

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Implementación de un sistema de información geográfica para la
delimitación de rondas hídricas – Colombia**

Alexandra Ramírez Quintero

Richard Resl, Ph.Dc, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, agosto de 2014

Universidad San Francisco De Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Implementación de un sistema de información geográfica para la
delimitación de rondas hídricas –Colombia**

Alexandra Ramírez Quintero

Richard Resl, Ph.Dc.
Director de tesis

Anton Eitzinger, MSc.
Miembro de Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.Dc.
**Director de la de Maestría en
Sistemas de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.
**Decana de Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Victor Viteri Breedy, Ph.D
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, agosto de 2014

© Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Alexandra Ramírez Quintero

C. I.: 39450783 Colombia

Quito, agosto de 2014

DEDICATORIA

A mi esposo Mauricio y a mi hijo Federico por su amor, apoyo, paciencia y comprensión .

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres Ramón y Marina por su tenacidad y apoyo incondicional a través de mi vida, a mi hermano Jorge por todo su amor, acompañamiento y comprensión.

Gracias a todos los que de una forma u otra han hecho posible mi paso por la senda del conocimiento.

RESUMEN

El agua es un elemento regulador del equilibrio del sistema natural global, determinado por sus relaciones entre la biosfera, la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera. El agua cumple un ciclo dinámico a través de varios fenómenos, es el único líquido vital que recircula por un proceso de renovación.

En Colombia los recursos hídricos se clasifican en seis categorías: aguas lluvias, aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas termominerales, aguas marinas, oceánicas y agua en los nevados. Las aguas superficiales incluyen los ríos, lagunas, quebradas y riachuelos.

Sabiendo que Colombia es un país con una buena disponibilidad de agua dulce, no escapa de la angustia, ante la búsqueda de fuentes hídricas consumibles para su población, las tradicionales causas de deterioro del recurso hídrico, tales como la tala indiscriminada de bosques especialmente en áreas de nacimientos, la colonización desordenada muchas veces propiciada por el deseo de expandir la frontera agrícola, la urbanización causada por fenómenos de desplazamiento por violencia o fenómenos culturales, el aumento de vertimientos sin control o tratamiento, el aumento de residuos sólidos y el aumento demográfico desproporcionado, son causa de preocupación para el país.

Es importante entender que el desarrollo en términos de ocupación que se venía generado dentro de la subregión del Valle de San Nicolás hasta el año 2011, no tenía en cuenta las áreas de retiros o áreas con alta susceptibilidad a la inundación, para la edificación de proyectos constructivos (parcelaciones, industrial, residencias, etc.), infringiendo la norma desde las secretarías de planeación de las alcaldías municipales, con la expedición de las licencias constructivas, que no generaban responsabilidades frente a las fuentes hídricas.

La metodología que se desarrollara para este trabajo pretende optimizar los análisis ambientales, para la subregión de Valles de San Nicolás que permita por medio de las geomorfología del territorio y unos factores de control, encontrar las áreas de protección hídrica o áreas con alta susceptibilidad a la inundación, a través de los sistemas de información geográfica. No obstante es muy importante aclarar que cada territorio tiene sus propias dinámicas y que la metodología debe adaptarse al entorno que será estudiado.

ABSTRACT

Water is a regulator of the balance of the global natural system, determined by its relations among the biosphere, atmosphere, lithosphere and hydrosphere. Water fulfills a dynamic cycle through several phenomena, it is the only vital liquid that circulates for a renewal process.

Water resources in Colombia are classified into six categories: rain water, surface water, groundwater, thermal mineral water, seawater, ocean and snowy water. Surface waters include rivers, lakes, streams and creeks.

Knowing that Colombia is a country with good fresh water availability, anguish is always present, trying to find sources of consumable water supplies for its population; the traditional causes of deterioration of water resources, such as indiscriminate logging, especially in water spring areas, colonization often cluttered prompted by the desire to expand the agricultural frontier, urbanization phenomena caused by displacement due to violence or cultural phenomena, increasing of uncontrolled discharges or proper treatment, increased solid waste and the disproportionate population increase are cause for country concern.

It is important to understand that the development in terms of occupancy that had been generated within the subregion of the San Nicolas Valley until 2011, did not take into account the retirement areas or areas with high susceptibility to flooding for building projects (subdivisions, industrial, residential, etc.), this rule being infringed by the planning secretaries of the municipal council authorities, with the issuance of the building licenses, which did not generate responsibilities to water sources

The methodology developed for this work aims to optimize the environmental analysis for the subregion of San Nicolas Valley by allowing the geomorphology of the area and control factors, find water protection areas or areas with high susceptibility to flooding through the geographic information systems. However, it is very important to note that each territory has its own dynamics and that the methodology should be adapted to the environment that will be studied.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. Introducción.....	12
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivo Especifico	15
2 Marco teórico.....	16
2.1 El propósito del estudio	19
2.2 El significado del estudio	20
2.3 Definición de términos	20
2.3.1 Área Protección y Conservación Ambiental (APC).....	21
2.3.2 Cauce permanente.....	21
2.3.3 Faja de Protección (Fp).....	21
2.3.4 Lecho.	21
2.3.5 Línea o nivel ordinario.	21
2.3.6 Periodo de Retorno (Tr):.....	21
2.3.7 Ronda Hídrica.....	22

	10
2.4 Revisión de literatura.....	22
3 Metodología.....	26
3.1 Localización del Valle de San Nicolás	26
3.2 Componentes de la matriz	34
3.2.1 Factor geomorfológico.	34
3.2.2 Usos del Suelo.	37
3.2.3 Factores de control.....	37
3.3 Proceso	43
3.3.1 Desarrollo de la metodología.....	44
4 RESULTADOS	47
5 CONCLUSIONES.....	50
6 RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Definición de la ronda hídrica en términos del artículo 206 de la Ley 1450 de 2011	24
Figura 2 Superposición de capas para la delimitación de la ronda hídrica.....	25
Figura 3 Ubicación geográfica del Valle de San Nicolás	26
Figura 4 Cuenca del Rio Negro	27
Figura 5 Matriz de determinación de los retiros a fuentes hídricas.....	29
Figura 6 Descripción de acuerdo a la geoforma de la quebrada.....	32
Figura 7 Descripción de acuerdo a la geoforma de la quebrada.....	32
Figura 8 Área de ronda hídrica de acuerdo a la geoforma de la quebrada	32
Figura 9 . Ubicación especial de L, X y SAI.....	40
Figura 10 . Ubicación especial de L, X y SAT.....	40
Figura 11 Geomorfología del Área de Estudio.....	41
Figura 12 Red Hídrica Principal de la Cuenca Hidrografica del Rio Negro	42
Figura 13 Red Hídrica de la Cuenca Hidrografica del Rio Negro.....	43
Figura 14 Áreas con alta susceptibilidad a la inundación, áreas o zonas de protección hídrica (rondas hídricas).	44
Figura 15 Disolver polígonos vista de las áreas con alta susceptibilidad a la inundación (buffers)	45
Figura 16 Superposición de áreas con alta susceptibilidad fuentes hídricas y nacimientos	45
Figura 17 Corrección de errores de duplicidad de áreas.	46
Figura 18 Resultados obtenidos de la metodología.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país existen vacíos y ambigüedades en el tema normativo para la protección del recurso hídrico lo cual ha llevado al deterioro y dilapidación de este; la presión que existe por el suelo ha generado la disminución de caudales y de la calidad del recurso hídrico; la muestra de esto lo da el cambio que han sufrido la cartografía en los municipios; en el año 2000 con la primera generación de planes de ordenamiento territorial se utilizó por primera vez la herramienta SIG para ordenamiento territorial dentro del Valle de San Nicolás, cuando estos planes de ordenamiento territorial fueron entregados a los municipios muchos de ellos no contaban con los software ni la capacidad instalada para entender el territorio desde la multidimensionalidad de un SIG.

En consecuencia de lo anterior se presentan las siguientes problemáticas:

- Desaparición y/o cambio de fuentes hídricas sobre el territorio
- Pérdida de coberturas de protección
- Presión por la escala de análisis: subregional a municipal
- Conflictos en el uso del suelo

La corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare CORNARE, en su competencia para ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales estableció el método “ Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Sur Oriente Antioqueño año 2003”; el cual consistió en establecer la relación que existe entre el factor geomorfológico el uso del suelo y unos factores de control (inundación, torrencialidad, erosión, contaminación).

Es por esto que se hace necesario homologar dichos criterios para cada municipio con el fin de establecer una metodología desde los sistemas de información geográfica que garantice la protección de cada una de las fuentes y corrientes hídricas en los municipios.

1.1 Antecedentes

Desde el año de 1998 cuando la ley 388 de Ordenamiento Territorial dio la directriz a los municipios a elaborar los primeros planes de Ordenamiento Territorial, comenzaron a utilizarse tecnologías hasta ese momento desconocidas, para la mayoría de los municipios de la jurisdicción de CORNARE; los SIG fueron los protagonistas de muchos de los análisis realizados para los estudios de los POT del año 2000 en ese momento se utilizaron los software de Arc wie 3,0 y Aquinfo, por tanto algunos de los municipios de la jurisdicción de CORNARE en especial los del valle de San Nicolás que está compuesto por 9 municipios posee alguna cartografía 1:25.000 y 1:10.000; en se momento se dejó en la Asociación de Municipios del Altiplano del Oriente Antioqueño MASORA la capacidad instalada para hacer custodia, seguimiento y la actualización de la cartografía, proceso que duro poco tiempo y no dio frutos, el valle de San Nicolás es una de las subregiones del país con mayor dinámica inmobiliaria y excesos en los costos de la tierra, por lo tanto el cambio en los usos del suelo y su acelerado crecimiento no tiene compatibilidad con los suelos que restringen el desarrollo inmobiliario como lo son las rondas hídricas (suelos de protección); a pesar de contar con cartografía para esta zona, la cartografía básica no está actualizada (red de drenaje), y la zona tiene una gran riqueza orográfica; teniendo en cuenta esta información y las dinámicas que se presentan la corporación Autónoma CORNARE construye una metodología para la determinación de retiros a fuetes hídricas en el acuerdo

251 de 2011 y es posible llevarla a cabo mediante procesos de en un software de SIG (ArcGIS 10.1)¹, pudiendo estandarizar la metodología mínimamente para el valle de San Nicolás que es donde se tiene cartografía de mayor detalle que en el resto de la subregión, además es importante anotar que los municipios se han dado cuenta de la importancia de la implementación de los SIG en los procesos de planificación de los municipios.

1.2 Planteamiento del problema

Debido a la alta presión del sector inmobiliario en algunas partes del país, el estado de Colombia le delego la tarea de protección de los retiros a las fuentes hídricas (Rondas Hídricas) a las Corporaciones Autónomas Regionales, la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los Ríos Negro y Nare CORNARE, expidió el acuerdo 251 de 2011 a cerca de los retiros a las Rondas hídricas, este acuerdo está compuesto por una metodología, la cual debe ser acogida por los municipios de la jurisdicción CORNARE desde los Planes de Ordenamiento Territorial; el principal problema de los municipios para hacer cumplir la norma es la falta de personal calificado para hacer las visitas de campo, generando errores en la aplicación de la metodología del acuerdo, puesto que muchas de las variables que trae descrita la metodología pueden ser muy subjetivas, algunos de los municipios de la jurisdicción CORNARE no cuentan con Sistemas de Información Geográfica, ni personal calificado para el manejo de este, pero esta debilidad podría ser corregida con la capacitación de la corporación a los municipio de la corporación en la aplicación de la metodología y en la consulta de la geodatabase para los procesos

¹ ESRI (2012).

constructivos con la utilización de software libre SIG (free) o por medio del geoportal corporativo.

Todas las razones expuestas son suficientes para retomar el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE donde está reglamentada la metodología en campo para Rondas hídricas y estructurar la cartografía de acuerdo a la metodología del acuerdo desde los Sistemas de Información Geográfica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología para la delimitación de rondas hídricas, que contemple Acuerdo 251 de CORNARE, mediante las herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

1.3.2 Objetivo Especifico

Encontrar una metodología estándar de delimitación de rondas hídricas, en el sistema de información geográfica Arc Gis, que permita la incorporación del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE.

Crear una capa cartográfica que facilite la visualización espacial de los predios afectados con suelos de protección por rondas hídricas, que permita la extracción de indicadores para el seguimiento del Plan de Ordenamiento Territorial.

Diseñar mecanismos de análisis espacial, para el proceso de otorgamiento de licencias de construcción, en las administraciones municipales (Secretarías de Planeación), con la cartografía de restricciones ambientales por rondas hídricas.

2 MARCO TEÓRICO

Toda la historia del hombre y su evolución se ha visto envuelta en un sin número de acontecimientos ambientales, que ha puesto a prueba su integridad desde tiempos Bíblicos, el diluvio universal según este libro ha sido la inundación de mayor magnitud en toda la historia del hombre.

Después aparecen las leyes de Indias donde dice *que “desde la colonia el agua fue, en un territorio árido, simultáneamente sustento de vida y destrucción. Un traslado (1593) y múltiples reconstrucciones; en la ley V dice “Que se procure fundar cerca de los Ríos, y allí los oficios que causan inmundicias” Porque será de mucha conveniencia que se funden los pueblos cerca de Ríos navegables, para que tengan mejor trajín y comercio, como los marítimos. Ordenamos que así se funden, si el sitio lo permitiere, y que los solares para carnicerías, pescaderías, tenerías y otros oficinas, que causan inmundicias, y mal olor, se procuren poner hacia el rio, o mar, para que con más limpieza y sanidad se conserven las poblaciones”*.

En la actualidad las Rondas hídricas hacen parte de los Planes de Ordenamiento Territorial, la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los Ríos Negro y Nare CORNARE entrego a los municipios (26) de su jurisdicción las estructurantes ambientales bajo las cuales se debe hacer la revisión y ajuste de largo plazo de los POT basadas en la normatividad del País, entre las estructurantes se encuentra la metodología del acuerdo 251

de 2011 de la Corporación Ambiental, donde se describe como se deben calcular los retiros a las rondas hídricas.

Teniendo en cuenta los avances tecnológicos de los Sistemas de información Geográfica (SIG) y las diferentes interpretaciones de la mitología del acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, por los técnicos de las alcaldías al momento de aplicar la metodología, se podría generar la metodología a partir de los SIG y entregar una geodatabase a los municipio con los retiros a las rondas hídricas estandarizados y así evitar los errores en la aplicación de Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE.

Las Rondas hídricas se encuentran reglamentadas por:

“Decreto ley 2811 de 1974, Art. 83.

Decreto 1449 de 1977 Art. 3

Decreto 1549 de 1978 Art. 11

Ley 1450 de 2011 PND 2010 – 2014 Art. 206”

En Colombia se habla de la protección de las rondas hídricas desde la década de los 70, cuando salió la ley 1228 del 1974 en el Art. 83 literal d, donde dice *“Salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescriptibles del Estado d.- Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho”*.

Después el Decreto 1449/77 Art. 3 dice *“En relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a:*

a) Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las áreas forestales protectoras.

b) Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia.

c) Una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua;”

El Decreto 1541/78 Art. 11 *“Se entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias; y por lecho de los depósitos naturales de aguas, el suelo que ocupan hasta donde llegan los niveles ordinarios por efectos de lluvias o deshielo”.*

La Corporación Autónoma CORNARE teniendo en cuenta la alta presión inmobiliaria para la jurisdicción que es competente, en el año 2003 edito una cartilla llamada “Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el suroriente de Antioquia” la cual justificaba la metodología inserta en la cartilla por el vacío que existía en la norma en ese momento donde según la oficina jurídica de CORNARE emite un concepto que dice: *“respecto a la reglamentación existe un vacío jurídico al respecto pues la única norma vigente al momento era el decreto 1449 de 1977 que reglamentaba la ley 135 de 1961 en su artículo 56 inciso 10 del numeral 5 y el decreto ley 2811 de 1974 y este concluye que dicho decreto fue derogado al ser derogada la ley 135 de 1961 por la ley 160 de 1994. Por lo tanto para CORNARE el decreto 1449 de 1997, no está vigente”*

La Ley 1450 de 2011 PND 2010 – 2014 ART. 206. *“Rondas hídricas. Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-ley 2811 de 1974 y*

el área de protección o conservación aferente, para lo cual deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno Nacional”.

Con la ley 1450 de 2011 el Estado le dio la competencia a las corporaciones autónomas para el establecimiento de las rondas hídricas La corporación Autónoma Regional de Caldas el 11 de febrero de 2011 expidió la resolución 053 “*Por la cual se fijan los lineamientos para demarcar las fajas de protección de los cauces naturales de las corrientes urbanas y las reglas para su intervención*”, en esta resolución se detallan las de funciones de cada una de las zonas que se deben identificar para hacer los retiros, también se muestra la metodología de Gravelius con la cual fue clasificada la red de drenajes del departamento de Caldas por el IDEAM donde ordenan las fuentes hídricas de 1 a 5; la metodología solo es aplicable para los desarrollos urbanísticos que se generen dentro de la zona urbana dejando el suelo rural sin protección a rondas hídricas.

A partir de la Ley 1450 de 2011 PND 2010 – 2014 ART. 206. La Corporación Autónoma CORNARE debe hacer cambios sobre la cartilla que había publicado en 2003 puesto que se hablaba de una metodología para delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua y no era consecuente con los nombres que le dio la ley 1450 de 2011 que llamo a estas zonas como rondas hídricas, CORNARE decidió crear un Acuerdo 251 de 2011.

2.1 El propósito del estudio

La homologación de la metodología del acuerdo 251 de 2011 de la Corporación Autónoma CORNARE, desde los Sistemas de Información Geográfica constituye un avance importante en el uso de las tecnologías SIG y garantiza la aplicación óptima del acuerdo en los tramites de licencias de construcción de los municipios de valles de San Nicolás.

La Corporación Autónoma CORNARE podrá hacer seguimiento y monitoreo de sus lineamientos ambientales, por medio de los SIG a los municipios.

La generación de áreas protectoras para la red hídrica (rondas hídricas) según el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, servirá como una red de corredores biológicos que serán capaz de interconectar las zonas de protección aisladas existentes.

2.2 El significado del estudio

La cartografía resultante del proceso y análisis metodológico del Acuerdo 251 de 2011 será útil para los nueve municipios del valle de San Nicolás, permitiendo la toma de decisiones en el análisis para el otorgamiento de licencias urbanísticas en predios que tengan fuentes hídricas, o sea suelos de protección (Rondas hídricas).

Por medio de la cartografía generada se podrán visualizar los proyectos que se requieran desarrollar para la generación de espacios públicos, corredores biológicos, a partir de la afectación y compra de predios para la protección de zonas de interés ambiental.

Se podrán generar indicadores que muestren los avances en compra de predios para la protección de rondas hídricas, a través de los SIG y se podrá hacer el monitoreo de indicadores de para los expedientes municipales.

2.3 Definición de términos

Para el desarrollo la metodología del Acuerdo 251 de 2011 de se asumen las siguientes definiciones:

2.3.1 **Área Protección y Conservación Ambiental (APC).**

Es la zona continua a la franja de protección señalada en el literal d) del decreto ley 2811 de 1974, la cual contempla las áreas inundables para el paso de las crecientes no ordinaria y las necesarias para rectificación, amortiguación, protección y equilibrio ecológico

2.3.2 **Cauce permanente.**

“Se entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias” (Artículo 11 decreto 1541 de 1978)

2.3.3 **Faja de Protección (Fp).**

Corresponde a la franja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, con un ancho de hasta treinta metros, de propiedad del estado, salvo derechos adquiridos predio a la del Decreto ley 2811 de 1974.

2.3.4 **Lecho.**

“Suelos hasta donde llegan los niveles ordinarios por efecto de las lluvias o deshielo” (Artículo 11 Decreto 1541 de 1978)

2.3.5 **Línea o nivel ordinario.**

Se entiende por líneas o niveles ordinarios las cotas promedio naturales de los últimos quince (15) años, tanto para las más altas como para las más bajas (Artículo 13 Decreto 1541 de 1978)

2.3.6 **Periodo de Retorno (Tr):**

Es la probabilidad de que un caudal máximo e agua se presente al menos una vez en un periodo de tiempo determinado

Periodo de Retorno de 100 años ($Tr = 100$): Es la probabilidad de que un caudal máximo de agua se presente al menos una vez en un periodo de tiempo de 100 años. Así un periodo de retorno de los 100 años ($Tr = 100$) se refiere a un evento de precipitación que genere una área inundada correspondiente a la mancha de inundación calculada para un periodo de retorno de 100 años, en cualquier año dado.

2.3.7 Ronda Hídrica.

Es un área contigua al cauce permanente de corrientes nacimientos o depósitos de agua, comprendida por la faja de protección (Fp) y las áreas de protección y conservación ambiental (APC), necesaria para la amortiguación de crecientes y el equilibrio ecológico de la fuente hídrica.

2.4 Revisión de literatura

Teniendo en cuenta la importancia que han tomado los recursos naturales y los problemas del cambio climático, algunos países se han visto en la necesidad de reglamentar los retiros a las fuentes hídricas. Se pudo constatar que a pesar de querer encontrar una solución para los problemas que se están generando por los cambios abruptos del clima, la solución no puede ser una solución global, en Colombia no es posible hablar de geomorfología y clima homogéneo, el levantamiento de la cordillera de los Andes hace altamente variable el clima en sentido oriente occidente, por tal razón uno de los flancos suele sufrir mayores precipitaciones que el otro (Colombia, 2013).

Las condiciones altitudinales y climáticas son variables por todo el territorio, teniendo en cuenta que en Colombia existe norma para el retiro de las rondas hídricas, el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó una Guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos de agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de

la ley 1450 de 20011 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Combia, 2012).

La guía que tiene estructurada el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, varia con respecto a la metodología del Acuerdo 251 (Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Rios Negro y Nare - CORNARE, 2011), en varios puntos uno de ellos es que la guía habla sobre 30 metros de retiro que tiene el Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, donde se establece la regulación en términos de propiedad con relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. En el Artículo 83, literal D, consagra que la faja paralela a la línea de las mareas máximas o al cauce permanente del rio y lagos hasta de 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos, en cambio el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, justifica la no aplicación de esta norma por considerarla ambigua, donde argumenta que *“ la norma ha tenido serias dificultades por razones técnicas y socioeconómicas, en el sentido técnico es claro que una franja de 30 metros y una ronda de radio de 100 metros no necesariamente representan las distancias que garantizaran la protección del recurso hídrico y la importancia de esta apreciación radica en que para algunas fuentes será una franja mínima y para otras será una franja muy amplia que afecta predios de manera inapropiada ”*

Teniendo en cuenta el argumento anterior se pueden generar análisis cartográficos con la integración de factores de control que trata el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, se puede ver que también el Acuerdo tiene vacíos por no categorizar o clasificar las fuentes hídricas, lo que lleva a tener resultados muy similares para todas las fuentes

hídricas, no cuenta con una descripción para llevar la metodología a un Sistema de Información Geográfica.

La guía del Ministerio diferencia los sistemas hídricos lenticos y loticos por las diferencias dinámicas hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas, para hallar la ronda hídrica se elabora tres polígonos envolventes que se generan por la superposición de los componentes hidrobiológico, geomorfológico y ecosistémico aferentes a la fuente hídrica, la delimitación es posible mediante el álgebra de mapas en una herramienta SIG.

La metodología explica que después de tener estas áreas es necesario hacer la medición de los 30 metros que habla el artículo 206 de la ley 14 50 de 2011, a partir del cauce principal y dice: “si la faja queda incluida dentro de la ronda hídrica, el resto corresponde al área aferente de protección, tal como se muestra en las Figura 1 y Figura 2. Si por el contrario, ésta es mayor que la ronda hídrica, la faja de los 30 metros será criterio para delimitar la ronda hídrica, y no habrá área aferente de protección.

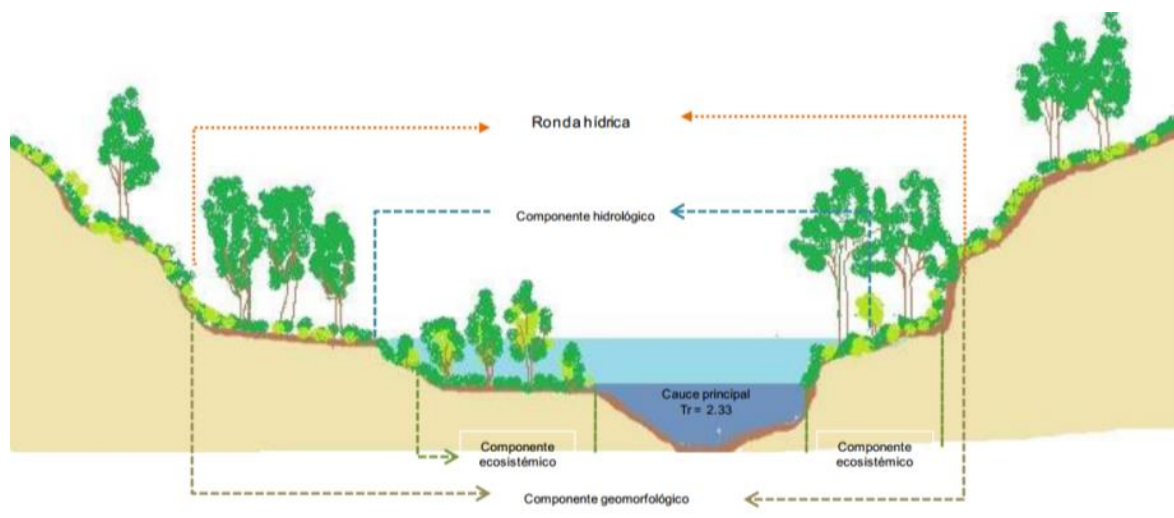


Figura 1 Definición de la ronda hídrica en términos del artículo 206 de la Ley 1450 de 2011

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Combia,

2012

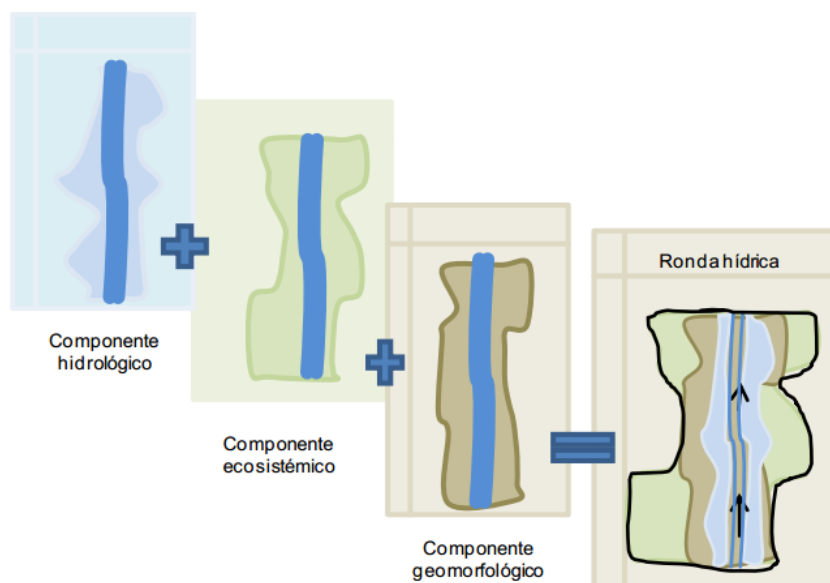


Figura 2 Superposición de capas para la delimitación de la ronda hídrica

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Combia,

2012

Teniendo en cuenta la información de la metodología anterior se puede ver que sigue persistiendo el área de 30 metros como lo indica el artículo 206 de la ley 1450 de 2011, tomada como el área de la ronda hídrica, sin tener en cuenta que en algunas zonas del país tienen mayores precipitaciones por ende una mayor riqueza de fuentes hídricas pequeñas, si esta metodología es llevada a cabo mostrara zonas del país completamente como zonas de protección por rondas hídricas, lo que conlleva a problemas especulativos en el valor de la tierra en zonas con una alta presión urbanística .

3 METODOLOGÍA

Antes de comenzar es importante poder mostrar la ubicación geográfica de la zona donde sera proyectada la metodologia del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE.

3.1 Localización del Valle de San Nicolás

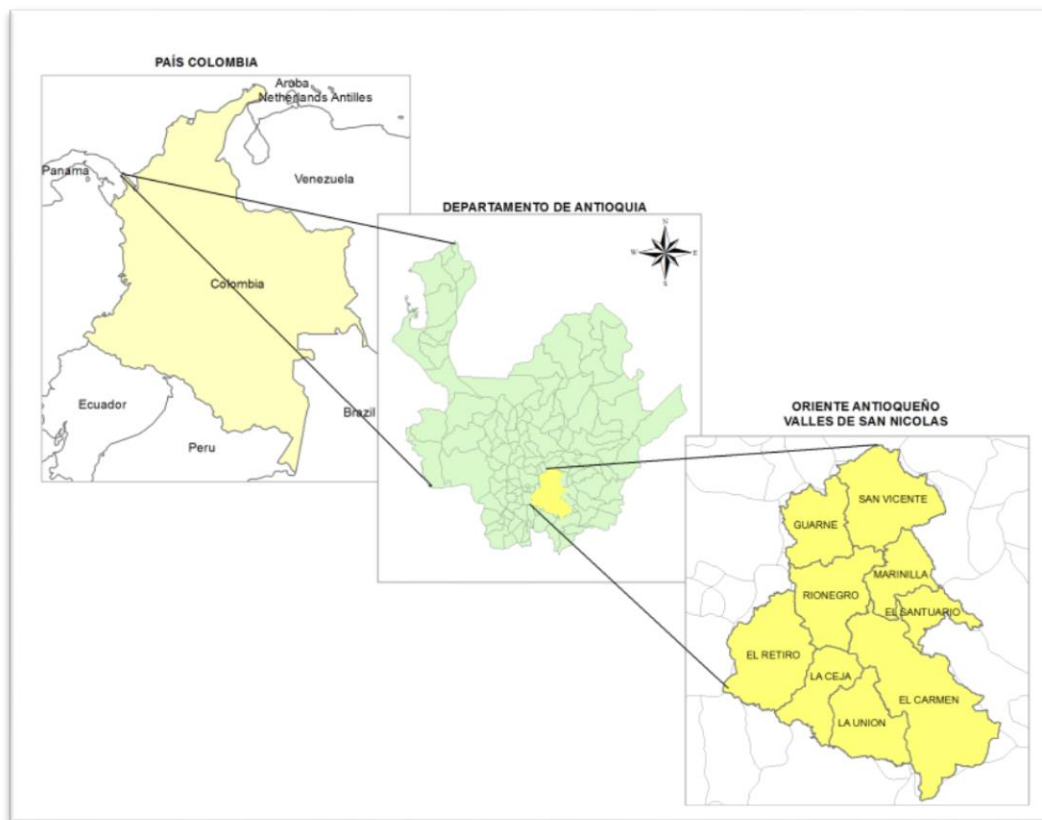


Figura 3 Ubicación geográfica del Valle de San Nicolás

FUENTE: Cartografica IGAC, 2000

El Valle de San Nicolas esta ubicado en la Subregión del oriente Antioqueño departamento de Colombia, esta subregion esta conformada por: El Carmen de Viboral, Santuario, Marinilla, Guarne, Rionegro, San Vicente, La Union, La Ceja yEl Retiro.

El proceso está construido a partir de la metodología del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, la cual mediante análisis y procesos será llevada a cabo en la cartografía, es importante aclarar que solo se tomaran en cuenta los municipios que hacen parte de la cuenca hidrografica del Rio Negro por ser la que presenta mayor presion sobre los recursos hídricos.



Figura 4 Cuenca del Río Negro

Según CORNARE. 2006: “El método consiste en establecer la relación que existe entre el factor geomorfológico, el uso del suelo y unos factores de control (inundación o torrencialidad, erosión, contaminación, espacio público, corredores biológicos y biodiversidad) que garantizaran el cumplimiento de las funciones propuestas para una

franja de retiro, donde se considera importante establecer una franja de protección a las corrientes hídricas con el propósito de cumplir las siguientes funciones:

- Disminuir la erosión superficial y de orillas de ríos y quebradas
- Evitar el aporte de sedimentos a las fuentes hídricas
- Disminuir la vulnerabilidad a las inundaciones y a las avenidas torrenciales
- Reducir la fuerza de la escorrentía
- Facilitar los procesos de infiltración y percolación
- Actuar como filtros para reducir la contaminación
- Regular la afluencia de agua a los cauces.
- Respetar el papel ecológico que desempeñan las zonas riparias con su biota Asociada, procurándoles un corredor lineal continuo.
- Favorecer su función como zonas de carga y de almacenamiento
- Mejorar el valor recreativo de las riberas
- Propiciar la creación de microclimas frescos y húmedos alrededor de las fuentes de agua en meses cálidos
- Facilitar su papel como flujo de conectividad y continuidad posibilitando el movimiento de especies entre diferentes hábitats
- Aprovechamiento del espacio público y recuperación del paisaje.
- Propiciar el equilibrio del recurso hidrobiológico.

Para la inter – relación se utilizó una matriz en la cual se establece el retiro que debe respetar un uso del suelo a una fuente de agua localizada en una unidad geomorfológica definida, para evitar afectaciones ambientales por inundación, torrencialidad, erosión o contaminación respectivamente.

El valor total del área del retiro de (la ronda hídrica) corresponderá a aquella que incluya todas las distancias determinadas por los factores de control analizados. Es decir no debe entenderse que el área de la ronda hídrica es siempre la suma de las distancias halladas en cada factor de control.

En la matriz de que se verá a continuación solo se presentan los factores de control de inundación y torrencialidad, erosión y contaminación, dada que al preservar dichos criterios se pueden cubrir de manera paralela áreas que permitan realizar aprovechamiento y recuperación del espacio público e igualmente proporcionar continuidad a los corredores biológicos”.

Figura 5 Matriz de determinación de los retiros a fuentes hídricas

FACTOR GEOMORFOLÓGICO	USOS DEL SUELO	FACTOR DE CONTROL			TOTAL
		INUNDACIÓN, TORRENCIALIDAD O ENHARCAMIENTO	EROSIÓN	CONTAMINACIÓN	
VEGAS Y TERRAZAS	Forestal productor	X	X	X	X
	Silvopastoril	X	X	X	X
	Agrosilvopastoril	X	X	X	X
	Silvoagícola	X	X	X	X
	Pastos de corte o ganadería extensiva	X	X	X	X
	Cultivos permanentes	SAI + X	X	X	SAI + X
	Cultivos transitorios	SAI + X	X	SAI + X	SAI + X
	Acuicultura	SAI + X		X	SAI + X
	Explotación minera	X	SAI + X	X	SAI + X
	Industrias	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
	Agroindustrias	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
	Construcciones civiles	SAI + X	SAI + X	X	SAI + X
	Floricultivos	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X

	Pecuario	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
COLINAS BAJAS	Forestal productor	X	X	X	X
	Silvopastoril	X	X	X	X
	Agrosilvopastoril	SAI + X	X	X	SAI + X
	Silvoagrícola	SAI + X	X	X	SAI + X
	Pastos de corte o ganadería extensiva	X	X	X	X
	Cultivos permanentes	SAI + X	X	X	SAI + X
	Cultivos transitorios	SAI + X	X	X	SAI + X
	Acuicultura	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
	Explotación minera	SAI + X	SAI + X	X	SAI + X
	Industrias	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
	Agroindustrias	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
	Construcciones civiles	SAI + X	SAI + X	X	SAI + X
	Floricultivos	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X
Pecuario	SAI + X	SAI + X	SAI + X	SAI + X	
COLINAS ALTAS	Forestal productor	X	X	X	X
	Silvopastoril	X	X	X	X
	Agrosilvopastoril	SAT + X	X	X	SAT + X
	Silvoagrícola	SAT + X	X	X	SAT + X
	Pastos de corte o ganadería extensiva	X	X	X	X
	Cultivos permanentes	SAT + X	X	X	SAT + X
	Cultivos transitorios	SAT + X	X	X	SAT + X
	Acuicultura	SAT + X	SAT + X	SAT + X	SAT + X
	Explotación minera	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
	Industrias	SAT + X	SAT + X	SAT + X	SAT + X
	Agroindustrias	SAT + X	SAT + X	SAT + X	SAT + X
	Construcciones civiles	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
	Floricultivos	SAT + X	SAT + X	SAT + X	SAT + X
Pecuario	SAT + X	SAT + X	SAT + X	SAT + X	
LADERAS	Forestal productor protector	X	X	X	X
	Silvopastoril	X	X	X	X
	Agrosilvopastoril	SAT + X	X	X	SAT + X
	Silvoagrícola	SAT + X	X	X	SAT + X
	Pastos de corte o ganadería extensiva	X	X	X	X
	Cultivos permanentes	SAT + X	X	X	SAT + X

	Explotación minera	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
	Construcciones civiles	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
VERTIENTES LARGAS Y EMPINADAS	Forestal productor protector	X	X	X	X
	Silvopastoril	X	X	X	X
	Agrosilvopastoril	SAT + X	X	X	SAT + X
	Silvoagrícola	SAT + X	X	X	SAT + X
	Cultivos permanentes	SAT + X	X	X	SAT + X
	Explotación minera	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
	Construcciones civiles	SAT + X	SAT + X	X	SAT + X
ESCARPES	PROTECTOR	X	X	X	X
NACIMIENTOS EN TODOS LOS FACTORES GEOMORFOLÓGICOS	Todos los usos	r	2r	2r	3r

Fuente: Municipio de Rionegro, 2011

Dónde:

X = (distancia a partir de la orilla equivalente a dos veces el ancho de la fuente tomado en forma perpendicular entre ambas orillas) siempre será igual a 10 metros, debido a que todas las fuentes hídricas que existen en el municipio tienen un ancho menor a 10 metros.

SAI = (Susceptibilidad Alta a la Inundación) se asume de acuerdo al factor geomorfológico, es decir:

Teniendo en cuenta la aplicación de la metodología en campo y los factores de control, se determinan las distancias de representación de las rondas hídricas para cada uso del suelo, es importante anotar que el uso más restrictivo siempre será las construcciones civiles no solo por los costos de la infraestructura, si no por los riesgos asociadas a la vida.

Para hallar las áreas asociadas a las llanuras de inundación o rondas hídricas se realizaron varias mediciones en campo, donde se constato que a pesar de la riqueza hídrica de la subregión, no se tienen muchas fuentes con cauces amplios, el único en superar los 10m de ancho es el Rio Negro; por lo tanto se asumen las siguientes medidas:

FACTOR GEOMORFOLÓGICO	DISTANCIA DE SAI (METROS)
VEGAS Y TERRAZAS	20 metros
COLINAS BAJAS	15 metros

Figura 6 Descripción de acuerdo a la geoforma de la quebrada

Fuente: Municipio de Rionegro, 2011

SAT (Susceptibilidad ALTA a la torrencialidad) se asume de acuerdo a las fuentes hídricas y al factor geomorfológico, es decir:

FACTOR GEOMORFOLÓGICO	DISTANCIA DE SAT (METROS)
COLINAS ALTAS	15 metros
LADERAS, VERTIENTES LARGAS Y EMPINADAS	20 metros

Figura 7 Descripción de acuerdo a la geoforma de la quebrada

Fuente: Municipio de Rionegro, 2011

Aplicando la matriz se establecen para la Subregión de Valles de San Nicolás las siguientes **Áreas de Rondas hídricas** para los diferentes usos, según el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE

Figura 8 Área de ronda hídrica de acuerdo a la geoforma de la quebrada

FACTOR GEOFORMAS	USO SUELO	ÁREA DE RONDA HÍDRICA AREAS (METROS)
VEGAS Y TERRAZAS	Forestal productor	10
	Silvopastoril	10
	Agrosilvopastoril	10
	Silvoagrícola	10
	Pastos de corte o ganadería	10
	Cultivos permanentes	30
	Cultivos transitorios	30
	Acuicultura	30

	Explotación minera	30
	Industrias	30
	Agroindustrias	30
	Construcciones civiles	30
	Floricultivos	30
	Pecuario	30
COLINAS BAJAS	Forestal productor	10
	Silvopastoril	10
	Agrosilvopastoril	25
	Silvoagícola	25
	Pastos de corte o ganadería	10
	Cultivos permanentes	25
	Cultivos transitorios	25
	Acuicultura	25
	Explotación minera	25
	Industrias	25
	Agroindustrias	25
	Construcciones civiles	25
	Floricultivos	25
	Pecuario	25
COLINAS ALTAS	Forestal productor	10
	Silvopastoril	10
	Agrosilvopastoril	25
	Silvoagícola	25
	Pastos de corte o ganadería	10
	Cultivos permanentes	25
	Cultivos transitorios	25
	Acuicultura	25
	Explotación minera	25
	Industrias	25
	Agroindustrias	25
	Construcciones civiles	25
	Floricultivos	25
	Pecuario	25
LADERAS	Forestal productor protector	10
	Silvopastoril	10
	Agrosilvopastoril	30
	Silvoagícola	30
	Pastos de corte o ganadería	10
	Cultivos permanentes	30
	Explotación minera	30
	Construcciones civiles	30
VERTIENTES LARGAS Y EMPINADAS	Forestal productor protector	10
	Silvopastoril	10
	Agrosilvopastoril	30
	Silvoagícola	30
	Cultivos permanentes	30
	Explotación minera	30
	Construcciones civiles	30

Fuente: Municipio de Rionegro, 2011

Las distancias son validadas por un grupo de profesionales de CORNARE para homologar el resto de la información.

3.2 Componentes de la matriz

3.2.1 Factor geomorfológico.

Las unidades geomorfológicas presentes en la región, están íntimamente relacionados con la litología como factor principal de formación del relieve actual y con los procesos erosivos y la meteorización diferencial como agentes modeladores (López R. 1973; Flórez 1998). El área cubierta por el batolito Antioqueño constituye una unidad geomorfológica de colinas suaves a medias, en tanto que la zona constituida por rocas metamórficas es de montañas altas y escarpadas, mientras que las terrazas y los depósitos aluviales y de vertiente forman un relieve plano y suavemente ondulado (Universidad EAFIT – CORNARE, 2001).

El método consiste en establecer la relación que existe entre el factor geomorfológico, el uso del suelo y unos factores de control (inundación o torrencialidad, erosión, contaminación, espacio público, corredor biológico y biodiversidad) que garantizarán el cumplimiento de las funciones propuestas para una franja de retiro.

"La dinámica de cada tramo fluvial tiene definida fundamentalmente por la capacidad de desplazamiento lateral del cauce y puede resumirse en tres parámetros: importancia o dimensiones del cambio, velocidad del cambio y carácter previsible o imprevisible del mismo" (Urella & Ollero, 2000)

Los cursos de montaña y los encajados (Colinas altas, laderas. vertientes largas y empinadas y escarpes) presentan en general cauces activos, pero su corredor ribereño y llanura de inundación son prácticamente inexistentes o muy poco

Desarrollados y de escasa dinámica; aunque hay que tener en cuenta la imprevisibilidad que pueden introducir los aportes laterales (vertientes, conos, afluentes). Es decir, la susceptibilidad a fenómenos torrenciales.

Los cursos sinuosos y meandriforme (presentes en vegas, terrazas y colinas bajas) Son en general activos pero su dinámica es bastante previsible, éstos pueden registrar cortes de meandros con relativa facilidad lo que sugiere un corredor ribereño más dinámico.

Vegas y terrazas bajas:

Son las zonas correspondientes a las áreas aledañas a las fuentes hídricas por las cuales transcurre la fuente de agua ocasionalmente o transcurría en épocas pasadas.

El factor predominante en estas zonas es la protección frente a la susceptibilidad a la inundación. Se considera que al preservar la zona de alta susceptibilidad a la inundación se cubren de manera paralela estrategias de precaución que permitirán implementar las acciones necesarias para mitigar contaminación, erosión de orillas y superficial, realizar aprovechamiento y recuperación del espacio público e igualmente proporcionar continuidad al corredor biológico en llanuras de inundación.

En estas geoformas será necesario establecer medidas adicionales (Ver medidas de manejo) para los diferentes efectos que puedan generar los demás factores de control.

El factor predominante en estas zonas es la protección frente a la susceptibilidad a la inundación.

Colinas bajas:

Son aquellas geoformas caracterizadas por lomas de poca altura y de proyección horizontal ovalada o circular que tienen pendientes promedio entre 50° y 35°. En geoformas como las colinas bajas uno de los aspectos más relevantes para la protección de

las fuentes de agua es el factor de inundabilidad, sin embargo, un incremento de las pendientes va dando peso a factores como la erosión y la contaminación.

Se establecen como factores predominantes la protección frente a la susceptibilidad a la inundación y la prevención o mitigación de la contaminación puesto que hallando una franja con criterios técnicos para estos factores se cubriría el control de erosión y se favorecería la continuidad del corredor biológico.

Colinas altas:

Son aquellas geoformas caracterizadas por lomas altas y de proyección horizontal ovalada que tienen pendientes promedio entre 10° y 45°.

Las corrientes de estas colinas en general corresponden a cauces en forma V generando profundización de los valles. El principal factor a controlar en estas fuentes es el de erosión superficial además es importante preservar los corredores biológicos existentes para favorecer su continuidad y proteger las aguas de la contaminación.

Laderas y vertientes largas y empinadas:

Corresponden a montañas de alta pendiente que pueden ser de vertientes cortas y laderas o vertientes de prolongada longitud (vertientes largas). En estas zonas el factor principal a controlar es la erosión superficial.

Escarpes:

Las laderas de estas corrientes tienen pendientes superiores al 100%, por lo tanto, la Ronda Hídrica corresponde a la totalidad de la vertiente y el uso es de protección.

3.2.2 Usos del Suelo.

Se hace el análisis de acuerdo al uso del suelo y actividades permitidas en el respectivo plan de ordenamiento territorial municipal. En la matriz se listaron los usos del suelo de las categorías que aparecen en los POT de la jurisdicción.

3.2.3 Factores de control.

Inundación:

La inundación es el desbordamiento de la fuente hídrica ocupando un espacio determinado que se denomina llanura de inundación. La extensión de éste desbordamiento dependerá de factores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos y puede calcularse para diferentes periodos de Retorno (Tr)

Se evalúa según la susceptibilidad a la inundación, determinándose aquella zona de alta susceptibilidad (SAI) mediante estudio hidrológico o estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, fotointerpretación y trabajo de campo o estudio geológico (Ver figura 7).

Torrencialidad:

La torrencialidad es el desbordamiento repentino de la fuente hídrica en un corto periodo de tiempo caracterizándose por la abundante carga de material que arrastra en su techo, las huellas que deja en el lecho, riberas y vertientes aledañas a la fuente y por la posibilidad de generar avalanchas en su entorno. La Extensión de éste desbordamiento dependerá de factores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos.

Se evalúa según la susceptibilidad a la torrencialidad, determinándose aquella zona de alta susceptibilidad (SAT) mediante estudio hidrológico o estudio de amenaza,

vulnerabilidad y riesgo, fotointerpretación y trabajo de campo o estudio geológico (Ver figura 8).

Erosión:

Es el desprendimiento arrastre y descarga del suelo con movimiento individual o en masa de partículas de la superficie terrestre, ocasionados por diferentes agentes ya sea el agua, la gravedad el aire o la actividad humana.

Se evalúa determinando una distancia que mitigue los efectos de arrastre de partículas y erosión de orillas

Sustentado en la consideración de variables de proporcionalidad entre profundidad del lecho y el orden de la corriente hídrica, X será la distancia equivalente a dos veces el ancho de la fuente (L) tomado en forma perpendicular entre ambas orillas Si $L < 5$ metros ó $SAI=0$ ó $SAT=0$. X tendrá como mínimo 10 metros (ver figuras 1 y 2).

Contaminación:

Es la afectación por disminución de la calidad de los recursos naturales (agua, aire, suelo, fauna, flora y paisaje).

Se evalúa determinando una distancia de precaución que mitigue o retarde el flujo de contaminantes a las aguas superficiales, subsuperficiales o subterráneas.

Puede ser tomada desde la orilla o desde el borde de la SAT o de la SAI. Además debe preservarse una distancia Z es la cual debe ubicarse el sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) en caso de que la actividad a instalarse lo requiera.

Nacimientos

Los nacimientos o manantiales corresponden a aquellos lugares donde brota el agua a la superficie conformando posteriormente un cauce natural; estos nacimientos pueden ser

puntuales o de anegamiento, dependiendo respectivamente de si la boca de producción está claramente identificable o si esta difusa.

Se identificara como nacimiento además del lugar en el cual se entra el afloramiento (boca de producción), la zona de encharcamiento caracterizada por la presencia de superficies húmedas y vegetación rará

Con el fin de proteger los nacimientos de agua, es necesario, conservar además de las zonas de afloramiento y encharcamiento una franja adyacente de precaución o amortiguamiento proporcional a su magnitud.

Aunque los nacimientos de agua no necesariamente corresponderán a una figura geométrica perfecta, la propuesta del retiro consiste, en asemejar el nacimiento de agua a una circunferencia de radio r cuyo centro es la boca de producción y la franja adyacente de amortiguamiento tendrá una distancia correspondiente a $2r$.

Según lo anterior la ronda hídrica de un nacimiento de agua estará conformado por una circunferencia cuya área incluya la zona de afloramiento de agua, la zona de encharcamiento y la franja adyacente de amortiguamiento, es decir la ronda hídrica será una circunferencia cuyo radio (R) es tres veces el radio del nacimiento (r)

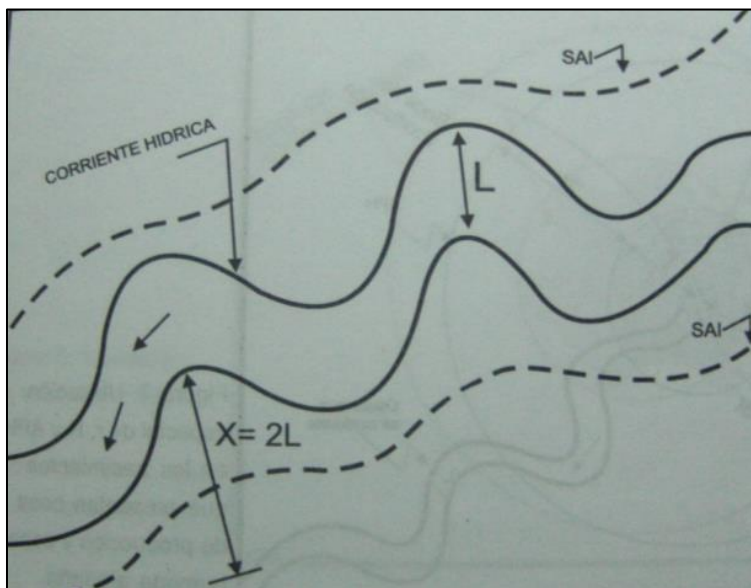


Figura 9 . Ubicación especial de L, X y SAI.

Fuente: Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -
 CORNARE, 2006

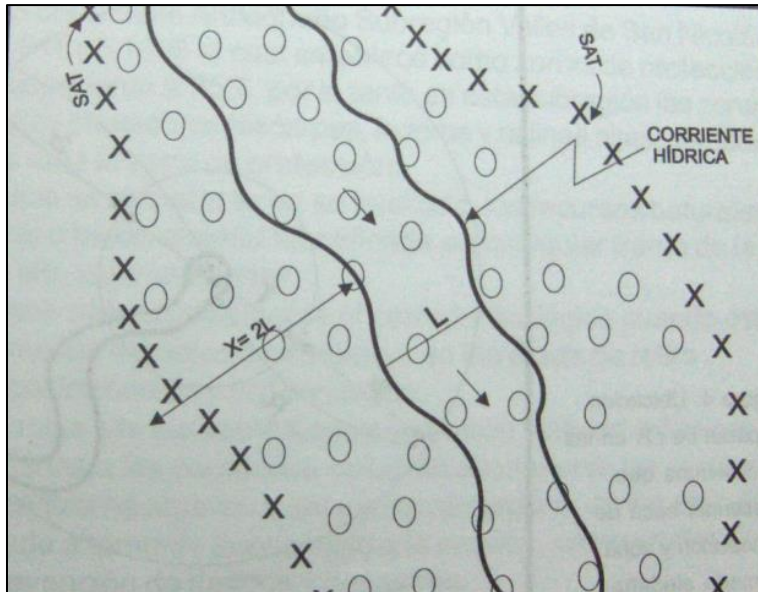


Figura 10 . Ubicación especial de L, X y SAT.

Fuente: Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -
 CORNARE, 2006.

Para poder llevar a cabo la metodología en SIG se utilizó el software Arc GIS 10.1, la cartografía básica utilizada para darle contexto a los mapas es del IGAC del año 2000, la cartografía temática utilizada en el proceso es propiedad de la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - CORNARE.

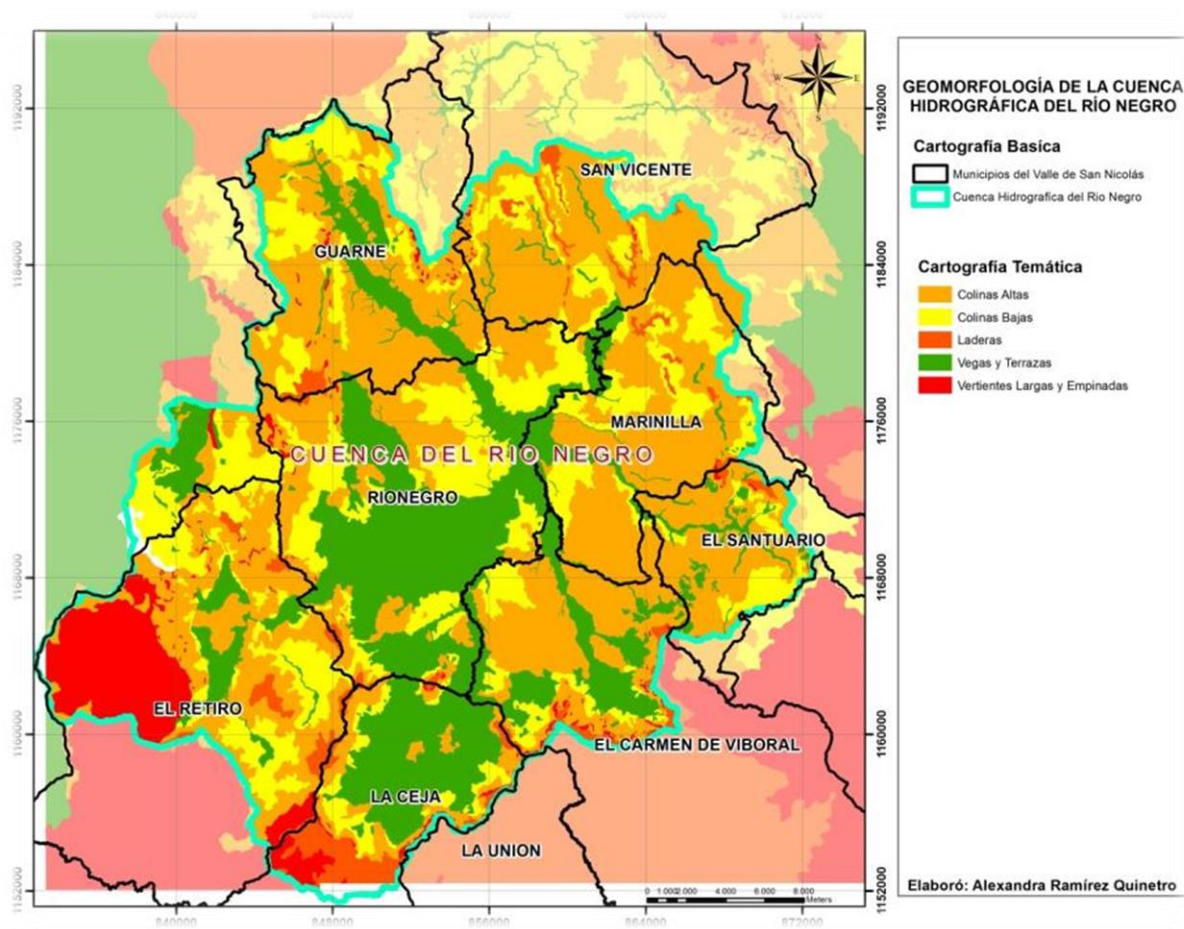


Figura 11 Geomorfología del Área de Estudio

FUENTE: Cartografía de geomorfología CORNARE, 2012

El Valle de San Nicolás, es una penillanura cuya característica más destacada son las colinas saprolíticas con relieves que no superan los 50 m, que se destacan sobre un amplio conjunto de vegas aluviales y terrazas del Río Negro y de las quebradas La Honda, La Mosca, La Pereira, Marinilla y Cimarrona.

Como se puede observar en el mapa las zonas con mayor susceptibilidad a la inundación son las áreas verdes que son las vegas y terrazas.

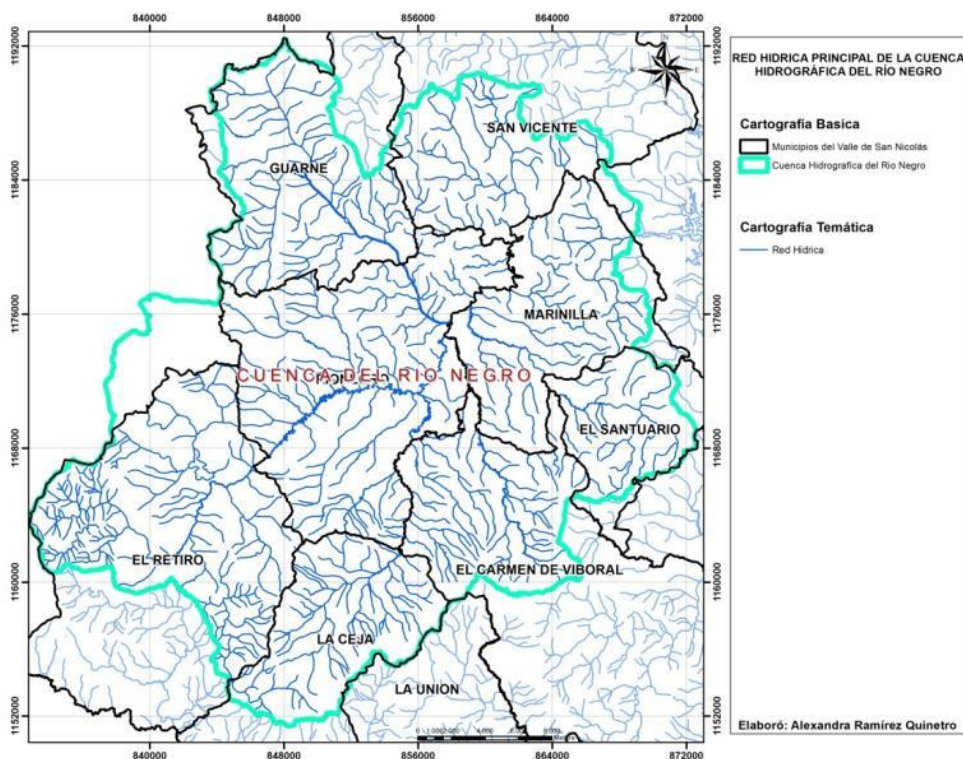


Figura 12 Red Hidrica Principal de la Cuenca Hidrografica del Rio Negro

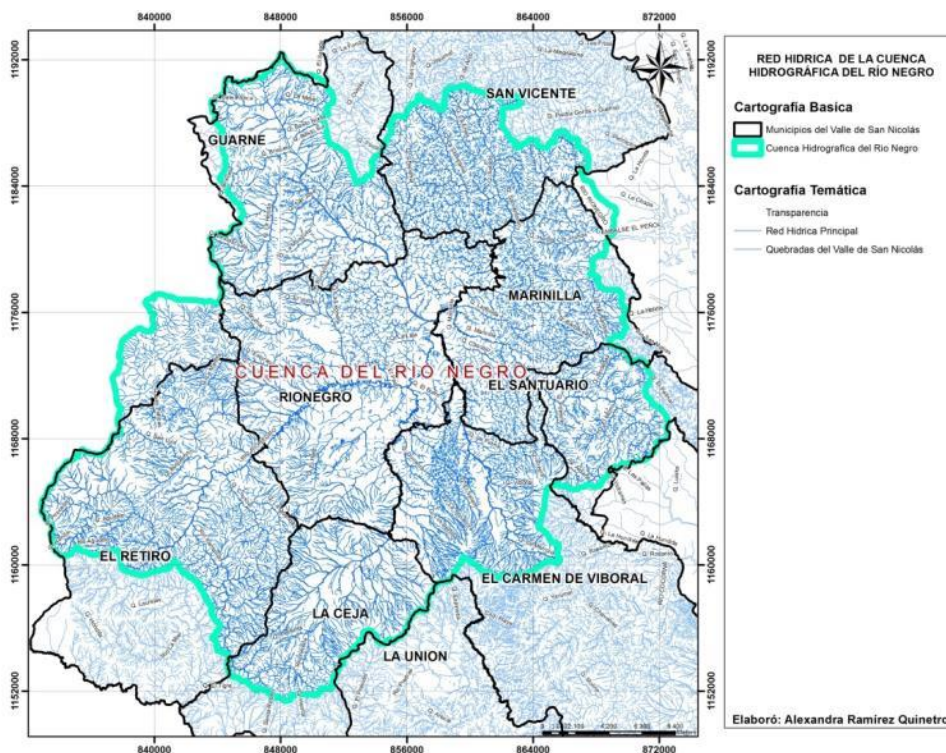


Figura 13 Red Hidrica de la Cuenca Hidrografica del Rio Negro

3.3 Proceso

Homologar la cartografía que contiene la información de la geomorfología, con los factores geomorfológicos del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, los cuales se encuentran descritos en la figura 5. Matriz de determinación de los retiros a fuentes hídricas, con la información homologada de geomorfología, la cartografía de la geomorfología y la de las fuentes hídricas y nacimientos (Forestales, 2013), se debe intersectar de modo que la información de la geomorfología quede inserta en la tabla de las fuentes hídricas y de los nacimientos, teniendo esta información es posible generar un nuevo campo en la tabla que contenga las áreas de protección o rondas hídricas que están descritas en la figura 8. Áreas de ronda hídrica de acuerdo a la geoforma de la quebrada, con esta información es posible hacer un análisis de áreas cercanas o Buffer, por medio del

software Arc GIS, el resultado muestra cuales son áreas con alta susceptibilidad a la inundación (Buffer).

Nota: la cartografía de los nacimientos se realizó editando puntos al inicio de las líneas que representan la red hidrica.

3.3.1 Desarrollo de la metodología.

Las áreas con alta susceptibilidad a la inundación o Buffer después de ser procesadas en el Arc GIS, se observan cómo áreas o zonas de influencia de las fuentes hídricas, esta información se observa dividida en varios fragmentos en la siguiente figura.

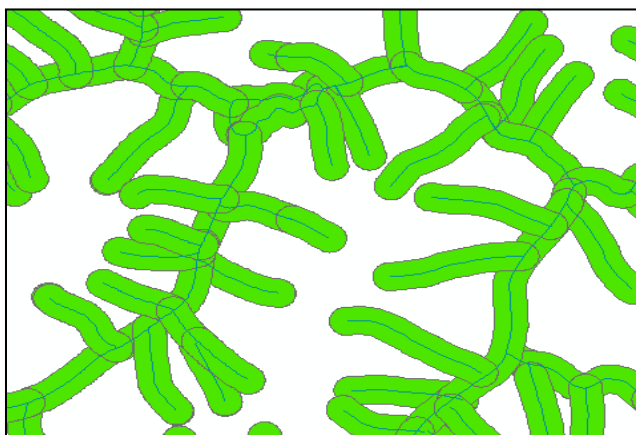


Figura 14 Áreas con alta susceptibilidad a la inundación, áreas o zonas de protección hídrica (rondas hídricas).

Teniendo en cuenta que la información se encuentra fragmentada, es posible mejorarla unificándola o disolviendo los polígonos, este tipo de procesos tiene su desventaja si la información no se organiza de forma tabular para hacer el proceso, se puede perder información importante de las tablas.



Figura 15 Disolver polígonos vista de las áreas con alta susceptibilidad a la inundación (buffers)

Se puede observar que la cartografía de las áreas con alta susceptibilidad a la inundación, de los nacimientos se superpone con las de las fuentes hídricas, por esta razón se puede presentar la duplicidad de áreas, para corregir este resultado es necesario hacer un corte entre las dos capas de polígonos.

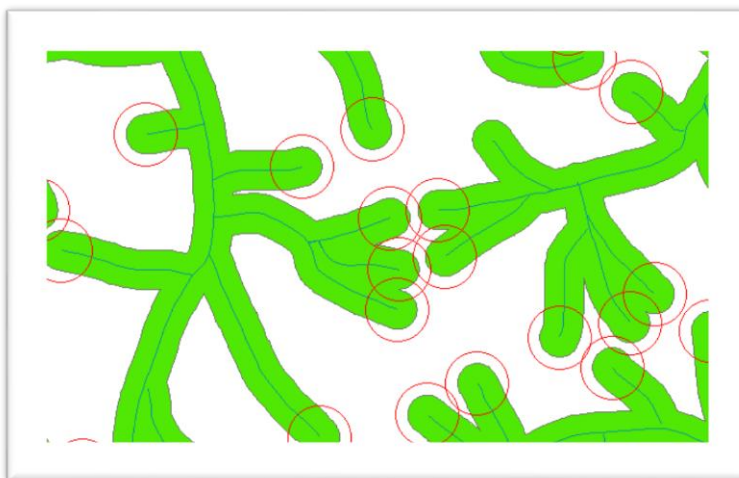


Figura 16 Superposición de áreas con alta susceptibilidad fuentes hídricas y nacimientos

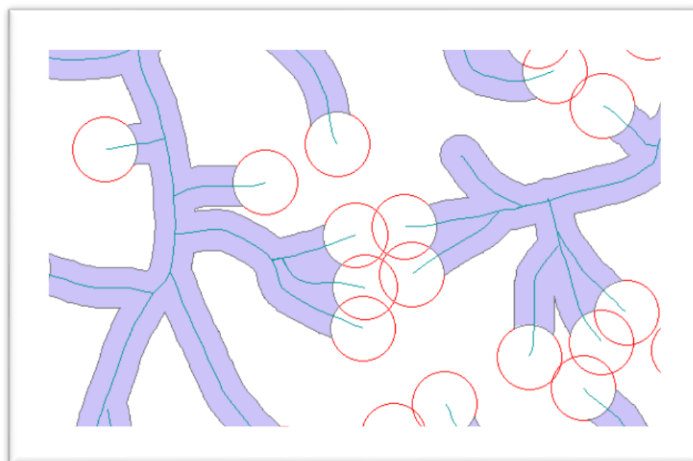


Figura 17 Corrección de errores de duplicidad de áreas.

Con la corrección de las áreas de protección tanto de la red hídrica como de los nacimientos se puede proceder a unir los polígonos, para que sea una sola capa.

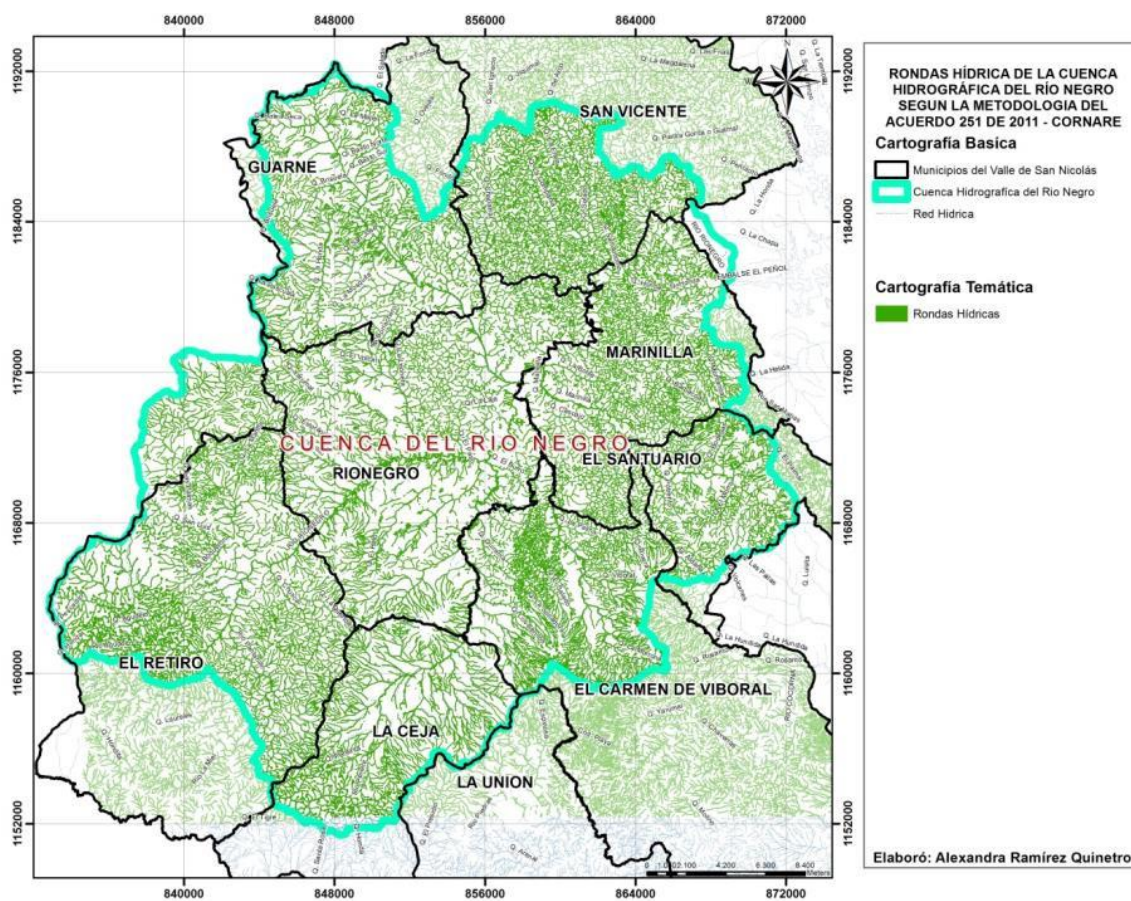


Figura 18 Resultados obtenidos de la metodología

4 RESULTADOS

El área de estudio escogida para desarrollar la metodología de delimitación de rondas hídricas e incorporar el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, está compuesta por 9 municipios de la subregión de valles de San Nicolás, estos municipios poseen dinámicas hídricas y geomorfológicas similares, por esta razón es posible llevar a cabo la metodología propuesta para la delimitación de las rondas hídricas o áreas con alta susceptibilidad a la inundación.

Los recurrentes eventos de inundación sobre la subregión de Valles de San Nicolás, han conllevado a la investigación sobre los diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta que esta subregión posee gran cantidad de fuentes hídricas, la Corporación Autónoma Regional CORNARE, por medio del Acuerdo 251 de 2011 le solicita a los municipios aplicar la metodología descrita e incorporación de las rondas hídricas en los Planes de Ordenamiento Territorial, de tal forma que se puedan generar análisis del territorio que permitan su crecimiento sin alterar las condiciones de las fuentes hídricas, y se pueda disminuir la vulnerabilidad de sus habitantes. El desarrollo de esta metodología permite que desde las oficinas de planeación de las Alcaldías municipales, se puedan resolver interrogantes como: que tan cercano queda un proyecto constructivo de las fuentes de agua?, sí existen fuentes que pasan por el predio donde se solicita la construcción de una industria y como se realizó la distribución de esta?, o si un propietario llega solicitando una licencia de construcción para hacer su casa, desde el sistema de información geográfica se le podría dar respuesta a estos interrogantes, e incluso podría tener aún más variables que brinden una información más detallada de la zona que está en estudio.

La metodología propuesta dentro del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, es de aplicación en campo, o sea que para analizar las variables es necesario enviar un técnico o dos a el área de interés, los cuales por medio de la medición y de la observación del terreno (la geoforma) donde está la fuente hídrica, darán un “retiro o una distancia a la fuente” (ronda hídrica o área de alta susceptibilidad a la inundación), las implicaciones que tiene el desplazamiento de funcionarios públicos a campo son complejas, por lo general las Alcaldías municipales no tienen el personal suficiente para atender los tramites, los tiempos de desplazamiento de una visita a la otra, el transporte y combustible, son variables complejas de manejar; además un técnico en campo puede tener una mirada de la zona de estudio muy subjetiva, pudiendo variar las medidas incluso en áreas cercanas o vecinas. Dando solución a todas las complejidades que puede tener el desplazamiento a una zona de interés, están los sistemas de información geográfica que por medio de herramientas de análisis pueden generar resultados sorprendentes, a la hora de analizar los retiros a las fuentes hídricas o áreas con alta susceptibilidad a la inundación (rondas hidricas), pudiendo determinar las áreas que están libres de afectaciones para los tramites de licencias de construcción.

Los Sistemas de Información Geográfica han logrado posicionarse como herramientas de gran importancia en la planificación del desarrollo del territorio, haciendo más fácil el análisis territorial, local y regional, dando la posibilidad de entregar datos espaciales y cuantitativos que sirven como indicadores de cumplimiento de los Planes de Ordenamiento Territorial, de las áreas destinadas a suelos de protección, como lo son las

rondas hídricas y/o áreas de alta susceptibilidad a las inundaciones, las cuales a su vez, se convierten en una red ecológica, que propicia la interacción de especies de un lugar a otro y que son ideales para hacer la conexión de bosques aislados y poder conformar corredores biológicos.

Se pudo constatar durante el proceso, que la escala de la cartografía 1:25000 deja fuentes hídricas fuera del análisis, se puede observar en la Figura 18 que las de fuentes hídricas del valle de San Nicolás que pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Negro a esta escala ya son densas, por tal motivo la metodología tendría que sufrir variaciones que permitan el desarrollo responsable de territorio y no lo convierta todo en suelo de protección.

Es importante aclarar que a pesar de que la metodología incorporo determinantes del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, se puede observar que las distancias de las áreas con susceptibilidad a la inundación o áreas de protección (rondas hídricas) son muy similares, la metodología no discrimino las fuentes hídricas por ordenación o clasificación (Horton-Strahler), poder incorporar esta información a el desarrollo de la metodología variaría considerablemente las áreas con alta susceptibilidad a la inundación (rondas hídrica), teniendo en cuenta que la mayoría de las quebradas de la subregión de Valles de San Nicolás no superan los 5m de ancho; no obstante las quebradas y ríos que superen esta medida deben analizarse mediante estudios hidrológicos que determinen los periodos de retorno de la fuente.

5 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos se puede concluir: que no solo los factores de control (Inundación, torrencialidad, erosión y contaminación) que hacen parte de la metodología del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, son suficientes para cartografiar las áreas con alta susceptibilidad a la inundación (rondas hídricas), para tal fin es necesario incorporar la ordenación o clasificación de las fuentes de forma numérica (Horton-Strahler), de manera que se diferencie la relevancia o no de cada una, pudiendo determinar la ronda hídrica específica para cada fuente. ((DAMA), Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, 2004)

Es importante aclarar que el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE fue construido y pensado desde el análisis de campo donde se puede determinar las terrazas aluviales o sus diferentes geoformas y la vegetación o su composición ecosistémica in situ, no obstante se requieren cambios en la metodología que la permitan validar desde los Sistema de Información Geográfica.

Teniendo en cuenta la cartografía de resultado se puede observar que la cuenca del río Negro posee gran cantidad de afluentes, que a su vez, se convierten en zonas o suelos de protección (áreas con alta susceptibilidad a la inundación), por tal motivo es necesario ser cautelosos en cuanto a la declaración de áreas de bien público, que generen la insostenibilidad del territorio.

6 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el desarrollo del trabajo de tesis, se presentan algunas recomendaciones.

Por medio de los análisis ejecutados, para realizar la metodología del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, desde los Sistemas de Información Geográfica, se encontró que es necesario realizar ajustes a la metodología, teniendo en cuenta la clasificación de las fuentes hídricas, que permita determinar la importancia de las áreas de protección denominadas como rondas hídricas; para validar los cambios se podría trabajar la clasificación de Horton, el cual define las magnitudes de los cauces de acuerdo a su índice numérico. (Distancia, 2013)

El desarrollo del territorio no será posible hasta que las instituciones del Estado estén articuladas, las diferentes apreciaciones de la norma y la ambigüedad de ellas generan inconsistencias en los esfuerzos por tratar de ordenar el territorio, teniendo en cuenta que en el año 2012 salió la guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de la ley 1450 de 2011, es necesario entrar a ajustar la metodología del Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE con algunos procesos y análisis que son acertados dentro de la metodología anterior, tal vez así se podría tener una metodología más acorde a las dinámicas del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

Bedient, H. &. (2007). *Hydrology and Floodplain Analysis, 4/E*. Star Customer .

Colombia, U. N. (03 de octubre de 2013). <http://www.virtual.unal.edu.co>. Obtenido de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion4/capitulo01/04_01_01.htm

Congreso de la Republica Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambie. (22 de Dicimebre de 1993).

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Rios Negro y Nare - CORNARE. (2006). *Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hidricas y nacimientos de agua del Sur Oriente Antioqueño*. Santurio: Gráficas Luz Alejandra, Medellin.

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Rios Negro y Nare - CORNARE. (2011). *Acuerdo 251*. Santurio.

(DAMA), Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. (2004). *Guía Técnica para la Restauración de Áreas de Rondas y Nacederos del Distrito Capital*. (S. MONTOYA, Ed.) Bogotá, Colombia.

Distancia, U. N. (2013). <http://datateca.unad.edu.co>. Obtenido de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30172/MODULO%20HIDROLOGIA/identificacin.html>

Forestales, F. d. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. La Plata : Edulp.

Lyon, J. G. (2002). *GIS for Water Resource and Watershed Management*. Taylor & Francis.

Michaud, B. a. (2006). *Hydrologic Analysis for a Floodplain Forest Wetland Mitigation Site*. Obtenido de ASCE LIBRARY:
<http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/40856%28200%29337>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Combia. (2012). *Guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos de agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de la ley 1450 de 2011* . Bogota.

Municipio de Rionegro. (25 de Enero de 2011). Acuerdo 056 de 2011 Por medio del cual se acoge la revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Rionegro. Rionegro, Antioquia, Colombia.

O'Neil-Dunne, M. (17 de 11 de 2003). *lThe University of Vermont*. Obtenido de
http://www.uvm.edu/rsenr/sal/madripar/madripar_methods.html

Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Metodología para el acotamiento de las rondas hídricas documento de discusión. En U. N. Colombia, *Guía para el acotamiento de las rondas hidricas en los cuerpos de agua de acuerdo a los establecido en el Articulo 206 de la ley 1450 de 2011* (págs. 14, 17,23,30,31). Bogota.

ANEXOS

Se anexa cd con la geodatabase trabajada para el desarrollo de la metodología de retiros de rondas hídricas o áreas con alta susceptibilidad a la inundación (rondas hídricas).