ACTUALIZACIÓN

POMCA

RÍO RECIO Y VENADILLO

Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica

VULNERABILIDAD Y RIESGO

FASE DE DIAGNÓSTICO

POMCA-RR&V (CÓDIGO 2125 – 01)

Corporación de Cuencas del Tolima
CORCUENCAS
NIT. 800.246.198 – 8
Calle 10 N° 3 – 76 Of. 303
Edf. Cámara de Comercio de Ibagué
Tel. (8) 2635780 – 2612412

Título del Documento: TOMO 7.3.
VULNERABILIDAD Y RIESGO

Código del Documento: 2125-01RR&V-TA-7.3.-V03

REGISTRO DE APROBACIÓN:

Elaboró:	Avaló:	Aprobó:
Corporación de Cuencas del Tolima CORCUENCAS	**Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA**	**Consorcio POMCAS 2014**

Este reporte ha sido preparado por la Corporación de Cuencas del Tolima - CORCUENCAS con un conocimiento razonable, con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA, siguiendo los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS en la Guía POMCAS 2014 y bajo la interventoría del Consorcio POMCAS 2014.

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN 7

2. OBJETIVOS 8

3. ALCANCES Y LIMITACIONES 9

4. DEFINICIONES BÁSICAS 11

5. GENERALIDADES 17

5.1 LOCALIZACIÓN 17
5.2 SISTEMA SOCIAL 20
5.3 SISTEMA CULTURAL 20
5.4 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS 20
5.5 CARACTERÍSTICAS POLÍTICO ADMINISTRATIVAS 21
5.6 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS 21
5.7 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y FLORA 22
5.8 TRANSPORTE Y ACCESIBILIDAD 22
5.9 HIDROGRAFÍA 23
5.10 CLIMA 25
5.11 PERSONAL PARTICIPANTE 26

6. VARIABLES TEMÁTICAS 27

7. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD 35

7.1 ÍNDICE DE EXPOSICIÓN 35
7.1.1 Zonas Homogéneas 36
7.2 ÍNDICE DE FRAGILIDAD (IF) 50
7.2.1 Fragilidad Física (FF) 50
7.2.2 Fragilidad Socio – Cultural (FSC) 55
7.2.3 Fragilidad Ecosistémica (Fe): 63
7.2.4 Fragilidad Total 65
7.3 ÍNDICE DE FALTA DE RESILIENCIA (IR) 71
7.4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD TOTAL 77

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO 84

9. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS 92

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 94

11. NECESIDADES DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN 96

11.1 AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA 98
11.2 AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACIONES 98
11.3 AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES 99

11.4 AMENAZA Y RIESGO POR INCENDIOS DE LAS COBERTURAS VEGETALES ... 99
11.5 AMENAZA Y RIESGO POR SISMO ... 100

BIBLIOGRAFÍA ... 101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Municipios ubicadas en la cuenca de Recio y Venadillo ... 17
Tabla 2. Codificación de Cuencas en la Zona de Estudio ... 25
Tabla 3 Clasificación de Pendientes ... 37
Tabla 4. Categorías del Relieve de las Zonas Rurales Homogéneas ... 37
Tabla 5 Zonas rurales homogéneas (ZHR) ... 39
Tabla 6 Atributos zonas homogéneas zonas rurales (ZHR) ... 39
Tabla 7. Índice de precios unitarios (IVE) promedio para los elementos expuestos de la zona rural ... 43
Tabla 8. Valores comerciales promedio para los elementos expuestos de la zona rural ... 43
Tabla 9. Indicadores para el modelo de exposición para zonas rurales ... 44
Tabla 10. Índice de Pérdidas propuesto ... 47
Tabla 11 Índice de Pérdidas para las Zonas rurales homogéneas (ZHR) ... 47
Tabla 12. Clasificación de la Fragilidad física ... 50
Tabla 13. Valores ICV y categorías para la evaluación de coberturas “tejido urbano” y “tejido urbano discontinuo”. (Tomado de UNAL, 2.013, tabla 16) ... 55
Tabla 14. Índice de Condiciones de Vida para los municipios del área de Estudio ... 56
Tabla 15. Categorías para Fragilidad cultural ... 58
Tabla 16 Sitios de interés cultural dentro de la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo ... 59
Tabla 17. Categorización de la Fragilidad Socio – Cultural ... 61
Tabla 18. Indicador de la fragilidad de ecosistemas estratégicos ... 63
Tabla 19. Indicador de fragilidad propuesto ... 65
Tabla 20. Indicador de la Falta de resiliencia económica (adaptado Unal, 2.013, Imiriland, 2.007) ... 71
Tabla 21. Ficha de revisión de instrumento de gestión de riesgos local para el cálculo de la resiliencia ... 72
Tabla 22. Criterios de calificación de la categoría para cada respuesta realizada ... 74
Tabla 23. Resumen encuestas realizadas ... 74
Tabla 24. Niveles de vulnerabilidad propuestos para POMCAS ... 77
Tabla 25. Distribución del índice de vulnerabilidad en la cuenca ... 78
Tabla 26. Matriz propuesta para la categorización de niveles de riesgo ... 84

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Área en estudio ubicación general de la cuenca Río Recio y Venadillo ... 18
Figura 2. Localización de la cuenca en el departamento del Tolima ... 19
Figura 3. Municipios cuenca Río Recio y Venadillo ... 19
Figura 4. Cuencas de los Ríos Recio y Venadillo Asociadas a las Curvas de Nivel ... 24
Figura 5. Subcuencas de los Ríos Recio y Venadillo Asociadas a las Curvas de Nivel ... 24

Figura 6. Microcuencas Abastecedoras de los Centros Poblados en la Zona de Estudio Asociadas a las Curvas de Nivel. 25
Figura 7. Pendientes de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 29
Figura 8. Cobertura y uso de la tierra de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 30
Figura 9. Categoría socio económica de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 31
Figura 10. Zonas homogéneas geoeconómicas 32
Figura 11. Ecosistemas estratégicos de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 33
Figura 12 Elementos expuestos de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 34
Figura 13. Variables que incluyen la exposición de función a la vulnerabilidad. 36
Figura 14 Categorías de relieve en la zona rural. 38
Figura 15. Zonas homogéneas rurales. 42
Figura 16 Índice de pérdidas cuenca de los ríos Recio y Venadillo 49
Figura 17. Fragilidad Física por movimientos en masa 51
Figura 18. Fragilidad Física por inundaciones 51
Figura 19. Fragilidad Física por avenidas torrenciales 52
Figura 20. Fragilidad Física por incendios de la cobertura vegetal de la cuenca 53
Figura 21. Índice de Condiciones de Vida de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 57
Figura 22 Fragilidad Cultural de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 60
Figura 23. Fragilidad Socio - Cultural de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 62
Figura 24 Fragilidad Ecosistémica de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 64
Figura 25. Índice de fragilidad por movimientos en masa de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 66
Figura 26. Índice de fragilidad por inundaciones de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 67
Figura 27. Índice de fragilidad por avenidas torrenciales de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 68
Figura 28. Índice de fragilidad por incendios de la cobertura vegetal de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 68
Figura 29. Índice de fragilidad total de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo. 70
Figura 30.Percepción. 75
Figura 31. Índice de falta de resiliencia 76
Figura 32. Índice de vulnerabilidad ambiental para las zonas críticas de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo 79
Figura 33. Índice de vulnerabilidad por movimientos en masa 80
Figura 34. Índice de vulnerabilidad por inundaciones 80
Figura 35. Índice de vulnerabilidad por avenidas torrenciales 81
Figura 36. Índice de vulnerabilidad por incendios de la cobertura vegetal 82
Figura 37. Riesgo por movimientos en masa. 86
Figura 38. Porcentaje de la cuenca con riesgo por movimientos en masa. 87
Figura 39. Riesgo por inundación 87
Figura 40. Porcentaje de la cuenca con riesgo por inundaciones. 88
Figura 41. Riesgo por avenidas torrenciales. 88
Figura 42. Porcentaje de la cuenca con riesgo por avenidas torrenciales 88
Figura 43. Riesgo por incendios de la cobertura vegetal. 89
Figura 44. Porcentaje de la cuenca con riesgo por incendios. 89
Figura 45. Elementos expuestos en zona de amenaza alta de la cuenca 93

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas de percepción - Digital
Anexo 2. Evaluación vulnerabilidad - Digital
Anexo 3. Elementos expuestos - Digital
Anexo 4. Salidas Cartográficas - Digital

1. DESCRIPCIÓN

Dentro de las cuencas priorizadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la ejecución de POMCAs se encuentra la de los ríos Recio y Venadillo (Código 2125-01), la cual se encuentra en jurisdicción de CORTOLIMA. Este POMCA tiene el potencial de contribuir a la articulación de las políticas y regulaciones ambientales en materia de ordenamiento ambiental del territorio en los municipios incluida la Gestión del riesgo y de propender por la resolución de conflictos en el mismo. Además, el POMCA se configura como el instrumento para armonizar las distintas herramientas de gestión ambiental previstas en otras políticas y normas.

En la medida que cada territorio desarrolle sus instrumentos de ordenamiento con un buen componente de gestión del riesgo, estos podrán conocer mejor sus dinámicas y determinar zonas con mayor susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo a los diversos eventos amenazantes. Esto permite formar a los habitantes, asignar recurso financiero y personal para prevenir, mitigar, alertar, responder, rehabilitar y recuperarse ante cualquier evento catastrófico en el marco de la legislación actual si se considera la importancia de la prevención del riesgo en la planeación territorial.

Siguiendo las directrices de la Gerencia Técnica se establece que la elaboración de este POMCA es prioritaria, entre otras cosas porque presenta amenazas por inundación y movimientos en masa en época de altas precipitaciones, es decir dos veces al año. Así, el componente de gestión de riesgo se convierte en uno de los más importantes y que justifica la ejecución de este proyecto dentro de los prioritarios, dentro de ello fue necesario actualizar los insumos y procedimientos para lograr en esta última versión el cumplimiento del “Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en POMCAs (MADS, MinHacienda, Fondo de Adaptación, 2014) y para lograr resultados representativos de las condiciones físicas del territorio en las escalas adecuadas para promover el desarrollo en áreas seguras y evitar la generación de nuevas situaciones de riesgo.

El presente documento contiene el componente de vulnerabilidad y riesgo en la cuenca mencionada, inicialmente se realiza un barrido de las generalidades de la cuenca como en otros capítulos para contextualizar las características del territorio, luego se muestran las variables de fragilidad, exposición y falta de resiliencia que se combinan para un panorama de vulnerabilidad y finalmente de riesgo.

2. OBJETIVOS

- Desarrollar procesos de conocimiento que aporten a la reducción y recuperación en zonas de riesgo sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que pueden ser afectados por la ocurrencia de eventos peligrosos de origen natural.

- Generar herramientas que permitan coordinar y articular entidades públicas y privadas del SNGRD desde los aspectos ambientales para realizar acciones tendientes a la protección de la población, sus bienes y sus actividades ante la probabilidad de ocurrencia de eventos de origen natural.

- Priorizar acciones dirigidas al conocimiento, la reducción del riesgo y la recuperación ambiental de los territorios afectados por la manifestación de los fenómenos amenazantes.

- Realizar las variables de fragilidad y capacidad de respuesta que permitan un panorama de las condiciones de vulnerabilidad y riesgo en la cuenca.

3. ALCANCES Y LIMITACIONES

- La evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos se actualizó en la última versión para el cumplimiento de lo establecido en el Protocolo para la incorporación de la gestión del Riesgo en los POMCA del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Hacienda y Fondo de Adaptación publicado en el año 2014. En esta se replantean las variables más relevantes que significan mayor influencia en los resultados, incluso en los insumos mismos (p.e. geología, geomorfología, modelo geológico geotécnico, entre otras) pero se mantienen las que no representan una modificación significativa, esto es, algunos aspectos de vulnerabilidad y desarrollo documental.

- La estimación de vulnerabilidad y riesgo logra valorar las condiciones de fragilidad social y económica de la población, fragilidad ecosistémica, capacidad de respuesta institucional falta de resiliencia. La información disponible es cartografiable a escalas de municipios y veredas.

- Considerando la aclaración del 27 de diciembre de 2017 por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible acerca de la vulnerabilidad y riesgo, se observa que lo evaluado por esta consultoría conserva la línea técnica allí planteada y propone variables adicionales para que sea aplicable la inclusión de los incendios en la metodología. La valoración de vulnerabilidad y riesgo por incendios de coberturas vegetales tiene en cuenta las variables de vulnerabilidad de la metodología del IDEAM reconocida por el Protocolo, las ajusta e incluye otras para que sean parte de la evaluación de vulnerabilidad general pedida por los alcances técnicos. Así, en la inclusión de datos adicionales de resiliencia y la aplicación de encuestas de percepción del riesgo a los actores (oficinas de gestión de riesgo, bomberos, defensa civil, policía, entre otros), se logra estimar una vulnerabilidad general ampliada para la evaluación de riesgos que incluya incendios de coberturas vegetales como lo solicita el Protocolo y el alcance técnico contractual.

- La evaluación de vulnerabilidad se calcula y presenta como se solicita en el protocolo para la incorporación del riesgo en los POMCAs con estimación de fragilidad física por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales como variable de diferenciación único de vulnerabilidad para los distintos fenómenos. En el desarrollo del documento se presentan de manera separada las fragilidades y vulnerabilidades para cada evento amenazante, pero se estima la condición de riesgo con la vulnerabilidad general para no redundar variables dentro del modelo de riesgo. Los argumentos técnicos se desarrollan en el capítulo del modelo de riesgo justificando la conveniencia de no considerar la fragilidad física sugerida por el protocolo.

- Algunas variables de vulnerabilidad ameritan mayor recolección de información (p.e. índices de precios de la tierra, fragilidad física), otras ameritan un replanteo de su forma de obtención (p.e. fragilidad sociocultural fue elaborada mediante buffer de puntos de interés cultural, lo cual es un procedimiento válido y permitido, pero también obsoleto técnicamente), lo cual se expresa al final del capítulo en el apartado de necesidades de información e investigación. Aun así, se buscó la mejor combinación conceptual y cartográfica posible de estas variables para mantenerse en el objetivo de lograr un panorama de las condiciones de riesgo para la toma de decisiones en términos de priorización de proyectos, objetivo general de evaluar riesgo en POMCAs. Toda decisión

distinta de la priorización de acciones en gestión de riego dista de los objetivos específicos de estas, situación diferente de las amenazas que específicamente sí se incorporan en la zonificación ambiental del POMCA y se convierten en condicionante directo del uso del suelo y buscan otros objetivos específicos.

4. DEFINICIONES BÁSICAS

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 siguiendo la terminología sobre gestión de riesgo de desastres y fenómenos amenazantes del comité nacional para el conocimiento del riesgo del SNGRD:

a) **Adaptación**: comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas. En el caso de los eventos hidrometeorológicos la adaptación al cambio climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad.

b) **Amenaza:** peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

c) **Análisis discriminante**: técnica estadística que permite identificar las características que diferencian (discriminan) a dos o más grupos y de esta manera crear una función capaz de distinguir con la mayor precisión posible a los miembros de uno u otro grupo.

d) **Avenida torrencial:** creciente súbita que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca está compuesta 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).

e) **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 M., 2001).

f) **Exposición (elementos expuestos)**: se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

g) **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)

h) **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 M. 2012)

i) **Fuente:** Lugar o sitio donde se puede generar un evento.

j) **Gestión del riesgo:** De acuerdo al 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 del mismo, 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".

k) **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.

Inundaciones lentas: 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 - Universidad Nacional de Colombia, 2.011)).

Inundaciones rápidas: son las que ocurren en las zonas confinadas de los cuerpos de agua tras la ocurrencia de crecientes súbitas de caudal generándose desbordamiento de los cauces, el cual ocurre y desaparece rápidamente.

l) **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 del mismo. En consecuencia, un inventario incompleto o poco confiable puede dar como resultado una evaluación errónea de la susceptibilidad, la amenaza o el riesgo.

m) **Movimiento en masa:** equivale 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 ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Ávila *et al.,* 2015).

Caídas: la caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable (PMA, 2007). Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo (PMA, 2007).

Vuelcos: se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

Deslizamientos: Son un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una o más superficies de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (modificado de PMA, 2007). Los deslizamientos pueden ser rotacionales, traslacionales (planares o en cuña) o compuestos según la forma del movimiento y la cantidad de superficies de falla.

Propagaciones laterales: La propagación de un suelo cohesivo o masa de roca combinado con un hundimiento general de la masa de material fracturado sobre un material subyacente cohesivo más blando (Cruden & Varnes, 1996). La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material (PMA, 2007).

Flujos: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco (PMA, 2007). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Los flujos son movimientos espacialmente continuos en los que las superficies de cizalla se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan, la distribución de velocidades en la masa desplazada se parece a la que se presenta en un fluido viscoso. Por este motivo, la masa movida no conserva la forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo, formas lobuladas cuando interesan a materiales cohesivos y desparramándose por la ladera o formando conos de deyección

cuando afectan a materiales granulares (Corominas, 200?). Según el tipo de material involucrado, contenido de humedad, velocidad de movimiento y otros factores, se pueden clasificar en flujos de roca, flujos de suelo, flujos secos, flujos de detritos, flujos de lodos, flujos de tierra, crecientes de detritos, avalanchas de detritos, avalanchas de rocas, reptamiento, solifluxión, entre otros.

n) **Susceptibilidad:** es el grado de predisposición que tiene una fuente a que en él se genere un evento (Escobar, 2007). La susceptibilidad en los estudios de análisis y evaluación de amenazas, constituye la base inicial y el primer paso para el análisis y zonificación de amenazas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

o) **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, s.f.).

p) **Intervención correctiva**: proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

q) **Intervención prospectiva**: proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. Su objetivo último es evitar nuevos riesgos y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. La intervención prospectiva se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de prefactibilidad y diseño adecuados, el control y seguimiento y en general todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población.

r) **Mitigación del riesgo**: medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente (Ley 1523 de 2012).

s) **Ordenamiento territorial**: el ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales (Ley 388 de 1997).

t) **Paleoinundaciones**: método que identifica zonas de amenaza por inundaciones mediante la disposición y tipología de las formas del terreno y los depósitos generados

durante o tras un evento de inundación las cuales no disponen de información histórica registrada o datada. Con ello se pueden delimitar áreas geomorfológicamente activas dentro del cauce fluvial y sus márgenes, por tanto, susceptibles a ser inundadas en el marco de la dinámica natural de la corriente fluvial, frecuencia cualitativa de inundación, e incluso inferir ordenes de magnitud de parámetros como la profundidad, velocidad de la corriente o carga solidada transportada.

u) **Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica (POMCA)**: instrumento a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca entendido como la ejecución de obras y tratamientos, en la perspectiva de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico biótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico (Decreto 1640 de 2012, Art. 18).

v) **Plan de gestión del riesgo de desastres**: es el instrumento que define los objetivos, programas, acciones, responsables y presupuestos, mediante las cuales se ejecutan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, en el marco de la planificación del desarrollo.

w) **Proceso analítico jerárquico**: es el proceso que permite establecer la importancia que tiene cada uno de los factores tenidos en cuenta para la toma de una decisión, cuantificando esta jerarquía de una manera decreciente según la relevancia descrita. Por lo tanto, la definición de los factores es el punto de partida que permite una visión global de las relaciones entre los mismos con la situación a evaluar, indiferente a el tipo de caracterización que represente cada una, lo que permite integrar diferentes temáticas.

x) **Reducción del riesgo**: es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevos riesgos en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

y) **Resiliencia**: la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

z) **Riesgo de desastres**: corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socionatural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

aa) **Vulnerabilidad**: susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso

de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

5. GENERALIDADES

5.1 LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Recio y Venadillo se encuentra localizada en el departamento del Tolima, el cual se encuentra situado en la parte Centro – Occidental del país, limita con los municipios de Villa hermosa y Armero por el Norte, Cundinamarca por el Oriente, municipios de Anzoátegui, Alvarado y Piedras por el Sur y por el Occidente con los departamentos del Quindío y Risaralda.

La cuenca está conformada por seis municipios del norte del departamento: Murillo, Santa Isabel, Líbano, Lérida, Venadillo, y Ambalema. A continuación, se presenta el área total de cada municipio y el área que estos tienen dentro de la cuenca. Administrativamente, la cuenca pertenece a la jurisdicción de la Corporación Autónoma del Tolima –CORTOLIMA– y comprende las administraciones municipales de Lérida, Ambalema, Murillo, Santa Isabel, Líbano y Venadillo.

Tabla 1 Municipios ubicadas en la cuenca de Recio y Venadillo

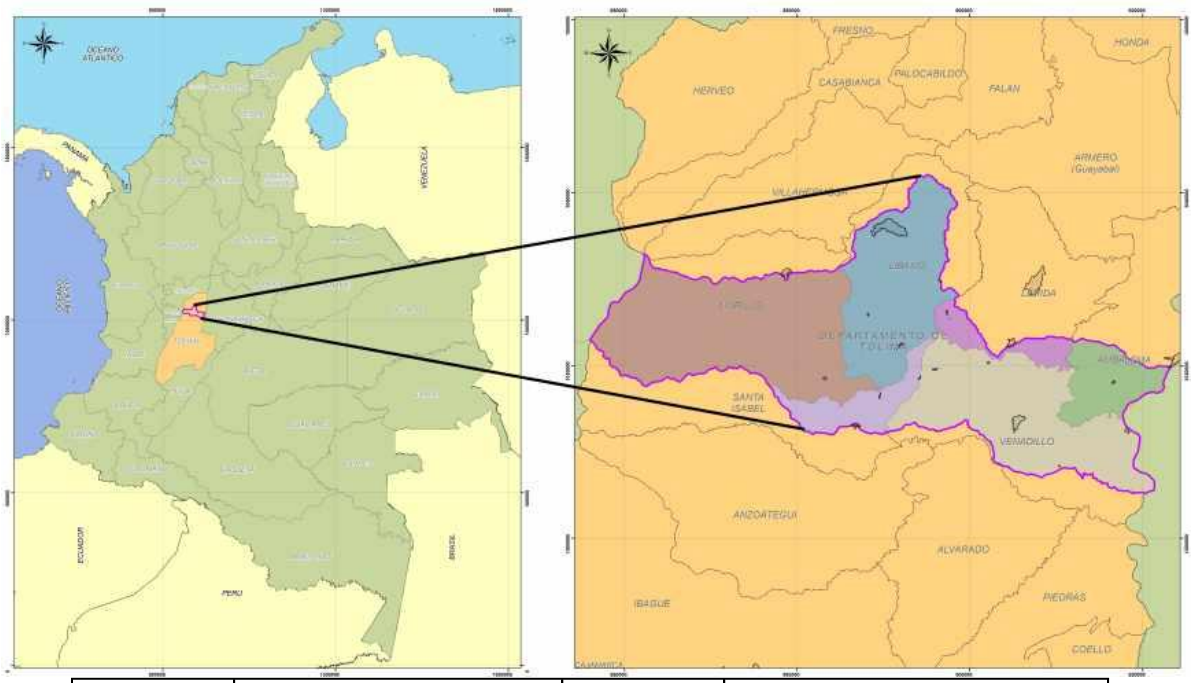
Municipio	Área Total (Ha)	Área Cuenca (Ha)	Porcentaje Cuenca (%)
Lérida	25.928,47	4.070,14	4,00
Ambalema	23.755,75	7.521,20	7,50
Murillo	42.530,93	34.649,33	34,60
Santa Isabel	26.887,41	6.358,94	6,30
Venadillo	33.583,11	26.267,84	26,20
Líbano	29.567,89	21.251,02	21,20
Total	**182.253,56**	**100.118,47**	**100**

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

La cuenca posee una extensión de 100118,47 ha, y cuenta con las siguientes coordenadas Magna Sirgas Colombia, Bogotá como límites: X mínimo: 856129,909 m; Y mínimo 1005223,906 m; X máximo 923292,201 m; Y máximo 1042122,086 m.

De igual forma, esta cuenca comprende dos subcuencas de nivel uno, delimitadas por el cauce del río Recio y el río Venadillo, en las Figura 1, Figura 2 y Figura 3 se presenta la ubicación de la zona de estudio.

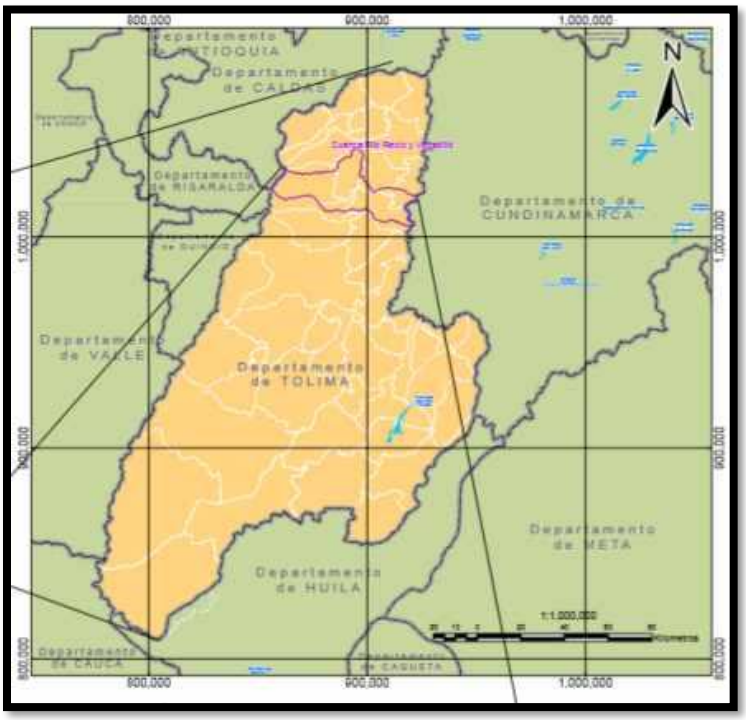
Figura 1. Área en estudio ubicación general de la cuenca Río Recio y Venadillo



	Ambalema		Santa Isabel
	Lérida		Venadillo
	Libano		Límite Cuenca
	Murillo		

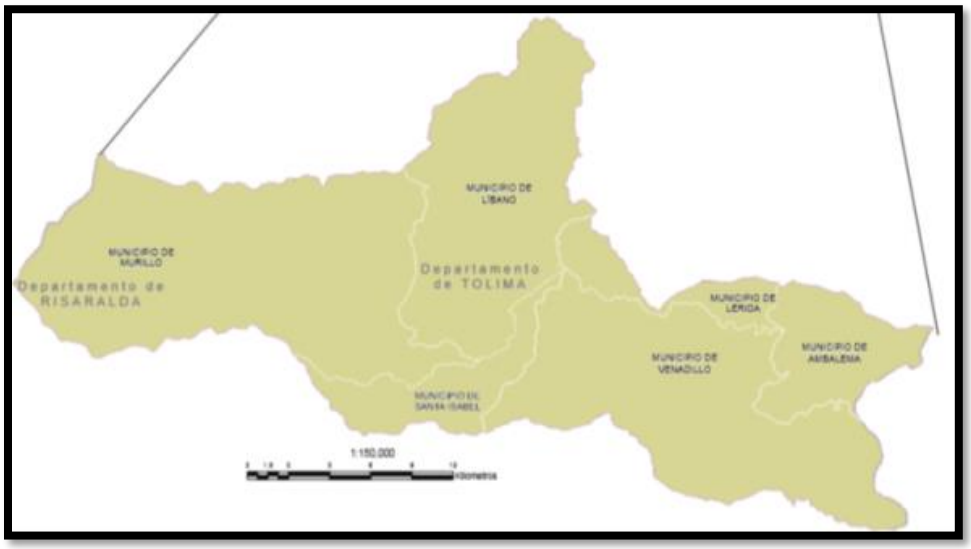
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 2. Localización de la cuenca en el departamento del Tolima



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 3. Municipios cuenca Río Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

5.2 SISTEMA SOCIAL

La caracterización de las condiciones sociales de la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo se realizó a través del análisis de la dinámica poblacional, dinámicas de apropiación y ocupación del territorio, servicios sociales básicos, tamaño predial asociado a presión demográfica, pobreza, desigualdad, seguridad alimentaria y seguridad y convivencia.

La dinámica poblacional de la cuenca hidrográfica de los ríos Recio y Venadillo, evidencia una Tasa de Crecimiento Poblacional negativa 0,004%, que puede estar influenciada por los procesos de migración y desplazamiento ya que posee una tasa de mortalidad muy baja (4,76 por mil habitantes) y una tasa de natalidad baja (10,89 por mil habitantes). La población es su mayoría son niños y jóvenes entre 0 y 19 años con el 36,09%, le sigue los jóvenes y adultos que oscilan entre los 20 y 39 años con el 28,15%.

A nivel educativo se destacan las tasas de escolaridad y analfabetismo, en donde el municipio de Murillo registra la tasa más baja de escolaridad con 6,43%, y el mayor porcentaje (23,01%) de personas de 15 años y más con menos de dos años de escolaridad. A su vez, con 23,01% registra la mayor tasa de analfabetismo.

A nivel predial, en la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo con 2.791 predios (37,98%) predominan los predios que poseen entre 1 y 5 Ha, le sigue 2.182 predios (29,69%) que poseen entre las 5 y 20 ha. A nivel municipal, en los tres primeros rangos poseen mayor número de predios los municipios de Líbano y Venadillo, pero la dinámica cambia a partir de los predios que poseen entre 20 y 50 hectáreas en donde poseen mayor número de predios el municipio de Murillo y Venadillo.

5.3 SISTEMA CULTURAL

El análisis del sistema involucra las tradiciones, valores, creencias, costumbres, prácticas culturales, formas de expresión artística, mitos y gastronomía de los territorios que hacen parte de la cuenca. También, se identifican los sitios de interés cultural y arqueológico, y su significado e importancia dentro de la ordenación de la cuenca.

Si bien, los resultados del análisis se presentan en el capítulo de caracterización socioeconómica de la cuenca, para efectos del análisis de riesgo se destacan la deforestación generalizada, el uso del fuego como práctica cultural y las formas de labranza del suelo; prácticas que en su conjunto favorecen el surgimiento de procesos erosivos y movimientos en masa.

5.4 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

Las actividades agropecuarias se posicionan como la principal actividad productiva en la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo, con una extensión de 53.478,16 Ha que representan el 53,48% del área de la cuenca y el 99,83% de las actividades productivas que se desarrollan. De esta área se cuenta con 32.495,85 Ha en plantaciones forestales.

En la producción agrícola se destaca la gran variedad de cultivos que se siembran a lo largo de la cuenca, en donde predominan los cultivos de café (10.992,06 ha), arroz (8.383,03 ha), hortalizas (1.194,11 ha) y papa (1.017,34ha). El mayor aporte en producción lo generan los municipios del Líbano (18.149,04 ha) y Santa Isabel (15.208,18 ha).

La actividad pecuaria genera grandes problemas ambientales, ya que el modelo ganadero en su mayoría es extractivo, lo que contribuye progresivamente con la pérdida de la capacidad de los recursos naturales suelo y agua. Asimismo, produce el 9% de las emisiones de CO2 de origen antropogénico, la mayor parte de las cuales se deben a los cambios en el uso de la tierra (principalmente, la deforestación) causados por la expansión de los pastizales y la superficie destinada a la producción de forrajes.

Según los registros de Cámara de Comercio, en la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo se identifican 192 agroindustrias que se dedican a la producción, transformación y comercialización de productos agropecuarios, entre los que se destacan la trilla de café y molinería de arroz.

La actividad minera no es muy representativa y no se registran explotación petrolera, tan sólo se han otorgado 14 títulos mineros con un total de 404,46 ha, 88 de las cuales fueron identificadas a través de la cobertura. La mayoría de estas explotaciones se encuentran activos y en seguimiento.

En la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo se ubica una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) en la Vereda la Sierra – Municipio de Lérida, administrada por la empresa ENERTOLIMA S.A. E.S.P, que van a mejorar el voltaje de La Sierra y el área rural del municipio de Lérida, lo mismo que los Municipios de Anzoátegui, Santa Isabel, Ambalema y otros sectores.

5.5 CARACTERÍSTICAS POLÍTICO ADMINISTRATIVAS

La cuenca del río Recio y Venadillo es, por su localización, extensión geográfica y por el caudal de sus ríos, una de las más importantes del departamento del Tolima. Con sus 100.118,45 ha, la cuenca del río Recio y Venadillo ocupa el 4.25 % del departamento.

Administrativamente, la cuenca pertenece a la jurisdicción de la Corporación Autónoma del Tolima –CORTOLIMA– y comprende las administraciones municipales de Lérida, Ambalema, Murillo, Santa Isabel, Líbano y Venadillo.

A pesar de que existe una amplia oferta institucional en la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo, se evidencia una débil articulación que impide dinamizar el proceso de planificación del recurso hídrico.

5.6 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

Se consideran como ecosistemas estratégicos las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos,

lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna, las cuales constituyen categorías de protección estratégica.

Para la identificación de los ecosistemas estratégicos y/o áreas de manejo especial, emplazados en el área objeto del presente estudio, se utilizó la herramienta informática denominada “TREMARCTOS - COLOMBIA”, la cual consiste en un sistema en línea que evalúa de manera preliminar los impactos sobre la biodiversidad y el ambiente que podrían llegar a generar las obras de infraestructura y así mismo provee recomendaciones sobre las eventuales compensaciones que un determinado proyecto deberá asumir.

Resultado de lo anterior, se identificaron los siguientes ecosistemas estratégicos: las áreas protegidas de orden nacional y regional declaradas, las reservas forestales de la Ley 2ª de 1959, áreas complementarias para la conservación, sistemas estratégicos de paramaos y humedales, otras áreas de importancia para la conservación de la cuenca, y áreas de reglamentación especial.

5.7 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y FLORA

En la cuenca del río Recio y Venadillo se identificaron 6 tipos de coberturas vegetales así: bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado, plantación forestal, herbazal y arbustal, los cuales se encuentran altamente intervenidos por la acción histórica y actual de la actividad humana. Las zonas estratégicas como son las áreas de protección de nacimientos y las márgenes de las fuentes las quebradas han perdido su cobertura boscosa en una alta proporción.

No se dispone de levantamientos de vegetación o inventarios de flora que permitan dar cuenta, en forma precisa del estado actual y composición de las comunidades bióticas, motivo por el cual no se describen las especies más valiosas.

5.8 TRANSPORTE Y ACCESIBILIDAD

El transporte terrestre es uno de los medios principales para la articulación y comunicación de centros urbanos con las zonas rurales de la cuenca. Según la caracterización socioeconómica realizada, la cuenca hidrográfica cuenta con 3.711,89 kilómetros de vías, la mayoría de las cuales en época de invierno se deterioran notablemente dificultándose el transporte.

Las vías primarias concentran y facilitan las rutas de movilización de la población, articuladas con las vías secundarias y terciarias, que en su conjunto conforman la red vial de la cuenca, en el cual no se tiene presencia de otras modalidades de infraestructura de transporte como serían el fluvial, férreo y aéreo, y los principales corredores que conectan la región para la movilidad de la población, facilitando la satisfacción de necesidades en cuanto a bienes y servicios.

Los municipios pertenecientes a la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo se comunican principalmente por vías secundarias y terciarias, administradas por el departamento y los municipios. Los corredores nacionales, o vías Tipo 1, son administradas

por las entidades nacionales INVIAS o Agencia Nacional de Infraestructura, que conectan prioritariamente a los municipios de mayor jerarquía, para facilitar la conectividad con centros urbanos de mayor jerarquía como Bogotá e Ibagué, facilitando las relaciones comerciales y de transporte de los productos, con lo cual mejoran su articulación y conectividad regional y nacional.

5.9 HIDROGRAFÍA

A partir de información suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA, se procedió a la delimitación de las cuencas a escala 1:25.000 se identificó la red de drenaje, patrones de drenaje, jerarquización de la red y los patrones de alineamiento de los cauces principales, entre otras.

Por lo anterior, y a partir, del análisis de la cartografía base corregida, las imágenes satelitales y el Modelo Digital de Elevación, se determinó la línea divisoria de aguas de cada uno de esos drenajes que llegan a los cuerpos de agua principales, generando las respectivas subcuencas hidrográficas.

Así mismo, teniendo en cuenta que la cuenca del río Recio vierte sus aguas directamente al Magdalena, se detallaron a continuación los segundos niveles subsiguientes de la cuenca, y posteriormente, los drenajes que corresponderían al tercer nivel subsiguiente. Actividad que se realizó de la misma forma para la cuenca río Venadillo.

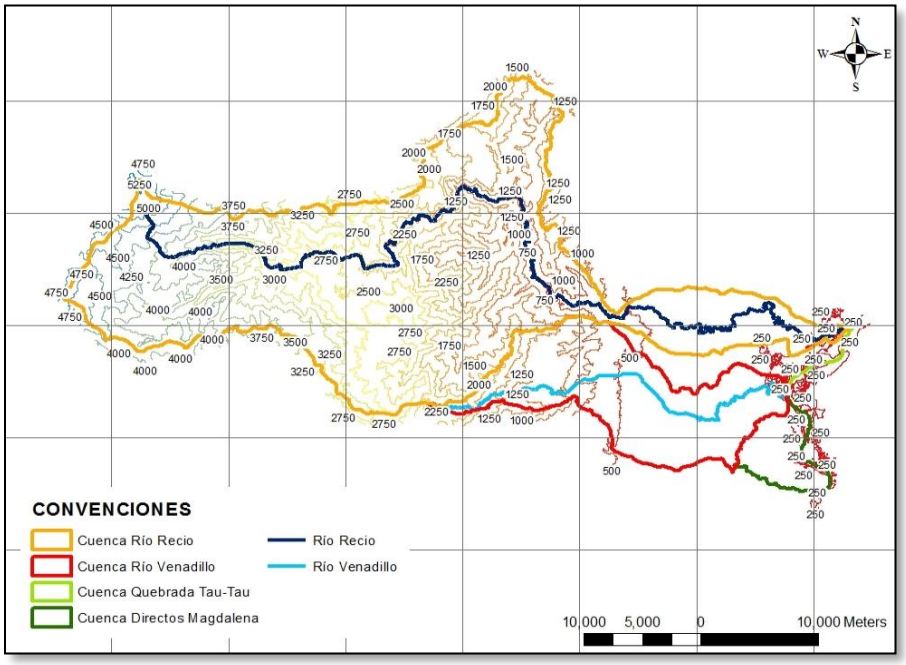
Mientras que, para la delimitación de las cuencas hidrográficas se identificó la red de drenaje para demarcar de manera general la cuenca, posteriormente se realizó el trazado de la divisoria de aguas partiendo de los puntos más altos y cerrándose en la parte más baja de la misma.

Utilizando la herramienta Fill Sinks de ArcGIS, se llenaron las imperfecciones existentes en la superficie del DEM, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo. Se determinó el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella. Se clasificaron las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral se especifica como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento. Posteriormente, se generaron las uniones de las corrientes, dividiendo el cauce en segmentos no interrumpidos; una vez el cauce estuvo definido, se procedió a determinar el orden de las corrientes, y a crear un shape de drenajes.

Finalmente, determinando los puntos donde se cortan cada uno de los drenajes (para este caso interesan los puntos finales que es donde hay acumulación de flujo), se delinea una subcuenca para cada uno de los segmentos de cauce definidos en el paso anterior.

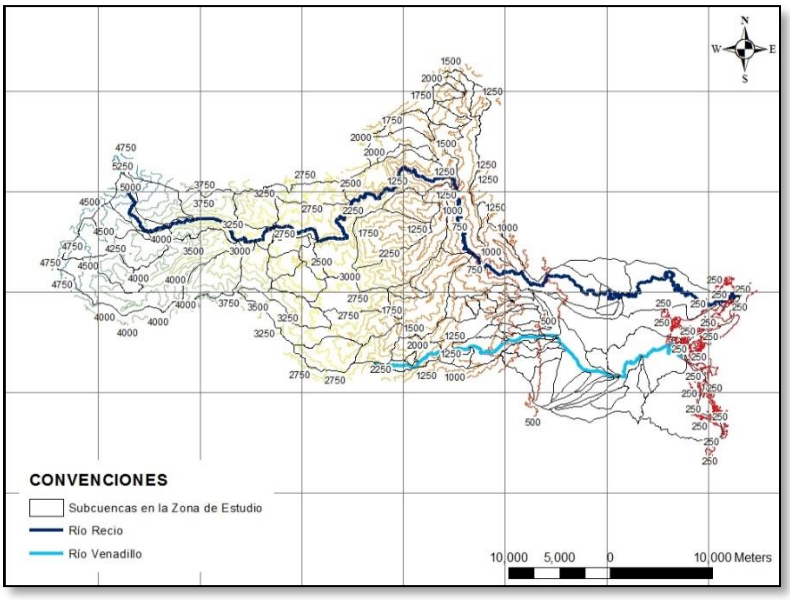
Las cuencas, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros poblados se pueden evidenciar en las Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Tabla 2.

Figura 4. Cuencas de los Ríos Recio y Venadillo Asociadas a las Curvas de Nivel



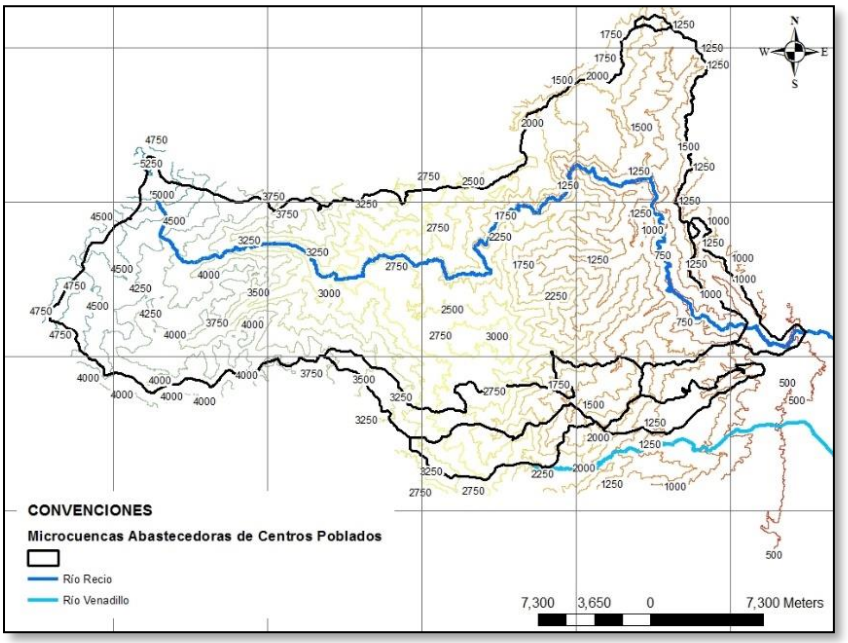
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 5. Subcuencas de los Ríos Recio y Venadillo Asociadas a las Curvas de Nivel.



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 6. Microcuencas Abastecedoras de los Centros Poblados en la Zona de Estudio Asociadas a las Curvas de Nivel.



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Tabla 2. Codificación de Cuencas en la Zona de Estudio

Código	Nivel I
2125-01.1	Rio Recio
2125-01.3	Rio Venadillo
2125-01.4	Directos Rio Magdalena
2125-01.2	Quebrada Tau - Tau

Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

5.10 CLIMA

Por su situación geográfica, la cuenca de los ríos Recio y Venadillo está comprendida dentro del régimen de clima ecuatorial, con oscilaciones pequeñas de temperatura durante el año, y dos máximas de lluvia. El clima de la cuenca está determinado por la latitud y la altitud y parámetros meteorológicos como la precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento.

La cuenca se encuentra ubicada en los pisos térmicos de páramo (38.036,81 ha), frio (13.708,25 ha), templado (17.514,38 ha) y cálido 30.859,01 ha. La temperatura varía con la posición altitudinal, con registros que oscilan entre 6 en la parte más alta y 24ºC en la parte más baja. El promedio anual de precipitación está entre los 1000 y los 3000 mm. La humedad relativa alcanza niveles superiores al 90% y la evapotranspiración es superior a

la precipitación pluvial a través del año, lo que determina que 98.779 ha estén catalogadas como de clima seco y 1.339,45 ha como clima húmedo.

5.11 PERSONAL PARTICIPANTE

Entendiendo la responsabilidad y el rigor con el que se debe asumir la evaluación de las condiciones de susceptibilidad, amenaza, exposición, vulnerabilidad y riesgo se contó con profesionales con experiencia específica en procesos de zonificación de relieve, hidrología, geología, geomorfología, procesos morfodinámicos, geotecnia, susceptibilidades y amenazas por sismo, movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, vulnerabilidad, exposición y riesgo en POMCAs, POTs, gestión integral de riesgo territorial urbana y rural, investigación en gestión de riesgo para análisis de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo por métodos heurísticos, estadísticos, determinísticos y probabilísticos, cálculo de índices de amenaza, afectación y exposición para instrumentos de gestión y ordenamiento territorial local y regional, entre otras experiencias. El personal que desarrolló esta última versión tuvo la oportunidad de, específicamente en un contexto de POMCAs, recuperar insumos en las escalas adecuadas y evaluar susceptibilidades, amenazas y riesgos para el cumplimiento de los alcances en más de 20 cuencas (Aburrá, Aurrá, Otún, Guarinó, Guayuriba, La Vieja, Lili-Meléndez-Cañaveralejo, León, Turbo, Alto Cauca, Alto Chicamocha, Alto río Sucio, Medio y Bajo Ariari, Hacha, entre otras).

6. VARIABLES TEMÁTICAS

Las variables temáticas utilizadas para la zonificación de la vulnerabilidad fueron tomadas de los componentes desarrollados en la fase de Diagnóstico del POMCA, las cuales se presentan a continuación con su respectiva salida gráfica

Relieve

El análisis de vulnerabilidad requiere la evaluación del índice de exposición el cual corresponde al inventario de bienes naturales o no (elementos expuestos) que pueden ser afectados por los diferentes eventos amenazantes. Para las zonas rurales, el análisis de exposición se realiza mediante la asignación de zonas homogéneas que tienen como uno de los principales atributos el tipo de relieve que presenta, el cual se obtiene de forma simplificada mediante la reclasificación de mapa de pendiente de la cuenca la cual se presenta en la Figura 7.

Cobertura y Uso de la Tierra

La variable cobertura y uso de la tierra (ver Figura 8) resulta útil para el análisis del índice de exposición como insumo para la definición de zonas homogéneas económicas.

Categoría socioeconómica

La clasificación de categorías socioeconómicas es utilizada para el análisis de exposición y falta de resiliencia a diferentes eventos amenazantes, esta variable es cartográficamente espacializada a nivel de municipio en el feature del mismo nombre como se observa en la Figura 9.

Zonas económicas

Para el análisis de exposición se utilizan los indicadores económicos y de desarrollo que se definirán únicamente para las zonas que presentan elementos expuestos ya sea por representar una zona productiva o un área estratégica. Por esta razón se requieren como insumo la localización de las zonas homogéneas económicas en la Figura 10.

Ecosistemas estratégicos

Su análisis se realiza para definir fragilidad cultural y ecosistémica analizando las zonas que representan patrimonio cultural, que constituyen áreas protegidas o prestan servicios ambientales (ver Figura 11).

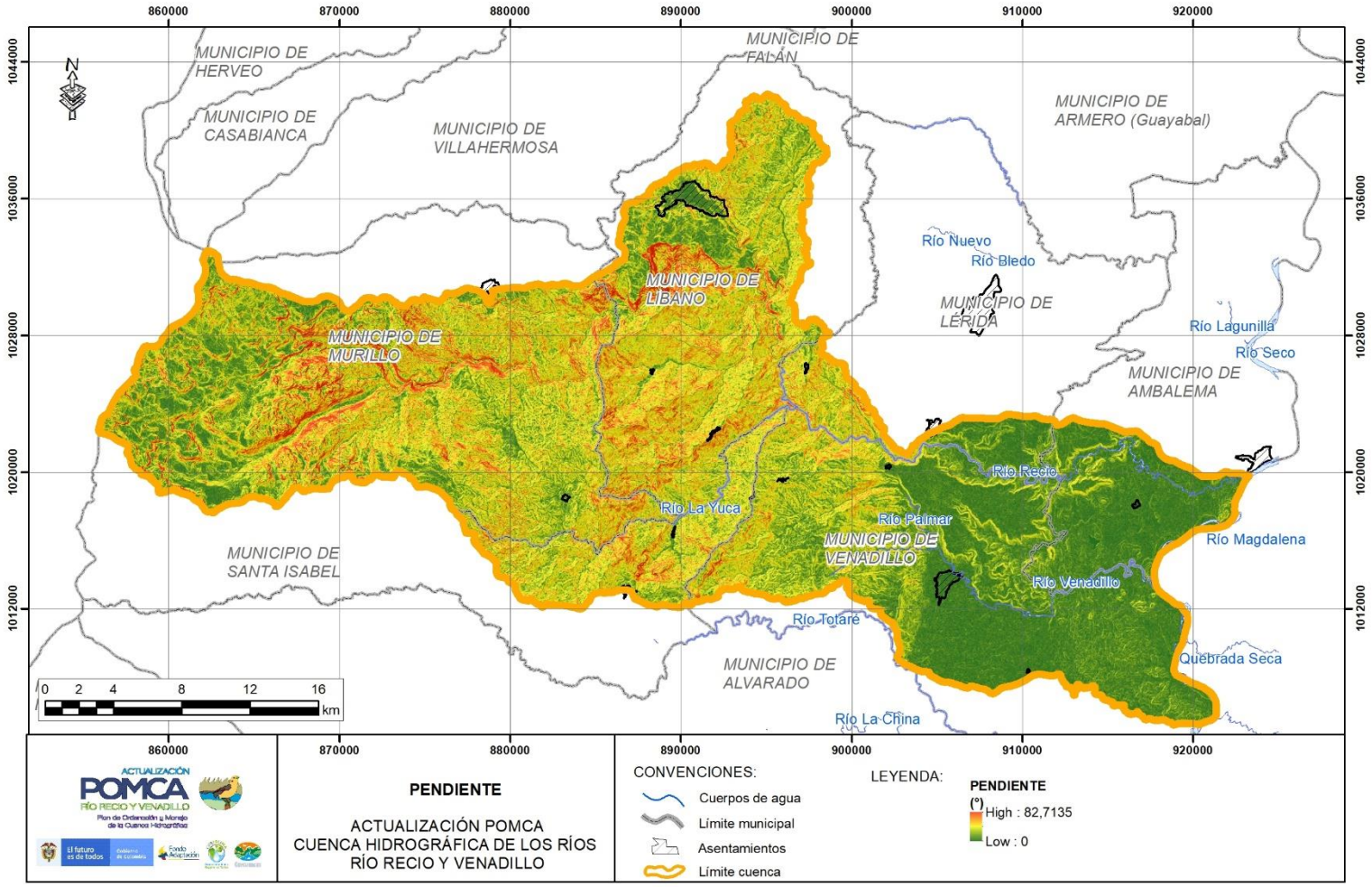
Encuestas de percepción

Para complementar la capacidad de respuesta y el estado de conciencia del riesgo se aplicaron instrumentos tipo encuesta sencilla que permite un panorama cualitativo de falta de resiliencia.

Elementos Expuestos

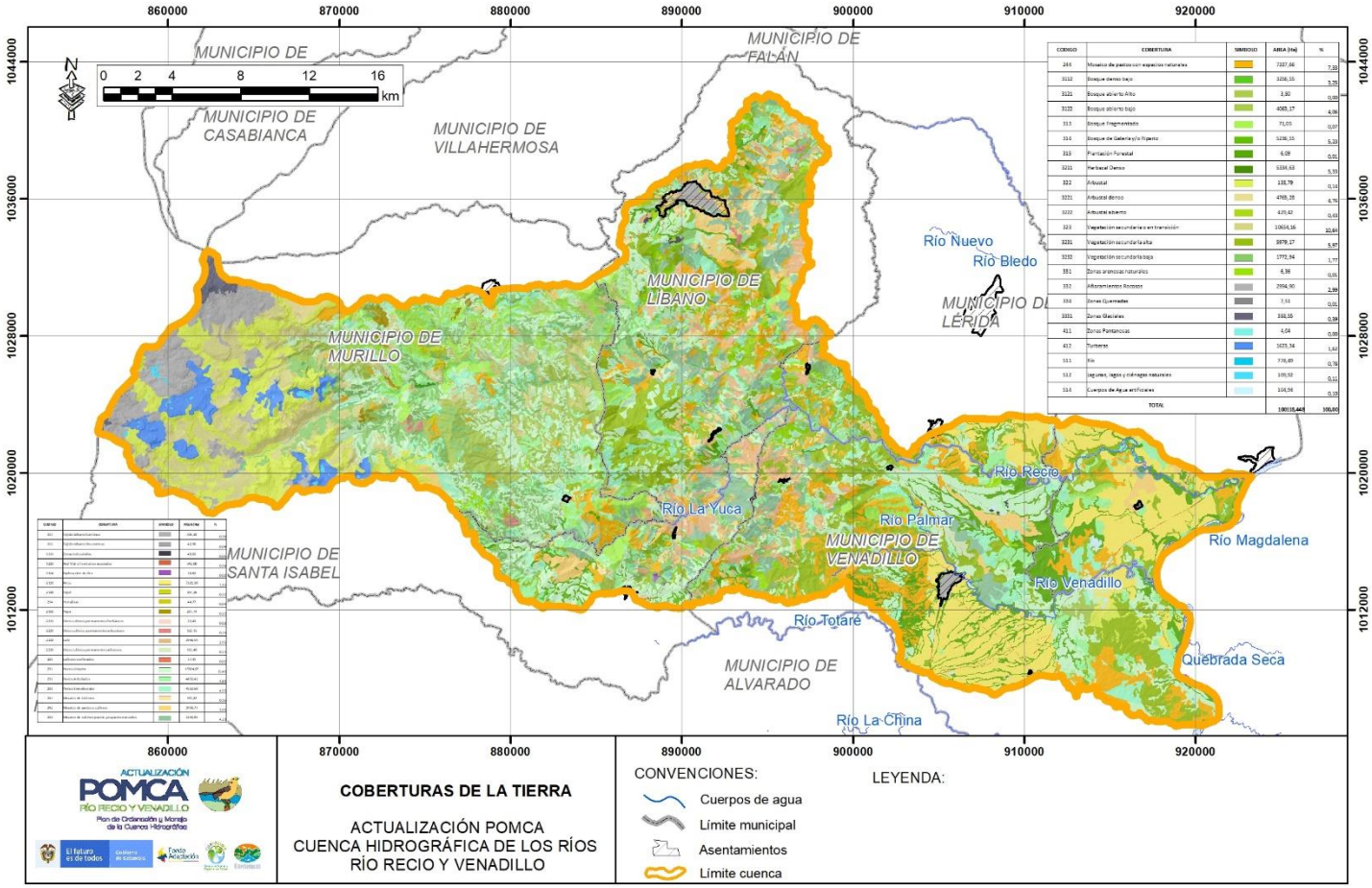
Se definen como puntos líneas y polígonos de infraestructura estratégica que podrían estar expuestos a los diferentes eventos amenazantes, partiendo de la relación directa entre asentamiento y exposición sin tener en cuenta la tipología constructiva ni posible afectación. Su localización se presenta en la Figura 12.

Figura 7. Pendientes de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



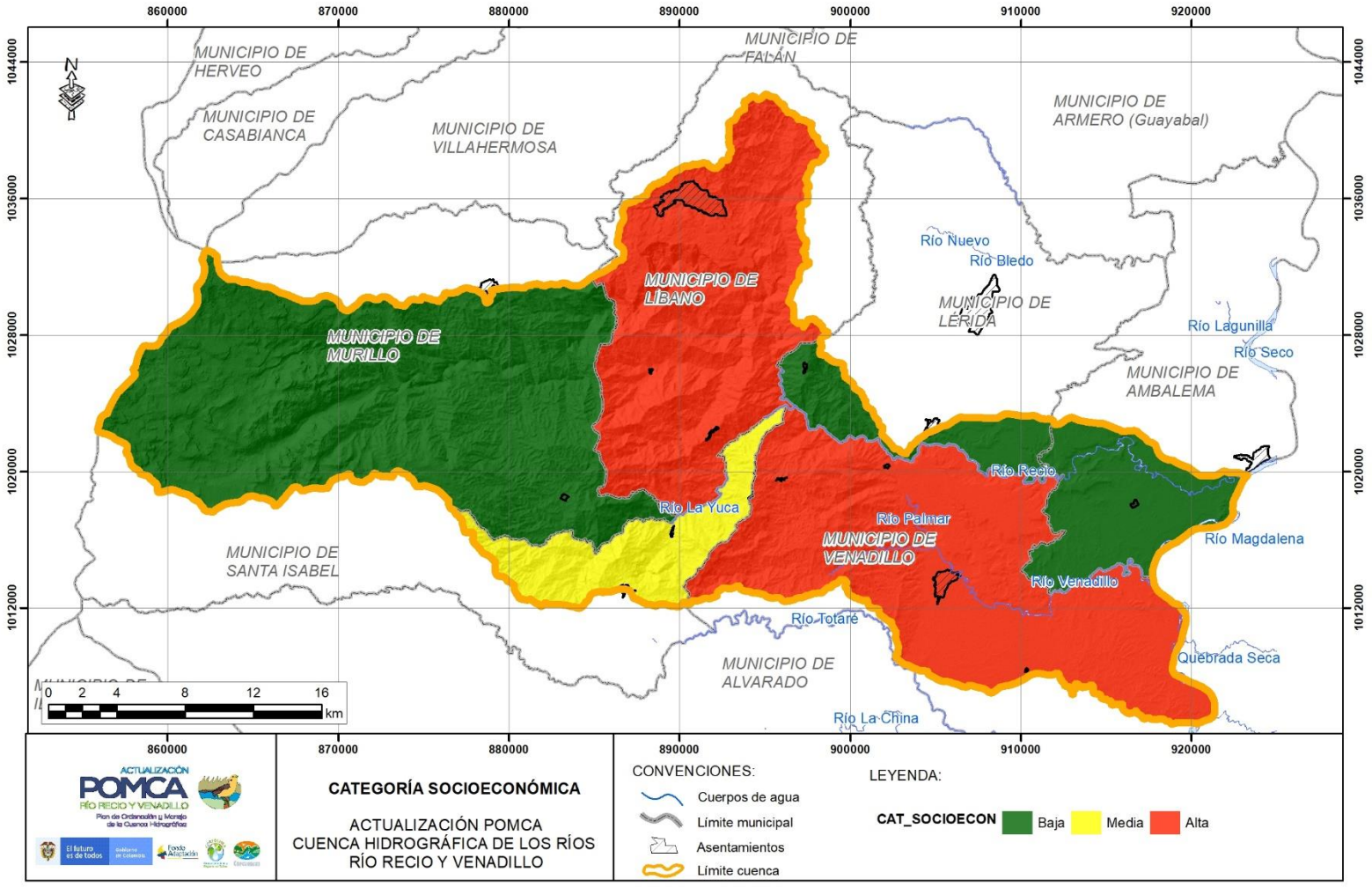
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 8. Cobertura y uso de la tierra de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



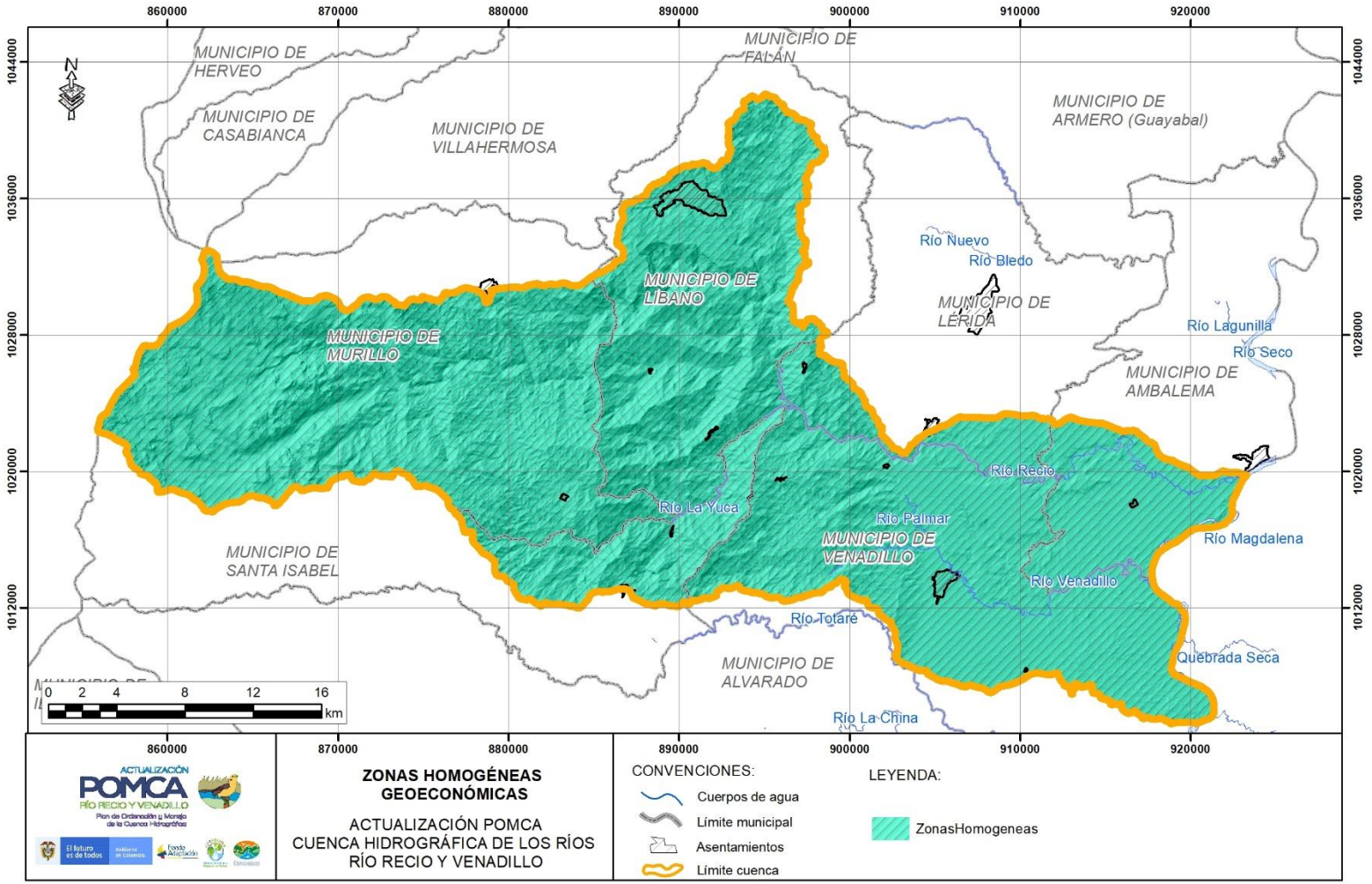
Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 9. Categoría socio económica de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



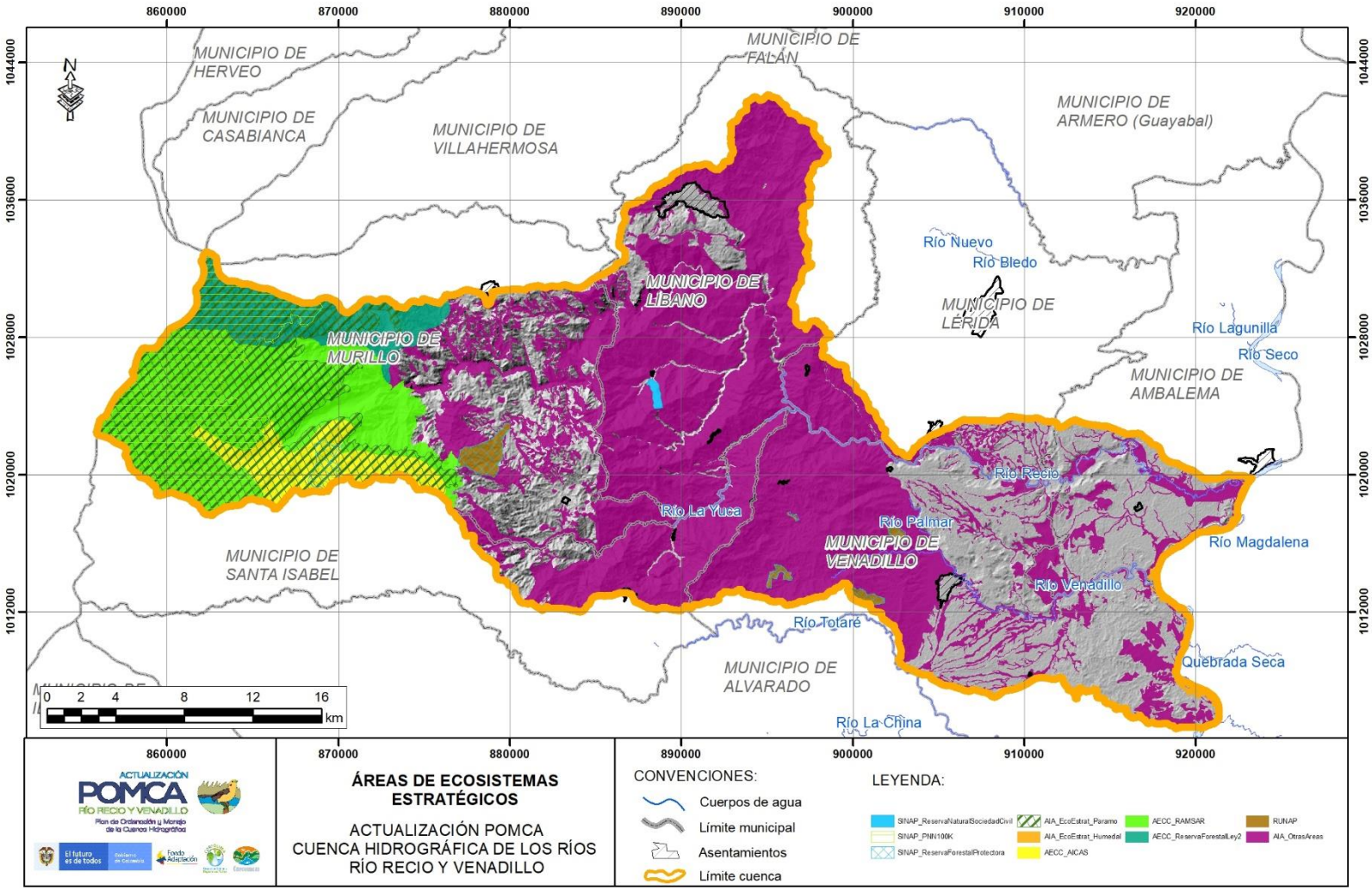
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 10. Zonas homogéneas geoeconómicas



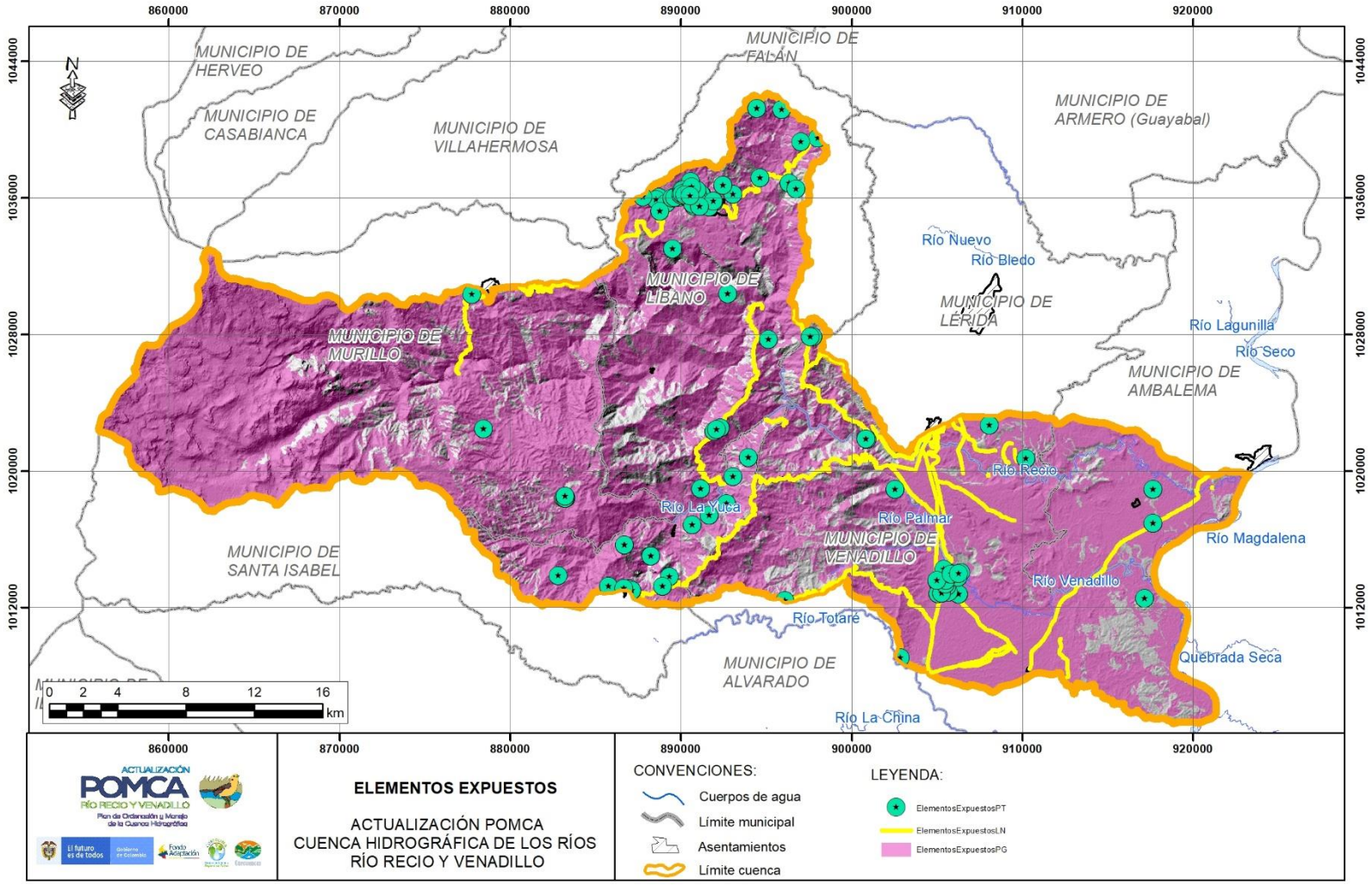
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 11. Ecosistemas estratégicos de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: Consorcio Tolima Ambiental. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2017

Figura 12 Elementos expuestos de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es un factor intrínseco del riesgo que permite analizar los diversos escenarios de los diferentes fenómenos amenazantes evaluados de forma integral ya que cuando se tiene en cuenta únicamente la condición de amenaza, quedan excluidos factores que caracterizan a los diversos actores del riesgo y su relación con la dinámica de la cuenca. Es conveniente evaluar la afectación de manera que las posibles consecuencias no solo estén relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el mismo en la zona de estudio, por ende, se hace necesario determinar la zonificación de vulnerabilidad a través de tres indicadores: exposición, fragilidad y falta de resiliencia.

"La vulnerabilidad es el factor del riesgo interno al sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado. El análisis del riesgo tiene como objetivo fundamental determinar las pérdidas que pueden sufrir en lapsos dados los activos expuestos, como consecuencia de la ocurrencia de amenazas naturales, integrando de manera racional las incertidumbres que existen en las diferentes partes del proceso" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Desde el contexto teórico presentado, la vulnerabilidad como componente del riesgo se presenta en la siguiente forma:

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

Donde la vulnerabilidad a su vez se define como:

Vulnerabilidad = [Exposición x fragilidad x falta de resiliencia]

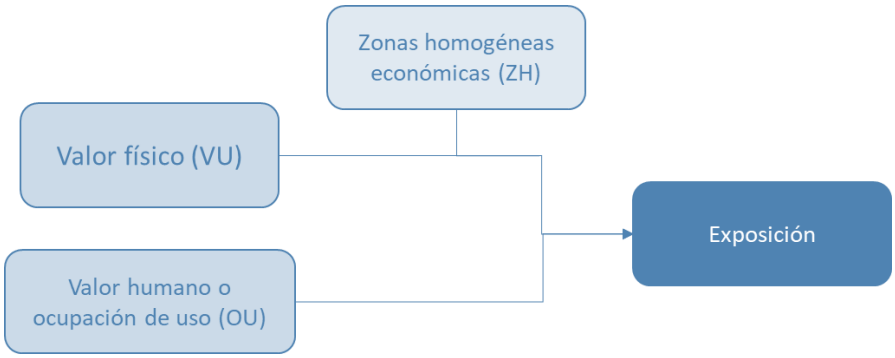
Luego de calificar y normalizar las variables se asocian los factores en pares con el fin de asignar por medio de una proporción numérica estándar, la importancia que tiene cada uno en relación con el objetivo a evaluar en comparación con el resto de factores incluidos. Dentro de las actividades contempladas en los anexos técnicos del proyecto, así como en el Protocolo para la Incorporación de la Gestión de Riesgo en POMCAS se define cada uno de los índices implícitos en el cálculo de vulnerabilidad y las variables involucradas en la evaluación de cada uno, presentando así, zonificación y análisis de exposición, fragilidad y falta de resiliencia para la cuenca. Gran parte de la información utilizada para la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad para la zona de estudio se construyó a lo largo de la fase diagnóstico del POMCA, principalmente de los componentes social, económico y de caracterización básica de la cuenca y se complementó con informes, estadísticas y encuestas recopiladas en las diversas fases del proyecto, esta información se trató de llevar al detalle de municipios y veredas en gran parte de las variables para que se observara un contraste a mayor escala dentro de la información recopilada. El soporte de las actividades realizadas en este capítulo puede ser consultado en el Anexo 1.

7.1 ÍNDICE DE EXPOSICIÓN

Es el factor que se mide por medio del índice de pérdidas evaluando el volumen normalizado del valor físico y valor humano del área de estudio (Figura 13), orientado a la

valoración de reposición de los elementos expuestos separándolos en Zonas Homogéneas Rurales (ZHR) y Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU) (Figura 10).

Figura 13. Variables que incluyen la exposición de función a la vulnerabilidad.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Acorde con los procesos metodológicos de los alcances técnicos, en el caso de existir información relacionada con los precios de las coberturas se plantean los costos de reposición y los índices de pérdida discriminados por tipo de cobertura específica con los costos locales. Los municipios correspondientes con esta cuenca no cuentan con estudios de precios de las tierras discriminados por coberturas por lo cual fue necesario plantear alternativa para definir los índices de pérdidas según la metodología del protocolo y el alcance técnico.

Es bueno tener en cuenta que dentro de las necesidades de información se registra la oportunidad de generar estudios de precios de la tierra discriminada por coberturas y que se planteó entonces esta información como ZHR a partir de polígonos veredales para mantenerse metodológicamente en el procedimiento de evaluación de vulnerabilidad y riesgo.

7.1.1 Zonas Homogéneas

Se realizó la generación de las zonas homogéneas rurales mediante la combinación de los factores de relieve (ver Tabla 3, Figura 7) y categoría socioeconómica (ver Figura 9). Cabe aclarar que este análisis se realizó para las zonas indicadas por los alcances técnicos donde se excluyen del análisis las zonas urbanas, ecosistemas estratégicos, zonas de reserva o áreas protegidas porque su valoración está fuera de los alcances de este trabajo (MINAMBIENTE, 2.014).

La metodología requiere que se clasifique el relieve en tres categorías; plana, ondulada y montañosa, para esta razón fue necesario la reclasificación de la siguiente tabla de inclinación de la pendiente.

Tabla 3 Clasificación de Pendientes

Parámetro	Unidad Cartográfica De Parámetro	Inclinación (Grados)
Inclinación de la Pendiente	Plana	Menor de 1
	Suavemente inclinada	1 – 5
	Moderadamente inclinada	5 – 10
	Inclinada	10 – 15
	Abrupta	15 – 30
	Escarpada	30 – 45
	Muy escarpada	> 45

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Con base en la Tabla 3, es posible obtener la reclasificación del relieve la cual se presenta en la Tabla 4.

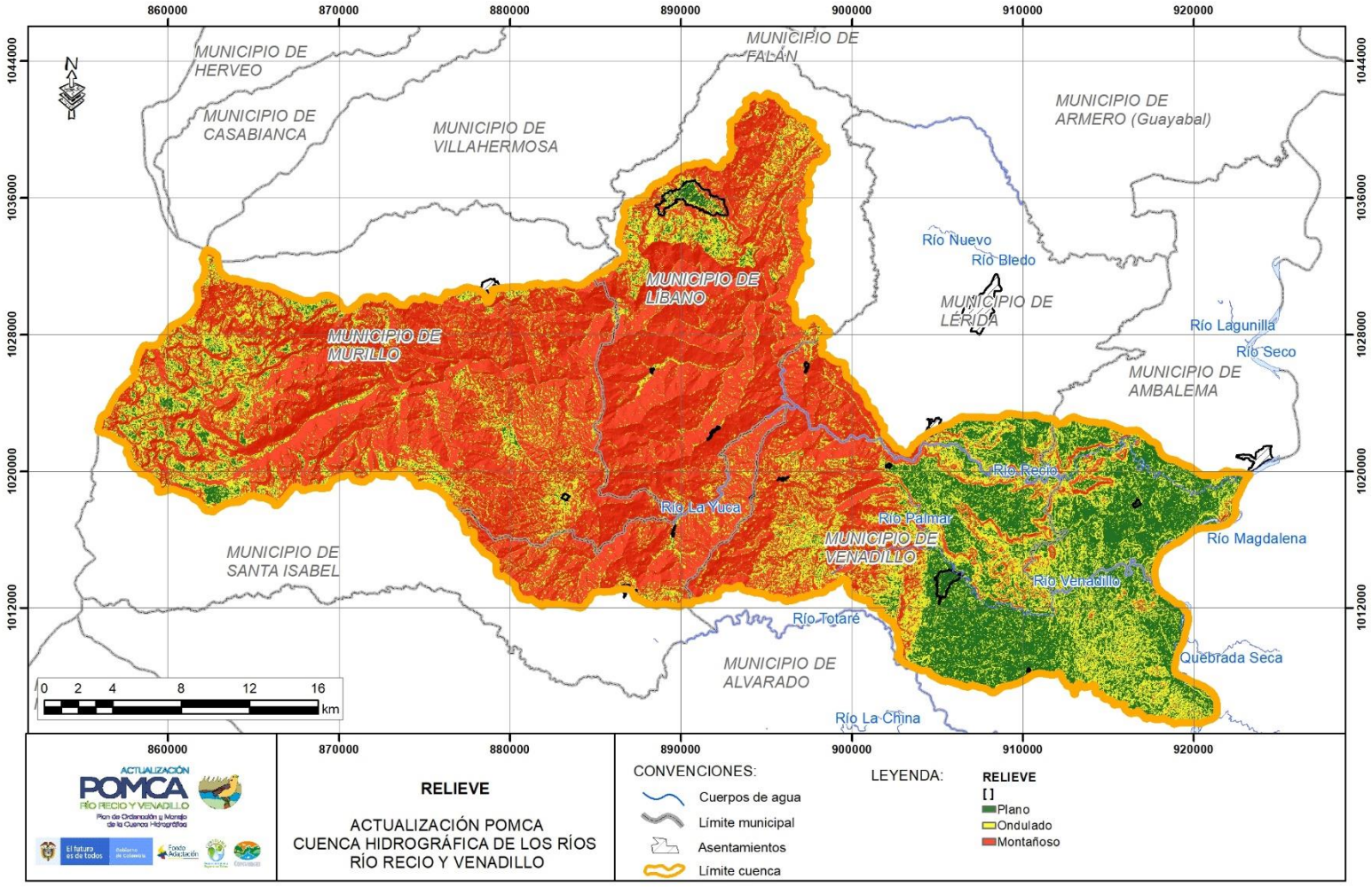
Tabla 4. Categorías del Relieve de las Zonas Rurales Homogéneas

Relieve	Inclinación (Grados)
Plana	0 - 5
Ondulada	5 -15
Montañosa	> 15

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

En la Figura 14 se representan las categorías de relieve en la zona rural para la cuenca.

Figura 14 Categorías de relieve en la zona rural.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

De acuerdo a lo exigido por la guía del Fondo de Adaptación en la Tabla 5 se referencian las zonas homogéneas de la zona rural teniendo en cuenta la combinación de las categorías socioeconómica y relieve.

Tabla 5 Zonas rurales homogéneas (ZHR)

ZHR	Categoría Socioeconómica	Relieve
1	Alta	Ondulado
2	Alta	Montañoso
3	Alta	Plano
4	Baja	Montañoso
5	Baja	Ondulado
6	Baja	Plano
7	Media	Ondulado
8	Media	Montañoso
9	Media	Plano

Fuente: (MINAMBIENTE, 2014)

De la misma forma , en la Tabla 6 se presentan los atributos obtenidos para las zonas homogéneas determinadas para las zonas rurales, teniendo en cuenta que la zonificación rural se realizó con base en el tipo de uso del suelo, el cual fue generado mediante una reclasificación del mapa de cobertura y uso, obtenido para el POMCA.

Tabla 6 Atributos zonas homogéneas zonas rurales (ZHR)

Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Categoría Socioeconómica	Tipo de Relieve	ZHR
1	1215	Agricultura	Ondulado	Alta	1
2	2716	Agropecuario	Ondulado	Alta	1
3	2223	Conservación	Ondulado	Alta	1
4	98	Cuerpos de Agua Naturales	Ondulado	Alta	1
5	6	Forestal	Ondulado	Alta	1
6	4171	Ganadería	Ondulado	Alta	1
7	38	Infraestructura	Ondulado	Alta	1
8	18	Otros usos	Ondulado	Alta	1
9	2625	Silvopastoril	Ondulado	Alta	1
10	3	Zoocultura	Ondulado	Alta	1
11	4516	Agricultura	Montañoso	Alta	2
12	4023	Agropecuario	Montañoso	Alta	2
13	1804	Conservación	Montañoso	Alta	2
14	234	Cuerpos de Agua Naturales	Montañoso	Alta	2

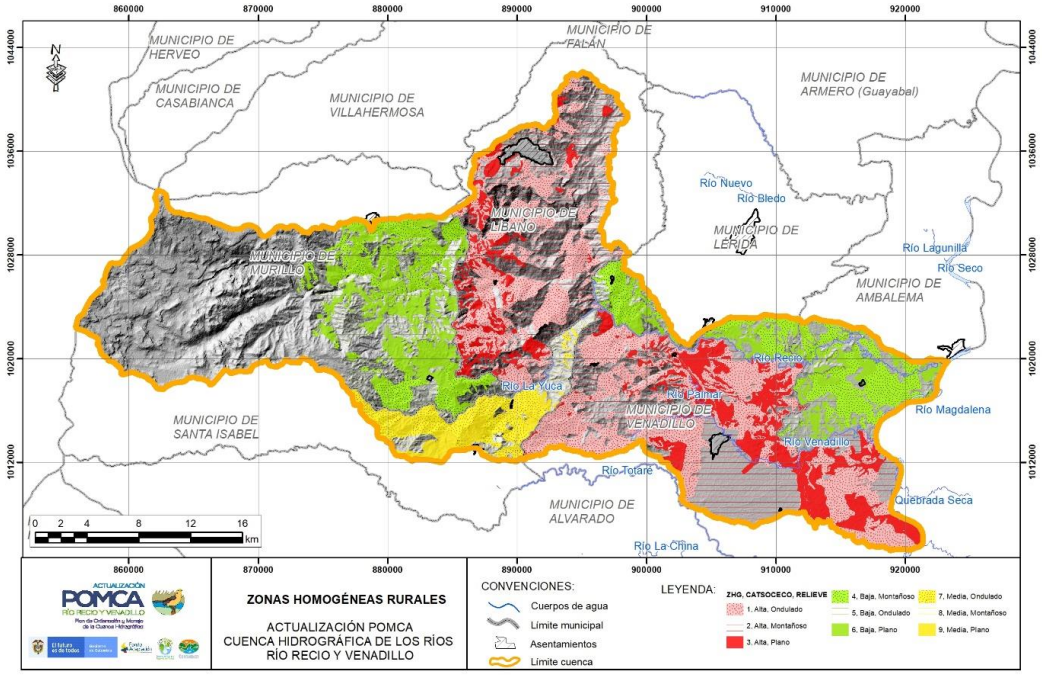
Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Categoría Socioeconómica	Tipo de Relieve	ZHR
15	3515	Ganadería	Montañoso	Alta	2
16	146	Infraestructura	Montañoso	Alta	2
17	14	Otros usos	Montañoso	Alta	2
18	1549	Silvopastoril	Montañoso	Alta	2
19	0	Sin uso	Montañoso	Alta	2
20	47	Zoocultura	Montañoso	Alta	2
21	340	Agricultura	Plano	Alta	3
22	874	Agropecuario	Plano	Alta	3
23	813	Conservación	Plano	Alta	3
24	41	Cuerpos de Agua Naturales	Plano	Alta	3
25	5120	Ganadería	Plano	Alta	3
26	20	Infraestructura	Plano	Alta	3
27	15	Otros usos	Plano	Alta	3
28	766	Silvopastoril	Plano	Alta	3
29	3	Sin uso	Plano	Alta	3
30	5	Zoocultura	Plano	Alta	3
31	3168	Agricultura	Montañoso	Baja	4
32	292	Agropecuario	Montañoso	Baja	4
33	1770	Conservación	Montañoso	Baja	4
34	197	Cuerpos de Agua Naturales	Montañoso	Baja	4
35	1317	Ganadería	Montañoso	Baja	4
36	48	Infraestructura	Montañoso	Baja	4
37	419	Silvopastoril	Montañoso	Baja	4
38	43	Zoocultura	Montañoso	Baja	4
39	619	Agricultura	Ondulado	Baja	5
40	351	Agropecuario	Ondulado	Baja	5
41	3641	Conservación	Ondulado	Baja	5
42	128	Cuerpos de Agua Naturales	Ondulado	Baja	5
43	2348	Ganadería	Ondulado	Baja	5
44	17	Infraestructura	Ondulado	Baja	5
45	688	Silvopastoril	Ondulado	Baja	5
46	5	Zoocultura	Ondulado	Baja	5
47	259	Agricultura	Plano	Baja	6
48	334	Agropecuario	Plano	Baja	6
49	1387	Conservación	Plano	Baja	6
50	17	Cuerpos de Agua Naturales	Plano	Baja	6
51	4077	Ganadería	Plano	Baja	6
52	29	Infraestructura	Plano	Baja	6
53	771	Silvopastoril	Plano	Baja	6
54	3	Zoocultura	Plano	Baja	6
55	382	Agricultura	Ondulado	Media	7
56	595	Agropecuario	Ondulado	Media	7
57	478	Conservación	Ondulado	Media	7

Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Categoría Socioeconómica	Tipo de Relieve	ZHR
58	22	Cuerpos de Agua Naturales	Ondulado	Media	7
59	979	Ganadería	Ondulado	Media	7
60	15	Infraestructura	Ondulado	Media	7
61	2	Otros usos	Ondulado	Media	7
62	190	Silvopastoril	Ondulado	Media	7
63	250	Agricultura	Montañoso	Media	8
64	546	Agropecuario	Montañoso	Media	8
65	76	Conservación	Montañoso	Media	8
66	6	Cuerpos de Agua Naturales	Montañoso	Media	8
67	530	Ganadería	Montañoso	Media	8
68	8	Infraestructura	Montañoso	Media	8
69	17	Minería	Montañoso	Media	8
70	19	Silvopastoril	Montañoso	Media	8
71	0	Sin uso	Montañoso	Media	8
72	69	Agricultura	Plano	Media	9
73	81	Agropecuario	Plano	Media	9
74	155	Conservación	Plano	Media	9
75	2	Cuerpos de Agua Naturales	Plano	Media	9
76	777	Ganadería	Plano	Media	9
77	6	Infraestructura	Plano	Media	9
78	62	Silvopastoril	Plano	Media	9
79	0	Sin uso	Plano	Media	9

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Po último, en la Figura 15 se presenta la localización y clasificación de las ZHR que fueron seleccionadas para trabajar en la zona de estudio.

Figura 15. Zonas homogéneas rurales.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Para el cálculo del índice de pérdida o daño (IP) la metodología requiere los siguientes indicadores económicos y de desarrollo:

7.1.1.1 Indicadores económicos y de desarrollo

Estos indicadores se obtendrán para la fecha estimada o escenario de amenaza definido previamente. Los indicadores económicos para la zona rural se obtuvieron para las zonas productivas y áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales. Este indicador se trabajó a partir del precio estimado por hectárea en cada zona.

En este orden de ideas, el objetivo de estos indicadores es el de obtener los valores de reposición estimados del bien en los casos que ello aplique.

Como **indicadores de exposición para las zonas rurales** en la zona de estudio se utilizaron los siguientes:

El Valor de reposición para las zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadores de servicios ambientales representa los costos de los elementos expuestos en la zona rural tanto de tipo de económico productivo como de tipo ambiental.

Este factor se calculó mediante la multiplicación del área de la zona o productiva o área estratégica por el índice de precios por hectárea estimado para Colombia. Esta valoración no incluye el valor del terreno en el cual está localizado. Corresponde únicamente a un valor de reposición de la pérdida de este.

Con el objetivo de asignar un valor comercial y de reposición a las zonas productivas fue necesario reclasificar el mapa de coberturas del Corine Land Cover en los tipos de usos de acuerdo a las principales actividades productivas de la zona de estudio. Contando con los usos y dependiendo de la localización de dichos polígonos en la zona de estudio se le asignó un valor comercial y de reposición.

Esta asignación de precios se realizó mediante la ponderación de los valores estimados para Colombia y por apreciaciones de precios de mercado los cuales representan parcialmente la realidad de la cuenca.

En las Tabla 7 y Tabla 8 se definen los valores aproximados promedio de reposición y comerciales de los elementos expuestos que se encuentran en la zona rural, los cuales fueron clasificados previamente teniendo en cuenta su tipo de uso. Las tablas presentan los valores promedio por reposición y comerciales en pesos por hectárea y en dólares por hectárea.

Tabla 7. Índice de precios unitarios (IVE) promedio para los elementos expuestos de la zona rural

Grupo de uso	Índice de Precios Unitarios por ha (COP)	IVE (USD)
Infraestructura	$ 24’999.000	8333
Agricultura	$ 4’800.000	1600
Conservación	$ 14’400.000	4800
Ganadería	$ 6’801.000	2267
Ganadería	$ 6’399.000	2133
Cuerpos de Agua Naturales	$ 14’400.000	4800
Silvopastoril	$ 5’499.000	1833
Zoocultura	$ 6’000.000	2000
Agricultura	$ 8’001.000	2667
Agropecuario	$ 5’001.000	1667
Agricultura	$ 5’001.000	1667
Forestal	$ 6’000.000	2000
Otros usos	$ 6’000.000	2000
Sin Uso	$ 14’400.000	4800
Minería	$ 75’000.000	25000

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Tabla 8. Valores comerciales promedio para los elementos expuestos de la zona rural

Grupo de uso	Valor Comercial por ha (COP)	Valor Inicial (USD)
Infraestructura	49’998.000	173597,22
Agricultura	5’522.153	1667
Conservación	20’160.000	2667
Ganadería	8’500.485	8333
Ganadería	15’997.500	25000
Cuerpos de Agua Naturales	28’786.504	2133
Silvopastoril	7’478.957	2833
Zoocultura	7’200.635	2267
Agricultura	8’001.000	2000

Grupo de uso	Valor Comercial por ha (COP)	Valor Inicial (USD)
Agropecuario	9'002.700	2000
Agricultura	5'500.642	4800
Forestal	6'839.552	1833
Otros usos	7'499.325	1834
Sin Uso	36'000.000	1835
Minería	149'929.709	1836

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

• El **Área total zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadores de servicios ambientales** índica la cantidad de área promedio que se encuentra dedicada a cada zona productiva o área estratégica por cada zona rural homogénea del área de estudio. Esto se resume matemáticamente en la siguiente expresión:

Área total (CM) = (área ocupada promedio por tipo de uso/ha)* área del polígono

• El **Valor total de reposición (Vuso)** representa los costos de los elementos expuestos en la zona rural. El Vuso se calcula mediante la multiplicación del área total de las zonas productivas o áreas estratégicas (CM) por el índice de precios unitarios por hectárea promedio de la zona. El Valor de uso se calcula mediante la siguiente expresión:

Vuso(US$) = CM (ha)* IVE(US$/ha)

Dónde:
Vuso: valor expuesto de cada uso o valor total de reposición
CM: cantidad de área dedicada a cada uso (Ha)
IVE: índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona

Teniendo en cuenta el análisis de las variables anteriormente presentadas (ver Tabla 9 y Tabla 10) se calcularon los índices comprendidos en el cálculo del modelo de exposición por municipio y después se calcularon unos valores globales para la zona rural de la cuenca, los cuales se presentan en la Tabla 11.

Tabla 9. Indicadores para el modelo de exposición para zonas rurales

ZHR	Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Promedio (ha) Uso	CM (ha/Tipo de Uso)	IVE (USD/ha)	V uso (USD)
1	1	1215	Agricultura	10	11633	1600	18612695,7
1	2	2716	Agropecuario	10	27125	1667	45218000,4
1	3	2223	Conservación	22	49427	4800	237249104
1	4	98	Cuerpos de Agua Naturales	10	959	4800	4605259,32
1	5	6	Forestal	6	37	2000	74081,4268
1	6	4171	Ganadería	7	29093	2267	65954398,5
1	7	38	Infraestructura	5	205	8333	1711826,39
1	8	18	Otros usos	3	54	2000	107277,61
1	9	2625	Silvopastoril	17	45316	1833	83064156

ZHR	Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Promedio (ha) Uso	CM (ha/Tipo de Uso)	IVE (USD/ha)	V uso (USD)
1	10	3	Zoocultura	0	1	2000	2086.83803
2	11	4516	Agricultura	24	109628	1600	175404968
2	12	4023	Agropecuario	12	50119	1667	83548895,6
2	13	1804	Conservación	16	29590	4800	142030272
2	14	234	Cuerpos de Agua Naturales	26	6104	4800	29301578,2
2	15	3515	Ganadería	6	21306	2267	48300079,8
2	16	146	Infraestructura	29	4250	8333	35418606,3
2	17	14	Otros usos	2	25	2000	50970.0254
2	18	1549	Silvopastoril	11	16441	1833	30135919,3
2	19	0	Sin uso	0	0	4800	548.049282
2	20	47	Zoocultura	2	109	2000	218947,255
3	21	340	Agricultura	6	2063	1600	3301094,73
3	22	874	Agropecuario	8	7142	1667	11904913,3
3	23	813	Conservación	12	9438	4800	45300877,6
3	24	41	Cuerpos de Agua Naturales	4	166	4800	794701,128
3	25	5120	Ganadería	15	78947	2267	178971794
3	26	20	Infraestructura	5	98	8333	815031,9
3	27	15	Otros usos	3	43	2000	85967,3573
3	28	766	Silvopastoril	12	9168	1833	16805046
3	29	3	Sin uso	2	6	4800	29133,7917
3	30	5	Zoocultura	0	2	2000	3739,15662
4	31	3168	Agricultura	52	164526	1600	263241197
4	32	292	Agropecuario	8	2298	1667	3831338,62
4	33	1770	Conservación	19	34436	4800	165291022
4	34	197	Cuerpos de Agua Naturales	33	6443	4800	30926664,2
4	35	1317	Ganadería	5	6700	2267	15188284,9
4	36	48	Infraestructura	6	290	8333	2417993,57
4	37	419	Silvopastoril	9	3818	1833	6997667,92
4	38	43	Zoocultura	21	908	2000	1815635,52
5	39	619	Agricultura	11	7096	1600	11353352
5	40	351	Agropecuario	9	3336	1667	5561511,39
5	41	3641	Conservación	32	116287	4800	558176369
5	42	128	Cuerpos de Agua Naturales	16	2048	4800	9831051,05
5	43	2348	Ganadería	7	15393	2267	34896579,3
5	44	17	Infraestructura	3	51	8333	422536,948
5	45	688	Silvopastoril	12	8442	1833	15473964,4
5	46	5	Zoocultura	5	29	2000	57348,7639
6	47	259	Agricultura	7	1911	1600	3057507,42
6	48	334	Agropecuario	12	3989	1667	6648887,19
6	49	1387	Conservación	15	20914	4800	100385274
6	50	17	Cuerpos de Agua Naturales	3	50	4800	238075,183
6	51	4077	Ganadería	12	50064	2267	113494633

ZHR	Polígono	Área (Ha)	Grupo de uso	Promedio (ha) Uso	CM (ha/Tipo de Uso)	IVE (USD/ha)	V uso (USD)
6	52	29	Infraestructura	5	143	8333	1193209.81
6	53	771	Silvopastoril	16	12373	1833	22679650,3
6	54	3	Zoocultura	1	3	2000	6564,29362
7	55	382	Agricultura	13	5029	1600	8046626,03
7	56	595	Agropecuario	14	8038	1667	13398733,7
7	57	478	Conservación	23	10871	4800	52178889,4
7	58	22	Cuerpos de Agua Naturales	22	468	4800	2248726,01
7	59	979	Ganadería	8	7994	2267	18122938,9
7	60	15	Infraestructura	4	54	8333	453675,433
7	61	2	Otros usos	2	3	2000	5915,43781
7	62	190	Silvopastoril	9	1713	1833	3140248,1
8	63	250	Agricultura	11	2840	1600	4543750,53
8	64	546	Agropecuario	14	7849	1667	13084990,6
8	65	76	Conservación	7	525	4800	2521298,35
8	66	6	Cuerpos de Agua Naturales	6	31	4800	151004,546
8	67	530	Ganadería	8	4465	2267	10122584,4
8	68	8	Infraestructura	4	33	8333	274764,406
8	69	17	Minería	17	276	25000	6889053,53
8	70	19	Silvopastoril	2	38	1833	70107,4521
8	71	0	Sin uso	0	0	4800	266,473886
9	72	69	Agricultura	4	301	1600	481533,826
9	73	81	Agropecuario	5	385	1667	641617,702
9	74	155	Conservación	10	1504	4800	7217540,06
9	75	2	Cuerpos de Agua Naturales	2	6	4800	29877,6866
9	76	777	Ganadería	13	9741	2267	22081973,7
9	77	6	Infraestructura	2	9	8333	78865,3969
9	78	62	Silvopastoril	8	473	1833	867035,916
9	79	0	Sin uso	0	0	4800	830,309042

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Una vez analizada la exposición en función de los indicadores o estimativos presentados anteriormente, es posible determinar los valores expuestos totales, para obtener una cuantificación global de cifras. De igual forma, es posible determinar una serie de indicadores a nivel de la cuenca, que permiten comparar una cuenca con otra e identificar posibles problemas gruesos con los estimativos realizados. Estos indicadores permiten obtener un modelo consistente y calibrado entre cuencas.

7.1.1.2 Índice de pérdida o índice de daño (IP)

El índice de pérdida se utiliza para cuantificar los daños que podrían sufrir los elementos expuestos por cada tipo de fenómeno amenazante. Los alcances técnicos y protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en POMCAs sugiere el proceso planteado por Leone para definir este índice como se muestra a continuación.

$$IP = \frac{V_i - V_f}{V_i}$$

Donde,

Vi: Valor inicial del bien (antes del evento).
Vf: Valor final del bien (después del evento o valor de reposición - Vuso).
Este índice se calculó para cada una de las zonas homogéneas analizadas. En la Tabla 10, se presenta la clasificación propuesta para el índice de pérdidas.

Tabla 10. Índice de Pérdidas propuesto

Valor	Categoría Índice De Pérdidas
0,66 – 1,00	Alta
0,33 – 0,66	Media
0,00 – 0,33	Baja

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Lo que se busca con la generación del modelo de exposición en últimas, es identificar las posibles pérdidas humanas y económicas que se puedan presentar debido a la ocurrencia de un evento amenazante.

Por lo tanto, se calculó el modelo de exposición para la zona rural. En la Tabla 11 se indica el valor total de los índices de reposición o pérdidas y valores comerciales de las actividades productivas y áreas estratégicas, generadoras de servicios ambientales.

Tabla 11 Índice de Pérdidas para las Zonas rurales homogéneas (ZHR)

Zhr	V Uso (Usd)	Valor Inicial (Usd)	Ip
1	1.453’704.045	1.851’765.737	0,21
2	3.369’956.881	6.101’996.874	0,45
3	510’342.653	695’109.936	0,27
4	1.192’048.632	1.719’032.416	0,31
5	480’241.994	591’391.981	0,19
6	390’364.302	526’020.845	0,26
7	543’399.508	662’832.452	0,18
8	129’083.306	275’937.269	0,53
9	49’524.463	69’978.458	0,29

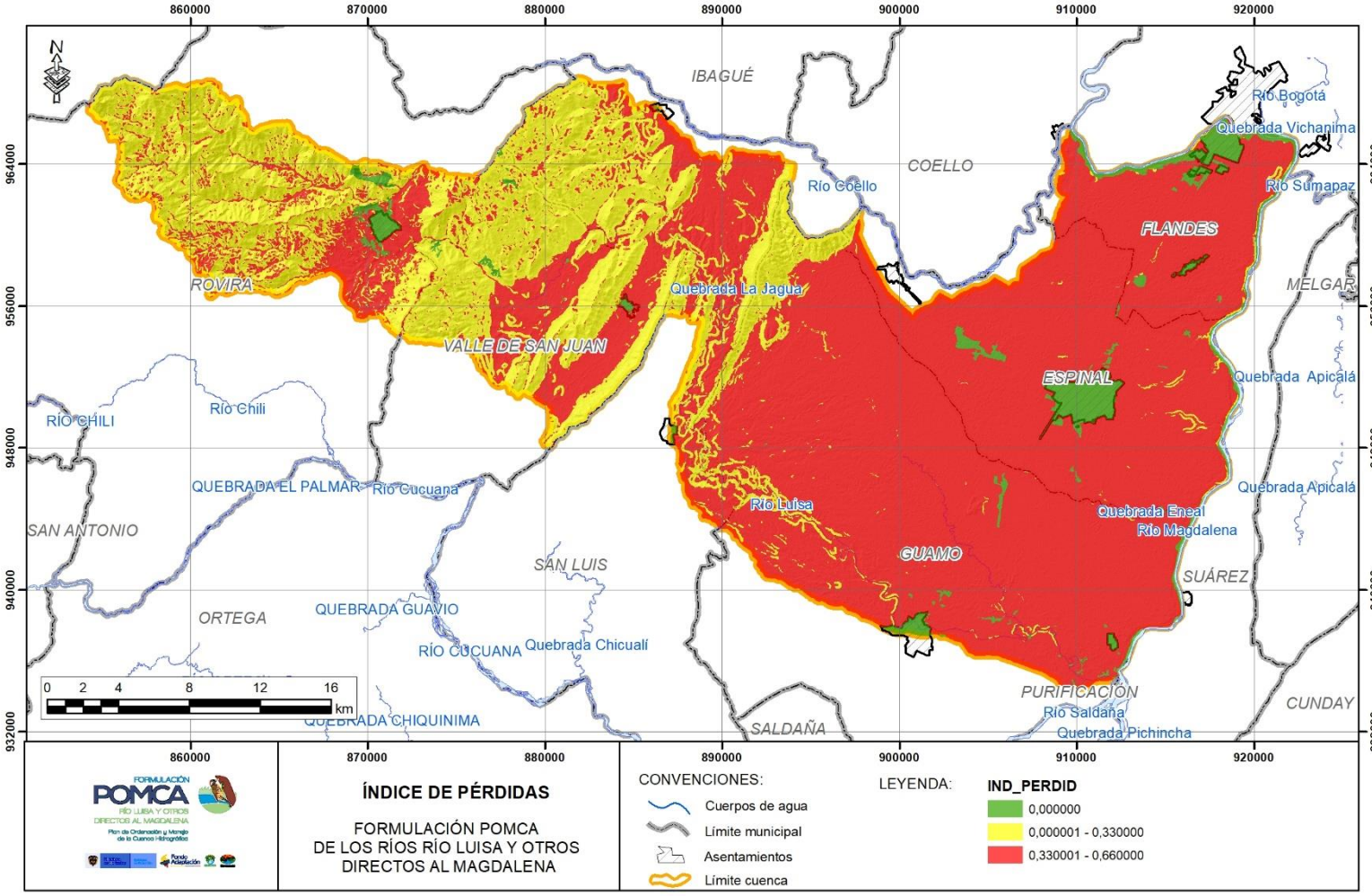
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

En la Tabla 11 se pueden observar las pérdidas para cada una de las Zonas rurales homogéneas (ZHR). La ZHR 8 presenta el mayor índice de pérdidas (0,53) con un costo de reposición total de 129’083.306 USD y un costo comercial de 275,937,269 USD. En segundo y tercer lugar se encuentran las ZHR 2 y 4 con unos índices de pérdidas de 0,45 y 0,31 respectivamente.

La ZHR 2 presenta los mayores costos de reposición total de la zona rural, con un valor de 3.369’956.881 USD y unos costos comerciales de 6.101’996.874 USD, los cuales corresponden a un área de 19,046 ha.

Por último, la ZHR 5 presenta el menor índice de pérdidas con un valor de 0,19 con un costo de reposición total de las actividades productivas y áreas estratégicas de 480’241.994 USD, un costo comercial de 591’391.981 USD, los cuales corresponden a un total de 10,081 ha. A continuación, se muestra la espacialización de este indicador en la cuenca.

Figura 16 Índice de pérdidas cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2 ÍNDICE DE FRAGILIDAD (IF)

Bajo el Modelo de Indicadores de Vulnerabilidad, esta se plantea como un factor interno de riesgo y se relaciona con la exposición, con la susceptibilidad física de los elementos expuestos a ser afectados por la ocurrencia de un desastre o fragilidad física, la fragilidad social y ecosistémica y la resiliencia de las comunidades para responder ante un desastre o absorber su impacto. El índice de fragilidad varía entre 0 y 1 tal como se detalla enseguida.

7.2.1 Fragilidad Física (FF)

Este tipo de fragilidad es la condición de susceptibilidad de los asentamientos humanos de ser afectados, por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su falta de resistencia física ante los mismos. Inicialmente se estima la fragilidad física por el método planteado por el alcance técnico dependiendo explícitamente de la exposición a las amenazas, de tal forma que coberturas o áreas expuestas a amenazas se plantean más frágiles físicamente así: áreas expuestas a amenazas altas son completamente frágiles (valor 1); áreas expuestas a amenazas medias son moderadamente frágiles (valor 0,5); y áreas expuestas a amenazas bajas presentan fragilidad nula (valor 0).

Luego de lo anterior y considerando que la fragilidad física depende fundamentalmente de las características físicas intrínsecas de los elementos expuestos y no de la calificación de amenaza calculada para POMCAs, sumado a que no se pide la estimación de una fragilidad socioeconómica, se enfoca este ítem más a esta última que a la primera incorporando las variables sociales, económicas y culturales de las cuales sí se tiene mejor información existente y levantada por el proyecto en el territorio. Bajo el supuesto de <<fragilidad física>> planteado en el protocolo se presenta esta en las Figura 17, Figura 18, Figura 19 y Figura 20 para los elementos expuestos de infraestructura estratégica (postes, colegios, centros de salud, lugares de interés cultural, centros de acopio, centros de prestación y generación de servicios vitales, vías, elementos lineales para la prestación de servicios, entre otros) que por ser elementos puntuales o lineales se encuentran incorporados en las áreas sujetas de evaluación de los demás índices estando estos implícitos en la zonificación de las condiciones de vulnerabilidad y riesgo para la cuenca.

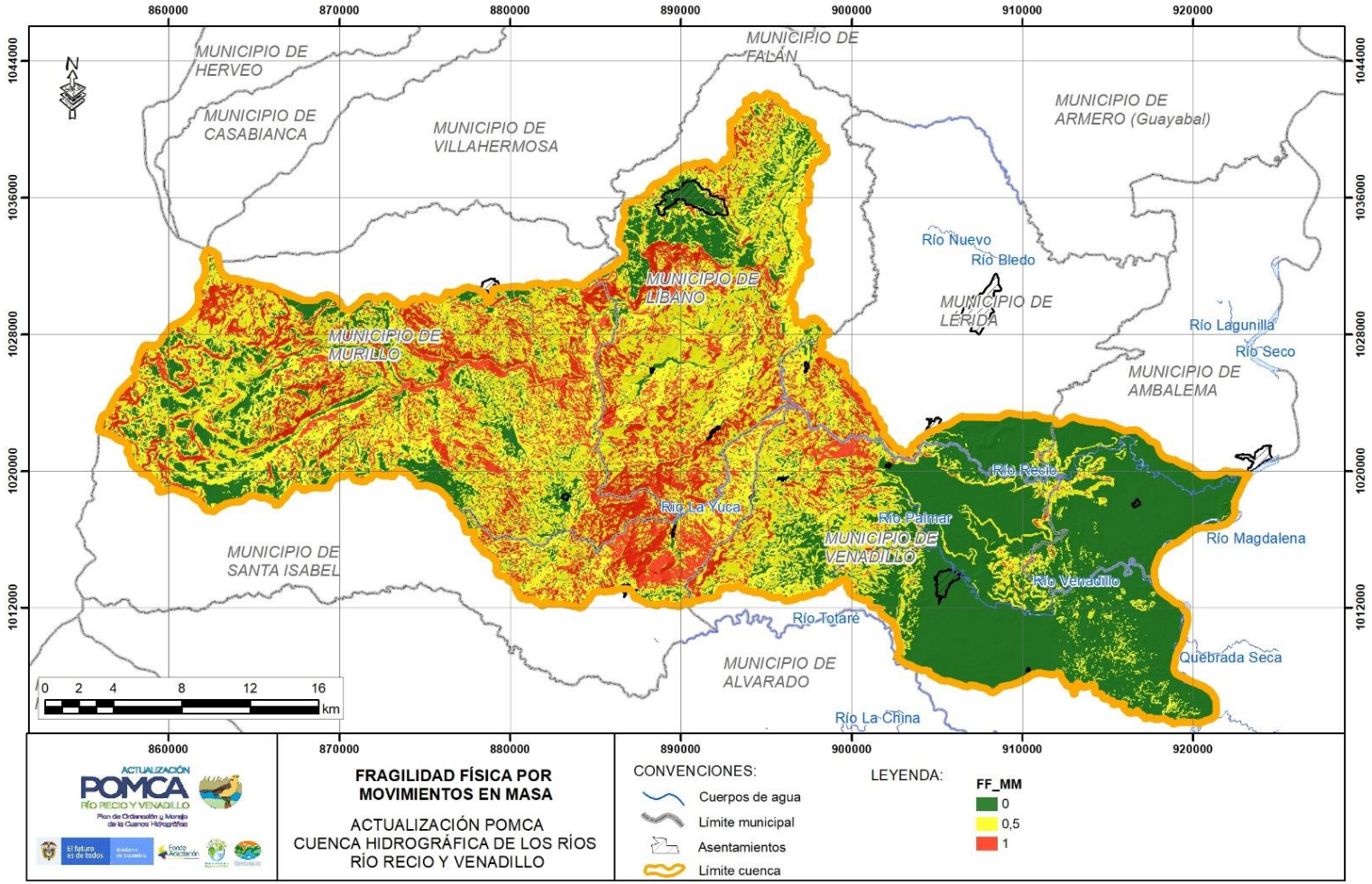
Complementariamente a las fragilidades descritas, se estima la fragilidad física por el método planteado por el ministerio dependiendo explícitamente de la exposición a las amenazas, de tal forma que coberturas o áreas expuestas a amenazas se plantean más frágiles físicamente como se indicó en líneas anteriores. La clasificación de este indicador se presenta en la Tabla 12. En la Figura 29, se presenta el índice de fragilidad física propuesto para los POMCA.

Tabla 12. Clasificación de la Fragilidad física

Nivel de amenaza	Índice De Fragilidad Física
Alta	1,0
Media	0,5
Baja	0,0

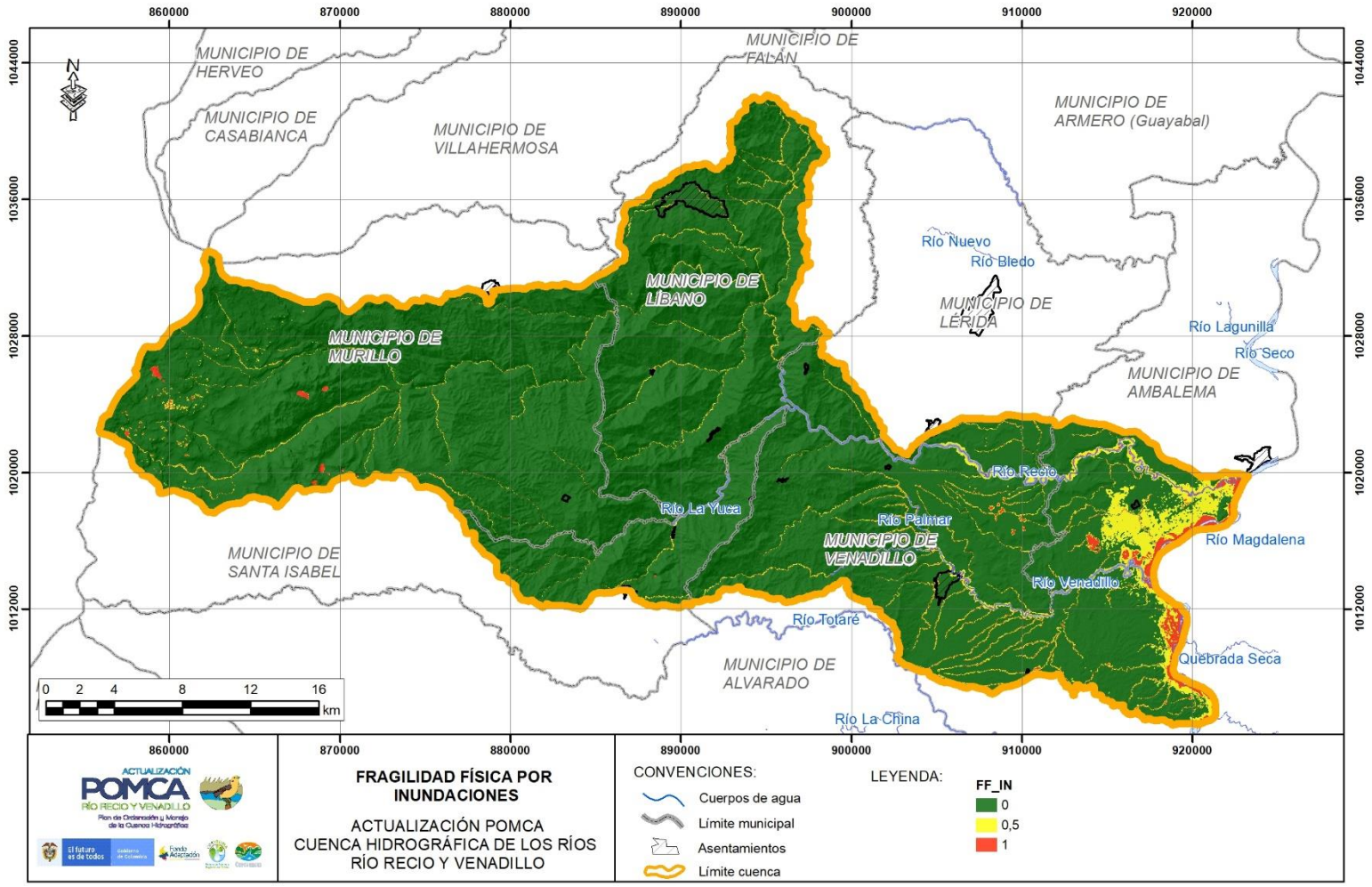
Fuente: Protocolo para la incorporación de riesgo en POMCAS, 2.014

Figura 17. Fragilidad Física por movimientos en masa



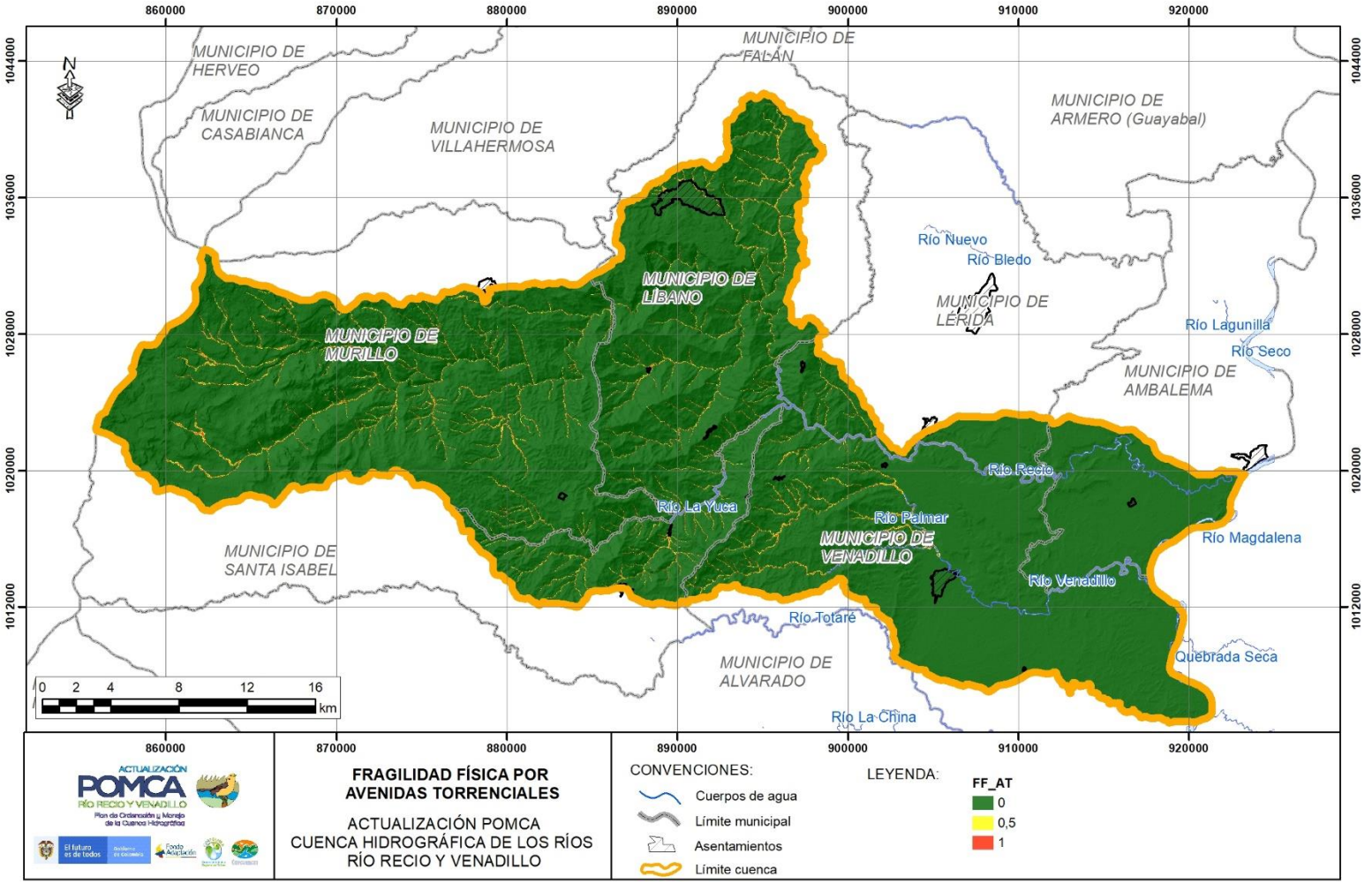
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 18. Fragilidad Física por inundaciones



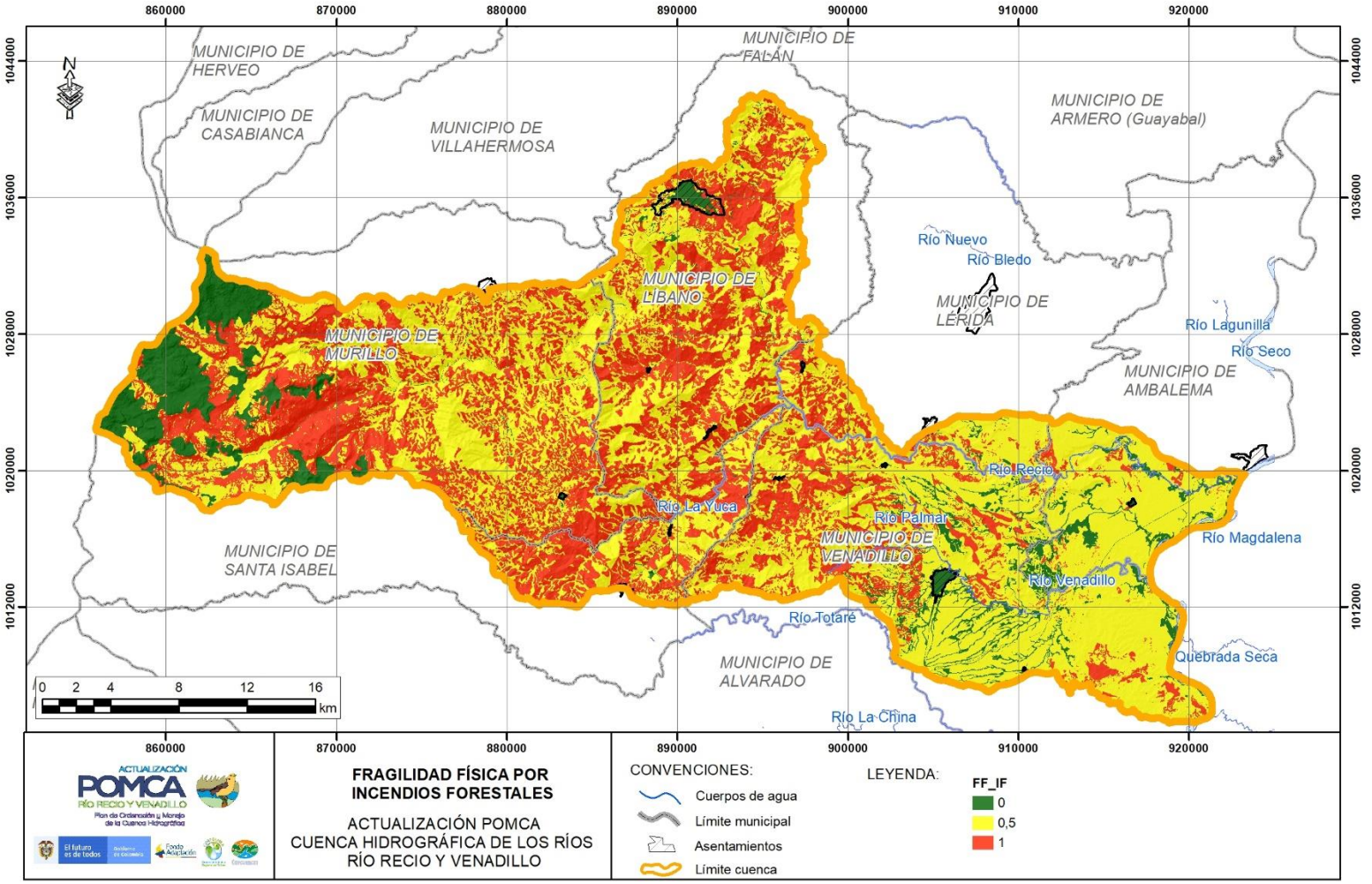
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 19. Fragilidad Física por avenidas torrenciales



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 20. Fragilidad Física por incendios de la cobertura vegetal de la cuenca



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2.2 Fragilidad Socio – Cultural (FSC)

La adopción de este índice es una adaptación a la metodología de evaluación de la vulnerabilidad presentada por la Universidad Nacional (2.013). Este índice se calcula de la siguiente manera:

$$Fragilidadsociocultural(Fsc) = Condicionesdevida(ICV) + DimensiónCultural(Fc)$$

7.2.2.1 Índice De Condiciones de Vida (ICV)

El ICV mide el número condiciones satisfechas de la población, incluyendo niveles de marginalidad o exclusión social, refleja las condiciones socioeconómicas de los hogares urbanos y rurales de las áreas en estudio. En cuanto a las variables de análisis que están relacionadas con educación y capital humano, calidad de la vivienda y tamaño y composición del hogar. El mínimo normativo garantizado por la Constitución es de 67 (Departamento Nacional de Planeación, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Humano, Equipo Técnico del Programa Nacional de Desarrollo Humano, & Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo, n.d.). Según lo dispuesto en los alcances técnicos

La Tabla 13, muestra los valores y las categorías para la evaluación del ICV.

Tabla 13. Valores ICV y categorías para la evaluación de coberturas "tejido urbano" y "tejido urbano discontinuo". (Tomado de UNAL, 2.013, tabla 16)

Valor	ICV	Categoría
0,10	Mayor de 80	Baja
0,25	Mayor de 67 y menor que 80	Media
0,50	Menor de 67	Alta

Fuente: Protocolo para la incorporación de riesgo en POMCAS, 2.014

Los valores del índice de condiciones de vida de los municipios (ver Tabla 14) que conforman la cuenca de los ríos Recio y Venadillo se obtuvieron a partir de información disponible del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) censo de 2.011 y del Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial nacional (SIGOT), donde se observó que todos los valores de ICV se encuentran por debajo de 67 por lo que presentan una categoría de fragilidad alta donde los municipios de Líbano y Santa Isabel son los que presentan una fragilidad mayor por presentan los menores valores de ICV.

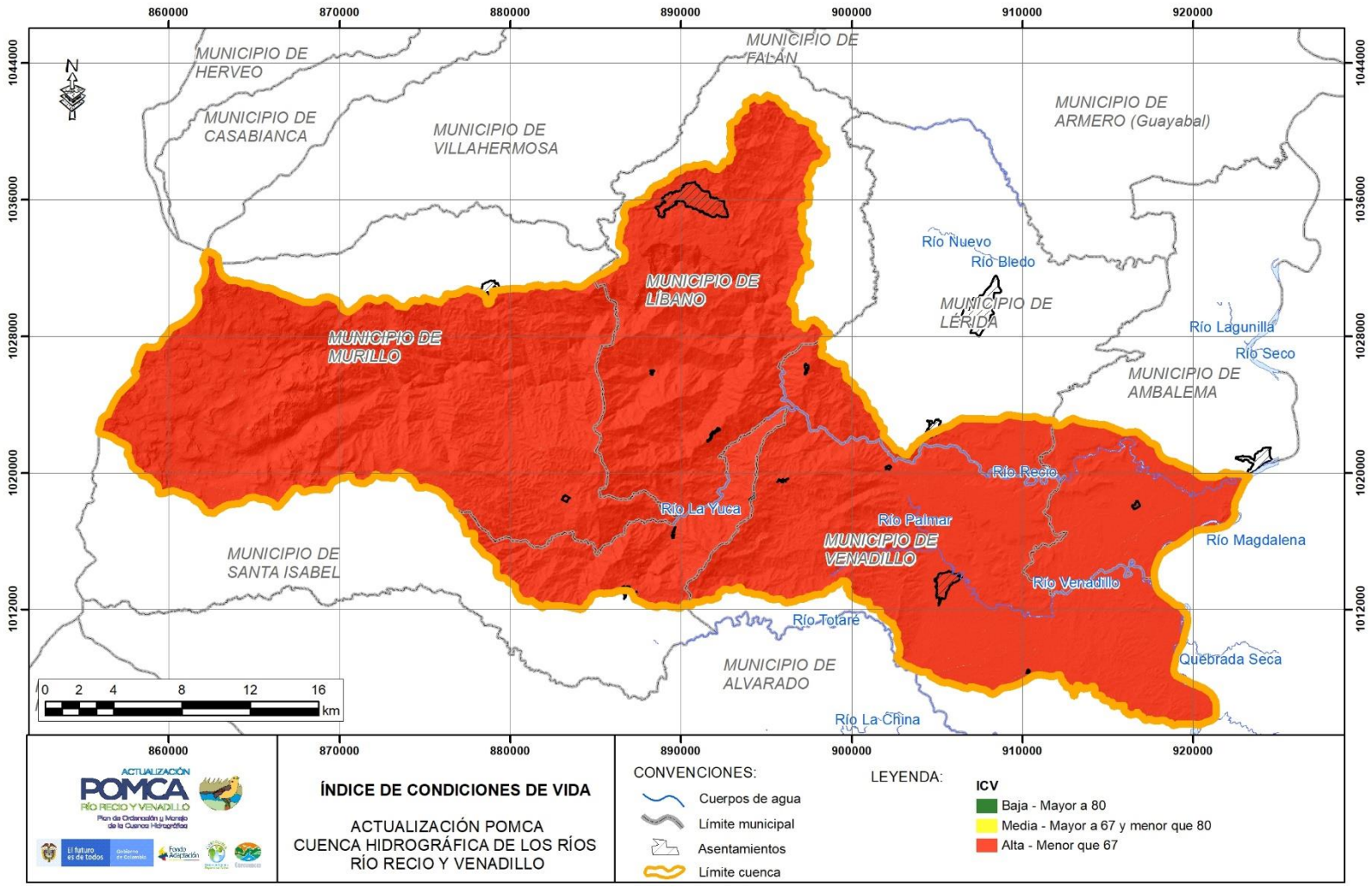
Tabla 14. Índice de Condiciones de Vida para los municipios del área de Estudio

Municipio	ICV
Líbano	49,55
Santa Isabel	50,19
Murillo	45,69
Venadillo	51,1
Lérida	64,65
Ambalema	62,59

Fuente: Tomado de DANE (2.011)

En la siguiente imagen se presenta el mapa de índice de condiciones de vida para la cuenca de los ríos Recio y Venadillo.

Figura 21. Índice de Condiciones de Vida de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2.2.2 Fragilidad Cultural

La dimensión cultural (Figura 22) se incluye de forma indirecta puesto que existen coberturas, que aunque no están ocupadas por población, constituyen patrimonio natural o en áreas apropiadas para el desarrollo de actividades de recreación o de contemplación, o de fuentes de subsistencia de comunidades.

Se debe agregar también a la fragilidad cultural, las áreas de manejo especial (Resguardos y reservas Indígenas, Consejos Comunitarios de Comunidades Afrocolombianas, etc.) en cuanto a que estas corresponden a zonas de patrimonio multicultural. Estas zonas de manejo especial son importantes en cuanto a que cada una de ellas contribuye con tradiciones, costumbres, lenguas, formas de vestir, formas de alimentarse y pensar únicas. Forman parte del mosaico socio-cultural del país y le aportan identidad y pluralidad.

Las áreas que se definen teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 15. Categorías para Fragilidad cultural

Fragilidad cultural (Fc)		
Valor	**Áreas de Patrimonio Natural o Dimensión Cultural**	**Categoría**
0,00	- Áreas sin ningún tipo de conservación o protección.	Baja
0,25	- Áreas de Conservación de Segundo Grado.	Media
0,50	- Áreas de Manejo Especial legalmente constituidas. - Áreas Protegidas.	Alta

Fuente: (adaptado de UNAL, 2013)

Teniendo en cuenta el análisis y la revisión de información primaria y secundaria, se identificó parte del parque Nacional Natural Los Nevados como patrimonio natural en la zona de estudio, la cual constituye una de las zonas naturales más importantes del país, donde por su costado oriental descienden varios ríos del norte del departamento del Tolima, que abastecen municipios como Casablanca, Villahermosa, Santa Isabel, Anzoátegui, Líbano e Ibagué.

En la cuenca de estudio, el municipio de Murillo cuenta con 8.966 ha dentro del Parque Nacional Natural Los Nevados, las cuales representan el 15,4% del área total del parque y el 20% del área del municipio. Adicionalmente, la zona Amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados, busca controlar y atenuar los impactos negativos antrópicos, producto de las actividades insostenibles de producción, que puedan ejercer sobre el Parque Nacional Natural Los Nevados alterando el equilibrio ecosistémico del mismo. Está zona comprende un área aproximada de 126.063 ha, de las cuales 42.668 ha equivalen al 34% las cuales se encuentran ubicadas en el departamento del Tolima. De esta zona de amortiguación el municipio de Murillo cuenta con 9.441 ha lo que equivale al 22% del área del municipio. De acuerdo con la cartografía generada las áreas bajo Parques Naturales abarcan aproximadamente 8.127 ha.

Por otro lado, dentro de la cuenca de estudio se encuentran predios declarados como reserva forestal, los cuales suman un total de 1.087 ha y constituyen ecosistemas de

bosque seco tropical (Predio Las Damas), ecosistema de bosque húmedo pre-montano (predio Purace), ecosistema de bosque sub –andino (predio Porvenir II), ecosistema de bosque seco tropical (Predio Uno) y el ecosistema de bosque sub –andino (Predio Porvenir), donde se almacenan nacimientos de fuentes hídricas que forman parte de la cuenca del río Venadillo.

A nivel cultural, la cuenca no posee ningún lugar que sea reconocido como patrimonio cultural por la UNESCO o el Ministerio de Cultura de Colombia, y según el Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH no se tiene registro de sitios de arqueológicos en la cuenca. Por ello, a continuación, se relacionan los sitios de interés cultural que se registran en lo Esquemas de Ordenamiento Territorial y Planes de Desarrollo de cada municipio de la cuenca (ver Tabla 16). Teniendo en cuenta que solo los cascos urbanos de los municipios del Líbano, Santa Isabel y Venadillo hacen parte de la cuenca, se identifican diez (10) sitios de interés cultural que se ubican en su mayoría en los cascos urbanos, en ellos se destacan las catedrales, iglesias y parques municipales.

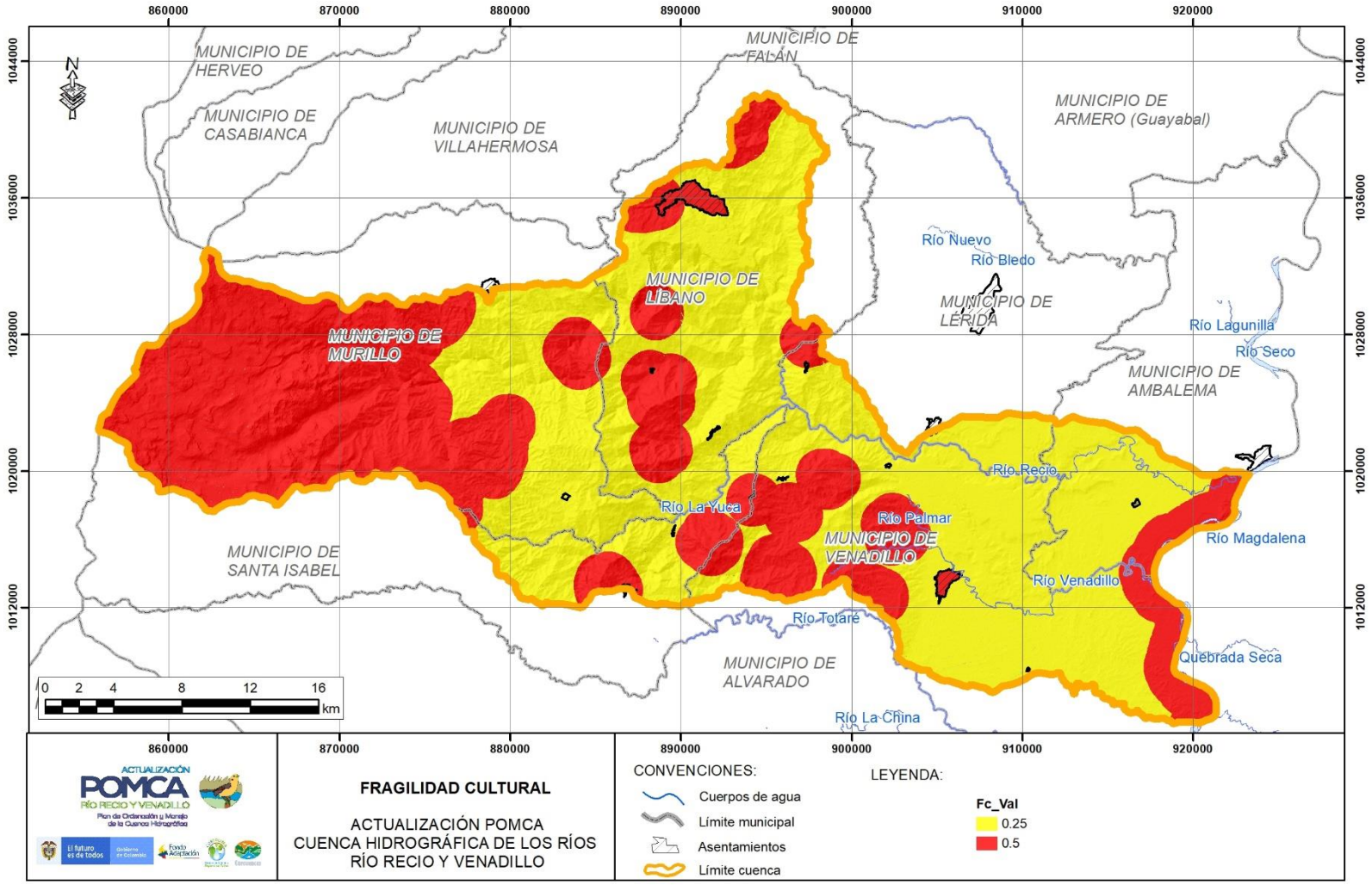
Tabla 16 Sitios de interés cultural dentro de la cuenca hidrográfica del río Recio y río Venadillo

Municipio	Sitios De Interés Cultural
Líbano	Casa de la Cultura
Líbano	Plaza de Ferias
Líbano	Catedral Nuestra Señora del Carmen
Líbano	Casa Episcopal
Líbano	Plaza de Mercado
Santa Isabel	El Capitolio
Santa Isabel	La Gruta
Santa Isabel	Iglesia Santa Isabel de Hungría
Santa Isabel	Finca el Prado
Venadillo	Parque Principal los Nevados

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito se presenta a continuación la espacialización de la fragilidad cultural en la cuenca (Figura 22).

Figura 22 Fragilidad Cultural de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2.2.3 Obtención Fragilidad Socio - Cultural

La fragilidad socio cultural es igual a la suma del índice de Calidad de Vida (ICV) y el índice de fragilidad cultural (Fc) tal y como se presenta en la siguiente expresión.

$$Fragilidad\ socio\ cultural\ (Fsc) = Condiciones\ de\ vida\ (ICV) + Dimensión\ Cultural\ (Fc)$$

En este orden de ideas, aplicando la anterior fórmula se obtuvo la fragilidad sociocultural de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo clasificada teniendo en cuenta los rangos expuestos en la

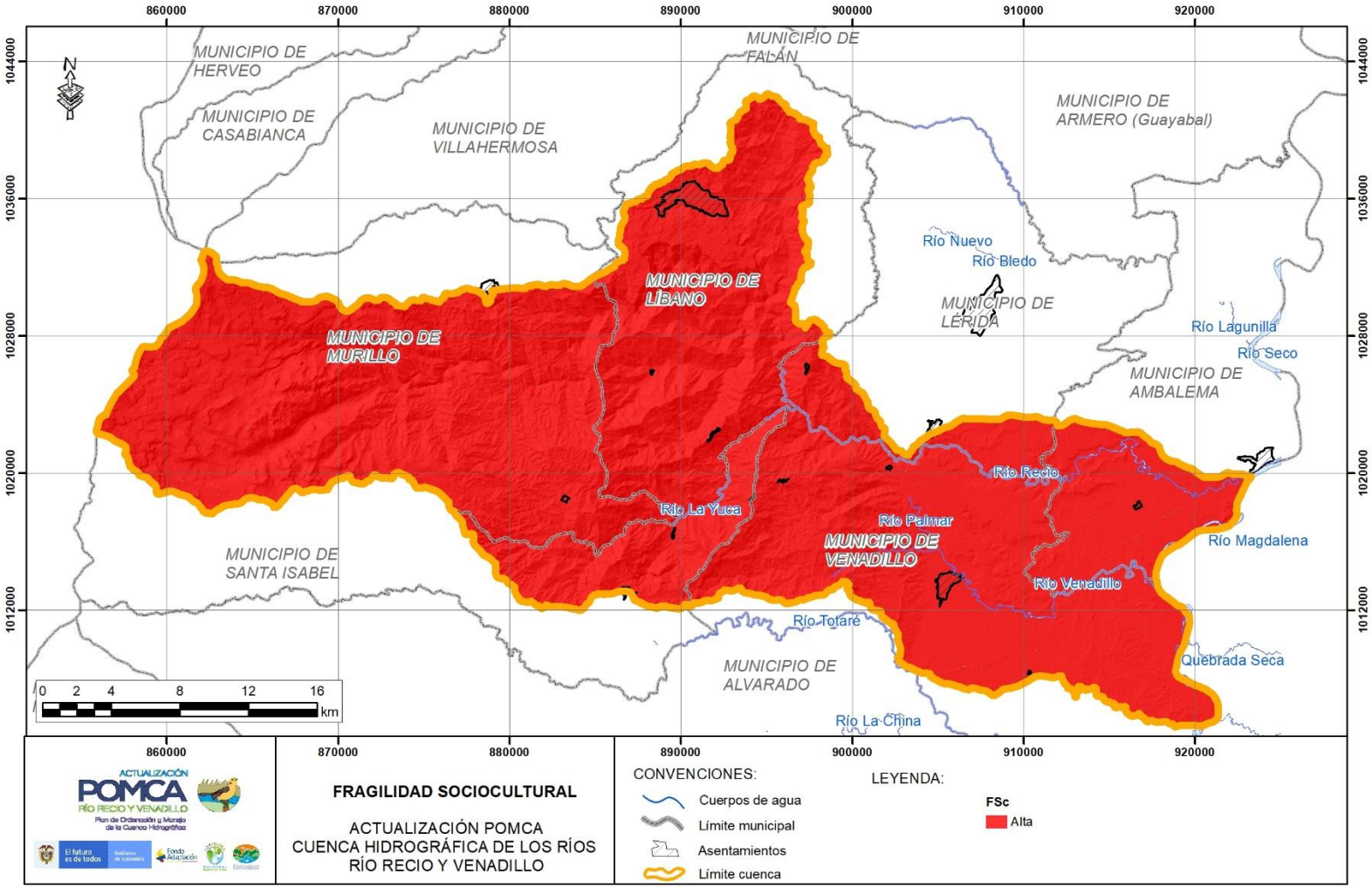
Tabla 17 y presentado en Figura 24.

Tabla 17. Categorización de la Fragilidad Socio – Cultural

Fragilidad Sociocultural	
Fsc	**Categoría**
Menor de 0,67	Baja
Menor de 0,67 y mayor que 0,80	Media
Mayor de 0,80	Alta

Fuente: Protocolo para la incorporación de riesgo en POMCAS, 2.014

Figura 23. Fragilidad Socio - Cultural de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2.3 Fragilidad Ecosistémica (Fe):

El análisis de este índice se realiza sobre todos los elementos que constituyen áreas protegidas o prestan servicios ambientales; igualmente ellos permiten la satisfacción de necesidades básicas como el acceso al agua, a la energía o al aire y garantizan el equilibrio natural a través de su conservación o protección; y son soporte de la productividad de alimentos (Unal, 2013). Este índice se presenta en la Tabla 18. El índice propuesto varía entre 0 y 1. En caso de que la cobertura esté localizada en un área protegida, el valor de la fragilidad siempre será de 1, por lo que la categoría será alta.

Tabla 18. Indicador de la fragilidad de ecosistemas estratégicos

Valor	Áreas Y Ecosistema Estratégico	Categoría
1,00	Satisfacción de necesidades básicas y equilibrio natural	Alta
0,75	Productividad y equilibrio natural	Media
0,30	Productividad	Baja
0,00	No constituye un área o ecosistema estratégico en la cuenca	Ninguna

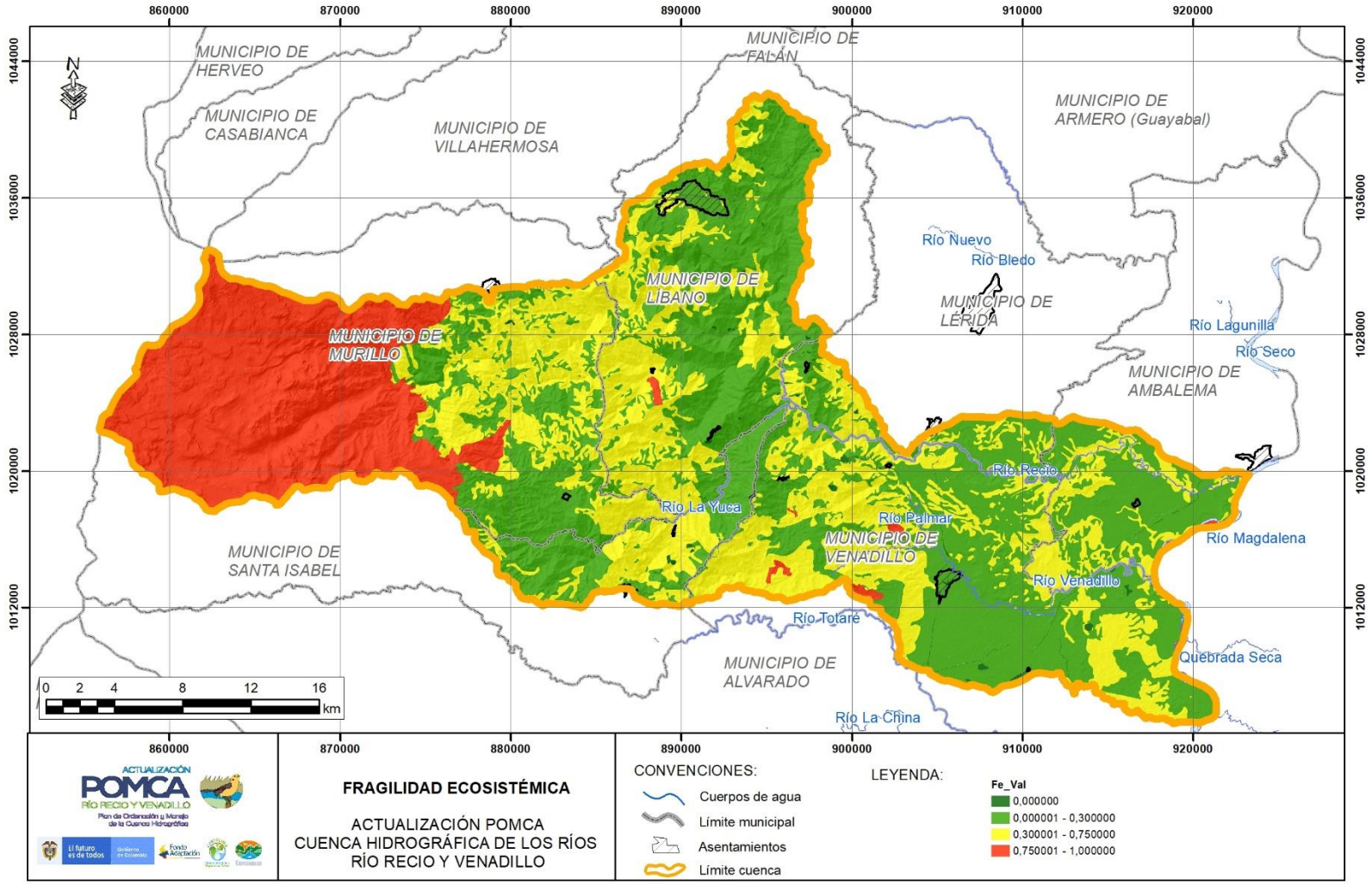
Fuente: (Adaptado de UNAL, 2013, Tabla 18)

Para la cuenca de estudio, se cuenta con el mapa de ecosistemas estratégicos, en el cual se delimita las áreas protegidas existentes en la cuenca. Estas áreas corresponden al Parque Nacional Natural Los Nevados, SIMAP en el Municipio de Murillo, SIMAP en el Municipio de Líbano, predios de Reserva Forestal Protectora (Las Damas, Puracé, Porvenir II, Uno, Porvenir, Las Violetas, El Nahir, Olla Grande, La Esmeralda, La Pradera, Cerro Bravo), reserva de la Sociedad Civil La María en el Municipio de Murillo y reserva Forestal de la Ley 2da de 1959. Adicionalmente se tuvo en cuenta; por su satisfacción de necesidades básicas y equilibrio natural, la cobertura de Bosque de galería y ripario y los ríos.

Dentro de la categoría de productividad y equilibrio natural se clasificaron las zonas catalogadas como pastos arbolados con uso de pastoreo, bosque fragmentado y plantación forestal con uso de producción y las coberturas pertenecientes a los sistemas combinados de ganadería y forestería.

Dentro de las zonas clasificadas con fragilidad ecosistémica baja, se encuentran las coberturas catalogadas con cualquier tipo de cultivo presente en la zona, ganadería, minería (extracción de materiales de construcción canteras, extracción de metales y piedras preciosas) e infraestructura industrial. Las coberturas restantes no fueron asignadas con una categoría, ya que no son áreas protegidas, no prestan servicios ambientales o no son productivas. En este orden de ideas, la clasificación de la fragilidad ecosistémica de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo se presenta en la Figura 24:

Figura 24 Fragilidad Ecosistémica de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.2.4 Fragilidad Total

Para la realización de la fragilidad total de la cuenca, se presenta su resultado por evento amenazante estudiado y de acuerdo con lo solicitado por los términos de referencia se entrega un escenario total donde se integraron los escenarios de fragilidad física por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

De esta manera se aplicó la siguiente ecuación la cual define la fragilidad total:

$$Fragilidad = \frac{Fragilidad\ fisica + Fragilidad\ sociocultural + Fragilidad\ ecosistemica}{3}$$

La categorización de la fragilidad total se presenta en la Tabla 19:

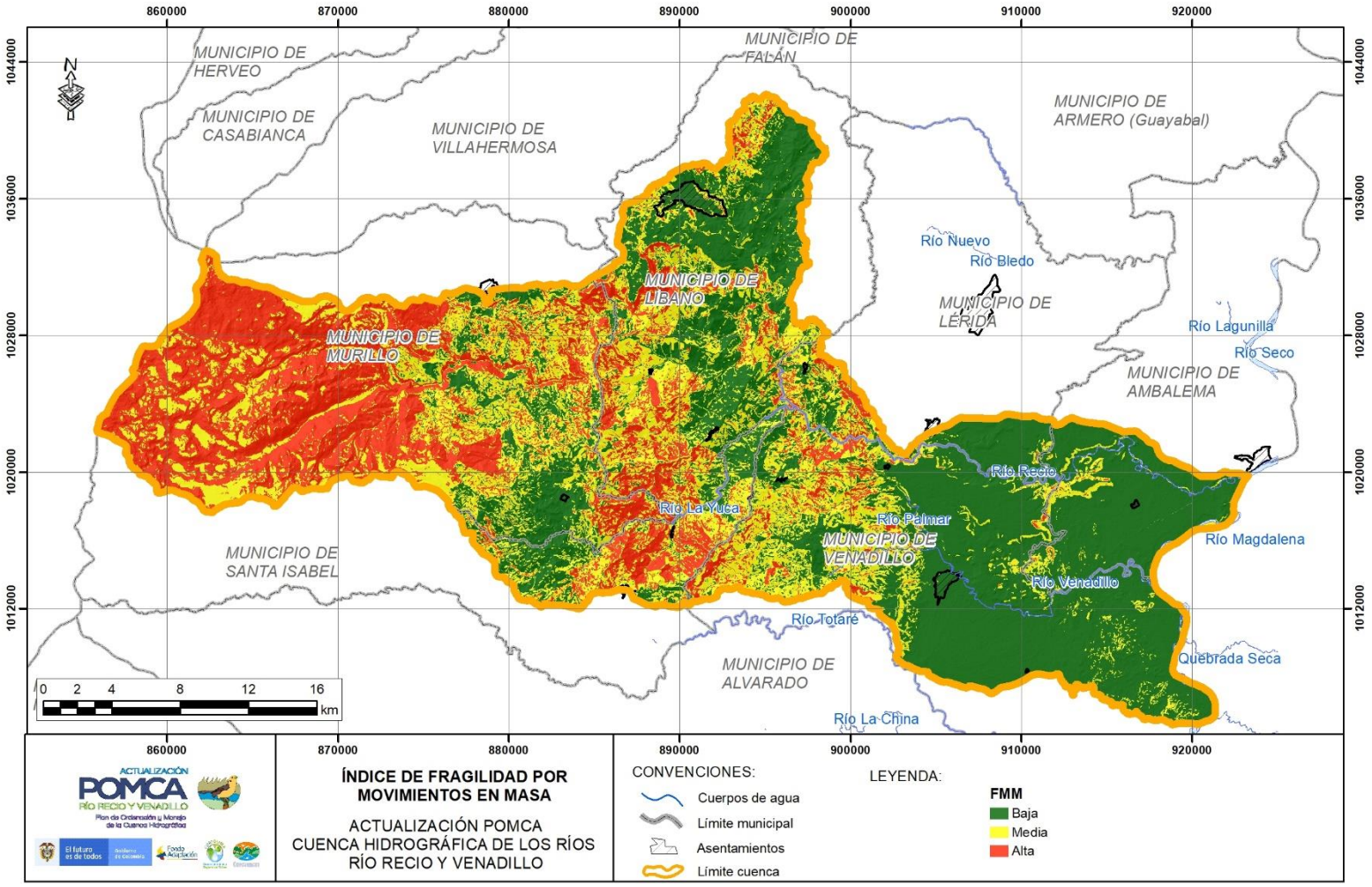
Tabla 19. Indicador de fragilidad propuesto

Valor	Categoría Índice De Fragilidad Total
0,75 -1,00	Alta
0,50-0,75	Media
0,00 - 0,50	Baja

Fuente: Protocolo para la incorporación de la Gestión de Riesgo en POMCAS

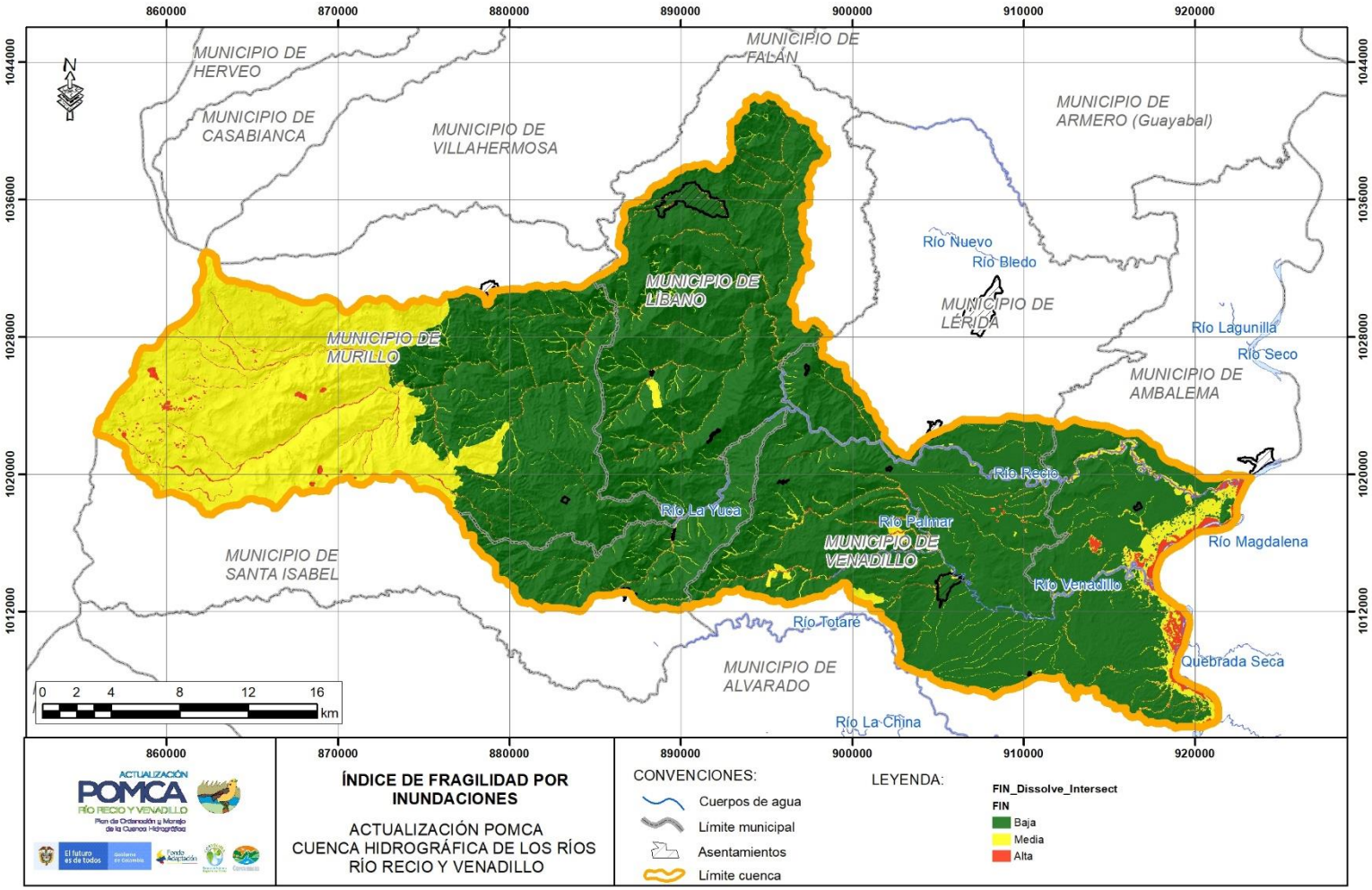
La fragilidad total obtenida para la cuenca de los ríos Recio y Venadillo por movimientos en masa se presenta en la Figura 25, por inundaciones en la Figura 26, por avenidas torrenciales en la Figura 27, por incendios de la cobertura en la Figura 28 y la fragilidad total en la Figura 29.

Figura 25. Índice de fragilidad por movimientos en masa de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



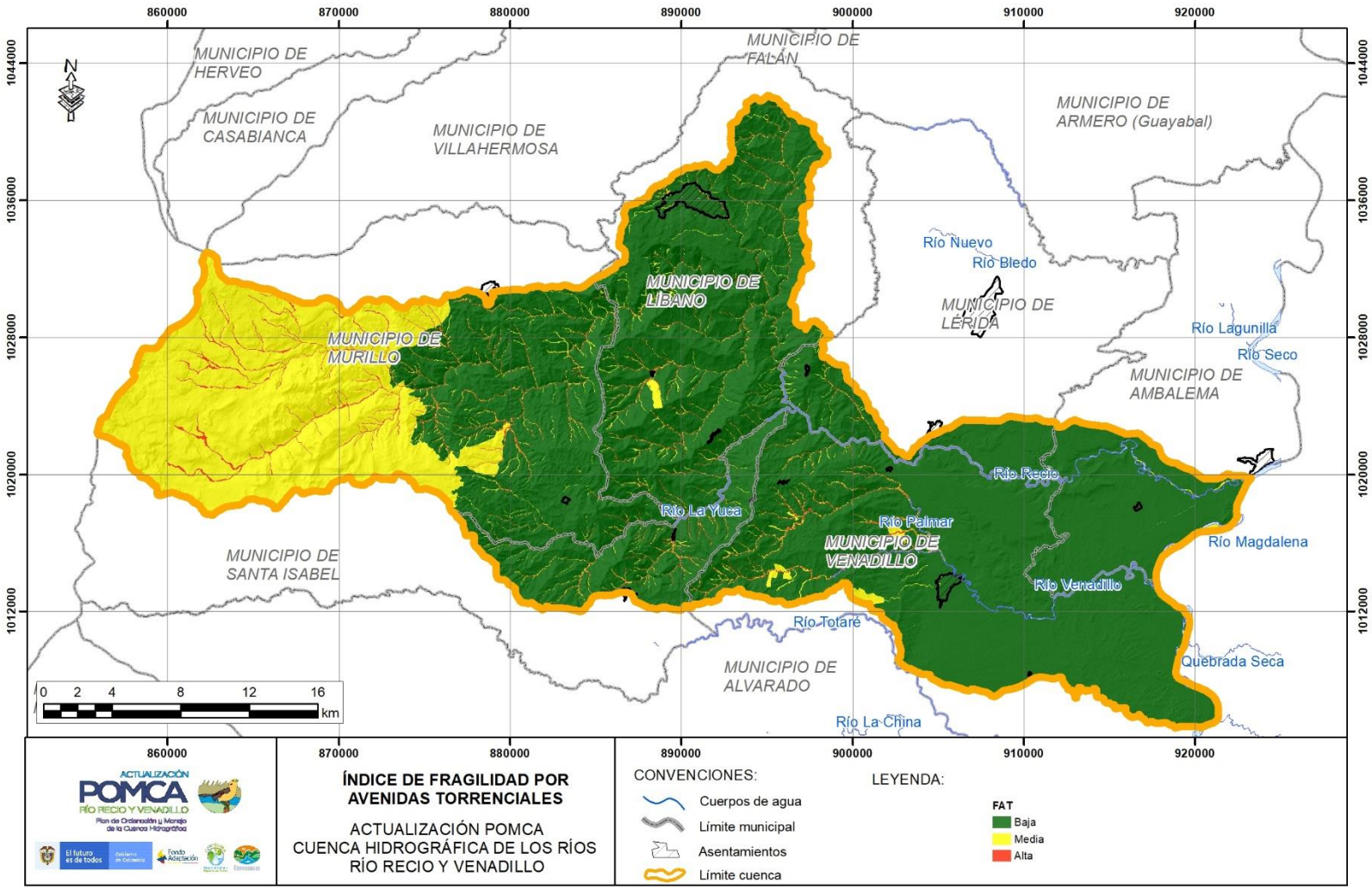
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 26. Índice de fragilidad por inundaciones de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



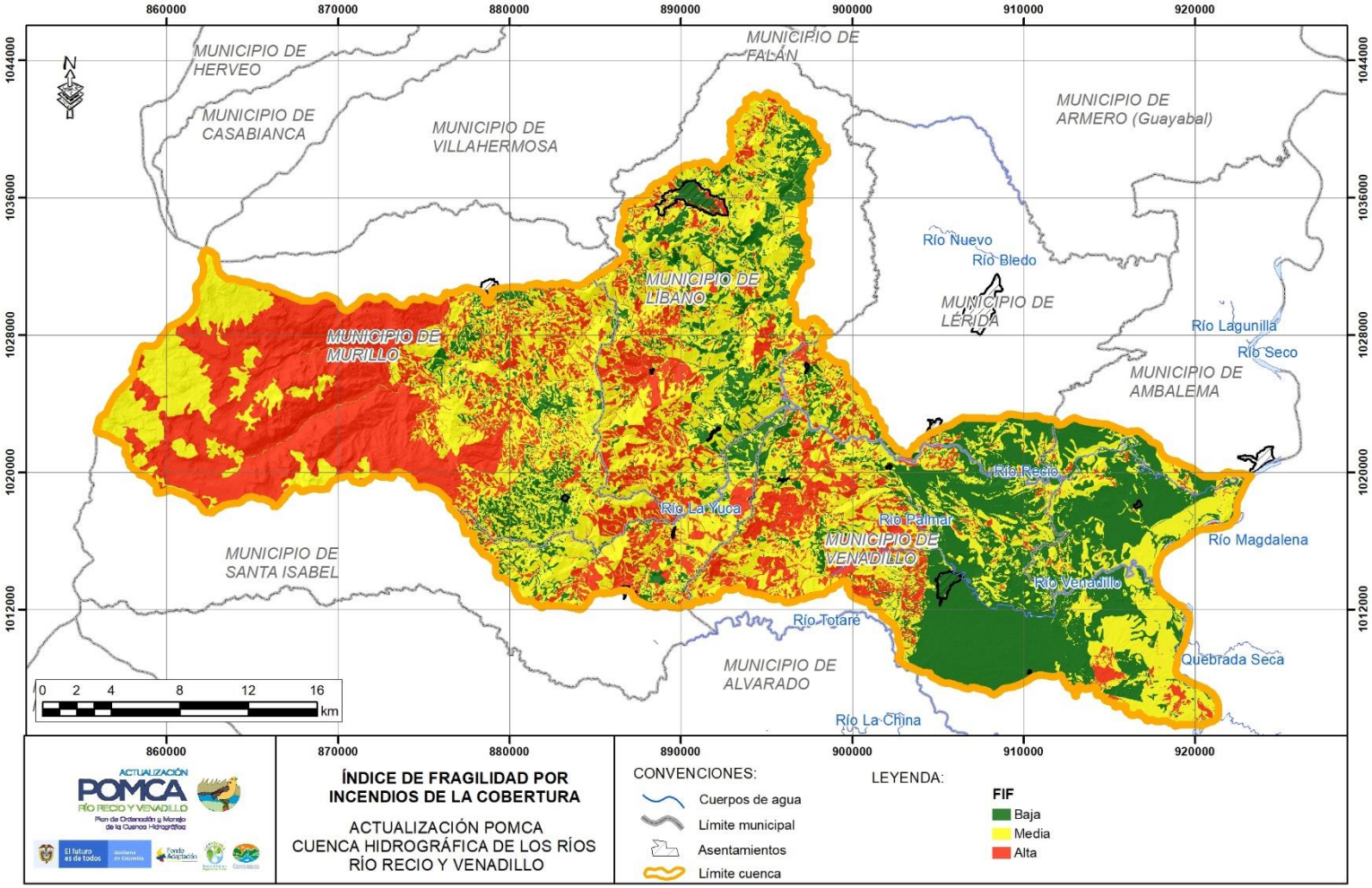
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 27. Índice de fragilidad por avenidas torrenciales de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



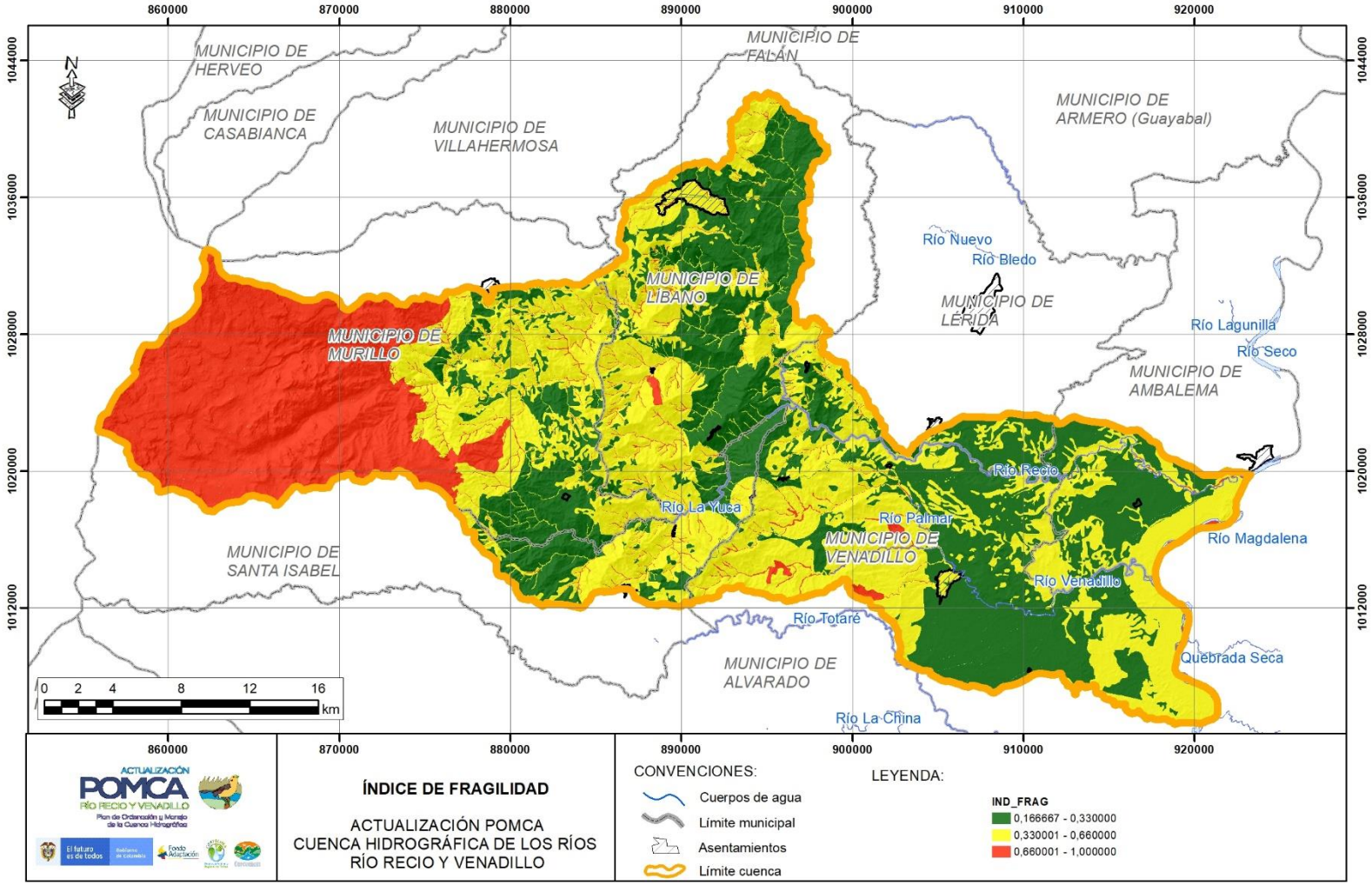
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 28. Índice de fragilidad por incendios de la cobertura vegetal de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 29. Índice de fragilidad total de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.3 ÍNDICE DE FALTA DE RESILIENCIA (IR)

La falta de resiliencia mide la capacidad de las comunidades a absorber los impactos de los desastres y recuperarse a ellos, por lo que este indicador aborda la afectación de las actividades productivas, infraestructura de transporte, servicios públicos, etc., así como también evalúa su recuperación en el corto, mediano y largo plazo.

De este modo, la evaluación se realizó con base en los términos definidos por la metodología del Fondo de Adaptación (2.014) en la Tabla 20:

Tabla 20. Indicador de la Falta de resiliencia económica (adaptado Unal, 2.013, Imiriland, 2.007)

Valor	Falta De Resiliencia Económica	Categoría
1,00	Se localizan las más importantes actividades productivas para el desarrollo económico de la región y/o hay presencia de infraestructura estratégica o vital. Hay destrucción total del medio ambiente físico. Recuperables en el largo plazo.	Muy Alta
0,75	Se desarrollan algunas actividades económicas y se localiza infraestructura estratégica. Daños ambientales muy grandes difíciles de reparar. Recuperable en el mediano plazo.	Alta
0,50	Hay pocas actividades productivas o de servicios. Pérdidas ambientales serias pero reparables. La recuperación se puede dar en el corto plazo.	Media
0,25	Hay pocas actividades productivas o de servicios locales. Pérdidas ambientales locales. La recuperación se puede dar en el corto plazo.	Baja
0,00	No se desarrollan actividades productivas y no hay infraestructura. Elementos ambientales intactos.	Cero

Fuente: (Plan de Desarrollo, 2.014)

Para la caracterización de la importancia de las actividades económicas de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo se tomó como base el documento **4.2 Caracterización Aspectos Económicos**.

En la cuenca la actividad agropecuaria integra el sector primario de la economía que envuelve las cadenas del café, arroz, hortalizas, papa, cadena de bovinos, explotación de oro y explotación de materiales de construcción.

Para tener conocimiento y realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa de la capacidad de respuesta, planeación y recuperación ante la pérdida ocurrida por algún desastre, se aplicaron una serie de preguntas (Tabla 21) dirigidas a resolver desde los territorios que hacen parte de la cuenca, a partir de la valoración que se logra adelantar del proceso de incorporación revisada la existencia y contenidos y aplicación de los planes locales de gestión de riesgos- formulados e implementados en el marco de lo establecido en la Ley 1523 de 2012 o en su defecto planes de emergencias y contingencias, derivados de la aplicación del Decreto 919 de 1989, para evaluar los diferentes componentes que conforman la valoración de la susceptibilidad por falta de resiliencia.

Tabla 21. Ficha de revisión de instrumento de gestión de riesgos local para el cálculo de la resiliencia.

Objeto:	Definir La Resiliiencia Nivel Municipal					
Aplicado A:	Plan Municipal De Gestión De Riesgos/ Plan Local De Emergencias Y Contingencias					
Municipio:						
Aspectos A Evaluar En La Fragilidad Por Resiliencia		**Pregunta**	**Consideraciones**	**Calificación**		
				Baja	**Media**	**Alta**
Percepción sobre los procesos amenazantes	Conocimiento y concientización de riesgos.	1. ¿Conoce las diferentes causas o factores naturales y sociales que inducen a la generación de desastres?	Alta: Desconoce las causas			
			Media: Conoce algunas causas			
			Baja: Conoce las causas			
Actitud frente a los desastres	Actitud previsora ante la ocurrencia de un desastre.	2. ¿Conoce y aplica las acciones de prevención y Atención de desastres?	Alta: Desconoce las acciones			
			Media: Conoce algunas acciones			
			Baja: Conoce las acciones			
		3. La comunidad Identifica los lugares que son propensos a que ocurra un evento amenazante?	Alta: Desconoce los lugares propensos			
			Media: Conoce algunos lugares propensos			
			Baja: Conoce todos los lugares propensos			
Capacidad de respuesta ante un desastre	Conocimiento acerca de que hacer antes, durante y después de un evento amenazante.	4. ¿Han recibido información o tiene conocimiento de que hacer antes, durante y después de ocurrir un desastre?	Alta: No ha recibido información			
			Media: Ha recibido alguna información			
			Baja: Ha recibido información			
		5. ¿Conocen los sitios más seguros de su barrio para resguardarse en caso de ocurrir un evento?	Alta: No ha recibido información			
			Media: Ha recibido alguna información			
			Baja: Los conoce			
		6. ¿Cómo reaccionarían al verse afectado	Alta: Se aflige y desespera			
			Media: No reacciona			

Objeto:	Definir La Resiliiencia Nivel Municipal					
Aplicado A:	Plan Municipal De Gestión De Riesgos/ Plan Local De Emergencias Y Contingencias					
Municipio:						
Aspectos A Evaluar En La Fragilidad Por Resiliencia		Pregunta	Consideraciones	Calificación		
				Baja	Media	Alta
		por un evento amenazante?	Baja: Reacciona y enfrenta el evento			
		7. ¿Identifican las vías seguras del municipio para la evacuación en caso de ocurrir un evento amenazante?	Alta: No identifica ninguna vía de evacuación			
			Media: Identifica algunas vías de evacuación			
			Baja: Identifica todas las vías de evacuación			
Capacidad de recuperación post-evento	Organismos de socorro e institucionalidad	8. ¿Saben a qué organismos de socorro acudir en caso de ser afectado por un desastre?	Alta: No identifica ningún organismo			
			Media: Identifica algunos organismos			
			Baja: Identifica todos los organismos			
	Capacidad económica	9. ¿Cuentan con recursos propios para sobreponerse económicamente a una emergencia?	Alta: No cuenta con recursos propios			
			Media: Cuenta con recursos propios moderados			
			Baja: Cuenta con recursos propios suficientes			
	Reposición económica	10. ¿En qué tiempo cree que pueden recuperarse económicamente si es afectado por un desastre?	Alta: Necesitaría más de cinco años			
			Media: Se recuperaría en uno a cinco años			
			Baja: Se recuperaría en menos de cinco años			

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Una vez obtenido el cuestionario, la cuantificación se realizó según la Tabla 22.

Tabla 22. Criterios de calificación de la categoría para cada respuesta realizada

Categoría	Calificación
Baja	0
Media	0.5
Alta	1

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Luego de la calificación de estos análisis se obtiene un promedio de las diez (10) preguntas orientadoras sobre los instrumentos sectoriales de gestión de riesgos a nivel municipal (Anexo 1.).

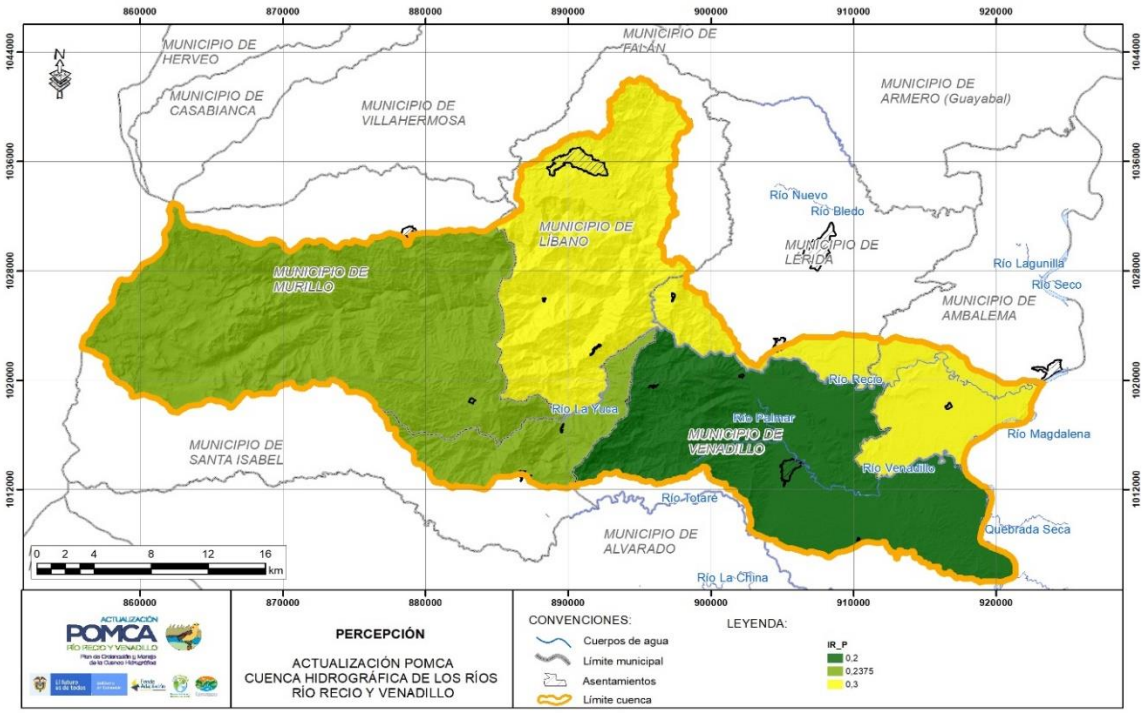
Con respecto a la percepción de las diversas entidades territoriales acerca de conocimiento, atención y recuperación ante los diferentes eventos amenazantes el municipio de Venadillo presentan índices favorables ante la existencia de una situación de emergencia por amenaza socionatural mientras que al norte de la cuenca, según lo reportado, la situación sería inversa (Tabla 23 y Figura 30). El soporte del análisis de la información se encuentra dentro del Anexo 1 con el scan de las encuestas físicas, su tabulación y ponderación.

Tabla 23. Resumen encuestas realizadas

Percepción de riesgos naturales POMCA ríos Recio - Venadillo												
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PROM
Lérida	Tolima	0,5	0,3	0,17	0,1	0,28	0,02	0,35	0,1	0,5	0,5	0,282
Ambalema	Tolima	0,3	0,5	0,15	0,1	0,38	0,02	0,55	0,1	0,6	0,55	0,325
Murillo	Tolima	0	0,2	0,46	0,08	0,2	0,33	0,21	0,07	0,5	0,3	0,235
Santa Isabel	Tolima	0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,01	0,28	0,17	0,4	0,4	0,236
Venadillo	Tolima	0,25	0	0	0,65	0	0	0,12	0	0,5	0,5	0,202
Líbano	Tolima	0,2	0	0,13	0,12	0,35	0,4	0,23	0,04	0,76	0,78	0,301

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

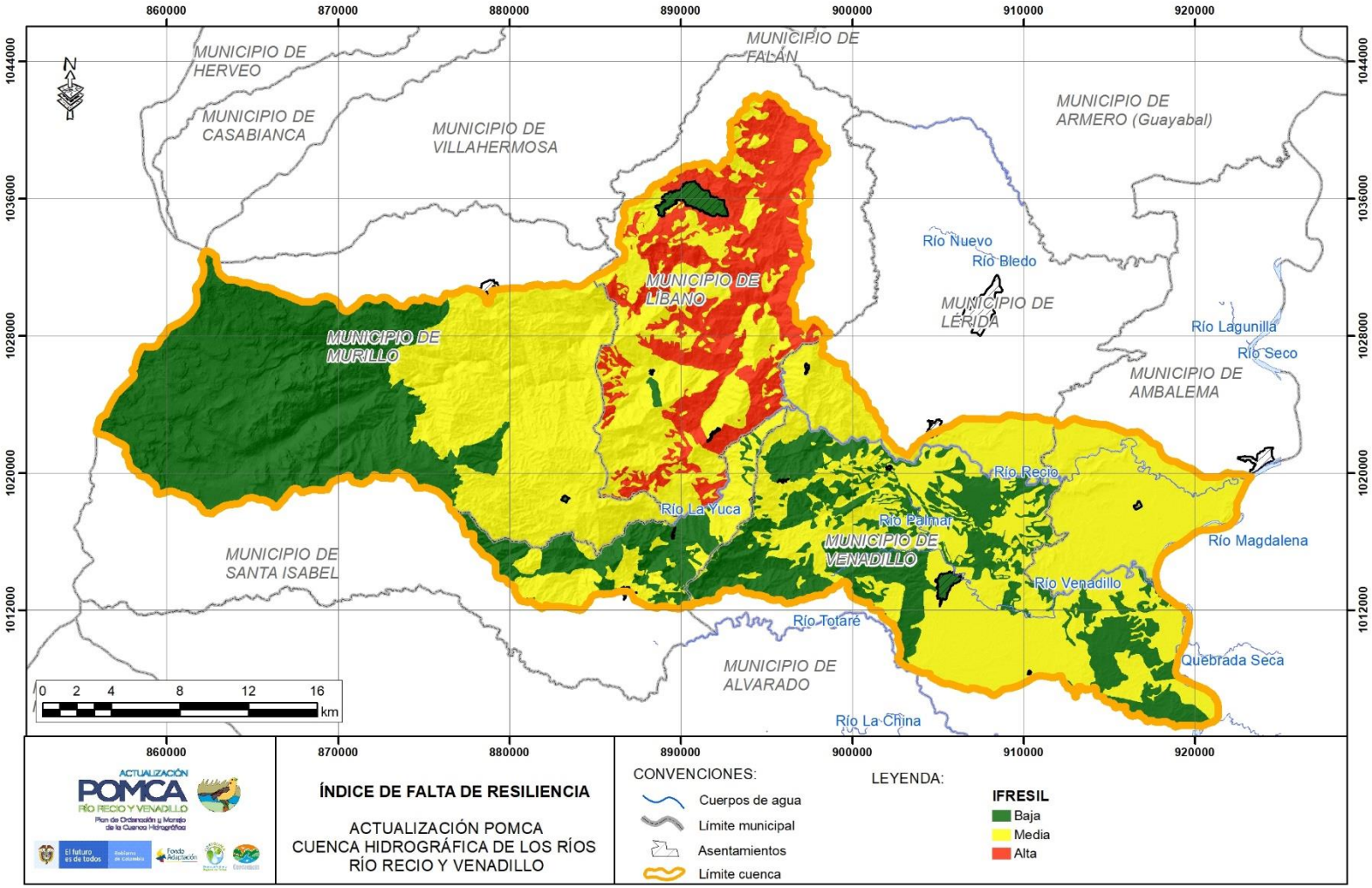
Figura 30.Percepción



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

El índice de falta de resiliencia de la cuenca se presenta en la Figura 31.

Figura 31. Índice de falta de resiliencia



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

7.4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD TOTAL

Debido a las condiciones identificadas en la cuenca de estudio se consideró que la fórmula planteada para el cálculo de la vulnerabilidad total por la metodología del Protocolo no lograba representar las condiciones reales de la cuenca, por lo tanto, se propuso otra ecuación cuyos resultados reflejan más la realidad, la cual se presenta a continuación:

Fórmula planteada por el Protocolo:

$$\boldsymbol{Indice\ de\ Vulnerabilidad}\ (\boldsymbol{IV}) = [Indice\ de\ Perdida * Indice\ de\ Fragilidad * Indice\ de\ falta\ de\ resilencia]$$

$$\boldsymbol{IV} = \frac{[IP * IF * IR]}{IP_{Max}}$$

Fórmula planteada por la Consultoría

$$\boldsymbol{Indice\ de\ Vulnerabilidad}\ (\boldsymbol{IV}) = [Indice\ de\ Perdida + Indice\ de\ Fragilidad + Indice\ de\ falta\ de\ resilencia]/3$$

$$\boldsymbol{IV} = \frac{[IP + IF + IR]}{3}$$

Donde la clasificación de los niveles de vulnerabilidad propuestos para POMCAS según la metodología seguida se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24. Niveles de vulnerabilidad propuestos para POMCAS

Valor	Categoría Índice De Vulnerabilidad (IV)	Símbolo
0,75 -1,00	Alta	
0,30-0,75	Media	
0,00 - 0,30	Baja	

Fuente: (Plan de Desarrollo, 2.014).

Aplicando la fórmula definida para la vulnerabilidad se obtuvo el mapa de vulnerabilidad total de la cuenca que se presenta en la Figura 32.

La distribución del área de la cuenca dentro de las categorías de vulnerabilidad que se encuentran bajo amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25. Distribución del índice de vulnerabilidad en la cuenca

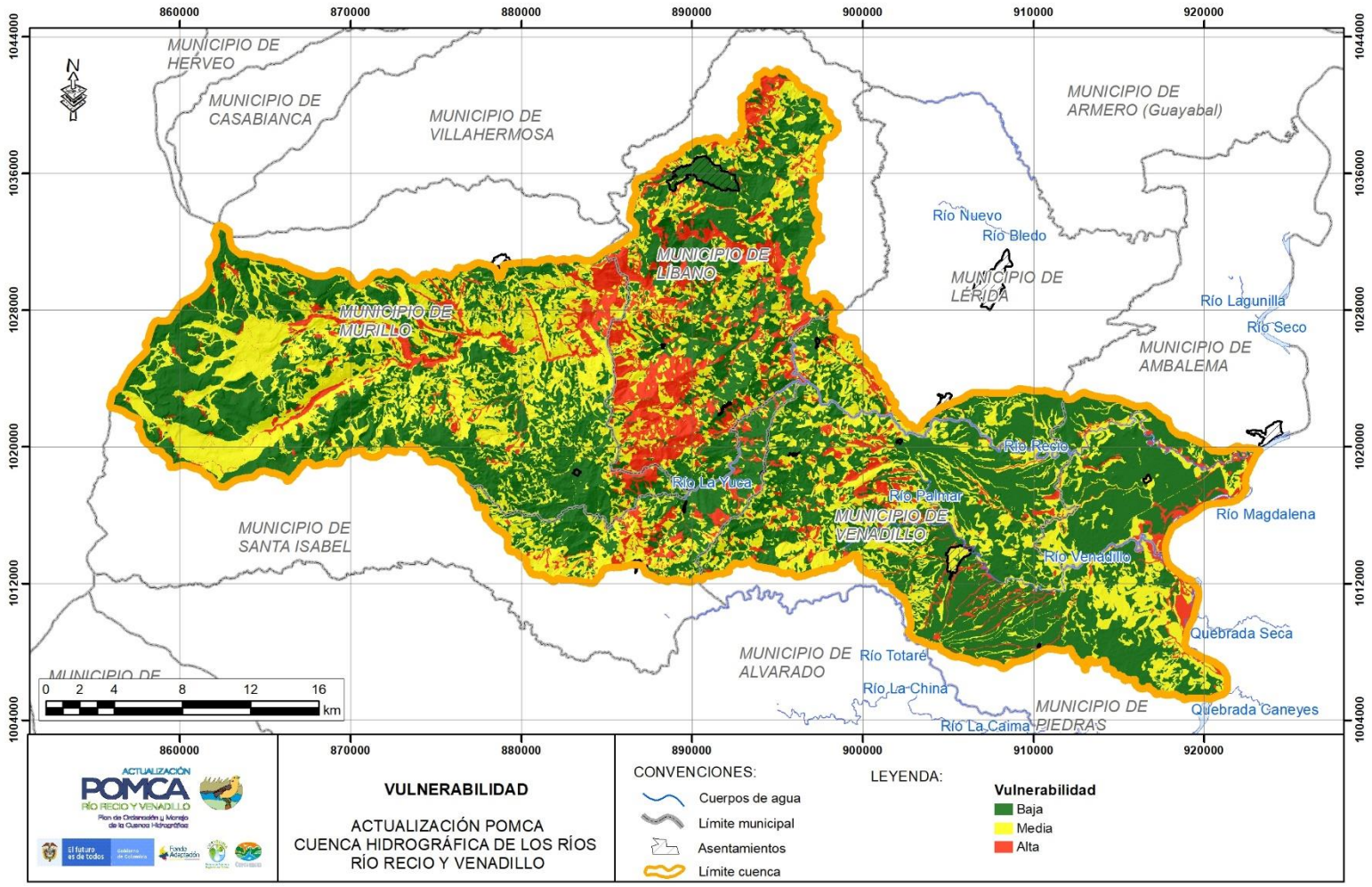
Categoría de vulnerabilidad	Área (ha)	Porcentaje
Baja	53062,41	53,0%
Media	33657,39	33,6%
Alta	13398,65	13,4%

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Según los resultados obtenidos para la vulnerabilidad se observa que el municipio del Líbano presenta el mayor porcentaje de área dentro de la categoría alta. Los municipios de Murillo y Santa Isabel son los que presentan la mayor parte de su área dentro de la categoría de vulnerabilidad media. Con respecto a la comparación entre municipios es Murillo el que presenta la mayor cantidad de área dentro de la categoría media.

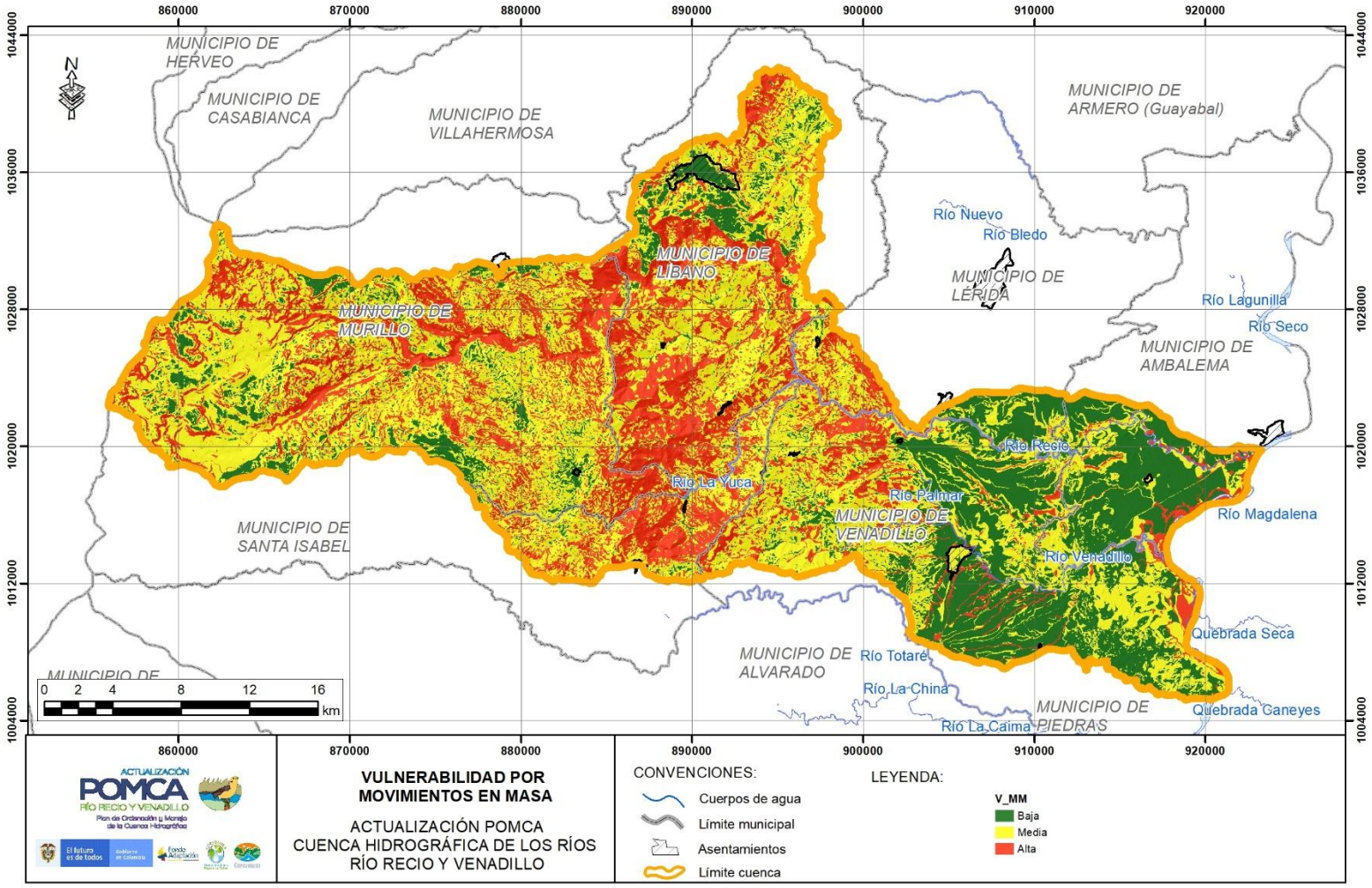
La cuenca a presenta en general categorías de vulnerabilidad predominantemente bajas puesto que en las zonas rurales se encuentran actividades productivas y ecosistemas que brindan servicios ambientales que son vulnerables a los fenómenos naturales de los movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. A continuación, se muestra el análisis de vulnerabilidad por cada fenómeno amenazante sin desconocer el procedimiento para la espacialización de las condiciones de riesgo implícitas tomando como insumo la vulnerabilidad total.

Figura 32. Índice de vulnerabilidad ambiental para las zonas críticas de la cuenca de los ríos Recio y Venadillo



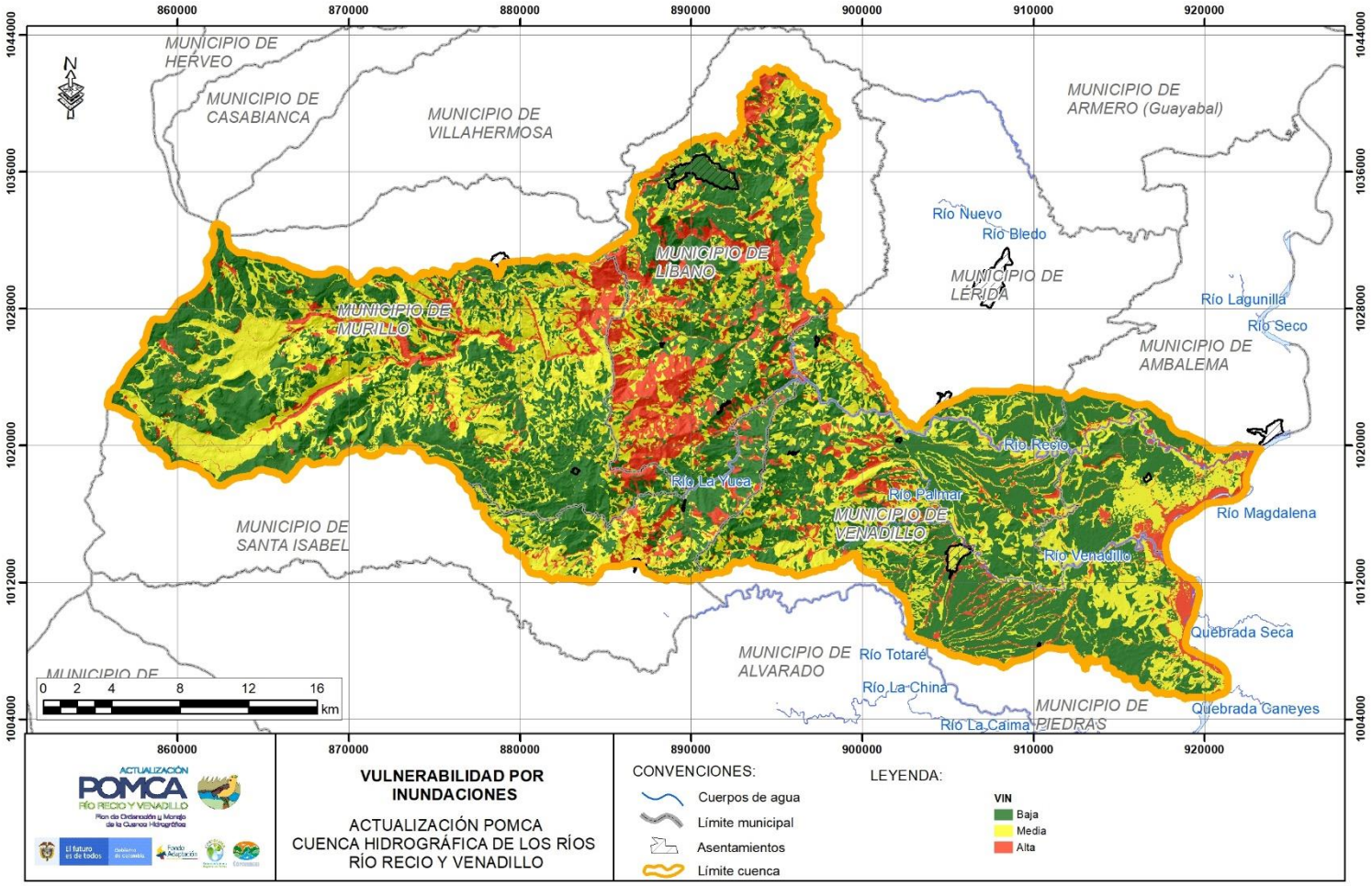
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 33. Índice de vulnerabilidad por movimientos en masa



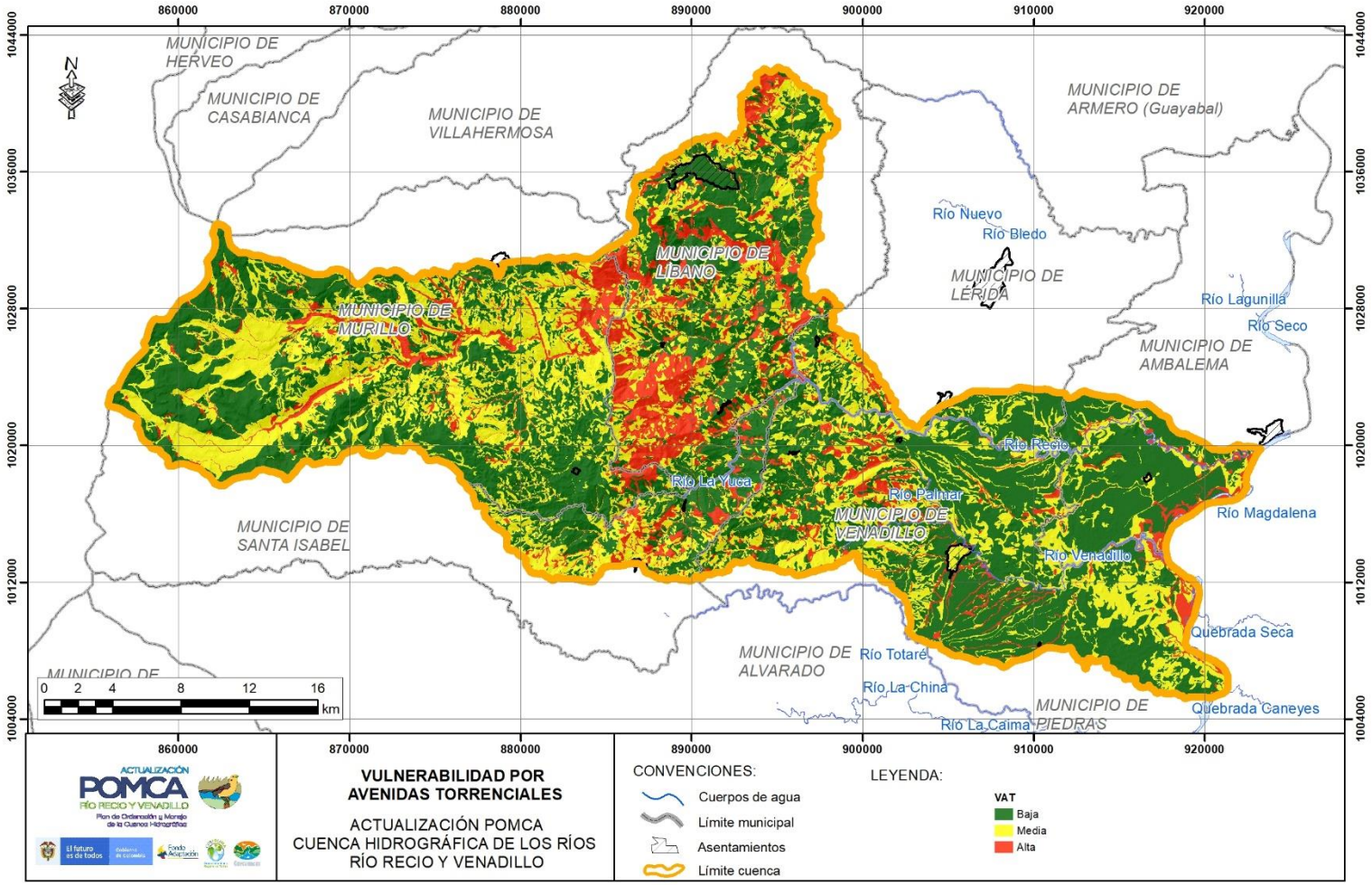
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 34. Índice de vulnerabilidad por inundaciones



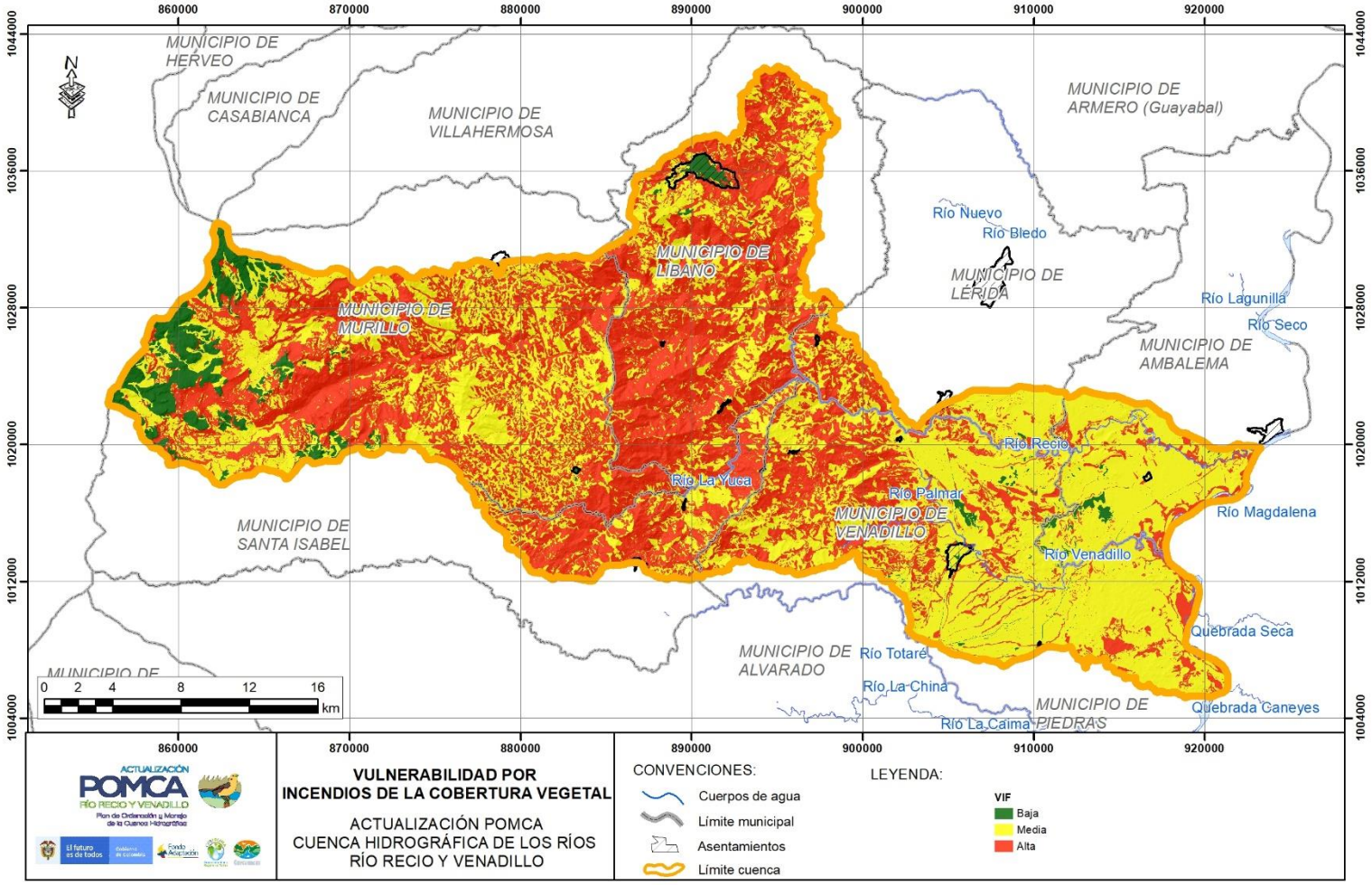
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 35. Índice de vulnerabilidad por avenidas torrenciales



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 36. Índice de vulnerabilidad por incendios de la cobertura vegetal



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO

El análisis de riesgo se entiende como la combinación de las variables de amenaza y la vulnerabilidad de los elementos que se encuentren expuestos. Las amenazas evaluadas incluyen movimientos en masa tipo deslizamiento en zonas de ladera, avenidas torrenciales en cauces confinados y semiconfinados, inundaciones lentas y rápidas en cauces con cualquier tipo de confinamiento morfométrico, incendios de coberturas vegetales. Por su parte, las condiciones de vulnerabilidad fueron planteadas por la condición intrínseca integral de los elementos potencialmente expuestos, considerando variables sociales, económicas e institucionales en cuanto a infraestructura y capacidad de respuesta.

El cálculo de riesgo en este tipo de análisis suele representarse en la consolación de la amenaza y la vulnerabilidad, ambas planteadas como variables continuas en función de la posibilidad de ocurrencia de los fenómenos naturales y las características del territorio; por lo cual el resultado de la zonificación de riesgo no se imprime directamente por la condición de amenaza por sí misma, sino que se ve modificado sensiblemente por los resultados obtenidos en materia de vulnerabilidad.

Así se permite generar, a pesar de las limitaciones obvias de la escala de análisis, resultados de condiciones de riesgo holístico que consideran más variables que las meramente físicas y con las cuales se puede en adelante identificar zonas para priorizar acciones de reducción de riesgo. Tomando la categorización de los niveles de riesgo en el se realiza el cálculo del índice de agravamiento por cada una de las amenazas dentro de los features EscenRiesgoAvenTorren, EscenRiesgoIncendio, EscenRiesgoMovMas y EscenRiesgoInundacion.

En particular para la zonificación espacial de riesgo, al ser las amenazas y la vulnerabilidad variables discretas y en cumplimiento de la estandarización de información para POMCAs, se puede agregar al análisis espacial el cruce entre la zonificación de amenazas (por movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales, incendios de coberturas vegetales) y la capa de vulnerabilidad utilizando la metodología de matriz de reconocimiento de riesgo planteada por el Protocolo para la incorporación de la Gestión de Riesgo en POMCAS, la cual se muestra a continuación (Tabla 26, Figura 37, Figura 39, Figura 41 y Figura 43).

Tabla 26. Matriz propuesta para la categorización de niveles de riesgo

Niveles De Amenaza	Niveles De Vulnerabilidad (Iv)		
	Nivel 1: Alta (75% A 100%)	Nivel 1: Media (30% A 75%)	Nivel 1: Baja (<30%)
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Media	Baja

Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en POMCAS, 2015.

Dentro del análisis realizado se decide priorizar aquellas zonas en donde el nivel de riesgo sea alto, para la cuenca hidrográfica se priorizan como escenarios de riesgo principalmente las zonas de cuerpos aluviales de la zona este asociado al margen de río que presentan

una condición de riesgo alto por inundaciones. Las zonas elevadas de la cuenca alta que presentan niveles de riesgo alto a movimientos en masa, en la cuenca, en los sectores norte, centro y este predomina un riesgo alto a incendios forestales y como principal riesgo el asociado a avenidas torrenciales distribuido aguas arriba de los cauces principales de la cuenca con su mayor expresión en la estribación del río Venadillo cerca de su municipio homónimo, finalizando con el riesgo en la cuenca baja relacionado con inundaciones propias de sistemas meándricos entre los afluentes que alimentan al propio río Recio y los desbordes asociados a canalizaciones en la parte baja de la cuenca con el río Magdalena, municipios de Ambalema y Venadillo (Figura 41; Figura 43).

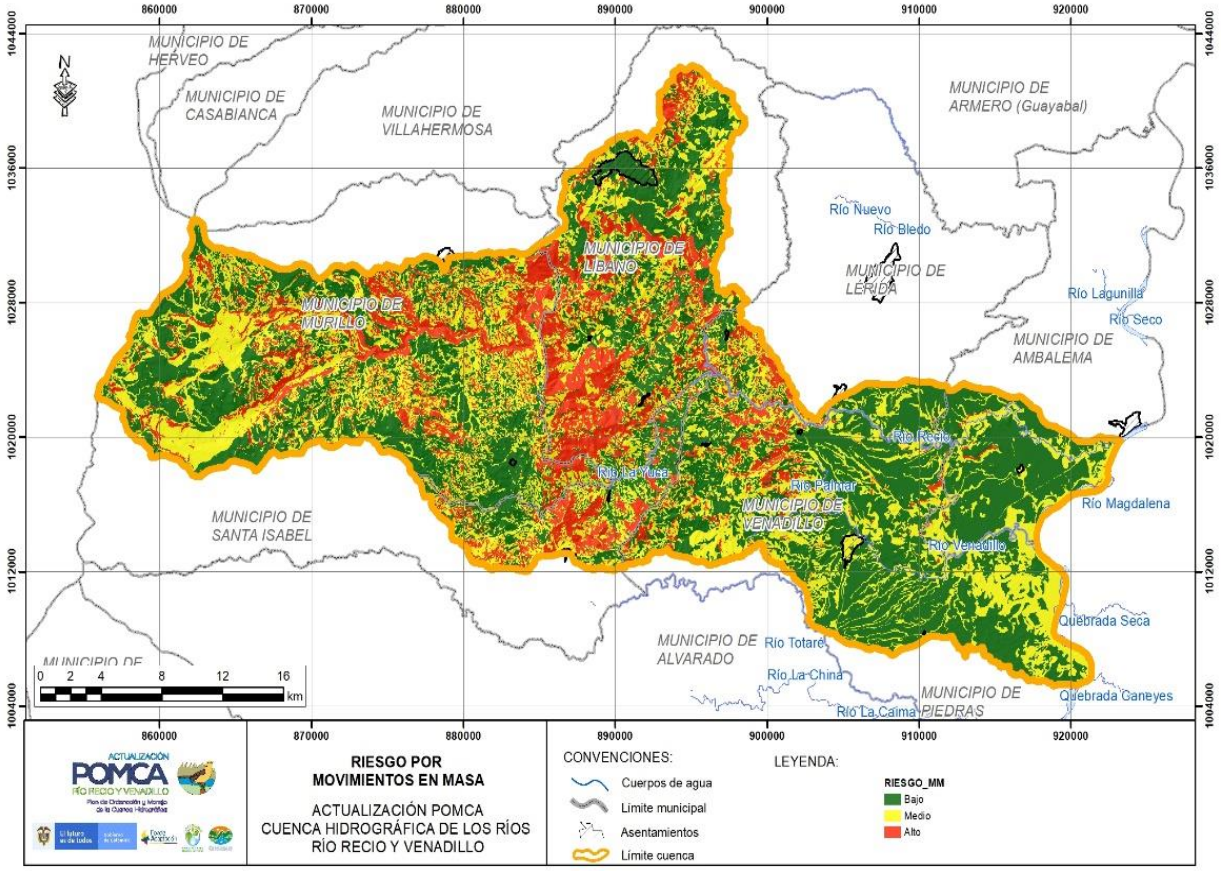
Al realizar la calificación de riesgo resalta con solo observación de la Figura 37 y Figura 43 que los movimientos en masa y los incendios forestales serían las amenazas que más afectarían a la cuenca ya que ocupan mayor proporción de áreas con condición de riesgo por estos fenómenos amenazantes en el caso que existan elementos expuestos en dichas áreas. No obstante, a pesar que metodológicamente se pida en los alcances técnicos la valoración del riesgo para todas las coberturas, estas no son necesariamente vulnerables a movimientos en masa debido a que estos hacen parte de los procesos denudaciones naturales del territorio, fundamentales para la regulación y sostenimiento de los ecosistemas presentes.

Por otro lado, los incendios forestales sí constituyen una amenaza para las coberturas y un riesgo para las mismas. La valoración de vulnerabilidad y riesgo por incendios de coberturas vegetales tiene en cuenta las variables de vulnerabilidad de la metodología del IDEAM reconocida por el Protocolo, las ajusta e incluye otras para que sean parte de la evaluación de vulnerabilidad general pedida por los alcances técnicos. Así, en la inclusión de datos adicionales de resiliencia y la aplicación de encuestas de percepción del riesgo a los actores (oficinas de gestión de riesgo, bomberos, defensa civil, policía, entre otros), se logra estimar una vulnerabilidad general ampliada para la evaluación de riesgos que incluya incendios de coberturas vegetales como lo solicita el protocolo para la incorporación de gestión de riesgo en los POMCA y el alcance técnico contractual de este POMCA en particular. La Figura 39 y Figura 41 aparentan ser menos críticas y muestran el riesgo de las coberturas a inundaciones y avenidas torrenciales. Sin embargo, si se considera que las áreas de riesgo alto por inundaciones y avenidas torrenciales se correlacionan con áreas urbanizadas y pobladas se resalta a estas dos amenazas dentro de las principales a tratar dentro de los esquemas de formulación de proyectos del POMCA.

Con respecto a la distribución espacial de las categorías de riesgo por movimientos en masa en la cuenca se presenta el 17.8 % de la cuenca con riesgo alto (17779.25 ha), el 35.9 % (35958.32 ha) con riesgo medio y el restante 46.3 % (46380.87 ha) con riesgo bajo como se observa en la Figura 38. Riesgo por inundaciones en la cuenca se presenta el 3 % de la cuenca con riesgo alto (3044.71 ha), el 44.4% (44441.46 ha) con riesgo medio y el restante 52.6% (52632.27 ha) con riesgo bajo como se observa en la Figura 40. Riesgo por avenidas torrenciales en la cuenca se presenta el 1.5 % de la cuenca con riesgo alto (1464.93 ha), el 47.6% (45881.22 ha) con riesgo medio y el restante 52.3% (52772.29 ha) con riesgo bajo como se observa en la Figura 42. Finalmente las categorías de riesgo por incendios en la cuenca se presenta el 22.5 % de la cuenca con riesgo alto (22495.83 ha), el 47.3% (47334.40 ha) con riesgo medio y el restante 30.3% (30288.21 ha) con riesgo bajo como se observa en la Figura 44.

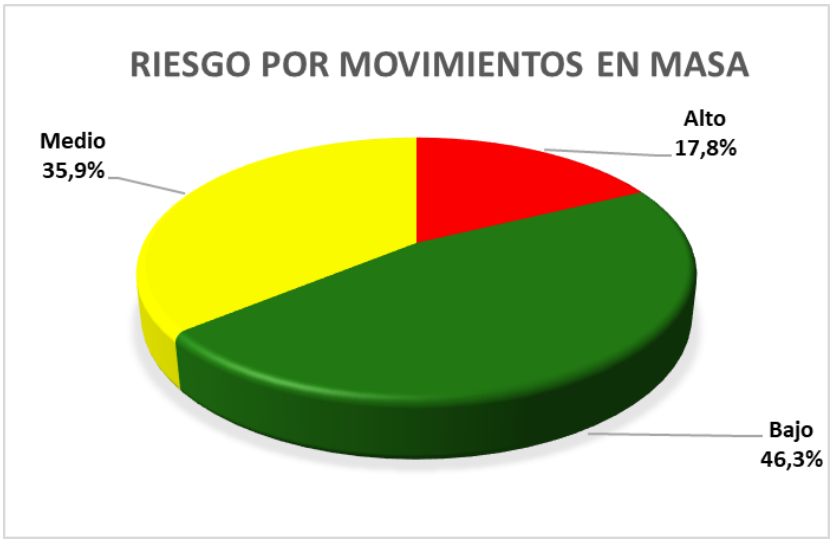
Toda esta información se encuentra consignada en el componente de cartografía como mapas y salidas cartográficas de los porcentajes e indicadores de amenaza y riesgo. Se debe reconocer que en términos generales la condición de riesgo en toda la cuenca es de categoría media, con excepciones de áreas expuestas a amenazas bajas en la parte media y baja y altas de manera dispersa.

Figura 37. Riesgo por movimientos en masa.



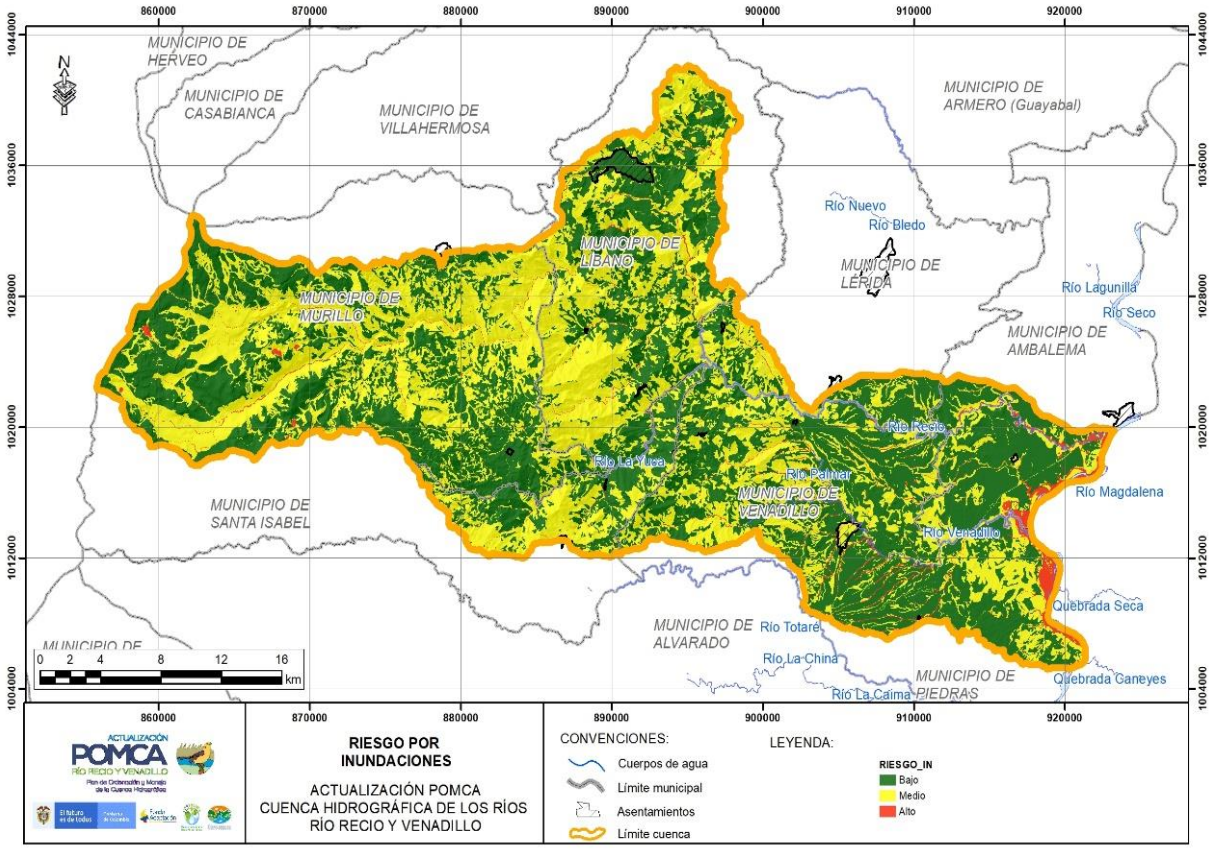
Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 38. Porcentaje de la cuenca con riesgo por movimientos en masa.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 39. Riesgo por inundación

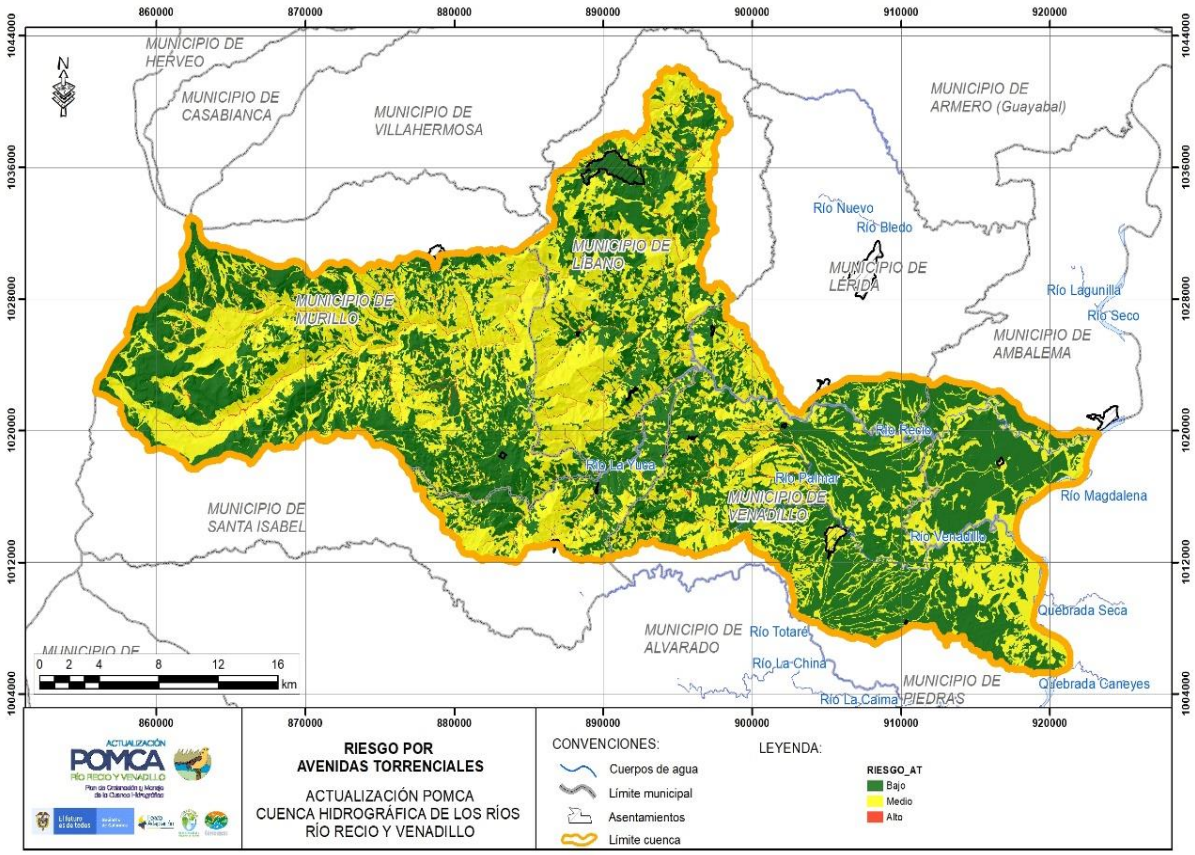


Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 40. Porcentaje de la cuenca con riesgo por inundaciones.

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 41. Riesgo por avenidas torrenciales.

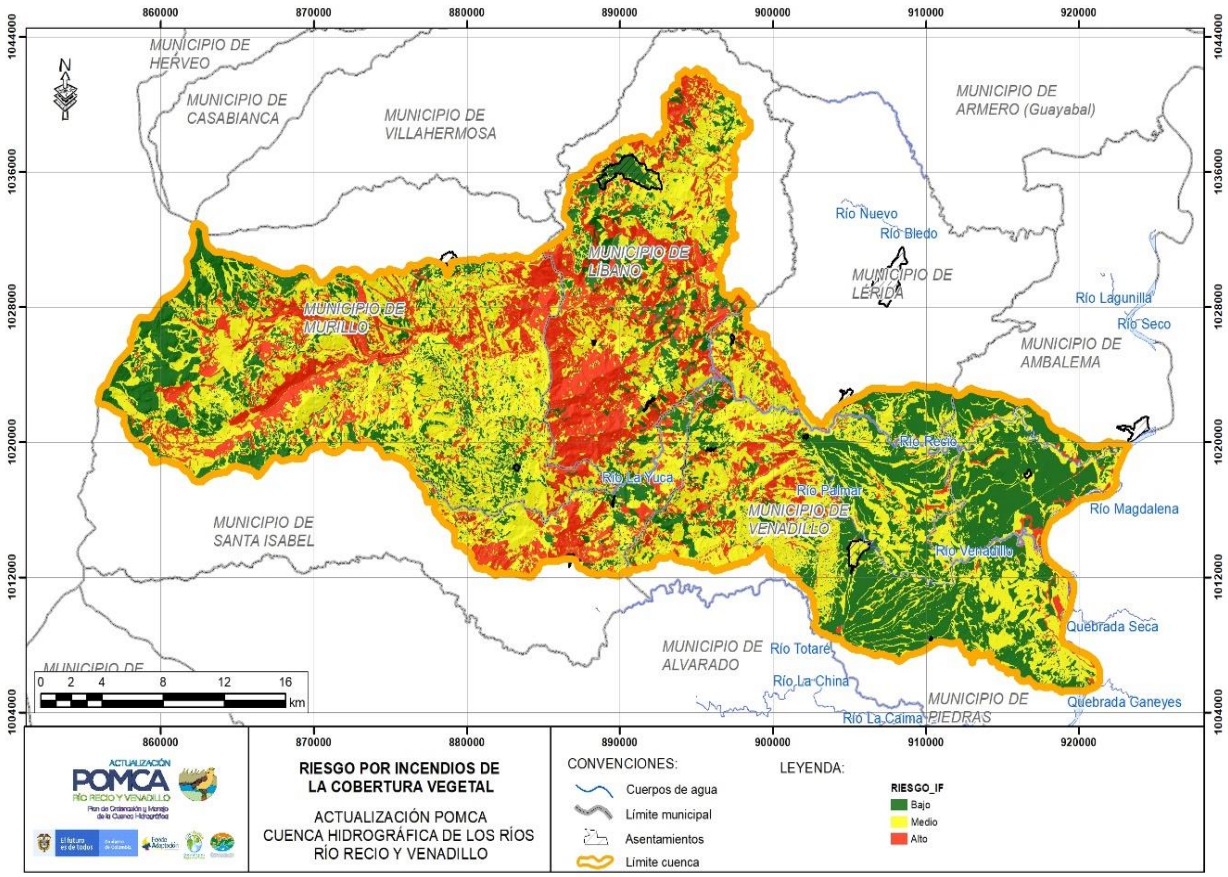


Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 42. Porcentaje de la cuenca con riesgo por avenidas torrenciales

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 43. Riesgo por incendios de la cobertura vegetal.



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Figura 44. Porcentaje de la cuenca con riesgo por incendios.

Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

Toda esta información se encuentra consignada en el componente de cartografía como mapas y salidas cartográficas de los porcentajes e indicadores de amenaza y riesgo. Se debe reconocer que en términos generales la condición de riesgo en toda la cuenca es de categoría media, con excepciones de áreas expuestas a amenazas bajas en la parte media y baja y altas de manera dispersa. Aun cuando las condiciones no puedan ser catalogadas como críticas para establecer condicionamientos específicos al uso y aprovechamiento del territorio para la mayoría del mismo, la existencia de amenazas altas en áreas pobladas expuestas llama la atención para que se identifiquen, prioricen y formulen programas y proyectos de conocimiento, reducción y manejo integral del riesgo de las áreas pobladas en amenaza alta en el marco de la ley 1523 de 2012 y del decreto 308 de 2016 como ejercicio de implementación de los objetivos del marco de acción de Sendai. Así como se identifica en la caracterización de eventos amenazantes, las evaluaciones de amenaza y riesgo arrojan resultados que apuntan a las mismas áreas relacionadas con los cuerpos de agua del río y sus afluentes.

Considérese que la evaluación de riesgo resulta de la convolución de la amenaza con la vulnerabilidad, siendo esta última utilizada sin la variable de fragilidad física para evitar el uso redundante de la condición de amenaza. Esto se sustenta considerando las siguientes premisas:

1. Los alcances técnicos piden evitar el uso de variables altamente correlacionadas (Nuria, 2001), es decir, aquellas que puedan contener espacialmente la misma información. Tener en cuenta varias veces una misma variable o simultáneamente dos similares representa redundancia, la cual debe evitarse.
2. Los alcances técnicos piden el uso del concepto de "riesgo implícito" con el cual se obvia la vulnerabilidad física y se traslada la amenaza directamente a la fragilidad sugiriendo un modelo binario de fragilidad física.
3. En los alcances técnicos la vulnerabilidad se calcula como la resiliencia de la comunidad y de las instituciones, su capacidad de respuesta frente a emergencias, desde

el punto de vista de prevención y de atención, acotado al concepto de desastres en general en combinación con variables ecosistémicas y ambientales.
4. La exposición es la referencia espacial de localización de un objeto sobre una amenaza. Permite tener una referencia de la posibilidad de que un evento amenazante alcance a un elemento expuesto (personas, infraestructura, etc.).
5. La fragilidad física depende del tipo de amenaza, la magnitud de la amenaza y aún más del elemento expuesto, de sus características físicas (constructivas en el caso de infraestructura) y la configuración espacial de la exposición (Ávila y Perico, 2015).
6. El riesgo se calcula como la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad. El modelo más sencillo es R=AxV, pedido por el alcance técnico.

El procedimiento de los alcances técnicos pide calcular vulnerabilidad considerando las mismas variables administrativas y socioeconómicas para todas las amenazas (ver premisa 3) y sugiere hacer diferencia a través de un índice que denomina "fragilidad física" que dependería, simplificando, únicamente de la calificación de amenaza. Entonces se pide explícitamente por los alcances técnicos evaluar fragilidad en función de la amenaza y asumir que todo elemento expuesto a amenaza alta es completamente frágil físicamente y viceversa (modelo de vulnerabilidad binaria). Solo así, existiría vulnerabilidad particular para cada amenaza, pero la única diferencia sería la calificación amenaza que queda implícita bajo el seudónimo de “índice de fragilidad”.
Ahora bien, una vez exista esta "vulnerabilidad para cada amenaza" se pide calcular el riesgo. Entre las posibilidades está el modelo de riesgo que combina directamente la amenaza con la vulnerabilidad, una estimación cualitativa expresada matricialmente comparable con el modelo R=AxV (ver premisa 6). No obstante, la vulnerabilidad tiene implícita la amenaza a la cual el alcance técnico llamó "índice de fragilidad" y el modelo de riesgo de nuevo la tiene en cuenta para la estimación de la condición de riesgo. Esto significa tener en cuenta dos veces la calificación de amenaza en el modelo de riesgo, lo que iría en contra de la premisa 1.

Resulta entonces conveniente el descarte de la amenaza en una de las variables mencionadas pues está contenida en el modelo de vulnerabilidad y en el modelo de riesgo. Evidentemente es mejor no considerarla en la estimación de fragilidad física pues el modelo de riesgo R=AxV la involucra directamente, mientras en la "fragilidad" aparece implícita y bajo una hipótesis técnicamente incompleta (se tendría en cuenta solo una de las variables relevantes, descartando las demás descritas en la premisa 4 y premisa 5). Así, no se está planteando algo diferente al alcance técnico, solamente se aplica una mejora en el modelo conceptual.

Sin duda, en términos generales, la condición de vulnerabilidad en los POMCAs del país realmente se está calculando general y no específica para cada amenaza y lo que se presenta como “vulnerabilidad específica” es realmente una aproximación implícita al riesgo con el cual después se estima este último redundando la condición de amenaza. No obstante, con objeto de presentar resultados comparables, se presentan en el documento los índices de fragilidad planteados por los alcances técnicos y las vulnerabilidades resultantes para cada fenómeno amenazante, sin desconocer dentro de las actividades la integración de todos los escenarios evaluados de tal forma que se obtenga una condición de amenaza y riesgo por este fenómeno ni las premisas planteadas anteriormente y siguiendo lo planteado en el protocolo.

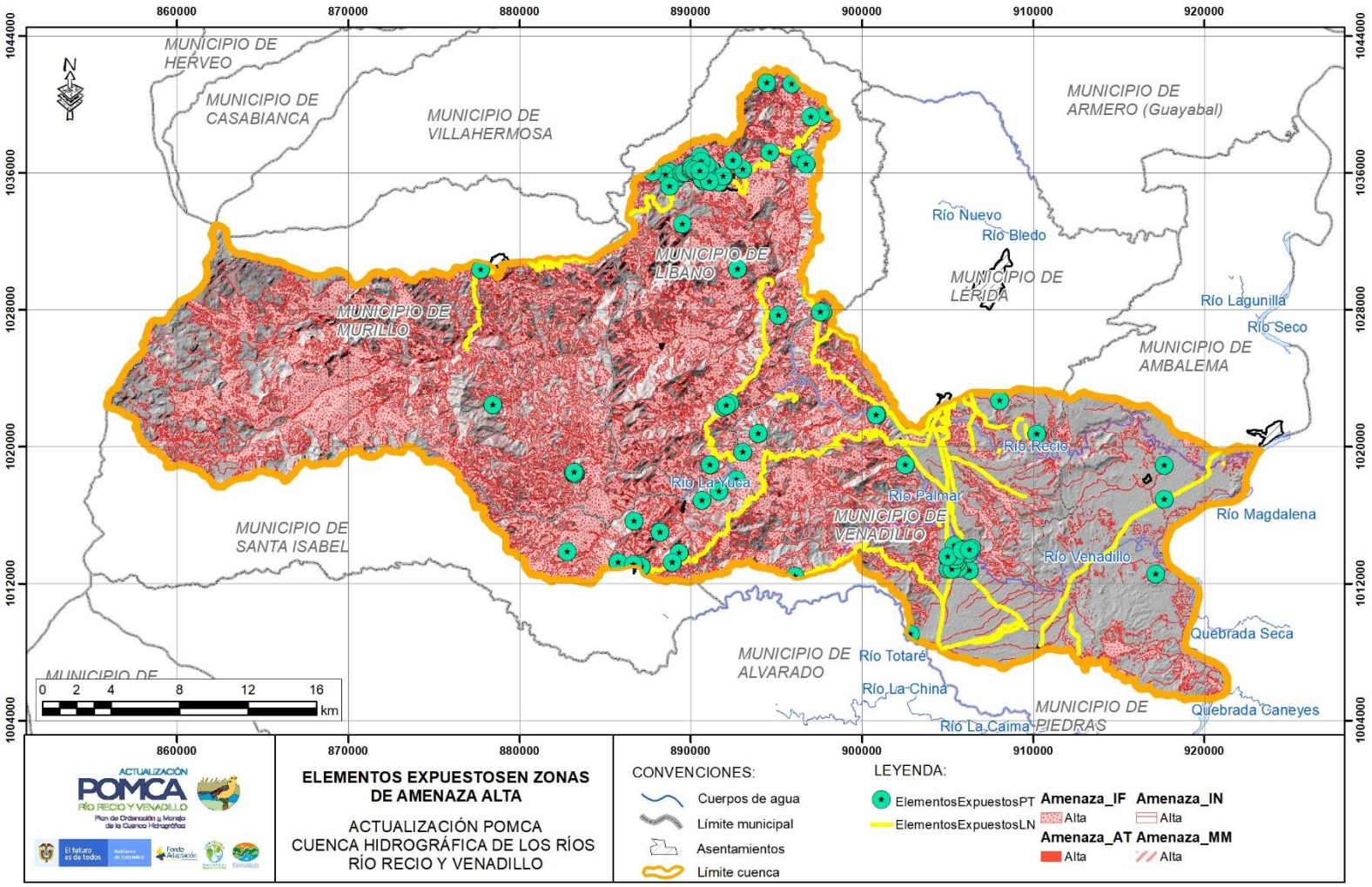
9. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Las amenazas se presentan medias o altas en casi toda la extensión de la cuenca, de manera que las condiciones reales de riesgo se someten a la exposición de elementos de infraestructura o de las coberturas a los diferentes tipos de amenazas. Es bueno recordar que los alcances del presente estudio no logran esbozar siquiera compendios conceptuales de fragilidad física de elementos expuestos, reduciendo el análisis a la relación implícita de riesgo en función únicamente de la exposición. Así, lo enunciado en este numeral es solamente la identificación o recapitulación de infraestructura que puede llegar a ser afecta por la ocurrencia de un evento amenazante.

En la cartografía base se destaca la exposición de infraestructura indispensable y de atención a la comunidad y demás construcciones que pueden corresponder con infraestructura estratégica. La más importante se relaciona con edificaciones, vías y líneas de servicios públicos en la que se encuentran 138 elementos puntuales como acueductos, dirección de bomberos, entidades educativas, más de 192 kilómetros de vías, 16 km de redes de energía, y más de 15 km de otras construcciones lineales entre las que se incluyen puentes y cerca de quinientos elementos tipificados como “otras construcciones”. Sin duda mostrar en una figura toda la infraestructura expuesta resulta apenas indicativo, por lo cual es bueno buscar mayor detalle de estos en el Anexo 4. Salidas Cartograficas:

- Salida_cartografica_ElementosExpuestosAmenazas.
- Salida_cartográfica_LocalizacionElementosAmenazAlta.

Figura 45. Elementos expuestos en zona de amenaza alta de la cuenca



Fuente: CORCUENCAS. Actualización POMCA río Recio Y Venadillo. 2019

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Si bien dentro de la fase de formulación de la Actualización del POMCA de los ríos Recio y Venadillo se deben sugerir estudios detallados orientados a la concepción de las amenazas implícitas en la cuenca, es importante evaluar el estado y la ejecución de las obras que han permitido mitigar la condición de riesgo dentro de la misma.

- Los resultados obtenidos de amenaza y riesgo por movimiento en masa consideran las condiciones que favorecen o desfavorecen la ocurrencia de movimientos en masa, pero no indican directamente su magnitud ni alcance. Por tanto, la zonificación presentada es un indicador de amenaza por movimientos en masa y no reemplaza los análisis detallados de las áreas que se verían directamente afectadas por la ocurrencia de movimientos en masa.

- Tampoco evalúa volumen desplazado ni distancia de viaje, características necesarias para la estimación detallada de vulnerabilidad y riesgo en elementos expuestos. Se recomienda realizar estudios detallados de amenaza y riesgo si se requiere analizar en detalle predios o áreas particulares que vayan a ser objeto de cualquier destino de uso de aprovechamiento.

- Para análisis de vulnerabilidad social e institucional se recomienda realizar censos rurales y urbanos levantando información específica de condiciones de sociales, económicas, conocimiento de riesgos y demás relacionados con la percepción de amenazas, exposición, capacidad de respuesta y riesgo. La evaluación de riesgo a la escala presentada se vio limitada por la resolución y actualización de estas variables, por lo cual se evitó estimar costos de reposición y posibles daños o afectaciones provocadas por las diferentes amenazas encontradas y estudiadas.

- Los resultados obtenidos son indicativos para identificar las zonas con mayor susceptibilidad y amenaza para ser considerada en análisis más detalladas dentro de las actualizaciones de instrumentos de ordenamiento territorial en los municipios de la cuenca hidrográfica.

- Para la evaluación de amenaza por inundación con mejor detalle es necesario contar con información topográfica y batimétrica a lo largo de todo el cauce de los ríos, Cauce y de ciertos afluentes del norte de la cuenca que permita la modelación hidrológica e hidráulica de las condiciones de niveles y velocidad de flujo del cauce principal en función de las variaciones de caudal provocadas por eventos de variabilidad climática y cambio climático.

- Se recomienda realizar estudios detallados por avenidas torrenciales en las quebradas que obtuvieron calificación de amenaza alta por este tipo de evento amenazante considerando el fenómeno físico de la avenida torrencial como la combinación de crecientes súbitas de caudal en cauces torrenciales con la detonación de movimientos en masa que aportarían material tras la ocurrencia de flujos canalizados o deslizamientos cerca del cauce del cuerpo de agua. Para ello se deben considerar los fenómenos presentados en vías y cuerpos de agua con características torrenciales de la cuenca, o el reciente caso de Mocoa (Putumayo) en marzo de 2017.

- Se hace necesario consolidar una base de datos georreferenciada y unificada que le permita a los diferentes actores de riesgo consular información básica (daños, afectaciones, magnitud) de los eventos amenazantes que afecten la cuenca, de manera tal que dicho catálogo se alimente a lo largo de la historia y los análisis de probabilidad de ocurrencia sean mucho más asertivos. En este específico es necesario que se garantice que los eventos por incendios forestales se georreferencien acertadamente en adelante pues carece de históricos espacializados.

- La cuenca presenta escenarios de alta amenaza para movimientos en masa e incendios forestales dentro de la misma, si bien el resultado de la aplicación de cada una de las metodologías muestra una condición regional de la cuenca es importante que dentro de las sugerencias y recomendaciones orientadas a la gestión del riesgo se tenga en cuenta la formulación y revisión de estudios detallados orientados al control y mitigación de aquellas zonas que han sido zonificadas en condición de amenaza.

- Es necesario mayor detalle en cuanto a la información para la identificación y caracterización de los centros poblados en aquellas zonas que localmente evidenciaron condiciones de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo para cada una de las amenazas evaluadas dentro de la cuenca.

- Luego de realizar un análisis completo asociado a las condiciones de riesgo implícitas dentro de la cuenca se observa una necesidad de conocimiento y divulgación en la comunidad y hacia los actores específicos del riesgo sobre la percepción y mitigación del mismo y esto sólo se logra a través de espacios sociales efectivos que alimenten el conocimiento de las amenazas en cada sector de la cuenca.

- Espacios liderados por el consejo de cuenca son esenciales dentro del aprendizaje y comprensión de la gestión del riesgo, es importante formular espacios que brinden conocimiento del riesgo a la comunidad incluso desde la formación académica básica para hacer prevalecer este a lo largo de los años.

- Generar espacios de educación ambiental y capacitación sobre cómo se debe actuar frente a un desastre originado por una amenaza socionatural.

- Generar fortalecimiento o creación de programas de entrenamiento, preparación y capacitación con el fin de fortalecer los equipos locales y las entidades encargadas de responder ante una emergencia.

- Es necesario y oportuno ejecutar estudios de precio de la tierra teniendo en cuenta la espacialización de coberturas y usos del suelo se ve estancada por la ausencia de información con escalas mayores a municipio o vereda.

- Potencializar la concientización sobre las consecuencias de los incendios forestales y el fuerte deterioro de la capa vegetal que estos producen, así como promover la conservación de ecosistemas estratégicos de la cuenca, los cuales una vez afectados por eventos de ignición de la capa vegetal, nunca pueden llegar a recuperarse al 100%.

11. NECESIDADES DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN

Si bien el desarrollo normativo y contractual del POMCA permite dar un panorama de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la cuenca su resultado debe ser solo una de las herramientas para la toma de decisiones en la definición de metas, planes y proyectos en gestión integral de riesgo las cuales deben ser definidas por los entes locales y territoriales desde sus propios instrumentos de ordenamiento territorial y de gestión del riesgo. Por consiguiente, toda decisión de acción puntual debe estar soportada por análisis de detalle que requieran la rigurosidad técnica propia de esa escala de análisis y no interpretar estos resultados de amenaza y riesgo regionales como los definitivos y suficientes para la definición de obras, reasentamientos de familias, restricciones de uso del suelo y demás acciones que afecten o favorezcan el uso del mismo.

En las áreas urbanas se deben desarrollar análisis para la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo con mayor detalle para que dentro del ordenamiento urbano y de expansión urbana se tomen las decisiones prescriptivas y prospectivas del territorio como mínimo en el marco del decreto 1077 de 2015 y la ley 1523 de 2012. Para ello es recomendable orientar los análisis y la generación de información primaria considerando las siguientes necesidades:

- Una base de datos catastral para los cascos urbanos de los municipios, y de ser posible, en todos los centros poblados de la cuenca incluyendo como mínimo características constructivas, número de pisos, uso, y vetustez para diferenciar condiciones de fragilidad física para distintos eventos amenazantes y definir panoramas de riesgo físico y total para escenarios sísmicos por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

- Información primaria geológica, geomorfológica, de coberturas vegetales, topográfica, batimétrica, exploración y zonificación geotécnica para procesos de análisis determinísticos en el marco de los instrumentos de ordenamiento territorial requeridos para cada municipio según lo reglamentado por la ley 388 de 1997, el decreto 1807 de 2014, decreto 4300 de 2007, decreto 1469 de 2010 y demás normativa relacionada con el ordenamiento territorial.

- Estudios regionales de zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo urbano con identificación de áreas específicas con condición de riesgo que requieran acciones de mitigación y reducción en el corto y mediano plazo sobre las cuales se deberán ejecutar estudios con análisis de estabilidad de taludes, modelación hidrodinámica y de capacidad hidráulica de la red de drenaje con evaluación de alternativas entre las que se deben considerar diseños de obras civiles de contención de laderas, reconformación morfométrica del relieve, estructuras de drenaje y manejo de aguas, protección de los márgenes de los cauces y aumento de su capacidad hidráulica, diseño de aliviaderos y otras estructuras de contención y control de sedimentos, caracterización de vulnerabilidad social para relocalización transitoria de familias o su reasentamiento definitivo y programas de acompañamiento e integración social de las mismas en sus nuevos espacios socioculturales orientado a la reconstrucción del tejido social.

- Evaluación de las estrategias de respuesta a emergencias, planes de emergencia y contingencia y planes institucionales de respuesta a emergencias.

Las áreas rurales deben ser sometidas a análisis más rigurosos en función de las decisiones que se deban tomar sobre su uso. Si se desea realizar un aprovechamiento del suelo que represente la ejecución de proyectos de infraestructura vital tales como programas de mejoramiento integral de vivienda rural, vías, embalses, colectores, plantas de tratamiento de agua, líneas de alta tensión, conducción de agua potable, ductos, poliductos y demás redes de transporte de servicios públicos y privados y en general para toda obra civil lineal o puntual que implique la exposición permanente o flotante de vidas humanas se hace necesario el trazo de un área de influencia a la cual se le debe realizar estudios detallados que contemplen:

- Estudios de viabilidad predial técnica y financiera considerando la zonificación regional de amenaza y riesgo generada en este estudio en donde el trazado de alternativas busque dar preferencia a aquellas áreas que se encuentren en amenaza baja o media por inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa.

- Información primaria geológica, geomorfológica, de coberturas vegetales, topográfica, batimétrica, exploración y zonificación geotécnica para procesos de análisis determinísticos en el marco de la definición de medidas de mitigación de amenaza, reducción de riesgo y protección de infraestructura pública y privada según lo ordenado en la ley 1523 de 2012, ley 400 de 1997 (modificada por la ley 1229 de 2008), decreto 926 de 2010, especificaciones técnicas INVIAS para puentes y vías y demás normativa relacionada con construcción de infraestructura.

- Estudios locales de zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo así como el diseño de alternativas para mitigación y reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazo que incluyan análisis de estabilidad de taludes, modelación hidrodinámica y de capacidad hidráulica de cuerpos de agua, diseños de obras civiles de contención de laderas, reconformación morfométrica del relieve, estructuras de drenaje y manejo de aguas, protección de los márgenes de los cauces, diseño de aliviaderos, saneamiento predial y otras medidas prospectivas estructurales y no estructurales.

- Las áreas que estén proyectadas por necesidad o conveniencia para uso de suelo de protección por criterios distintos a la condición de amenaza, sin importar la calificación de esta última, pueden llevarse a categoría de protección sin necesidad de realizar estudios más detallados de amenaza o riesgo pues primaría sobre cualquier restricción o condicionamiento en función de la amenaza natural que es propia del territorio e intrínseca de los materiales del subsuelo y su morfometría de manera que la presencia de movimientos en masa, inundaciones o avenidas torrenciales se convierte en parte del proceso natural necesario para la conservación de los ecosistemas.

- Para aquellas zonas que cuenten con una zonificación de amenaza alta por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones es importante evaluar y priorizar la ejecución de estudios y obras de mitigación y reducción del riesgo discriminados por categoría y tipo de amenaza entre los cuales se encuentran:

11.1 AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

En zonas de amenaza alta y media por movimientos en masa estudios locales y puntuales que incluyan como mínimo geología, geomorfología, coberturas vegetales, y zonificación geotécnica, insumos necesarios para análisis de estabilidad de taludes con diseño de alternativas de mitigación de amenaza como reconformación morfométrica de la ladera, obras civiles de contención, manejo de aguas superficiales y subsuperficiales, bioingeniería y renaturalización o de reducción de riesgo como mejoramiento integral de vivienda, relocalización o reasentamiento de la población e infraestructura expuesta en dichas zonas.

Si se requiere analizar en detalle predios o áreas particulares que vayan a ser objeto de cualquier destino de uso de aprovechamiento conviene realizar estudios detallados de amenaza y riesgo debido a que los resultados obtenidos consideran las condiciones que favorecen o desfavorecen la ocurrencia de movimientos en masa, pero no indican directamente su magnitud ni alcance. Por tanto, la zonificación presentada es un indicador de amenaza por movimientos en masa y no reemplaza los análisis detallados de las áreas que se verían directamente afectadas por la ocurrencia de movimientos en masa. Tampoco evalúa volumen desplazado ni distancia de viaje, características necesarias para la estimación detallada de vulnerabilidad y riesgo en elementos expuestos.

Considerando lo anterior se recomienda condicionar el uso de las áreas en amenaza alta por movimientos en masa a la elaboración de análisis determinísticos detallados que permitan definir las porciones de área que realmente se encuentran en amenaza alta para que dependiendo del uso que se le vaya a dar se plantee la posibilidad de adaptarse y convivir con los movimientos en masa o el planteamiento de obras civiles que los mitiguen

11.2 AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACIONES

En zonas de amenaza alta y media por inundaciones estudios locales y puntuales que incluyan como mínimo topografía y batimetría de detalle, insumos necesarios para modelaciones hidrodinámicas y de capacidad hidráulica de la red de drenaje en los cauces principales que permitan delimitar con mayor precisión el área de influencia de este tipo de fenómenos y evaluar la pertinencia de medidas y obras de aumento de capacidad hidráulica (dragados del fondo de cauce, modificación de la sección transversal del cauce, ampliación y remplazo de superficie de márgenes, redistribución de pendientes, entre otras), protección de márgenes (caissons o pilotes, enrocados, bolsacretos, canalización rígida, etc.) y protección ante desbordamiento (jarillones, muros, canales paralelos de alivios de cauda, llanuras inundables, entre otras) o el reasentamiento de familias y relocalización de infraestructura estratégica. También es importante contar con una red de propia de instrumentación hidrometeorológica con al menos una estación pluviográfica por cada subcuenca y sensores de nivel a lo largo del cauce principal de los ríos con las que se pueda recolectar información pluviométrica de detalle complementaria a información sinóptica por variabilidad climática y cambio climático.

Adicionalmente formular mecanismos de adaptación a la amenaza por inundación dentro de las actividades o destinos de uso que se vaya establecer a cada sector de la cuenca. Las inundaciones pueden generan afectación en términos de gran extensión, pero la recuperación posevento para este tipo de amenaza es la más práctica con consecuencias

controlables si se llevan a cabo los mecanismos de adaptación adecuados en lugar de establecer restricciones directas de uso.

11.3 AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES

En zonas de amenaza alta por avenidas torrenciales estudios locales y puntuales que incluyan como mínimo topografía y batimetría de detalle, insumos necesarios para modelaciones hidrodinámicas y de capacidad hidráulica de la red de drenaje en cada subcuenca orientados a delimitar con mayor precisión del área de influencia de este tipo de fenómenos, dentro de las zonas en las que por estudios detallados se confirme la condición de amenaza alta se deberán ejecutar programas de reasentamiento, recuperación ambiental, y renaturalización de áreas expuestas por este tipo de amenaza. También es importante contar con una red de propia de instrumentación hidrometeorológica con al menos una estación pluviográfica por cada subcuenca y sensores de nivel a lo largo del cauce principal del río y sus afluentes con las que se pueda recolectar información pluviométrica de detalle complementaria a información sinóptica por variabilidad climática y cambio climático.

En zonas de amenaza media por avenidas torrenciales: estudios locales y puntuales que incluyan como mínimo topografía y batimetría de detalle, insumos necesarios para modelaciones hidrodinámicas y de capacidad hidráulica de la red de drenaje en cada subcuenca que permitan delimitar con mayor precisión del área de influencia de este tipo de fenómenos y el diseño de obras de obras de drenaje, estructuras de contención, recuperación natural del cauce, manejo de aguas residuales o evaluar la inminente necesidad de reasentamiento de familias y relocalización de infraestructura estratégica. También es importante contar con una red de propia de instrumentación hidrometeorológica con al menos una estación pluviográfica por cada subcuenca y sensores de nivel a lo largo del cauce principal de los ríos y otros cuerpos de agua relevantes con las que se pueda recolectar información pluviométrica de detalle complementaria a información sinóptica por variabilidad climática y cambio climático.

De manera similar a las zonas de amenaza alta por avenidas torrenciales, las de amenaza media deben ser sometidas a estudios locales y puntuales que incluyan como mínimo topografía y batimetría de detalle y todos los insumos necesarios para modelaciones hidrodinámicas y de capacidad hidráulica de la red de drenaje en cada subcuenca que permitan delimitar con mayor precisión del área de influencia de este tipo de fenómenos y evaluar la inminente necesidad de reasentamiento de familias y relocalización de infraestructura estratégica o la posibilidad del diseño de obras de obras de drenaje, estructuras de contención, recuperación natural del cauce y manejo de aguas residuales que permitan mitigar las condiciones de amenaza en algunos sectores para condicionar su uso y aprovechamiento.

11.4 AMENAZA Y RIESGO POR INCENDIOS DE LAS COBERTURAS VEGETALES

Se hace necesario consolidar una base de datos georreferenciada y unificada que le permita a los diferentes actores de riesgo consultar información básica (daños,

afectaciones, magnitud) de los eventos amenazantes. En este específico es necesario que se garantice que los eventos por incendios forestales se georreferencien acertadamente en adelante en cuanto a ubicación y espacialización tipo polígono que represente el área de afectación de cada uno.

Con el fin de mitigar la amenaza por incendios forestales o de coberturas vegetales, se deben tomar medidas de divulgación, orientación y capacitación para reducción de actividades detonantes como quemas indiscriminadas de cultivos y demás que pueden generar focos de ignición de la cobertura vegetal.

Potencializar la concientización sobre las consecuencias de los incendios forestales y el fuerte deterioro de la capa vegetal que estos producen, así como promover la conservación de ecosistemas estratégicos de la cuenca, los cuales una vez afectados por eventos de ignición de la capa vegetal, nunca pueden llegar a recuperarse completamente.

11.5 AMENAZA Y RIESGO POR SISMO

- Caracterización de la respuesta dinámica de los depósitos coluviales y aluviales sobre los que reposan varias cabeceras municipales y centros poblados para lograr estimar con mejor definición la amenaza sísmica en superficie para entornos urbanos.

- Identificación catastral de viviendas y edificaciones en general con características físicas como número de pisos, sistema estructural, vetustez, entre otras que permitirán asociar curvas de fragilidad y capacidad para estimar escenarios de daño y evaluaciones holísticas de riesgo sísmico.

BIBLIOGRAFÍA

Ávila, G., Perico, N. (2015). Determinación de curvas de vulnerabilidad de viviendas ante procesos de remoción en masa en la ciudad de Bogotá. From Fundamentals to Applications in Geotechnics. Proceedings of the 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Buenos Aires, Argentina.

Boulandier, J. J., Esparza, F., Garayoa, J., Orta, C., & Anitua, P. (2001). Manual Extinción de Incendios. Bomberos de Navarra Nafarroako Suhiltzaileak. Pamplona: Bomberos de Navarra.

Butler, B., Anderson, W., & Catchpo, E. (2007). Influence of Slope on Fire Spread Rate. US: Forest Service Proceedings.

DANE. (s.f.). Necesidades Básicas Insatisfechas -NBI-. Recuperado el 2016, de http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi

DECRETO 1420. (Julio de 24 de 1998).

Dirección General de Protección Civil y emergencias - España. (s.f.). www.proteccioncivil.org. Recuperado el 2016, de http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm

Glade , T., & Crozier, M. (2005). A review of scale dependency in landslide. Chichester: Wiley.

Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., & Galli, A. M. (2005). Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology, 272 -299.

IDEAM. (2016 йил 03-08). IDEAM. From Amenazas de Inundación: http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion

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.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). IDEAM. Recuperado el 2016, de http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/susceptibilidad-de-las-coberturas.

Luengas, J., Perico, N. (2017). Criterios complementarios para evaluación de amenazas y riesgos en escalas regionales para ordenamiento territorial. Biblioteca GEOTRIE Ciencias e Ingeniería. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación de manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014 йил Noviembre). 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, F. d. (2014). Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

Moreno Rodriguez, J. M., Rodriguez-Urbieta, I., Zabala Espiñeira, G., & Martín, M. (2015). Impactos del Cambio Climático en Castilla - La Mancha. Toledo, Toledo: Fundación General de Medio Ambiente.

Parra Lara, A. d. (2011). Incendios de la cobertura vegetal. Cali, Colombia.

Portilla, M. (2001). Aplicación de los Sistemas de Lógica Difusa en la Evaluación de la Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa. Geología Colombiana, v. 26, pp. 189 - 205.

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. Bogotá D.C, Colombia: Maestría en Ciencias - geología. UN - Sede Bogotá.

Perico, N. (2017). Caracterización del escenario de riesgo por movimientos en masa en Bogotá. Concepto de revisión de susceptibilidad a movimientos en masa por métodos estadísticos para Bogotá. IDIGER, Bogotá, Colombia.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (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.

SGC - SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. (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.

SGC -Servicio Geológico Colombiano. (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.

SGC -Servicio Geológico Colombiano. (2019). Sistema de consulta de la amenaza sísmica de Colombia. Disponible en https://amenazasismica.sgc.gov.co/.

Turcotte, D., & Malamud, B. (2000). Cellular - automata models spplied to natural hazards. IEEE Computing Science and Engineering, 42 - 51.