspondiente, se involucran las variables de los eventos que actúan como detonante en las zonas susceptibles anteriormente establecidas. Para establecer las condiciones de estabilidad, se simulan las condiciones necesarias para que se produzca una falla en las pendientes que conforman las zonas de interés del municipio. De acuerdo con la metodología de talud infinito, la ocurrencia de un deslizamiento por desprendimiento a través de un plano de falla horizontal a la pendiente del talud; se da cuando se excede el Factor de Seguridad (Fs) calculado para las laderas críticas del municipio.

El Factor de Seguridad es usado para calcular cuál es el coeficiente de amenaza en el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña (Fellenius, 1927). Fellenius presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.

Si la longitud relativa del deslizamiento es muy grande en relación con su espesor, la contribución de la resistencia en la cabeza y el pie del deslizamiento es menor comparada con la resistencia del resto de la superficie de falla. En las condiciones ideales, se presenta una falla paralela a la superficie del talud, a una profundidad somera y la longitud de la falla es mayor comparada con su espesor. Este tipo de deslizamiento se puede analizar suponiendo un talud infinito (Figura 21). Este método es un sistema para calcular el factor de seguridad de un talud, suponiendo un talud infinitamente extenso con una capa delgada de suelo, en el cual, cualquier tamaño de columna de suelo es representativo de todo el talud. Este asume que el suelo es isotrópico y homogéneo, el talud es infinitamente largo y la superficie de falla es paralela al talud. También se asume que, para un talud uniforme y relativamente largo, en el cual el mecanismo de falla esperado no es muy profundo, los efectos de borde son despreciables y el factor de seguridad puede calcularse a partir de una unidad de área con base en el criterio Mohr - Coulomb.

Figura 21. Metodología zonificación básica de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000



Fuente: Modificado de Servicio Geológico Colombiano (2015)

De acuerdo con la guía metodológica del Servicio Geológico Colombiano la fórmula para obtener el factor de seguridad es la siguiente:

$$FS = \frac{(c' b \sec \alpha + (y b h \cos \alpha - k y b h s e n \alpha - y_w h_w \cos^2 \alpha) \tan \phi')}{y b h s e n \alpha + k y b h \cos \alpha}$$

Donde:

c' = intercepto de cohesión

ϕ' = ángulo de fricción

y = peso unitario de la capa de suelo

α = inclinación del terreno (superficie de falla)

k = coeficiente de aceleración horizontal

h = espesor de la capa de suelo

h_w = altura de la lámina de agua

y_w = peso unitario del agua

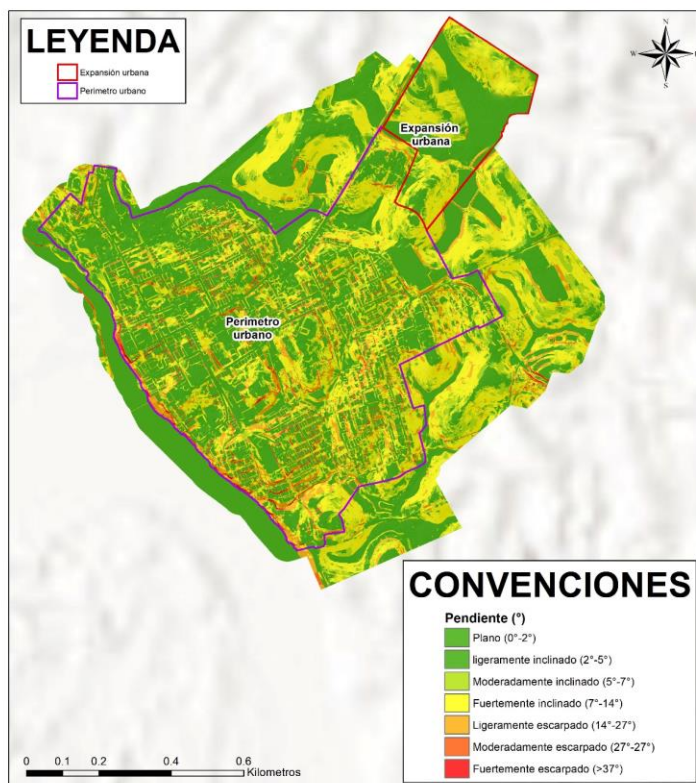
3.2.1.1.1 Insumos Generales:

Para el modelamiento de la amenaza por movimientos en masa mediante el método de factor de seguridad, se establecieron como insumos generales todos aquellos que se involucran dentro de la fórmula.

3.2.1.1.1.1 Pendiente del terreno

A partir del modelo de elevación digital se obtiene la capa correspondiente al mapa de pendientes (Figura 22), del cual se obtiene el ángulo de inclinación para cada una de las celdas del área de estudio, dicho insumo se usa como indicador de la inclinación de los taludes que conforman las áreas de interés, en la se muestran las pendientes identificadas para el suelo urbano.

Figura 22. Zonificación de las pendientes en el casco urbano de Curillo



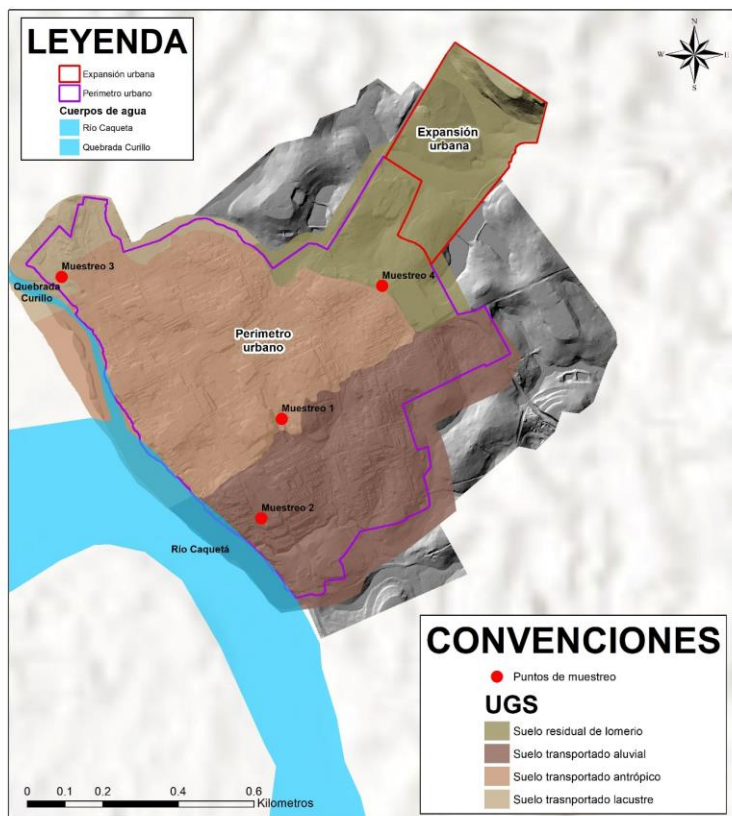
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.2.1.1.1.2 Espesor del suelo y parámetros geotécnicos

Tomando como referencia las unidades de suelo referenciadas por el IGAC dentro del municipio de Curillo, se pudo realizar la determinación de zonas inestables que, junto a la disponibilidad de información secundaria, permitieron definir los puntos más convenientes para la elaboración de los apiques, del mismo modo se obtuvo el rango de espesor de cada unidad de suelo, ya que la cantidad de suelo que exista en un talud, se convierte en factor fundamental dentro del modelo de talud infinito; ya que, en dicho método, se asume que la ocurrencia de una falla se materializa en función del espesor total del suelo.

Los apiques se realizaron en el casco urbano de Curillo, teniendo en cuenta los lineamientos técnicos de la norma ASTM D3080, con el fin de obtener una muestra de suelo no alterada de aquellas unidades en las que no se registraba información. La ubicación de los muestreos analizados se presenta en la Figura 23, en la cual se observa que cada unidad de suelo fue muestreada. Posteriormente las muestras de suelo fueron transportadas y sometidas a análisis de geotecnia en laboratorio.

Figura 23. Puntos de muestreo de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) en el casco urbano de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Con las muestras de suelo obtenidas de las perforaciones y apiques realizados de acuerdo al tipo de suelo presente en el municipio y las áreas priorizadas por su condición de inestabilidad, se analiza el comportamiento por parte de estos materiales a los esfuerzos, sobre las muestras se realizaron ensayos de: humedad natural, análisis granulométrico en diferentes tamices hasta el tamiz 200 y ensayos de corte directo; de estos ensayos se obtienen los datos de peso unitario, ángulo de fricción y límites de Atterberg del cual deriva el valor de cohesión. Dichos parámetros son criterios y respuestas por parte de los suelos frente a los esfuerzos y estos se incorporan eventualmente al modelo de factor de seguridad para calcular la estabilidad del talud. La variación de estas variables condiciona la capacidad de desprendimiento y falta de adhesión interna de los suelos. En la Tabla 13 se presentan los parámetros geomecánicos de los suelos urbano y centros poblados. En dicha tabla se encuentra el registro de los parámetros geomecánicos (fricción, cohesión y densidad), las coordenadas de los puntos donde se realizó el muestreo de cada unidad. Una vez realizado el procesamiento de los datos en mención, se incluyen en el modelamiento del factor de seguridad.



Tabla 13. Parámetros geotécnicos de las Unidades Geológicas para Ingeniería determinados para el cálculo de factor de seguridad en el municipio de Curillo.

Nombre	Cohesión (kPa)	Angulo de Fricción (°)	Peso Unitario (g/cm3)
Suelo transportado antrópico	0,001	17,99	1,53
Suelo transportado aluvial	0,001	22,98	1,46
Suelo transportado lacustre	0,001	14,95	1,5
Suelo residual de lomerío	0,001	18,96	1,5

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.2.1.1.2 Detonantes de la Amenaza:

Adicionalmente se debe tener en cuenta dentro del cálculo de factor de seguridad los factores detonantes determinados para este tipo de amenaza como lo son: la ocurrencia de sismos y el detonante por lluvias.

3.2.1.1.2.1 Aceleración sísmica

El detonante por sismo es involucrado en el cálculo de factor de seguridad mediante el coeficiente de aceleración sísmica, que condiciona la estabilidad del terreno en el eje horizontal dada la ocurrencia de un evento de aceleración tectónica de la corteza.

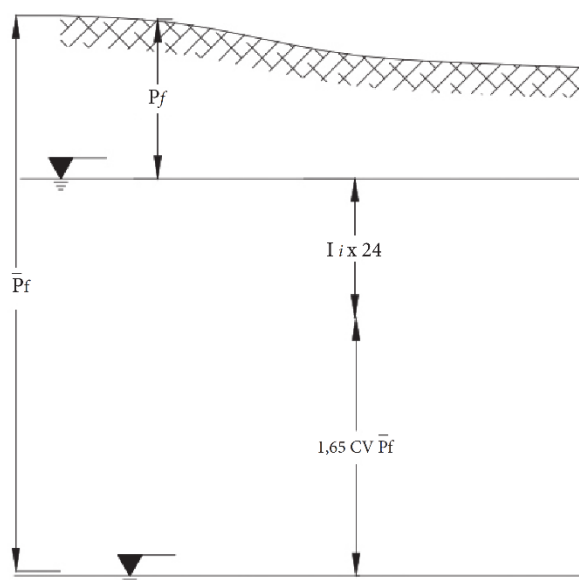
Los coeficientes de aceleración sísmica corresponden a la determinación de la intensidad de un evento sísmico, en función de las características del terreno. La aceleración máxima del suelo medida en (PGA) está relacionada con la fuerza de un terremoto en un sitio determinado. Entre mayor es este valor, mayor es la probabilidad de ocurrencia de un evento de remoción en masa con un detonante sísmico.

El coeficiente de aceleración sísmica fue generado a partir del mapa de amplificación sísmica de Colombia y corroborada con los coeficientes de amplificación sísmica dados por la Asociación Ingeniería Sísmica en el 2009 en el documento metodológico del Servicio Geológico (Leiva, Moya Berbeo, Trejo Gonzalez, & Carvajal, 2012). Para el municipio de Curillo se utilizó el valor Único de 0,20.

3.2.1.1.2.2 Profundidad tabla de agua

Para el detonante de las lluvias, es relevante contemplarlo pues de este se deriva la profundidad de la tabla de agua y su incidencia en el desprendimiento de la masa deslizante. Para el caso de estudio se decidió evaluar los escenarios más críticos respecto a saturación de agua en las unidades de suelo, esto a partir de la evaluación de las características propias de cada unidad edafológica y la estimación cualitativa de la retención de agua para diferentes periodos de retorno de lluvia. En la Figura 24 se presenta el esquema para el cálculo de la profundidad del nivel del agua subterránea, en él se puede apreciar que, en el estado de saturación total, dicho nivel correspondería a 0, es decir, se encuentra totalmente saturado y el nivel de la tabla de agua coincide con la superficie del suelo.

Figura 24. Esquema del cálculo de profundidad de la tabla de agua para el factor de seguridad



Fuente: modificado de SGC 2016

3.2.1.2 Zonificación de la amenaza en el suelo urbano:

Una vez recopilados la totalidad de insumos anteriormente mencionados, se utilizó la herramienta SIG para generar el cálculo del factor de seguridad para cada una de las celdas establecidas en el área de trabajo, haciendo especial énfasis en la suburbana.

Los rangos de factor de seguridad fueron agrupados en tres (3) categorías diferentes en función del grado de amenaza, tal como se observa en la Tabla 14. Finalmente, este mapa se integró al mapa de zonificación de amenaza para el área rural.

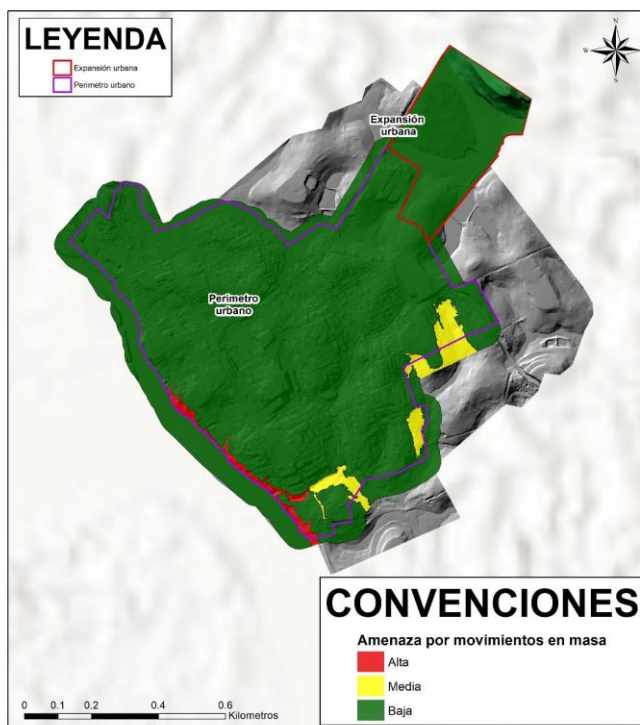
Tabla 14. Grados de estabilidad según los resultados del factor de seguridad.

Rango factor de seguridad	Categoría	Calificación
>1.5	Baja	1
1.1 – 1.5	Media	2
<1.1	Alta	3

Fuente: modificado de SGC 2014

La zonificación final de amenaza por movimientos en masa, para el casco urbano del municipio de Curillo (Figura 25), muestra que el 95 % del municipio, se encuentra categorizado en amenaza, baja, principalmente en las zonas de pendientes suaves; del mismo modo; en el sector sur y sureste, predomina la amenaza media con un 4%, correspondiente a la unidad geológica para ingeniería denominada suelo transportado aluvial (Stal) cuyas propiedades de cohesión favorecen la inestabilidad de las laderas. Finalmente, el 1% compete a algunos sectores zonificados en amenaza alta, debido a que estas zonas corresponden a taludes de pendiente escarpada a orillas del río Caquetá

Figura 25 Amenaza por movimientos en masa en zona urbana del municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En la Tabla 15 se observa el porcentaje de distribución de las categorías de amenaza por movimientos en masa en el casco urbano del municipio de Curillo, siendo el 96% en amenaza baja, el 2.82% en amenaza media y aproximadamente el 1% en amenaza alta.

Tabla 15 Relación de las áreas y porcentajes de por categoría de amenaza por movimientos en masa para el casco urbano de Curillo

Tipo de suelo	Categoría de amenaza						Total Área (ha)
	Alta		Media		Baja		
	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)
Perímetro urbano	1.13	1.55	2.06	2.82	69.95	95.64	73.15
Expansión urbana	0.00	0.00	0.00	0.00	12.51	100.00	12.51
Total	1.13	1.55	2.06	2.82	82.47	96.27	85.66

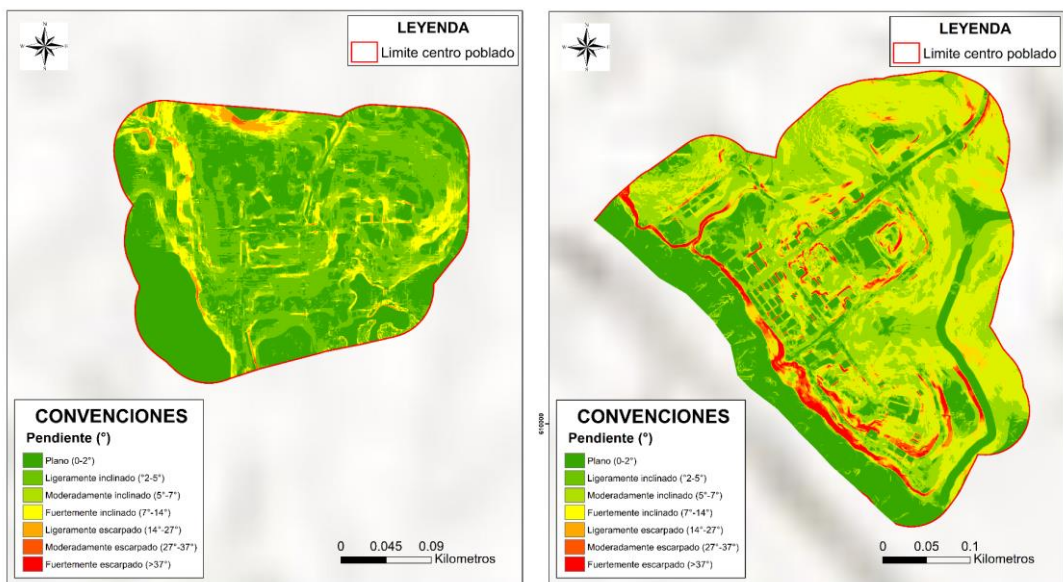
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.2.1.3 Zonificación de la amenaza en los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia:

Al realizar el modelo de pendientes del centro poblado de Salamina y Puerto Valdivia (66Figura 26), se observa que el relieve es predominantemente plano a ligeramente inclinado (pendiente menor a 5°) , a pesar de que hay pequeños sectores que muestran pendientes inclinadas, los cuáles obedecen a patrones rectilíneos, puesto

que rodean las vías y corresponde a desniveles generados por las edificaciones de la zona, no a un cambio en la pendiente natural del terreno. Esto representa baja inestabilidad en la zona y por ende amenaza baja por movimientos en masa. Por esta razón, según lo observado en campo, sumado a la ausencia de eventos históricos y siguiendo los lineamientos técnicos del Artículo 8 del decreto 1807 de 2014, se descarta la probabilidad media y alta de ocurrencia de movimientos en masa en el sector.

66Figura 26 Rangos de pendientes para el centro poblado Salamina y Puerto Valdivia



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.3 Estudio básico de amenaza por inundación en zona rural

El área comprendida por el municipio de Curillo enmarca una región muy importante de la cuenca alta y media del Río Caquetá. Este sector combina un sistema hídrico caracterizado por la presencia de cuerpos de agua lóticos, destacando entre estos los cauces principales de la Quebrada Curillo y el Río Caquetá.

Como generalidad, el municipio se caracteriza por la presencia de pendientes muy bajas y suaves en el sur oriente del municipio. Sin embargo, hacia el oriente se reconocen morfologías montañosas. Aunque estas zonas tienen una baja densidad generan procesos de erosión uniforme. Por otro lado, continuamente aportan ladera abajo una cantidad considerable de agua y sedimentos, principalmente al cauce del Río Caquetá formando un patrón de drenaje dendrítico controlado por la topografía y las características litológicas y estructurales de la zona.

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos que generalmente son el resultado de fuertes precipitaciones y de la labor de la dinámica de una corriente, expresada a través de los desbordamientos y migraciones de cantidades de agua considerables. Las secuelas de estos procesos pueden llegar a ser muy nocivas si se subestima su energía y magnitud de impacto, ya que generan una gran inseguridad y riesgo para las poblaciones e infraestructura (especialmente agrícola) que puedan estar localizadas en zonas susceptibles y con alta predisposición a este tipo de eventos.

Estos fenómenos suelen generarse durante las temporadas climáticas de mayor pluviosidad, ya que usualmente se originan por lluvias persistentes y generalizadas ocasionando un aumento progresivo del nivel de las masas de agua, lo cual ocasiona que se sobrepase la capacidad de retención del suelo y se supere la



altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando desbordamientos y dispersión de las aguas con cierta periodicidad sobre gran parte de las zonas aledañas a los cursos de agua que normalmente no se encuentran sumergidas, como lo son las llanuras de inundación y los sistemas de terrazas bajas de las planicies aluviales (IDEAM, 2016).

En épocas de intensas anomalías climáticas, las terrazas medias y zonas más distales de las riberas de los ríos también pueden verse afectadas, esto como consecuencia de inundaciones inusuales por periodos climáticos de altas precipitaciones, como se observó en Colombia con el impacto del Fenómeno “La Niña” 2010-2011 que tuvo afectaciones en todo el país, específicamente por las crecientes de los ríos.

Tabla 16. Tipo inundaciones con sus posibles efectos

Causa	Efectos
Fluvial: Desbordamiento y dispersión de corrientes de agua de ríos y quebradas	<ul style="list-style-type: none">• Pérdida de bienes materiales y vidas• Repercusiones económicas causadas por afectación en cultivos y áreas de pasto para ganadería.• Secuelas ambientales y de la cobertura vegetal por sobre hidratación y exposición a condiciones extremas• Alteración del balance hídrico de la zona, generando a su vez en zonas de interés y productividad pesquera, una sustancial disminución de esta al reducirse las migraciones reproductivas y la oferta de nutrición de los peces de importancia comercial
Pluvial: Encharcamientos de aguas lluvias represadas por saturación de la capacidad de drenaje del terreno.	

Fuente: Adaptado de Narvaez Mora & Viteri Palacios (2009)

3.3.1 Estudios Previos

El municipio de Curillo ha sido objeto de estudios e informes sobre las amenazas de origen hidrometeorológico que existen en el territorio. Existen reportes de eventos y zonificaciones que aportan al entendimiento de la dinámica de las inundaciones lentas ocurridas en zona rural del municipio. Dentro de los documentos recopilados se resaltan los siguientes:

- Esquema de Ordenamiento Territorial vigente año 2000
- Actualización EOT 2012 (No adoptado)
- Actualización EOT 2015 (No adoptado)
- Identificación y Caracterización de Sitios Críticos de Amenaza Municipio de Curillo, Caquetá (Corpoamazonia, 2015)
- Plan Municipal de Gestión del Riesgo municipio de Curillo 2018
- Plan Departamental de Gestión del Riesgo del Caquetá
- Estudios departamentales de gestión del riesgo 2018

3.3.1.1 Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)

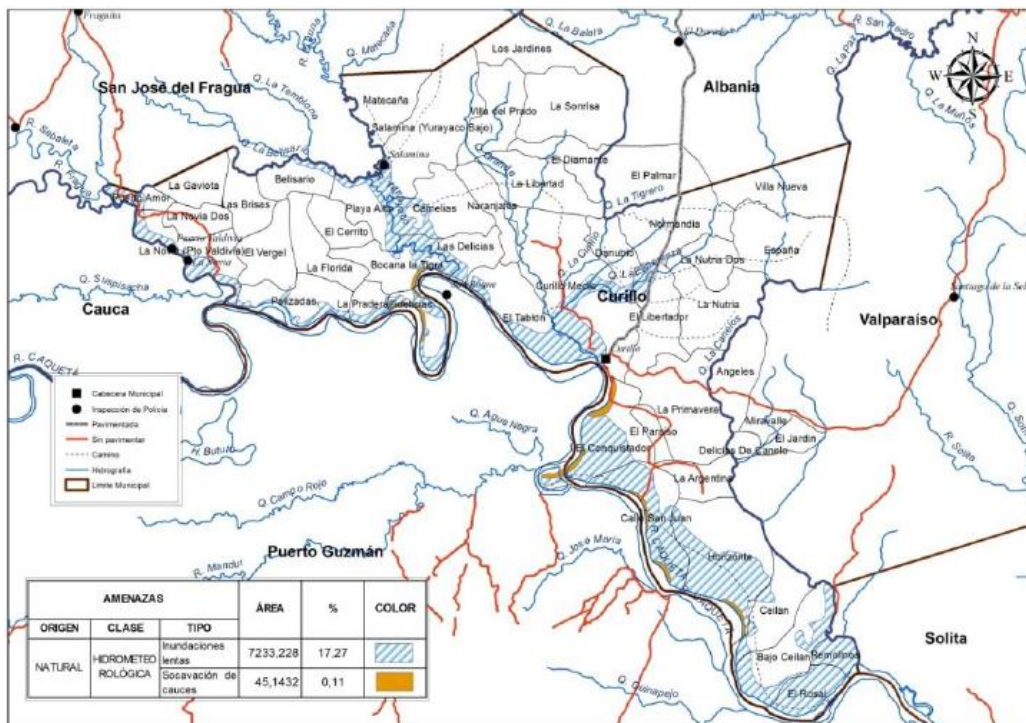
Si bien el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Curillo fue adoptado en el año 2000, se han realizado estudios de actualización del EOT, los cuales han hecho acercamientos a la incorporación de la



gestión del riesgo de desastres dentro del ordenamiento territorial del municipio. En el marco de las actualizaciones mencionadas, se realizaron zonificaciones de las amenazas presentes en el municipio en diferentes años. Dentro de ellas, la consultoría para la actualización del EOT del municipio del año 2012, generó la zonificación que se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Mapa de inundaciones en el municipio de Curillo desarrollada por Consultoría EOT Curillo 2012.



Fuente: Consultoría EOT Curillo 2012

Se puede observar como las zonas de inundación están asociadas al río Caquetá y la quebrada Curillo. Además, el mapa muestra zonas con socavación de cauces. Adicionalmente, las zonas inundables en el sur del municipio de Curillo se hacen más extensas dada la faja de migración del río aguas abajo.

El grado de amenaza por inundaciones es clasificado como alto particularmente en el casco urbano en la confluencia de la quebrada La Curillo en el río Caquetá, y en las veredas La Novia, Palizada, Fidelicias, El conquistador, La Pradera, Calle San Juan, Bajo Ceilán, El Rosal y Horizonte. El fenómeno de desplome lateral en los cauces se presenta cuando las orillas de estos son despojadas de la vegetación natural protectora y la energía cinética de corriente socava y desprende las paredes laterales del cauce principal, este ocurre principalmente hacia el sur del casco urbano del municipio, donde el río Caquetá ha ido erosionando el costado izquierdo de su cauce poniendo en riesgo las viviendas allí presentes, y en el río Yurayaco, el grado de amenaza es de grado alto.

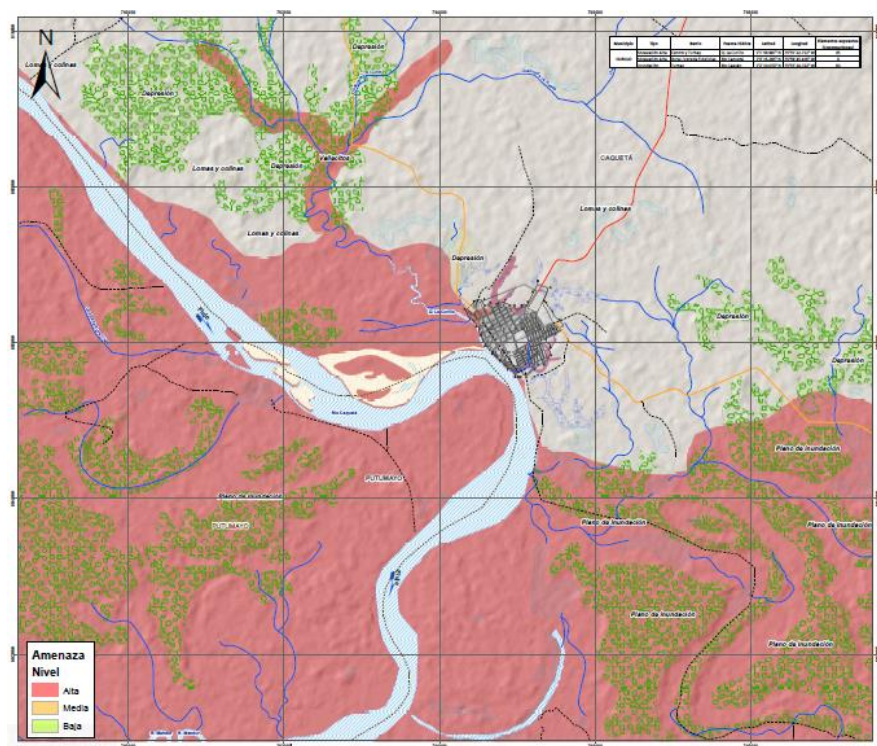
Por otro lado, en el año 2015 se adelantó un segundo proceso de actualización del EOT de Curillo, donde se realizó un mapa general de amenazas que incluye zonas de inundación. La Figura 28 muestra la distribución espacial de amenazas como sismicidad, socavación e inundación para el municipio de Curillo.

3.3.1.3 Estudios Departamentales de Gestión del Riesgo

Como parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el departamento de Caquetá ha adelantado acciones y proyectos que aporten al conocimiento del riesgo en los municipios que lo conforman. De esta forma, mediante la UT Gestión del riesgo Caquetá 2018, se realizó la consultoría donde se brindó asistencia técnica departamental en diferentes estudios. Adicionalmente se realizó la zonificación de algunas amenazas.

Puntualmente, para la amenaza por inundación rural en el municipio de Curillo, se desarrolló una metodología heurística utilizando como insumos las unidades geomorfológicas, la recurrencia de eventos históricos junto con un análisis de precipitación. Como resultado se obtuvo la zonificación que se muestra en la Figura 29.

Figura 29. Zonificación de amenaza por inundación en el municipio de Curillo desarrollada por UT Gestión del riesgo Caquetá 2018.



Fuente: UT Gestión del riesgo Caquetá 2018

De acuerdo con esta zonificación, puede observarse que la categoría de amenaza alta se centra en la geoforma plano de inundación desde el Rio Caquetá hasta la vereda Horizonte del sur del municipio de Curillo. Por el contrario, la amenaza media fue atribuida para las geoformas de Lomas, Colinas y Depresiones.

3.3.2 Descripción Metodológica

En este capítulo se encontrará el análisis para zonificación de la amenaza por inundaciones para el municipio de Curillo. Para esta zonificación se hace uso imágenes satelitales para diferentes temporalidades (1969, 1999 y 2020) y un modelo digital de elevación con una resolución de 12.5 m por píxel.

A partir de los insumos se realiza el análisis geomorfológico permitiendo delimitar las geoformas de fluvial que son susceptibles a presentar inundaciones, teniendo esta geoformas identificadas, se realiza un análisis de los reportes de eventos históricos (localización y caracterización) tanto de los eventos históricos reportados en

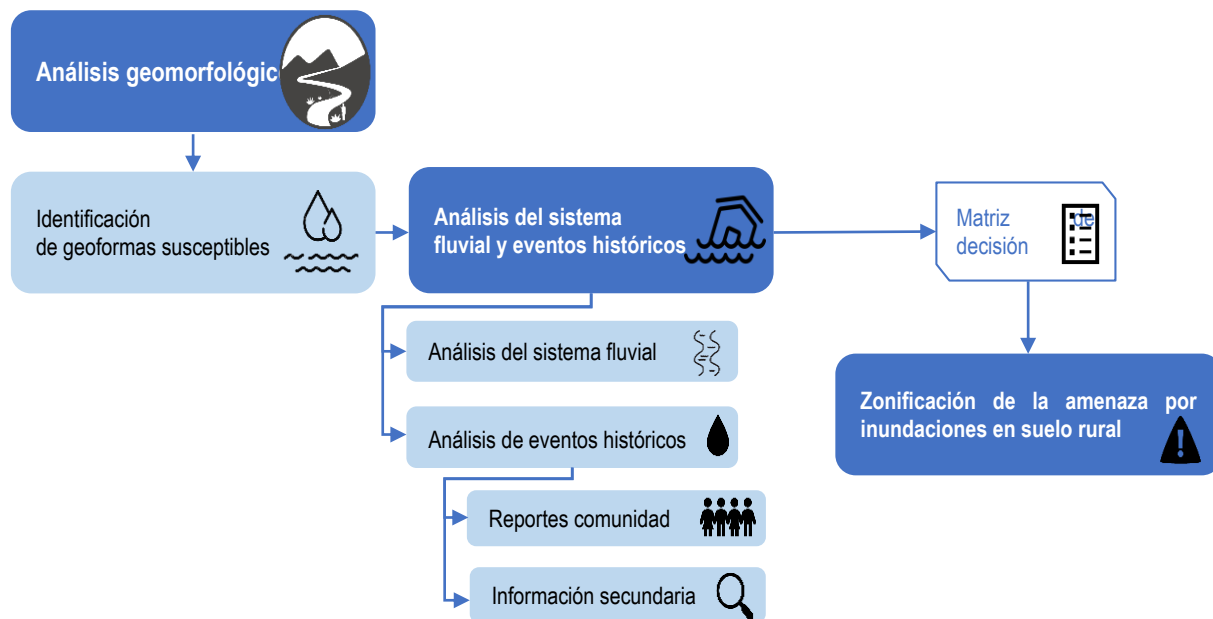


fuentes secundarias, como la información social recolectada en los procesos de participación ciudadana y la validación de estas con información de campo como zonas con mayor propensión a este tipo de fenómenos. Además de esto se realiza la caracterización de la dinámica fluvial del municipio en diferentes temporalidades a través de un análisis multitemporal de imágenes de sensores remotos, reconociendo las zonas de divagación y cambio en los meandros del Río Caquetá (ver Figura 30)

Por último para realizar la zonificación de la amenaza por inundación en el municipio de Curillo se realizó una integración de análisis de tipo geomorfológico -histórico, en donde esta zonificación tuvo en cuenta el análisis de eventos históricos en las unidades geomorfológicas previamente definidas como susceptibles a sufrir fenómenos de este tipo (establecidas en el ítem de análisis geomorfológico) y el análisis de la dinámica fluvial en el municipio, a través de una matriz de decisión que contempla las variables antes descritas.

La zonificación obtenida se presentará en tres niveles jerárquicos (Alto, Medio y Bajo), todo esto de acuerdo con los parámetros establecidos por el Decreto 1807 de 2014 en su artículo 9°.

Figura 30. Metodología implementada para la zonificación por inundaciones en suelo rural



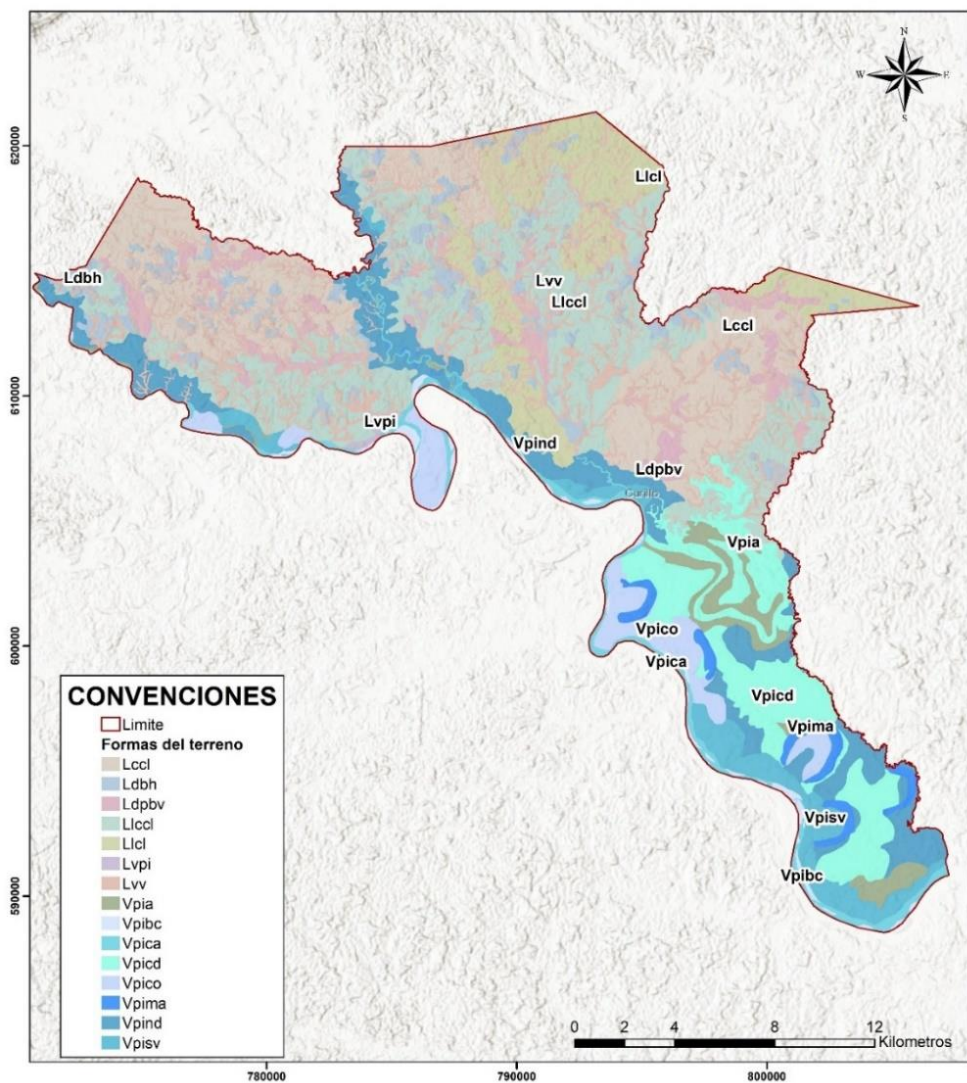
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.3.2.1 Análisis geomorfológico

Para el análisis de las Inundaciones dentro del municipio de Curillo se tienen en cuenta como morfologías principales aquellas asociadas a dinámicas fluviales, puesto que estas representan los procesos y geoformas con un mayor factor de susceptibilidad a presentar eventos de inundación por desborde de los cauces en creciente progresiva o súbita. Con el resultado de la interpretación geomorfológica se analizaron las geoformas fluviales que permitieron caracterizar los procesos morfodinámicos dominantes en los fenómenos de inundación, de acuerdo con el análisis histórico registrado y las características texturales y geométricas intrínsecas de las geoformas. La geomorfología del municipio de Curillo ha sido moldeada por la interacción de los agentes geológicos presentes en la zona, como la geología, las pendientes, el clima, y entre otros. En el proceso de interacción intervienen fuerzas endógenas y exógenas que le imprimen características específicas de ambientes denudacional y deposicional, y formas del relieve de colinas, lomas, vallecitos depresiones, y planos de inundación (Figura 31).

Figura 31. Unidades geomorfológicas identificadas para el municipio de Curillo

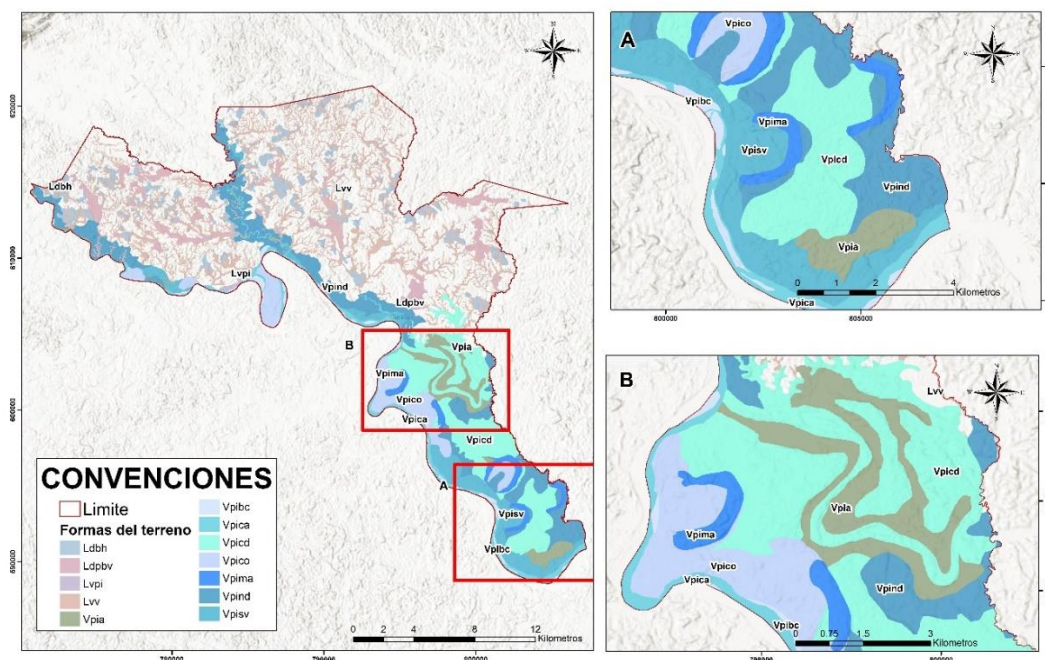


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.3.2.1.1 Identificación de geoformas susceptibles

Las geoformas que se encuentran relacionadas a las dinámicas fluviales presentan un mayor factor de susceptibilidad a eventos de inundación por el desbordamiento del cauce en crecientes progresivas y lentas. Teniendo en cuenta la interpretación geomorfológica para el municipio de Curillo se extrajeron las geoformas fluviales asociadas con los procesos morfodinámicos predominantes en los procesos de inundación, las cuales corresponden a las formas de terreno de albardón, bajo con herbazales, bajos vegetados, barra de canal, cauce aluvial, complejo de orillares, cubeta de decantación, meandro abandonado, napa de desborde, plano de inundación de vallecito, plano y talud de terraza media, sobrevega de cauce aluvial y vega de vallecito (Tabla 17). Las zonas susceptibles corresponden a áreas que presentan una pendiente suave a plana, la cual permite que ocurra eventos de inundación y los mantiene por un mayor periodo. Respecto a su distribución espacial, las geoformas susceptibles se encuentran mayormente asociadas al borde del río Caquetá hacia el sur del municipio.

Figura 32 Geoformas susceptibles a inundaciones en el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



Tabla 17. Geoformas susceptibles a inundaciones presentes en el municipio de Curillo

Paisaje geomorfológico	Ambiente geomorfológico	Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura	Descripción
Lomerío	Deposicional	Depresión	Bajo con herbazales	Ldbh	Superficie planocóncava y ovalada, en la cual se presentan condiciones de acumulación de agua, convirtiéndose en pequeñas zonas húmedas con altos contenidos de arcillas y presencia de coberturas de tipo herbazales.
			Bajos vegetados	Ldpbv	Representa una superficie plano cóncava y ovalada, con situaciones de acumulación de agua, generando pequeñas zonas húmedas donde se depositan arcillas y presencia de coberturas vegetales.
		Vallecito	Plano de inundación de vallecito	Lvpi	Superficie llana y alargada de las terrazas, remanente de fluctuaciones que pudo sufrir el nivel de base de erosión local.
			Vega de vallecito	Lvv	Corresponde a la porción de tierra más baja del vallecito, la cual bordea ambos márgenes de la corriente principal, es frecuentemente inundable.
		Valle	Deposicional	Plano de inundación de río meándrico activo	Albardón
Barra de canal	Vpibc				Representa barras de arena en medio de los canales, son típicas en los cauces principales, se forman en asociación con tras barras.
Cauce aluvial	Vpica				Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes, con superficies de pendientes planas a suavemente inclinadas.



Paisaje geomorfológico	Ambiente geomorfológico	Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura	Descripción
			Cubeta de decantación	Vpicd	Hace referencia a la zona más baja del plano de inundación, su topografía es plano cóncavo favorece el estancamiento de aguas de desborde y corrientes intermitentes tributarias, lo que facilita la decantación de partículas finas como los limos y arcillas.
			Complejo de orillares	Vpico	Formas del terreno concavoconvexa, alargada y curvada, se presentan en patrones de surcos y camellones de diversa amplitud, en la orilla interna de los meandros por deposición sucesiva de capas de arenas finas y limos.
			Meandro abandonado	Vpima	Tramos de lecho del río correspondiente a la curva del meandro abierta o cerrada, ocurre con la rotura del meandro cuando este acorta su curso, el taponamiento de sus extremos es rápido y se da por la acumulación de sedimentos del propio lecho.
			Napa de desborde	Vpind	Son zonas de transición entre el albardón y la cubeta, formada por la acumulación de sedimentos de granulometría mediana en los que prevalecen los limos.
			Sobrevega de cauce aluvial	Vpiv	Es la zona intermedia entre las terrazas y el plano de inundación, bordean uno o ambos márgenes de los cauces y son periódicamente inundables.
		Terraza media	Plano y talud de terraza media	Vtptm	Superficie plana a suavemente inclinada, de morfología ondulada, su origen es debido a la ampliación del valle de un río, debido a la erosión en sus márgenes.

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.3.2.2 Caracterización del sistema fluvial y eventos históricos.

3.3.2.2.1 Sistema fluvial río Caquetá

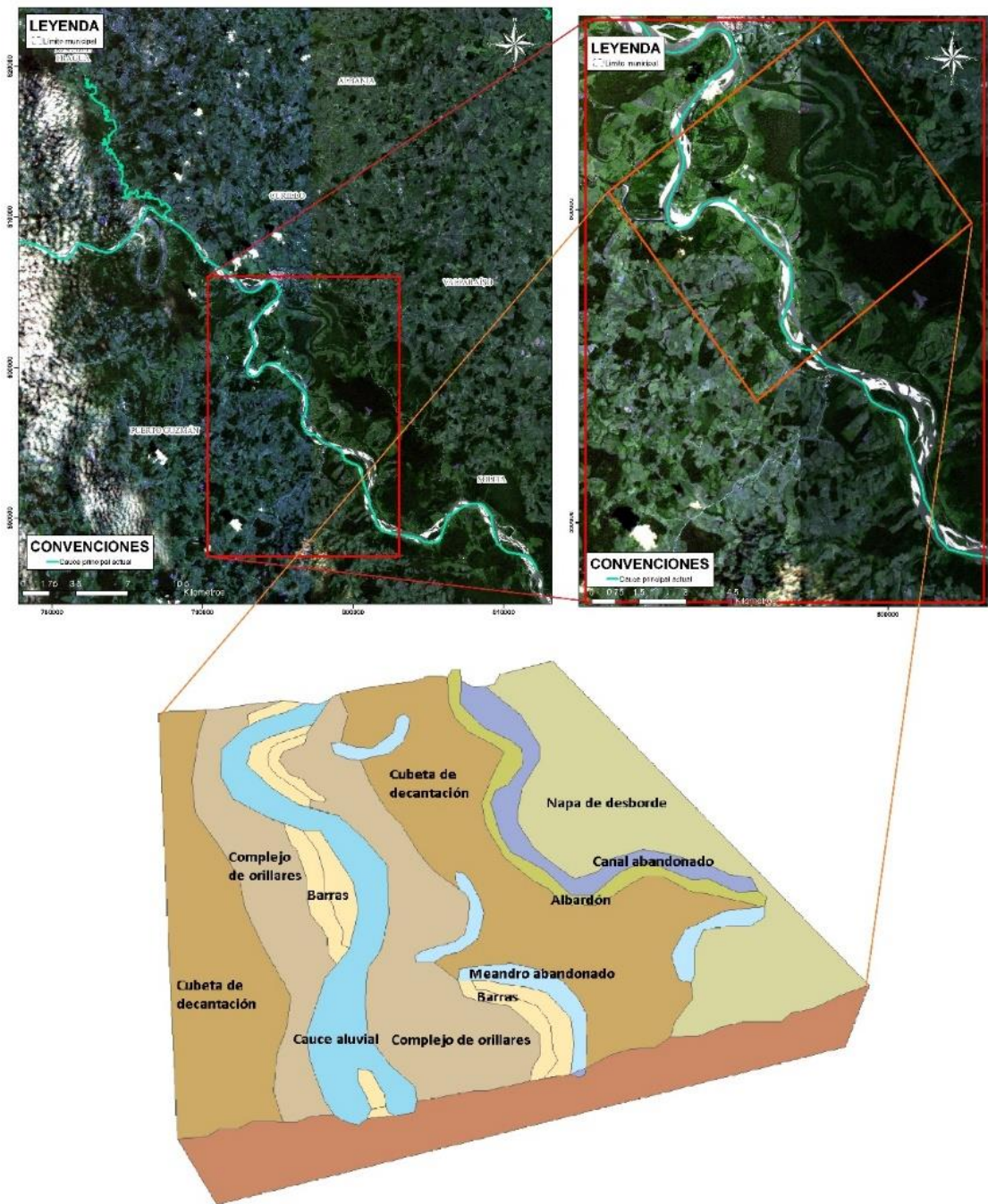
El río Caquetá, es un largo río amazónico de 2.280 km de longitud, forma la principal red hídrica del Río Amazonas, aportándole el 13% de su caudal. Este nace en departamento del Cauca a la altura del Macizo



colombiano drenando hacia el sur, convirtiéndose en el límite natural entre los departamentos de Cauca y Putumayo, posteriormente toma un rumbo en sentido sureste siendo ahora el límite entre Putumayo y el Caquetá para luego entrar al departamento del Amazonas y continuar su curso en Brasil.

En Curillo el recorrido del río Caquetá marca el límite del municipio por el costado sur occidental a lo largo de unos 61 kilómetros con una diferencia de altura de aproximadamente 15 metros, lo cual relaciona una muy baja pendiente que le permite al canal divagar sobre una extensa llanura de inundación. El canal principal relaciona un índice de sinuosidad de 1,5, configurando un sistema meándrico a lo largo del área de estudio. La Figura 33 ilustra de manera general los elementos reconocidos en el área de estudio que reafirman el comportamiento meándrico del río Caquetá el cual se dispone sobre una basta llanura de inundación, entendiendo que su génesis está estrictamente ligada con la dinámica reciente del río, reconociendo zonas históricamente inundadas por el desbordamiento del canal principal, además del estrangulamiento de algunos meandros y el rompimiento del canal principal, estos procesos han tenido un desarrollo natural dentro de la llanura de inundación.

Figura 33 Formas del paisaje presentes en el área de estudio (sistema meándrico).



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.3.2.2 Análisis multitemporal

Para la determinación de las zonas inundables y la categorización de las geoformas asociadas a inundaciones, se realizó un análisis a partir de sensores remotos en diferentes años, esto con el fin de observar los cambios asociados a la dinámica fluvial de los ríos que recorren el municipio. En la Tabla 18 se observa la información referente a cada escena de imágenes interpretadas y la temporalidad de estas.

Tabla 18. Imágenes interpretadas.

Año	Sensor	Resolución de píxel
1969	Imagen satélite Google earth	N/A
1999	Landsat 7	15 m
2020	Sentinel 2	12 m

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

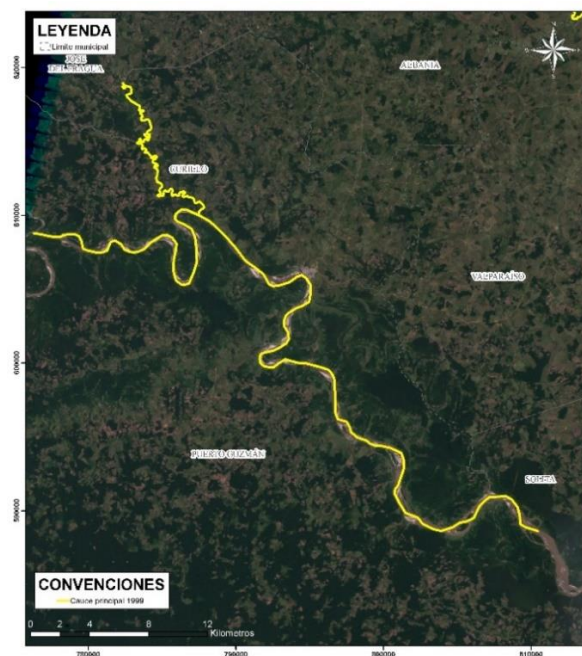
De acuerdo con la interpretación del cauce principal del río Caqueta para los 3 momentos históricos es posible realizar un análisis general de cómo ha sido la evolución del sistema para las últimas décadas entendiendo la dinámica y los patrones de comportamiento del río, pues es posible reconocer algunas zonas con mayor actividad reciente, en donde se ha visto una importante tasa de migración de meandros, ahorcamiento y corte de los mismos, el entender estos procesos da una idea general para el reconocimiento de zonas con mayor susceptibilidad a presentar futuros eventos de desbordamiento y rompimiento de diques naturales del canal. Para tal objetivo se analizaron imágenes en 3 momentos: 1969 (imagen google earth), 1999(imagen landsat) y 2020 (imagen sentinel). ver Figura 34, Figura 35, Figura 36 respectivamente. Así mismo la Figura 37 sobre el infrarrojo visible relaciona en comparativo el trazado del cauce principal del sistema para los 3 periodos de tiempo interpretados.

Figura 34. Cauce principal del río Caquetá 1969.



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Figura 35. Cauce principal del río Caquetá 1999.



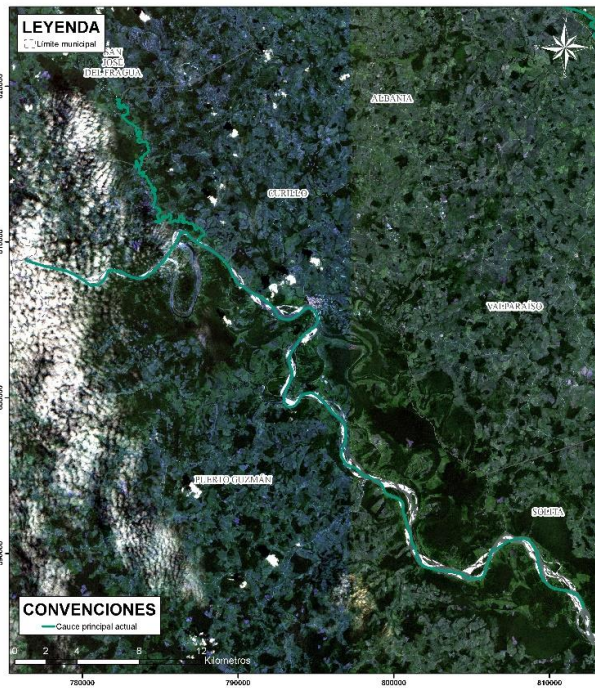
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

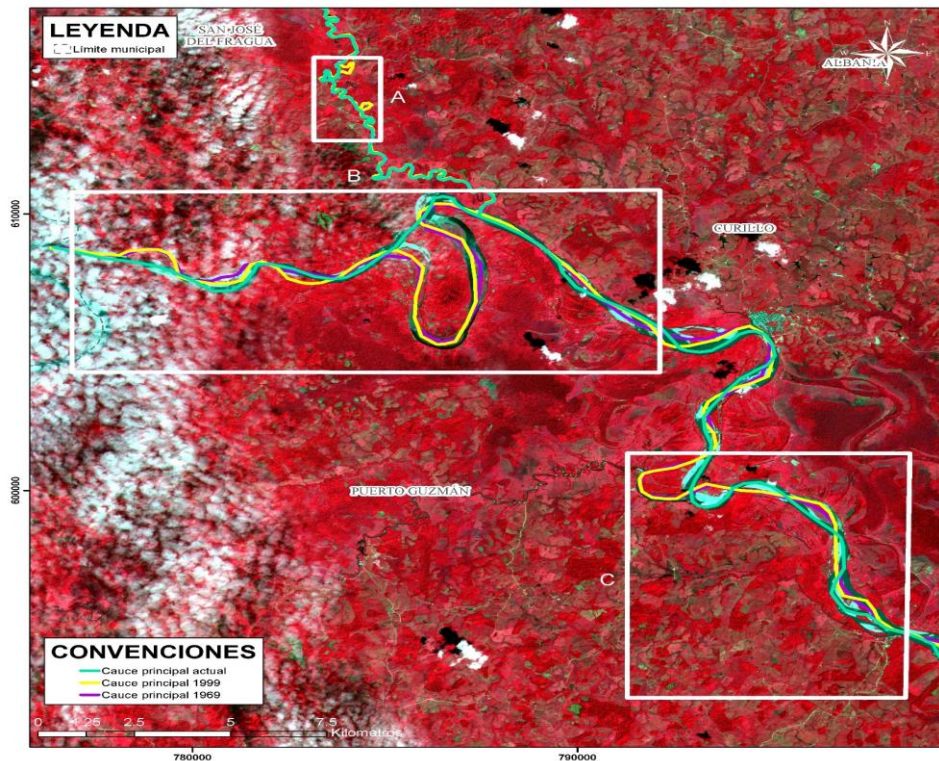


Figura 36 Cauze principal del río Caquetá 2020



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

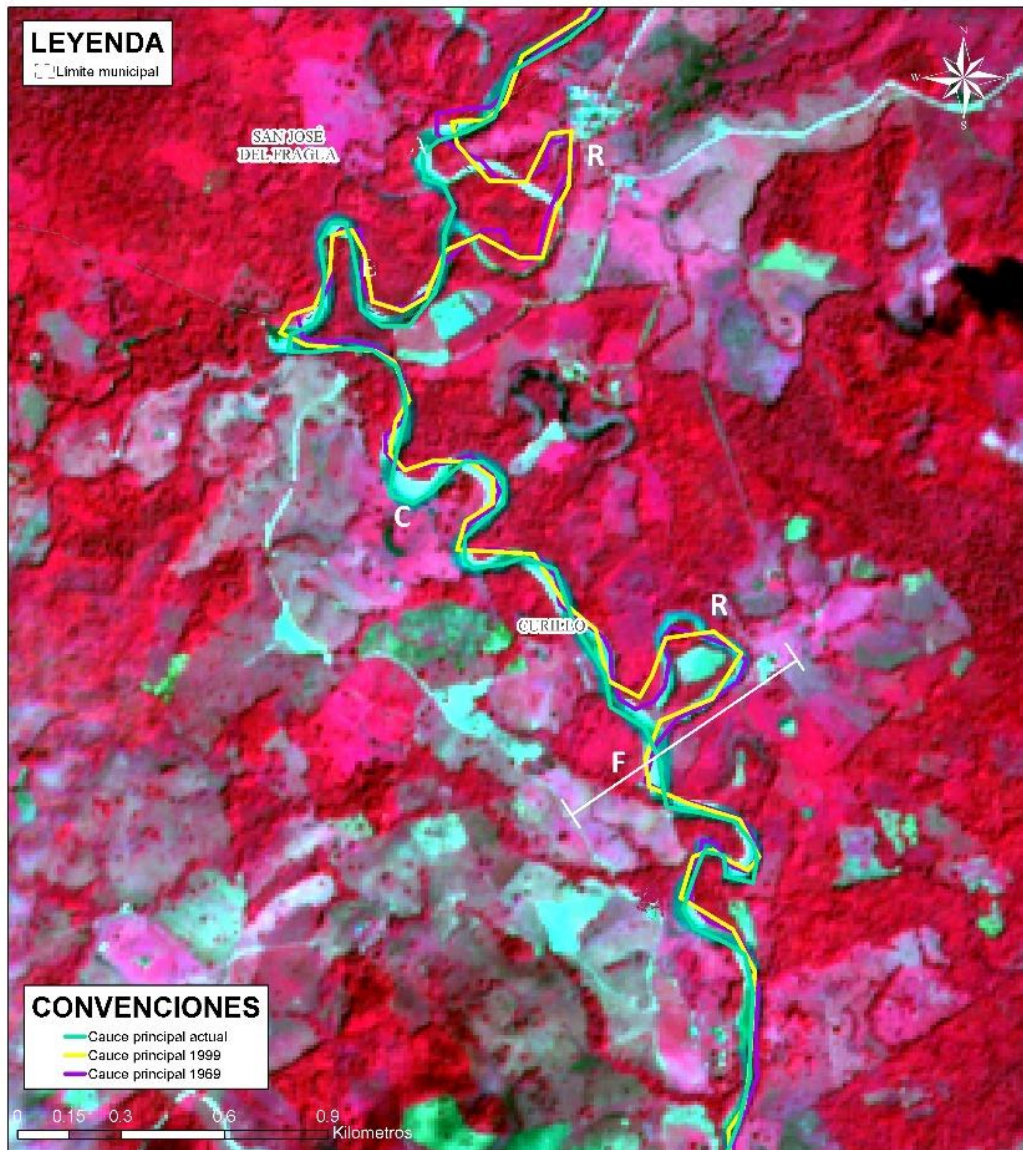
Figura 37 comparativo del cauze principal del río Caquetá y un afluente en 3 momentos (1969, 1999 y 2020)





La Figura 38 expone 2 zonas de ruptura y abandono de meandros (R), en donde es claro el ahorcamiento y posterior abandono del cauce en estos meandros, también se aprecia un crecimiento y desarrollo importante de un meandro preexistente (C). El sistema de esta afluente muestra inicialmente una dirección preferencial hacia el sur oeste y luego obedeciendo a las condiciones topográficas toma un rumbo en sentido sur este para terminar desembocando en el río Caquetá, toda la dinámica de migración y abandono de meandros se ha desarrollado históricamente en una faja (F) que alcanza en algunos casos aproximadamente los 800 metros.

Figura 38 Sección A, comparativo del afluente que desemboca en el Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020).



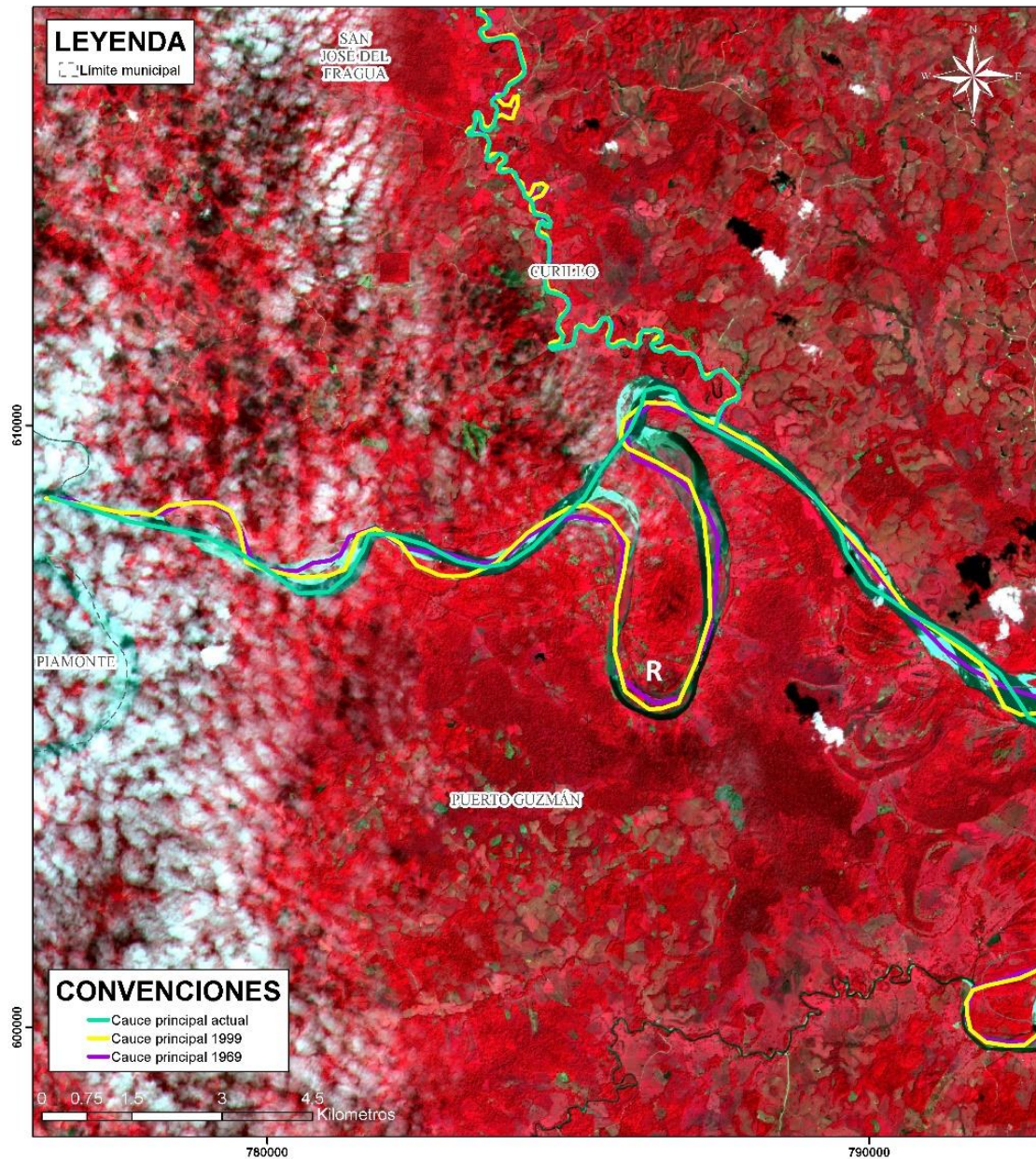
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Uno de los aspectos más importantes es la dinámica reciente del río Caquetá es el estrangulamiento de uno de sus meandros a la altura de la vereda Fidelicias (Figura 39). Pues dentro del desarrollo y evolución del cauce estos fenómenos son comunes en los sistemas meándricos, sin embargo, esto genera una serie de implicaciones



para el ordenamiento del territorio, pues se ha definido que el cauce marca el límite entre 2 departamentos, además de ser un proceso que ha afectado más de 500 hectáreas.

Figura 39 Sección B, comparativo del cauce principal del río Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020)

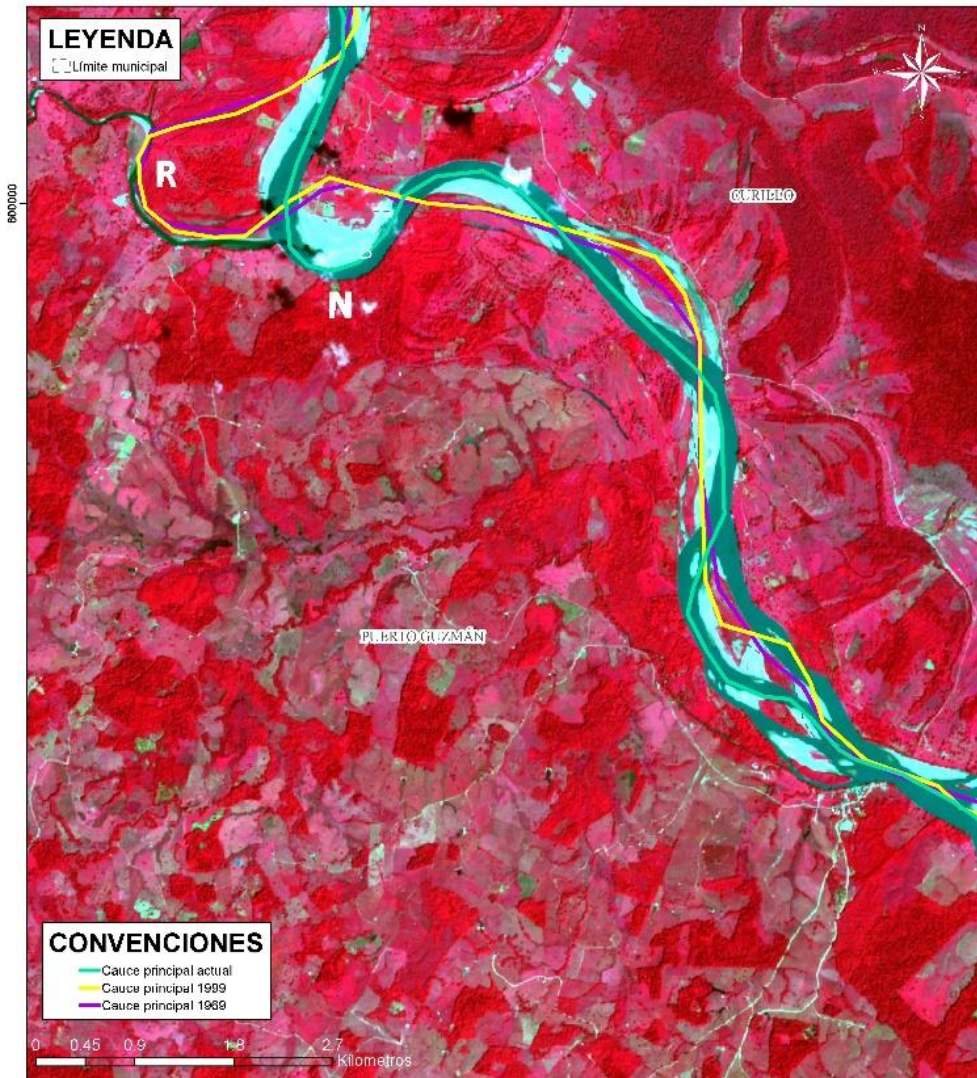


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Como otro aspecto importante en el comportamiento reciente del cauce principal del río Caquetá, (ver Figura 40), se evidencia el rompimiento y abandono de otro de sus meandros (R) y el desarrollo inmediato de una nueva sinuosidad (N) además de otros cambios naturales en el curso del canal principal aguas abajo.



Figura 40 Sección C, comparativo del cauce principal del río Caquetá en 3 momentos (1969, 1999 y 2020)



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.3.2.3 Eventos históricos

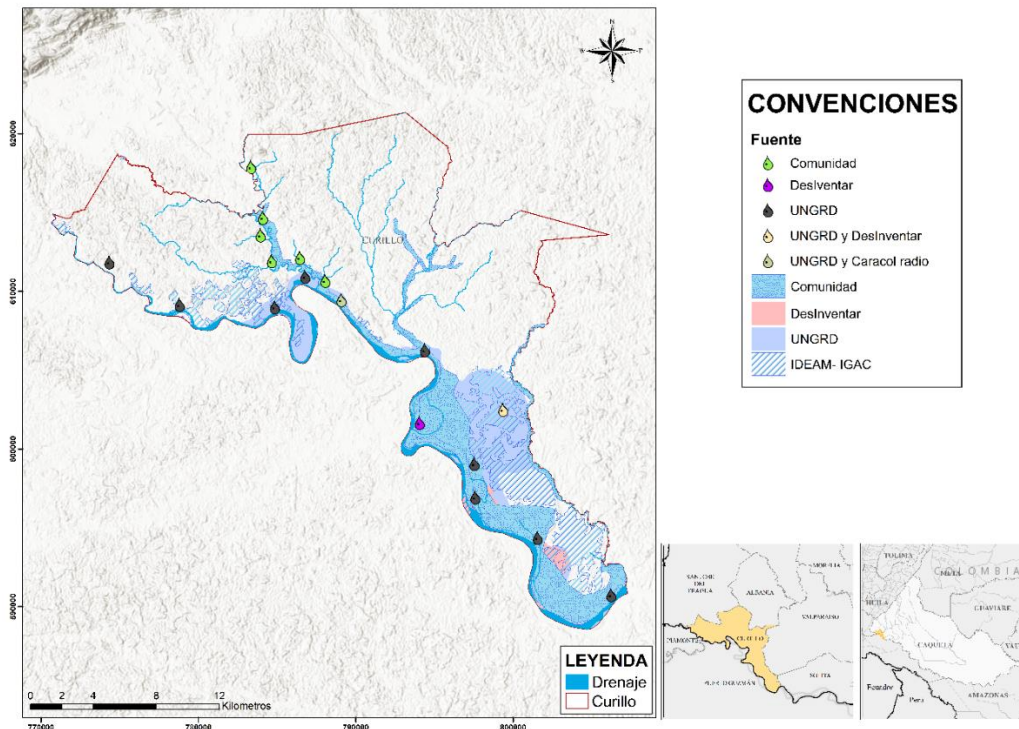
Dentro de este análisis se evalúan todos aquellos eventos que relacionen procesos de inundación, en donde se tiene el reporte de 27 eventos por inundación ya que la recopilación y tratamiento de la información histórica permite realizar un análisis de los impactos producidos por fenómenos naturales en el pasado, es por esto por lo que se desarrolla una base de datos de fenómenos históricos asociados a inundaciones, a partir de un estado del arte sobre los casos de estudio existentes para el municipio de Curillo.

Las principales fuentes de información referentes a los eventos que se consultaron en el ámbito de este trabajo corresponden a las siguientes entidades:

- Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar).
- Reportes de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
- Reportes de la comunidad reportados en los talleres de diagnóstico
- Reportes en diferentes medios de comunicación

A partir de la recopilación de información se desarrolló un inventario de eventos, el cual se representa en la Figura 41. Además de esto, se toma como insumo base para el análisis de eventos históricos de inundación, un mapa de huellas hídricas escala 1:100.000 elaborado por el IDEAM para las épocas de los fenómenos de la Niña en los años 1988, 2000 y 2011 - 2012, en donde se observan aquellos sectores en los cuales se presentaron inundaciones, debido a las bajas pendientes en esta parte del área de estudio y a temporadas de lluvia, especialmente a eventos de gran magnitud.

Figura 41. Eventos históricos por inundaciones reportados para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.3.3 Zonificación de la amenaza por inundaciones

De acuerdo con la metodología propuesta, la zonificación final de inundación tiene en cuenta criterios geomorfológicos, morfométricos y la integración de los registros históricos de eventos recopilados de diferentes



fuentes. La matriz de decisión de la Tabla 19 muestra las categorías de amenaza final junto con los criterios establecidos para cada una de ellas.

Tabla 19. Matriz de decisión para la zonificación final de amenaza por inundaciones.

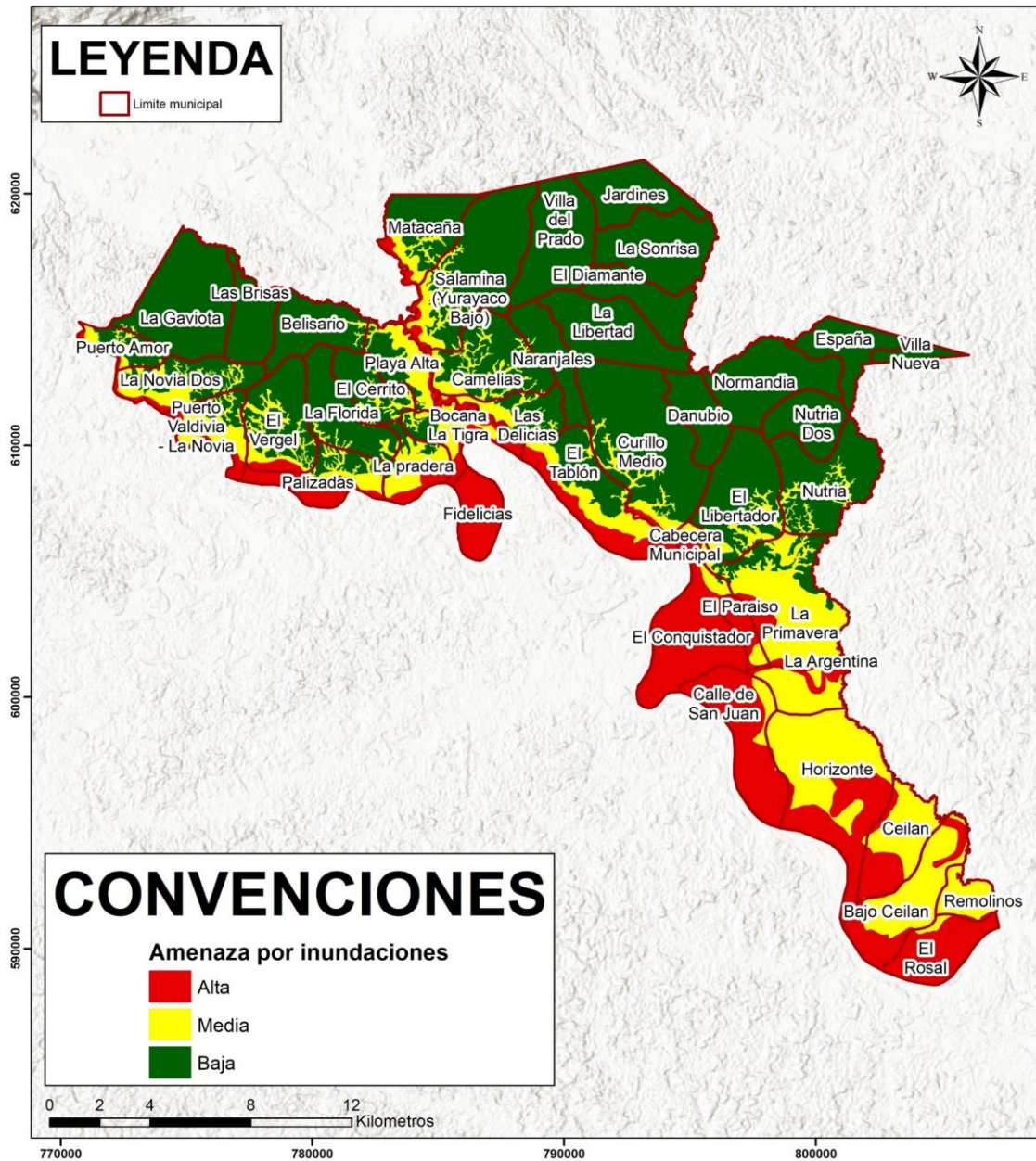
Categoría	Descripción
Baja	Geoformas con drenaje moderado a bueno, cuya génesis no tiene relación con la dinámica fluvial reciente y que no cuentan con registro de eventos.
Media	Geoformas con pobre drenaje, planas a levemente inclinadas, cuya génesis está asociada a la dinámica fluvial reciente con ocurrencia de al menos un evento de inundación validado.
Alta	Geoformas mal drenadas, de superficie plana y cóncava, que permanecen encharcadas la mayor parte del año por su proximidad a cauces principales, cuya génesis está asociada a la dinámica fluvial reciente con ocurrencia de más de un evento o evidencias de inundación durante fenómenos de variabilidad climática.

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Por último, se obtiene la zonificación final de amenaza por inundaciones para el municipio de Curillo (Figura 42). La amenaza baja por inundaciones en el municipio de Curillo presenta 23295,10 ha. A su vez 9165.96 ha del municipio están calificadas con amenaza media, distribuyéndose en los sectores aledaños a los ríos Caquetá, Yurayaco y Fragüa Grande como en sus afluentes. Finalmente, 7544.47 ha del territorio se encuentra en amenaza alta por inundaciones.



Figura 42 Zonificación de amenaza por inundaciones en el municipio de Curillo



El 19% (7544,47 ha) del área de estudio se encuentra en amenaza alta por fenómenos de inundaciones, especialmente en zonas con pendiente muy baja, se localiza en proximidad inmediata a los ríos Caquetá, Yurayaco, Fragüa Grande y quebradas La Canelos y Curillo. La geomorfología de estas zonas está caracterizada principalmente por tener un origen y evolución fluvial asociada a los principales cuerpos de agua en los cuales se reconocen formas del terreno principalmente asociadas a los albardones, el cauce aluvial, y cubeta de decantación entre otras. Las veredas que se encuentran en áreas con amenaza alta son: Bajo Ceilan, Bocana La Tigra, Calle de San Juan, Camelias, Ceilan, Curillo Medio, El Conquistador, El Paraiso, El Rosal, El Tablón, El



Vergel, Fidelicias, Horizonte, La Argentina, La Novia Dos, La pradera, La Primavera, Las Delicias, Matacaña, Palizadas, Playa Alta, Puerto Amor, Puerto Valdivia - La Novia, Remolinos, Salamina (Yurayaco Bajo)

La Figura 43 referencia una zona categorizada como de amenaza alta dada su proximidad al cauce principal del Río Caquetá. En donde se evidencia una gran zona de depósito relacionada a eventos de inundación recientes y colmatación del cauce aluvial.

Figura 43 . Zona en categoría de amenaza alta asociada en la vereda Horizonte



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Los sectores definidos en amenaza media cubren un 23% (9165,96 ha) del área de estudio. Esta zonificación está distribuida en sitios aledaños a los cuerpos de agua, rodeando aquellas zonas de amenaza alta, enmarcando geoformas que relatan la dinámica y divagación histórica de los sistemas fluviales pero que no registran eventos e inundación con una recurrencia alta, se reconocen como zonas de deposición distales a los cauces aluviales dentro de las cuales se resaltan los bajos con herbazales, bajos vegetados y meandro abandonado además de otras. Las veredas que se encuentran en áreas con amenaza media son: Bajo Ceilan, Belisario, Bocana La Tigra, Cabecera Municipal, Calle de San Juan, Camelias, Ceilan, Curillo Medio, El Cerrito, El Conquistador, El Libertador, El Paraiso, El Rosal, El Tablón, El Vergel, Horizonte, La Argentina, La Florida, La Gaviota, La Novia Dos, La pradera, La Primavera, Las Brisas, Las Delicias, Matacaña, Naranjales, Nutria, Palizadas, Playa Alta, Puerto Amor, Puerto Valdivia - La Novia, Remolinos, Salamina (Yurayaco Bajo)

Estas zonas pueden presentar inundaciones lentas como producto de extensión lateral de eventos fuertes. La Figura 65 muestra un predio con encharcamientos catalogado como de amenaza media, el cual se extiende hasta las cercanías de la laguna la Cocha que actúa como un regulador de la dinámica hídrica del río Caquetá, este cuerpo de agua al tener un caudal menor al del cauce principal del río Caquetá, ha sido catalogado dentro de una zona de amenaza media.



Figura 44 . Zona en categoría de amenaza media asociada a la laguna la Cocha



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

El 59% (23295,10 ha) del área de estudio se encuentra en amenaza baja por fenómenos de inundaciones, y se localiza en zonas donde el relieve es quebrado. Corresponde a geoformas no deposicionales como lomeríos disectados con pendientes altas, drenajes encañonados. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación. Las veredas con áreas en amenaza baja son: Bajo Ceilan, Belisario, Bocana La Tigra, Cabecera Municipal, Calle de San Juan, Camelias, Ceilan, Curillo Medio, Danubio, El Cerrito, El Conquistador, El Diamante, El Libertador, El Tablón, El Vergel, España, Jardines, La Florida, La Gaviota, La Libertad, La Novia Dos, La pradera, La Primavera, La Sonrisa, Las Brisas , Las Delicias, Matacaña, Naranjales, Normandía, Nutria, Nutria Dos, Palizadas, Playa Alta, Puerto Amor, Puerto Valdivia - La Novia, Salamina (Yurayaco Bajo), Villa del Prado, Villa Nueva

En la Tabla 20 se presenta el porcentaje de amenaza por inundaciones en el municipio, siendo el 58% en amenaza baja, el 23% en amenaza media y el 19% en amenaza alta.

Tabla 20 Relación de las áreas por categoría de amenaza

Amenaza	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	7544.47	18.86
Media	9165.96	22.91
Baja	23295.10	58.23
Total	40005.53	100.00

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.4 Estudio básico de amenaza por inundación en suelo urbano.

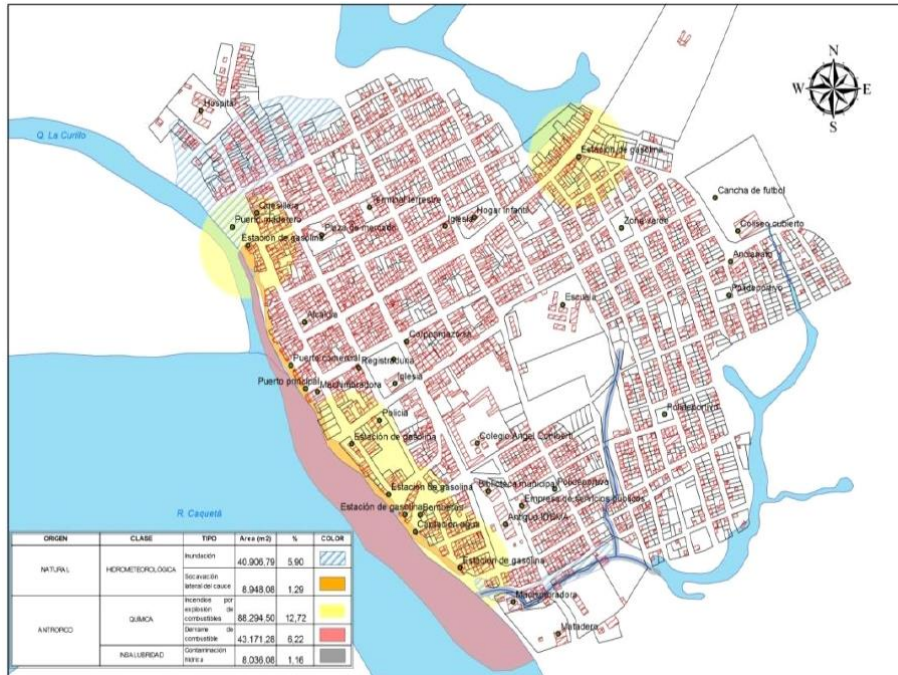
El área comprendida por el municipio de Curillo enmarca una región muy importante de la cuenca alta y media del Río Caquetá. Este sector combina un sistema hídrico caracterizado por la presencia de cuerpos de agua lóticos, destacando entre estos los cauces principales del Río Caquetá y Yurayaco.

3.4.1 Estudios previos

El municipio de Curillo ha sido objeto de estudios e informes sobre las amenazas de origen hidrometeorológico que existen en el territorio. Dentro de los estudios, existen reportes de eventos y zonificaciones que aportan al entendimiento de la dinámica de las inundaciones lentas ocurridas en zona urbana del municipio. Dentro de los documentos recopilados se resaltan los siguientes:

Existe una zonificación por inundaciones que fue realizada por parte de CORPOAMAZONIA en el año 2015, el cual esta recopilada en el documento Identificación y Caracterización de Sitios Críticos de Amenaza Municipio de Curillo - Departamento de Caquetá, (Figura 45) donde se observa las afectaciones de los barrios, El Centro, El Poblado y Turbay debido al desbordamiento del Río Caquetá.

Figura 45 Zonificación de amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo

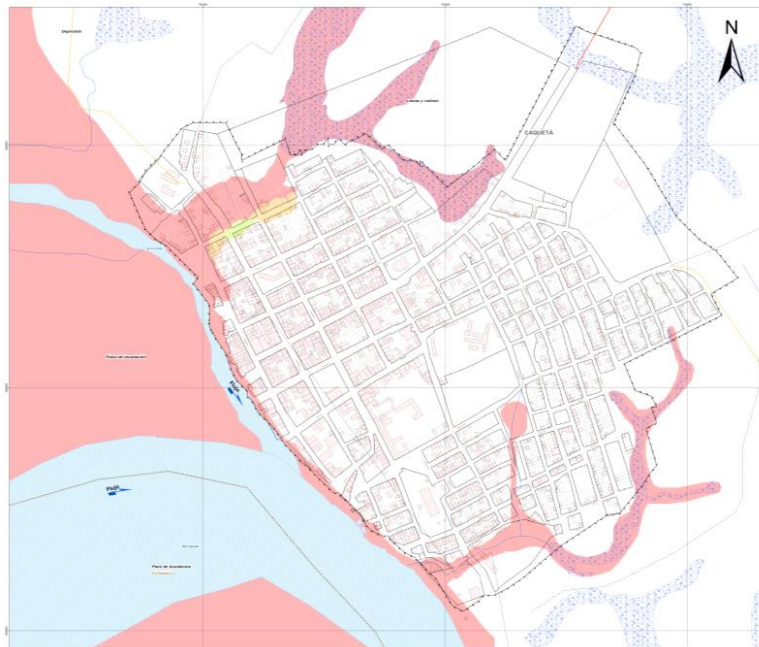


Fuente: (CORPOAMAZONIA, 2015)

El estudio Implementación de la política de gestión del riesgo en el departamento del Caquetá realizado por Unión Temporal Gestión Del Riesgo Caquetá publicado en 2017 zonifica la amenaza por inundaciones en el municipio de Curillo a través de la susceptibilidad de las geoformas, sumado al detonante lluvias. Según este estudio, las inundaciones son generadas por el desbordamiento del Río Caquetá con periodicidad anual, afectando el Barrio Turbay.



Figura 46 Zonificación de amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo



Fuente: (Unión Temporal Gestión Del Riesgo Caqueta, 2017)

Por otro lado, los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia, fueron estudiados por CORPOAMAZONIA en el año 2015. Para Salamina, se determinaron zonas inundables mediante el desborde del río Yurayaco, dejando encharcamientos en el extremo sur del centro poblado (Figura 47).



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

C.C.C.

Figura 47 Zonas inundables en el centro poblado Salamina



Fuente: (CORPOAMAZONIA, 2015)

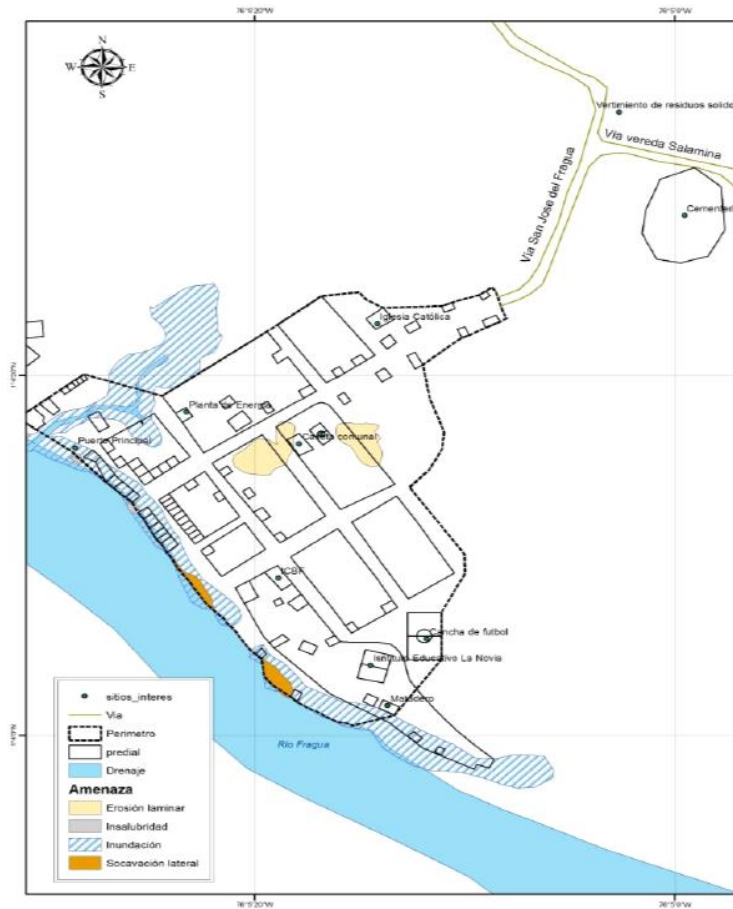
Para el centro poblado Puerto Valdivia, las inundaciones están asociadas al desbordamiento directo del río Caquetá en su margen izquierdo (Figura 48). En el extremo norte del centro poblado, existe una pequeña quebrada por la cual se da una intrusión del volumen de agua del cauce del río Caquetá en épocas de aumento crítico del caudal.



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

C.C.C.

Figura 48 Zonas inundables en el centro poblado Puerto Valdivia



Fuente: (CORPOAMAZONIA, 2015)



3.4.2 Insumos generales

Adicional a las variables temáticas, la caracterización se apoyó y complementó con recopilación de información y estudios preliminares en la zona, métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica, todo esto a través de los siguientes insumos generales:

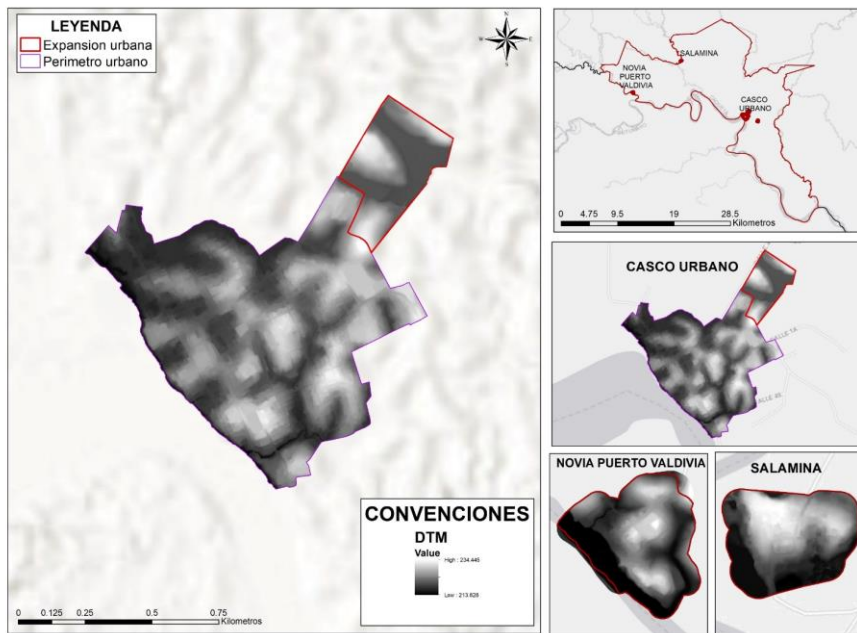
3.4.2.1 Modelo Digital de Terreno (DTM)

El Modelo Digital del Terreno (DTM) puede describirse como una representación tridimensional de una superficie del terreno consistente en coordenadas X, Y, Z almacenadas en forma digital. Incluye no sólo alturas y elevaciones, sino también otros elementos geográficos y características naturales como ríos, etc.

Estos archivos tipo raster son de gran importancia, ya que simbolizan matemática y visualmente los datos y valores de alturas mediante un conjunto de cotas que toman como base el nivel medio del mar. Del procesamiento de la información contenida en este insumo, se obtendrán diferentes parámetros morfométricos y geométricos como pendientes y orientaciones, los cuales nos permiten realizar caracterizaciones y cuantificaciones del relieve más certeras.

Para el casco urbano de Curillo y los centros poblados Puerto Valdivia y Salamina, se utilizó un DTM con resolución horizontal o detalle mínimo de pixel de 0,5 metros, obtenido mediante restitución fotogramétrica (Figura 49).

Figura 49 Modelos Digitales del Terreno (MDT) para el municipio de Curillo.



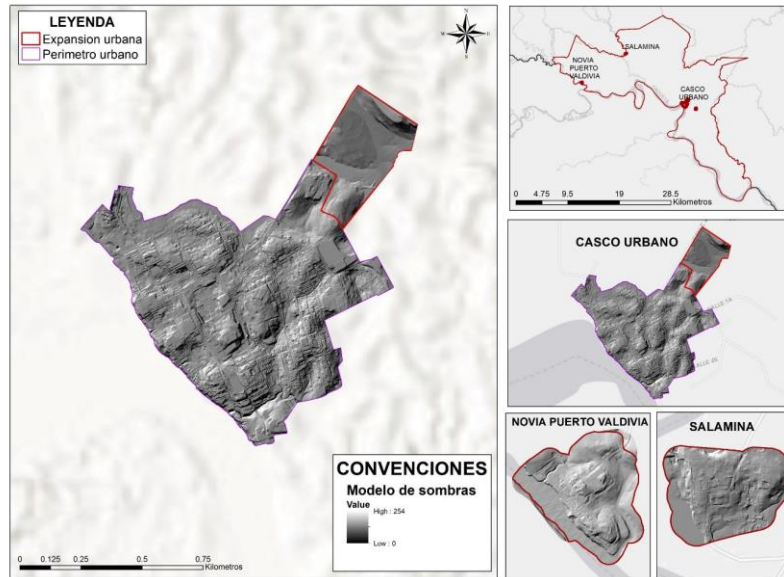
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

1.1.1.1.1.1 Modelo De Sombras

A partir del modelo digital del terreno se obtiene la capa correspondiente al mapa de sombras, el cual es un modelo digital cuya función es la representación de sombras y niveles de radiancia solar sobre el terreno. Mediante los Modelos Digitales de Elevación, y con ayuda de herramientas de explotación de información espacial, se puede simular este tipo de modelos dando sensación de profundidad en la geografía por medio de sombras proyectadas sobre las laderas. Estos archivos permiten mejorar la calidad visual de un archivo cartográfico asignando valores de claridad a cada pixel dependiendo del ángulo solar de incidencia, de ahí que veamos perfectamente la geografía como si el Sol incidiera en uno de los laterales de las laderas generándose sombras en el lado contrario. Este modelo muestra sombras entre un lado y otro de las laderas del territorio, pero en ningún momento es un mapa de orientación de laderas (basado en direcciones respecto a los puntos cardinales). La Figura 50 muestra los modelos de sombras usados para el casco urbano de Curillo y los centros poblados Puerto Valdivia y Salamina.



Figura 50 Modelos De Sombras para el municipio de Curillo.



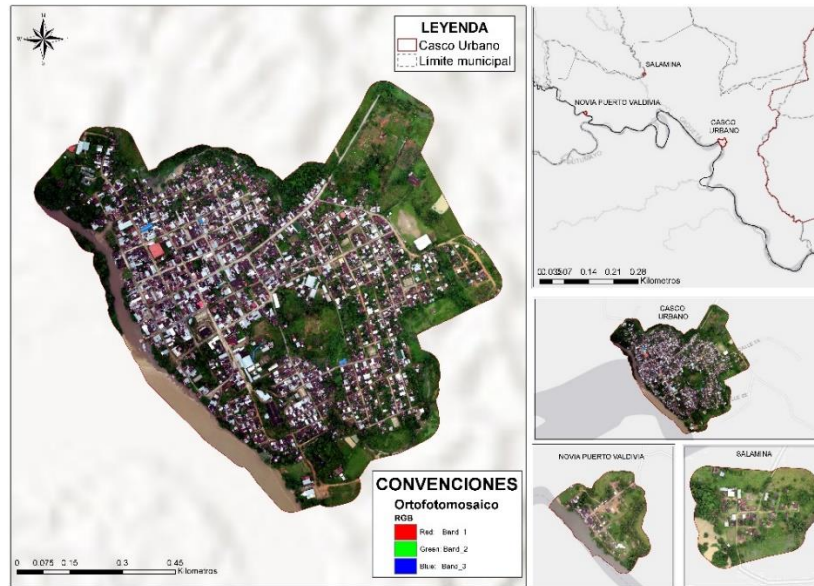
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

1.1.1.1.1.2 Orto fotografía

La ortofoto es una imagen fotográfica del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve. De este modo se elimina la variación de escala existente en el fotograma no rectificando y se obtiene una escala única y exacta para toda la superficie de la ortofoto, la transformación de una proyección central a otra ortogonal se realiza mediante el procedimiento llamado rectificación (Madeleine, 2014). La Figura 51 muestra las Ortofotografías usadas para el casco urbano de Curillo y los centros poblados Puerto Valdivia y Salamina cuya resolución espacial corresponde a 0,05 m.



Figura 51 Ortofotografías para el municipio de Curillo.



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.3 Descripción metodológica

En este capítulo se encontrará el análisis de la amenaza por inundaciones para el casco urbano del municipio de Curillo y sus centros poblados: Salamina y Nova Puerto Valdivia. Para esta zonificación se hace uso de un ortofotomosaico con una resolución de 5 cm por píxel y un DTM con una resolución de 50 cm por píxel, en donde a partir de este se obtiene un mapa de sombras, además de fotografías áreas históricas.

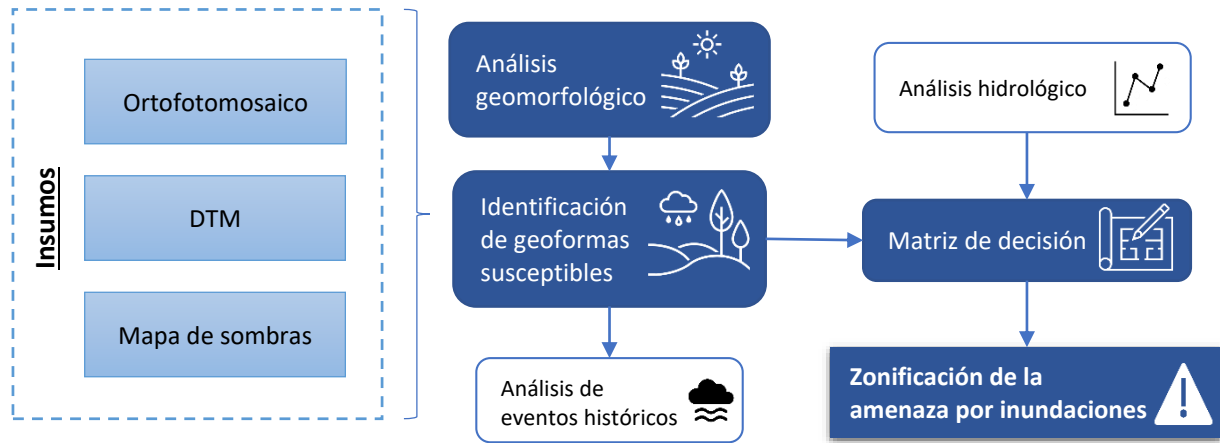
Con los insumos mencionados anteriormente se realiza el análisis geomorfológico con un alto grado de detalle permitiendo determinar con exactitud las geoformas presentes en las áreas urbanas del municipio a escala 1:5000, en donde se identifican las geoformas susceptibles a presentar eventos por inundación. Asimismo, se integró la identificación, localización y análisis de los eventos históricos reportados en el sector, la información social recolectada en los procesos de participación ciudadana, el análisis multitemporal y la validación de estos registros con información de campo recopilada durante el desarrollo de la fase de diagnóstico.

Además de realizar un análisis hidrológico, evaluando las precipitaciones máximas en 24 horas con el fin de identificar eventos máximos que puedan detonar las inundaciones y los datos de precipitación máximas mensuales para poder relacionar la temporalidad de los eventos registrados.

Finalmente, teniendo el análisis y caracterización de las geoformas a partir de una matriz de decisión se realiza la categorización de las zonas en amenaza por inundación en el casco urbano del municipio de Curillo y sus centros poblados, siendo este un análisis de tipo geomorfológico - histórico; obteniendo una zonificación en tres niveles jerárquicos de amenaza (Alto, Medio y Bajo), todo esto de acuerdo con los parámetros establecidos por el Decreto 1807 de 2014 en su artículo 9°.



Figura 52. Metodología implementada para la zonificación de la amenaza en área urbana y centros poblados, escala 1:5.000



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.3.1 Análisis de las geoformas susceptibles a sufrir fenómenos de inundación

3.4.3.1.1 Formas del terreno presentes en el área de estudio

La caracterización geomorfológica de la cabecera municipal de Curillo y los centros poblados Novia Puerto Valdivia y Salamina se realizó a una escala 1:5.000, reconociendo principalmente aquellas geoformas con tendencia a presentar desborde en cauces por crecientes progresivas o súbitas y con morfologías asociadas a procesos fluviales, factores que hacen que estas zonas presenten una susceptibilidad mayor a presentar procesos de inundación. El análisis de las geoformas fluviales se realizó caracterizando aquellos procesos morfodinámicos asociados a inundaciones, sumado a la presencia de eventos históricos o a las características texturales y geométricas de estas formas del terreno. A continuación, se presentan las geoformas encontradas para la cabecera municipal y los centros poblados (ver Tabla 21 y Figura 53), las cuales son el resultado de la interacción de procesos exógenos y endógenos con las características geológicas, morfométricas, climáticas, entre otras.

Tabla 21. Formas del terreno presentes en el municipio de Curillo

Paisaje geomorfológico	Ambiente geomorfológico	Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura
Antrópico	Antrópico	Canal artificial	Canal artificial	Aca
		Piscina	Dique de piscina artificial	Adpsc
			Piscina artificial	Apsc
Áreas intervenidas	Zona explanación	Aze		
Lomerío	Deposicional	Depresión	Bajo con herbazales	Ldbh
			Bajos vegetados	Ldpbv
			Sobrevega	Lsv
		Vallecito	Cubeta	Lvc
			Cauce aluvial	Lvca
			Napa de desborde	Lvnd



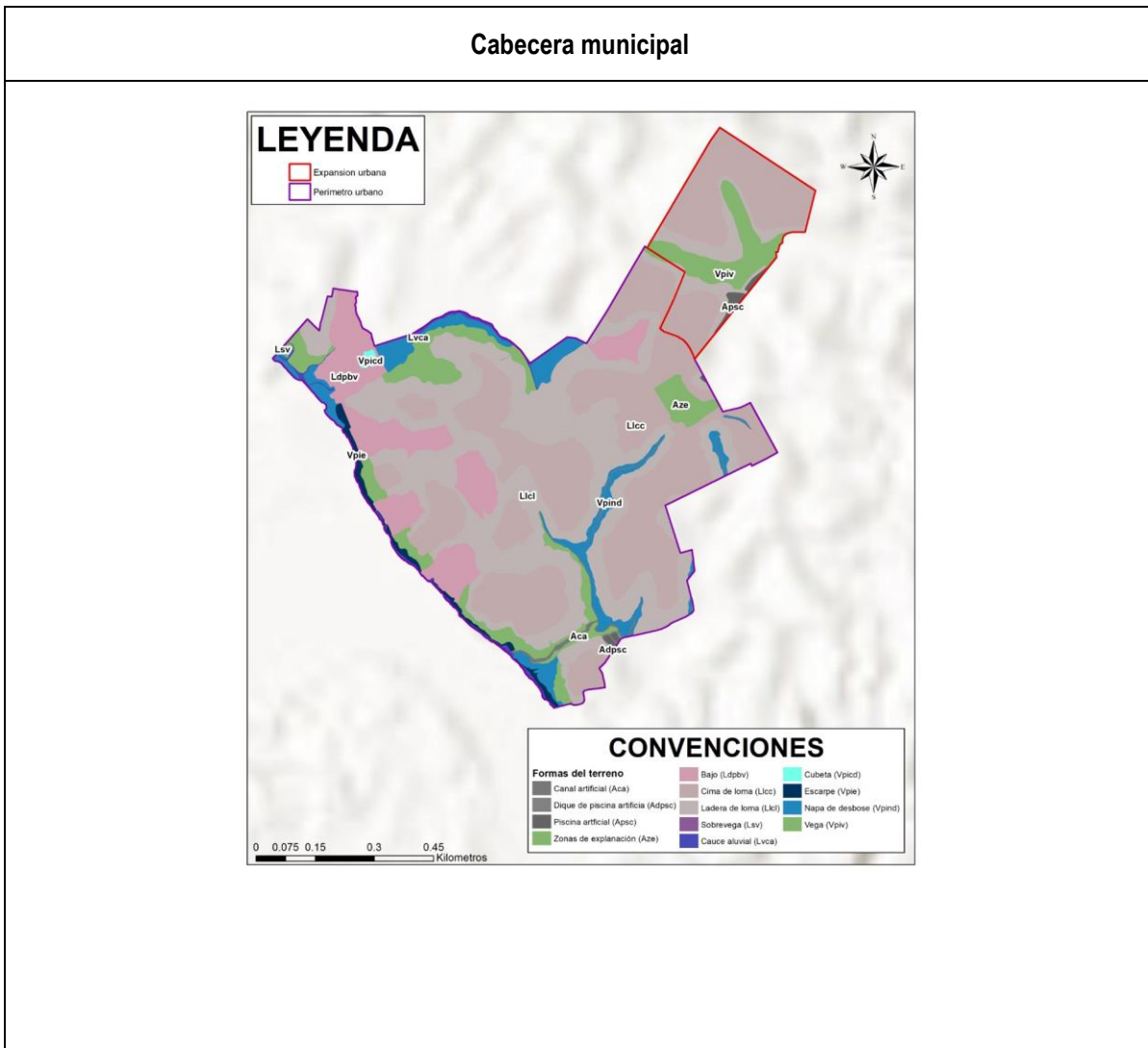
REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

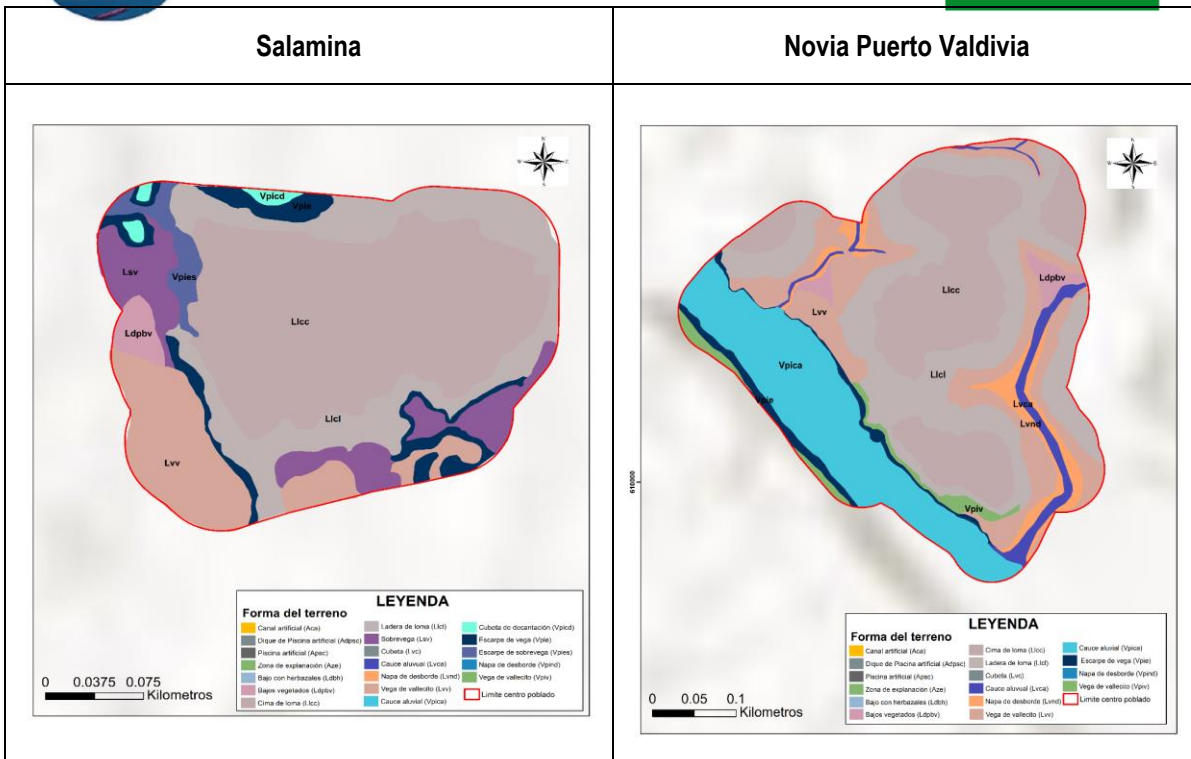
C.C.C.

Paisaje geomorfológico	Ambiente geomorfológico	Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura
	Denudacional	Lomas	Vega de vallecito	Lv
			Cima de loma	Llcc
			Ladera de loma	Llcl
Valle	Deposicional	Plano de inundación de río meándrico activo	Cauce aluvial	Vpica
			Cubeta de decantación	Vpicd
			Escarpe de vega	Vpie
			Escarpe de Sobrevega	Vpies
			Napa de desborde	Vpind
			Vega de vallecito	Vpiv

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Figura 53 Figuras geomorfológicas identificadas para la cabecera municipal de Curillo y los centros poblados Novia Puerto Valdivia y Salamina





Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

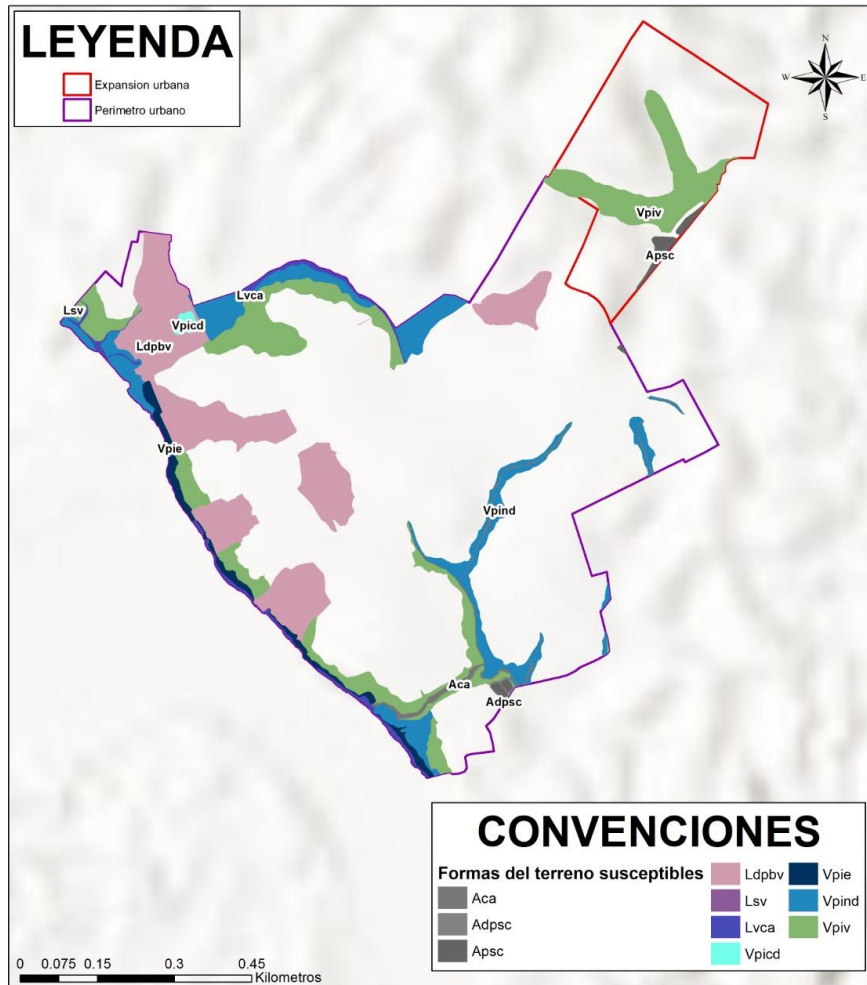
3.4.3.1.2 Identificación de geformas susceptibles

De acuerdo con la caracterización geomorfológica, se evidenciaron geformas de origen fluvial, relacionadas con procesos de inundación, caracterizadas principalmente por tener pendientes suaves a planas, que permiten la ocurrencia de inundaciones con un periodo de tiempo más prolongado, que si se presentaran en pendientes moderadas.

En la cabecera municipal de Curillo, las geformas con mayor susceptibilidad se ubican en el occidente de esta, corresponden a escarpe de vega, napa de desborde, bajo con herbazales, vega de vallecito y bajo vegetado asociadas al cauce aluvial; hacia el este de la cabecera se ubica una piscina artificial y napa de desborde, y hacia el centro la geforma vega de vallecito (Figura 54). Para el centro poblado Puerto Valdivia, se identificó una geforma de cauce aluvial (Vpica) y alrededor de esta se caracterizaron escarpes de vega (Vpie), bajos vegetados (Ldpbv) y vegas de vallecito (Vpiv), mientras que la napa de desborde se asocia a otros cauces aluviales que atraviesan el centro poblado en sentido noreste – suroeste (Figura 55). Finalmente, en el centro poblado Salamina se identificaron escarpes de vega, escarpes de sobrevega, cubetas de decantación, bajos vegetados, vegas de vallecito y laderas de loma, las cuales se encuentran bordeando el centro poblado (Figura 56).



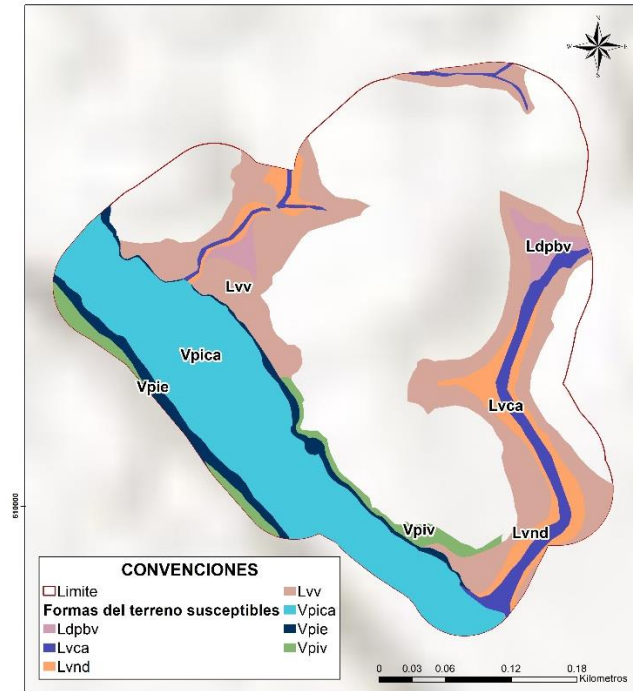
Figura 54 Geoformas susceptibles a inundaciones para la cabecera municipal de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

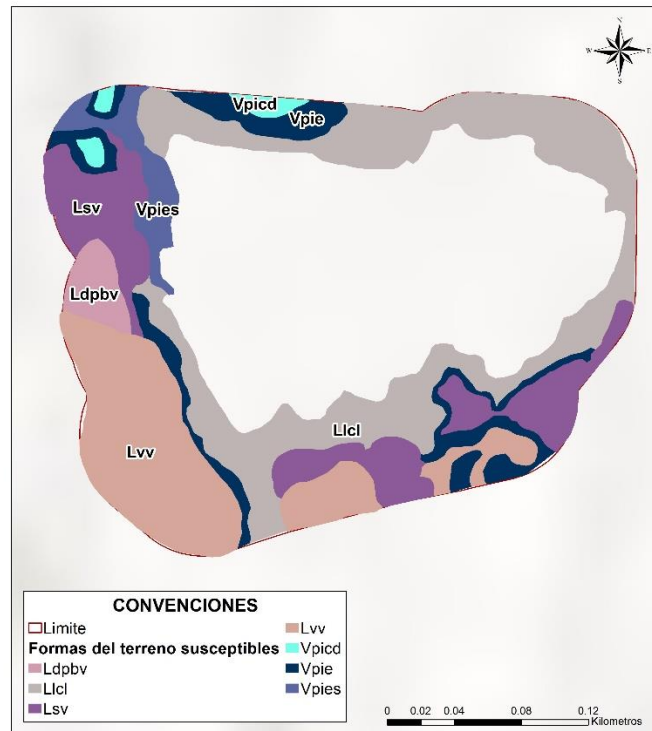


Figura 55 Geoformas susceptibles a inundaciones para el centro poblado Puerto Valdivia



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Figura 56 Geoformas susceptibles a inundaciones para el centro poblado Salamina



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

C.C.C.

Tabla 22. Formas del terreno susceptibles a inundaciones para la cabecera municipal de Curillo y sus centros poblados

Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura	Descripción
Lomas	Ladera de loma	Llcl	Corresponde a una superficie inclinada que hace referencia a la parte intermedia o flanco de la loma, su topografía es rectilínea-cóncava, forma compleja, con una longitud muy corta a corta y pendiente moderadamente inclinada a escarpada.
Depresión	Bajo con herbazales	Ldbh	Superficie planocóncava y ovalada, en la cual se presentan condiciones de acumulación de agua, convirtiéndose en pequeñas zonas húmedas con altos contenidos de arcillas y presencia de coberturas de tipo herbazales.
	Bajos vegetados	Ldpbv	Representa una superficie plano cóncava y ovalada, con situaciones de acumulación de agua, generando pequeñas zonas húmedas donde se depositan arcillas y presencia de coberturas vegetales.
Vallecito	Vega de vallecito	Lvv	Corresponde a la porción de tierra más baja del vallecito en el paisaje de lomerío, la cual bordea ambos márgenes de la corriente principal, es frecuentemente inundable.
	Cauce aluvial	Lvca	Canal aluvial de forma irregular formado por la excavación y erosión de las corrientes, con pendientes planas a suavemente inclinadas, que se encuentran sobre el paisaje de lomerío.
	Sobrevega	Lsv	Corresponde a una topografía plano-cóncavo, de pendiente ligeramente plana, mal drenada, se encuentra ubicada hacia el margen de la vega de forma discontinua. aluviales de configuración alargada y estrecha, de perfil topográfico plano-cóncavo, pendiente ligeramente plana, mal drenada y localizada hacia los márgenes de la vega de forma discontinua. Se originan debido a la acumulación longitudinal de sedimentos medios y finos durante las crecientes súbitas y el aporte lateral de material aluvio-coluvial, siendo ligeramente más alta que la vega.
	Napa de desborde	Lvnd	Corresponde a la zona con topografía rectilineocóncavo, de forma irregular, con extensión corta a larga, y pendiente ligeramente inclinada, se forman debido a procesos de sedimentación que ocurren después de un evento de inundación, debido a que la lámina de agua temporal permite la acumulación de sedimentos.
	Cubeta	Lvc	Hace referencia a una zona baja, con topografía plano cóncava que favorece el estancamiento de aguas de desborde y corrientes intermitentes tributarias, ubicadas en el paisaje de lomerío
lano de inundación de río meándrico activo	Escarpe de sobrevega	Vpies	Escarpes de morfología abrupta en los bordes de las sobrevegas
	Escarpe de vega	Vpie	



Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura	Descripción
			Escarpes de morfología abrupta en los bordes de las vegas de vallecitos, limitando el relieve de plano de inundación.
	Cauce aluvial	Vpica	Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes, con superficies de pendientes planas a suavemente inclinadas.
	Cubeta de decantación	Vpicd	Hace referencia a la zona más baja del plano de inundación, su topografía es plano cóncava favorece el estancamiento de aguas de desborde y corrientes intermitentes tributarias, lo que facilita la decantación de partículas finas como los limos y arcillas.
	Vega de vallecito	Vpiv	Corresponde a superficies con un perfil topográfico plano-cóncavo, ubicados en la posición más baja del valle, caracterizados por tener una forma alargada y estrecha, con contorno sinuoso y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada.
	Napa de desborde	Vpind	Son zonas de transición entre el albardón y la cubeta, formada por la acumulación de sedimentos de granulometría mediana en los que prevalecen los limos.
Canal artificial	Canal artificial	Aca	Canales construidos por dragado o remoción de los primeros horizontes de suelo con el fin de rectificar los cauces y la escorrentía superficial
Piscina	Dique de piscina artificial	Adpsc	Hace referencia a estructuras locales sobresalientes y cerradas capaces de contener volúmenes de agua, están conformadas por material heterogéneo y suelo removido de las zonas más próximas a estas.
	Piscina artificial	Apssc	Corresponde a los cuerpos de agua acondicionados artificialmente para usos piscícolas o de contención y almacenamiento de agua.

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.3.2 Eventos históricos

3.4.3.2.1 Reporte de eventos históricos

La recopilación de información que sirvió de base para la identificación y localización de las zonas inundables e históricamente inundadas se abordó a partir de: los registros oficiales de eventos e información especializada (información secundaria) emitida por diversas fuentes nacionales, regionales y locales, la información recolectada a través de los procesos de participación ciudadana que permitió la identificación por parte de la comunidad de las zonas que han sufrido afectaciones por inundaciones y las observaciones logradas en campo por parte del equipo profesional.

Los fenómenos localizados y evaluados para este sector fueron limitados ya que solo se cuenta con los eventos suministrados por la comunidad, los consultados en UNGRD y las huellas de inundación del IDEAM (Tabla 23 y Figura 57)

Los eventos históricos y registros de inundaciones son un factor importante a la hora de identificar la amenaza, pues estos reflejan las zonas más susceptibles y propensas a este tipo de fenómenos y de igual manera los posibles alcances de la línea base de inundación para eventos futuros.



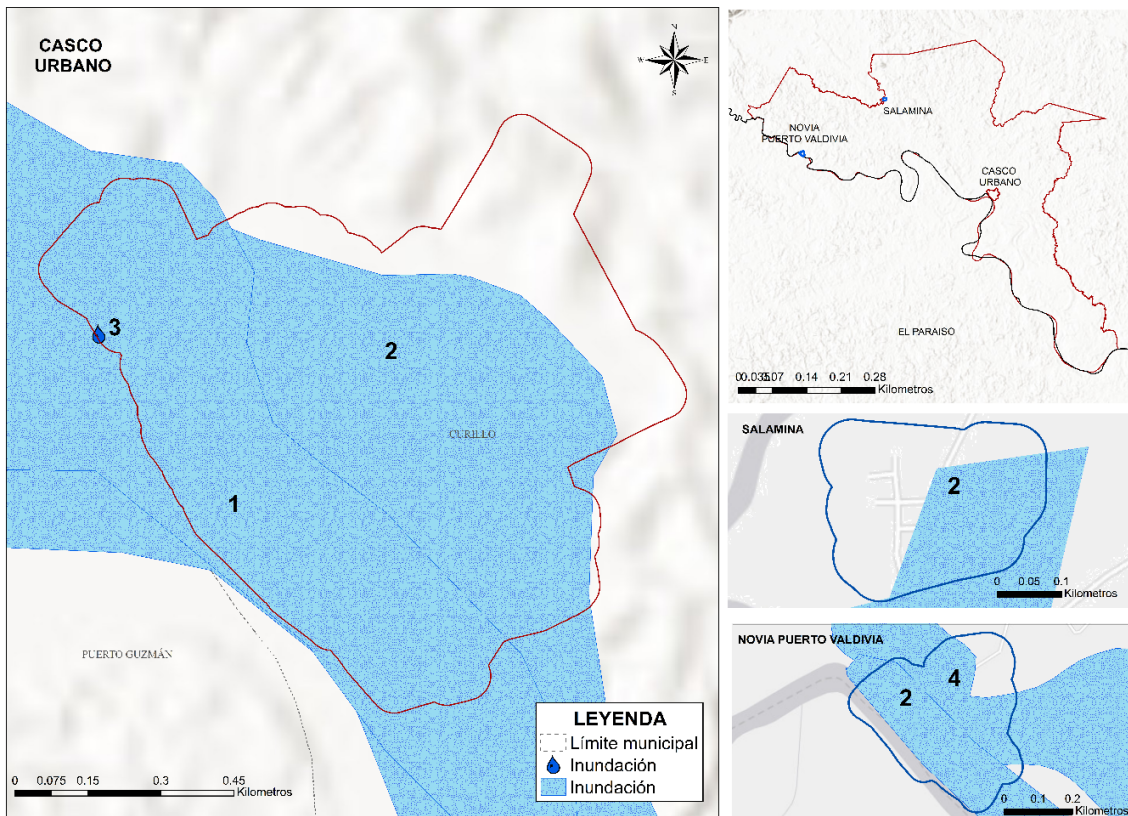
Tabla 23. Eventos históricos por inundaciones en el casco urbano

No	Fuente	Año	Fuente hídrica asociada al evento
1	UNGRD	2013	Río Caquetá
2	Comunidad	2019	Quebrada Curillo
3	UNGRD	2012	Río Caquetá
4	IDEAM-IGAC	2000	Río Caquetá

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Estos eventos están asociados al crecimiento del nivel del río Caquetá y la quebrada Curillo en donde la comunidad reporta la ocurrencia de estos eventos anualmente, afectando las viviendas y establecimientos comerciales.

Figura 57. Eventos históricos por inundación registrados en el casco urbano del municipio de Curillo y los centro poblados Salamina y Novia Puerto Valdivia



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.3.2.2 Análisis multitemporal

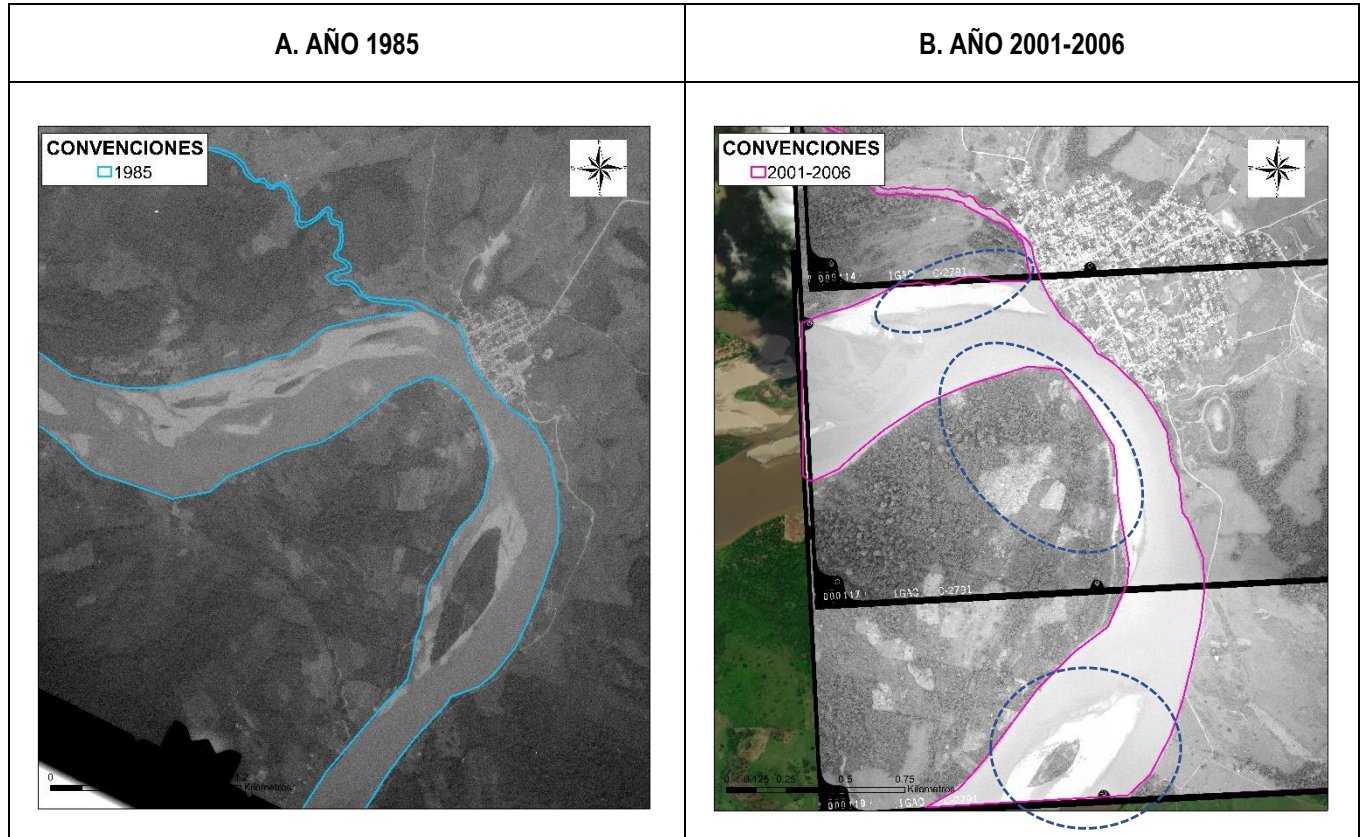
Para el análisis evolutivo de la dinámica fluvial del río Caquetá en el sector de la cabecera municipal de Curillo se analizaron tres temporalidades, el año 1958 (vuelo C-2180-47-85), de los años 2001 a 2006 (vuelo C-2791) y el año 2020 (imagen Sentinel).

En este análisis puede evidenciarse un cambio en canal aluvial principalmente en el sector convexo del meandro en cuanto a la sedimentación de carga, ya que esta zona ha migrado en dirección sureste con respecto a su



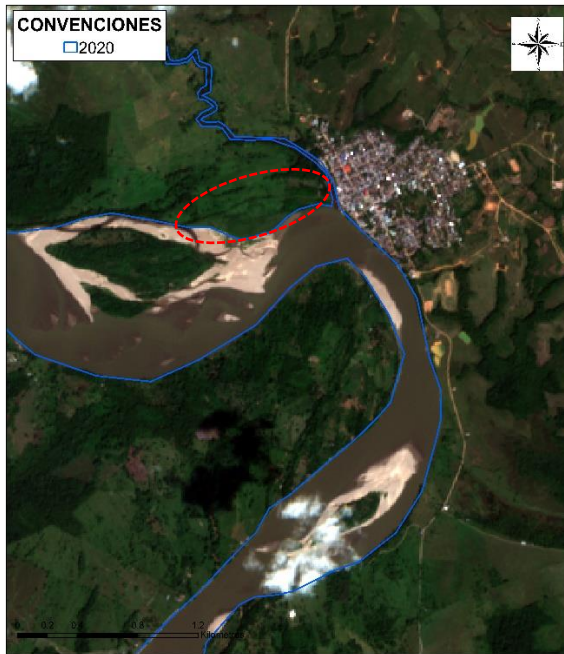
posición en el año 1985 y se ve una nueva barra longitudinal en el cauce. Además, de esto se evidencia un cambio en la sedimentación hacia el punto de inflexión superior en el periodo del año 2001-2006 en donde se amplía el curso de la quebrada Curillo al ampliarse la vega de su cauce aluvial (ver Figura 58 B).

Figura 58. Análisis multitemporal de la dinámica del río Caquetá en el sector de la cabera municipal de Curillo

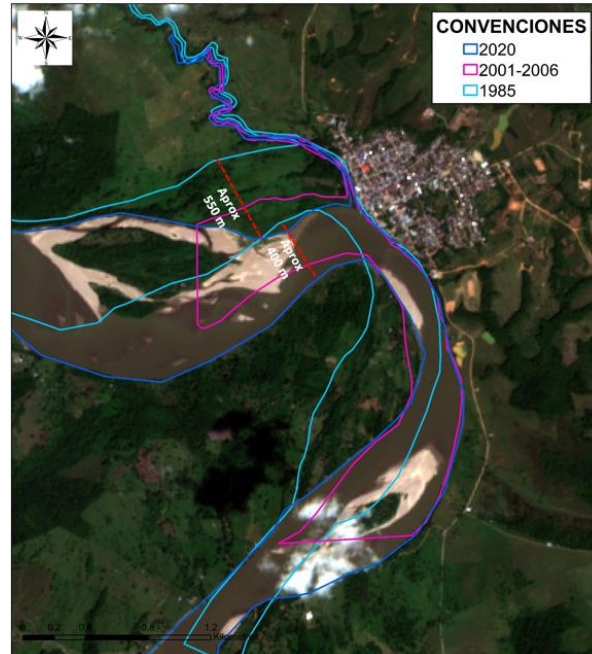


Para el año 2020 se puede ver que aumenta el área de sedimentación, ampliando aún más la vega de la quebrada Curillo y desplazando más hacia el sureste la carga de sedimentación en la parte convexa del meandro, en donde se tiene que en los últimos 45 años (ver Figura 58 D) se ha aumentado aproximadamente 550 m el área de vega del costado norte del meandro, por lo tanto aumentado la extensión del cauce de la quebrada el Curillo, y se ha desplazado 450m aproximadamente el segmento convexo del meandro.

C. AÑO 2020



D. 1985-2020



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.4 Caracterización del sistema hídrico

La cabecera municipal de Curillo se ubica completamente en la subzona hidrográfica del Río Caquetá Medio y limita al suroeste con el Río Caquetá, tanto con el cauce principal como con uno de sus brazos, del cual se desprenden algunos drenajes intermitentes que actúan como límites naturales de la zona urbana, tal y como se presenta en la Figura 59.



Figura 59. Sistema hídrico natural de la cabecera municipal de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

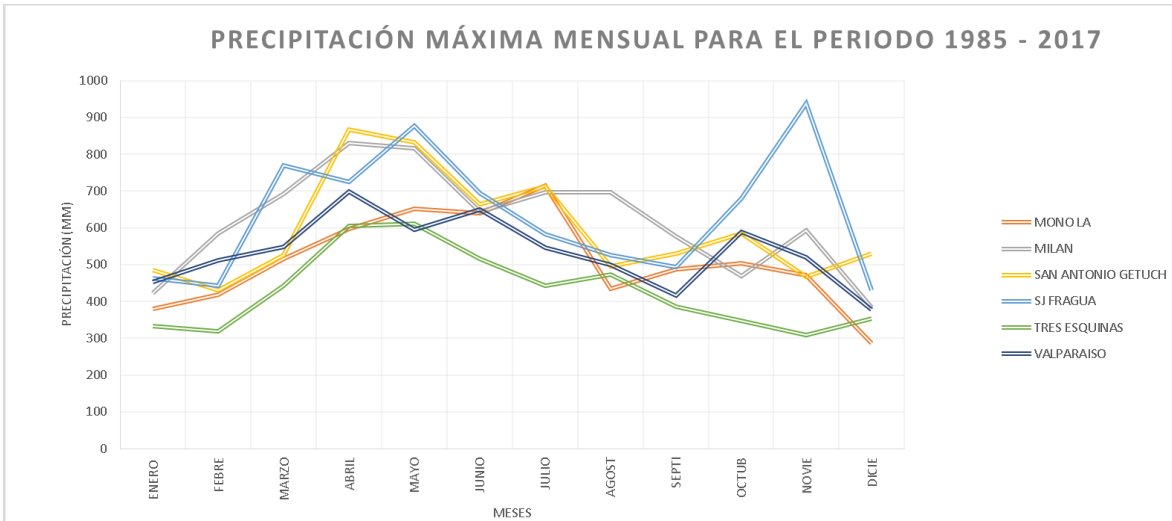
3.4.5 Régimen de precipitación

3.4.5.1 Precipitación máxima mensual

De acuerdo con el análisis de los registros de precipitación, los valores más altos en los máximos mensuales se concentran en los meses de mayo y noviembre, aspecto que sobresale en la estación SJ Fragua, con un valor de 876,7 mm en el mes de mayo y 939,2 mm en el mes de noviembre. Este comportamiento obedece al régimen bimodal que caracteriza al municipio, en el cual se reconocen dos picos de lluvia en el año, el primero entre los meses de abril y mayo, y el segundo en los meses de octubre y noviembre, en estos meses la precipitación puede alcanzar valores desde los 800 mm hasta los 900 mm aproximadamente, meses en los cuales aumenta considerablemente la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en las zonas susceptibles a sufrir este tipo de fenómenos.



Figura 60 Precipitación máxima mensual (mm)



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.5.2 Precipitación máxima en 24 horas

La precipitación máxima en 24 horas según la define el IDEAM (2015), es la precipitación ocurrida entre las 07 horas de un cierto día y las 07 del día siguiente, periodo que se denomina día pluviométrico y que representa la cantidad máxima de lluvia ocurrida en un día. A partir de las cantidades diarias se calcula las máximas mensuales y de la serie histórica de máximas mensuales se deduce las máximas absolutas. Esta variable permite medir la intensidad y duración de un aguacero y es constantemente monitoreada debido a que precipitaciones altas podrían ocasionar inundaciones u otros fenómenos naturales como movimientos en masa, que afectan la estructura y composición del suelo y generando pérdidas ambientales, económicas y sociales.

3.4.5.2.1 Análisis de Frecuencia de Precipitación máxima en 24 horas.

A partir de las series anuales de precipitación máxima en 24 horas, se realizó un análisis estadístico de las series de máximos absolutos utilizando la distribución de probabilidad Gumbel, que se calcula a través de la expresión:

$$X_T = \bar{X} + (S * K_T)$$

Donde

X_T : Magnitud del evento relacionado a un periodo de retorno T .

\bar{X} : Media de los n valores de la serie.

S : Desviación estándar de la serie.

K_T : Factor de Cambio en función del periodo del retorno.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right]$$

Donde

T : Periodo de retorno.

Los resultados de precipitación para diferentes periodos se calcularon a través de distribución, Gumbel. La Tabla 24 expone los valores de precipitación máxima obtenida para diferentes periodos de retorno en las estaciones próximas al área de estudio



Tabla 24 valores de precipitación máxima a diferentes periodos de retorno

Estación	Precipitación Máxima (mm /día) Periodos de retorno						
	2	5	10	25	50	100	500
Milán	60.1	72.4	80.5	90.7	98.3	105.8	123.2
Mono La	32.7	72.7	99.1	132.5	157.3	182.0	238.8
San Antonio	99.5	126.8	144.9	167.8	184.7	201.6	240.5
San José de Fragua	37.9	83.8	114.3	152.7	181.2	209.5	274.9
Tres esquinas	36.5	68.1	88.9	115.3	134.9	154.3	199.2
Valparaíso	31.3	78.9	110.3	150.1	179.6	208.9	276.6

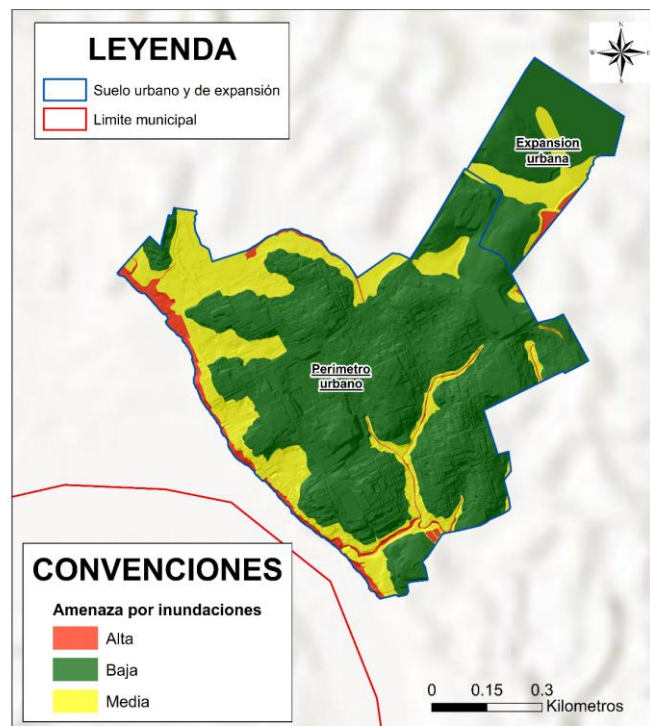
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.4.6 Zonificación final de la amenaza por inundación

De acuerdo con la metodología propuesta, la zonificación final de inundación en suelo urbano tiene en cuenta criterios geomorfológicos, morfométricos y la integración de los registros históricos de eventos recopilados de diferentes fuentes.

La Figura 61 muestra la zonificación final de amenaza por inundaciones para el casco urbano de Curillo. Se puede observar la amenaza alta asociada al margen izquierdo del Río Caquetá junto a pequeñas intrusiones en el extremo sur del casco urbano. Adicionalmente, las geoformas onduladas que conforman el casco urbano presentan categoría en la parte cóncava y baja en la parte convexa.

Figura 61 Amenaza por inundaciones en el casco urbano de Curillo





REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



En la Tabla 25 se observa el porcentaje de amenaza por inundaciones en el municipio, siendo el 73.66% en amenaza baja, el 22.83% en amenaza media y el 3.79% en amenaza alta.

Tabla 25 Relación de las áreas por categoría de amenaza por inundaciones dentro del casco urbano de Curillo

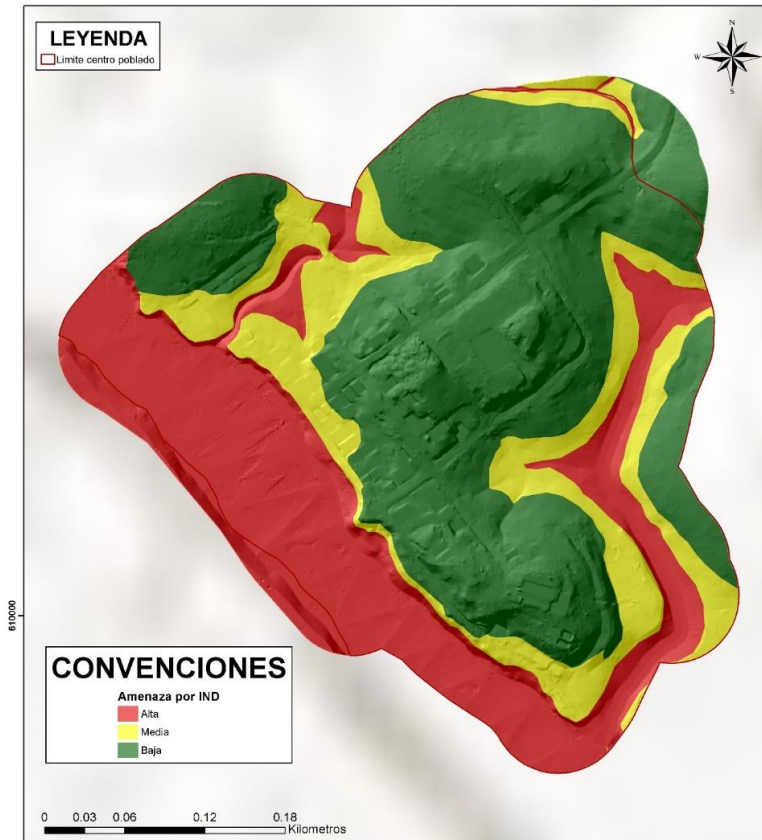
Tipo de suelo	Categoría de amenaza						Total
	Alta		Media		Baja		
	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)	% en el tipo de suelo	Área (ha)
Perímetro urbano	2.77	3.79	16.70	22.83	53.59	73.27	73.15
Expansión urbana	0.29	0.00	2.73	0.00	9.50	100.00	12.51
Total	3.06	3.79	19.42	22.83	63.09	73.66	85.66

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La Figura 62 muestra la zonificación final del centro poblado Novia Puerto Valdivia en donde predomina la amenaza baja con el 50.37% que corresponde a los paisajes de lomerío en formas de terreno cima y ladera de loma, seguido por la amenaza media la cual abarca 17,91 ha que corresponde a las formas de terreno de vega, napa de desborde y cubetas, estas áreas asociadas a los drenajes, y por ultimo las áreas con amenaza alta las cuales corresponden al 31,72% del área, asociadas a las geoformas de cauce aluvial, canal artificial y escarpes de vega.



Figura 62 Amenaza por inundaciones en el centro poblado Novia Puerto Valdivia

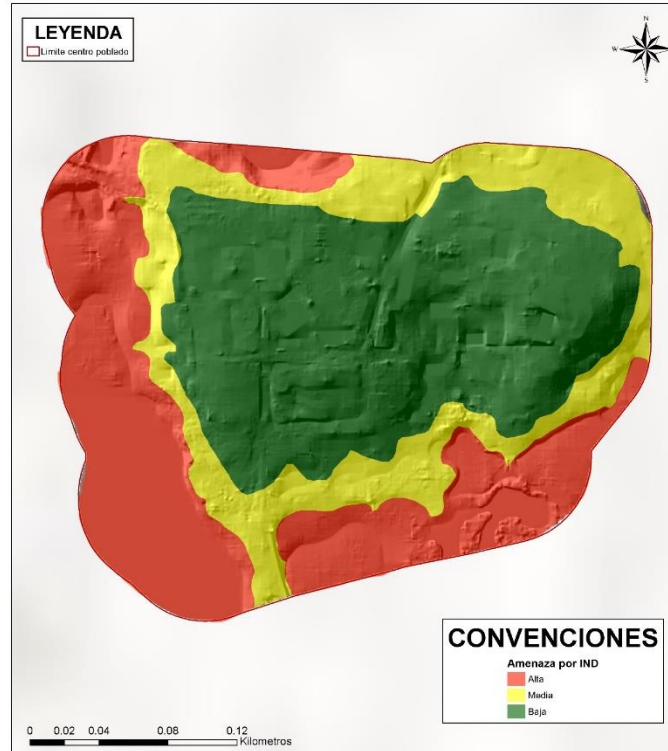


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Para el centro poblado de Salamina la Figura 63 muestra la amenaza final por inundaciones a escala 1:5000 en donde 2,75 ha fueron categorizadas como amenaza alta corresponden a las formas de terreno cauce aluvial y vega, seguido de la amenaza media abarcando el 35,29% del centro poblado asociado a las formas de terreno sobrevega, escarpes de vega y algunas laderas de loma en cercanía al río Yurayaco, y por último la amenaza baja correspondiendo al 37,20% del área de estudio, correspondiendo a las formas de terreno cima de loma.



Figura 63 Amenaza por inundaciones en el centro poblado Salamina



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En la Tabla 26 se presenta un breve resumen de las áreas y porcentajes de acuerdo con cada una de las categorías de la amenaza por inundaciones (alta, media y baja) de los centros poblados y el casco urbano:

Tabla 26 Categorización por centro poblado de la amenaza por inundaciones

Centro Poblado	Amenaza alta		Amenaza media		Amenaza baja	
	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Curillo	10.52	11.49%	20.16	22.04%	20.16	66.47%
Novia Puerto Valdivia	5.40	31.72%	3.05	17.91%	3.05	50.37%
Salamina	2.75	34.44%	2.27	35.29%	2.27	37.20%

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.5 Estudio básico de amenaza por avenidas torrenciales

A continuación, se describe la metodología empleada para el análisis y la zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en el Municipio de Curillo. Para lograr este objetivo se tuvo en cuenta los diferentes enfoques y formas de abordar dicha zonificación, propuestos y desarrollados en el país por entidades estatales como el Servicio Geológico de Colombia (SGC), la Unidad Nacional para la gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) e instituciones académicas a lo largo del territorio.

El razonamiento de la metodología se realiza dividiendo el comportamiento del flujo en sus tres partes, la parte alta relacionada con el origen del material sólido y líquido que se verá involucrado en el evento y se ubica en el origen de la cuenca, el ápice o punto de inflexión de la pendiente y el área de tránsito y depósito del material dependiente de la energía alcanzada por la avenida torrencial.

Para cada una de las partes del comportamiento del flujo, son necesarios diferentes análisis según el papel que representan en el evento torrencial. A partir de identificación de las zonas de depósito por medio de un análisis geomorfológico, se determina la susceptibilidad de cada geoforma, para luego evaluar la amenaza, en donde se tienen en cuenta diferentes criterios como el análisis de pendiente, índice de sinuosidad y por último la validación con la información recolectada en la jornada de campo.

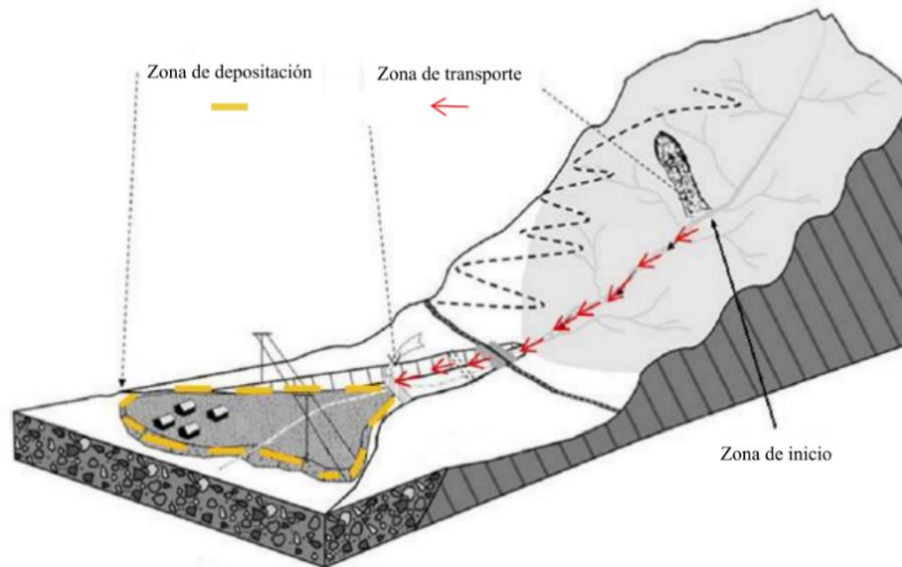
3.5.1 Descripción metodológica

Las avenidas torrenciales pueden pensarse como un movimiento en masa que se desplaza a gran velocidad transportando por cauces de ríos y quebradas grandes cantidades de material sólido como árboles, bloques de roca y sedimentos. Estos flujos pueden ser generados por precipitaciones acumuladas y/o ruptura de represamientos, involucran una gran energía y por ello generan grandes afectaciones a la infraestructura y habitantes localizados en las áreas de transporte y depósito.

Desde el punto de vista de la geomorfología: una avenida torrencial es un tipo de movimiento en masa caracterizado por el flujo rápido de una mezcla caótica de sólidos y agua que pueden desplazarse a grandes velocidades; dependiendo de los materiales involucrados y de los tipos de flujo que se dan, es posible definir una amplia variedad de fenómenos, todos con posibilidades de presentarse en cuencas de montaña. Es difícil establecer, con criterios de campo, límites claros entre los distintos tipos de fenómenos que se pueden dar en las condiciones geomorfológicas, climáticas. Una clasificación general incluye en este grupo de movimientos en masa, las avenidas torrenciales propiamente dichas, flujos hiperconcentrados, flujos de lodo, flujos de escombros y transiciones entre éstos (Caballero Acosta, 2011). Las avenidas torrenciales son eventos complejos, este fenómeno presenta esencialmente tres partes (Figura 64):

- Zona de inicio
- Zona de transporte
- Zona de depósito

Figura 64 . Zonas características de una avenida torrencial: zona de inicio, zona de transporte y zona de deposito



Fuente: Modificado de (Teixeira Silva, 2016)

La zona de inicio corresponde a él origen del fenómeno, estas áreas son las que potencialmente aportarán las fracciones sólidas y líquidas que constituirán el flujo concentrado de sedimentos. Dichas áreas se localizan en los sectores altos de las cuencas, en laderas susceptibles a movimientos en masa o en los taludes laterales de los cauces de montaña que discurren por este sector. (Hung, 2005)

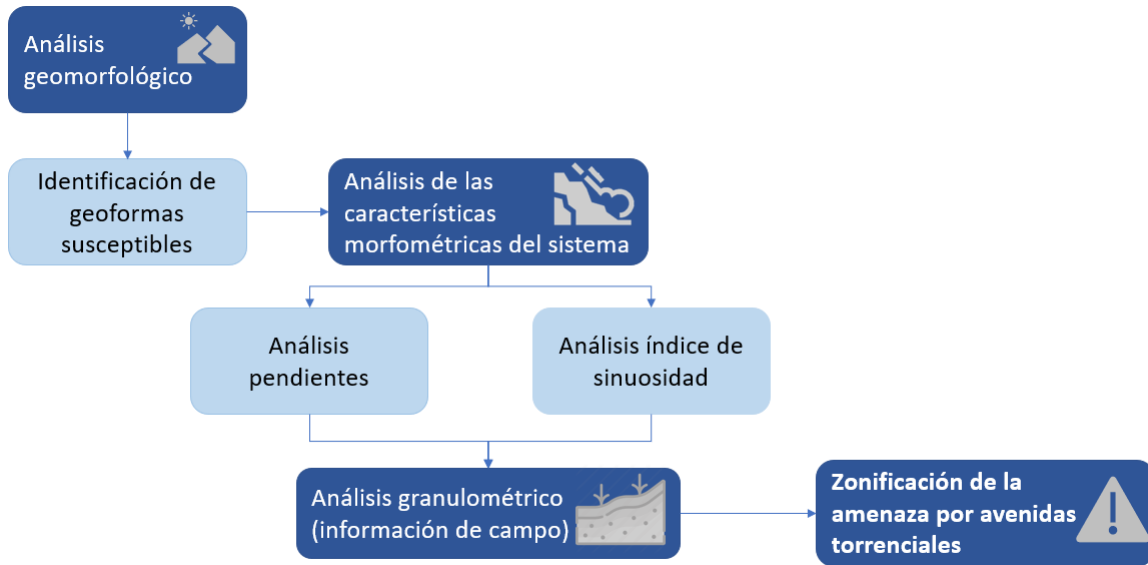
La zona de transporte corresponde a el área recorrida por el material originado en la zona de inicio y en la cual no ocurre deposición debido a las características morfométricas por donde discurre, estos fenómenos ocurren en los sectores montañosos del área de estudio, sectores en los cuales el flujo de material viaja confinado en los valles en V de los cauces allí presentes.

La zona de deposición del material coincide con sectores de contraste de pendiente, donde los materiales involucrados pierden la energía cinética que alimentaba el movimiento de la avenida torrencial y construyen estructuras estables en forma de abanico. (Teixeira Silva, 2016)

Como lo muestra la Figura 65 a partir de una caracterización geomorfológica, se analizan la susceptibilidad de cada forma de terreno, luego de esto se realiza un análisis de las características de estas formas de terreno de origen torrencial, este análisis es validado a partir de la información granulométrica recopilada en la jornada de campo, para así poder delimitar la zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales.



Figura 65. Variables empleadas para la obtención de la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

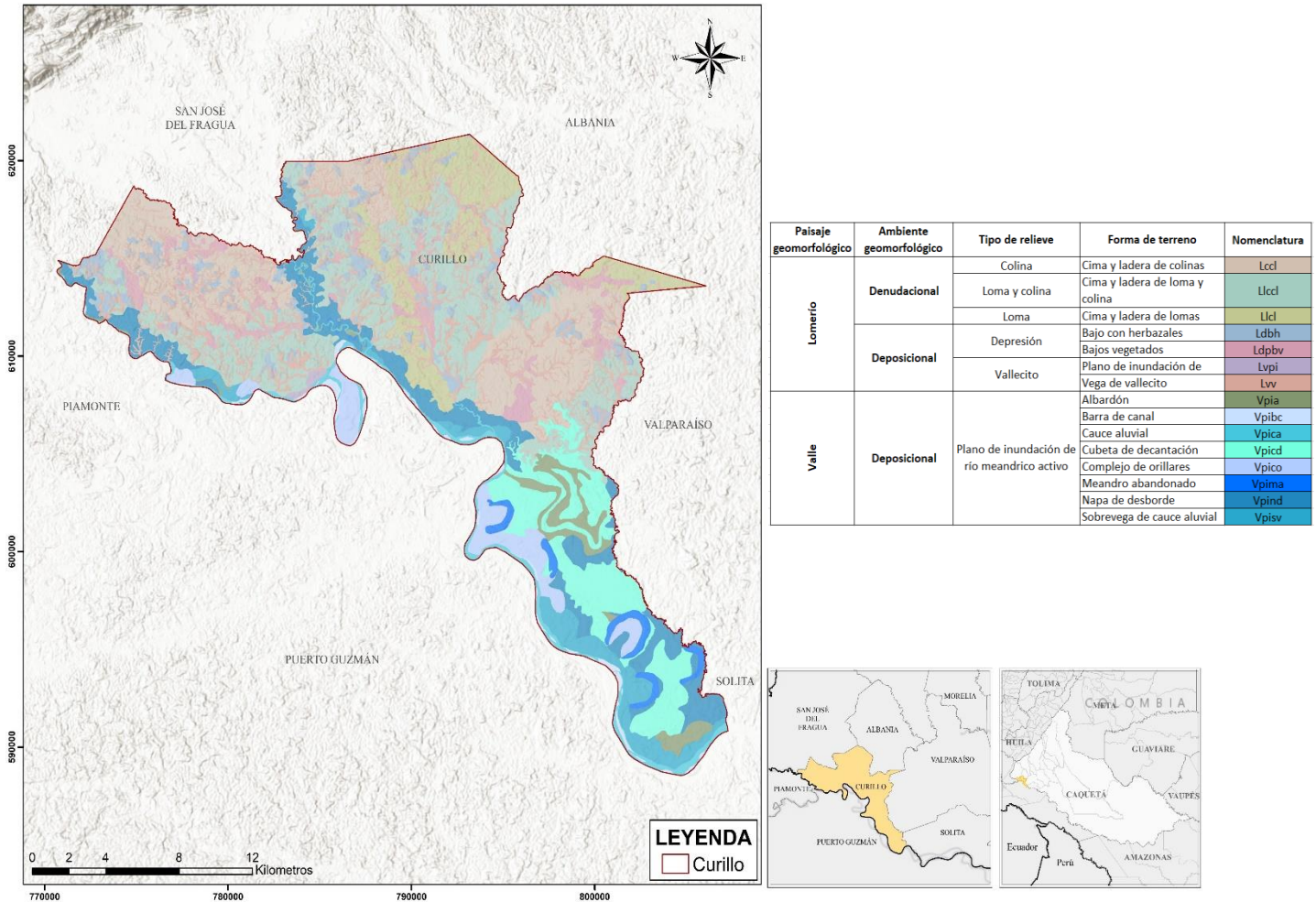
3.5.2 *Análisis geomorfológico*

Las formas del terreno encontradas en el municipio de Curillo brindan herramientas que permiten establecer la relación entre la génesis de estas y posibles eventos torrenciales ocurridos en la zona. Puntualmente dentro de las geoformas de ambiente fluvial, existen algunos productos de fenómenos donde se presenta un aumento en los caudales habituales de las fuentes hídricas que resulta en el depósito de materiales cuya granulometría se asocia a avenidas torrenciales.

En este sentido la Figura 66, muestra la distribución geográfica de las formas del terreno dentro del municipio de Curillo, en esta se puede observar el predominio de geoformas denudacionales en el extremo norte del municipio, separadas por geoformas de ambiente fluvial asociadas a la dinámica de los ríos Caquetá y la Quebrada Yuruyaco. En el sur del municipio, en cercanías a la vereda Horizonte y se observan geoformas como meandros y lechos del río dejados por la sinuosidad a medida que se producen cambios de pendiente. Dentro estos se resalta la laguna la Cocha.



Figura 66. Formas del terreno identificada en el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

De esta forma, se realiza la categorización de cada una de las geoformas en función de su favorabilidad a la ocurrencia de una avenida torrencial. En la Tabla 27 se muestra la categoría de susceptibilidad asignada a cada forma del terreno dentro de su jerarquización geomorfológica, en donde la totalidad de las geoformas encontradas se asocian a procesos modeladores del relieve los cuales no se relacionan con la ocurrencia de avenidas torrenciales por lo cual se asigna una categoría de susceptibilidad baja.



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO

C.C.C.

Tabla 27 Susceptibilidad de las geoformas identificadas en el municipio de Curillo

Paisaje geomorfológico	Ambiente geomorfológico	Tipo de relieve	Forma de terreno	Nomenclatura	Susceptibilidad
Lomerío	Denudacional	Colina	Cima y ladera de colinas	Lccl	Baja
		Loma y colina	Cima y ladera de loma y colina	Llcl	Baja
		Loma	Cima y ladera de lomas	Llcl	Baja
	Deposicional	Depresión	Bajo con herbazales	Ldbh	Baja
			Bajos vegetados	Ldpbv	Baja
		Vallecito	Plano de inundación de vallecito	Lvpi	Baja
			Vega de vallecito	Lvv	Baja
Valle	Deposicional	Plano de inundación de río meandrónico activo	Albardón	Vpia	Baja
			Barra de canal	Vpibc	Baja
			Cauce aluvial	Vpica	Baja
			Cubeta de decantación	Vpicd	Baja
			Complejo de orillares	Vpico	Baja
			Meandro abandonado	Vpima	Baja
			Napa de desborde	Vpind	Baja
			Sobrevega de cauce aluvial	Vpiv	Baja

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.5.3 Zonificación de la amenaza

Para la definición de una zona en amenaza, se tiene como primera medida la evaluación de la susceptibilidad de una geoforma a la ocurrencia de un fenómeno amenazante. De esta forma teniendo en cuenta lo anterior la Tabla 28 muestra los criterios utilizados para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.

Tabla 28 Matriz de decision para la zonificacion de amenaza por avenidas torrenciales

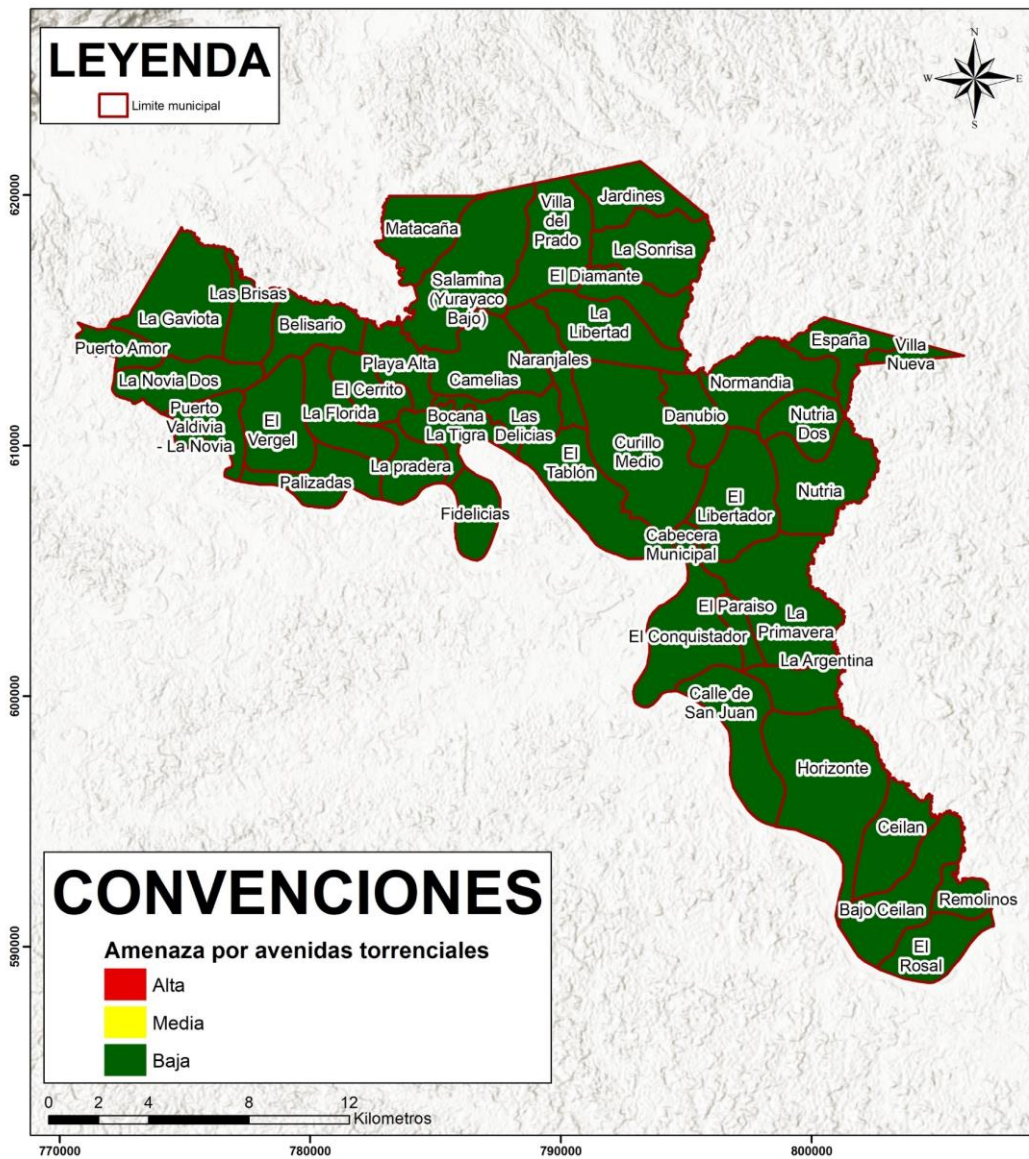
Zonificación de la amenaza	Criterios de clasificación
Amenaza torrencial alta	Zonas con presencia de geoformas susceptibles, sistemas fluviales poco sinuosos (<1.1), que pertenezca al segmento alto del abanico.
Amenaza torrencial media	Zonas con presencia de geoformas susceptibles, sistemas fluviales con índices de sinuosidad ≥ 1.2 , que pertenezca al segmento medio del abanico.
Amenaza torrencial baja	Zonas sin presencia de geoformas susceptibles o que pertenezcan al segmento inferior del abanico

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Finalmente, en la Figura 67, se relaciona la distribución geográfica de la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales para el municipio de Curillo. De esta forma se muestra que todas las geoformas fueron calificadas como amenaza baja con lo cual el 100% del municipio presenta amenaza baja. Es importante aclarar que, si bien existen afluentes importantes en el municipio, la hidrodinámica de estos no se asocia a inundaciones rápidas tipo avenida torrencial sino a inundaciones lentas que se evalúa en el capítulo correspondiente.



Figura 67. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La Tabla 29 muestra la cantidad de área y el porcentaje que representa dentro de la totalidad del municipio de Curillo, por lo explicado anteriormente el 100% del municipio se categoriza como de amenaza baja.

Tabla 29 Relacion porcentual y areas de las categorias de amenaza por avenidas torrenciales en el municipio de Curillo

Amenaza	Área (ha)	Porcentaje
Alta	0.00	0,00 %
Media	0.00	0,00 %
Baja	40005.53	100.00 %
Total	40005.53	100.00 %

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO





3.6 Otras amenazas

3.6.1 Incendios forestales

3.6.1.1 Estudios previos

3.6.1.1.1 Esquema de Ordenamiento Territorial (2000)

Para el estudio realizado en el esquema territorial se identificaron amenazas naturales y antrópicas, entre las naturales se encuentran las inundaciones las cuales son mencionadas en el apartado de información secundaria para amenazas por inundación. Entre las amenazas antrópicas se encuentran la amenaza por incendios forestales, incendios por explosión de combustible, desecación de lagunas y pantanos y por último la amenaza por contaminación del agua.

La amenaza de incendios por explosión de combustible en el municipio de Curillo es categorizada como alta, debido a una serie de estaciones de servicio de combustible que no reúnen las condiciones de seguridad establecidas por el Ministerio del Medio ambiente. Con respecto a la amenaza por incendios forestales, esta ocurre durante los periodos secos en los meses de diciembre, enero y febrero, debido a las altas temperaturas y la resequedad que originan las condiciones propicias para que ocurran los incendios, estos se presentan en las tierras correspondientes a los paisajes de Piedemonte y Valle con una categoría baja y los paisajes de Lomerío con categoría media.

Respecto a la amenaza por desecación de lagunas y pantanos, esta se presenta alrededor del río Caquetá en las lagunas formadas por meandros abandonados y en pantanos cercanos conformados por un conjunto de depresiones o bajos inundados permanentemente, los cuales son importantes ya que son amortiguadoras de las inundaciones, estas áreas se ven amenazadas por la desecación producida por la tala de vegetación protectora que ocasiona la desecación paulatina de estas áreas declaradas como zonas hídricas de protección especial, la categoría de amenaza dada para estas áreas es de alto grado.

3.6.1.2 Marco conceptual

Los eventos de incendios forestales son uno de los fenómenos más comunes que se presentan en los ecosistemas, ocurren principalmente en épocas secas, donde las condiciones para que se inicie un incendio se encuentran más adecuadas, como altas temperaturas, menores precipitaciones, y las corrientes de aire, estas sumadas con la topografía de la zona, y el material de combustible orgánico seco aumentan la capacidad de que ocurran incendios de gran magnitud y puedan avanzar y extenderse en la superficie, causando deterioros en la cobertura vegetal, fauna y el suelo, lo que ocasiona pérdidas económicas, sociales y ecológicas.

Los incendios se pueden desarrollar por causas naturales o antrópicas, a pesar de que la gran mayoría de incendios forestales inician por causas antrópicas, estos se presentan también por causas naturales, los cuales pueden ocurrir principalmente por sequías, altas temperaturas, vientos, que afectan directamente al comportamiento del fuego, facilitando la propagación y avivando las llamas, las causas antrópicas corresponden al uso inadecuado del fuego, por descontrol de pequeñas quemadas provocadas con fines agrícolas, ganaderos o por la tala de árboles. Puesto que los incendios forestales pueden llegar a descontrolarse y ser peligrosos, se considera esencial identificar las zonas de amenaza por incendios, con el propósito de tomar medidas de prevención, mitigación y concientización acerca del uso adecuado de las prácticas de quemadas agrícolas.

En el presente estudio se cuenta con una base de datos de información espacial de focos de calor y cicatrices de quema, obtenidos del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) y de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), los cuales son productos de imágenes satelitales de los sensores Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) y MODIS.

3.6.1.2.1 Focos de calor

Un foco o punto de calor hace referencia a un área que presenta una anomalía térmica sobre la superficie, la cual se puede considerar como un incendio o potencial incendio, estos son detectados a través de imágenes satelitales de sensores remotos, donde se captura la energía emitida por la superficie en el espectro electromagnético infrarrojo medio e infrarrojo termal, para reconocer los píxeles que representen anomalías de temperaturas entre 300°C y 1500°C, que se relacionan a los eventos de incendios forestales (Di Bella, y otros, 2008).



Un incendio forestal puede ser representado por un grupo de focos de calor asociados espacial y temporalmente, por lo que a partir de estos es posible realizar un análisis de la frecuencia, el tamaño y la duración que pueden llegar a tener los incendios forestales, adicionalmente se pueden reconocer los factores que intervienen en el comportamiento de los incendios, como lo son las condiciones de temperatura, las precipitaciones, el uso del suelo y otras características (Di Bella, y otros, 2008).

En el municipio de Curillo se encuentra una base de datos de 321 puntos de calor, los cuales han sido registrados desde el año 2003, esta además presenta datos sobre la fecha, localización, el sensor y la fuente de la cual se obtuvieron los focos de calor.

3.6.1.2.2 Cicatrices de quema

Las cicatrices de quema corresponden a las áreas que han sido perjudicados por eventos de incendios forestales o fuegos controlados, los cuales dejan rastros en la superficie, estas áreas son detectadas a través que imágenes satelitales, donde se identifican las diferencias espectrales de las coberturas vegetales afectadas y no afectadas, para lo cual se emplean dos composiciones, la primera corresponde al índice de radio de quema normalizado (NBR), el índice de vegetación (NDVI) y la banda de infrarrojo cercano, las cuales muestran las áreas que han sido afectadas por incendios forestales, diferenciándose con los cuerpos de agua, la nubosidad y las sombras proyectadas por el relieve, la segunda composición corresponde a los umbrales de infrarrojo lejano, infrarrojo cercano y banda azul, de las bandas 7, 5 y 2, donde se identifican la cobertura vegetal sana y la que ha sido perjudicada por los incendios, a partir de este proceso se hace una clasificación de polígonos que representan las cicatrices de quema (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2018).

El municipio de Curillo cuenta con una base de datos de las cicatrices de quema, obtenida del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, quienes identificaron estas zonas a partir de imágenes satelitales Landsat 8, para los años 2017, 2018 y 2019, dando como resultado un total de 20 polígonos.

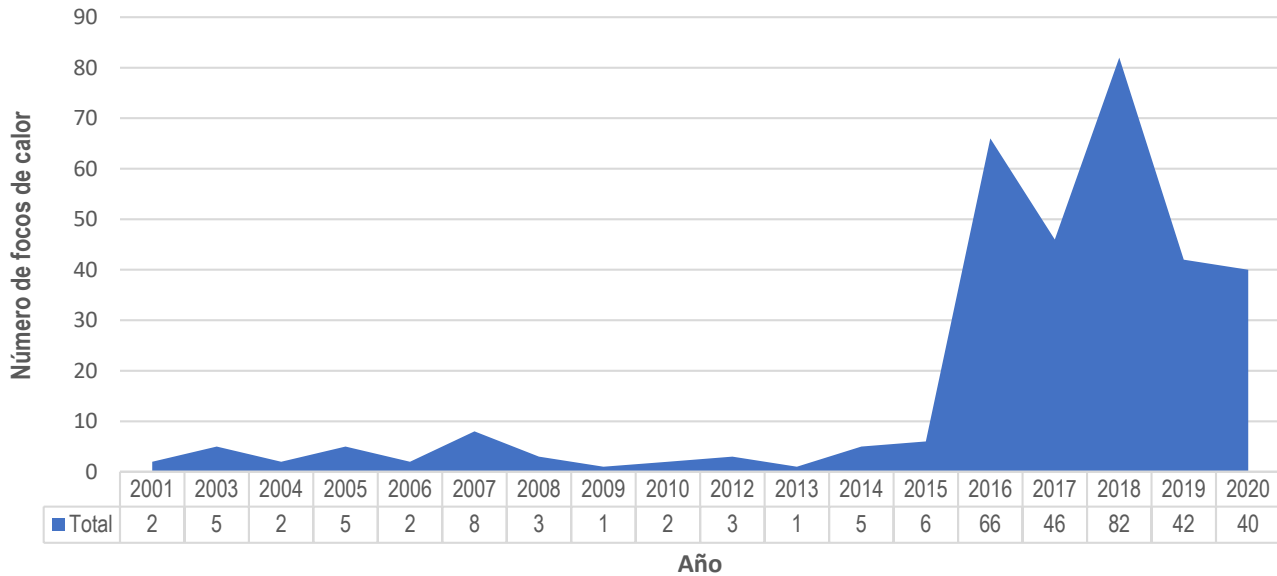
3.6.1.3 Análisis de focos de calor

Como se mencionó anteriormente un punto de calor se define como una anomalía térmica sobre el terreno, que en realidad es una aproximación a incendios o puntos potenciales de fuego (Di Bella, y otros, 2008). Se detectan con imágenes de los sensores MODIS y VIIRS que viajan sobre los satélites Terra, Aqua y Suomi-NPP, utilizando un algoritmo contextual que capta la fuerte emisión de radiación infrarroja media de los posibles incendios. (NASA 2020). Los reportes que se analizaran en este ítem fueron consultados en la base de datos de la NASA para un periodo de tiempo de 17 años de los sensores MODIS Y VIIRS.

Para el municipio de Curillo se tienen 312 registros de focos de calor desde el año 2003 hasta el año 2020, en donde se puede evidenciar un aumento en los reportes desde el año 2015, siendo el año 2018 y 2016 los que presentan mayor número de focos. (ver Focos de calor reportados por año para el municipio de Curillo Figura 68)



Figura 68. Focos de calor reportados por año para el municipio de Curillo

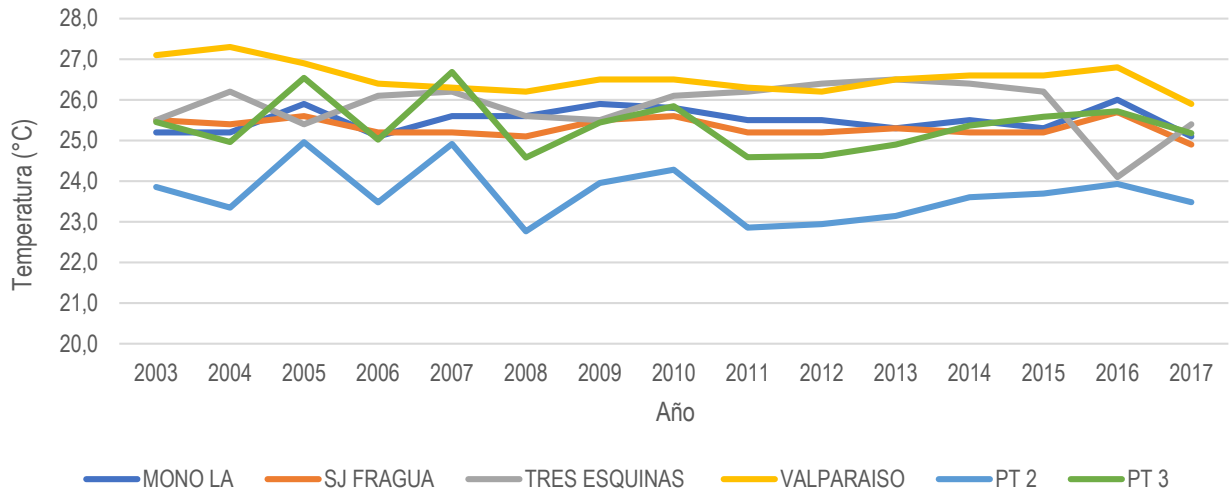


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La temperatura media anual para el área de estudio es de 25,26°C. El mayor valor registrado fue de 27,3°C en el año 2004 por parte de la estación Valparaíso, mientras que el menor valor registrado fue de 22,8°C en el año 2008 en la estación PT 2 (ver Figura 69). Estos registros de temperatura media anual para las seis estaciones que abarcan el área del municipio de Curillo no muestran una relación clara con el número de eventos registrados por año.



Figura 69. Temperatura media mensual del año 2003 al 2017 para el municipio de Curillo

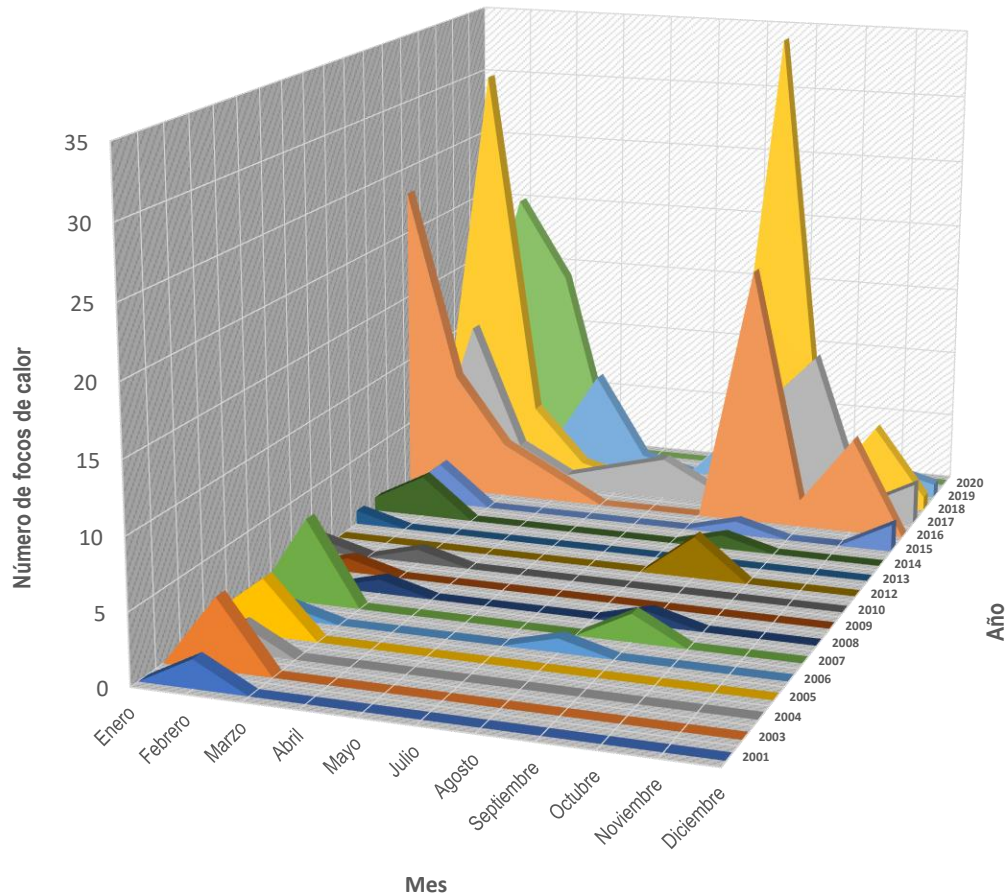


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Debido a que no se evidencia una clara relación entre el número de eventos por año y los datos de temperatura media anual, se realiza un análisis de los eventos registrados por mes (ver Figura 70) en donde puede verse dos picos de ocurrencia los cuales son más evidentes desde el año 2015 al 2020, como se mencionó anteriormente. El primer pico se presenta en los meses de enero, febrero y marzo, siendo febrero el mes con más eventos registrados (673) y el segundo pico en los meses de septiembre, octubre y noviembre, siendo el mes de septiembre el mes con más reportes (86).



Figura 70. Cantidad de focos de calor registrados por mes para el municipio de Curillo



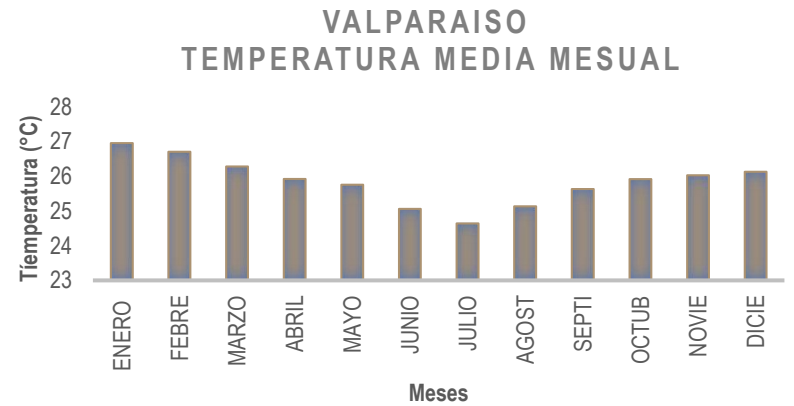
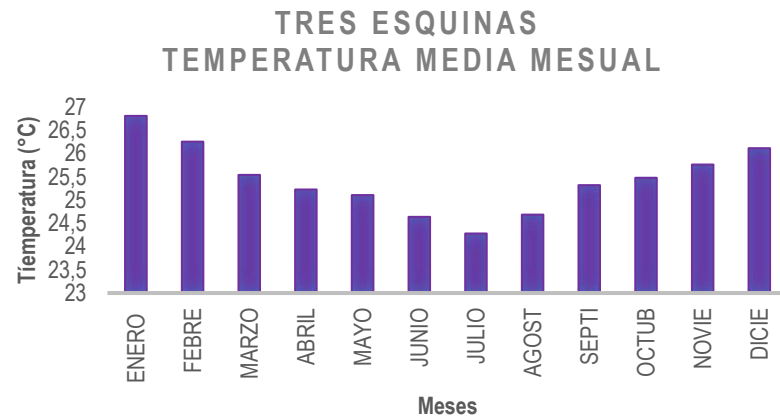
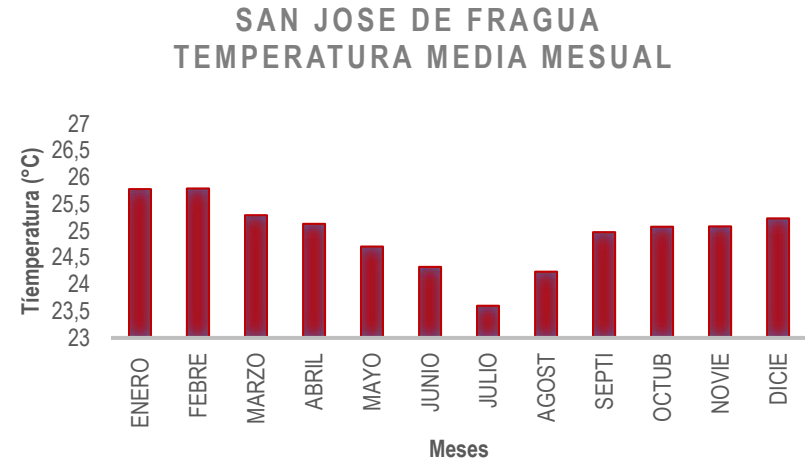
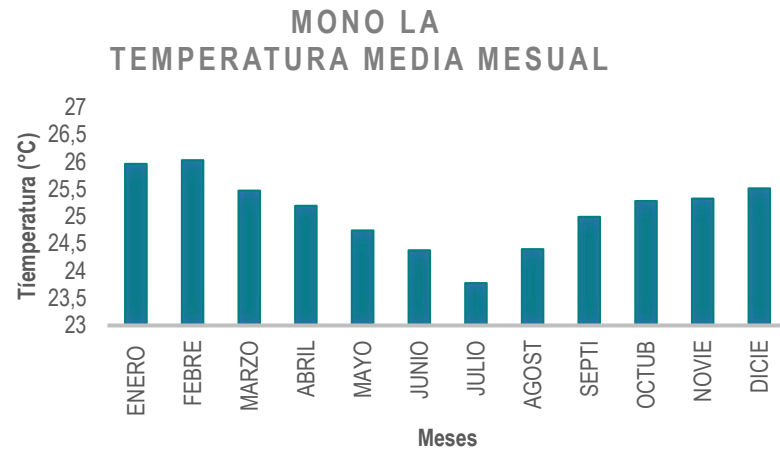
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En cuanto a la temperatura media mensual de acuerdo con el registro de las estaciones cercanas al municipio de Curillo, a nivel mensual los valores más altos de temperatura se presentan en enero, febrero y marzo, lo cual coincide con la primera época seca del año, mientras que los valores de temperatura más bajos se presentan en los meses de junio, julio y agosto durante una de las temporadas lluviosas del año (Ver Figura 71).

Estos valores de temperatura coinciden con los registros de focos de calor presentados anteriormente en donde para la primera temporada seca del año (temporada con mayores temperaturas), la cual corresponde a los meses de enero, febrero y marzo presentan un mayor número de registros de focos de calor. Además, también puede verse que después de la temporada de lluvias de los meses de junio, julio y agosto sigue la segunda temporada de altas temperatura del año correspondiente a los meses de septiembre, octubre y noviembre, en donde su relación con los registros de eventos, el mes de septiembre posee el mayor número de reportes.

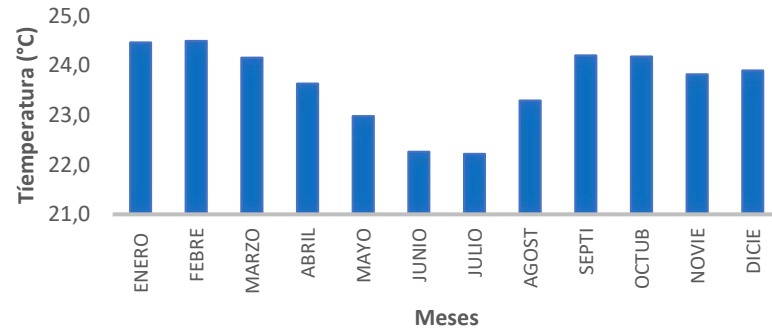


Figura 71. Temperaturas medias mensuales reportados en las estaciones cercanas al municipio de Curillo

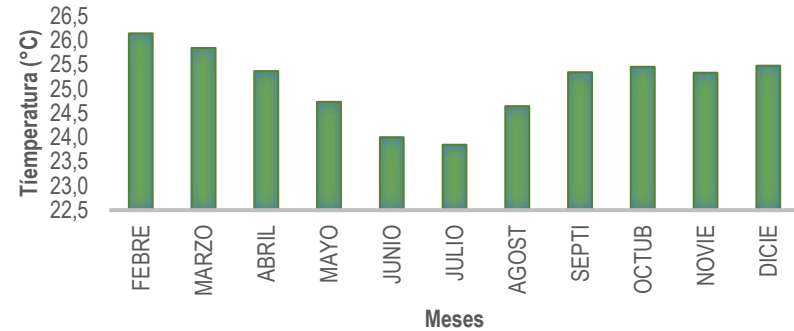




ESTACIÓN APOYO PT2
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL



ESTACIÓN APOYO PT3
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

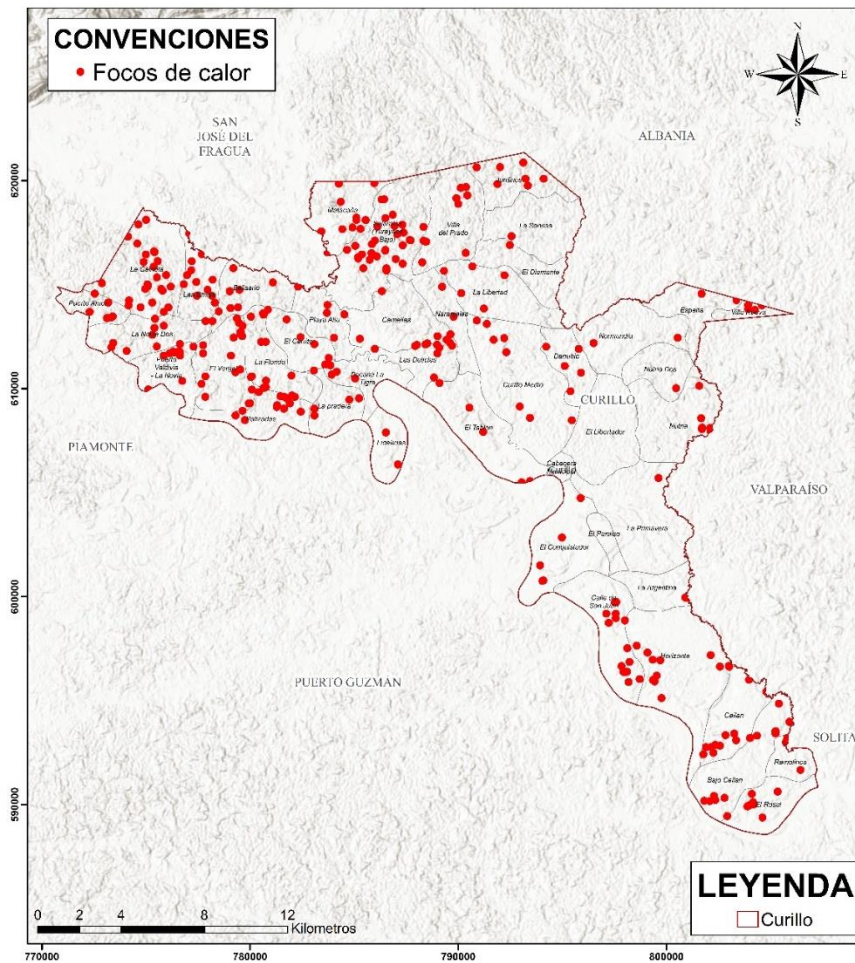


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Si bien no se encuentra una relación del número de reportes anuales con los registros de temperatura anual, se evidencia que la relación entre la temperatura media mensual es directamente proporcional al reporte mensual de eventos a lo largo del año, teniendo como conclusión que las dos temporadas secas del año, la primera en los meses de enero, febrero y marzo y la segunda en el mes de septiembre, las cuales tienen el registros de las mayores temperaturas medias mensuales coinciden con el mayor número de eventos.

En cuanto a la distribución espacial de estos focos de calor se puede ver que tienen una concentración de eventos en el noroccidente del municipio en las veredas La Gaviota, Puerto Amor, La Novia Dos, Las Brisas, El Vergel, Puerto Valdivia, Belisario, Palizadas, La Pradera, El Cerrito, Plata Alta, Salamina (Yarayaco Bajo), Las Delicias y Matacaña (ver Figura 72)

Figura 72. Distribución espacial de los focos de calor en el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.6.1.4 Área afectada por quemas en los últimos años

De acuerdo con el análisis satelital para el reconocimiento de las zonas de cicatrices de quema en el municipio de Curillo, se registra en los últimos 3 años un acumulado que redonda las 78 hectáreas afectadas por las quemas forestales, las cuales se distribuyen principalmente en el sector norte y centro del área rural del municipio (Figura 75 Relación entre los focos de calor y las hectáreas afectadas por año).

Para el 2017 se registra un total de 13,16 hectáreas focalizadas en la vereda La Libertad, en donde la afectación involucró principalmente vegetación secundaria y en transición.

En el 2018 aumenta considerablemente el registro de zonas afectadas, alcanzando las 61,39 hectáreas, distribuidas en 5 zonas diferentes a la altura de las veredas El conquistador, Normandía, El Tablón, Camelias, Salamina y Villa del Prado.

Finalmente, para el año 2019 disminuye considerablemente el registro de área afectada por quemas acotando una cifra que acerca las 4,16 hectáreas enmarcadas en 2 polígonos en el sector noroccidental del área rural del municipio sobre las veredas La Novia Dos y Belisario, afectando principalmente cobertura asociada a los bosques.

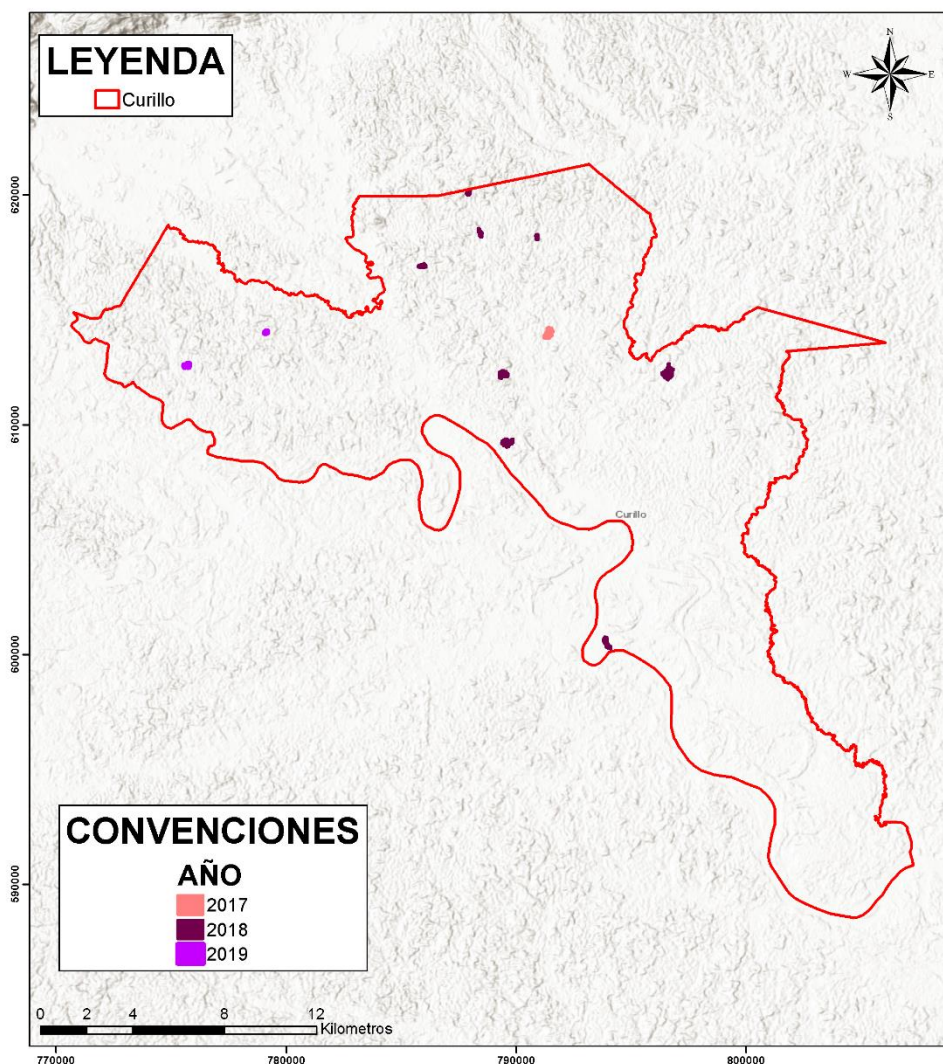


REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO





Figura 73. Distribución de las zonas afectadas por quema para los años 2017, 2018 y 2019

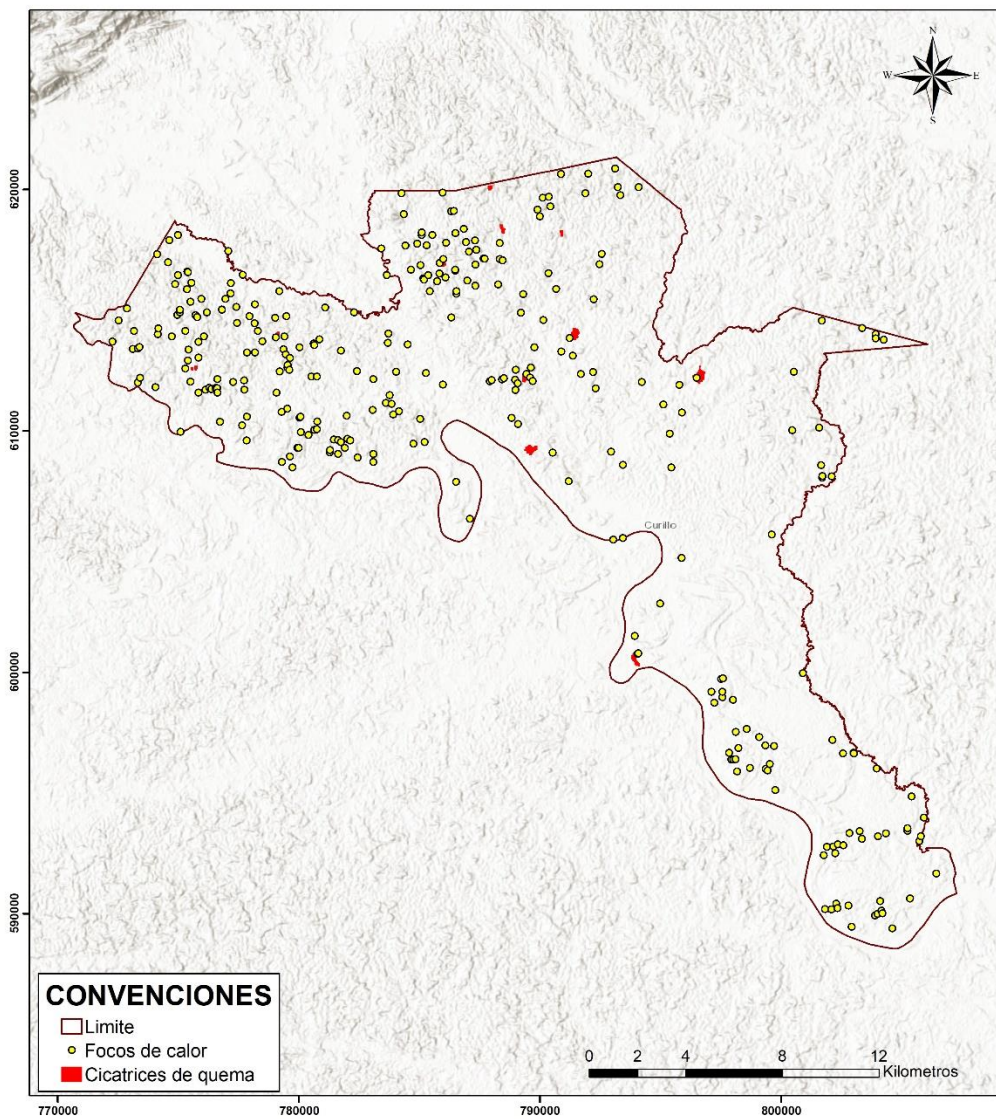


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.6.1.5 Relación entre los focos de calor y las cicatrices de quema

La relación entre los focos de calor y las cicatrices de quema se estableció a partir de un análisis espacio temporal de estas dos capas, mediante una superposición en un SIG (Figura 74). Por medio de este análisis se pudo observar una mayor densidad espacial de los puntos de calor para los sectores de las veredas Salamina (Yurayaco Bajo), La Gaviota, El Vergel, y Calle de San Juan principalmente, con respecto a las cicatrices de incendios estas se presentan en mayor área en las veredas de Normandia, La Libertad, El Tablón y la Salamina (Yurayaco Bajo).

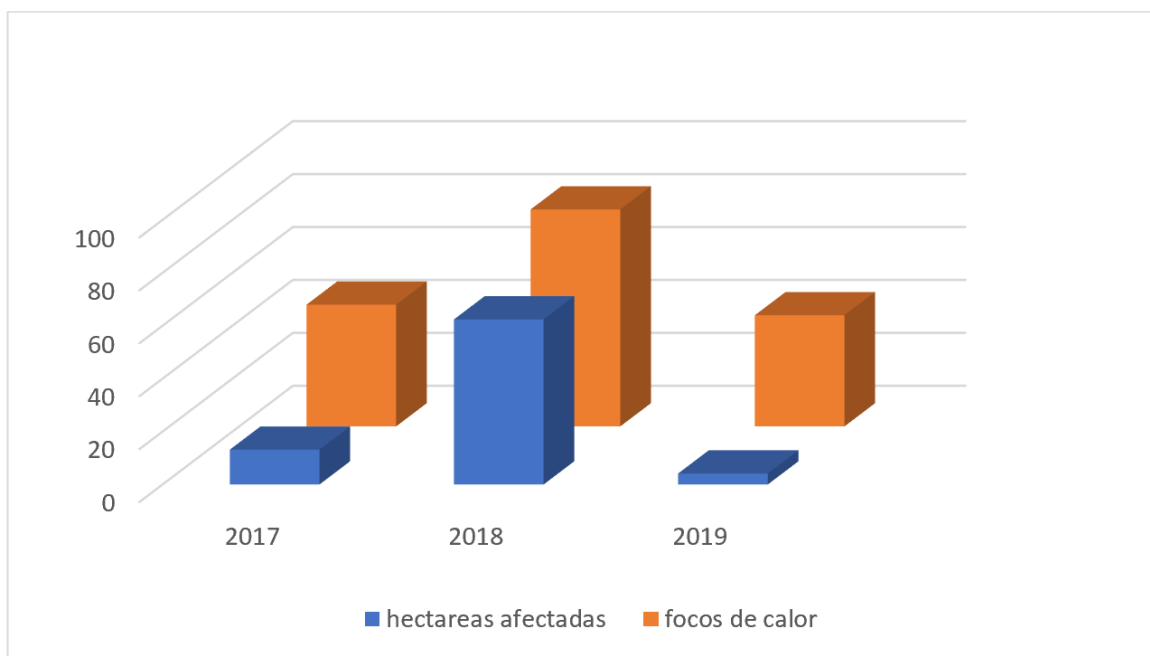
Figura 74. Superposición de los focos de calor y cicatrices de incendios forestales.



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La Figura 75 relaciona el número de hectáreas afectadas con la cantidad de focos de calor identificados para los últimos 3 años (2017-2019), evidenciando en el 2018 la cifra más alta en hectáreas afectadas, guardando la proporción directa con el incremento de focos de calor identificados para el mismo año.

Figura 75 Relación entre los focos de calor y las hectáreas afectadas por año.



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.6.1.6 Conclusiones

A partir de los registros de temperatura media mensual y los registros de focos de calor, se concluye que los valores más altos de temperatura se presentan en la primera temporada seca del año, correspondiente a los meses de enero, febrero y marzo, los cuales a su vez coinciden con el mayor número de focos de calor registrados. Además, también se evidencia una disminución de la temperatura para los meses de junio, julio y agosto que indican la época de lluvia donde los registros de focos de calor disminuyen.

Según la distribución espacial de los focos de calor en el municipio se puede evidenciar una concentración de los eventos hacia el noroccidente del municipio, en las veredas de La Gaviota, Puerto Amor, La Novia Dos, Las Brisas, El Vergel, Puerto Valdivia, Belisario, Palizadas, La Pradera, El Cerrito, Plata Alta, Salamina (Yarayaco Bajo), Las Delicias y Matacaña.

De acuerdo con el análisis realizado entre los focos de calor y las áreas de cicatrices de quemadas, se evidencia una relación entre el número de hectáreas afectadas con la cantidad de los puntos de calor identificados en el periodo del 2017 al 2019, permitiendo concluir que dichas áreas quemadas son residuos de los focos de calor que se presentaron para el mismo año.



3.6.2 Socavación lateral

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las bancas de un cauce, convirtiéndose en una de las más comunes de falla en las estructuras construidas en los bancos laterales de los ríos (Suarez, 2001). Este fenómeno se presenta con mayor frecuencia al momento de una creciente o por la construcción de distintas obras en los márgenes del cauce y se determina principalmente por las características hidráulicas del sistema hídrico. Las propiedades de los sedimentos de los márgenes laterales y la forma y la localización de los elementos que la inducen.

La socavación lateral de los principales cauces aluviales es un fenómeno que se da producto de la creación de sinuosidades y meandros en un sistema fluvial, en el cual a su vez obedece a una relación directa entre la generación de zonas de erosión y de depósito de material, las cuales son cambiantes y dinámicas con el tiempo. La erosión en este caso está asociada a la remoción de material superficial (capa vegetal, suelo o roca), que gracias a la fuerza que ejerce el agua de escorrentía logra vencer la resistencia de las partículas generando el desprendimiento. Este proceso se da tanto en el fondo de los canales como en las márgenes de este, sin embargo, el fenómeno asociado a los bordes del canal se conoce como socavación lateral y puede detonar importantes pérdidas de la bancada y afectaciones a infraestructura próxima a los cauces aluviales.

Este tipo de fenómenos se da en las bancas del cauce o socavación, la cual por lo general tiende a afectar drenajes de bajo gradiente cuando se cuenta con una socavación evolucionada, y el cauce no tiene pendientes mayores al 2%, es decir en lugares de muy baja pendiente con ángulos menores a 10°, en los que se puede decir que la energía del cauce se aprovecha en la expansión del canal.

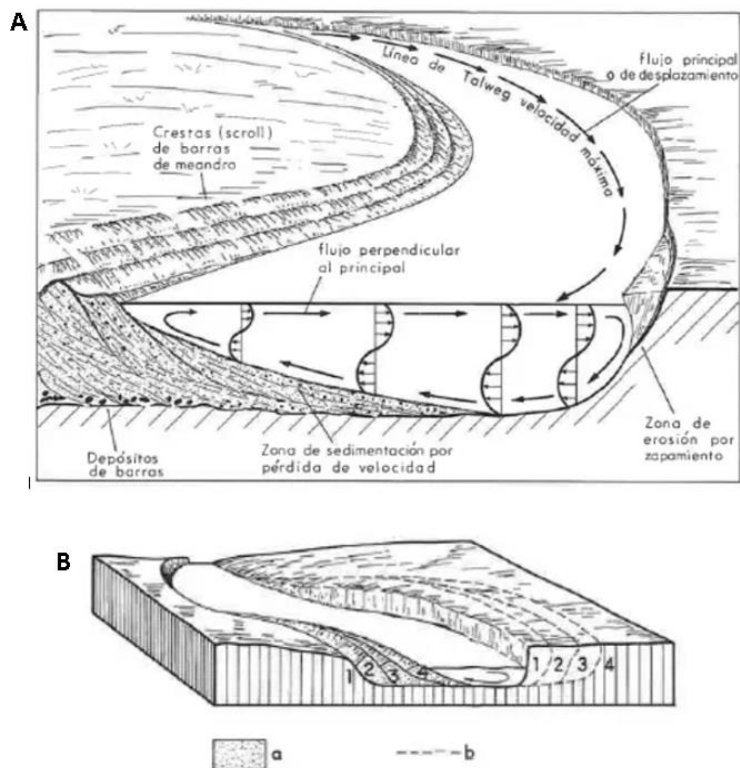
1.1.1.2 Análisis de dinámica fluvial

El sistema hídrico del río Caquetá tiene cauces de una alta dinámica evidenciada por su sistema sinuoso o meándrico en el cual se presentan procesos asociados a la sedimentación y erosión; desplazamiento lateral; cierre de meandros y formación de meandros opuestos (CVS, 2004). Puntualmente, en el municipio de Curillo, la socavación lateral del cauce del río Caquetá y otros tributarios, se ha convertido en una amenaza dada la localización geográfica.

En los sistemas meándricos es mucho más acrecentada la dinámica lateral de los cauces aluviales, generando zonas de erosión o socavación y de depósito continuamente.

La socavación lateral en los meandros no se da de forma homogénea en ambos costados del cauce, sino que obedecen a un principio hidráulico en el cual se asocia a las zonas de mayor energía o velocidad del flujo (Talweg), el cual se concentra hacia la margen externa del meandro (ver Figura 76 A) y contraria a esta en las zonas internas o de menor energía de flujo se generarán las zonas de acumulación de material y bajo este principio se dará la migración lateral del cauce (Figura 76 B) en donde a la margen izquierda se reconoce la zona de depósito en diferentes momentos temporales; 4 para el más reciente y 1 para el más antiguo y en la margen derecha se reseñan las zonas próximas a ser socavadas; 1 para la banca más próxima y 4 para el tajo más distal o futuro a ser removido.

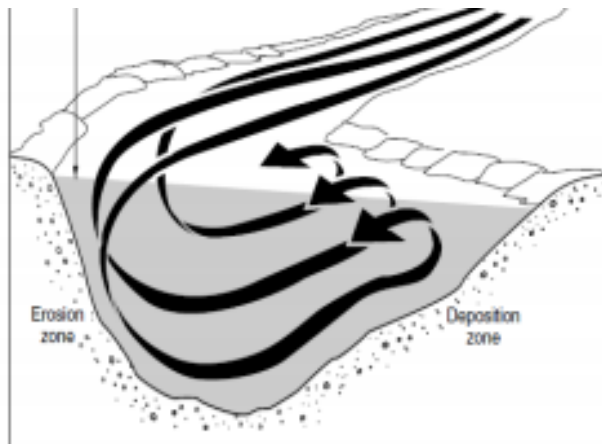
Figura 76. Características de flujo, erosión y depósito en un sistema de meandros



Fuente: (Gilsanz, 1996)

En la Figura 77 se muestra la incidencia del flujo hidráulico sobre la morfología del lecho del río. Allí se puede observar como la orientación del río, genera erosión hacia la parte exterior del cauce, mientras que, en la parte interior, el déficit de energía del río produce una zona de depósito. Por lo anterior, es de esperarse que las zonas críticas de socavación lateral se den en el margen izquierdo del Río Caquetá.

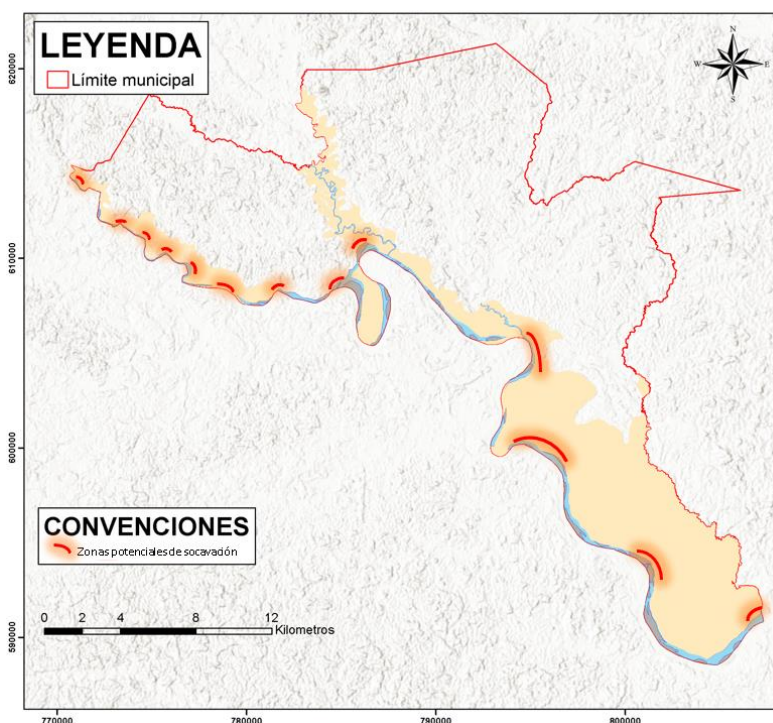
Figura 77. Sistema hidráulico de flujo produce erosión de los bancos exteriores en las curvas de meandros



Fuente: (Kungzig, 1989)

La Figura 78, señala de manera preliminar las zonas asociadas a los márgenes externos más pronunciados y cerrados de los meandros más importantes del río Caquetá en jurisdicción del municipio de Curillo y que llegan a representar una potencial zona de socavación lateral del cauce aluvial en su proceso próximo de migración lateral.

Figura 78. Reconocimiento general de zonas potenciales a sufrir fenómenos de socavación.

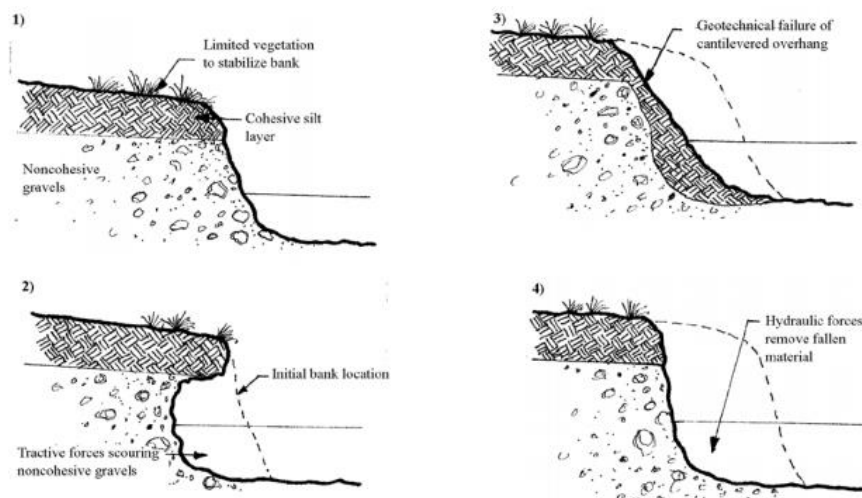


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

1.1.1.3 Identificación de puntos críticos

Para la caracterización de los puntos críticos se analizó el estado de la erosión fluvial, la continuidad de los bancos laterales del río y la peligrosidad que representa para los asentamientos del municipio de Curillo. En la Figura 79 se ejemplifica el tipo de erosión producida en los bancos laterales del río Caquetá principalmente. Inicialmente existen diferentes condiciones del suelo, la cobertura vegetal y la litología, las cuales terminan en fenómenos de socavación lateral. En un primer escenario, un depósito conglomerático aluvial infra yace una secuencia de lodolitas con poca vegetación, brindando las condiciones ideales para la socavación lateral. De esta forma, se produce la remoción del depósito inferior debido a la ausencia de cohesión entre las gravas que lo conforman. Una vez removido el material del sustrato inferior, se produce el colapso geotécnico de la capa de sedimentos finos en la parte superior cayendo dentro del lecho del río ampliando la longitud del cauce del río.

Figura 79. Configuración de la remoción lateral para la socavación de bancos laterales



Fuente: (Stypula & Jhonson, 1993)

Una vez comprendidas las zonas donde se produce este fenómeno, fueron identificadas diferentes zonas donde la socavación lateral es recurrente a lo largo del cauce principal del río Caquetá. Dada la sinuosidad de este río, el margen izquierdo se encuentra constantemente sometido a proceso de socavación lateral. De esta forma, en las veredas Naranjales, Conquistador, Horizonte es común observar fenómenos de este tipo.

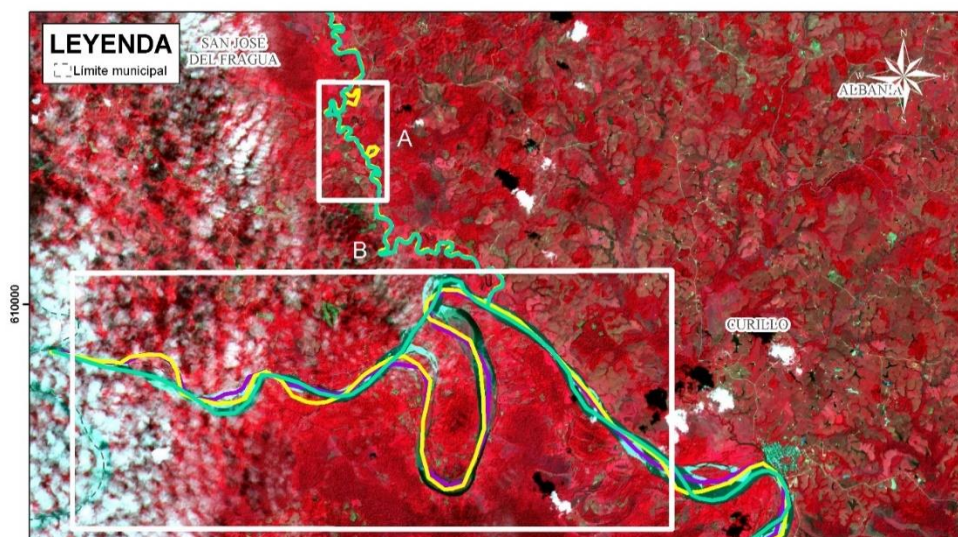
Figura 80. Socavación lateral del río Caquetá el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

De manera más crítica, puede observarse en las veredas la Pradera y Fidelicias la intensidad de la socavación lateral, la cual ha desencadenado en el cambio del cauce permanente del río Caquetá. la Figura 81 muestra en el recuadro B el cambio en el cauce donde en color amarillo se observa el tratado anterior del cauce previo al corte del meandro producto de la socavación lateral.

Figura 81 Cambio del cauce permanente por socavación lateral en la verede Fidelicias



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

La amenaza por socavación toma relevancia cuando se produce en sectores con asentamientos urbanos como sucede en el centro poblado Puerto Valdivia (La Novia). La Figura 67 muestra un proceso de socavación lateral en uno de los bancos laterales del río Caquetá donde se acentúa la población del centro poblado Puerto Valdivia. Allí mismo puede observarse como se produce el colapso geotécnico por el contraste de materiales no cohesivos en la parte inferior (Gravas) y materiales cohesivos en la parte superior (lodolitas).

Figura 82. Socavación lateral del río Caquetá en el centro poblado la Novia



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.6.3 Sequías

La definición de Sequía consensuada para Colombia junto con los diferentes actores afectados por la ocurrencia del fenómeno, durante el encuentro nacional sobre sequías organizado por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD (2017) “La Sequía es una disminución anómala de la precipitación respecto a los



promedios históricos, la cual afecta los ciclos hidrológicos naturales, los sistemas de producción y 11 demás actividades ambientales y socio-económicas del país o de una región en particular, teniendo en cuenta el ordenamiento productivo”.

Existen varios índices para evaluar la sequía, el IDEAM con base en Hurtado, G & Cadena, M (2002) concluye que el índice SPI (Índice de precipitación estandarizado) es el índice basado en la lluvia más sencilla y práctica, por lo cual recomiendan su utilización en aplicaciones operativas, por esto este índice es usado en el informe de actualización de las estadísticas de la sequía en Colombia (IDEAM, 2017), además de ser el índice de sequía más utilizado en la actualidad y recomendado por la Organización Mundial Meteorológica (OMM)

Este se basa en el hecho de que las series históricas de precipitación se ajustan a una distribución gamma, que puede ser transformada a una distribución normal, sobre la cual puede calcularse el número de desviaciones estándar de la lluvia actual, respecto al promedio climatológico (IDEAM, 2017).

El SPI puede ser calculado para varias escalas temporales. Se pueden tomar acumulados de 1, 3, 6, 9, 12, y 24 meses y cada período de acumulación permite estudiar diferentes tipos de sequía. Por ejemplo, el SPI de 1 a 3 meses, sirve para estudiar la sequía meteorológica; entre 3 y 6 meses, para la sequía agrícola y entre 12 y 24 meses, la sequía hidrológica y de acuerdo con el valor del índice se categoriza el área. (ver Figura 83)

Figura 83. Categorías del índice de precipitación estandarizada

INDICE DE PRECIPITACION ESTANDARIZADA (SPI)

Convenciones

	Extremadamente seco (<-1.5)
	Moderadamente seco (-1.5 a -1.0)
	Ligeramente seco (-1.0 a -0.5)
	Normal (-0.5 a 0.5)
	Ligeramente humedo (0.5 a 1.0)
	Moderadamente humedo (1.0 a 1.5)
	Extremadamente humedo (>1.5)

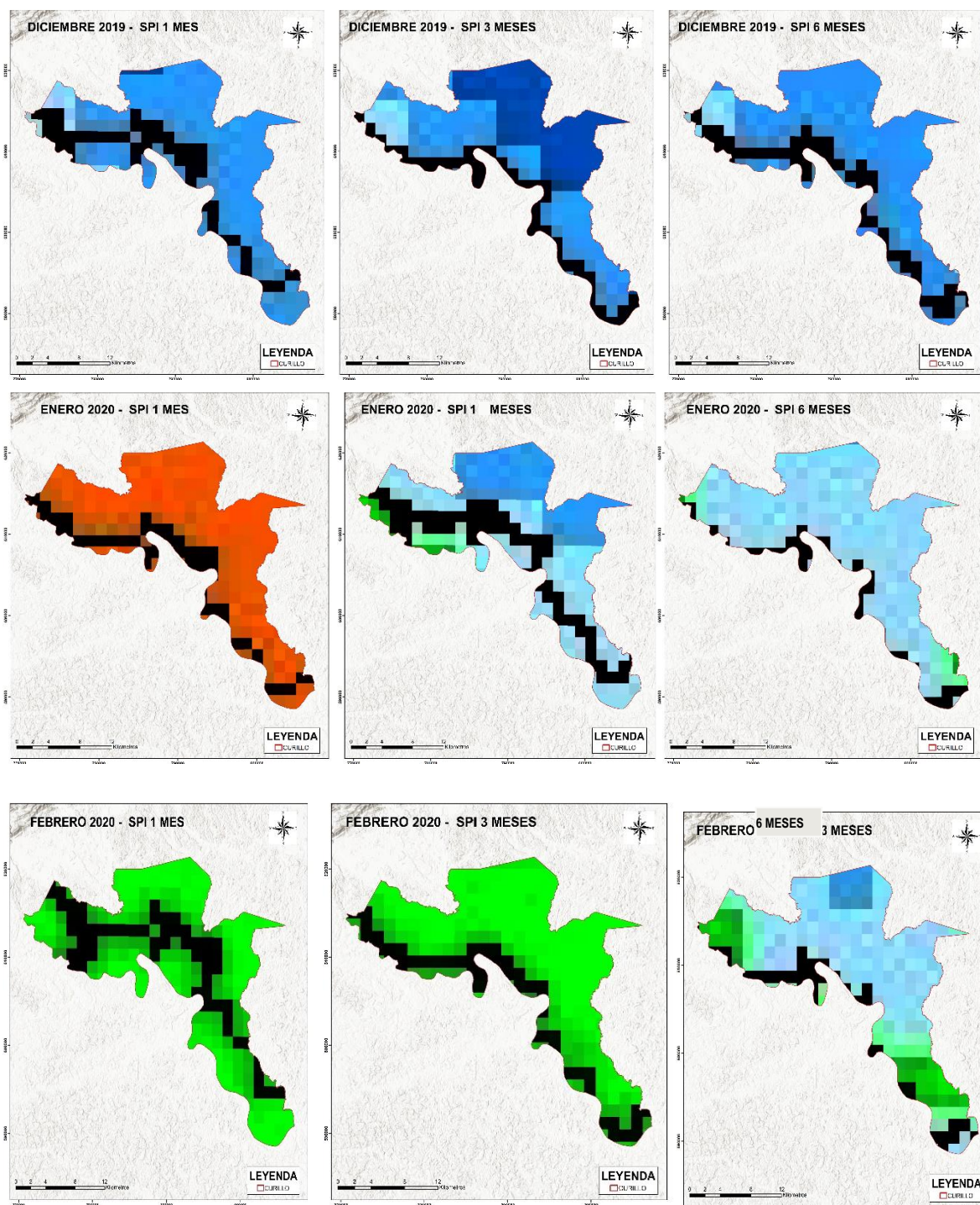
Fuente: (IDEAM, 2017)

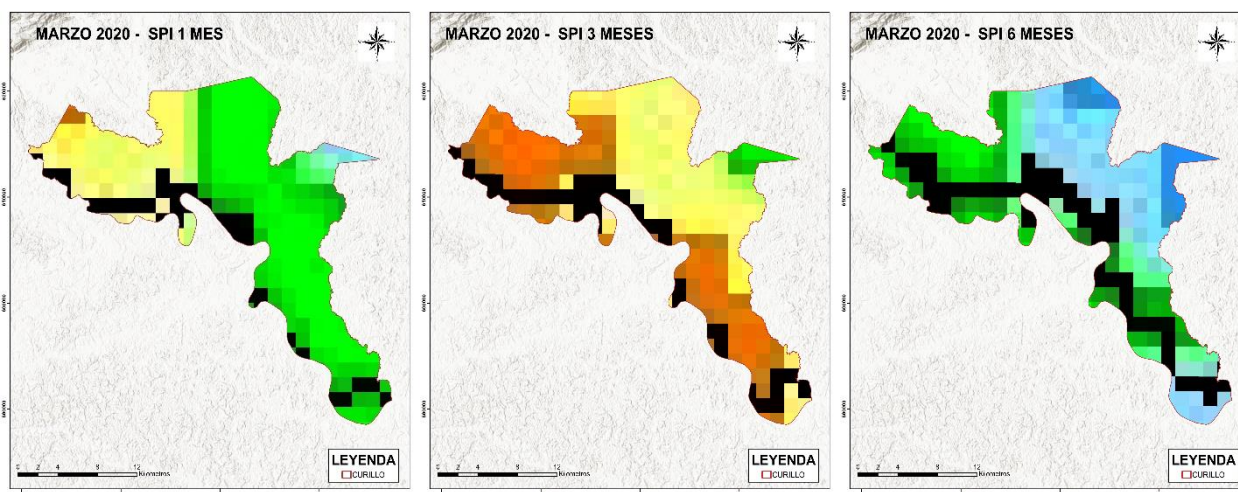
El SPI de un mes, es similar al que se obtiene calculando el porcentaje de precipitación del mes, con relación al promedio. El SPI de 1 mes simplemente compara el total de precipitación de ese mes en particular, con el total de la precipitación del promedio de ese mes para toda la serie. El SPI de 3 meses compara acumulados de 3 meses. Por ejemplo, el SPI de noviembre, refleja el acumulado de septiembre, octubre y noviembre. Proporciona una estimación intra-estacional y es ideal para ser utilizado en aplicaciones agrícolas, igual que el SPI 1, ya que, en cultivos herbáceos o plantas de poco corte, la humedad en el suelo es vital y depende de eventos submensuales. El SPI de 6 meses indica tendencias de precipitación cercanas al mediano plazo y puede ser eficaz para evidenciar la precipitación estacional. (IDEAM, 2017)

Para el municipio de Curillo en la Figura 84 muestra el índice de precipitación estandarizada de los meses de diciembre de 2019 y enero, febrero y marzo del año 2020, con los acumulados de 1 mes, 3 meses y 6 meses respectivamente.



Figura 84. Índice de precipitación estandarizado para el municipio de Curillo





Fuente: (IDEAM, 2017)

Para el mes de diciembre se tienen valores de SPI extremadamente húmedo y moderadamente húmedo, manteniéndose en enero para el acumulado de 3 y seis meses, para el acumulado de un mes se tienen valores correspondientes a un índice moderadamente seco.

Para el mes de febrero los tres acumulados corresponden a índices normales y moderadamente húmedos y por último para el mes de marzo se tienen valores normales, ligera y moderadamente secos para los acumulados de 1 y 3 meses, en contraste con el acumulado de los 6 meses que presenta categorías normales moderadamente húmedo. De esto se puede deducir que las sequías de tipo agrícola que pueden afectar los cultivos de la comunidad presente en los territorios se presentan en los meses de enero y marzo, que a su vez corresponden a meses de verano

Esto coincide con la información encontrada en fuentes secundarias y suministrada por la comunidad en donde se tienen 9 reportes de sequías asociadas principalmente a las fuentes de agua de las que se abastecen (ver Tabla 30 y Figura 85)



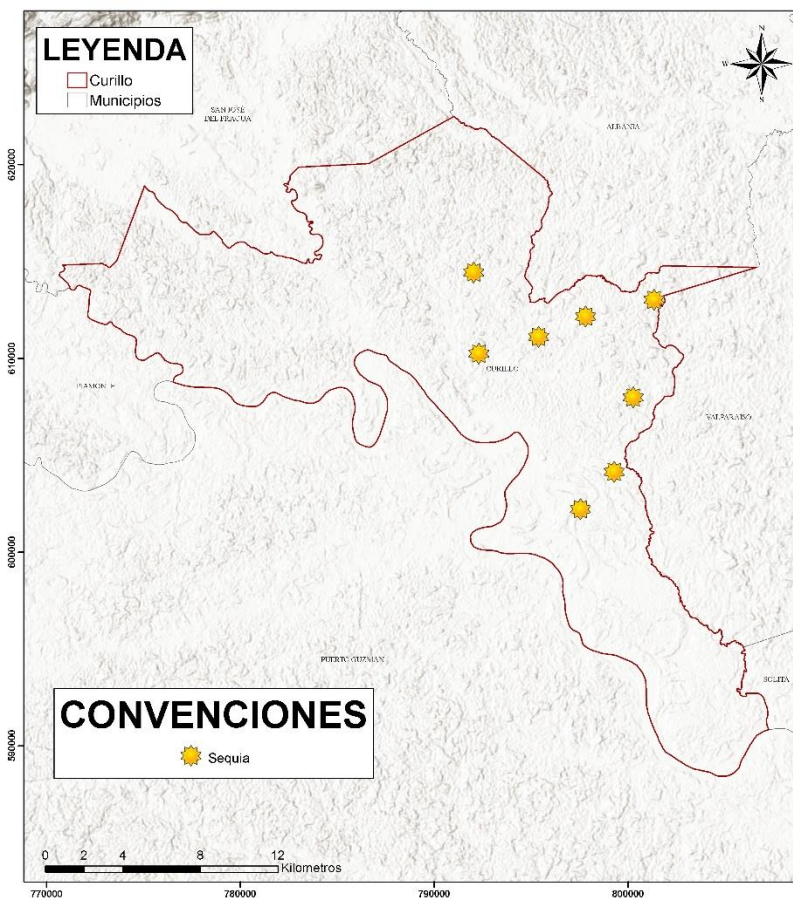
Tabla 30. Sequías reportadas para el municipio de Curillo

Tipo de evento	Municipio	Referencia geográfica	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)
Sequía	Curillo		UNGRD		
Sequía	Curillo	El Paraíso	Comunidad-talleres diagnóstico	797539.35	602208.01
Sequía	Curillo	La Primavera	Comunidad-talleres diagnóstico	799283.48	604138.42
Sequía	Curillo	Nutria	Comunidad-talleres diagnóstico	800265.62	607982.29
Sequía	Curillo	Curillo Medio	Comunidad-talleres diagnóstico	792306.94	610251.36
Sequía	Curillo	Danubio	Comunidad-talleres diagnóstico	795388.81	611114.96
Sequía	Curillo	Normandia	Comunidad-talleres diagnóstico	797810.28	612164.83
Sequía	Curillo	España	Comunidad-talleres diagnóstico	801349.35	613028.43
Sequía	Curillo	La Libertad	Comunidad-talleres diagnóstico	792036.00	614433.90

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



Figura 85. Sequias reportadas en el municipio de Curillo



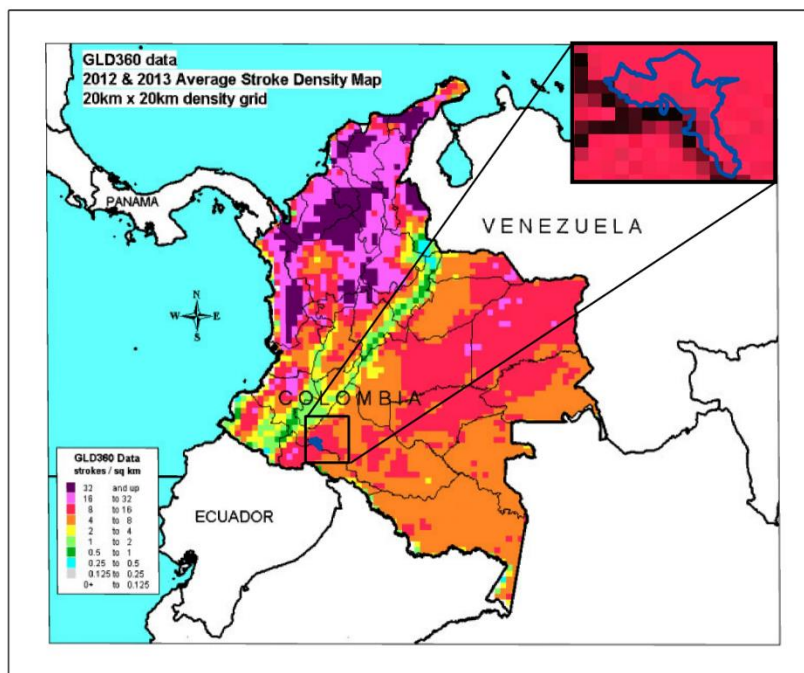
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.6.4 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son fenómenos meteorológicos, que se originan por la concurrencia de varias condiciones atmosféricas mediante procesos físicos involucrando variaciones de la presión, temperatura, humedad, precipitación y las condiciones de inestabilidad atmosférica (Montoya, 2019).

La Figura 86 muestra el mapa de tormentas eléctricas para Colombia, donde el departamento de Caquetá registra una densidad de tormentas eléctricas entre 8 a 16 por km², este rango corresponde a una densidad alta de ocurrencia de este fenómeno. La Figura 86 y la Tabla 31 muestran los datos de tormentas eléctricas (8 eventos) en el municipio de Curillo que fueron aportados en los talleres con la comunidad del municipio.

Figura 86 Mapa de tormentas eléctricas en Colombia



Fuente: (Navarrete-aldana, Cooper, & Holle, 2014)

Tabla 31 Tormentas eléctricas en el municipio de Curillo

Tipo de evento	Municipio	Referencia geográfica	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)
Tormenta eléctrica	Curillo	Playa Alta	Comunidad-talleres diagnóstico	784263.79	611578.96
Tormenta eléctrica	Curillo	El Cerrito	Comunidad-talleres diagnóstico	781789.93	612213.96
Tormenta eléctrica	Curillo	Playa Alta	Comunidad-talleres diagnóstico	783403.89	613126.77



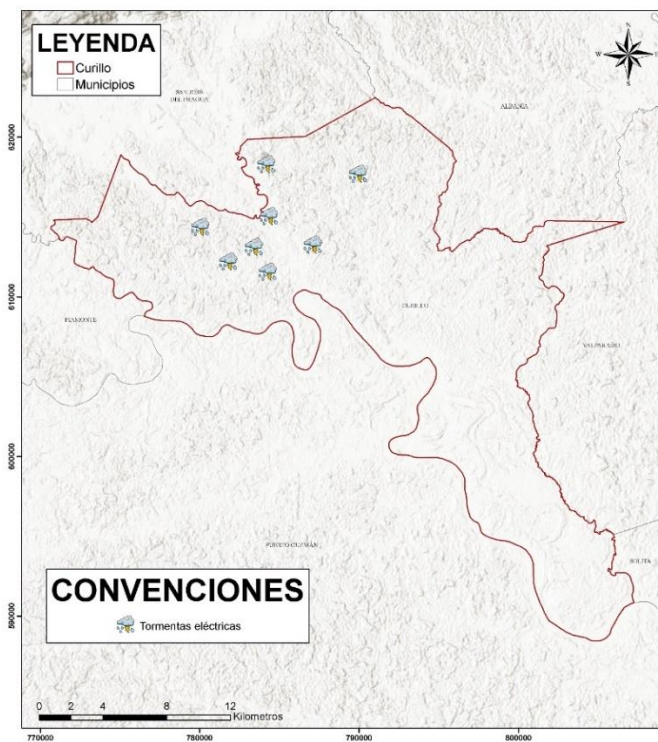
REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE CURILLO



Tipo de evento	Municipio	Referencia geográfica	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)
Tormenta eléctrica	Curillo	Camelias	Comunidad-talleres diagnóstico	787094.84	613272.30
Tormenta eléctrica	Curillo	Belisario	Comunidad-talleres diagnóstico	780043.68	614383.55
Tormenta eléctrica	Curillo	Salamina (Yurayaco Bajo)	Comunidad-talleres diagnóstico	784343.16	615058.24
Tormenta eléctrica	Curillo	Villa del Prado	Comunidad-talleres diagnóstico	789939.11	617717.30

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Figura 87 Ubicación espacial de tormentas eléctricas reportadas en el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



3.6.5 Sismos

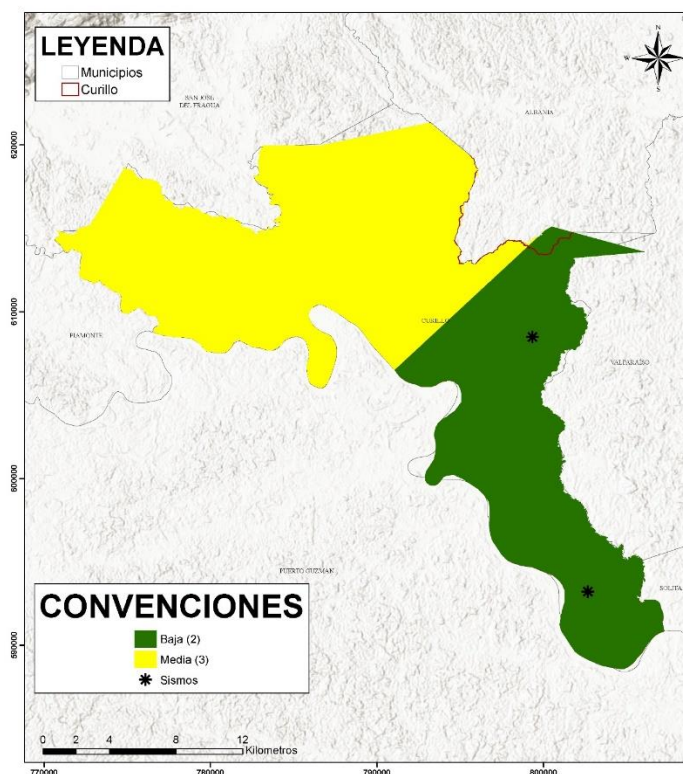
En los registros recientes de sismicidad se reportan 2 eventos de magnitud 2.4 y 1.4 ;ver Tabla 32, y de acuerdo con los estudios diagnósticos realizados por el Servicio Geológico Colombiano para evaluar la amenaza sísmica a nivel nacional, el municipio de Curillo se encuentra en zonificación por intensidad esperada baja hacia el sur y moderada hacia el norte (Figura 88).

Tabla 32 Eventos de sismos en el municipio de Curillo

Fecha	Tipo de evento	Municipio	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Observaciones
31/10/2001	Sismo	Curillo	SGC	777191.91	616129.54	Magnitud 2.2
17/02/2011	Sismo	Curillo	SGC	802680.5132	593213.0902	Magnitud 1.4

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Figura 88 Mapa por amenaza sísmica en el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



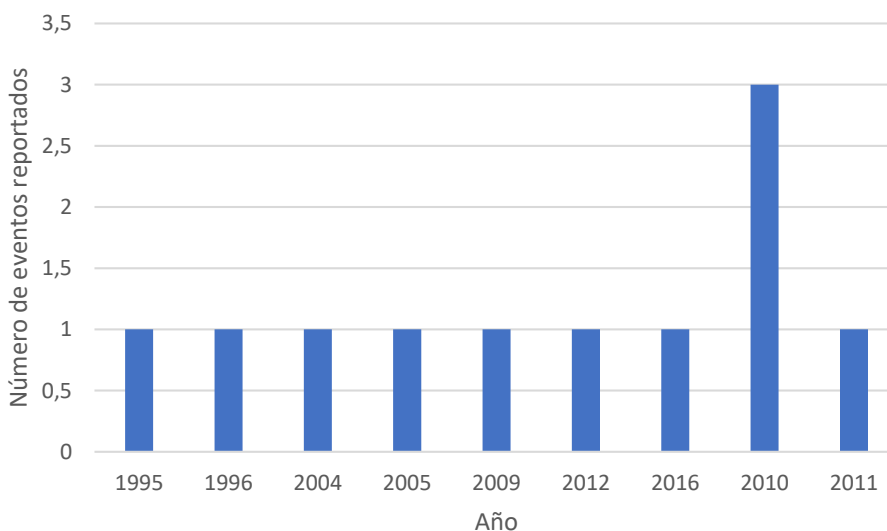
3.6.6 Vendavales

En el municipio de Curillo han ocurrido fenómenos de vientos de altas velocidades considerados como vendavales, Para el presente estudio se tomaron registros de vendavales como eventos históricos amenazantes, mencionados en el apartado de eventos históricos. Las fuentes consultadas para este fueron: DesInventar y los aportes de la comunidad en los talleres de participación, estos últimos se encuentran espacializados a través de la identificación por parte de la comunidad, por lo tanto poseen cierto rango de incertidumbre espacial.

Los vendavales se definen como tormentas con vientos de altas velocidades, que puede alcanzar entre 46 y 80 km por hora, son fenómenos de tipo atmosférico que pueden llegar a causar daños a edificaciones, caídas de árboles y otros como cultivos. En el departamento de Caquetá estos eventos son comunes debido a las corrientes de aire provenientes de la Amazonía, sin embargo, la deforestación, la cual ha ido aumentando, ha intensificado la ocurrencia en todo el departamento, por lo tanto, es necesario conocer la amenaza que tienen estos eventos con el fin de establecer medidas de intervención para la gestión de riesgo.

Los fenómenos de vendavales ocurren generalmente en las épocas del año donde ocurre la transición entre las lluvias y el tiempo seco; se originan generalmente cuando hay altas temperaturas durante el día, lo que ocasiona que el vapor de agua suba rápidamente y disminuya su temperatura, esto produce que la lluvia y las corrientes de aire puedan llegar a tener una alta intensidad. En el presente estudio se tuvo en cuenta la temporalidad de los eventos reportados por Desinventar, la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres.(CLOPAD) (Figura 89) y los datos de temperatura media mensual mostrados en la Figura 71, los cuales son comparados respecto a los meses en que estos eventos se presentan y las temperaturas promedio de estos, para así poder establecer una relación entre estos.

Figura 89. Vendavales registrados para el municipio de Curillo



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Además de los eventos registrados por fuentes oficiales, se tiene el reporte de 14 eventos ocurridos en diversas veredas del municipio, para los cuales, si bien no se brindó una fecha exacta, la comunidad expresa que estos tienen una ocurrencia anual principalmente en temporada de lluvias, dejando afectaciones en los techos de las viviendas y de escuelas veredales. (ver Tabla 33)



Tabla 33. Vendavales reportados para el municipio de Curillo por la comunidad

Tipo de evento	Municipio	Vereda	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)
Vendaval	Curillo	El Paraíso	Comunidad-talleres diagnóstico	797336.15	602478.95
Vendaval	Curillo	La Primavera	Comunidad-talleres diagnóstico	798927.88	604375.48
Vendaval	Curillo	Nutria	Comunidad-talleres diagnóstico	799893.08	607914.56
Vendaval	Curillo	El Libertador	Comunidad-talleres diagnóstico	797614.13	607947.26
Vendaval	Curillo	Curillo Medio	Comunidad-talleres diagnóstico	792679.47	610302.16
Vendaval	Curillo	La Florida	Comunidad-talleres diagnóstico	780810.10	610520.24
Vendaval	Curillo	Nutria Dos	Comunidad-talleres diagnóstico	800205.30	610913.86
Vendaval	Curillo	Puerto Valdivia - La Novia	Comunidad-talleres diagnóstico	774999.83	610954.15
Vendaval	Curillo	La Florida	Comunidad-talleres diagnóstico	780661.55	611507.83
Vendaval	Curillo	El Cerrito	Comunidad-talleres diagnóstico	782333.72	612248.66
Vendaval	Curillo	Normandia	Comunidad-talleres diagnóstico	797437.75	612249.50
Vendaval	Curillo	Playa Alta	Comunidad-talleres diagnóstico	784069.39	612926.00
Vendaval	Curillo	España	Comunidad-talleres diagnóstico	801765.72	613209.74
Vendaval	Curillo	Salamina (Yurayaco Bajo)	Comunidad-talleres diagnóstico	784957.85	615466.84
Vendaval	Curillo	Matacaña	Comunidad-talleres diagnóstico	784662.06	618281.17
Vendaval	Curillo	Villa del Prado	Comunidad-talleres diagnóstico	790156.40	618464.05



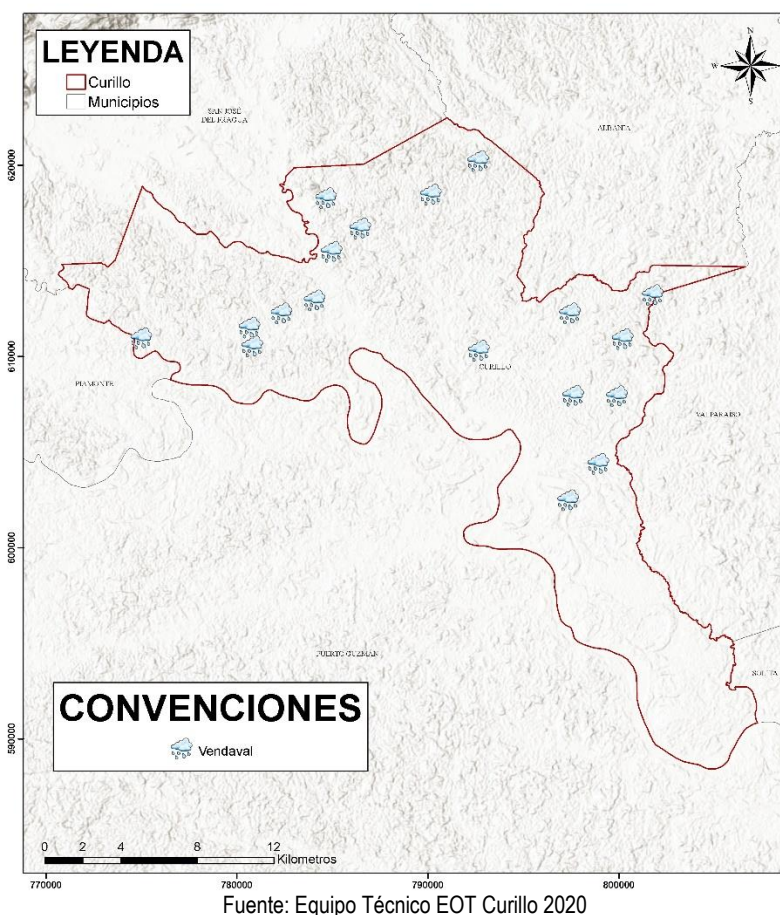
Tipo de evento	Municipio	Vereda	Fuente	Coordenada (X)	Coordenada (Y)
Vendaval	Curillo	Jardines	Comunidad-talleres diagnóstico	792628.67	620225.12

De acuerdo al análisis comparativo se puede concluir que para el mes de agosto suelen ocurrir fenómenos de vendavales y estos se pueden asociar al cambio de temperatura que ocurre de época seca a época húmeda, donde se evidencia un aumento en la temperatura; de igual forma se observa que según los datos para el mes de abril ocurre un evento de vendaval asociado al periodo de lluvias con alta temperatura que se evidencia en la Figura 71, para los meses de enero a abril.

Los vendavales pueden ocurrir en cualquier época del año cuando se presentan las condiciones adecuadas, sin embargo, se puede establecer dos periodos al año en los cuales las condiciones para la formación de vendavales son adecuadas, estos periodos corresponden para los meses de enero a abril y agosto a noviembre o diciembre. Para el mes de julio se presenta un evento aislado según los periodos establecidos anteriormente, el cual se pudo haber dado debido a un aumento de temperatura atípico respecto a la temperatura mensual promedio registrada.

Por otra parte, según lo indicado por la comunidad estos eventos no tienen un patrón definido espacialmente, esto se evidencia en la Figura 90 donde se observan espacializados aleatoriamente.

Figura 90. Vendavales identificados por la comunidad para el municipio de Curillo





ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA

Siguiendo el decreto 1807 de 2014, se realiza la zonificación y delimitación de las áreas con condición de amenaza y riesgo, en las que se hace necesaria su priorización para realizar estudios detallados. La Tabla 34 contiene la ración entre la condición de amenaza y el tipo de suelo.

Dentro del parágrafo 1 del artículo 3 del decreto en cuestión se define la condición de amenaza como:

...“Zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo”..

Tabla 34 condición de amenaza por tipo de suelo

Tipo de suelo	Clasificación	Condición de amenaza		Criterio de selección
		SI	NO	
Suelo Rural	Rural		X	No aplica
	Suburbano	X		Áreas (predios) en amenaza alta y medio que sean propuestas como zonas para desarrollo.
	Centros poblados	X		
Suelo urbano		X		
Suelo de expansión urbana		X		

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.7 Áreas con condición de amenaza por avenidas torrenciales

De acuerdo con lo estipulado en el capítulo de estudio básico de amenaza por avenidas torrenciales, al no existir zonas categorizadas como de amenaza media o alta, no se registran áreas en condición de amenaza y/o riesgo.

3.8 Áreas con condición de amenaza por movimientos en masa

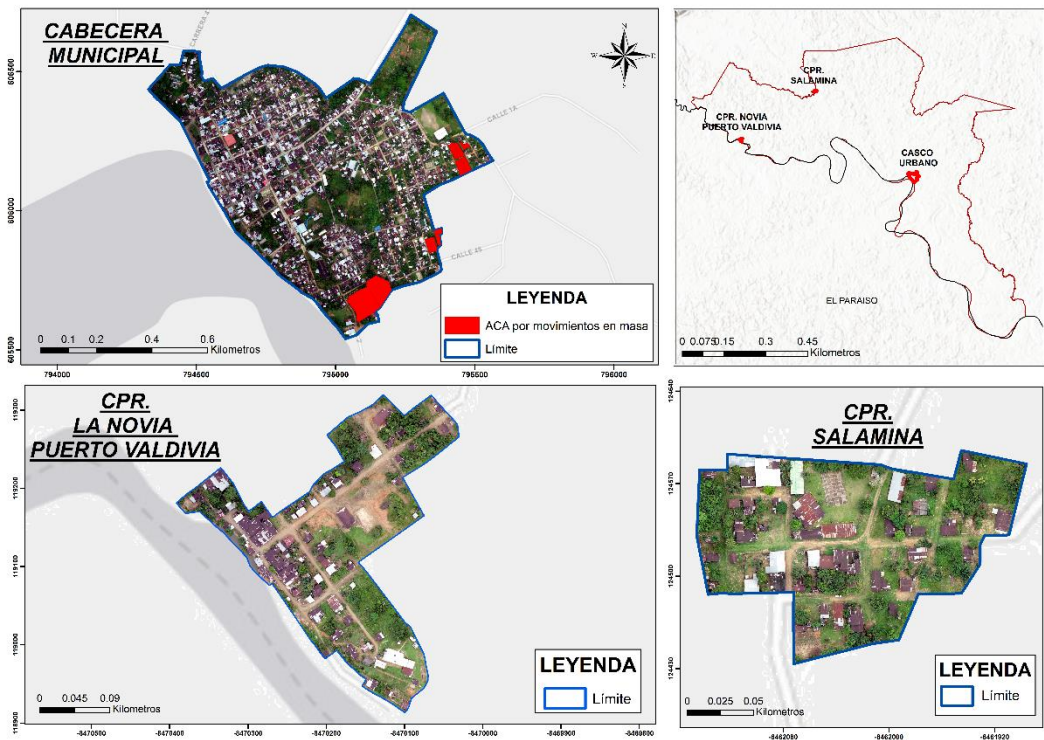
3.8.1 Suelo rural

De acuerdo con los resultados obtenidos de la zonificación de amenaza por movimientos en masa en suelo rural, junto con el modelo de ocupación propuesto, se determina que el municipio de Curillo no cuenta con áreas en condición de amenaza por este fenómeno.

3.8.2 Suelo urbano y centros poblados

En la Figura 91. Áreas con condición de amenaza por movimientos en masa en el suelo urbano, se muestran las zonas definidas como áreas con condición de amenaza por movimientos en masa, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo urbano.

Figura 91. Áreas con condición de amenaza por movimientos en masa en el suelo urbano



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En adición, como se muestra en la Tabla 35 las áreas con condición de amenaza en el suelo urbano ocupan el 2,41 Ha del territorio en mención. Adicionalmente, para los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia, no existen zonas en condición de amenaza por movimientos en masa

Tabla 35 Condición de amenaza por movimientos en masa para casco urbano y centros poblados

Centro Poblado	Área en condición de amenaza (Ha)
Casco Urbano Curillo	2,416
Salamina	No presenta
Novia Puerto Valdivia	No presenta

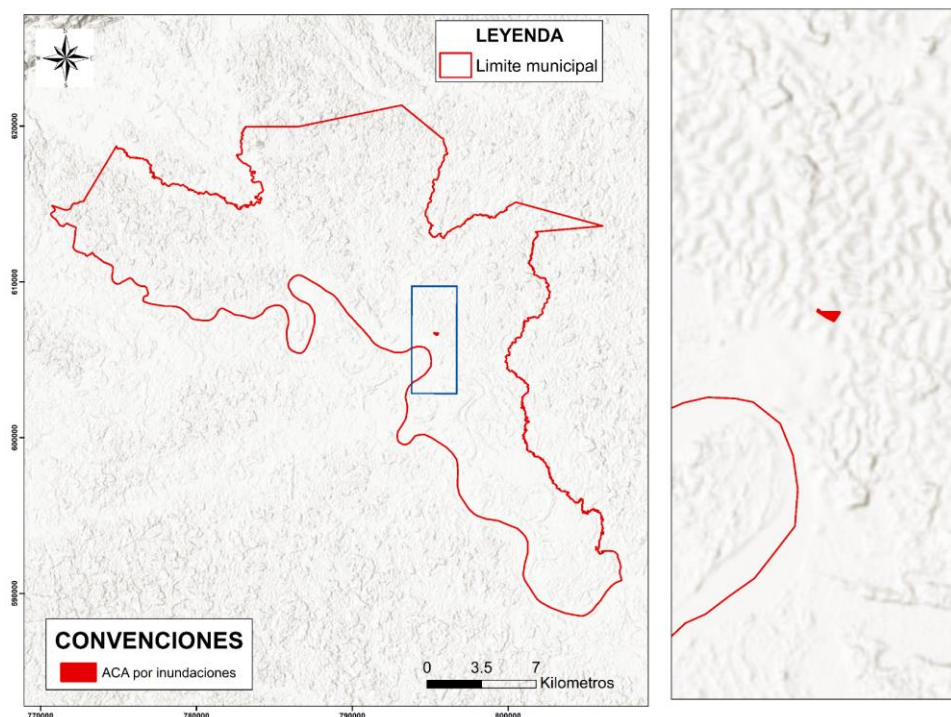
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.9 Áreas con condición de amenaza por inundaciones

3.9.1 Suelo rural

En la Figura 92 se muestran las zonas definidas como áreas con condición de amenaza por inundaciones, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo rural. Esta zona abarca un total de 0,96 ha de suelo suburbano, ubicado en el corredor vial que comunica al casco urbano de Curillo con el municipio de Albania.

Figura 92. Áreas con condición de amenaza por inundaciones en el suelo rural

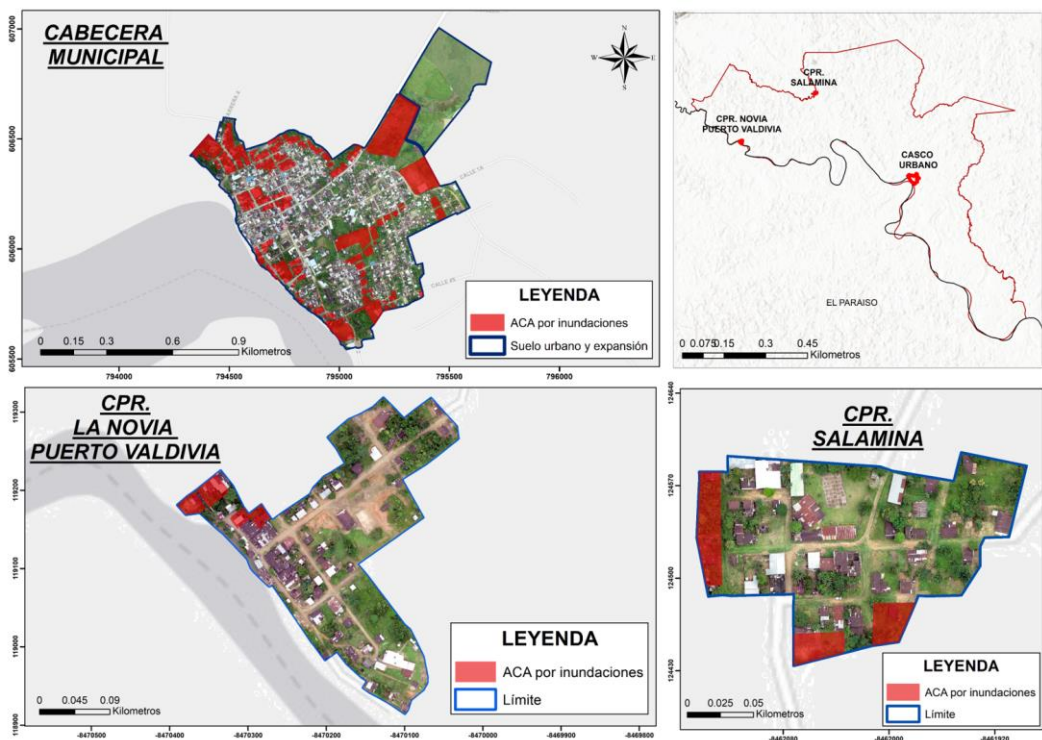


Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

3.9.2 Suelo urbano y de expansión y centros poblados

En la Figura 93 se muestran las zonas definidas como áreas con condición de amenaza por inundaciones, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo urbano y de expansión en donde se tienen aproximadamente 6,68 ha en esta categoría.

Figura 93. Áreas con condición de amenaza por inundaciones en el suelo urbano y centros poblados



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Como se muestra en la Tabla 36, las áreas con condición de amenaza en el suelo urbano ocupan 6,15 Ha del territorio en mención. Adicionalmente, para los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia, las áreas corresponde a 0,29 y 2,33 Ha respectivamente.

Tabla 36 Condición de amenaza por inundaciones para casco urbano y centros poblados

Centro Poblado	Área en condición de amenaza (Ha)
Curillo	6,159
Salamina	0,293
Nova Puerto Valdivia	0,232

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



4 ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO

De acuerdo a lo establecido en el decreto 1807 de 2014 las áreas con condición de riesgo corresponden a:

...” zonas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos e infraestructura de servicios públicos...”

Teniendo en cuenta lo anteriormente definido, se establecieron los elementos expuestos en zonas de amenaza alta, con el fin de delimitar y zonificar el riesgo existente dentro del municipio de Curillo (Tabla 37)

Tabla 37 Condición de riesgo por tipo de suelo

Tipo de suelo	Clasificación	Condición de riesgo		Criterio de selección
		SI	NO	
Suelo Rural	Rural	x		Áreas (predios) en amenaza alta que urbanizadas edificadas u ocupadas, que presenten elementos del sistema vial, infraestructura o servicios público tales como malla vial rural, malla vial urbana, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistema de alcantarillado, edificaciones entre otros.
	Suburbano	x		
	Centros poblados	x		
Suelo urbano		x		
Suelo de expansión urbana		x		

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

4.1 Áreas con condición de riesgo por avenidas torrenciales

De acuerdo con la estipulado en el capítulo de estudio básico de amenaza por avenidas torrenciales, al no existir zonas categorizadas como de amenaza media o alta, no se registran áreas en condición de amenaza y/o riesgo.

4.2 Áreas con condición de riesgo por movimientos en masa

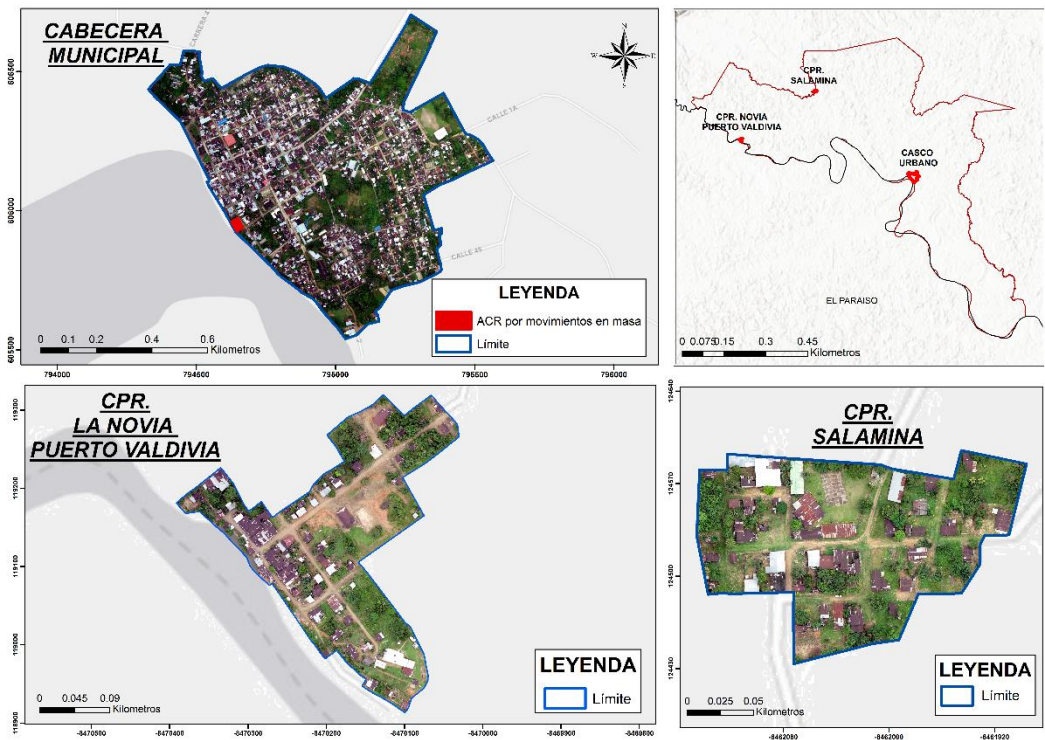
4.2.1 Suelo rural

De acuerdo con los resultados obtenidos de la zonificación de amenaza por movimientos en masa en suelo rural, junto con el modelo de ocupación propuesto, se determina que el municipio de Curillo no cuenta con áreas en condición de riesgo por este fenómeno

4.2.2 Suelo urbano y centros poblados

En la Figura 94. Áreas con condición de riesgo por movimientos en masa en el suelo urbano, se muestran las zonas definidas como áreas con condición de amenaza por movimientos en masa, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo urbano.

Figura 94. Áreas con condición de riesgo por movimientos en masa en el suelo urbano



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

En adición, como se muestra en la Tabla 38 las áreas con condición de riesgo en el suelo urbano ocupan el 0,1 Ha del territorio en mención. Adicionalmente, para los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia, no existen zonas en condición de riesgo por movimientos en masa

Tabla 38 Condición de riesgo por movimientos en masa para casco urbano y centros poblados

Centro Poblado	Área en condición de riesgo (Ha)
Curillo	0,100
Salamina	No presenta
Nova Puerto Valdivia	No presenta

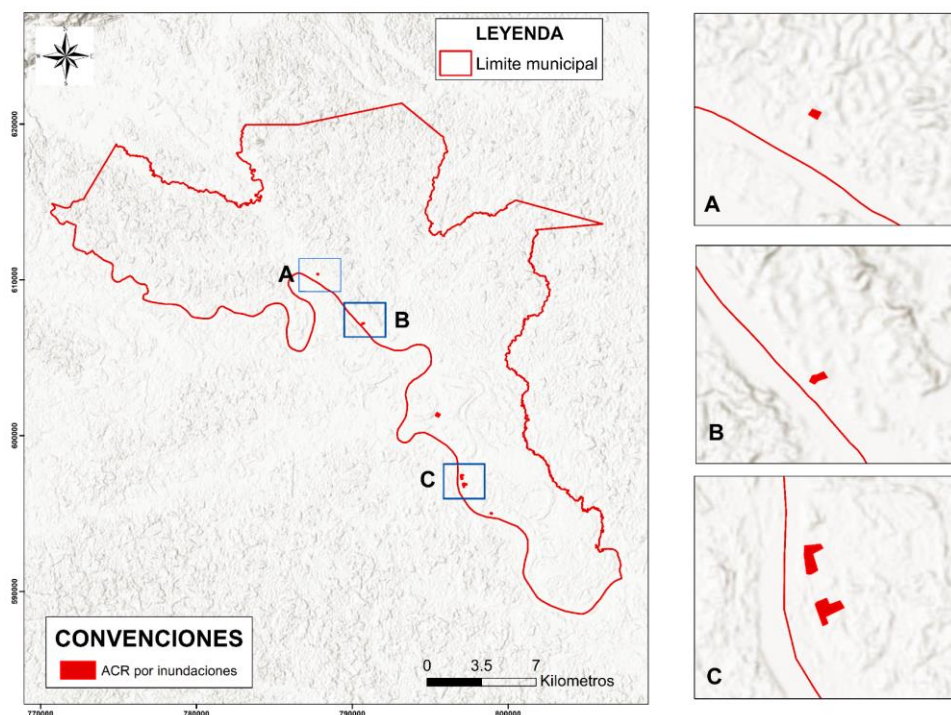
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

4.3 Áreas con condición de riesgo por inundaciones

4.3.1 Suelo rural

En la Figura 95 se muestran las zonas definidas como áreas con condición de riesgo por inundaciones, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo rural. Esta zona abarca un total de 12,61 ha de suelo rural, correspondientes principalmente a instituciones educativas, construidas en inmediaciones del río Caquetá, en las veredas Horizonte, Palizadas, Fidelicias entre otras.

Figura 95. Áreas con condición de riesgo por inundaciones en el suelo rural



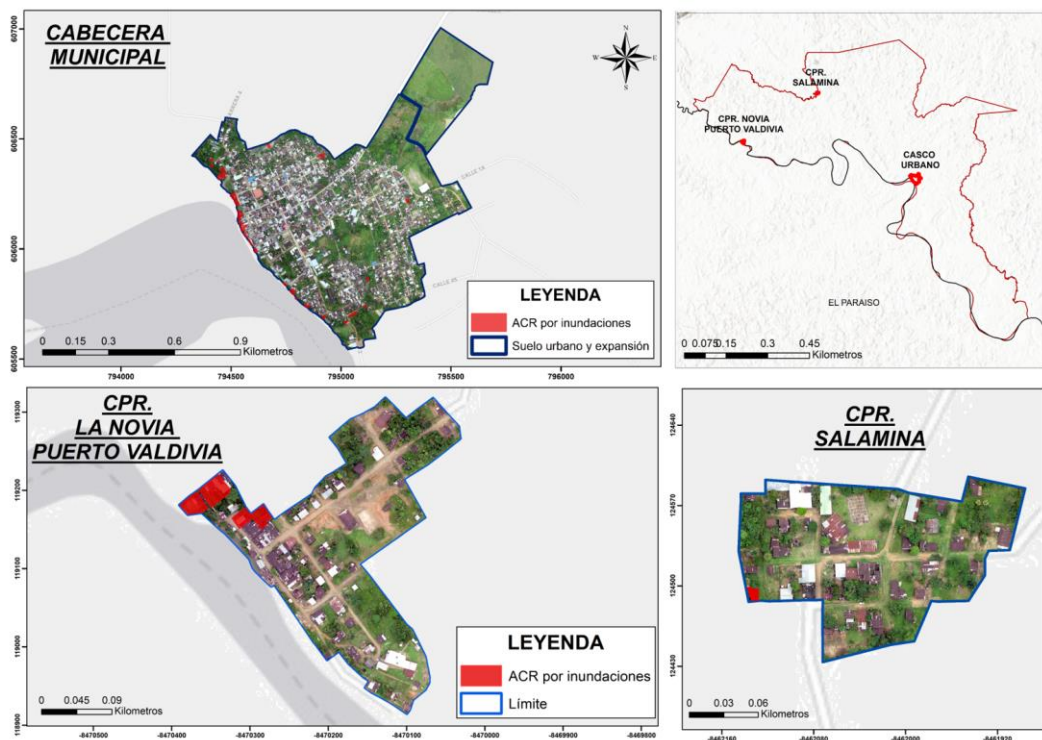
Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

4.3.2 Suelo urbano y de expansión y centros poblados

En la Figura 96 se muestran las zonas definidas como áreas con condición de riesgo por inundaciones, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de amenaza por este evento para el suelo urbano y de expansión, en donde se tienen aproximadamente 0,44 ha en esta categoría.



Figura 96. Áreas con condición de riesgo por inundaciones en el suelo urbano y centros poblados



Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020

Como se muestra en la Tabla 39 las áreas con condición de riesgo en el suelo urbano ocupan 0,85 Ha del territorio en mención. Adicionalmente, para los centros poblados Salamina y Puerto Valdivia, las áreas corresponde a 0,007 y 0,041 Ha respectivamente.

Tabla 39 Condición de riesgo por inundaciones para casco urbano y centros poblados

Centro Poblado	Área en condición de riesgo (ha)
Curillo	0,855
Salamina	0,007
Nova Puerto Valdivia	0,041

Fuente: Equipo Técnico EOT Curillo 2020



4.4 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN Y PRIORIZACIÓN PARA ESTUDIOS DE DETALLE

4.4.1 *Movimientos en masa*

Con base en los análisis anteriormente presentados se proponen los siguientes lineamientos con el fin de reducir las condiciones de amenaza y riesgo actuales y prevenir la aparición de nuevos sectores con este tipo de condicionamiento en el municipio.

4.4.1.1 *Medidas de intervención no estructurales enfocadas en la prevención y atención*

- Capacitar a la población mediante conferencias, cursos, seminarios para la difusión de información, caracterización de los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en el fenómeno, con el objetivo de que estén preparadas ante cualquier emergencia.
- Fortalecer las entidades de control de desastres y primeros respondientes del municipio, con el fin de estar preparados en caso de presentarse alguna emergencia.
- Identificar las comunidades más propensas a ser afectadas por este tipo de fenómenos e implementar campañas de divulgación de conocimientos en cuanto a la prevención y atención en caso de emergencias.
- Implementar sistemas de comunicación de fácil acceso y rápida difusión que permitan la identificación y divulgación de eventos de peligrosidad.

4.4.1.2 *Medidas de intervención estructurales enfocadas en la prevención y atención*

- Realizar estudios de detalle en donde se determinen las obras de intervención adecuadas en los barrios El Poblado, El Convenio y Villa Inés, las cuales se contemplen obras que controlen el drenaje e infiltración con las cuales se puede disminuir la presión que ejerce el agua dentro del suelo o la roca, facilitando su circulación y evacuación rápida a través del talud, evitando erosión interna. Dentro de estas obras están la creación de cunetas, divisorios de agua, explanación del talud para eliminar apozamientos, revestimientos entre otras para las aguas superficiales y filtros en trincheras, drenes horizontales, lechos y galerías drenantes para aguas subsuperficiales.
- Realizar estudios de detalle en donde se determinen las obras de intervención adecuadas en los barrios Centro y El Poblado para el caso del casco urbano, y para las viviendas ubicadas en las riberas del río Caquetá en el centro poblado de Puerto Valdivia, estas deberán contemplar estructuras de contención para suelos las cuales soportan los esfuerzos para prevenir fallas de taludes en aquellos casos en donde la estabilidad no puede ser garantizada por las condiciones topográficas. Dentro de estas obras se encuentran los muros de contención, los muros en gaviones, los pilotes y caisson entre otros, estas obras deben estar acompañadas de medidas para el control del drenaje.
- Realizar estudios de detalle en donde se determinen las obras de intervención adecuadas en las veredas Las Brisas, La Novia Dos, Belisario, La Florida, La Gaviota, Las Brisas, El Cerrito y El Vergel, estas medidas deberán contemplar la protección de la superficie del talud con vegetación con el fin de controlar la erosión producida por la lluvia, esta vegetación como cobertura de la superficie del talud disminuye la velocidad de agua, disipa su energía y actúa como filtro preferencial.

4.4.1.3 *Zonas priorizadas a la ejecución de estudio detallados*

De acuerdo con lo establecido en el artículo 4 del decreto 1807 de 2014, se debe establecer la priorización de los estudios detallados de acuerdo con los resultados obtenidos de los estudios básicos realizados.

Las áreas en condición de riesgo mencionadas anteriormente fueron determinadas donde se encuentran elementos expuestos y las áreas con condición de amenaza no poseen elementos construidos, pero están son susceptibles a ser desarrolladas. Por lo anterior, las áreas en condición de riesgo se priorizan sobre las áreas en condición de amenaza para la elaboración de estudios detallados, la cual se realiza en función de los elementos expuestos y las necesidades de cuantificación del riesgo existente.



Según lo anterior se definen las áreas a ser priorizadas para la realización de estudios de detalle en el siguiente orden:

1. Áreas del casco urbano del municipio de Curillo que se encuentran en condición de riesgo, hacia el suroriente de los barrios Centro y El Poblado teniendo como elementos expuestos de tipo residencial, elementos del espacio público, infraestructura vial entre otros
2. Centro poblado puerto Valdivia (La Novia) especialmente en las áreas con condición de riesgo a la orilla del río Caquetá donde también existe riesgo por la socavación lateral.

4.4.2 Inundaciones

Con base en los análisis anteriormente presentados se proponen los siguientes lineamientos con el fin de reducir las condiciones de amenaza y riesgo actuales y prevenir la aparición de nuevos sectores con este tipo de condicionamiento en el municipio.

4.4.2.1 Medidas de intervención no estructurales enfocadas en la prevención y atención:

Las medidas no estructurales comprenden las políticas, advertencias, medidas para el desarrollo del conocimiento, procesos legislativos y de participación pública que permiten la reducción del riesgo (Graham, 1999). A continuación, se describen las posibles medidas que pueden ser implementadas en el municipio con base en la zonificación anteriormente presentada con el fin de reducir las condiciones de riesgo y amenaza.

- **Elaboración y articulación de los instrumentos de planificación y los procesos de la Gestión del riesgo:** dentro de los instrumentos creados por la Ley 1523 de 2012 se encuentran el Plan Municipal de Gestión del Riesgo (Art 32 y 37), la Estrategia Municipal para la Respuesta (Art 37), y el Plan de Acción Específico para la recuperación (Art 61), instrumentos enfocados a cumplir los objetivos específicos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, los cuales son conocimiento, reducción y manejo del riesgo, de ahí la importancia de la elaboración y articulación de estos instrumentos
- **Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo Municipal:** el PMGRD incorpora las acciones correspondientes a los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y parcialmente de manejo de desastres: en lo que tiene que ver con la preparación
- **Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal:** la Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias - EMRE, es el marco de actuación para ejecutar los servicios de respuesta a emergencias de manera oportuna y efectiva. El objetivo de la EMRE es la efectividad en la prestación de los servicios de respuesta. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación, la cual consiste en acciones previas de coordinación, implementación de sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, instalación de centros de reserva y albergues, y entrenamiento. Estas actividades previas implican financiamiento y deben ser objeto de planeamiento en virtud de los escenarios de riesgo y prioridades municipales. Dicho planeamiento se da por medio del Plan de Gestión del Riesgo Municipal
- **Plan de acción específico para la Recuperación:** el PAER contiene las acciones para rehabilitar y reconstruir según sea el daño y sus opciones de recuperación en perspectiva de desarrollo sostenible
- **Sistemas de alerta temprana:** Los sistemas de alarma tienen como objetivo el aviso a la población de un inminente evento de inundación. Un sistema adecuado, junto con actividades de educación ambiental a población, puede reducir significativamente el número de víctimas, ya que son una herramienta fundamental para iniciar y desarrollar los procedimientos de evacuación. Las fuerzas de seguridad e instituciones gubernamentales encargadas de la gestión de emergencias deben contribuir a la definición del inicio y términos del proceso de evacuación, a partir de las indicaciones recogidas en la Estrategia de Respuesta Municipal. Para ello, se establecen diferentes niveles de emergencia en función de la probabilidad de ocurrencia y de la potencial magnitud de la inundación. El aviso a la población en riesgo puede efectuarse de forma directa, a través de la percepción de la amenaza (por ejemplo, por un aumento del nivel del agua en el cauce), o bien indirectamente a partir de otras fuentes (Jonkman, 2007), como:



- Medios de comunicación: radio, Internet, televisión, etc.
- Sistemas de alerta: altavoces, bando, sirenas, etc.
- Difusión individual: personal de emergencias, fuerzas de seguridad, redes sociales, etc.
- Otros sistemas: llamadas de teléfono, mensajes de texto, etc.
- Capacitar a la población que vive en zonas aledañas a los cuerpos de agua, mediante conferencias, cursos, seminarios para la difusión de información, caracterización de los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en el fenómeno, con el objetivo de que estén preparadas ante cualquier emergencia.
- Fortalecer las entidades de control de desastres y primeros respondientes del municipio, con el fin de estar preparados en caso de presentarse alguna emergencia.
- Identificar las comunidades más propensas a ser afectadas por este tipo de fenómenos e implementar campañas de divulgación de conocimientos en cuanto a la prevención y atención en caso de emergencias.

4.4.2.2 *Medidas de intervención estructurales enfocadas en la prevención y atención*

Dada la relevancia de las inundaciones en el municipio de Curillo es importante tomar medidas enfocadas a la reducción de las condiciones de riesgo existentes. A continuación, se listan algunas medidas para ello:

Estudios detallados de inundaciones que incluyan levantamientos batimétricos a la escala adecuada. Esta batimetría del Río Caquetá y sus afluentes, podrá ser utilizada para la modelación hidráulica de escenarios críticos de inundación en el casco urbano.

Instalación de estaciones hidrológicas que permitan medir parámetros relacionados con las condiciones hidrometeorológicas del municipio. De esta forma, se podrá tener control de eventos críticos que puedan desencadenar inundaciones en el municipio.

4.4.2.2.1 *Zonas priorizadas a la ejecución de estudios detallados*

De acuerdo con lo establecido en el artículo 4 del decreto 1807 de 2014, se debe establecer la priorización de los estudios detallados de acuerdo con los resultados obtenidos de los estudios básicos realizados. En el municipio de Curillo, fueron identificadas 0,90 hectáreas en suelo urbano y 12,61 hectáreas en suelo rural en condición de riesgo por inundaciones y 6,68 hectáreas en suelo urbano y 0,96 hectáreas en suelo rural en condición de amenaza, ubicados en los barrios Turbay, Centro, El Poblado, Las Palmas, y El Jardín, para el caso del casco urbano, estas áreas asociadas al desbordamiento del río Caquetá y algunos cuerpos de agua internos. En el suelo rural estas áreas están ubicadas en las veredas El Libertador, Horizonte, El Conquistador, Calle de San Juan, Las Delicias y El Tablón.

Las áreas en condición de riesgo mencionadas anteriormente fueron determinadas mediante la identificación de elementos expuestos y las áreas con condición de amenaza no poseen elementos construidos, pero están susceptibles a ser desarrolladas. Por lo anterior, las áreas en condición de riesgo se priorizan sobre las áreas en condición de amenaza para la elaboración de estudios detallados, la cual se realiza en función de los elementos expuestos y las necesidades de cuantificación del riesgo existente.

Según lo anterior se definen las áreas a ser priorizadas para la realización de estudios de detalle en el siguiente orden:

1. En el suelo urbano en las áreas en condición de riesgo y amenaza identificadas, dentro del casco urbano especialmente en el sur del municipio a orillas del río Caquetá en los barrios Turbay, Centro y El Poblado.
2. Para el centro poblado Puerto Valdivia en las zonas aledañas al Río Caquetá en donde se encuentran en condición de riesgo algunas edificaciones de tipo residencial.
3. Para el suelo rural se deben priorizar los estudios de detalle en las áreas de condición de amenaza las cuales para el área suburbana, estas se encuentran ubicadas en el norte del casco urbano, sobre el corredor vial que conduce al municipio de Albania.



4.4.3 Otras amenazas

4.4.3.1 Incendios forestales

Con base en los análisis anteriormente presentados se evidencio que existen zonas más propensas a la ocurrencia de incendios forestales, especialmente en las veredas Salamina (Yurayaco bajo), La Gaviota, El Vergel, Puerto Valdivia, Puerto Amor, Belisario, La Florida, Palizadas, Playa Alta, Bocana La Tigra, Matecaña, Curillo Medio, Danubio, Calle de San Juan, Horizonte, Ceilan, El Rosal y Bajo Ceilan. A continuación, se mencionan un conjunto de medidas a seguir para reducir las condiciones de riesgo asociado:

- El material o tipo de combustible asociado a la cobertura vegetal es uno de los factores principales que determinan si se efectúa o no un incendio, de tal forma que teniendo conocimiento de su flamabilidad, cantidad y duración de combustión es posible predecir de cierto modo su comportamiento y su facilidad o dificultad para controlarlo. De acuerdo con esto, se sugiere evaluar las posibilidades de aplicar obras desde el punto de vista ingenieril tales como sectorización de combustibles mediante apertura de brechas cortafuego con herramienta manual o con maquinaria pesada, a fin de interrumpir la continuidad del fuego y evitar que los incendios se propaguen rápidamente. Por otro lado, también se debe evaluar la posibilidad de implementar sitios de aprovisionamiento hídrico que en época de invierno proporcionen un soporte para el control de posibles incendios en épocas de verano.
- Las ramas secas, las hojas, la hojarasca del suelo, los helechos y las pequeñas plantas, son algunos de los combustibles vegetales que se consumen con mayor facilidad; normalmente, estos son los materiales que originan este tipo de eventos, es por esto que, en zonas con presencia histórica de incendios, con características de gran valor económico y ecológico, debe fortalecerse la recolección de material inerte.
- Se deben aplicar sistemas de detección permanente que permitan la identificación oportuna del evento y una comunicación fácil y estable, o en su defecto un sistema de detección móvil que contemple el realizar recorridos periódicos evaluando el estado de la vegetación en épocas climáticas de mayor afección.
- Fortalecer actividades agropecuarias diversas en el sector rural, ya que la presencia de monocultivos o pastos limpios en gran extensión aumentan la susceptibilidad de la cobertura a presentar conflagraciones
- Se deben adelantar acciones en pro de crear conciencia forestal mediante la educación y charlas de prevención, que incentivan en las personas un carácter conservacionista y protector, esto se facilita mediante la utilización de los diferentes medios de comunicación.

4.4.3.2 Socavación lateral

Como se muestra en ítems anteriores el municipio de Curillo presenta afectaciones por este fenómeno a lo largo del río Caquetá, con afectaciones principalmente al centro poblado de Puerto Valdivia donde varias viviendas ubicadas en las riberas del río han tenido afectaciones, y las veredas Pradera y Fidelicias, ya que al cortarse el meandro donde se encuentran ubicados, afecto las vías de acceso a estas.

En estos sectores críticos se deben realizar estudios de detalle con el fin de determinar las obras de intervención adecuadas, dentro de este tipo de obras según el resultado de los estudios pueden contemplarse estructuras longitudinales, estructuras transversales como espolones, traviesas de fondo, entre otros.

4.4.3.3 Vendavales

Contemplar en los instrumentos de planificación y los procesos de la Gestión del riesgo este fenómeno y los eventos históricos registrados, para que se tengan en cuenta en el presupuesto municipal este rubro con el fin de prestar una respuesta efectiva ante una posible emergencia. Esta efectividad de la respuesta depende de la



calidad de preparación, la cual consiste en acciones previas de coordinación, implementación de sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, instalación de centros de reserva y albergues, y entrenamiento para el servicio de la población afectada.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Euscátegui, C., & Hurtado, G. (2012). *ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL FENÓMENO “LA NIÑA” 2010-2011 EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA DEL PAÍS*. Bogotá: IDEAM.
- Unión Temporal Gestión Del Riesgo Caqueta. (2017). *estudio Implementación de la política de gestión del riesgo en el departamento del Caquetá*.
- Aguilar, A. (2005). *Los peces como indicadores de la calidad ecologica del agua*. Mexico: Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM.
- Ávila, G. E., Cubillos, C. E., Granados, A. E., Medina, E., Rodriguez, E. A., Rodriguez, C. E., & Ruiz, G. L. (2015). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.
- Caballero Acosta, J. H. (2011). Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá. *Gestión y ambiente*.
- Chen, W., Chai, H., Sun, X., Wang, Q., Ding, X., & Hong, H. (2016). A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Geocarto*, 367-385.
- CORPOAMAZONIA. (2015). *Identificación y Caracterización de Sitios Críticos de Amenaza Municipio de Curillo - Departamento de Caquetá*. CORPOAMAZONIA.
- CVS. (2004). *Informe Sobre Las Amenazas De Erosion Fluvial Del Rio Sinú*. Monteria.
- DANE. (20 de Mayo de 2017). *Metodología Déficit de Vivienda*. Obtenido de Metodología Déficit de Vivienda : http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/Deficit_vivienda.pdf
- DANE, M. Y. (Noviembre de 2016). *3er Censo Nacional Agropecuario, hay campo para todos*. Obtenido de 3er Censo Nacional Agropecuario, hay campo para todos: <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo1-Memorias.pdf>
- de Araujo Boggione, G., Alexandre da Silva, M., de Carvalho Junior, N., Lima Teles, T., & Xavier de Nazareno, N. (2009). Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, (págs. 1739-1746). Natal, Brasil.
- Di Bella et. al. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas*, 17, 39-52.
- Di Bella, C., Posse, G., Beget, M., Fischer, M., Mari, N., & Veron, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas Número 17*, 39-52.
- Fellenius, W. (1927). *Erdstatische Bereshnungen mit*. Berlin: Ernst.
- Gilsanz, J. d. (1996). *Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda, S.L.
- Glade, T., & Crozier, M. (2005). *A review of scale dependency in landslide*. Chichester: Wiley.
- Graham, W. J. (1999). *A procedure for estimating loss of life caused by dam failure*. U.S. Department of Interior. Bureau of Reclamation DSO-99-06.
- Hungr, O. (2005). Classification and Terminology. En J. Matthias, & O. Hungr, *Debris-flow hazards and related phenomena* (págs. 135-158). Berlín: Springer.
- Hurtado, G., & Cadena, M. (2002). *Aplicación de Índices de sequía en Colombia*. Grupo de Investigación en Meteorología Universidad Nacional de Colombia.
- IDEAM. (2016 йил 03-08). *IDEAM*. From Amenazas de Inundación: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>



- IDEAM. (2017). *ACTUALIZACIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS DE LA SEQUÍA EN COLOMBIA*. Nota técnica del IDEAM.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. (2018). LA AMAZONIA SE QUEMA: DETECCIÓN DE ÁREAS CON MAYOR OCURRENCIA DE INCENDIOS DE VEGETACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL. *Revista Colombia Amazonica*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000*. IDEAM, Bogotá, D. C.
- Jonkman, S. N. (2007). Loss of life estimation in flood risk assessment. Theory and. *PhD thesis, Civil Engineering Faculty*. Delft, U.S: Technical University of Delft.
- Kungzig, R. (1989). Wandering river. *Discover*, 69-71.
- Leiva, O. Y., Moya Berbeo, H. G., Trejo Gonzalez, G. A., & Carvajal, J. H. (2012). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*. Bogotá D.C. 56 p.
- Madeleine, B. (2014). *Metodología para ejecución y control de calidad para ortofotos, mediante combinación de sensor digital con LiDAR en zonas rurales*. Madrid.
- MADS. (2010). *Resolución Número 383, 23 de Febrero de 2010 "Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman determinaciones"*. Bogotá.
- MADS. (2014). *Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014 11 de Noviembre). *Protocolo para La Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*.
- Montoya, M. (2019). *Evaluación del riesgo por descargas atmosféricas en espacios deportivos de la universidad tecnológica de pereira*. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira .
- Narvaez Mora, N. O., & Viteri Palacios, M. A. (2009). *PLAN DEPARTAMENTAL DE GESTION DEL RIESGO NARIÑO 2008 2018*. San Juan de Pasto: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES.
- Navarrete-aldana, N., Cooper, M. A., & Holle, R. L. (2014). Lightning Fatalities in Colombia from 2000 to 2009. *International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, 8.
- Portilla, M. (2012). Notas de clase de amenaza. En S. N. Minería, *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades andinas, 2007: Movimientos en masa de la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenaza*. Bogota D.C, Colombia: Maestría en Ciencias - geología. UN - Sede Bogotá.
- Servicio Geológico de Colombia. (2015). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Bogotá.
- SGC. (2010). *Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno 475 años. Escala 1:1.500.000*. Bogotá, Colombia: SGC.
- SGC. (2017). *Guía Metodológica para lo zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000*. Bogotá.
- Stypula, & Jhonson, A. (1993). *Guidelines for Bank Stabilization Projects in the Riverine*.
- Suarez, J. (2001). *Control de Erosion en Tierras Tropicales*. Bucaramanga.
- Takahashi, T. (2014). *Debris Flow. Mechanics, Prediction and Countermeasures*. CRC.
- Teixeira Silva, D. (2016). *Contribuições sobre previsão de fluxo de detritos*. Rio de Janeiro: COPRE UFRJ.
- UNGRD. (2017). *Proyecto Piloto "Alertas Tempranas por Sequía en Colombia", Socialización de resultados*.