PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

HERNÁN DARÍO TORRES CARDONA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR: INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ, D.C.
2020

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

HERNÁN DARÍO TORRES CARDONA
20131180065

DOCENTE DIRECTOR
NÉSTOR RICARDO BERNAL SUAREZ

BOGOTÁ, D.C.
2020

Contenido

1. Introducción 6

2. Antecedentes 7

3. Planteamiento del problema 9

4. Justificación 9

5. Objetivos 10

5.1. Objetivo general 10

5.2. Objetivos específicos 10

6. Marcos de referencia 11

6.1. Marco teórico 11

6.2. Marco Geográfico 23

6.3. Marco Normativo 23

7. Metodología 24

7.1. Matriz de municipios 25

7.2. Matriz de cuencas hidrográficas 25

7.3. Análisis de componentes principales 25

7.4. Priorización de municipios 26

7.5. Análisis de componentes principales para segunda priorización 26

7.6. Priorización adicional (“priorización sobre la priorización”) 26

7.7. Tipología de municipios 27

7.8. Inteligencia territorial 27

7.9. Propuesta de Tecnologías apropiadas 27

8. Resultados 30

8.1. Matriz de municipios para la caracterización socioeconómica de cada municipio 30

8.1.1. Indicadores demográficos 46

8.1.2. Indicadores sociales 47

8.1.3. Indicadores económicos 48

8.1.4. Indicadores relacionados al agua 49

8.2. Análisis de los indicadores medidos por cuenca hidrográfica 55

8.3. Resultados metodología priorización de municipios 60

8.4. Análisis de componentes principales caso 1: Evaluación por dimensiones con y sin Bogotá 62

8.5. Análisis de componentes principales caso 2: Evaluación incluyendo todas las variables con y sin Bogotá 70
8.6. Tipología de municipios: Caracterización y descripción 73
8.7. Propuesta de inteligencia territorial 92
9. Conclusiones 126
10. Recomendaciones 127
11. Bibliografía 128

Índice de Figuras

Figura 1: Análisis cluster con tres grupos de clasificación. 18
Figura 2: Método "Catalyse" para abordar un proyecto con Inteligencia Territorial 21
Figura 3: Diagrama metodología desarrollada 29
Figura 4: Representación grafica IPM medido por cuenca hidrográfica 57
Figura 5. Concentración porcentual de contaminantes inorgánicos del agua por cuenca hidrográfica 58
Figura 6. Cobertura de acueducto y alcantarillado por cuenca hidrográfica 59
Figura 7: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión Demográfica 63
Figura 8: Comparación de cluster Demográficos 64
Figura 9: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión social 65
Figura 10: Comparación de cluster Sociales 65
Figura 11: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión económica 66
Figura 12: Comparación de cluster económicos 67
Figura 13: Comparación de planos factoriales de variables relacionadas al agua 68
Figura 14: Comparación de cluster de agua 68
Figura 15: Plano Factorial de individuos incluyendo Bogotá. 70
Figura 16: Plano Factorial de Variables incluyendo Bogotá 71
Figura 17: Plano Factorial de Individuos sin considerar Bogotá 71
Figura 18: Plano factorial de variables sin considerar Bogotá 72
Figura 19: Comparación de Cluster Generales 72
Figura 20: División por cuadrantes de los planos factoriales 76
Figura 21: Plano factorial de variables; priorización sobre la priorización 89
Figura 22: Plano factorial de Individuos; priorización sobre la priorización. 89
Figura 23: Promedio de precipitación mensual para la cuenca hidrográfica del rio Chicamocha 94
Figura 24: Promedio de precipitación mensual municipio de Machetá 99
Figura 25: Promedio de precipitación mensual municipio de Murillo 103

Índice de tablas:

Tabla 1: Marco Normativo de referencia para el desarrollo de la propuesta. 24
Tabla 2: Metodología propuesta para el desarrollo de la propuesta. 27
Tabla 3: Categorización de los municipios de acuerdo a la ley 617 de 2000 47
Tabla 4: Categorización de la demanda hídrica doméstica 49
Tabla 5: Vigencias de los planes de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas 50
Tabla 6: Categorías de DQO - DBO para calidad de agua 52
Tabla 7: Categorías de Fósforo total (PT) para calidad de agua 52
Tabla 8: Categorías de Nitrógeno total (NT) para calidad de agua 52
Tabla 9: Categorías de Sólidos Suspendidos Totales (SST) para calidad de agua 53
Tabla 10: Categorías del Índice de Calidad del Agua 53
Tabla 11: Categorías de Índice de Riesgo de la calidad del Agua según Resolución 2115 de 2007 .. 54
Tabla 12: Fuentes utilizadas para la construcción de la matriz de variables 54
Tabla 13: Indicadores demográficos calculados por cuenca hidrográfica 56
Tabla 14: Indicadores sociales calculados por cuenca hidrográfica 57
Tabla 15: Indicadores económicos calculados por cuenca hidrográfica 57
Tabla 16: indicadores relacionados al agua calculados por cuenca hidrográfica 58
Tabla 17: Variables activas para el análisis de componentes principales 61
Tabla 18: Variables ilustrativas para el análisis de componentes principales 61
Tabla 19: Matriz de varianzas de las componentes principales 73
Tabla 20: Peso Porcentual de las variables en las componentes principales 74
Tabla 21: Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos 76
Tabla 22: Caracterización de los grupos de municipios 77
Tabla 23: Distribución de los grupos por cuenca hidrográfica 79
Tabla 24: Varianza de las componentes principales; Priorización sobre la priorización 90
Tabla 25: Peso porcentual de cada variable en las primeras 5 componentes principales; Priorización sobre la priorización 90
Tabla 26: Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos; Priorización sobre priorización 91
Tabla 27: Descripción de criterios para la apropiación de la tecnología: Recolección en tejado con tanque 106
Tabla 28: Descripción de criterios para la apropiación de la tecnología: EkoMuro H2O+ 116

1. Introducción

La protección de las fuentes de agua y el aseguramiento del abastecimiento a las poblaciones es una preocupación latente a nivel global, iniciativas como “un mundo con seguridad hídrica para todos” del Banco Mundial (Banco Mundial, 2019), las iniciativas globales del agua lideradas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en ingles) (Global Water Initiative, 2019) o las inversiones en ciencia, tecnología e innovación para alcanzar el desarrollo sostenible lideradas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), demuestran la necesidad de instaurar iniciativas para garantizar el suministro de agua potable de buena calidad a todas las comunidades del mundo para asegurar la paz y el desarrollo sostenible.

En el caso Colombiano, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha trabajado en alcanzar las metas establecidas por los objetivos del desarrollo sostenible, el principal esfuerzo fue la formulación de la Política Hídrica Nacional y el Plan Hídrico Nacional, que busca la gestión y el aprovechamiento ordenado de los recursos hídricos, de la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (MInAmbiente, 2010).

De forma análoga a la protección del agua debe existir un vasto conocimiento sobre la abundancia del recurso hídrico que tiene el país, Colombia cuenta con seis nevados, 44% de los páramos de Sudamérica, 5 vertientes hidrográficas, 30 grandes ríos, 1277 lagunas y más de 1000 ciénagas; sin olvidar la capacidad de generación de energía que alcanza un aproximado de 70% de la demanda del país (IDEAM, 2018).

Esta riqueza en cuanto a disponibilidad y cantidad de agua no debería ser obstáculo para garantizar el acceso al agua potable a todas las poblaciones del país, pues este representa un derecho humano y es sinónimo de condiciones dignas de vida.

Sin embargo, las condiciones de abastecimiento o de calidad de agua para su consumo se ven limitadas por una serie de variables que afectan considerablemente el acceso al preciado líquido, estas dificultades van desde sus usos para minería, agricultura y hasta la reducida infraestructura de conducción de agua potable desde las fuentes hídricas.

También se debe considerar el bajo presupuesto de inversión de la mayoría de municipios que no pueden garantizar el correcto funcionamiento de sistemas de abastecimiento convencionales (Moncada Mesa, Pérez Muñoz, & Valencia Agudelo, 2013), allí surge una oportunidad para integrar tecnologías apropiadas que contribuyan a reducir el impacto de estos problemas en la población.

Este proyecto propone una ruta metodológica enfocada a priorizar municipios donde pueda utilizarse el desarrollo teórico y metodológico de la inteligencia territorial, con el fin de proponer tecnologías apropiadas para abastecimiento de agua de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas.

2. Antecedentes

La organización de las Naciones Unidas ONU lleva sumando esfuerzos en los últimos años abordando la crisis mundial derivada de un abastecimiento de agua insuficiente y la creciente demanda de agua para satisfacer las necesidades humanas, comerciales y agrícolas y ha contribuido a que alrededor de 1.3 billones de personas de los países en desarrollo obtuvieran acceso al agua potable con el apoyo de las directrices del Decenio Internacional de Acción “agua para la vida” 2005 – 2015 (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La FAO como organismo especializado de la ONU en temas de agricultura y acceso mundial a los alimentos, ha liderado diferentes iniciativas enfocadas a la gobernanza del agua, al cambio climático y a la gestión de los recursos hídricos; para lograr 3 objetivos de gran escala: Producir más alimentos con menos agua, crear resiliencia en las comunidades agrícolas para hacer frente a inundaciones y sequias y aplicar tecnologías de agua potable que protejan el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

El Banco Mundial en colaboración con la corporación financiera internacional (IFC por sus siglas en ingles), ayudaron a establecer alianzas público - privadas para ampliar el abastecimiento de agua en zonas rurales y aumentar el acceso entre los más pobres a través del programa agua y saneamiento del grupo Banco Mundial, llegando a acuerdos comerciales financiables de largo plazo; en el periodo 2014 – 2019 se estimaba que cerca de 42.2 millones de personas lograron acceso a fuentes de agua mejoradas con este programa (Banco Mundial, 2019).

En el contexto nacional, El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en alianza con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, presentaron en noviembre de 2018, el primer avance de Estudio Nacional del Agua como un insumo vital para el desarrollo y la productividad del país, el estudio aporta información y conocimiento sobre la oferta, la demanda, la calidad, el riesgo, las respuestas hidrológicas a la variabilidad climática, las aguas subterráneas y la huella hídrica (IDEAM, 2018).

Además el estudio cuenta con indicadores de presión por uso, afectaciones y criticidad de los sistemas hídricos, que son un valor agregado para constituir el soporte de la gestión

integral, la planificación, la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en el territorio nacional (IDEAM, 2018).

En el contexto de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, En el año 2014, se llevó a cabo un ciclo de conferencias sobre tecnologías apropiadas del Proyecto Curricular de Ingeniería Ambiental, evento organizado por los Docentes Álvaro Gutiérrez y Freddy Leonard Alfonso, donde se profundizó sobre los temas: I) Medición multidimensional de la pobreza, II) La revolución tecnológica y ambiental, III) Las energías renovables en la industria, IV) Evaluación de las tecnologías, V) Construcción sostenible y VI) Municipios saludables; en dicho evento se presentó la ponencia titulada: "Propuesta para identificar Municipios prioritarios - Posibilidades para desarrollar tecnologías Apropiadas en la Jurisdicción de la CAR-Cundinamarca (Bernal *et al.*, 2014).

En el año 2016, se desarrolló el VII Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales CIETA VII en la ciudad de Manizales, que tuvo como objetivo promover el intercambio entre investigadores y profesionales interesados en los estudios del territorio y del ambiente, a través de 5 ejes temáticos que abarcaban desde prácticas sociales para la producción del territorio y la gestión del ambiente, hasta sinergias urbano – rurales para la gestión ambiental territorial y se abordó en una de las sesiones lo referente al tema de la inteligencia territorial y de la forma cómo este concepto y su enfoque metodológico puede cambiar la realidad de los territorios a través de un proceso participativo y científico, en este evento se presentó la ponencia: "Uso de Indicadores e Índices en el Contexto Ambiental, Estudio De Caso: Región Administrativa y De Planificación (RAPE) (Bernal *et al.*, 2016)

Durante octubre de 2017 se llevó a cabo la XVI Conferencia Internacional INTI Network y el Primer Encuentro Latinoamericano de Territorios posibles convocada por la Red de Investigación BacatáIT y la cooperación de la Universidad del Rosario, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Externado de Colombia, Universidad Católica de Pereira y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi; donde se buscó profundizar en el desarrollo de teorías sociales y ambientales orientadas a producir aportes científicos, que contribuyan a la solución de problemáticas con la participación de cuatro actores fundamentales en el proceso; la comunidad, los científicos, los empresarios y entidades estatales, en este espacio se presentó la ponencia titulada: "Tipología de Municipios e Inteligencia Territorial" (Bernal *et al.*, 2017).

De acuerdo al contexto referido en los párrafos anteriores, el presente proyecto pretende continuar avanzando en el contexto de la Red de Inteligencia territorial BACATÁIT y tener en cuenta los retos de desarrollo regional que plantea el actual plan de desarrollo de Colombia 2018-2022.

3. Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta el uso actual del agua y las altas demandas identificadas por el Índice del Uso del Agua (IDEAM, 2014), se requiere plantear alternativas de tecnologías ambientales que contribuyan a optimizar su uso.

Por lo anterior, ante la necesidad de identificar municipios que poseen altas demandas de agua, resulta pertinente proponer una metodología que posibilite identificarlos y priorizarlos teniendo en cuenta sus condiciones socioeconómicas, para posteriormente vincularlos con una metodología de inteligencia territorial que permita proponer tecnologías apropiadas relacionadas con el uso del agua en dichos municipios.

En síntesis, la pregunta que plantea este proyecto es: ¿Cómo se puede definir una metodología para priorizar municipios con altas demandas de agua en las cuencas asociadas a dichos municipios con el fin de proponer tecnologías apropiadas relacionadas con el uso del agua?

4. Justificación

El abastecimiento del agua en condiciones óptimas para su consumo, ha sido uno de los objetivos esenciales para organizaciones como el Banco Mundial o la Unesco, pues es una medida que contribuye a reducir las condiciones de desigualdad y que permite a las comunidades mejorar sus condiciones de bienestar y calidad de vida (Banco Mundial, 2019).

En Colombia, de acuerdo a DANE (2018) existe una cobertura de acueducto cercana al 92.3% y de alcantarillado de 88.2%, lo que significaría cerca de 3,6 millones de personas sin acueducto y 5.6 millones de personas sin alcantarillado, en este escenario surge una necesidad de implementar sistemas de abastecimiento o saneamiento económicos y funcionales para las poblaciones más vulnerables y con altos índices de pobreza multidimensional.

El Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2018) es la base fundamental para el ordenamiento y gestión del recurso hídrico en Colombia, además, dicho estudio implantó las bases para posteriores estudios, sin embargo, sus resultados al ser de carácter nacional, el nivel de detalle no es suficiente para establecer prioridades en los territorios, por ello resulta necesario estudiar detalladamente la problemática que surge del desabastecimiento del agua para implementar medidas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de estos lugares priorizados.

Además es conveniente para los municipios y los encargados de tomar decisiones, contar con una herramienta o metodología que utilice los recursos existentes para identificar y priorizar los lugares donde potencialmente se puede establecer una tecnología apropiada ante las altas demandas de agua, pues el suministro de agua potable además de ser un indicador de condiciones dignas de vida, es un derecho fundamental para todas las personas, más aún es coincidente con uno de los objetivos de desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2018) y especialmente con los primeros objetivos de la Política Nacional Para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

Resulta importante poder vincular los resultados de los municipios priorizados con la realidad local, en este contexto, el enfoque de la inteligencia territorial a través de su desarrollo teórico y metodológico, resulta ser una herramienta eficaz en la implementación concertada de proyectos en los lugares con vulnerabilidades de tipo social, económico y ambiental, todo esto a través de una gobernanza territorial participativa de carácter multidisciplinar (Bozzano, 2011).

Por lo tanto, el poder vincular los resultados de la priorización de municipios con altas demandas de agua y proponer tecnologías apropiadas relacionadas con el uso del agua contribuiría a garantizar mejores condiciones locales a las comunidades y el desarrollo de sus actividades y es allí en esa realidad local, donde la inteligencia territorial puede brindar una posibilidad para que las tecnologías sean apropiadas.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Proponer una metodología para priorizar municipios y que se integre con el enfoque de la inteligencia territorial en un contexto del uso del agua.

5.2. Objetivos específicos

1. Realizar una caracterización socioeconómica de los municipios asociados con altas demandas de agua.

2. Identificar relaciones entre municipios prioritarios y el enfoque de inteligencia territorial.

3. Proponer alternativas relacionadas con el uso del agua desde el punto de vista de las tecnologías apropiadas.

6. Marcos de referencia

6.1. Marco teórico

6.1.1. Tecnologías apropiadas

Una definición básica de tecnología es la aplicación del conocimiento con base científica orientado a solucionar problemas prácticos de forma sistémica y racional, que debe separase claramente del concepto técnica que son los instrumentos y procedimientos utilizados por poblaciones humanas para relacionarse y modificar su entorno social y ambiental en su beneficio, para convertir estas técnicas en tecnologías se necesita el conocimiento que ofrece la ciencia aplicada (Zuñiga Palma, 2016).

De forma más robusta, las tecnologías se caracterizan por ser un sistema de conocimientos y habilidades, en el que se mezclan los conocimientos científicos con aquellos de índole empírica asociados a las técnicas que sirven de base; por lo tanto comprende procesos intelectuales, aspectos teóricos, experiencias prácticas, el dominio de técnicas y el conocimiento de principios científicos que confluyen en forma activa y dinámica para generar los desarrollos tecnológicos (Cortés Molina & Romero Rodríguez, 2016). Una definición que resulta válida en el contexto empresarial es “el conjunto de conocimientos e información propios de una actividad que pueden ser utilizados de forma sintética para el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de productos o la prestación de servicios, incluyendo la aplicación adecuada de las técnicas asociadas a la gestión global (Ramírez, 2012).

En este contexto la tecnología se debe entender como un modo de pensar, actuar y vivir para hacer frente a las circunstancias del entorno en el cual se desempeña una persona, una organización o grupo social especifico; reconociendo su efecto transversal en la sociedad que afecta los procesos y las relaciones sociales, el trabajo, las diversas formas de espiritualidad, entre otros; logrando hacer uso eficiente y eficaz del conocimiento y el saber hacer, en procura de obtener la mejor solución a los problemas y aprovechar las oportunidades (Cortés Molina et al, 2016).

Una particularidad que no contempla la definición de tecnología son las bases conceptuales y teóricas de la dimensión ambiental, pues si se analiza la definición de tecnología no se consideran las pérdidas en cuanto a la generación de residuos y

emisiones que tienen las actividades humanas en pro de ofrecer productos, bienes y servicios (Ramírez, 2012). En este caso el término "tecnología" no abarca todo el ciclo de vida de una materia prima, un producto, un bien o un servicio; de esta manera surge el planteamiento de la tecnología apropiada (Salinas Amescua, 2009).

El concepto de tecnología apropiada tiene relevancia de acuerdo a PNUD (2011) cuando son aquellas de pequeña escala, basada en recursos locales, de operatividad y mantenimiento sencillo, que utiliza fuentes naturales de energía, que no contamina o no provoca impactos negativos en el ambiente y que toma en cuenta el contexto del usuario y sus conocimientos, así como elementos sociales y económicos además de los estrictamente técnicos.

La difusión de tecnologías apropiadas pretende poner al alcance de la población una alternativa, cuyo propósito es que el usuario realice un mejor uso de los recursos y posea un mayor grado de bienestar y autonomía (PNUD, 2011).

Las formas de incorporar tecnología, de acuerdo a Gutiérrez (2016) son:

- Adaptación: Es el cambio de la función de una tecnología ya creada o establecida, es decir es la modificación estructural de una tecnología existente.
- Desagregación: Es el uso de una de las partes o componente de una tecnología ya diseñada.
- Apropiación: Es el proceso mediante el cual se introduce una tecnología sin cambiar su función, ni sus componentes.
- Invención: es el diseño y montaje de una tecnología que cumpla con un objetivo
- Asimilación: Es el proceso progresivo de transformación de un elemento o de una tecnología para que cumpla un fin determinado.
- Copia adaptativa: A diferencia de una copia que es adquirir sin cambiar, la copia adaptativa es la copia incompleta de una tecnología, pero que es capaz de ser funcional para la necesidad que se desea cubrir.

Por su parte Salinas Amescua (2009) considera las siguientes fuentes de tecnologías apropiadas, cabe señalar que algunas son similares a las mencionadas por Gutiérrez (2016), las que menciona son:

- Implementar una tecnología tradicional indígena: Existen invenciones y procesos de pequeña escala, que mediante un esfuerzo de sistematización pueden ser adaptados a las condiciones de determinadas zonas, tratando también de optimizar su rendimiento.
- Reutilizar una tecnología vieja de países industrializados: Existen tecnologías obsoletas de los países más desarrollados que pueden ser adaptadas y ser útiles a los países del tercer mundo.

- Adaptar una tecnología moderna: En ocasiones un invento moderno puede ser útil, pero antes debe pasar por un proceso de adaptación donde algunas de sus partes más caras, mecanizadas o complejas puedan ser sustituidas.
- Desarrollar tecnologías nuevas: El planteamiento de un problema exige en ocasiones el desarrollo de una tecnología totalmente nueva que solucione necesidades concretas de manera innovadora, este proceso implica una gran creatividad y en ocasiones personal calificado.
- Trasferencia de tecnologías: Las herramienta y tecnologías desarrolladas anteriormente en otro lugar geográfico pueden tener gran validez para otro similar.

Características de una tecnología apropiada

Para que una tecnología pueda ser definida como apropiada, Salinas Amescua (2009) sugiere contemplar los siguientes enunciados:

- Debe ser un proceso "Integral": La tecnología no es neutral ni el producto de patrones simplemente científicos desligados de la organización social, la dinámica económica, el sistema político y el conjunto de valores culturales de una población concreta; en este sentido la tecnología apropiada se asume como una manera particular de ver la sociedad y a la tecnología y no como un paquete de normas y procedimientos para hacer cosas, por lo que se sugiere en todos los casos considerar lo siguiente:
    - Las características propias del país y la zona de trabajo, en términos de necesidades, recursos, distribución del ingreso, estructuras de propiedad de la tierra y la producción, condiciones ecológicas, entre otras.
    - El papel político en cuanto al programa global de la ciencia y tecnología
    - La función del conocimiento dentro y al servicio de la comunidad.
    - El papel de la capacitación y el empleo.
    - La consideración de los costos sociales por encima de los convencionales costos de mercado, al evaluar y seleccionar tecnologías.
    - La formulación y jerarquización de necesidades a resolver mediante la tecnología apropiada, al servicio de los sectores de la población claramente determinados.

- Revalorizar la cultura local: La tecnología apropiada reconoce que cada grupo cultural y geográfico tiene y debe tener diferencias tecnológicas acordes a sus circunstancias y sistemas de valores. Partiendo del principio de que toda sociedad tiene su propia tradición tecnológica, de las que deberán partir las nuevas tecnologías comunitarias. Aquí cobra especial importancia el capital de conocimientos acumulados por las poblaciones, en especial las marginadas, que les ha permitido una subsistencia difícil, pero eficaz si se consideran las grandes limitaciones de recursos y oportunidades que han soportado. Esta subsistencia se

explica en gran medida gracias a la capacidad inventiva, al conocimiento de los recursos posibles y a la organización social de las comunidades.

La búsqueda de tecnologías armónicas con la tradición y el capital cultural exige el respeto a las estructuras comunitarias y a una visión amplia de la técnica que rebasa lo estrictamente material y económico.

Se asume entonces que la autodeterminación en lo tecnológico es una de las condiciones básicas para la identidad cultural y sumada a otras condiciones históricas, para la independencia política. La tecnología apropiada responde con una posición de respeto a las tecnologías existentes, sobre la base de que existe una racionalidad rural cuyos sistemas son armónicos con las limitaciones ambientales y la escasez progresiva de dinero en efectivo, por la imposibilidad de retener excedentes.

- Responder a necesidades básicas y sentidas: La tecnología apropiada se pone al servicio de las necesidades básicas de las mayorías desfavorecidas, tal como son percibidas o comprendidas por los mismos. Se coloca desde un punto de partida diferente desde el momento en que:

    - Pretende responder a necesidades básicas y no suntuales.
    - Se coloca desde la perspectiva de los sectores pobres, seleccionando con estos las áreas prioritarias en que ha de desarrollarse.
    - Rechaza los incentivos de la creación tecnológica comercial, tales como la ganancia, la posibilidad de generar mercados en base a necesidades artificialmente inducidas, entre otras.

  Algunas áreas prioritarias para la mayoría de la población, donde la tecnología apropiada tiene un rol importante que desempeñar son la alimentación, la vivienda, el vestido, la salud, la educación, el almacenamiento y la agricultura.

- Beneficiar a las sectores más necesitados: Este criterio hace referencia al destinatario preferencial de la tecnología apropiada, es decir debe advertirse si el criterio con que se desarrolla la tecnología apropiada es de beneficencia (ayudar a cuantos es posible e indiscriminadamente), economicista (incidir en quienes tienen mayor capacidad de consumo, mayor apertura al cambio y por lo tanto mayores oportunidades) o de fortalecimiento social de un determinado sector (basarse en las clases sociales estratégicas, dirigentes de la comunidad y comprometidas con esta).

- Integrar la ecología local: Por lo regular existe una gran experiencia y sabiduría humana sobre los sistemas ecológicos locales que debe aprovecharse para crear tecnologías armónicas con los sistemas naturales, para la cual la consulta a los ancianos de amplio conocimiento empírico es fundamental.

- Reubicar el papel de los profesionales: El profesional debe cambiar el rol de considerarse como el poseedor absoluto del conocimiento a un rol que le permita ponerse al servicio de la gente no profesional para cooperar en el desarrollo de tecnologías acordes a sus creencias y necesidades, además de servir como "catalizador" en la comunidad, para ayudar a la sistematización y capitalización de conocimientos y experiencias, trabajando en estrecha comunicación con los líderes permitiendo un máximo de control local de los proyectos.

- Permitir la participación y el control local: Es una de las dimensiones más difíciles de alcanzar; pues implica el desplazamiento del poder tanto social como económico hacia las personas que integran la comunidad, de forma tal que la creatividad e iniciativa de las personas puedan ser impulsadas a lo máximo para que a partir de sus valores y sistema cultural puedan alcanzar su propia visión de "desarrollo".

- Difusión horizontal: La difusión de una tecnología apropiada que ha alcanzado cierto éxito se debe hacer directamente de una comunidad a otra, evitando hasta donde sea posible la intermediación de personas ajenas a la propuesta de la tecnología apropiada.

- Acoplar los diversos actores en la investigación y experimentación: El proceso de investigación y experimentación también se modifica incorporando nuevos actores y trasladándose más a la realidad, entendiendo que una tecnología apropiada está ligada a las condiciones concretas de un grupo social y de un medio ambiente especifico por lo tanto la experimentación controlada puede no ser válida aplicada a la realidad. Esta investigación participativa contribuye a beneficiar de manera equitativa el conocimiento sin privilegiar grupos poblacionales específicos, estableciendo oportunidades de capacitación a quienes no tuvieron una formación escolarizada.

- Incorporar características propias del contexto del lugar: El éxito o fracaso de transferir una tecnología se relaciona directamente con su capacidad de adaptarse a la realidad del territorio, por ello una tecnología debe ser de pequeña escala, fácil de usar y es deseable que se usen materiales, herramientas y mano de obra local. Las fuentes de energía deben ser descentralizadas y renovables y de preferencia disponibles en cualquier época del año, para evitar dependencia de los sistemas centrales.

- Simplificar tareas y procesos: las tecnologías apropiadas por lo general exigen que estas puedan ser manejadas por personas sin educación ni habilidades de tipo especializado, de igual forma la tecnología debe poder ser reparada por la comunidad sin la necesidad de acudir a expertos, también la sencillez de una

tecnología apropiada garantiza la comprensión rápida de su funcionamiento y puede dar lugar a que esta se adapte a otras circunstancias y se desarrollen nuevos inventos.

- Reconocer la realidad económica local: Si bien la tecnología apropiada no pretende generar ganancias monetarias, es importante armonizar la propuesta con la realidad y las capacidades económicas del lugar, debe anteponer ante todo la baja inversión de capital, y la descentralización de la tecnología, pues estos criterios favorecen la transferencia a otras comunidades y territorios con contextos similares.

  Además, es deseable que la construcción y funcionamiento de la tecnología formalice fuentes locales de empleo como objetivo económico y social, sin pretender una dependencia económica a las grandes urbes en términos de capital e infraestructura.

Las tecnologías apropiadas pueden entenderse como la intersección entre el desarrollo sostenible, como teoría que se fundamenta en satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro de satisfacer sus propias necesidades (CEPAL, 2017); y el desarrollo endógeno del territorio que según (Romero de García, 2018) es el aprovechamiento de recursos (económicos, humanos, institucionales y culturales) del territorio que poseen potencial de desarrollo, para lograr crecimiento económico y cambio estructural para conducir a una mejora del nivel de vida de la población del lugar; y las posibles soluciones tecnológicas para un problema o situación que se logre identificar.

Una tecnología apropiada invita a repensar el desarrollo en términos más amplios que el del crecimiento industrial y/o económico, invita a abarcar desde el desarrollo humano hasta el despliegue de las potencialidades positivas de un territorio incluyendo a demás el cuidado de la calidad del entorno y la reducción del despilfarro de recursos y del paisaje, procurando siempre que las generaciones futuras también puedan satisfacer sus necesidades básicas (PNUD, 2011).

6.1.2. Agua (demanda y oferta)

Demanda es la cantidad o volumen de agua usado por los sectores económicos y la población. Considera el volumen de agua extraído o que se almacena de los sistemas hídricos y que limita otros usos; contempla el volumen utilizado como materia prima, como insumo y el retornado a los sistemas hídricos (IDEAM, 2014).

En la actualidad la UNESCO (2018) sugiere que la demanda mundial de agua se estima alrededor de unos 4600 Km^3 al año lo que significaría cerca de $4.6x10^{15}$ litros de agua y

además se considera que este consumo se incremente entre un 20% y un 30% para el año 2050, en consecuencia principalmente del cambio climático y el aumento de la población.

Oferta es un término asociado a él régimen hidrológico, el cual, se define como las variaciones del estado y de las características de una masa de agua que se repiten de forma regular en el tiempo y en el espacio y que muestran patrones estacionales o de otros tipos (IDEAM, 2018).

La oferta de agua tiene diversos orígenes:

1. Agua superficial: Se refiere al volumen de agua continental, almacenada en los cuerpos de agua superficiales en un periodo determinado de tiempo, se cuantifica a través de la escorrentía y rendimiento hídricos, en el caso de Colombia se clasifican en tres niveles: Áreas, zonas y subzonas hidrográficas.

2. Agua Subterránea: El almacenamiento y flujo de agua en el subsuelo están determinados por las condiciones geológicas del suelo y subsuelo, además de las características físicas, químicas, hidrológicas y climáticas que intervienen en la dinámica de recarga, tránsito y descarga de los sistemas acuíferos presentes en las diferentes regiones.

3. Agua marino costera: Este término se emplea en el contexto del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC) para referirse a la franja costera del país, que es una franja de anchura variable de tierra firme y espacio marítimo en donde se presentan procesos de interacción entre el mar y la tierra con características naturales, demográficas, sociales, económicas y culturales propias y específicas.

4. Agua glaciar: es un volumen de agua que se encuentra condensado a temperaturas inferiores a 0 °C.

La relación entre oferta y demanda genera un índice de demanda hídrica que corresponde a la cantidad de agua anual sustraída de los sistemas hídricos para suplir las necesidades de consumo humano, los requerimientos de las actividades económicas y las demandas esenciales de los ecosistemas existentes (IDEAM, 2014).

Mantener la oferta hídrica permite a los países crecimiento y desarrollo económico, la oferta de agua hídrica es en principio el primer eslabón de la economía de cualquier país y es el insumo principal en la mayoría de actividades de los sectores primario, secundario y terciario (UNESCO, 2018).

6.1.3. Tipología

Puede definirse como una concepción académica cuya finalidad es generar un instrumento de análisis y de clasificación, esta se ocupa principalmente de la búsqueda de similitudes o vínculos estructurales entre las cosas tratando de establecer raíces etimológicas comunes que enmarcan diferentes fenómenos (de la Fuente Fernández, 2011).

Una herramienta que sirve para realizar clasificaciones y análisis de conjuntos son los análisis cluster o análisis de conglomerados, estos utilizan técnicas estadísticas multivariantes para agrupar elementos o variables buscando lograr la máxima homogeneidad en cada grupo asegurando también la mayor diferencia entre los grupos (Álvarez Suárez, 2006). (Figura 1)

Lo congruencia y coherencia de las clasificaciones obtenidas con métodos multivariantes depende de las distancias que se configuren entre los integrantes de un grupo y las distancias que se configuren entre grupos, es decir entre más cercanos estén los integrantes de un grupo y entre más alejado se encuentre de otros grupos, este podrá clasificarse como homogéneo (Díaz Monroy & Morales Rivera, 2013)

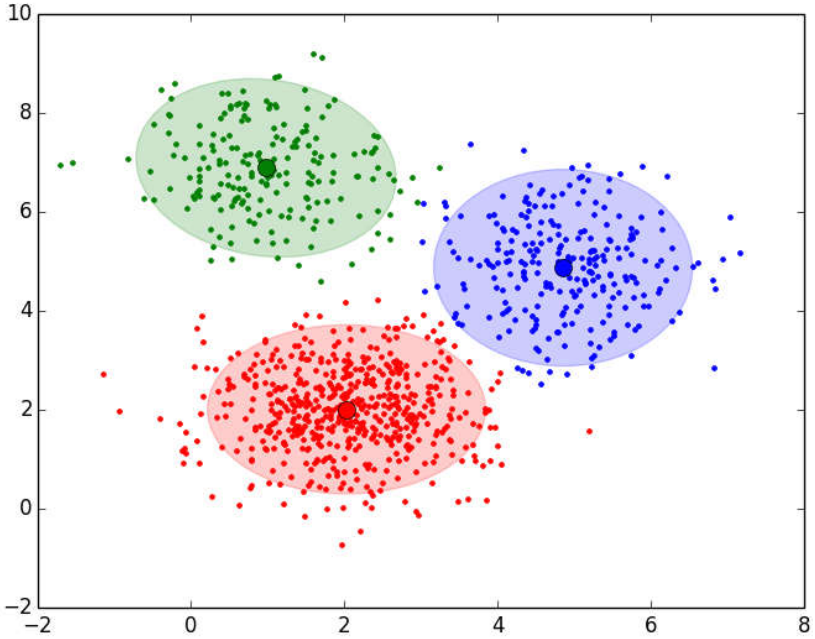


Figura 1: Análisis cluster con tres grupos de clasificación.

Fuente: Álvarez, Suárez, 2016

Cabe resaltar que los métodos cluster de clasificación, es una técnica descriptiva, y con un fuerte componente práctico, pues no tiene bases estadísticas sobre las que deducir inferencias estadísticas para una población a partir de una muestra, es un método basado

en criterios geométricos y se utiliza fundamentalmente como una técnica exploratoria, descriptiva pero no explicativa (de la Fuente Fernández, 2011).
En el anexo número 1 se desglosa el procedimiento matemático para el cálculo de las componentes principales y el análisis de clasificación.

6.1.4. Inteligencia territorial

La inteligencia territorial como concepto ha ido cambiando en su concepción desde el mismo momento de aparición, según (González Arellano, 2014) la inteligencia territorial consiste necesariamente en un enfoque interdisciplinar cuyo objeto es el desarrollo sostenible de los territorios y sus sujetos son los individuos y los colectivos territoriales. Esta visión de inteligencia territorial se concibe como un proyecto científico que comprende la coproducción del territorio a partir de la gestación de la información donde la cultura, la formación, la identidad, la trasmisión y el patrimonio cobran cierta relevancia al complementarse con los conocimientos externos y científicos en aras de reforzar la relación territorial.

El entendimiento del territorio, en especial la definición que se haga de él, modifica sustancialmente el grado de acción del método "territorio" (Crissi Aloranti & Stang, 2018), por ello resulta necesario entender el territorio como aquella área geográfica cualquiera sea su escala, naturaleza y complejidad considerada como "macro – objeto de estudio", que involucra a un sujeto o un grupo de personas las cuales intervienen o tienen un "nexo" entre ellos y el área geográfica, manifestándose en diversas acciones como la ocupación, la apropiación o la valorización (Ferrari & Bozzano, 2016).

Por su parte (Girardot J. , 2010) señala que un territorio no es solo un barrio, una región o un país; por el contrario es un barrio y su vida en alguien, una región y su vida en alguien, un país y su vida en miles o millones de actores que se apropian, lo ocupan, lo usan, lo valorizan, lo explotan, lo degradan, lo preservan o lo manifiestan cada vez.

Para el caso particular de los países de América Latina Bozzano (2011) identifica tres cuestiones que son específicas de la realidad Latinoamericana, es decir son innatas de la construcción territorial que se ha concebido en los países de América Latina, ellos son:

1. La inteligencia territorial como una estrategia para el desarrollo sostenible de los territorios.
2. La inteligencia territorial como un proceso basado en la construcción de personas en sujetos, de espacios banales en territorios y de ideas vagas en proyectos concretos.
3. La inteligencia territorial apunta a trabajar por identidades, necesidades y escenarios futuros.

Ante la cantidad de métodos desarrollados enfocados a implementar la inteligencia territorial, cabe señalar los siguientes que son los que mejor desarrollo metodológico tienen y que por experiencias adquiridas anteriormente resultan ser los métodos que mejor se ajustan a la las singularidades de los territorios (Bozzano, 2011), estos métodos son:

Método “Catalyse”:

El método “Catalyse” es una de las principales propuestas para abordar la inteligencia territorial; según Girardot (2010) es a través del método “Catalyse” que abarca un vasto conocimiento compartido, de herramientas científicas (Figura 2). De indicadores públicos, de conocimientos profesionales y de cultura ciudadana en el seno de un partenariado territorial que agrupa servicios públicos, empresas privadas y asociaciones de múltiples sectores. Esta Propuesta define 6 ejes para trabajar con el abordaje de inteligencia territorial:

- Vulnerabilidad: se refiere a analizar las poblaciones y territorios en situaciones críticas.
- Territorio: Se refiere al nivel adecuado de acción de los proyectos con abordaje de inteligencia territorial.
- Inteligencia: Hace referencia al análisis territorial desde una perspectiva colectiva.
- Gobernanza: es la co-construcción de las acciones en forma de proyectos establecidos en un marco de cooperación.
- Observación: Es un medio de información al servicio de todas las personas que constituyen la comunidad territorial y no como una herramienta de decisión desde la cumbre de la pirámide.
- Género: Es abordar cada temática desde una perspectiva diversa e inclusiva, entendiendo principalmente la evolución de la estructura familiar.

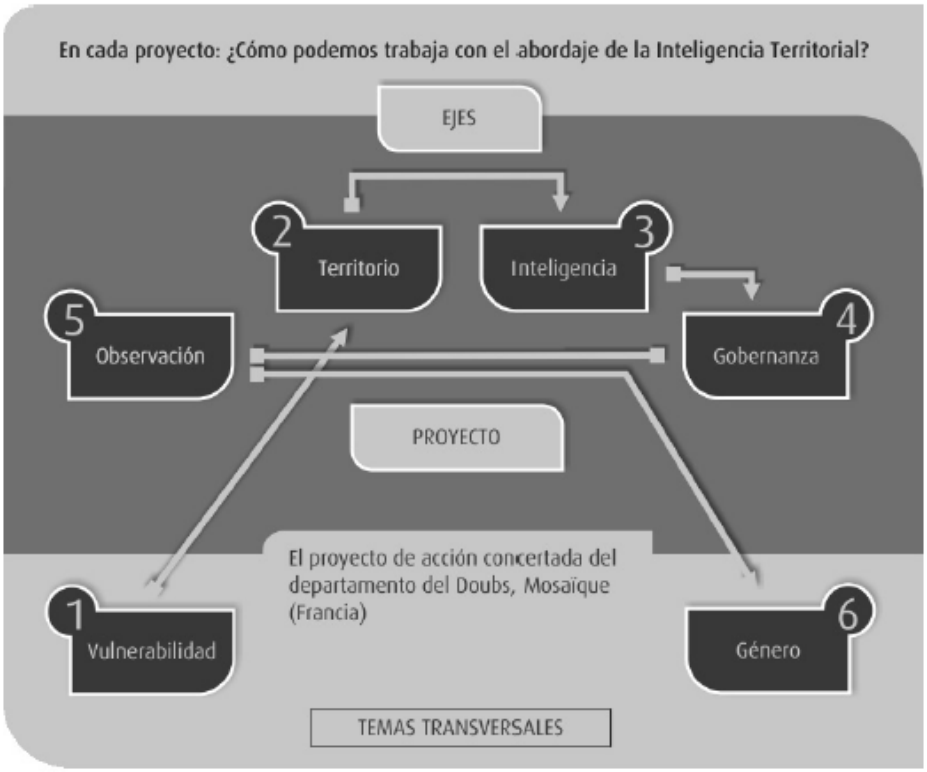


Figura 2: Método "Catalyse" para abordar un proyecto con Inteligencia Territorial

Fuente: Bozzano, 2011

Método "Territorii":

Para Bozzano (2011), este método es una herramienta geográfica útil para reducir las distancias entre "empiria" y teoría; y su aplicación no se reduce a proyectos predominantemente territoriales, sino a una amplia gama de temas, como lo son los sociales, ambientales, culturales, políticos, económicos, turísticos, agrarios, urbanos, entre otros con base y aplicación territorial.

Como no es un método enteramente territorial, este debe complementarse con elementos, métodos y herramientas interdisciplinares que permiten entender la compleja y distinta realidad de cada territorio seleccionado para aplicar el método "territorii" (Girardot, 2015).

Para Girardot (2015), el método "Territorii" se enfoca en dos objetivos centrales:

- Conocer y reconocer el territorio mediante el tránsito de 5 momentos: Reales, Vividos, pensados, Legales y Posibles.
- Generar un espacio de formación de la comunidad orientado a aprender a concebir, formular y concretar proyectos con resultados palpables con la gente inserta en una problemática más amplia que la de cada proyecto.

El método Territorii, es aplicable a un sin número de temas Ferrari & Bozzano (2016) sugieren los siguientes 5 pasos para su desarrollo:

1. **Territorios reales:** Son aquellos objeto de una instancia descriptiva, se refieren a realidades reconocidas en los territorios, no necesariamente elegidas ni consensuadas por todos; se trata de identificar los rasgos que permiten entender la transformación que sufren los territorios a través del tiempo en la complejidad de la realidad.
   El uso del suelo real, el relieve, la población, las infraestructuras, la hidrografía, los equipamientos, las necesidades básicas insatisfechas, el tamaño de las explotaciones agropecuarias entre muchas más que puedan enriquecer el entendimiento de los territorios reales.

2. **Territorios vividos:** Se establecen a través de una percepción particular de tintes sensoriales, intuitivos artísticos, emocionales, simbólicos o bien referida a necesidades, problemas, intereses o expectativas por parte de quienes viven los territorios, haciendo énfasis en que ellos son los que perciben y son parte, en papeles específicos como ciudadanos, vecinos, transeúntes, consumidores, productores incluyendo también sus roles o estados, alegres, tristes, enamorados, contrariados.

   En cuanto a la particularidad de este ítem es posible establecer que existen un sin número de territorios vividos si los hallamos de manera individual, en el ámbito general se utilizarán las percepciones con grados de semejanza considerables, los territorios vividos son preferentemente perceptivos y buscan un consenso general de un sinnúmero de percepciones del vasto y complejo campo perceptual.

3. **Territorios pensados:** se podría establecer como el porqué de los territorios, son aquellos que mediante su explicación y definición, aproximan una síntesis del territorio, independiente de la concepción que se tenga de los mismos; es una relación entre territorios reales y territorios vividos y la influencia que estos tienen sobre el territorio pensado.

4. **Territorios legales:** se podría establecerse como el deber ser de los territorios, estos territorios interpretan y espacializan a través de los criterios supuestamente más racionales de funcionamiento de aspectos específicos: Urbanos, Rurales, viales, seguridad, servicios, cuando estos territorios van perdiendo eficacia y sentido se debe a que la relación territorios reales, vividos y /o pensados no guardan coherencia.

5. **Territorios posibles:** Se puede establecer como "cuáles son los territorios deseables". Son aquellos que sintetizan el concreto real, el concreto vivido y el concreto pasado, existen en la medida que aportan elementos viables para producir cambios o transformaciones durables en la más diversa naturaleza y escala. En los territorios posibles se reconocen las tendencias emergentes de relaciones probables no verificadas sin alejarse de las inercias territoriales, de la situación y de las tendencias investigadas para el presente. La proximidad entre lo probable y lo estudiado, tanto lo real como lo vivido como lo pensado debería contener un mínimo de consenso en la sociedad involucrada (políticos, grupos sociales, actores económicos locales) como para producir transformaciones en el territorio.

6.2. Marco Geográfico

Para determinar los municipios de estudio del presente proyecto, se ha definido una serie de criterios para establecer un grupo de municipios con potencialidades de incluir una tecnología apropiada en sus procesos, estos criterios son:

1. Incluir a los departamentos que componen la región central establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, puesto que uno de los objetivos del pacto regional es la "protección de la fábrica de agua natural del país", esta región incluye al departamento del Huila, al departamento de Tolima, el departamento de Cundinamarca y el departamento de Boyacá.

   Acoplar los departamento que componen la región central, con los municipios que se encuentran en las categorías 6, 7 y 8 en cuanto a demanda del recurso hídrico en el Estudio Nacional del Agua, estas categorías se definen como municipios que poseen altas demandas de agua, resultado obtenido del índice del Uso de Agua, estimado a nivel de cuencas (IDEAM, 2018)

2. Finalmente se seleccionará únicamente a las entidades territoriales que bien sea por su categorización presupuestal o sus características socioeconómicas, no pueden disponer de tecnologías más estructuradas para el abastecimiento de agua en sus jurisdicciones.

6.3. Marco Normativo

La base del marco normativo, será la legislación ambiental Colombiana vigente, incluyendo la Constitución Política de 1991, que establece al país como un estado social

de derecho, organizado en forma de república unitaria, descentralizada, con autonomía en sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista. Atención especial merece el Artículo número 80 que estable: "El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución", en la Tabla 1, se ilustra la normativa aplicable al uso del agua es:

Tabla 1: Marco Normativo de referencia para el desarrollo de la propuesta.

Marco Normativo		
Norma	Año	Tema
Ley 99	1993	Se crea el Ministerio de 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 ambiental SINA y se dictan otras disposiciones (Congreso de Colombia, 1993).
Ley 373	1997	Se establece el programa para el uso eficiente de agua potable (Congreso de Colombia, 1997).
Decreto 2811	1974	Se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Presidencia de la República de Colombia, 1974).
Decreto 475	1998	Expide normas técnicas sobre la calidad del agua potable (Presidencia de la República de Colombia, 1998).
Decreto 1575	2007	Se establece el sistema para la protección y el control de la calidad del agua para el consumo humano (Presidencia de la República de Colombia, 2007).
Decreto 1323	2007	Se crea el sistema de información del recurso hídrico SIRH (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).
Decreto 1480	2007	Se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).
Decreto 1076	2015	Establece las disposiciones para el uso y aprovechamiento del agua (Presidencia de la República de Colombia, 2015).

7. Metodología

Para alcanzar cada uno de los objetivos planteados, se llevarán a cabo los siguientes procedimientos:

7.1. Matriz de municipios

Finalizada la selección de las cuencas hidrográficas de estudio, se identificarán cada uno de los municipios que las integran, para posteriormente, establecer las variables de carácter demográfico, social, económico y de calidad del agua que contribuyan a entender la realidad socioeconómica de cada uno de los municipios, por lo que se buscarán indicadores oficiales a escala municipal y de preferencia desagregados en cabecera y resto, pues permite identificar la situación de la parte rural de estos municipios.

7.2. Matriz de cuencas hidrográficas

Posterior a la recopilación de indicadores a escala municipal, con estos datos se construirán indicadores a escala de cuenca hidrográfica, con el fin de entender el contexto socioeconómico a escala general, con la premisa de que los municipios de la cuenca hidrográfica pueden presentar diversos contextos económicos, sociales y ambientales, pero la suma de estos contextos forman una realidad a la escala de cuenca hidrográfica que es necesario entender.

Además, se realizará una clasificación con percentiles, para identificar las cuencas con condiciones socioeconómicas más graves y se establecerá una priorización inicial, antes del análisis a profundidad que se propone hacer.

7.3. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP), tiene como objetivo estructurar una serie multivariada de datos a través de la reducción de la cantidad de variables y con la ventaja de que no es necesario asumir una distribución probabilística para desarrollarse (de la Fuente Fernández, 2011).

El método consiste en reducir las variables originales por medio de combinaciones lineales, lo cual conlleva a generar nuevas variables que expresan las mismas relaciones; reducir la dimensionalidad del conjunto de datos; identificar y eliminar variables que no posean una relevancia dentro del estudio y facilitar la lectura de la información. A través del análisis de componentes principales se determinan una serie de factores (componentes principales) que contengan la mayor variabilidad obtenida entre los datos, estos factores poseen características de independencia y no correlación (Díaz Monroy & Morales Rivera, 2013)

Las etapas relacionadas al análisis de componentes principales sugeridas por Bernal (2017) son:

- Hallar la matriz varianzas-covarianzas: S o la matriz de correlación: R dependiendo del tipo de análisis;
    - Matriz S únicamente si las variables de estudio tienen la misma unidad de medida (Análisis no Normado).
    - Matriz R con variables que tengan o no la misma unidad de medida (Análisis Normado).
- Hallar los valores y vectores propios de la matriz S o R
- Hallar la varianza total y el porcentaje de varianza que contienen cada una de las nuevas variables que se generan del análisis de componentes principales.
- Definir las nuevas variables generadas del análisis de componentes principales, expresando cada variable generada como una combinación lineal de las p-variables medidas en la matriz inicial.
- Realizar el plano factorial de variables generadas.

- Realizar el plano factorial de individuos.

7.4. Priorización de municipios

Adicional al análisis de componentes principales, se realizará una clasificación y agrupación de los municipios de acuerdo a la afinidad que presenten en términos socioeconómicos., ambos métodos se realizan en el software R (R Core Team, 2020) empleando el paquete Rcmdr (Fox & Bouchet-Valat, 2020) y FactoMineR (Josse, Le, & Husson, 2008).

Posteriormente, se caracterizará cada grupo y se determinará el grupo que por sus condiciones sociales, económicas o ambientales, se distingue sobre los demás y que es el grupo de municipios que requieren soluciones a corto plazo en cuanto al uso del agua.

7.5. Análisis de componentes principales para segunda priorización

Este procedimiento es relevante debido al elevado número de municipios que agrupan la clasificación que realiza el software R y en busca de realizar un análisis más detallado se busca reducir este número de municipios; por lo que el grupo que resulte priorizado en el primer análisis de componentes principales, será objeto de un segundo análisis de componentes principales con el fin de reducir el número de municipios priorizados.

7.6. Priorización adicional (“priorización sobre la priorización”)

Con los resultados del segundo análisis de componentes principales es posible detallar e identificar el grupo de municipios con las condiciones socioeconómicas más fragiles y que requieran soluciones económicas y a corto plazo en cuanto al uso del agua.

7.7. Tipología de municipios

Con el resultado del análisis de componentes principales, se prosigue establecer y explicar cada resultado, haciendo énfasis en cada uno de los grupos formados identificando en cada uno las características e indicadores que tienen la mayor influencia en los municipios que lo conforman, a fin de identificar el grupo de municipios que requieren soluciones a corto plazo , que sean económicas y fáciles de usar y que contribuyan a aumentar la disponibilidad de agua para los principales usos de las viviendas.

7.8. Inteligencia territorial

Con la identificación de los municipios prioritarios, se desarrolla la propuesta de inteligencia territorial con los conceptos metodológicos del método "territorii", el cual consiste en identificar 5 territorios que identifican a una población, cada territorio tiene características distintas y requieren la convergencia de diversos actores e interpretaciones.

7.9. Propuesta de Tecnologías apropiadas

Con la identificación de los municipios priorizados y la identificación de cada uno de los territorios que componen la metodología de inteligencia territorial, se determinarán las tecnologías que resulten apropiadas para el contexto socioeconómico del municipio, además se evaluará a través de criterios la pertinencia o no de trasferir la tecnología y determinar si efectivamente es una tecnología apropiada para el contexto del municipio y sus habitantes.

En la tabla 2 se resume cada procedimiento con el producto esperado después de su desarrollo.

Tabla 2: Metodología propuesta para el desarrollo de la propuesta.

Metodología		
Objetivo	Procedimiento	Producto obtenido
Realizar una caracterización socioeconómica de los municipios asociados con altas demandas de agua.	Seleccionar los municipios de estudio, de acuerdo con los criterios establecidos en el marco geográfico.	Inventario de municipios para el estudio.
	Espacializar los municipios de estudio para identificar características geográficas comunes entre municipios.	Mapa de ubicación.
	Reunir y clasificar información socioeconómica por municipios,	Matriz de variables.

	consultando las fuentes oficiales para cada variable de interés.	
Identificar relaciones entre municipios prioritarios y el enfoque de inteligencia territorial.	Métodos estadísticos de carácter multivariado enfocados a generar una tipología a partir de matriz de variables (análisis de componentes principales y análisis de clasificación cluster).	Tipología de los municipios de estudio.
	Abordar desde una perspectiva de la inteligencia territorial la problemática del uso del agua.	Propuesta metodológica.
Proponer alternativas relacionadas con el uso del agua desde un enfoque de las tecnologías apropiadas.	Búsqueda bibliográfica para reunir información sobre tecnologías apropiadas que contribuyan a optimizar el uso del agua en los municipios para el consumo y desarrollo de actividades específicas	Síntesis de estudios y artículos sobre tecnologías apropiadas.
	Proponer la tecnología apropiada que mejor se ajuste a cada municipio priorizado establecido a partir de los métodos de clasificación.	Propuesta metodológica

A continuación se resumen las etapas propuestas para el desarrollo de la presente propuesta:

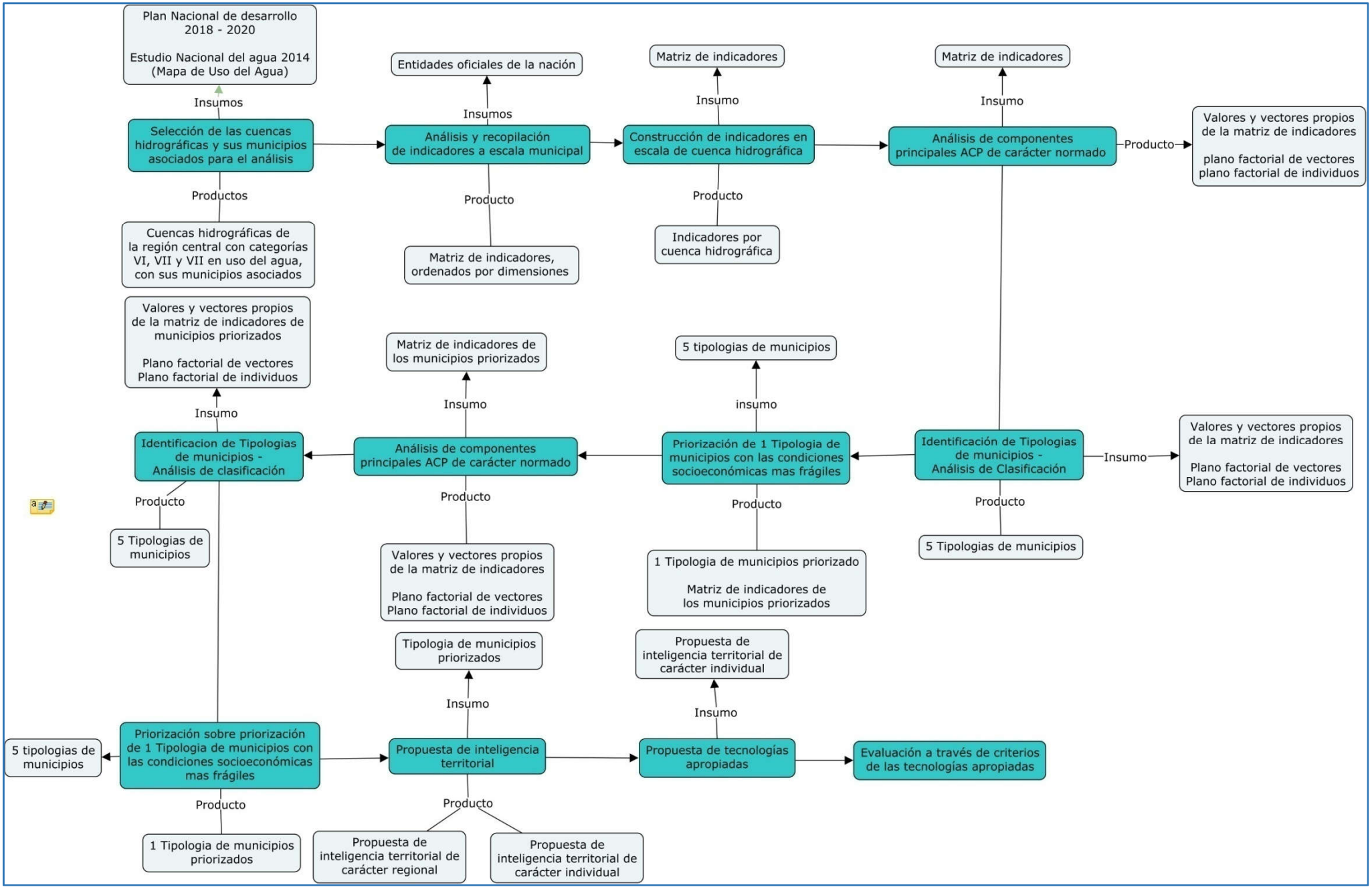


Figura 3: Diagrama metodología desarrollada

8. Resultados

8.1. Matriz de municipios para la caracterización socioeconómica de cada municipio

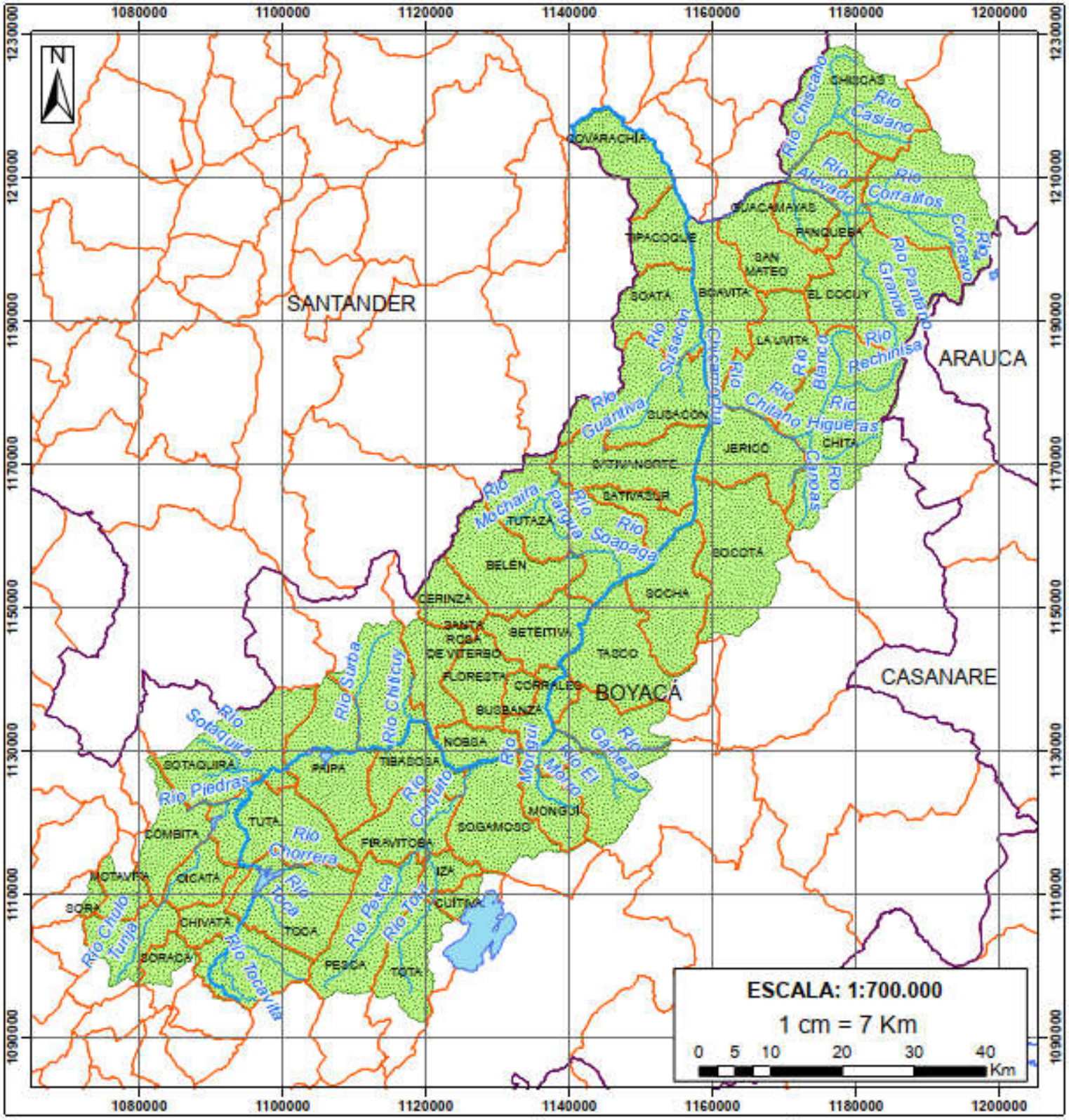
De acuerdo a la metodología planteada para determinar el área de estudio y los datos obtenidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 y el Estudio Nacional del Agua, se seleccionaron las siguientes cuencas de estudio, los municipios que integran esas cuencas hidrográficas serán utilizados para desarrollar los objetivos propuestos:

1. Cuenca del río Chicamocha: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Chicamocha agrupa 55 municipios en el departamento de Boyacá, está conformada por las sub-cuencas de los ríos Chulo, Tuta, Pesca, Tota, Chiquito, Chíticuy, Surba, Sotaquira, de Piedras, Salitre y el embalse de la Copa.

   El río Chicamocha nace por la confluencia de los ríos Tota, que nace en el municipio del mismo nombre y el río Jordán que nace en municipio de Tunja.
   Es una cuenca hidrográfica que presenta elevados niveles de escorrentía superficial; causada principalmente por la roca madre impermeable y los suelos de baja permeabilidad (CORPOBOYACÁ, 2006).

   Los principales aspectos ambientales a los que está sometida la cuenca hidrográfica están relacionados a la inadecuada disposición de los residuos sólidos, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua principalmente en las zonas urbanas de la cuenca hidrográfica; además de la tala indiscriminada de bosque natural y la remoción de la cobertura vegetal del suelo y la ampliación de la frontera agrícola, fenómeno evidenciado en la zona rural de la cuenca (CORPOBOYACÁ, 2006). Además de la evidente desigualdad que existe entre la parte alta y la baja de la cuenca, pues solo existe desarrollo industrial aguas arriba de la cuenca y la zona aguas abajo recibe únicamente aguas contaminadas y en regular estado sanitario, sin recibir algún tipo de compensación (CORPOBOYACÁ, 2006).

   El ordenamiento y protección de la cuenca hidrográfica está a cargo de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ), en el anexo 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHICAMOCHA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

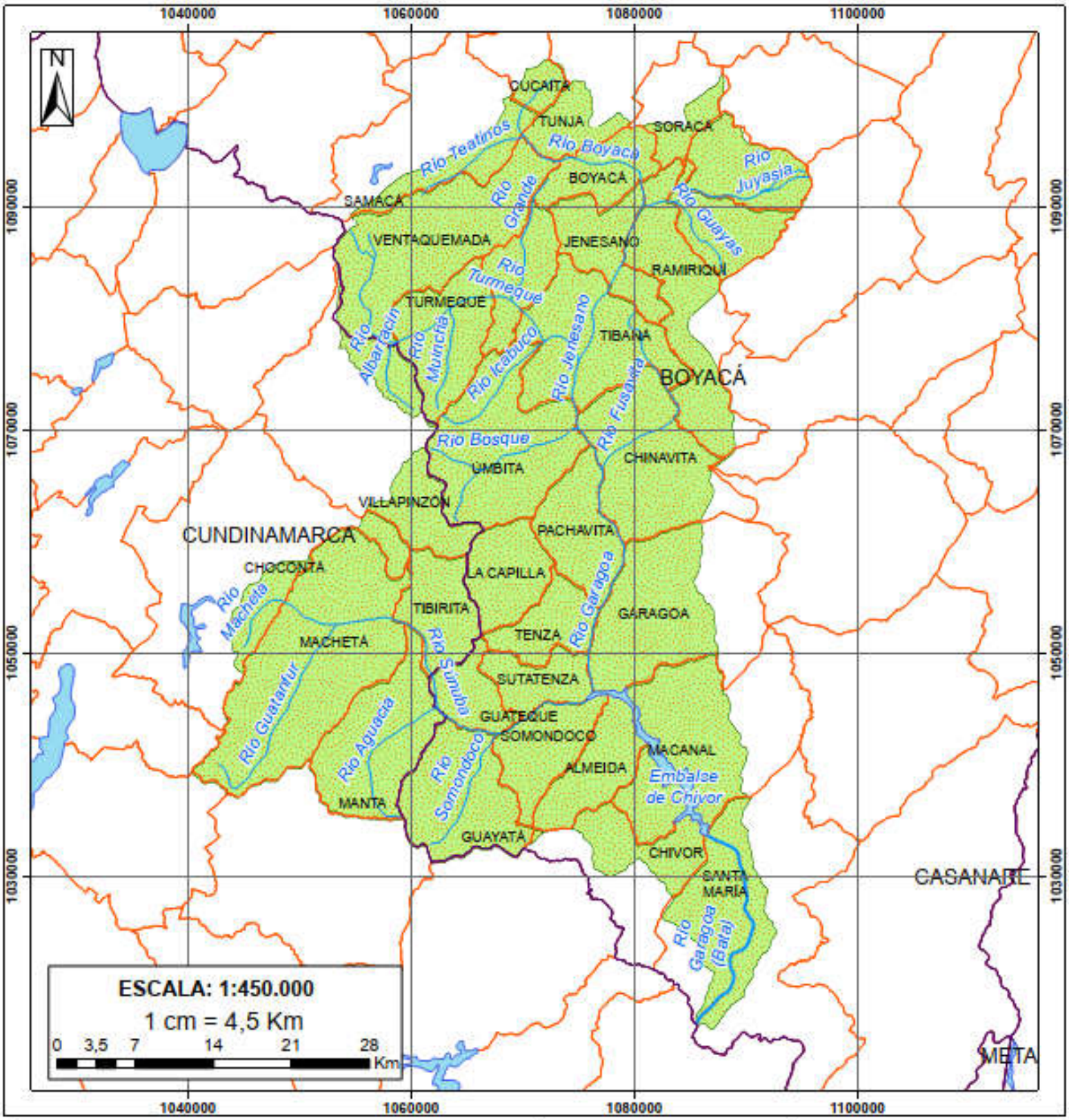
2. Cuenca del río Garagoa: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Garagoa agrupa 27 municipios en el departamento de Boyacá y 5 municipios en el departamento de Cundinamarca, está conformada por las sub-cuencas de los ríos Tealinos, Juyasia, Albarracín, Turmequé, Fusavitá, Bosque, Guaya, Guatanfur, Tócola y Aguacia. Posee además elevados niveles de escorrentía superficial debido las numerosas corrientes de primer orden, roca madre impermeable, suelos de baja permeabilidad y pendientes abruptas (CORPOCHIVOR, 2018).

   El río Garagoa nace en el municipio de Samacá, específicamente en el páramo de Rabanal a una altura de 3450 m.s.n.m. Los principales aspectos ambientales a los que está sometida la cuenca hidrográfica están relacionados con vertimiento de aguas residuales provenientes de la cría de porcinos y la minería, la deforestación del bosque natural, la ampliación de la frontera agrícola y la remoción de la cobertura vegetal (CORPOCHIVOR, 2018).

   La principal presión que tienen las actividades antrópicas en el área de la cuenca hidrográfica es el aprovechamiento del caudal de la cuenca para la producción de energía, específicamente en el sector del embalse de la Esmeralda; especialmente en la época seca donde se restringe el caudal a un caudal ecológico, que resulta en ocasiones insuficiente para el normal desarrollo de las actividades pecuarias y domésticas de la región (CORPOCHIVOR, 2018).

   Además de la presión sobre el recurso hídrico existe un escenario de desplazamiento de comunidades y familias en el área inundable del embalse de la Esmeralda, debido a la construcción y puesta en funcionamiento de la hidroeléctrica de Chivor, se estima que el embalse afecta directamente a cerca de 1200 familias de los municipios de Garagoa, Sutatenza, Somondoco y Almeida (CORPOCHIVOR, 2018).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de 3 corporaciones autónomas regionales; La Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR), la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR); jurídicamente las Corporaciones deben velar por lograr la coherencia entre sus propuestas en pro de un desarrollo sostenible y social para la cuenca en mención (CORPOCHIVOR, 2018), en el anexo 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERIA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACION CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

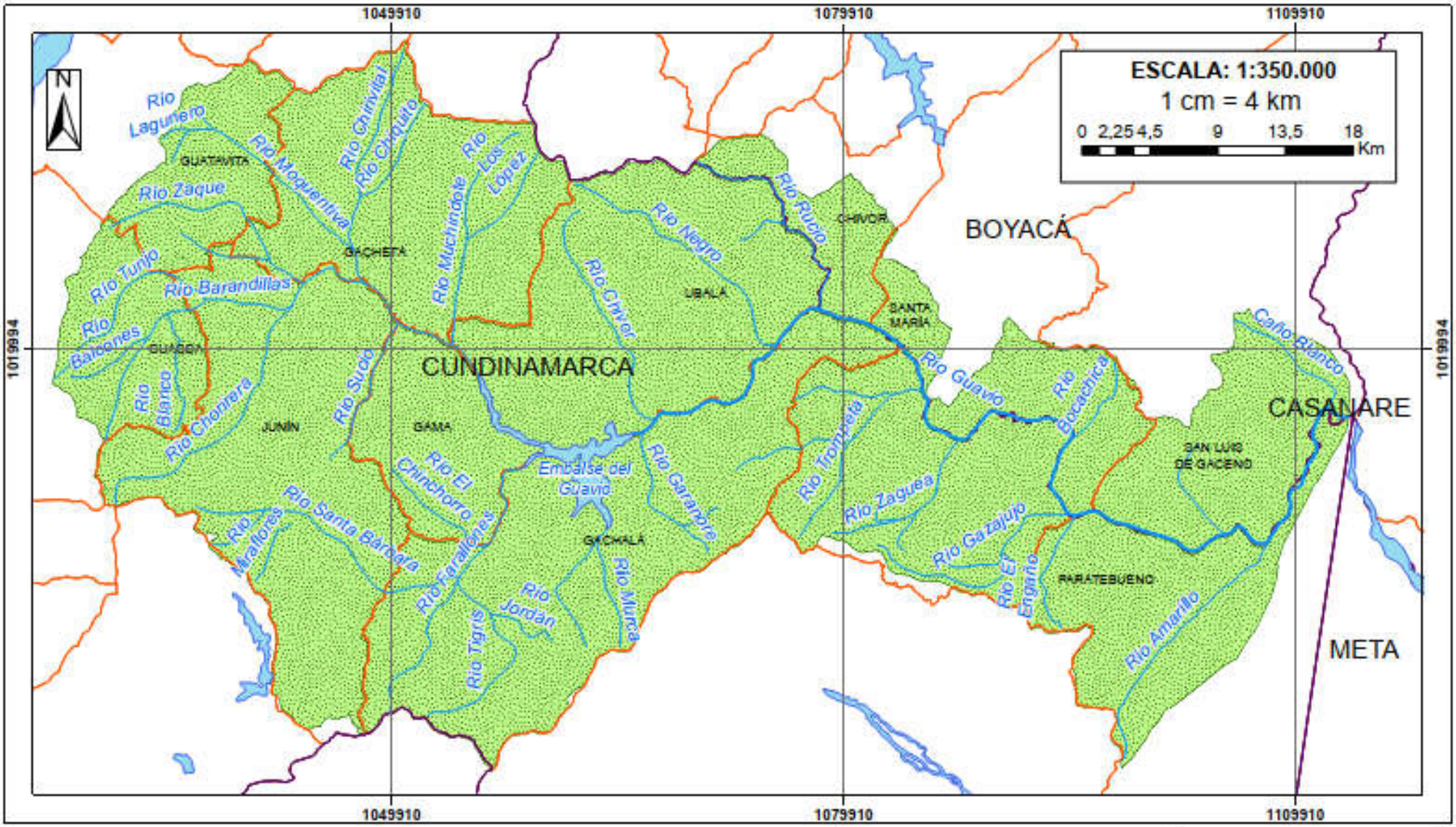
REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

3. Cuenca del río Guavio: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Guavio agrupa 3 municipios en el departamento de Boyacá y 8 municipios en el departamento de Cundinamarca, está conformada por las sub-cuencas de los ríos Rucio, Murca, Batatas, Trompetas, Negro, Chivor, Muchindote, Salinero, Zaque, Sueva, Chorreras y Farallones. Posee elevados niveles de escorrentía superficial debido a las pendientes abruptas y a la permeabilidad de sus suelos (CORPOGUAVIO, 2018).
   El río Guavio nace a 1116 m.s.n.m. en el costado oriental de la cordillera oriental, este alimenta la represa que lleva su nombre y continúa su recorrido después de generar energía en la central hidroeléctrica (MInAmbiente, 2010).

   Los principales aspectos ambientales a los que está sometida la cuenca hidrográfica, son la ampliación de la frontera agrícola, el desvió del cauce del río Guavio para la generación de energía y la deforestación del bosque natural (CORPOGUAVIO, 2018), adicional a estas problemáticas se encuentra el alto potencial en yacimientos de esmeraldas que tiene la cuenca hidrográfica, por lo que la actividad económica de la minería causa remoción de la cobertura vegetal y los horizontes fértiles del suelo y la caída abrupta del nivel freático del lugar, lo que ocasiona disminución del caudal de los cuerpos de agua tanto permanentes como temporales (CORPOGUAVIO, 2018).

   En general, la cuenca hidrográfica presenta una deficiente cantidad en cuanto a disponibilidad de agua para cualquier uso, principalmente por el conflicto que existe entre el uso adecuado del suelo formulado en el POMCA y el uso actual que presenta en el territorio pues existe un conflicto de uso que provoca un desabastecimiento de cerca del 60% del área total de la cuenca, que causa mayor impacto en época seca.

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), en el anexo 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUAVIO

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARÍO TORRES

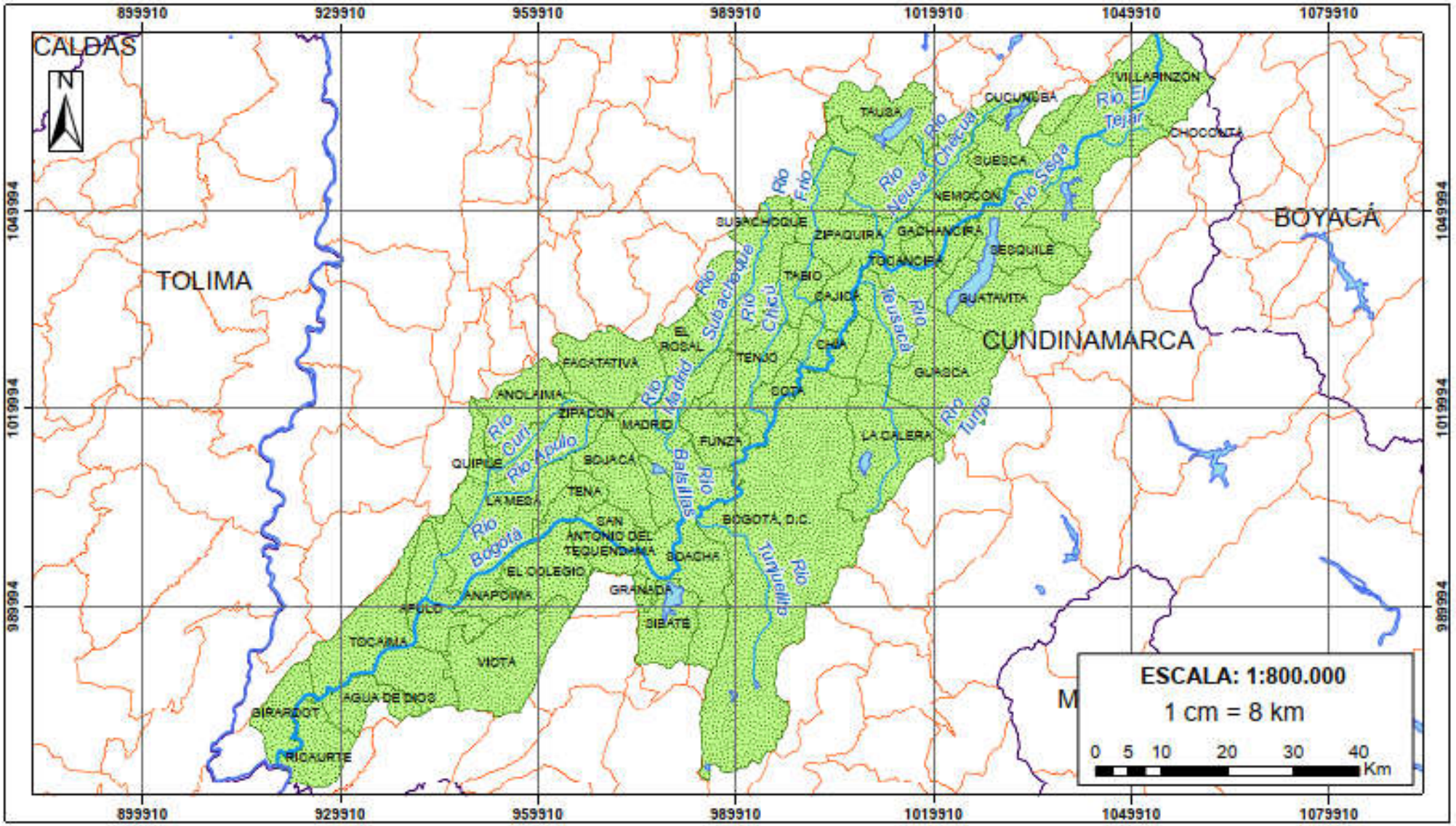
REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

4. Cuenca del río Bogotá: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Bogotá agrupa 46 municipios en el departamento de Cundinamarca, está conformada por las subcuencas de los ríos Neusa, Negro, Teusacá, Frio, Chicú, Balsillas, Fucha, Arzobispo, Tunjuelo, Soacha, Apulo y Calandamia. En la zona alta posee elevados niveles de escorrentía superficial debido a sus pendientes abruptas, ya en la zona media el río reduce considerablemente su escorrentía debido a las pendientes del terreno y la alta concentración de materia orgánica a la que es sometido el cauce principal, en la parte baja de la cuenca la escorrentía aumenta por las pendientes abruptas y la reducción en los aportes de materia orgánica a las aguas (CAR, 2019). El rio Bogotá nace en el páramo de Guacheneque a aproximadamente 3300 m.s.n.m. en jurisdicción del municipio de Villapinzón.

   Los principales aspectos ambientales a los que está sometida la cuenca hidrográfica son los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento, ocupación del cauce, vertimiento de sustancias químicas, desvió del cauce para la generación de energía y remoción del fondo y canalización de las aguas (CAR, 2019).

   Además la dinámica poblacional y la alta demanda de agua potable que tienen la mayoría de los municipios que integran la cuenca, ha ocasionado una alta presión en el recurso hídrico propio de la cuenca, incluso para el abastecimiento de agua potable, parte del agua es transportada desde la cuenca hidrográfica del río Orinoco para lograr satisfacer la extensa demanda del líquido, es decir un porcentaje del agua que pertenece a la cuenca del rio Orinoco se está drenando y luego de su uso para diversas actividades, se vierte y genera contaminación en la cuenca del Rio Bogotá, que a su vez pertenece a la gran cuenca del río Magdalena (CORPOCHIVOR, 2018).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), en el anexo número 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BOGOTÁ

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

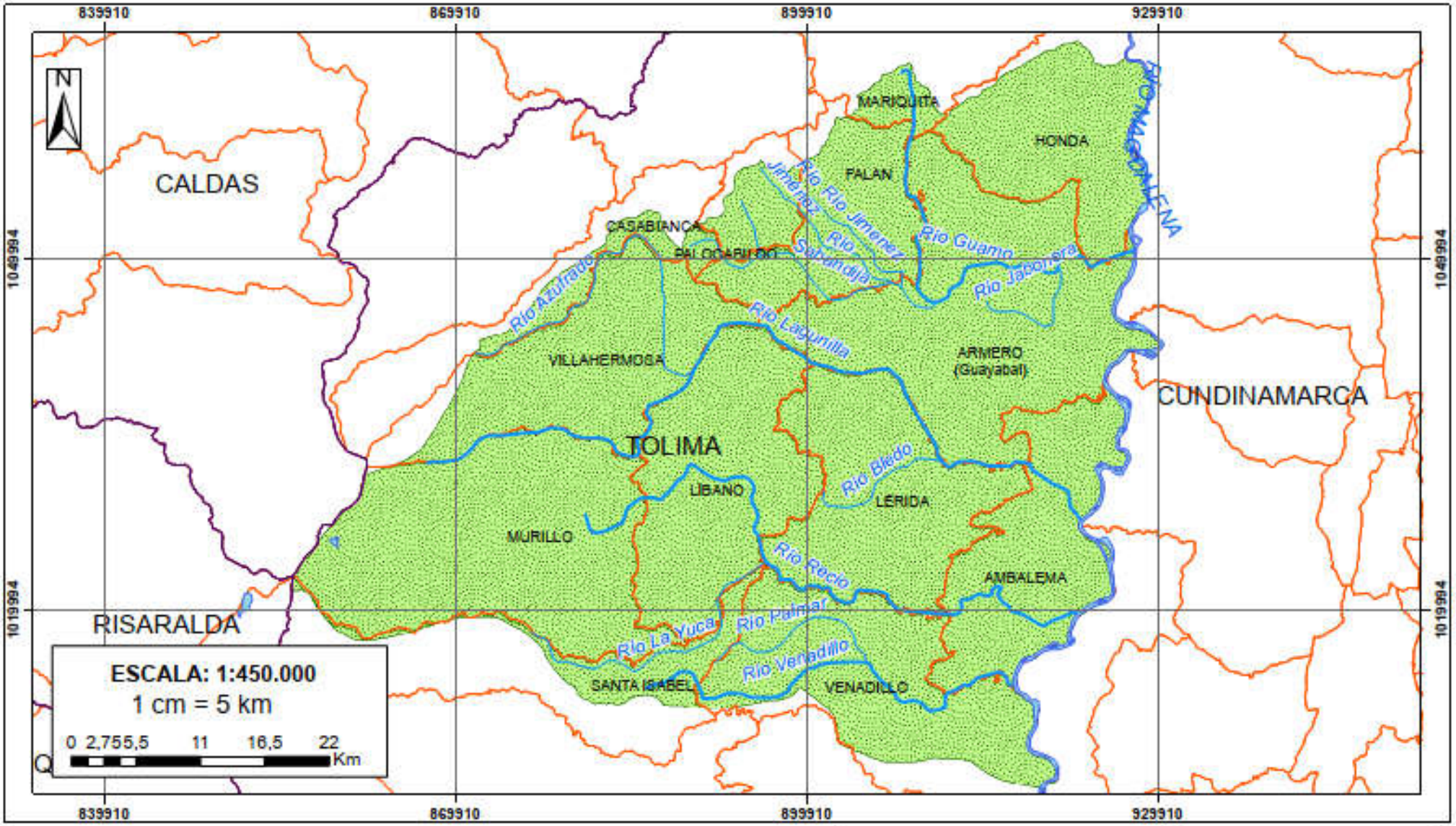
REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

5. Cuenca río Lagunilla y otros directos al Magdalena: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Lagunilla y otros directos al Magdalena agrupa 13 municipios en el departamento de Tolima, el río Lagunilla nace en el nevado del Ruiz a una altura de 4800 m.s.n.m. entre los municipios de Villahermosa y Murillo, está conformada por la sub-cuencas de los ríos Azufrada y Bledo; adicionalmente existen otros ríos que alimentan el área delimitada en el Estudio Nacional del Agua y que son independientes del río Lagunilla; estos son el río Venadillo, el río Recio y el río Guamo (CORTOLIMA, 2008).

   Históricamente el ordenamiento de esta cuenca se planeaba junto al ordenamiento del río Magdalena, sin embargo los esfuerzos por detallar mejor los ecosistemas y territorios potencialmente estratégicos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, recomendó formular un POMCA para el área que comprende la cuenca del río Lagunilla, con el fin de "promover un desarrollo sostenible, bajo el escenario de la prevención y atención de desastres" teniendo en cuenta además que esta cuenca hidrográfica fue el escenario del desastre natural ocurrido el 13 de Noviembre de 1985 en el municipio de Armero, donde se estima que hubo cerca de 25000 víctimas (CORTOLIMA, 2008).

   Las principales presiones a la que está sometida la cuenca son la ampliación de la frontera agrícola, la deforestación del bosque natural, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento al cauce y la ocupación de las riberas; además existe una presión adicional relacionada a la contaminación de las orillas de los ríos, especialmente en la desembocadura de los ríos de la cuenca en el río Magdalena (CORTOLIMA, 2008).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), en el anexo número 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL:
ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LAGUNILLA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARÍO TORRES

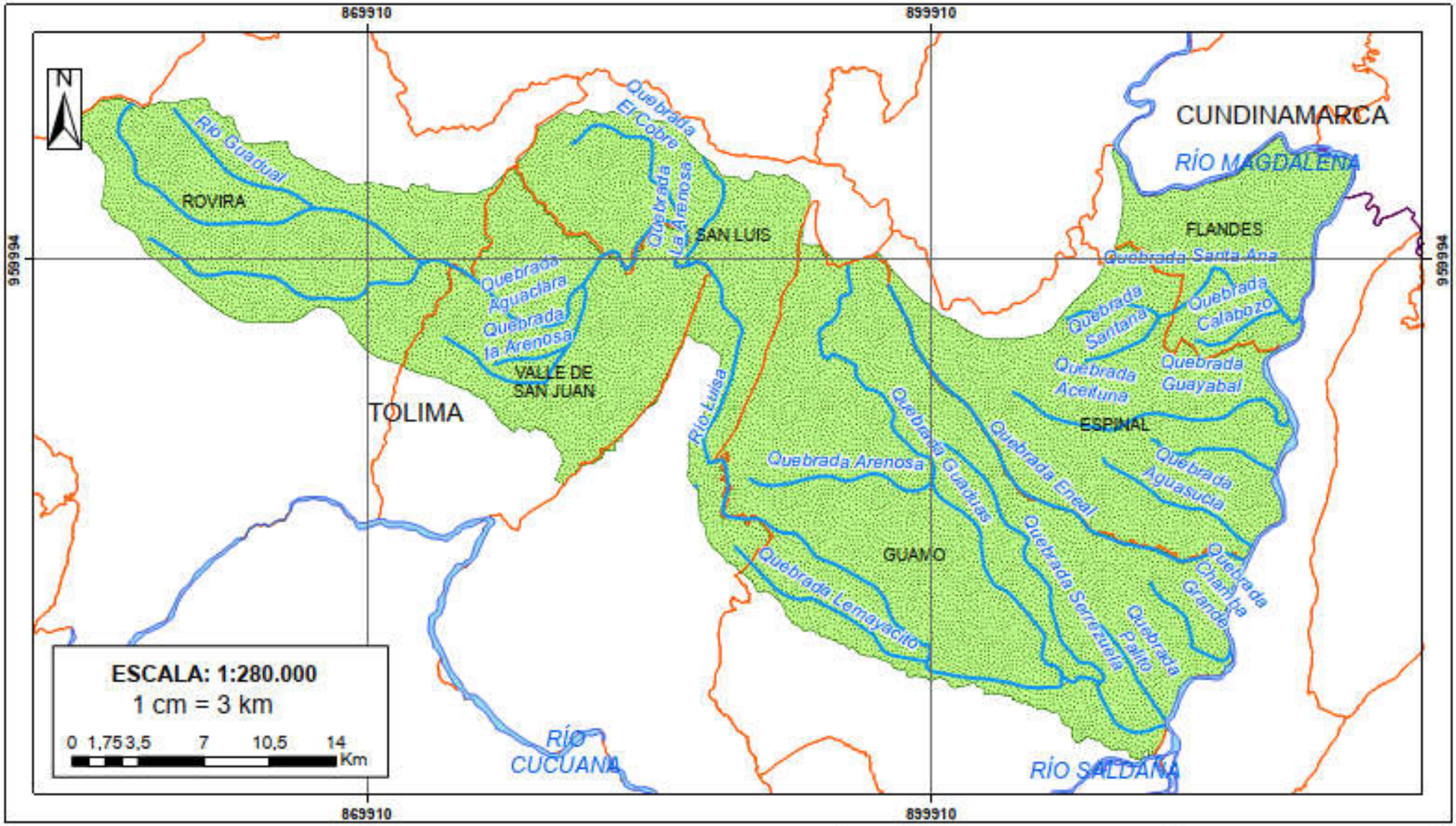
REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

6. Cuenca río Luisa y otros directos al Magdalena: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Luisa agrupa 6 municipios en el departamento de Tolima, está conformada por las sub-cuencas de las quebradas Guaduas, Serrezuela y Hemayacito; adicionalmente los cuerpos de agua denominados directos al Magdalena, se encuentran las quebradas Agua Sucia, Babillas, Caimanerita, Catarnica, El Salitre, Eneal, La Aguada, La Chamba Grande, Chambita, La Mónica, La Paira, Balkanes, Montalvo, Rebosal, San Bonifacio, Santana, Tamial, Zanjón y el Tigrito; La cuenca tiene elevados niveles de escorrentía superficial debido a la roca madre impermeable y los suelos de baja permeabilidad y alta pendiente (CORTOLIMA, 2017). El río Luisa nace en el municipio de Rovira a una altura aproximada de 2250 m.s.n.m. (CORTOLIMA, 2017)

   Los principales aspectos ambientales identificados en la fase de consulta previa para la formulación del POMCA son la baja regulación hídrica y posterior desabastecimiento en la época seca, las prácticas inadecuadas de producción sumadas a malas prácticas culturales (deforestación, quemas indiscriminadas, sobreexplotación de áreas estratégicas) que afectan directamente la sostenibilidad de la cuenca, también se identificó un conflicto en el uso de la tierra y en el manejo del recurso hídrico, además de una ingobernabilidad general que impide una correcta gestión del territorio que comprende la cuenca hidrográfica (CORTOLIMA, 2017).

   Otro aspecto que afecta a la cuenca hidrográfica es la actividad minera que se viene haciendo en los cauces del rio, bajo el visto bueno de la Corporación Autónoma Regional del Tolima y sin consultar previamente a las comunidades afectadas, esta situación ha ocasionado problemas sociales, rechazo de la comunidad, contaminación de las aguas por sólidos suspendidos, turbiedad en las aguas y aumento en las tarifas del servicio de acueducto (Lombana Silva, 2014).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), en el anexo número 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL:
ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNAN DARIO TORRES

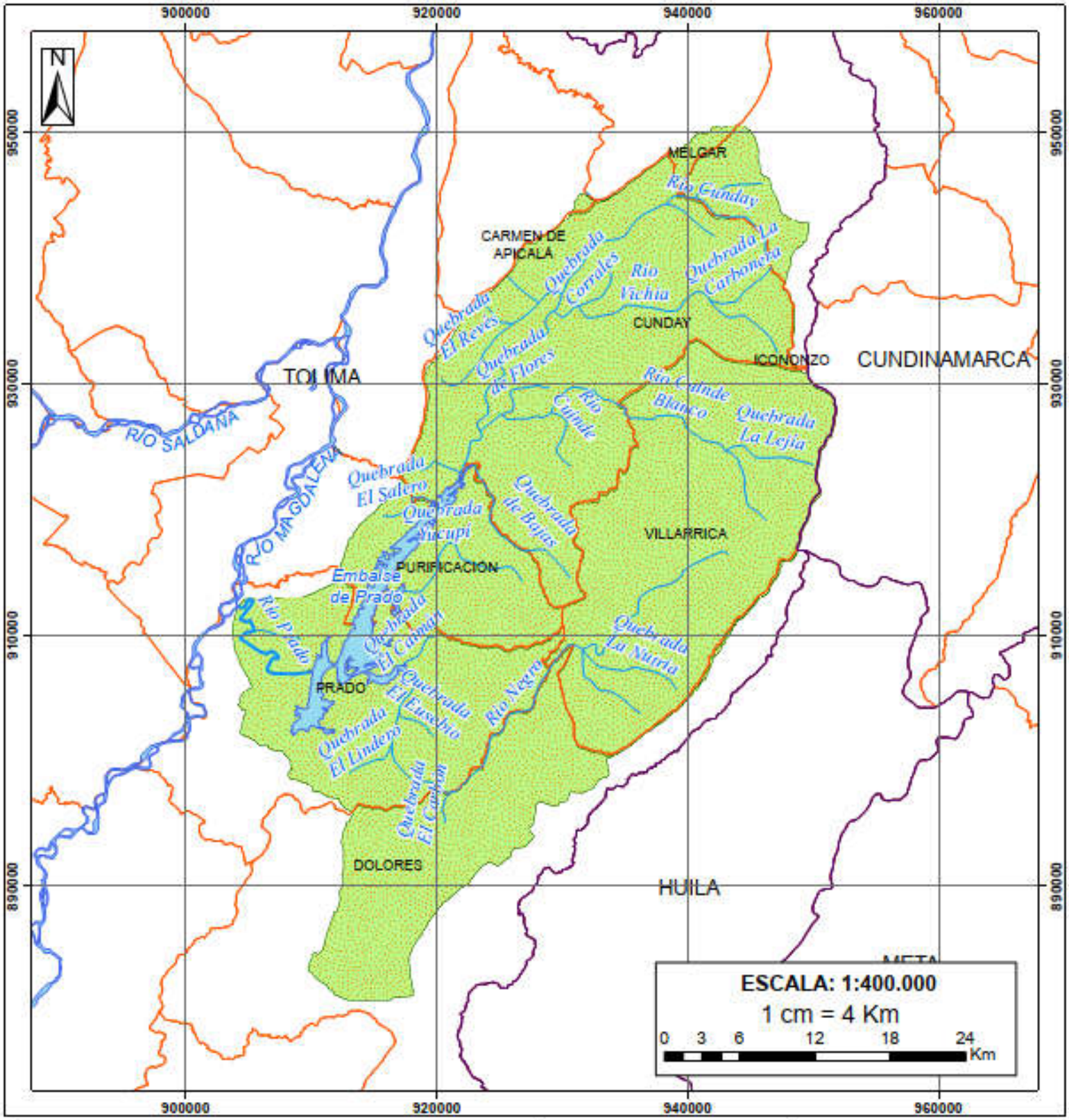
REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

7. Cuenca río Prado: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Prado agrupa 8 municipios en el departamento de Tolima, está conformado por las sub-cuencas de los ríos Vichia, Cuinde, Negro y las quebradas De Bajas y Yacupi, el río Prado nace en la cordillera oriental específicamente en la vertiente Occidental del macizo de Sumapáz a una altura de 2100 m.s.n.m.; y desemboca en el río Magdalena a una altura de 300 m.s.n.m; La cuenca hidrográfica presenta niveles de escorrentía superficial elevados debido a la roca madre impermeable, y los suelos con baja porosidad y con pendientes pronunciadas (CORTOLIMA, 2006).

   Los principales aspectos ambientales a los que está sometida la cuenca son la disminución de caudales evidenciado por el alto porcentaje de deforestación a los márgenes de ríos y nacimientos; la pérdida y remoción de la cobertura vegetal con un incremento considerable en la degradación de los suelos. Otro aspecto ambiental son las diversas prácticas culturales que causan pérdida de biodiversidad y fragmentación de ecosistemas (CORTOLIMA, 2006).

   Otro aspecto relevante es el desvió del cauce para la generación de energía, que ha causado modificaciones en la dinámica hidráulica del cauce principal generando problemas de sedimentación o meteorización en ciertas partes del cauce (CORTOLIMA, 2006).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), en el anexo número 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

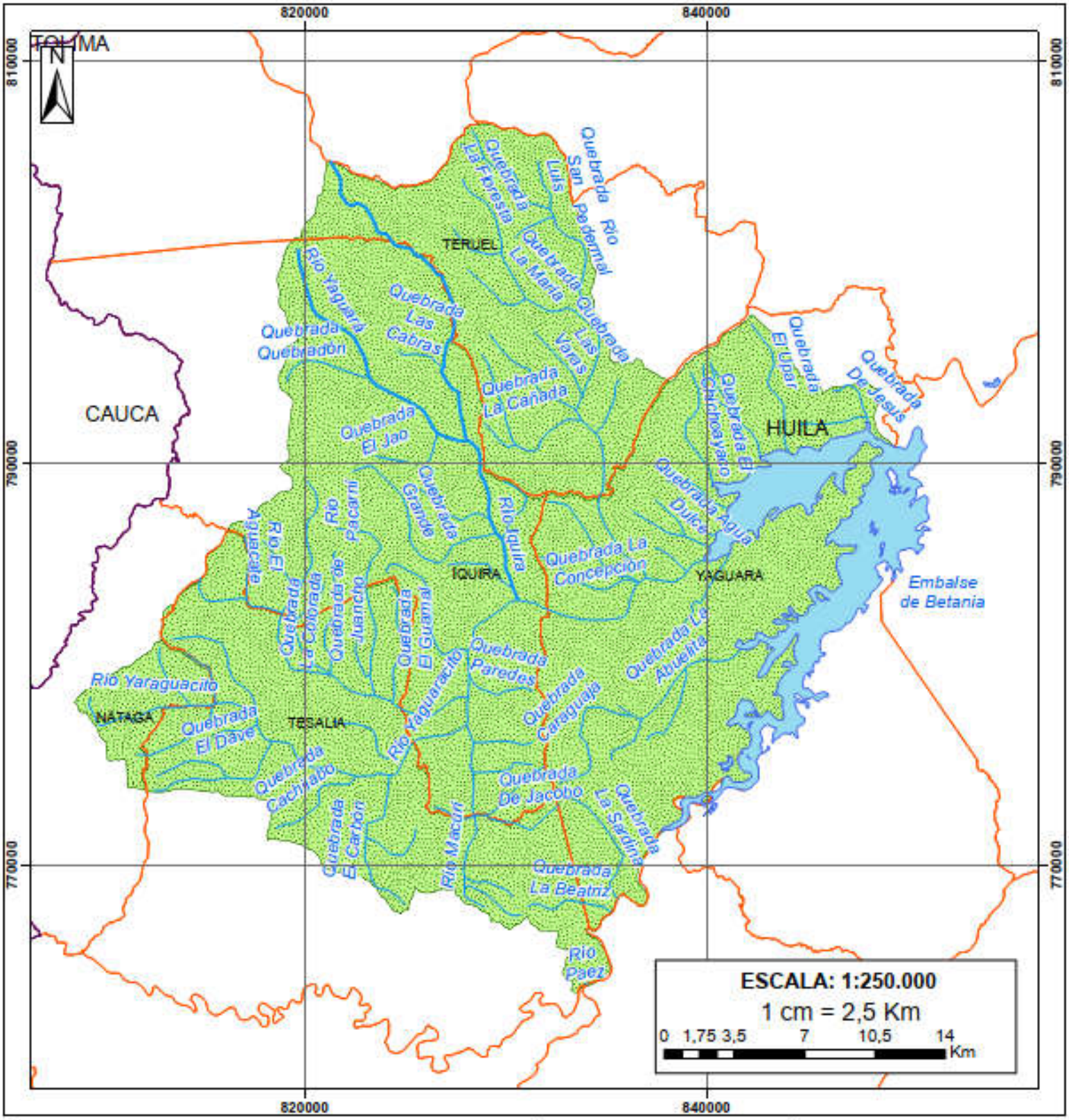
ELABORÓ: HERNAN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

8. Cuenca río Yaguar y río Íquira: Según el Estudio Nacional del Agua, la cuenca del río Yaguar y río Íquirá agrupa 5 municipios en el departamento del Huila, está conformada por las sub-cuencas de los ríos Macurí, Pacarní, Paez, Pedernal, Yaguarcito y Yaguaracito; además en el área de la cuenca hidrográfica se encuentra el Embalse de Betania. La cuenca hidrográfica presenta niveles altos de escorrentía superficial debido a las altas pendientes y a los numerosos cuerpos de agua de primer orden que tiene la cuenca (ANLA, 2018).

   Las principales presiones a las que está sometida la cuenca son la ampliación de la frontera agrícola, la ocupación de cauces y el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento a las aguas, además de la desviación de los cauces para la producción de energía (ANLA, 2018).

   El ordenamiento y protección de la cuenca está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), en el anexo número 2 se muestra el porcentaje de área que tiene cada municipio en la cuenca hidrográfica.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
LOCALIZACIÓN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO YAGUAR Y RIO ÍQUIRA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuenca Hidrográfica
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

A partir de esta identificación de cuencas hidrográficas, departamentos y municipios, se procede a recopilar información socioeconómica de diferentes entidades oficiales con el fin de construir una matriz de datos tanto cualitativos como cuantitativos que sea suficientemente robusta para entender la realidad de cada municipio en términos sociales, demográficos, económicos y especialmente en términos de oferta y calidad de agua.

A continuación, se enumeran las variables que se utilizarán para la elaboración de la matriz, clasificados de acuerdo a la naturaleza de su dimensión:

8.1.1. Indicadores demográficos

% de área del municipio en la Cuenca: hace referencia a la cantidad de área que tiene un municipio en la cuenca hidrográfica con respecto a la totalidad de área que tiene, este dato brinda un primer prónostico entre la relación que puede tener un municipio con la cuenca hidrográfica; pues un municipio que tenga toda su extensión en el área de la cuenca hidrográfica con niveles altos de riesgo, no tiene alternativas para el uso del agua, a diferencia de los municipios que solo tienen una fracción de área que podrían abastecerse de otras cuencas que no poseen un nivel de presión tan significativo.

Porcentaje de población urbana – porcentaje de población rural: La primera variable es la cantidad porcentual de personas que habitan en la cabecera de cada uno de los municipios con respecto a la población total; en contraparte el porcentaje de población resto es la cantidad porcentual de personas que habitan la zona rural de los municipios con respecto al total de habitantes, incluyendo centros poblados y caseríos que puedan tener los municipios (DANE, 2006). La suma de estas dos variables por municipios debe ser iguales a 100%.

Densidad poblacional: La población relativa, comúnmente llamada densidad poblacional, es el número promedio de habitantes de un área urbana, rural o total en relación a una unidad de superficie dada (DANE, 2006), para efectos del presente estudio, se tomaron los datos poblacionales del censo nacional del año 2018 de cada uno de los municipios y se dividieron por la totalidad del área municipal obteniendo un valor con un unidad de medida de habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km2).

Este valor es de utilidad para los análisis posteriores, pues una densidad poblacional alta o por el contrario muy baja se puede relacionar con ausencia en suministro de servicios públicos domiciliarios, escasez de infraestructura para la prestación de servicios y dificultad en el acceso a las materias primas.

Categoría municipal: La categoría municipal, es una clasificación que se realiza con los lineamientos establecidos en la ley 617 de 2000 a partir de 2 características de cada municipio: La población y los ingresos corrientes de libre destinación.

Tabla 3: Categorización de los municipios de acuerdo a la ley 617 de 2000

Categorización de los municipios de acuerdo a la ley 617 de 2000		
Categorización distritos o municipios	Rango de población (habitantes)	Rango de ingresos corrientes de libre destinación (salarios mínimos legales mensuales)
Categoría especial	<500.001	<400.000
primera categoría	100.001 - 500.000	100.000 - 400.000
Segunda categoría	50.001 - 100.000	50.000 - 100.000
Tercera categoría	30.001 - 50.000	30.000 - 50.000
Cuarta categoría	20.001 - 30.000	25.000 - 30.000
Quinta categoría	10.001 - 20.000	15.000 - 25.000
Sexta categoría	<10.000	<15.000

Esta variable es de importancia, pues entre menor categoría tenga el municipio, menores serán sus recursos de libre destinación, ingresos fundamentales para el funcionamiento de los municipios y que podrían financiar o cofinanciar proyectos de mejora de las condiciones de vida, entre ellos los servicios públicos domiciliarios.

8.1.2. Indicadores sociales

Necesidades Básicas insatisfechas (NBI): es el método "directo" más conocido y utilizado en el continente Americano, pues aprovecha la información de los censos, principalmente demográficos y de vivienda (CEPAL, 2017), en el tópico referente a la caracterización de la pobreza; entendida bien sea como la situación de aquellos lugares que no logran reunir, en forma relativamente estable, los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de sus miembros o como un síndrome situacional en el que se asocian el infraconsumo, la desnutrición, las precarias condiciones de vivienda, los bajos niveles educacionales, las malas condiciones sanitarias, una inserción inestable en el aparato productivo dentro de los estratos primitivos del mismo, actitudes de desaliento y anomalía, poca participación en los mecanismos de integración social y la adscripción a una escala particular de valores, diferenciada de alguna manera de la del resto de la sociedad (Feres & Mancero, 2015).

Este ítem es relevante para el análisis pues agrupa muchas características económicas y sociales de la población, además al abarcar condiciones de vivienda se pueden identificar ausencias en cuanto al suministro de agua potable y a la infraestructura requerida para tal actividad.

Índice de pobreza multidimensional (IPM): El Índice de Pobreza Multidimensional identifica múltiples carencias a nivel de los hogares y las personas en los ámbitos de la salud, la educación y el nivel de vida. Utiliza la información captada por las encuestas de hogares para su cálculo. Cada miembro de una familia es clasificado como pobre o no pobre en función del número de carencias que experimente su hogar (DANE, 2019). El IPM refleja tanto la prevalencia de las carencias multidimensionales como su intensidad, es decir, cuántas carencias sufren las personas al mismo tiempo. También se puede utilizar para hacerse una idea general del número de personas que viven en la pobreza, y permite realizar comparaciones tanto entre los niveles nacional, regional y mundial (Angulo Salazar, Díaz Cuervo, & Pardo Pinzón, 2011). En el presente análisis este índice estará desagregado en Cabecera y Resto de acuerdo a los datos del DANE

8.1.3. Indicadores económicos

Indicador de importancia económica: La importancia económica está definida en la ley 1551 de 2012, como el peso relativo que representa el producto interno bruto de cada uno de los municipios dentro de su departamento; es decir es una herramienta que permite identificar la jerarquía de cada uno de los municipios dentro de su departamento además de la ya mencionada categoría municipal y corresponde esencialmente al valor agregado del departamento administrativo entre cada uno de sus distritos si llegase a tenerlos y municipios ubicados en su jurisdicción, a partir de una estructura obtenida con indicadores sectoriales directos e indirectos.

En el presente análisis se obtuvo la importancia económica de cada uno de los municipios de análisis y su peso en el departamento; lo que permitirá identificar adicionalmente, la importancia o peso que tiene cada uno de los municipios con respecto al departamento al que pertenecen.

Desempeño Municipal: El desempeño municipal es un indicador elaborado por el Departamento Nacional de Planeación a partir de dos componentes principales, el primero está relacionado con la gestión entendida como las acciones y decisiones que adelanta las administraciones locales orientadas a un mayor bienestar de la población y desarrollo; el segundo componente está relacionado con los resultados, entendidos como la consolidación de elementos de bienestar de la población como fin último de la política pública.

De esta manera el desempeño municipal tiene como objetivo medir, comparar y ordenar a los municipios según su desempeño integral fundamentado en la capacidad de gestión y resultados de desarrollo, teniendo en cuenta sus dotaciones iníciales, para incentivar una mejor gestión, calidad del gasto y la inversión orientada a resultados (DNP, 2019).

Este indicador tiene un rango entre 0 y 100 puntos, el municipio que tenga más puntaje es un municipio que se califica con buen desempeño contrario a lo que sucede con los municipios que tienen bajos puntajes.

8.1.4. Indicadores relacionados al agua

Rango Índice del Uso del Agua: Según el Estudio Nacional del Agua (2014) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y por unidad espacial de subzona hidrográfica y cuencas abastecedoras de acueductos en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

Las categorías 6, 7 y 8 del Índice del Uso del Agua, son las que presentan mayor presión y son las que requieren soluciones a corto y mediano plazo, bien sea en términos de oferta o en términos de demanda (IDEAM, 2018).

Demanda Hídrica Domestica: es la cantidad de agua en m^3 que requiere una vivienda para garantizar el desarrollo normal de las actividades cotidianas, uso del agua para alimentación o aseo de los integrantes de cada vivienda; este valor por lo general es proporcional a la sensación térmica del lugar, pues si esta aumenta la demanda tiende a aumentar igual (IDEAM, 2009). La demanda hídrica doméstica se clasifica en 8 categorías dependiendo del consumo que tenga la vivienda en escala mensual:

Tabla 4: Categorización de la demanda hídrica doméstica

Categorización de la demanda hídrica doméstica (IDEAM,2009)		
Demanda Hídrica Domestica (m^3)	Rango	
<2	1	Bajo
2 – 5	2	
5 – 10	3	Medio
10 – 20	4	
20 – 50	5	
50 -100	6	Alto
100 – 200	7	
>200	8	

Cobertura de Acueducto: Para IDEAM (2009), es el porcentaje de predios con acceso al servicio de acueducto en el área urbana y en el área rural, con respecto al total de predios legales que pueden optar por el servicio de acueducto.

Cobertura de Alcantarillado: Para IDEAM (2009), es el porcentaje de predios con acceso al servicio de alcantarillado en el área urbana y en el área rural, con respecto al total de predios legales que pueden optar por el servicio de alcantarillado.

POMCA: El plan de manejo y ordenamiento de una cuenca POMCA, es el planteamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico - biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos, también es el marco para planificar el uso sostenible de una cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica (CAR, 2019).

A continuación se muestran, los POMCAS de cada cuenca hidrográfica para los casos que sí lo tienen, se describen las vigencias de los mismos:

Tabla 5: Vigencias de los planes de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas

Vigencias de los planes de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas		
Cuenca Hidrográfica	**Corporación autónoma regional encargada**	**Vigencia**
Rio Chicamocha	Corporación Autónoma Regional de Boyacá	Julio 2006
Rio Garagoa	Corporación Autónoma Regional de Chivor	Noviembre 2018
Rio Guavio	Corporación Autónoma Regional del Guavio	En formulación - sin sentencia
Rio Bogotá	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	2019
Rio Lagunilla y otros directos al Magdalena	Corporación Autónoma Regional del Tolima	Sin POMCA propio (La cuenca pertenece al POMCA del rio Magdalena)
Rio Luisa y otros directos al Magdalena	Corporación Autónoma Regional del Tolima	En formulación - sin sentencia
Rio Prado	Corporación Autónoma Regional del Tolima	En formulación - Sin sentencia
Rio Yaguar y Rio Iquira	Corporación Autónoma Regional del alto Magdalena	Sin POMCA propio (La cueca pertenece al POMCA del rio

		Magdalena)

Para el desarrollo de la presente propuesta teniendo en cuenta el carácter cualitativo de esta variable, las cuencas que cuenten con un POMCA bien sea formulado, en formulación o esté vencido y requiera actualización tendrán una evaluación de 1, pues es garantía de que se están realizando acciones para la protección de la cuenca; en cambio las cuencas hidrográficas que no tengan POMCA serán evaluadas con un 0 pues no hay garantías de que se esté protegiendo la cuenca hidrográfica con algún plan, programa o proyecto.

Calidad del Agua: Además de las variables anteriormente enunciadas, cabe resaltar que en términos del uso del agua, la calidad que esta presenta, es de importancia para que pueda ser utilizada en cada una de las actividades de un municipio, por lo que el ítem de calidad de agua se desagregó en los siguientes componentes, buscando un mayor rigor en este ítem, los componentes que agrupan la calidad del agua son:

Uso de Plaguicidas: Los plaguicidas son sustancias químicas que tienen como propósito el control de plagas en el sector agropecuario y el control de enfermedades trasmitidas por vectores hacia los humanos y las mascotas en términos de salud pública (IDEAM, 2018); en cuanto a la calidad del agua se tiene evidencia que su uso excesivo en la agricultura, genera desplazamiento de sus componentes a través de las escorrentías superficiales, la infiltración y posterior escorrentía subterránea, llegando a los cuerpos de agua poniendo en riesgo la integridad de la fauna y de la flora debido al carácter tóxico de ciertos componentes de los plaguicidas e ingresando también en la cadena alimenticia (IDEAM, 2018).

Esta variable de carácter cualitativo, presenta dos escenarios: El primero son los municipios en los cuales no hay registro del uso de plaguicidas; estos serán clasificados como 0. El segundo escenario son los municipios que en alguna de sus actividades agrarias, utilizan Plaguicidas en algún eslabón de la cadena productiva y además se tiene registros de la presencia de componentes de plaguicidas en las aguas de su territorio, estos serán clasificados como 1.

DBO – DQO: La DBO (Demanda Biológica de Oxigeno) según el glosario hidrológico internacional es la concentración másica de oxígeno disuelto consumido en determinadas condiciones por la oxidación biológica de materia orgánica y/o inorgánica en el agua, por su parte la DQO (Demanda Química de Oxigeno) mide el consumo potencial de oxígeno disuelto por oxidación química de compuestos orgánicos y minerales del agua.

Por su parte el indicador DBO – DQO presentado por el Estudio Nacional del Agua (2014) es la diferencia entre la DBO frente al consumo de oxígeno en términos de DQO que tienen las cuencas hidrográficas de estudio, el resultado se presenta por municipio y además presenta unas categorías en términos de calidad de agua para su seguimiento, las cuales son:

Tabla 6: Categorías de DQO - DBO para calidad de agua

Categorías de DQO – DBO para calidad de agua (ENA, 2014)		
VALOR	RANGO DQO – DBO (ppm)	CATEGORÍA
1	<147	Baja
2	148 – 227	Moderada
3	228 – 465	Media Alta
4	465 – 2287	Alta
5	>2287	Muy alta

Fósforo total (PT): Según el Estudio Nacional del Agua (ENA 2014), el fósforo total mide la cantidad de fósforo disponible en forma orgánica e inorgánica tanto disuelta como particulada en los sistemas acuáticos, el fósforo es uno de los nutrientes más importantes para los sistemas bióticos. Este valor se presenta por municipio y se clasifica en las siguientes categorías en términos de calidad de agua para su seguimiento:

Tabla 7: Categorías de Fósforo total (PT) para calidad de agua

Categorías de Fósforo total (PT) para calidad de agua (ENA, 2014)		
VALOR	RANGO DE FÓSFORO TOTAL (mg/L)	CATEGORÍA
1	<4	Baja
2	4 – 9	Moderada
3	10 – 15	Media Alta
4	16 – 66	Alta
5	>66	Muy alta

Nitrógeno total (NT): Según DANE (2014) el indicador corresponde a la relación entre la suma de los valores de nitrato, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal, muestreados bien sea en una estación o en un grupo de estas; al igual que el fósforo es un nutriente principal para los sistemas bióticos. Este valor se presenta por municipio y se clasifica en las siguientes categorías en términos de calidad de agua para su seguimiento:

Tabla 8: Categorías de Nitrógeno total (NT) para calidad de agua

Categorías de Nitrógeno Total (NT) para calidad de agua (ENA, 2014)		
VALOR	RANGO DE NITRÓGENO TOTAL (mg/L)	CATEGORÍA
1	<19	Baja
2	20 – 31	Moderada
3	32 – 54	Media Alta
4	54 – 290	Alta

5	>290	Muy alta

Sólidos suspendidos totales (SST): Según DANE (2010) es el material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de aguas superficiales y/o residuales. Están directamente relacionados con la cantidad de materia orgánica disuelta en el agua y tiene un papel de importancia en la difusión de los rayos solares en los cuerpos de agua. Este indicador se presenta por municipio y se clasifica en las siguientes categorías en términos de calidad de agua para su seguimiento:

Tabla 9: Categorías de Sólidos Suspendidos Totales (SST) para calidad de agua

Categorías de Sólidos Suspendidos Totales (SST) para calidad de agua (ENA, 2014)		
VALOR	RANGO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	CATEGORÍA
1	<272	Baja
2	272 – 434	Moderada
3	435 – 739	Media Alta
4	740 – 3025	Alta
5	>3025	Muy alta

Índice de Calidad del Agua(ICA): Para IDEAM (2009) es un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en mediciones obtenidas para Oxígeno Disuelto, Sólidos suspendidos Totales, Demanda química de oxígeno, Conductividad eléctrica y pH. Este índice es de carácter cualitativo, por lo que se clasificará en la siguiente escala:

Tabla 10: Categorías del Índice de Calidad del Agua

Categorías del Índice de Calidad del Agua (IDEAM,2009)	
Índice de Calidad del Agua	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA): Según el Ministerio de Salud y Protección Social (2016) es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del aguapara consumo humano, es un indicador que busca preservar la salud pública y vela por el mejoramiento de las condiciones de abastecimiento de agua potable en los municipios, el indicador está disponible por municipio; según la resolución 2115 de 2007, el IRCA puede clasificarse así:

Tabla 11: Categorías de Índice de Riesgo de la calidad del Agua según Resolución 2115 de 2007

Categorías de IRCA según Resolución 2115 de 2007		
Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	Acciones
80.1 – 100	Inviable Sanitariamente	Agua no apta para consumo humano
35.1 – 80	Alto	Agua no apta para consumo humano
14.1 – 35	Medio	Agua no apta para consumo humano
5.1 – 14	Bajo	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
0 - 5	Sin Riesgo	Agua apta para consumo humano, continuar la vigilancia

A continuación se presenta un resumen de los indicadores y las fuentes utilizadas para la construcción de la matriz de variables, además se incluye un ítem denominado escala, donde se señala el alcance de la variable, en términos generales las variables con una escala de cuenca hidrográfica, serán utilizadas como variables ilustrativas.

Tabla 12: Fuentes utilizadas para la construcción de la matriz de variables

FUENTES UTILIZADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE VARIABLES				
INDICADOR	FUENTE	INSTITUCIÓN	AÑO	ESCALA
% DE POBLACIÓN CABECERA - RESTO	CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE	2019	MUNICIPIO
% ÁREA	ELABORACIÓN PROPIA	INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC	2019	MUNICIPIO
RANGO IUA	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	CUENCA HIDROGRÁFICA
NBI CABECERA - RESTO	BOLETÍN NBI PROYECCIÓN CENSO 2018	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE	2018	MUNICIPIO
POMCA	AVANCE DE LOS POMCA POR SUBCUENCA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	2019	CUENCA HIDROGRÁFICA
DESEMPEÑO MUNICIPAL	MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO MUNICIPAL MDM	DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN	2017	MUNICIPIO
DENSIDAD POBLACIONAL	CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE	2019	MUNICIPIO
CATEGORÍA MUNICIPAL	LEY 617 DE 2000	CONGRESO DE LA REPÚBLICA	2019	MUNICIPIO
IMPORTANCIA ECONÓMICA	CUENTAS NACIONALES DEPARTAMENTALES	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE	2017	MUNICIPIO
IPM CABECERA - RESTO	COLOMBIA - ÍNDICE DE POBREZA	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE	2018	MUNICIPIO

	MULTIDIMENSIONAL	ESTADÍSTICA DANE		
USO DE PLAGUICIDAS	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	MUNICIPIO
DQO - DBO	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	MUNICIPIO
FÓSFORO TOTAL	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	MUNICIPIO
NITRÓGENO TOTAL	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	MUNICIPIO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	MUNICIPIO
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	CUENCA HIDROGRÁFICA
ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL	2016	MUNICIPIO
DEMANDA HÍDRICA DOMESTICA	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM	2014	CUENCA HIDROGRÁFICA
COBERTURA DE ACUEDUCTO	VIVIENDA Y ACCESO A SERVICIOS PÚBLICOS	DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN	2018	MUNICIPIO
COBERTURA DE ALCANTARILLADO	VIVIENDA Y ACCESO A SERVICIOS PÚBLICOS	DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN	2018	MUNICIPIO

8.2. Análisis de los indicadores medidos por cuenca hidrográfica

Para entender la realidad socioeconómica de los municipios, es de utilidad entender primero la realidad socioeconómica de la unidad de mayor escala, en este caso la cuenca hidrográfica el primer elemento de este análisis será el cálculo de los índices de cuenca hidrográfica a partir de los índices por municipio que se recopilaron anteriormente, teniendo como ponderados el área del municipio dentro de la cuenca, de la siguiente forma:

$$Indices\ por\ cuenca: \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i * A_i}{At}$$

Donde i es el número de municipios que integran la cuenca hidrográfica, Q es el valor del índice de cada municipio, A es el área que tiene cada municipio dentro de la cuenca y At es el área total de cada cuenca hidrográfica. Esta metodología de medición de indicadores a nivel de cuenca fue propuesta por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en el marco del sistema de indicadores de seguimiento y evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad (Romero, Sua, Rodríguez, Rudas, & Armenteras, 2004) (Ortiz, Morales, Bernal, Rodríguez, Baptiste, & Franco, 2005).

Adicional a esto se presenta un análisis por percentiles (0.3333 y 0.6666) para observar cómo se posicionan las cuencas en cada indicador con referencia a las otras cuencas hidrográficas; se clasificó de acuerdo a las condiciones más favorables y menos favorables en una escala de color: verde para más favorable, amarillo para condiciones intermedias y rojo para menos favorable; entendiendo esta situación, como situaciones menos críticas que las que presentan otras cuencas hidrográficas, no como condiciones mejores; el anterior apartado es de importancia teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas y ambientales de las cuencas hidrográficas de estudio y que su selección fue principalmente por su alta presión sobre el recurso hídrico.

Acorde a lo anterior, a continuación se presenta la clasificación por percentiles, que se realizó con los indicadores que se calcularon a partir de los municipios que integran cada cuenca hidrográfica y que sirve como insumo para realizar una priorización inicial de las cuencas hidrográficas.

Tabla 13: Indicadores demográficos calculados por cuenca hidrográfica

CUENCA HIDROGRÁFICA	DENSIDAD POBLACIONAL	% DE POBLACIÓN	
		URBANO	RURAL
CHICAMOCHA	51	39.81	60.19
GARAGOA	50	21.53	78.47
GUAVIO	10	29.25	70.75
BOGOTÁ	734	68.49	31.51
LAGUNILLA	35	45.02	54.98
LUISA	55	26.86	73.14
PRADO	11	20.91	79.09
YAGUAR E ÍQUIRA	13	30.17	69.83
percentil 33,33	20,32	27.66	63.40
percentil 66,66	50,66	36.59	72.34

Tabla 14: Indicadores sociales calculados por cuenca hidrográfica

CUENCA HIDROGRÁFICA	NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS			ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL		
	URBANO	RURAL	TOTAL	RURAL	URBANO	TOTAL
CHICAMOCHA	16,86	42,44	34,78	57,46	28,83	48,56
GARAGOA	12,77	30,29	25,34	53,23	26,43	45,38
GUAVIO	10,30	24,29	21,15	44,23	18,71	38,75
BOGOTÁ	12,48	20,83	15,45	42,30	23,67	30,89
LAGUNILLA	20,91	29,59	24,73	63,00	44,12	52,98
LUISA	14,37	22,86	18,43	40,73	30,81	35,31
PRADO	14,04	26,52	21,57	42,51	28,94	37,12
YAGUAR E ÍQUIRA	10,69	24,89	18,08	42,65	26,10	33,80
percentil 33,33	12,57	24,48	19,33	42,56	26,21	35,91
percentil 66,66	14,26	28,56	23,67	50,22	28,90	43,16

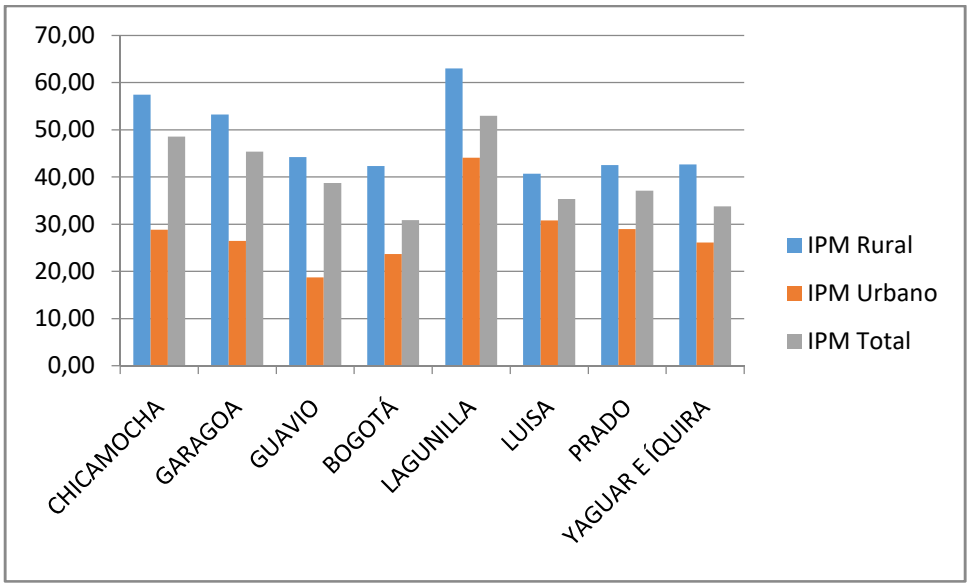


Figura 4: Representación grafica IPM medido por cuenca hidrográfica

Tabla 15: Indicadores económicos calculados por cuenca hidrográfica

CUENCA HIDROGRÁFICA	DESEMPEÑO MUNICIPAL	IMPORTANCIA ECONÓMICA	
		VALOR AGREGADO	% DEPARTAMENTO
CHICAMOCHA	36,92	197,74	0,86
GARAGOA	35,12	120,85	0,47
GUAVIO	29,65	150,72	0,34
BOGOTÁ	47,00	23817,45	12,07
LAGUNILLA	36,83	128,23	0,69

LUISA	25,44	261,88	1,41
PRADO	26,57	68,79	0,37
YAGUAR E ÍQUIRA	30,69	111,07	0,78
percentil 33,33	29,99	123,31	0,54
percentil 66,66	36,26	182,04	0,83

Tabla 16: indicadores relacionados al agua calculados por cuenca hidrográfica

CUENCA HIDROGRÁFICA	DQO - DBO	FOSFORO TOTAL	NITRÓGENO TOTAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA	COBERTURA ACUEDUCTO	COBERTURA ALCANTARILLADO
CHICAMOCHA	102,08	5,81	23,80	218,78	20,58	41,43	20,81
GARAGOA	95,51	3,04	20,09	121,01	20,01	43,67	17,83
GUAVIO	18,36	0,99	3,61	42,09	8,50	11,70	9,59
BOGOTÁ	20969,23	822,23	3183,05	22095,17	6,40	56,30	37,88
LAGUNILLA	341,92	6,82	23,29	272,66	10,74	47,56	36,49
LUISA	1285,65	8,23	29,48	303,97	8,23	25,15	20,41
PRADO	36,75	2,10	7,01	84,32	34,87	30,01	21,32
YAGUAR E ÍQUIRA	29,29	2,31	8,06	78,68	27,36	45,53	37,04
percentil 33,33	56,32	2,55	12,06	96,54	9,24	33,81	20,54
percentil 66,66	261,85	6,48	23,63	254,67	20,39	44,90	31,43

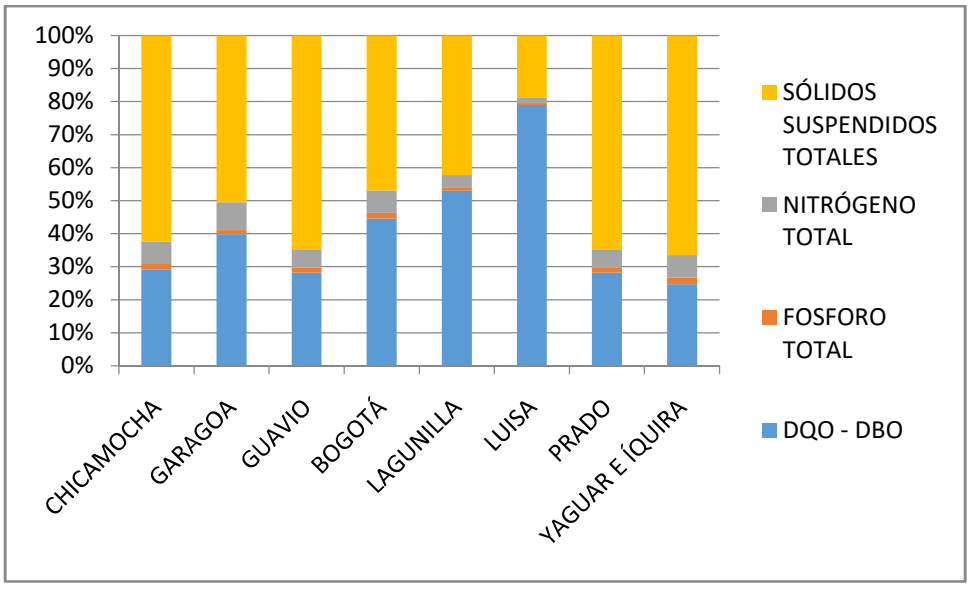


Figura 5. Concentración porcentual de contaminantes inorgánicos del agua por cuenca hidrográfica

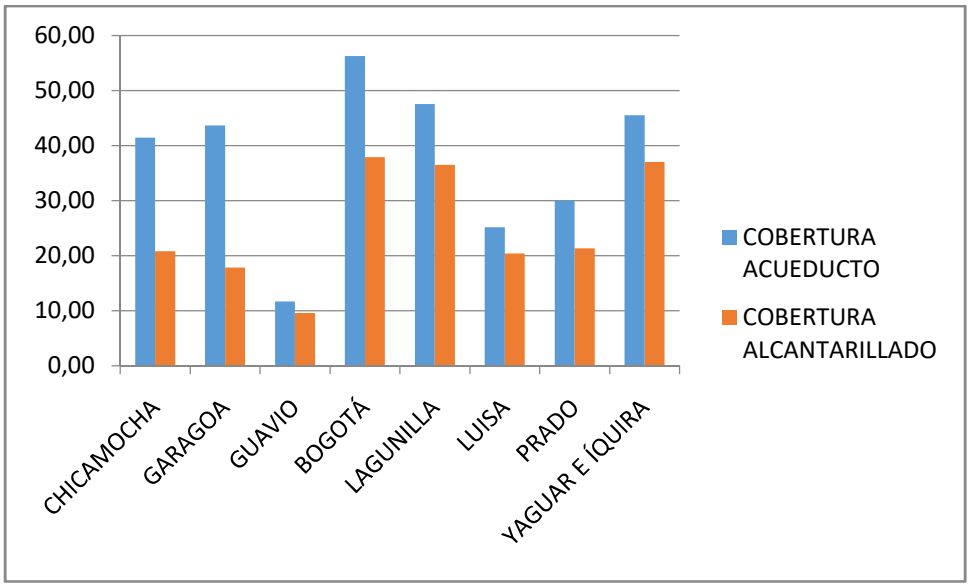


Figura 6. Cobertura de acueducto y alcantarillado por cuenca hidrográfica

En resumen, se presenta la cantidad de índices que coincidieron con las categorías: VERDE (condiciones más favorables), AMARILLO (condiciones medias) y ROJO (condiciones menos favorables), además la construcción del siguiente indicador sintético que busca estimar las cuencas hidrográficas que presentan mayores déficit en sus condiciones socioeconómicas, el cálculo del indicador sintético es el siguiente:

$$Ponderado = (Rojos * 3) + (Amarillos * 2) + Verdes$$

CUENCA HIDROGRÁFICA	ROJOS	AMARILLOS	VERDES	PONDERADO
CHICAMOCHA	10	6	3	45
GARAGOA	7	10	2	43
GUAVIO	4	6	9	33
BOGOTÁ	7	0	12	33
LAGUNILLA	11	5	3	46
LUISA	10	7	2	46
PRADO	6	5	8	36
YAGUAR E ÍQUIRA	2	6	11	29

En el análisis de percentiles se logra evidenciar los siguientes escenarios:

1. Existen cuencas hidrográficas en las cuales sus condiciones económicas se encuentran por encima de las demás cuencas, incluso la calidad del agua es mucho

más adecuada, sin embargo, sus condiciones de infraestructura y aporte económico regional, está muy por debajo de otras cuencas hidrográficas con muchos más problemas con la calidad del agua. Además, son cuencas en las que sus aguas son un riesgo sanitario para sus habitantes por lo que requieren procesos adicionales e inversiones considerables para lograr un potabilización convencional de la misma.

2. Existen cuencas hidrográficas donde su calidad de agua está por debajo de las demás, incluso todos los índices desagregados se encuentran por encima del percentil 0.6666, pero de igual manera tienen condiciones socioeconómicas por encima de las demás cuencas hidrográficas, incluso en términos de infraestructura de abastecimiento y tratamiento de agua tienen cierto avance comparado con las otras cuencas hidrográficas, lo que además ha permitido tener un valor de riesgo de la calidad del agua óptimo para el agua potable.

3. Existen cuencas hidrográficas que no poseen valores muy altos o muy bajos en ninguno de los índices que se calcularon, siempre se encuentran en la mitad de los dos percentiles propuestos, son municipios que no tiene altísimos niveles socioeconómicos ni de infraestructura de abastecimiento y tratamiento de agua, ni tampoco tiene bajos niveles de calidad del agua.

Con los resultados obtenidos en la anterior tabla se puede evidenciar que en términos socioeconómicos y de calidad de agua de las cuencas hidrográficas, la cuenca de los ríos Chicamocha, Lagunilla y Luisa; serían las opcionadas para ser priorizadas desde un enfoque de cuenca hidrográfica, pues cada cuenca hidrográfica presenta la mayoría de condiciones más desfavorables con respecto a las otras, razón por la cual sus ponderados son los mayores, sin embargo, en este tipo de análisis se tiene en cuenta la generalidad y puede no mostrar la realidad pues cuencas hidrográficas como la de Bogotá que posee muy baja calidad del agua y que a priori sería una de las que requieren intervención más pronta, tienen aspectos socioeconómicos mejores con respecto a las demás y su ponderado se reduce al poseer condiciones más favorables en ciertos índices socioeconómicos.

Por esto se requiere profundizar a nivel de municipio en la identificación de municipios prioritarios, pues la anterior identificación por cuencas, simplifica hechos como las altas concentraciones de contaminantes en las cuencas hidrográficas de los ríos Bogotá y Chicamocha y los altos niveles de pobreza y necesidades básicas insatisfechas de las cuencas de los ríos Garagoa y Chicamocha.

8.3. Resultados metodología priorización de municipios

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El software utilizado para realizar el análisis de componentes principales es el Software Libre R, especializado en estadística descriptiva; antes de iniciar el cálculo de las componentes principales es necesario clasificar las variables anteriormente descritas, las variables cuantitativas recibirán el nombre de variables activas pues serán las variables susceptibles de manipulación o experimentación, por otra parte las variables cualitativas recibirán el nombre de variables ilustrativas pues su fin es describir algunas tendencias y observar comportamientos.

Además, para conveniencia y comodidad en la presentación y análisis de resultados, el nombre de cada una de las variables activas cambiará por una letra mayúscula del alfabeto, de esta manera:

Tabla 17: Variables activas para el análisis de componentes principales

Variables activas para el análisis de componentes principales		
DIMENSIÓN DE LA VARIABLE ACTIVA	NOMBRE DE LA VARIABLE ACTIVA	LETRA
DEMOGRÁFICA	DENSIDAD POBLACIONAL	A
	% DE POBLACIÓN CABECERA	B
	% DE POBLACIÓN RESTO	C
SOCIAL	NBI CABECERA	D
	NBI RESTO	E
	IPM CABECERA	F
	IPM RESTO	G
ECONÓMICA	DESEMPEÑO MUNICIPAL	H
	IMPORTANCIA ECONÓMICA	I
AGUA	DQO – DBO	J
	FOSFORO TOTAL	K
	NITRÓGENO TOTAL	L
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	M
	ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA	N
	COBERTURA DE ACUEDUCTO	O
	COBERTURA DE ALCANTARILLADO	P

Por su parte las variables ilustrativas conservarán su nombre, pues no salen representadas en los gráficos y planos factoriales, las variables ilustrativas del presente análisis son:

Tabla 18: Variables ilustrativas para el análisis de componentes principales

Variables ilustrativas para el análisis de componentes principales

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE ILUSTRATIVA	NOMBRE DE LA VARIABLE ILUSTRATIVA
GEOGRÁFICA	CUENCA HIDROGRÁFICA
ESPACIAL	% ÁREA
DEMOGRÁFICA	CATEGORÍA MUNICIPAL
AGUA	POMCA
AGUA	ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA
AGUA	DEMANDA HÍDRICA DOMESTICA
AGUA	RANGO ÍNDICE DEL USO DEL AGUA
AGUA	USO DE PLAGUICIDAS

8.4. Análisis de componentes principales caso 1: Evaluación por dimensiones con y sin Bogotá

Antes de evaluar la totalidad de municipios es preciso valorar el efecto que tienen los datos de Bogotá y determinar la conveniencia de incluirla o no en el análisis propuesto, teniendo en cuenta que los valores altos en términos de la calidad de agua, índices de cobertura de servicios y mayor número de población en la cabecera municipal, pueden incidir en la magnitud de las componentes principales y la distribución de municipios dentro del análisis de clasificación.

Inicialmente se va a comparar los planos factoriales de variables y la clasificación cluster que realiza el software R, allí el programa agrupa los municipios que tienen afinidad en cada una de la variables, una característica de estos grupos es que no tienen un número determinado de individuos de estudio (municipios), este número se determina a través del grado de afinidad, razón por la cual existen grupos con mayor número de municipios pues comparten características tanto en sus variables cuantitativas como en las variables cualitativas, por ello si Bogotá presenta datos atípicos con relación a los otros municipios, se puede esperar quela estructura de los cluster que forma el software R se modifiquen en su tamaño.

En este análisis se va a desglosar la matriz de variables en cada dimensión para obtener las diferencias que existen entre los dos escenarios propuestos; el primero incluyendo los datos de Bogotá y el segundo excluyendo los datos de Bogotá.

Los planos factoriales y los resultados del análisis de clasificación (cluster), se podrán observar en el anexo número 3, ahí se evidencia el cambio en las distribuciones cuando no se incluyen los valores de Bogotá. Al comparar los resultados de clasificación (con y sin Bogotá), se observa en la dimensión demográfica, que algunos municipios cambian de grupos (Figura 8). Cuando se analiza la dimensión social, los municipios no cambian de grupo (Figura 9) y para el caso de la dimensión económica y los indicadores relacionados con el agua se evidencian que varios municipios cambian de grupo (Figura 10 y Figura 14).

1. Indicadores de la dimensión Demográfica:

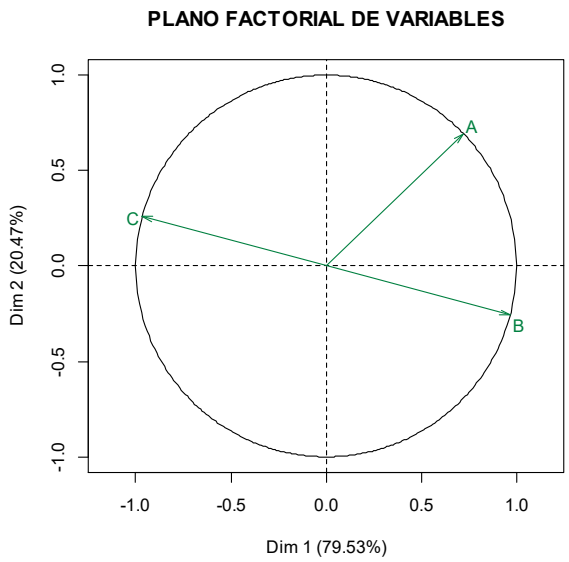
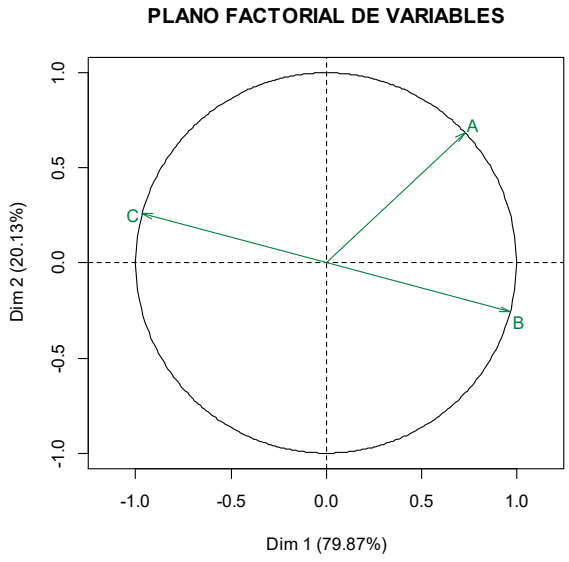
<table>
<tr><td colspan="2">Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión demográfica</td></tr>
<tr><td>Con Bogotá</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Sin Bogotá</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Variables involucradas</td><td>A = Densidad Poblacional
B = Porcentaje de Poblacion Cabecera
C = Porcentaje de Poblacion Resto</td></tr>
</table>

Figura 7: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión Demográfica

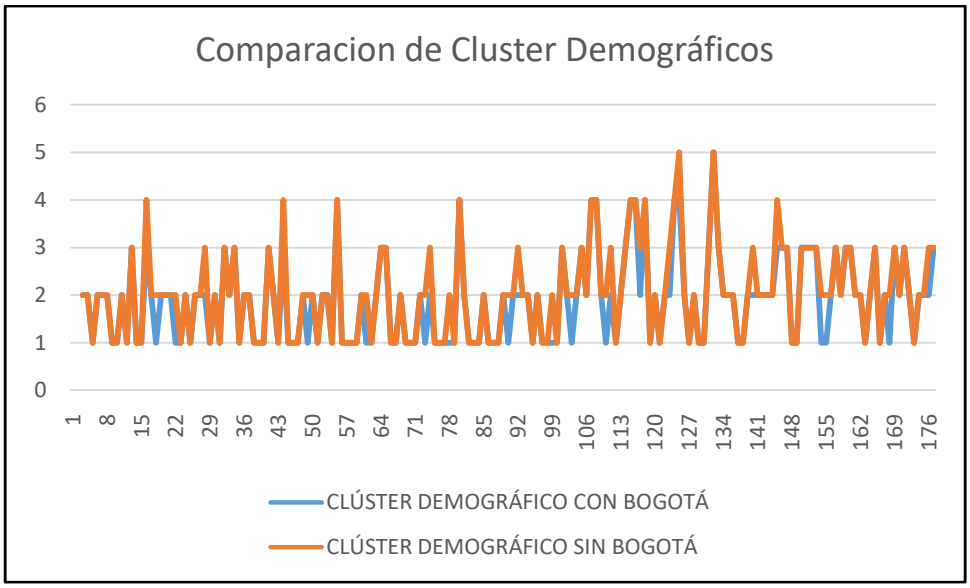
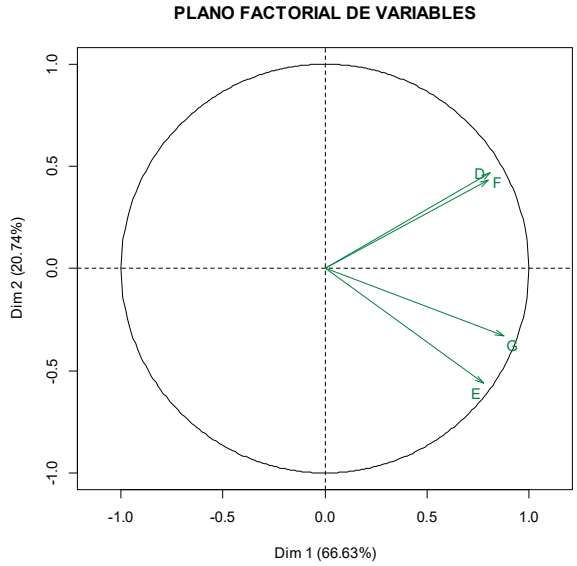


Figura 8: Comparación de cluster Demográficos

2. Indicadores de la dimensión social:

Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión social	
Con Bogotá	

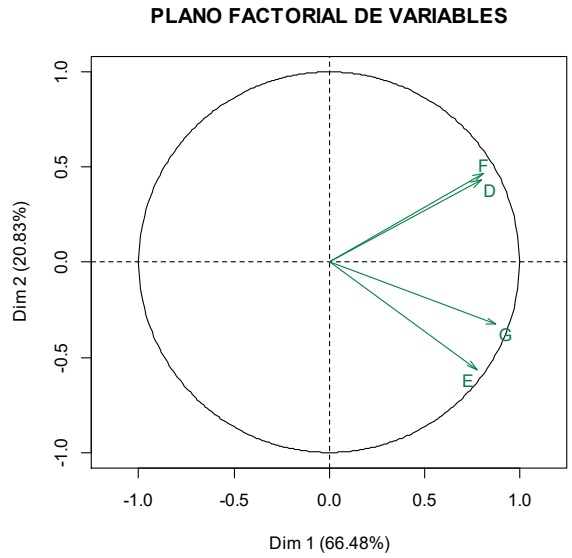
Sin Bogotá		
Variables involucradas	D = NBI Cabecera E = NBI Resto	F = IPM Cabecera G = IMP Resto

Figura 9: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión social

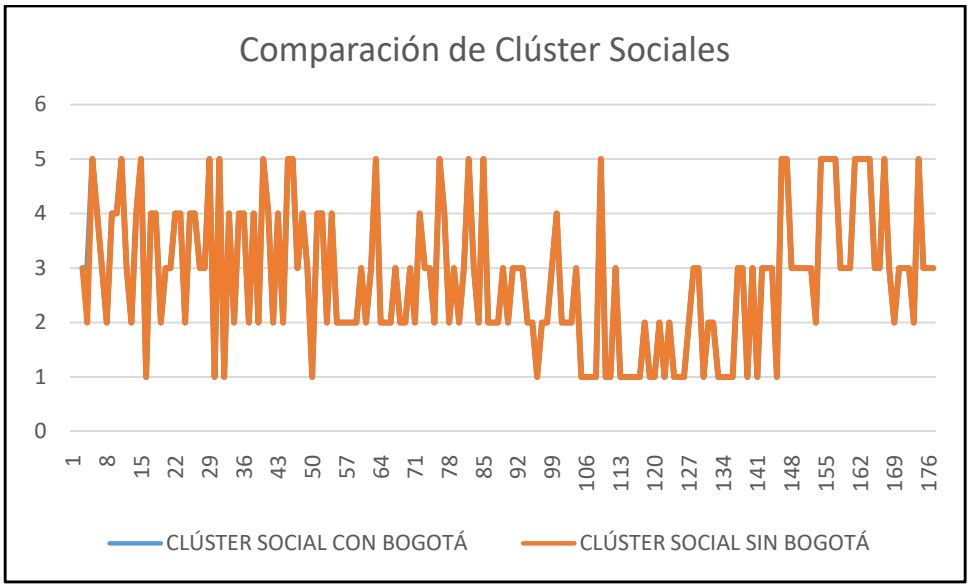


Figura 10: Comparación de cluster Sociales

3. Indicadores de la dimensión económica:

Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión económica

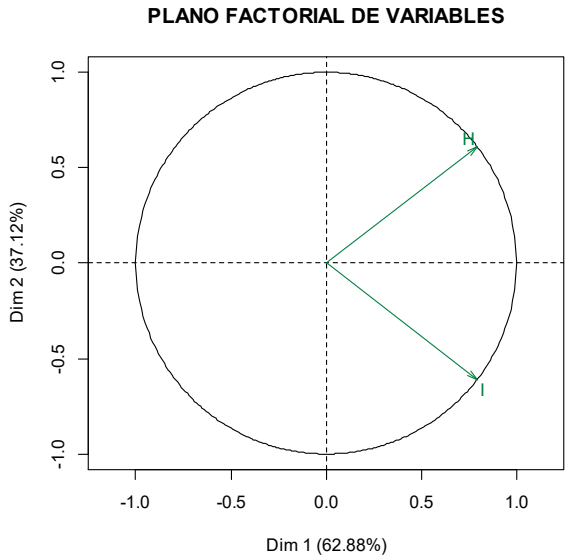
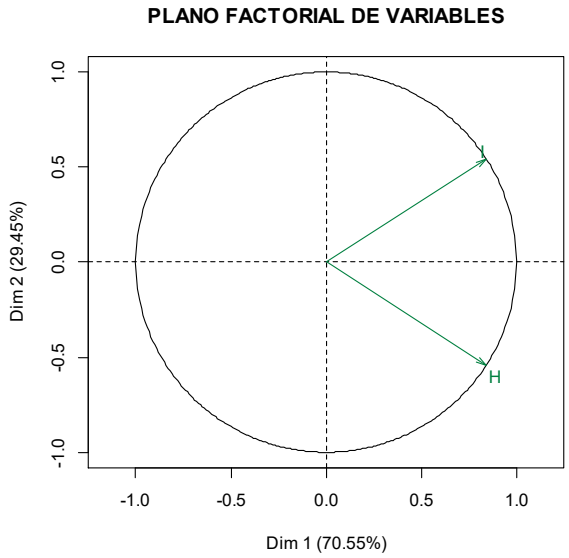
Con Bogotá	
Sin Bogotá	
Variables involucradas	H = Desempeño municipal I = % Importancia Económica

Figura 11: Comparación de planos factoriales de variables de la dimensión económica

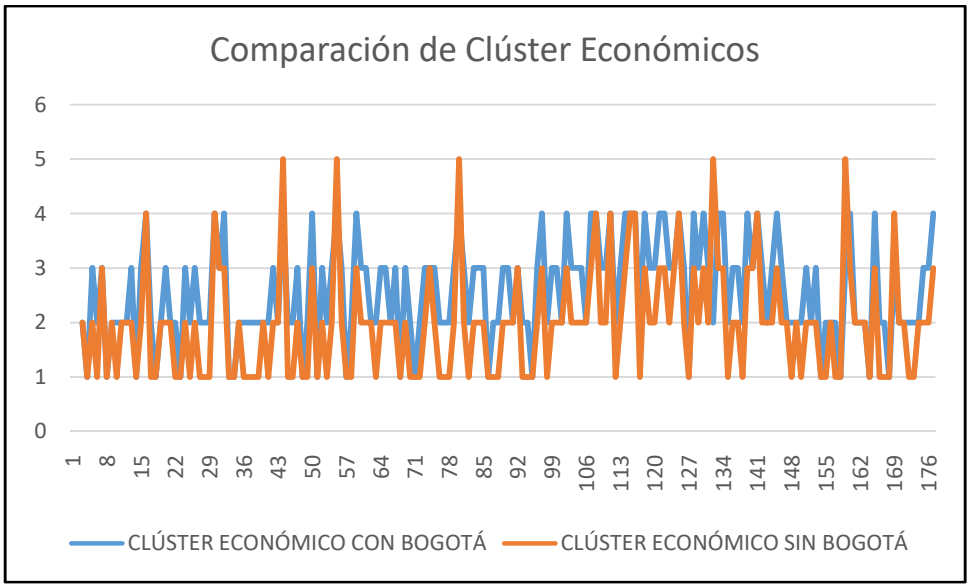
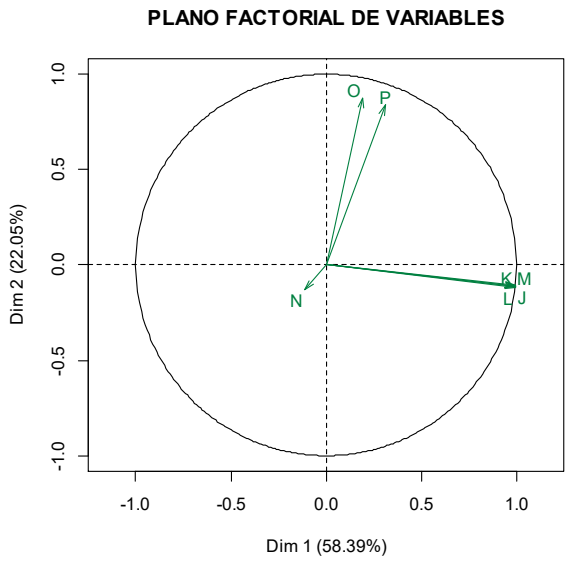


Figura 12: Comparación de cluster económicos

4. Indicadores relacionados al agua:

Comparación de planos factoriales de variables relacionadas al agua	
Con Bogotá	

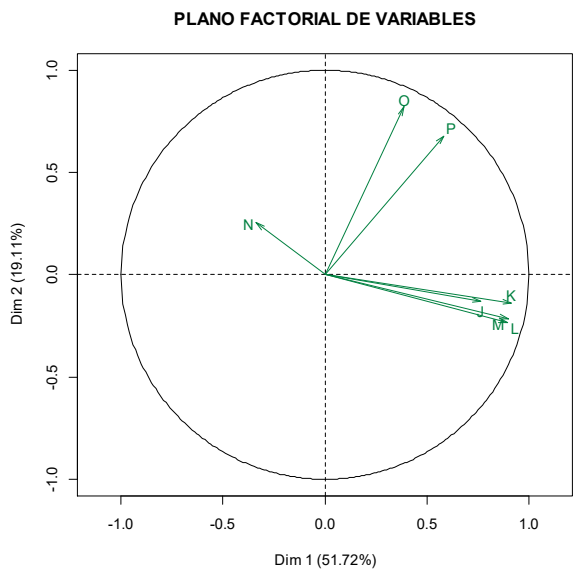
Sin Bogotá		
Variables involucradas	J = DQO – DBO K = Fósforo Total L = Nitrógeno Total M = Sólidos Suspendidos Totales	N = Índice de Riesgo de la Calidad del Agua O = Cobertura de Acueducto P = Cobertura de Alcantarillado

Figura 13: Comparación de planos factoriales de variables relacionadas al agua

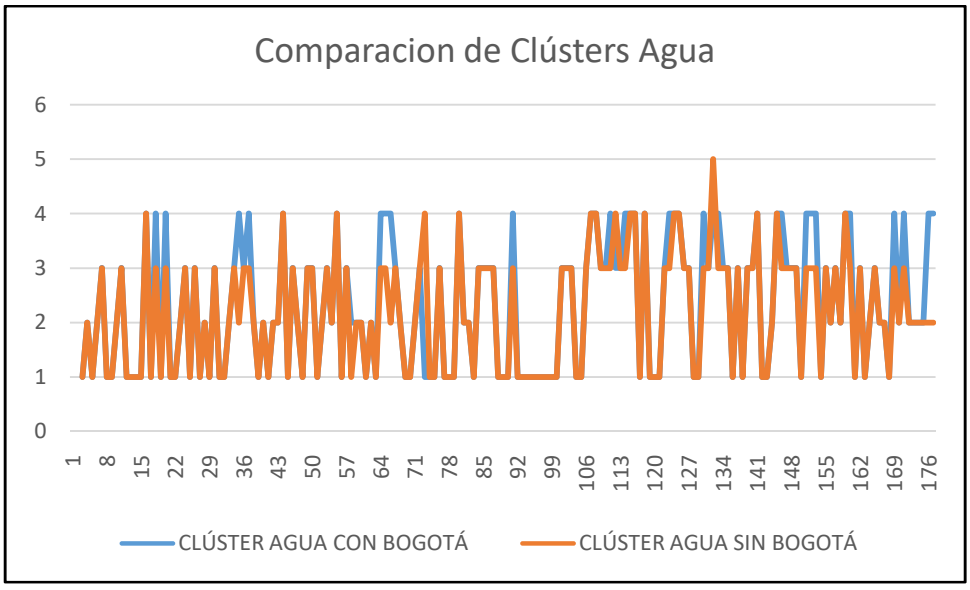


Figura 14: Comparación de cluster de agua

Los resultados presentados son: primero la comparación de planos factoriales de variables activas; el primero con los datos de Bogotá y el segundo con ausencia de ellos, el segundo producto son las gráficas que comparan la posición dentro de la clasificación que realiza el software R donde se evidencia el cambio en el grupo de clasificación para ambos escenarios, entre más puntos azules se observen en la gráfica, menor va a ser el grado de similitud que tengan los cluster en ambos escenarios planteados.

En estos resultados se evidencia el efecto que tiene Bogotá sobre la distribución de los municipios es los cluster por dimensión, en caso de las variables de carácter demográfico los datos de Bogotá, no varían en mayor magnitud los porcentajes de las componentes principales ni en la dirección y longitud de los vectores de las variables; además en términos de clasificación en el cluster, 25 de los 175 municipios cambian en su clasificación por grupos lo que representa 14.29% de los datos.

En el caso de las variables sociales sucede un evento de características similares al del análisis de la dimensión demográfica, pues la ausencia de los datos de Bogotá, no causa un aumento o descenso considerable en el valor de las componentes principales ni en la dirección y longitud de los vectores de las variables activas del análisis, además en términos de clasificación en el cluster, 1 de los 175 municipios cambiaron su clasificación representando el 0.57% de los datos.

En cuanto a la dimensión económica, el plano factorial de variables si cambia en cuanto a la dirección de los vectores de cada variable, pues estos se invierten; esto debido a que la variable que más peso tiene dentro de la componente principal de mayor varianza (Importancia económica) pierde participación al discriminar los datos de Bogotá, lo que hace que la componente principal con mayor variabilidad en el segundo plano factorial se explique con la variable desempeño municipal. Por otra parte, en términos de la clasificación en el cluster de la dimensión, 116 de los 175 municipios cambiaron su clasificación representando el 66.29% de los datos. En el caso específico de la dimensión económica el cambio drástico en cuanto a variables y ubicación en el cluster, se debe a la importancia económica que tiene Bogotá no solo para la región sino para el país, lo que resulta coherente que haya tal variabilidad en términos de los grupos de clasificación.

Finalmente, las variables asociadas al agua, presenta un cambio relevante en sus planos factoriales de variables, el índice del riesgo de la calidad del agua se invierte en el plano cuando no tiene influencia de Bogotá, se debe principalmente al estándar de calidad y potabilidad que tiene el acueducto de la ciudad, generando un IRCA por debajo de 10 (7.2). Por otra parte, en términos de la clasificación en el cluster de la dimensión, 26 de los 175 municipios cambiaron su clasificación, representando el 14.86% de los datos.

8.5. Análisis de componentes principales caso 2: Evaluación incluyendo todas las variables con y sin Bogotá

Como complemento al procedimiento anterior se realizará el análisis de componentes principales con todas las variables tanto activas como ilustrativas, para evaluar si es conveniente incluir los datos de Bogotá en el desarrollo de la propuesta:

A. RESULTADOS CON BOGOTÁ

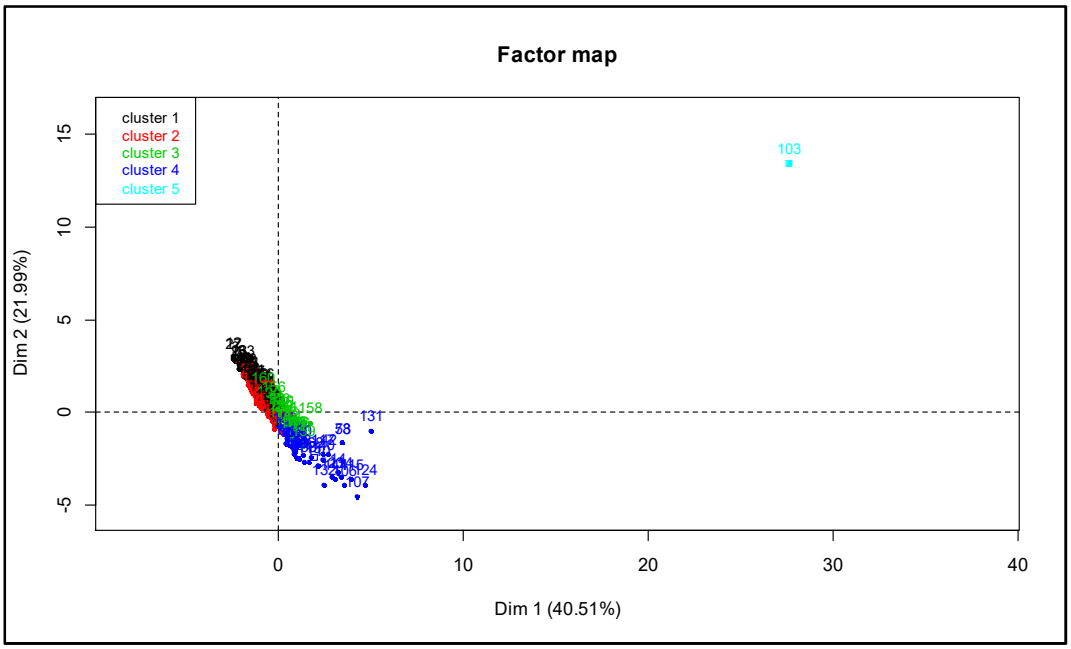


Figura 15: Plano Factorial de individuos incluyendo Bogotá.

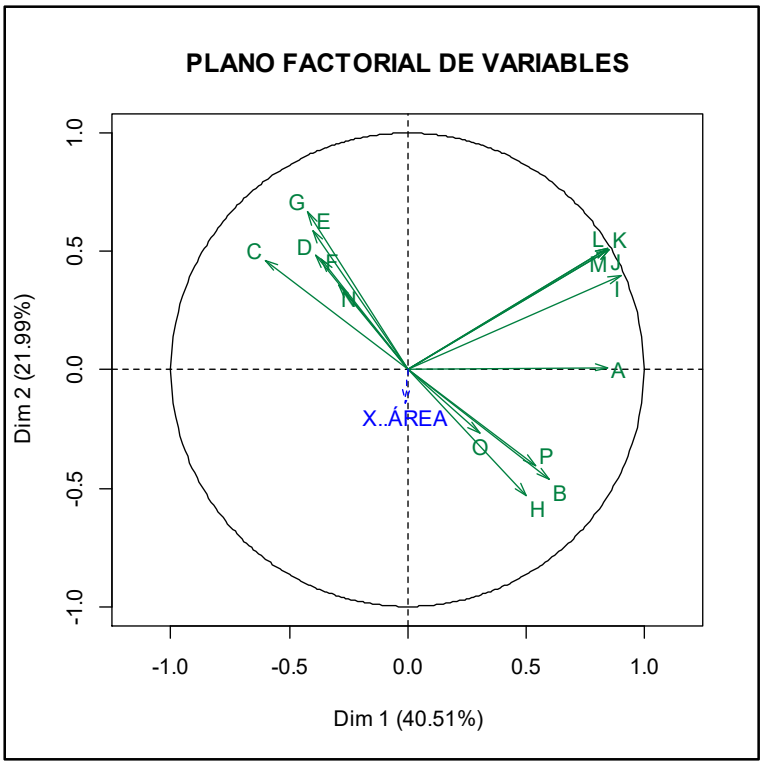


Figura 16: Plano Factorial de Variables incluyendo Bogotá

B. RESULTADOS SIN BOGOTÁ

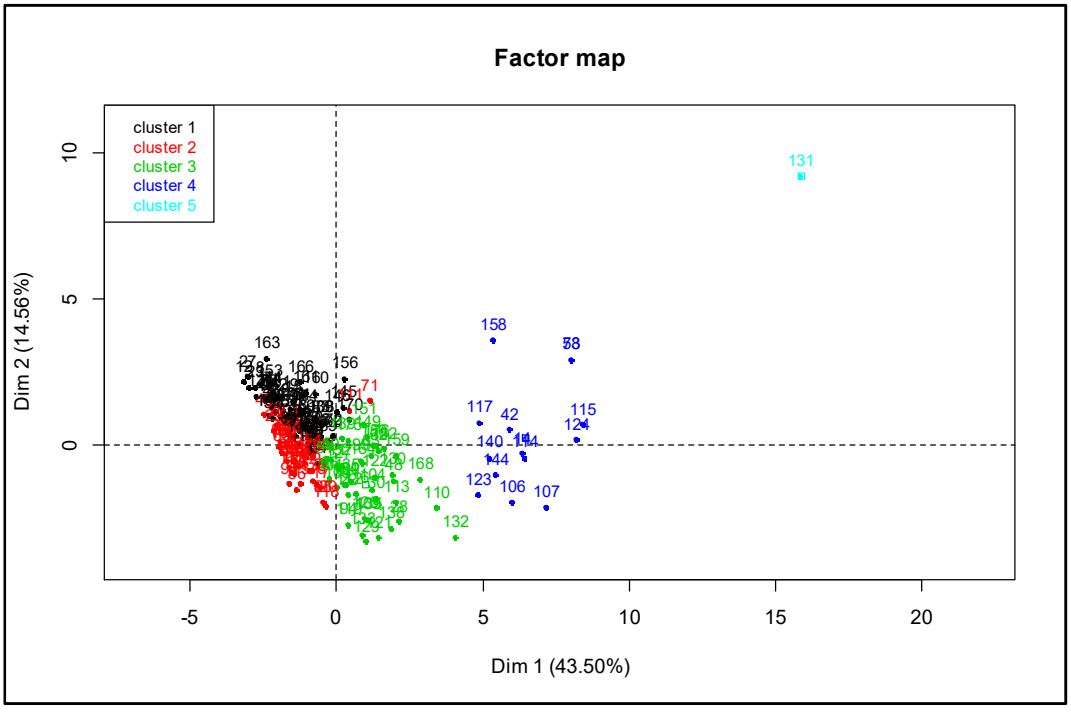


Figura 17: Plano Factorial de Individuos sin considerar Bogotá

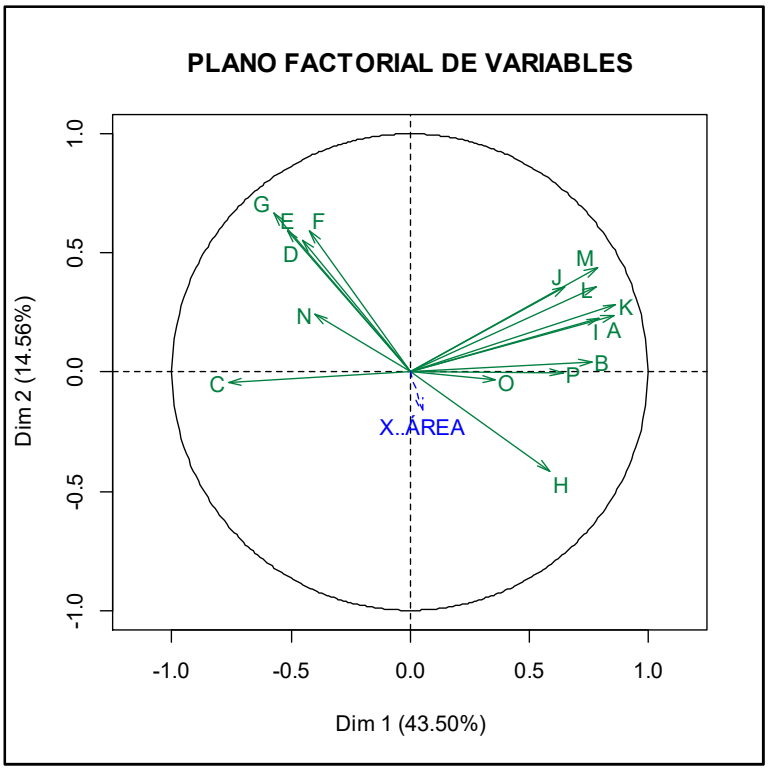


Figura 18: Plano factorial de variables sin considerar Bogotá

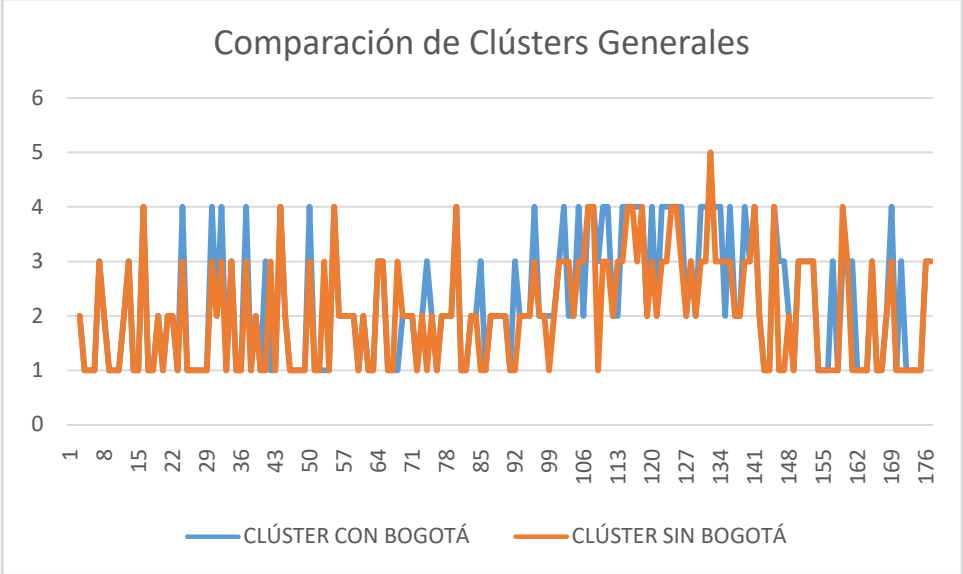


Figura 19: Comparación de Cluster Generales

El análisis con la totalidad de indicadores y variables ilustrativas, muestra que en cuanto a los planos factoriales de variables, las mayores diferencias que se evidencian son en

aquellas variables que tienen un peso mayor en los lugares donde su población se encuentra más localizada en el casco urbano o cabecera, como es el caso de Bogotá; al prescindir de los datos de Bogotá, el análisis se reduce a municipios donde su mayoría de población aún es rural y en el contexto colombiano, estas regiones tienen una notoria precariedad en cuanto a la prestación de servicios públicos domiciliarios por lo que sus coberturas son muy bajas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Adicional a ello como se evidencia en los planos factoriales de individuos, la ausencia de Bogotá en el ACP, no cambia sustancialmente la clasificación que realiza el software R, por el contrario vuelve a generar un grupo con un solo integrante (131: Soacha), por lo que se puede afirmar que la presencia de Bogotá reduce el grado de generalidad del análisis de componentes principales, debido a la variabilidad de la mayoría de sus datos con respecto a los datos del resto de municipios, así de acuerdo a las recomendaciones formuladas por Muñoz Garcia & Amón Uribe (2013), "si existe un dato que posee diferencias sustanciales en cuanto a varianza y media entre el grupo multivariado, pero se tiene certeza del origen y de la validez de dicho dato, al contrario de lo relacionado a datos atípicos en análisis estadísticos, estos datos se deben explicar y mantenerlos dentro de los análisis respectivos, entendiendo que la riqueza de una investigación radica en la variabilidad de los datos".

Este escenario es el que cumple la ciudad de Bogotá, que por su transformación histórica y su carácter de distrito capital ha soportado grandes cargas en términos socioeconómicos, de igual manera, la ciudad de Bogotá representa mayores consumos de agua potable y mayores vertimientos de aguas residuales, principalmente por su actividad industrial y residencial, por último se hace énfasis que todas las variables fueron recopiladas de las entidades oficiales del país por lo que es posible asegurar su validez dentro del análisis.

El anterior argumento es la principal razón por la cual se decide realizar el análisis de clasificación incluyendo los datos de la ciudad de Bogotá.

8.6. Tipología de municipios: Caracterización y descripción

Con la certeza de que el análisis de componentes principales y la clasificación cluster se realizara incluyendo los datos de Bogotá, el análisis de componentes principales y el análisis de clasificación que realiza el software R, orienta a realizar una tipología de los municipios de estudio, los resultados obtenidos por el software son:

Tabla 19: Matriz de varianzas de las componentes principales

Varianzas de las Componentes Principales		
Componente Principal	Varianza	Varianza Acumulada

CP 1	40.507400	40.507400
CP 2	21.988860	62.496260
CP 3	11.017560	73.513820
CP 4	6.879920	80.393740
CP 5	5.935078	86.328820
CP 6	4.114674	90.443490
CP 7	3.011392	93.454880
CP 8	2.382576	95.837460
CP 9	1.691408	97.528870
CP 10	1.480946	99.009810
CP 11	0.775658	99.785470
CP 12	0.176462	99.961930
CP 13	0.026517	99.988450
CP 14	0.007086	99.995530
CP 15	0.004466	100.000000
CP 16	1.65E-30	100.000000

Tabla 20: Peso Porcentual de las variables en las componentes principales

PESO PORCENTUAL DE CADA VARIABLE EN LAS PRIMERAS 5 COMPONENTES PRINCIPALES						
VARIABLE		CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
A	Densidad Poblacional	11.060911	0.00217958	0.13463481	0.1574395	0.17575114
B	% de población cabecera	5.549439	6.08629992	14.0074837	3.9012612	11.7763111
C	% de población resto	5.549439	6.08629992	14.0074837	3.9012612	11.7763111
D	NBI Cabecera	2.320077	6.59454089	9.68446267	10.7499857	16.4068181
E	NBI Resto	2.471378	9.912898	6.64603665	2.51562298	9.31959514
F	IPM Cabecera	2.032793	6.12804582	15.5401407	12.3010824	8.28030818
G	IPM Resto	2.782862	12.6035242	9.30227901	0.00436404	5.07455671
H	Desempeño Municipal	3.912513	7.99522779	0.04916707	1.62655888	6.98524465
I	Importancia Económica	12.562794	4.51662379	0.06976948	0.00334142	0.00011803
J	DQO – DBO	11.005964	7.54337926	0.42924549	0.00176353	0.12799255
K	Fosforo Total	11.21079	7.2623821	0.47832157	0.00734388	0.08714973
L	Nitrógeno Total	11.022594	7.55655748	0.52941902	0.00751102	0.12191898

M	Sólidos Suspendidos Totales	11.238861	7.34702097	0.39261178	0.00186815	0.0336179
N	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua	1.326489	3.63702931	1.70914827	33.0998012	2.87246765
O	Cobertura de Acueducto	1.422791	2.06185837	10.2690542	24.107961	26.0603305
P	Cobertura de Alcantarillado	4.530305	4.66613265	16.7507418	7.61283399	0.90150852

El primer producto del análisis de componentes principales es la matriz de varianzas de cada una de las componentes principales, en esta matriz se evidencia el "peso relativo" que tiene cada componente principal en una escala de 1 a 100 %, de esta manera se puede afirmar que las primeras 5 componentes principales pueden explicar de manera coherente el comportamiento e influencia que tiene cada una de las variables activas e ilustrativas sobre cada uno de los municipios, es decir se redujo la dimensionalidad del análisis de 23 variables entre activas e ilustrativas a solo 5, dejando un porcentaje del 10%, esta matriz muestra las componentes principales que son relevantes para el estudio, pues permite discriminar 11 componentes que solo acumulan un poco más del 10% de la varianza total.

El siguiente producto de utilidad del análisis de componentes principales es la matriz que muestra la participación porcentual que tiene cada variable activa en las primeras 5 componentes principales teniendo en cuenta que las 11 restantes pueden considerarse como secundarias pues solo representan el 10% de la varianza total, en color verde se encuentran resaltados, aquellos indicadores que tienen un mayor peso porcentual en la componente principal.

En este sentido la componente principal 1 (CP1) se origina principalmente de una ponderación lineal de los indicadores: Densidad poblacional, importancia económica, fosforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos totales, que alcanzan el 57.09 % del peso total de la componente principal.

Análogamente, la componente principal 2 (CP2) se origina principalmente de una ponderación lineal de los indicadores: NBI Resto, IPM Resto, Desempeño municipal, DQO–DBO y Nitrógeno Total, que alcanzan el 45.61 % del peso total de la componente principal.

Este análisis es relevante pues en el momento de interpretar una proyección bidimensional de las componentes principales como lo son los planos factoriales de individuos y de variables, permitirán un mejor entendimiento de la distribución de los municipios en el plano factorial.

Otro de los resultados importantes del análisis de componentes principales son los planos factoriales de individuos (figura 15) y el plano factorial de variables (figura 16), entre sus características es que se dividen en 4 cuadrantes; de la siguiente manera:

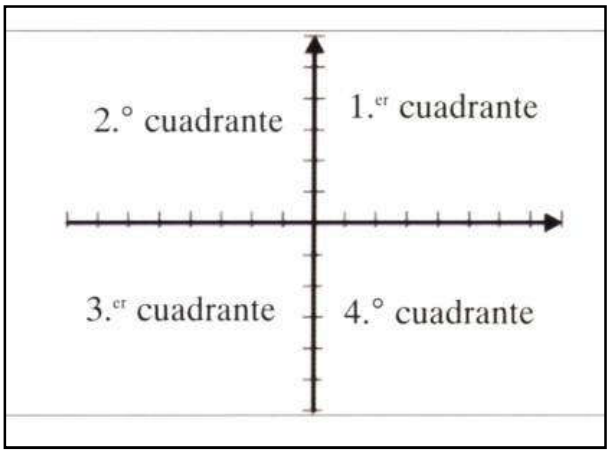


Figura 20: División por cuadrantes de los planos factoriales

Cada municipio tiene una coordenada en el plano y pertenece a un cuadrante en especial, aquí surge una priorización si se tiene en cuenta que cada cuadrante refleja realidades socioeconómicas distintas y que la ubicación de los municipios en una u otra parte del plano depende del valor de cada uno de los indicadores de la matriz inicial, a continuación se hace una breve descripción de cada cuadrante; teniendo como referencia la superposición del plano factorial de variables en el plano factorial de individuos:

Tabla 21: Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos

Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos	
Cuadrante	Descripción
I	Los municipios que se encuentren ubicados en el cuadrante número I del plano factorial de individuos, tiene como característica que son áreas densamente pobladas y que sus habitantes tienen óptimas coberturas de servicios públicos; sin embargo tienen altas cantidades de contaminantes en sus aguas y una importante participación económica en la región a la que pertenecen.
II	Los municipios que se encuentren ubicados en el cuadrante número II del plano factorial de individuos, tienen como característica principal sus precarias condiciones sociales, pues son lugares donde la pobreza multidimensional es elevada y la mayoría de sus habitantes no tiene sus necesidades básicas satisfechas. Lo que ocasiona un alto riesgo sanitario en el consumo del agua de la cual se abastecen estas poblaciones.
III	Los municipios que se encuentren ubicados en el cuadrante número III del plano factorial de individuos, tienen como característica principal que su

	población habita principalmente la zona rural o resto de los municipios.
IV	Los municipios que se encuentren ubicados en el cuadrante número IV del plano factorial de individuos, tienen las mayores coberturas de servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado de todo el grupo de municipios, también son más eficientes en el gasto público, lo que se evidencia en la cobertura de sus servicios públicos.

Caracterización de los grupos de municipios – descripción de las tipologías

Después de realizar el análisis de componentes principales, el software R clasifica los municipios de acuerdo a su grado de afinidad que tengan con otros, la cantidad de grupos en las cuales el software clasifica los municipios, depende exclusivamente del criterio del investigador, en el caso de este análisis, se determinaron 5 grupos. Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 22: Caracterización de los grupos de municipios

Caracterización de los grupos de municipios		
Cluster	Cantidad de municipios	Descripción
1	61	Este grupo se caracteriza por tener los mayores valores de calidad de agua comparado con el resto de municipios de estudio, sin que eso signifique que el agua se encuentra en calidad óptima, por el contrario, todos los índices relacionados a la calidad del agua están por encima de los límites permisibles para el consumo humano, además estos municipios tienen déficit en cuanto al acceso al agua potable y al saneamiento básico, además de otras necesidades básicas. Otra característica importante de este grupo es su reducida capacidad económica para solucionar problemas relacionados al abastecimiento o tratamiento de las aguas, lo que es directamente proporcional a la deficiente calidad del agua en términos sanitarios y en términos químicos.
2	50	Este grupo se caracteriza por tener principalmente necesidades básicas insatisfechas y pobreza multidimensional un porcentaje más bajo que el grupo número 1, pues sus condiciones de calidad de agua son similares pues incluso la mayoría de los municipios que integran este grupo pertenecen a cuencas hidrográficas que tienen un valor de 7 en el Índice de Uso de Agua. Adicionalmente estos municipios son en su mayoría de extensiones rurales o resto según la terminología del DANE y con baja cobertura de servicios públicos domiciliarios, e índice alto de pobreza multidimensional, además son municipios que

		aportan bajos porcentajes al desempeño económico a sus respectivos departamentos.
3	27	En este grupo se localizan los municipios con condiciones intermedias de calidad de agua con respecto a los municipios de estudio, además sus índices de pobreza y sus necesidades básicas insatisfechas también son intermedias, esto aclarando que no son condiciones favorables ni de calidad de agua ni calidad de vida. Además son municipios donde se empieza a observar cierta densificación de su casco urbano o cabecera, y que tienen una gestión de los recursos aceptable aún con el limitante que todos los municipios en este grupo pertenecen a la VI categoría, lo que restringe la inversión de libre destino.
4	37	Este grupo se caracteriza por tener índices elevados de calidad del agua que al igual que la mayoría de municipios, es superior al límite máximo permitido para consumo humano, a diferencia de los anteriores grupos, estos municipios se encuentran densamente poblados en el área urbana o cabecera según la terminología del DANE, por lo que en términos de demanda de agua potable y cobertura de servicios va a primar el casco urbano sobre el área rural, como también se evidencia que el índice de pobreza multidimensional como las necesidades básicas insatisfechas sean mayores en el área rural con respecto a su cabecera. En términos económicos estos municipios aportan un buen porcentaje al desempeño de su departamento y tiene un índice de gestión del gasto público alto con respecto a los otros municipios.
5	1	En este grupo se clasificó a la ciudad de Bogotá, en parte a los datos atípicos que presenta, principalmente en la calidad del agua y en índice de importancia económica absoluto que maneja. Este grupo se caracteriza por tener los indicadores más altos en términos de calidad del agua pues el Distrito Capital es el mayor contaminante de la cuenca del río Bogotá por su actividad residencial e industrial (CAR, 2019), sin embargo se ha logrado un desarrollo económico que permite a sus habitantes cubrir de cierta medida sus necesidades básicas insatisfechas. Otro dato de importancia es que el municipio clasificado en esta categoría tiene un reducido nivel en el índice de riesgo de la calidad del agua, quiere decir que sanitariamente, el agua que utilizan para beber es óptima y asegura a sus consumidores

		la potabilidad de la misma sin acarrear enfermedades posteriores.

A continuación, se presenta una tabla resumen, en donde se establece la cantidad de municipios por cuenca hidrográfica que fueron agrupados en un grupo en especial.

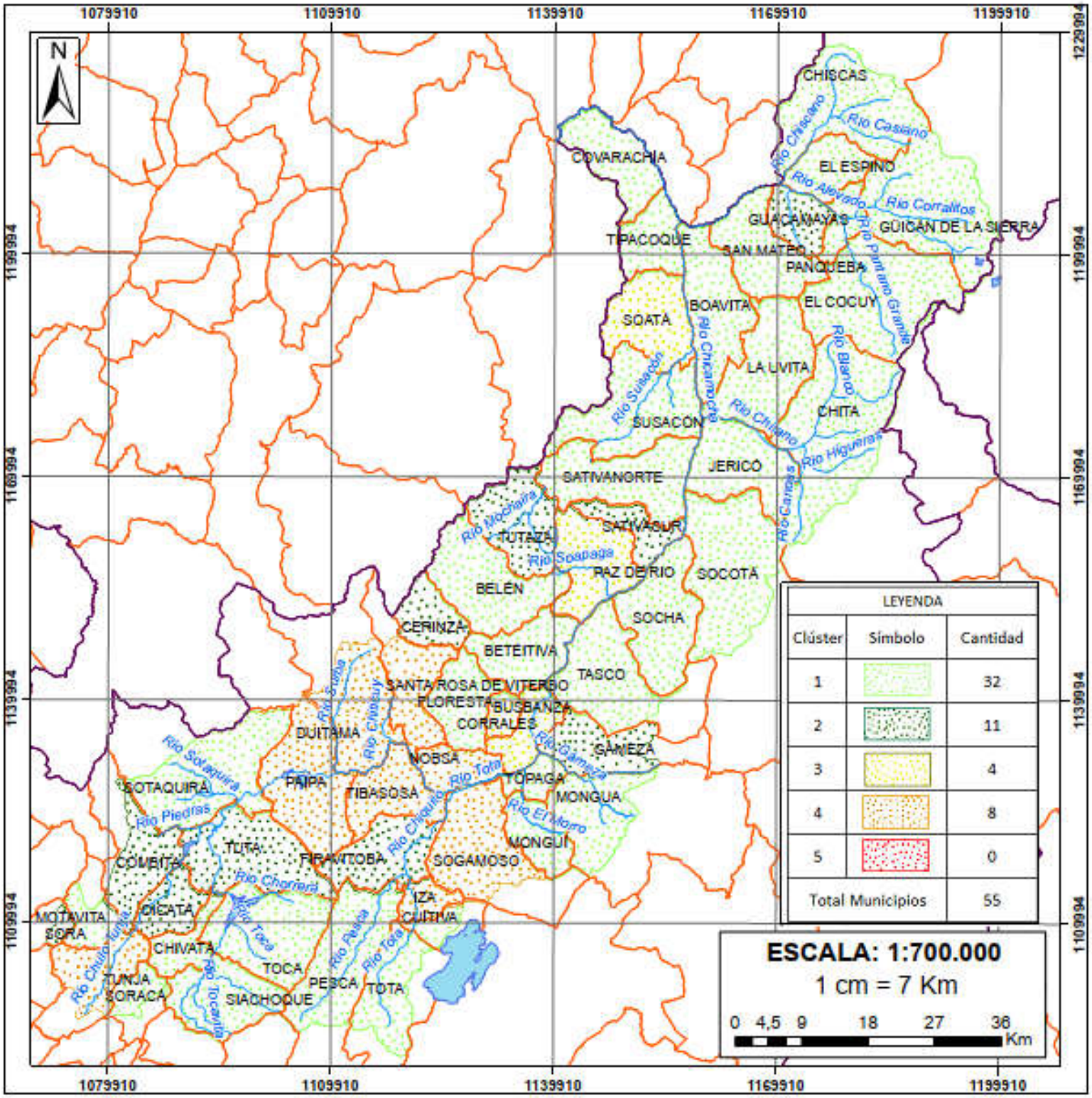
Tabla 23: Distribución de los grupos por cuenca hidrográfica

Distribución de los grupos por cuenca hidrográfica						
Cuenca Hidrográfica	Clasificación por grupos					
	G1	G2	G3	G4	G5	Total
Rio Chicamocha	32	11	4	8	0	55
Rio Garagoa	11	16	4	1	0	32
Rio Guavio	1	8	1	1	0	11
Rio Bogotá	2	13	4	26	1	46
Rio Lagunilla y otros directos al Magdalena	5	1	7	0	0	13
Rio Prado	4	1	2	1	0	8
Rio Luisa y otros directos al Magdalena	3	0	3	0	0	6
Rio Yaguar y Rio Íquira	3	0	2	0	0	5
Total	61	50	27	37	1	176

Para entender la realidad socioeconómica de cada cuenca hidrográfica, a continuación, se presentan los mapas por cuenca hidrográfica donde se observa la distribución por grupos que tienen cada cuenca hidrográfica, este insumo muestra espacialmente como se distribuyen los municipios de acuerdo a sus condiciones sociales, demográficas, económicas y ambientales.

En el caso de la cuenca del rio Chicamocha y el rio Bogotá, se observa una marcada centralización del desarrollo, pues en la clasificación que se realizó, los municipios que la integran quedaron distribuidos en la mayoría de grupos, justamente este desarrollo está relacionado a la presencia de una ciudad capital, en el caso de la cuenca del rio Chicamocha, Tunja y en la caso de la cuenca del rio Bogotá, el Distrito Capital de Bogotá y su área metropolitana.

En una situación diferente se encuentran las cuencas de los ríos Luisa, Lagunilla y Yaguar e Íquira, en las cuales sus municipios se clasificaron en las primeras categorías, es decir sus municipios tienen las mayores dificultades tanto económicas como sociales para alcanzar un desarrollo.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHICAMOCHA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

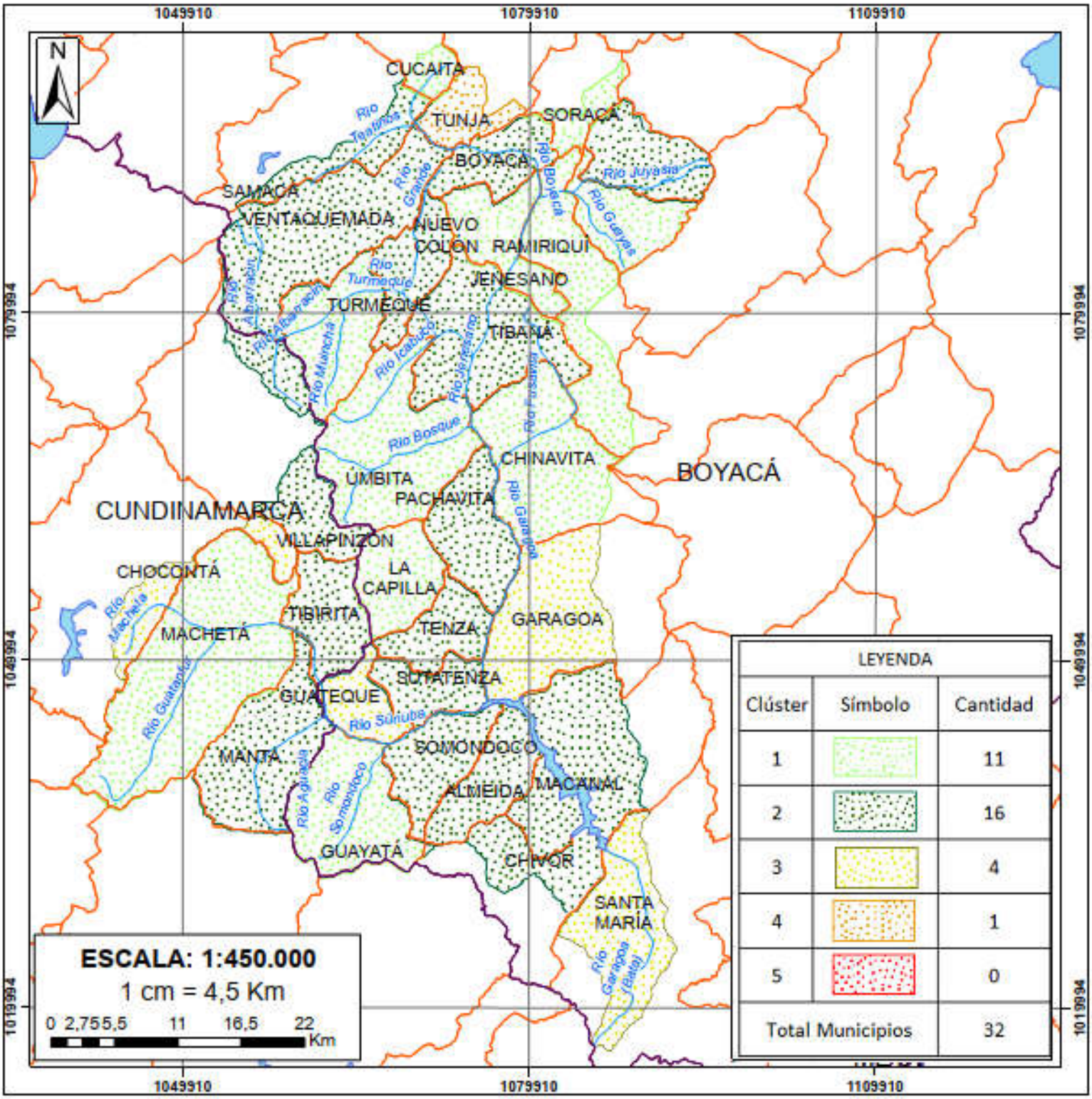
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



LEYENDA		
Clúster	Símbolo	Cantidad
1		11
2		16
3		4
4		1
5		0
Total Municipios		32

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

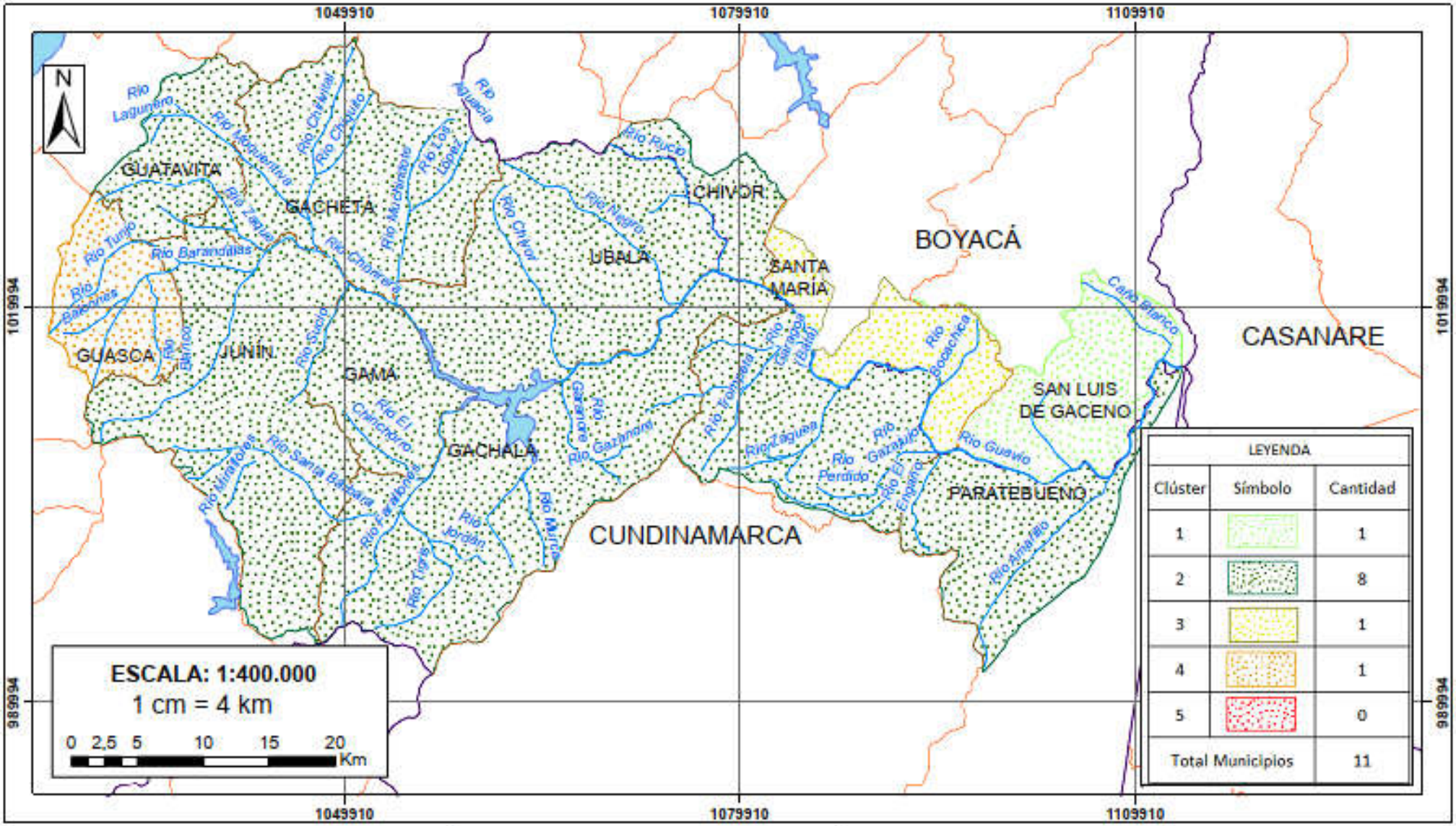
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUAVIO

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

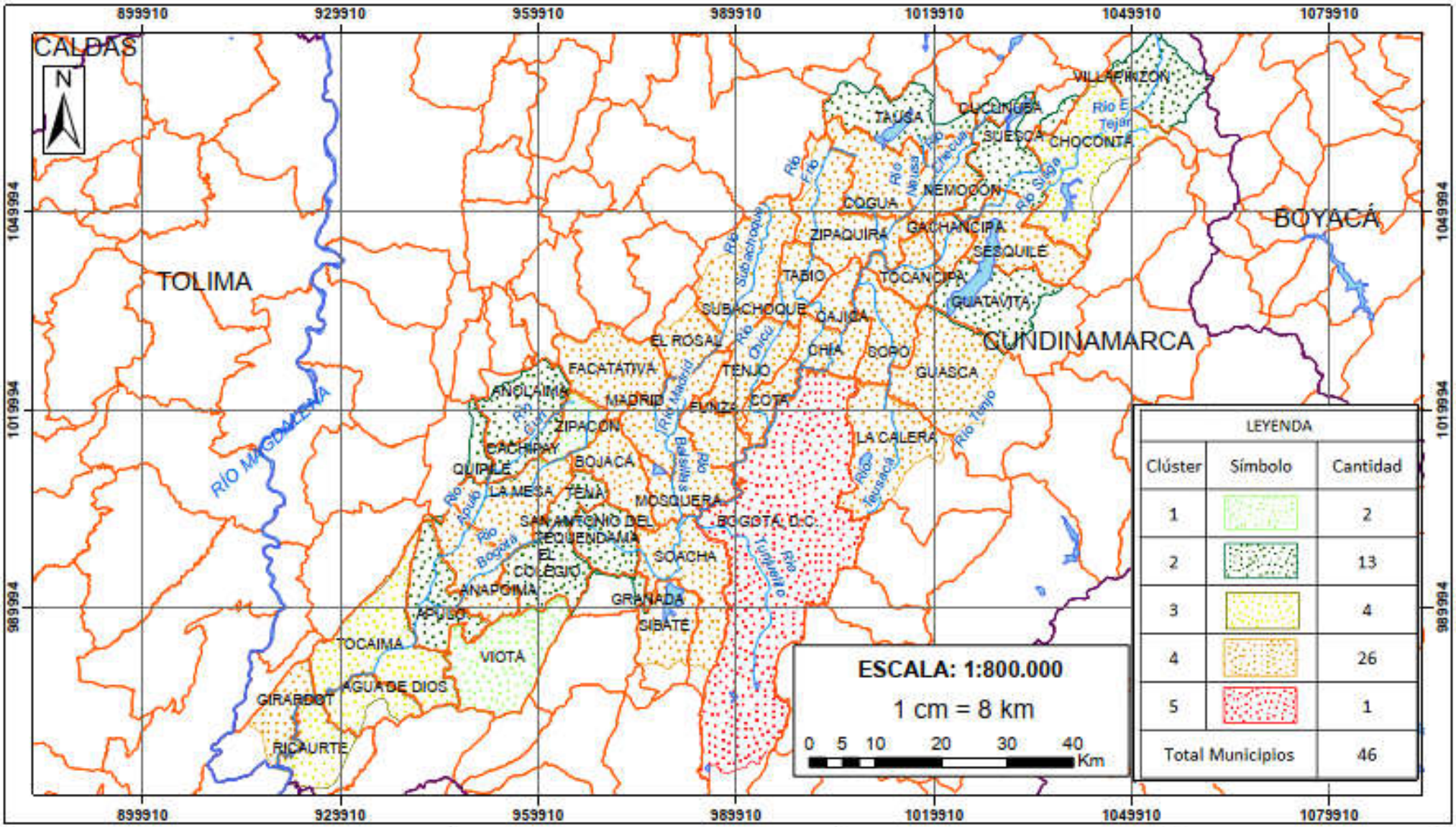
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BOGOTÁ

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

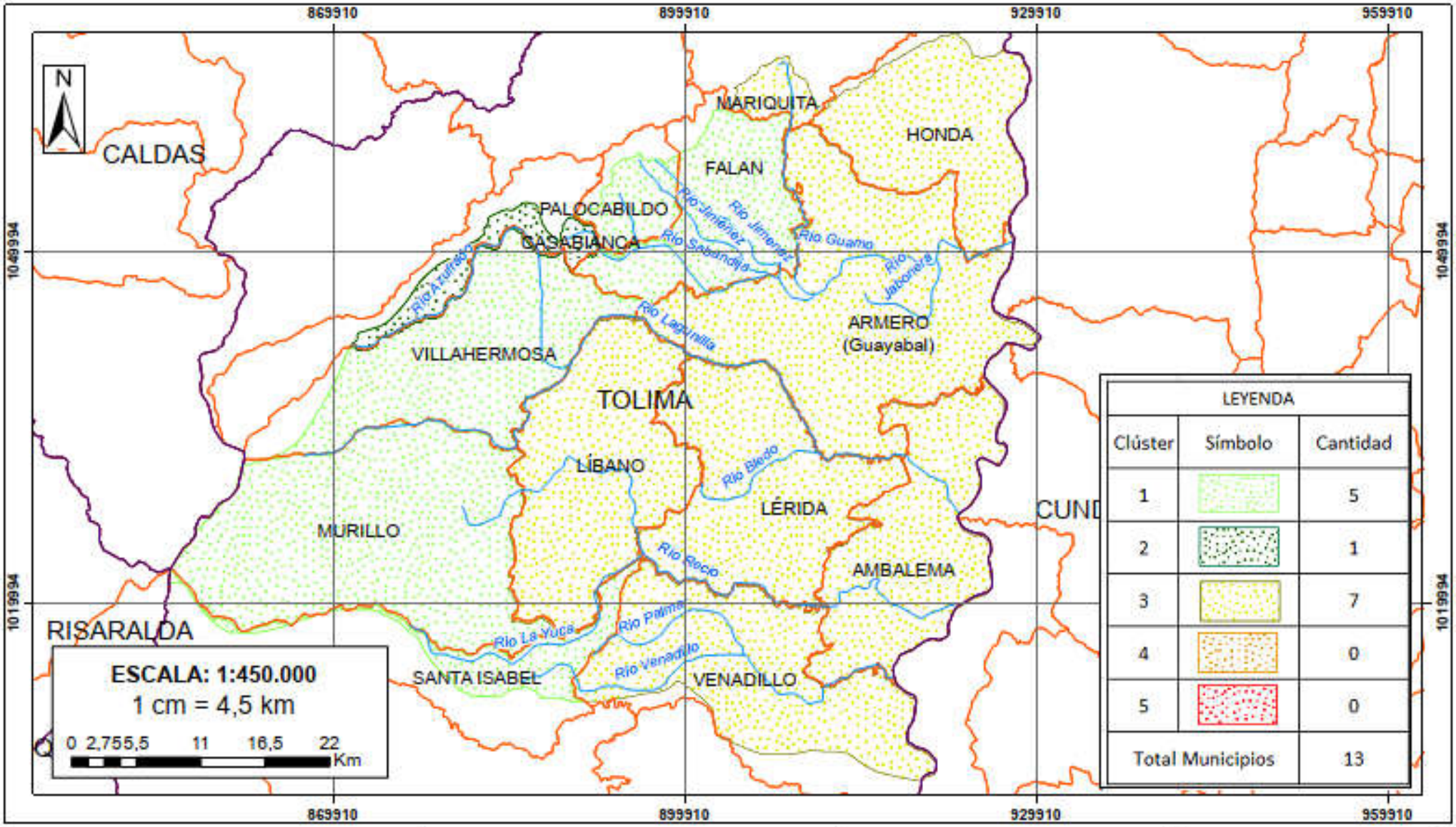
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LAGUNILLA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

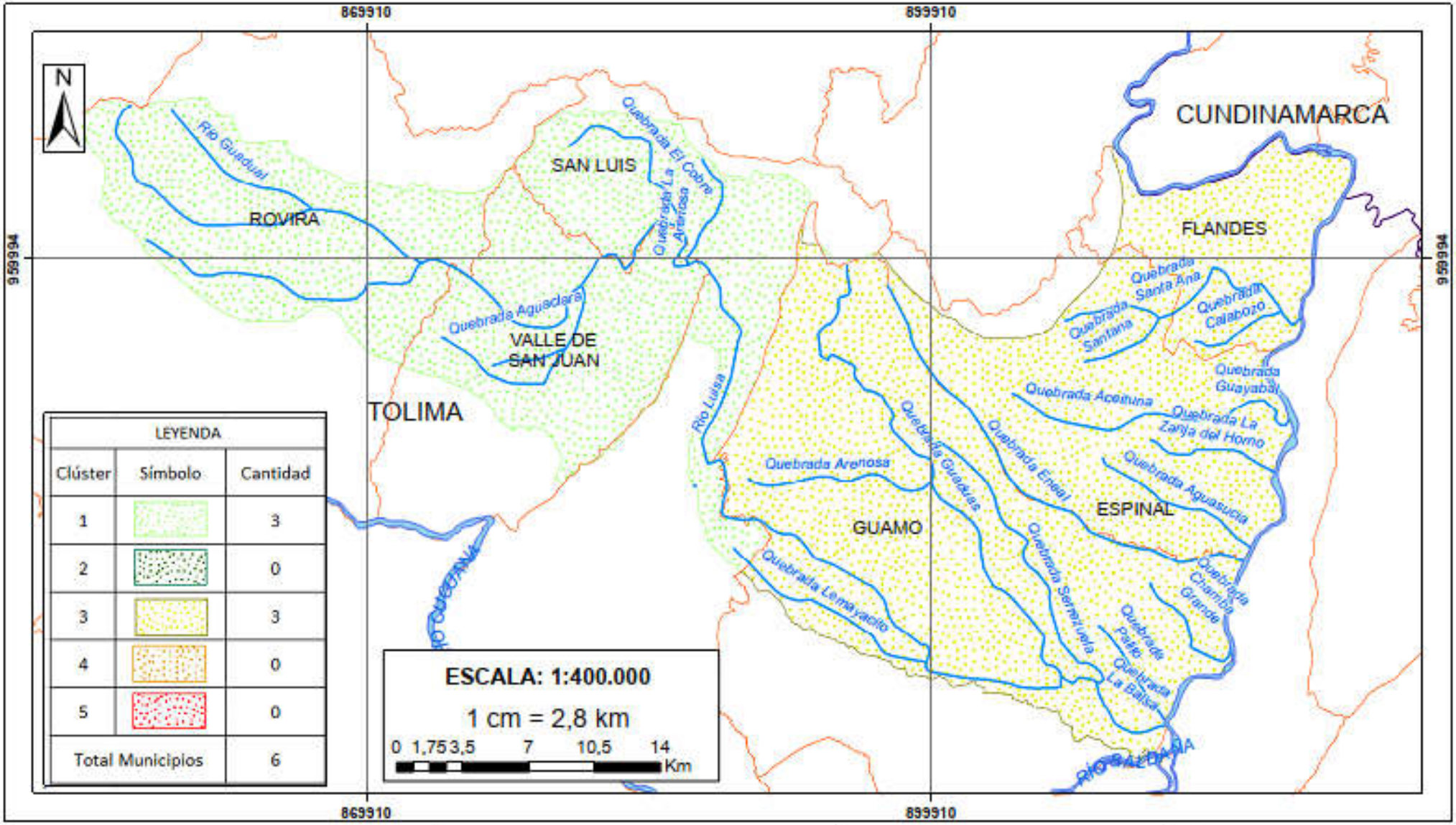
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

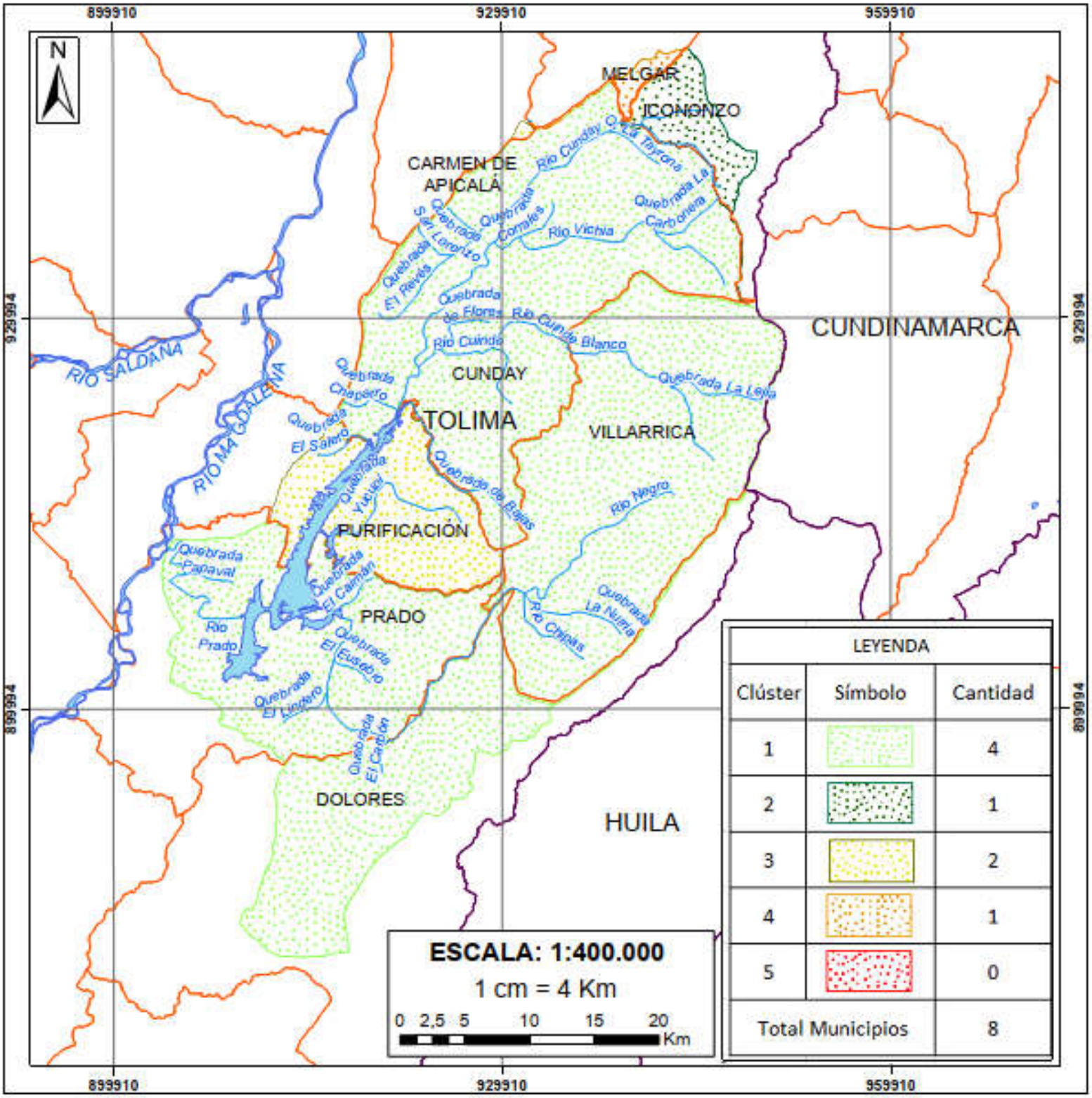
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

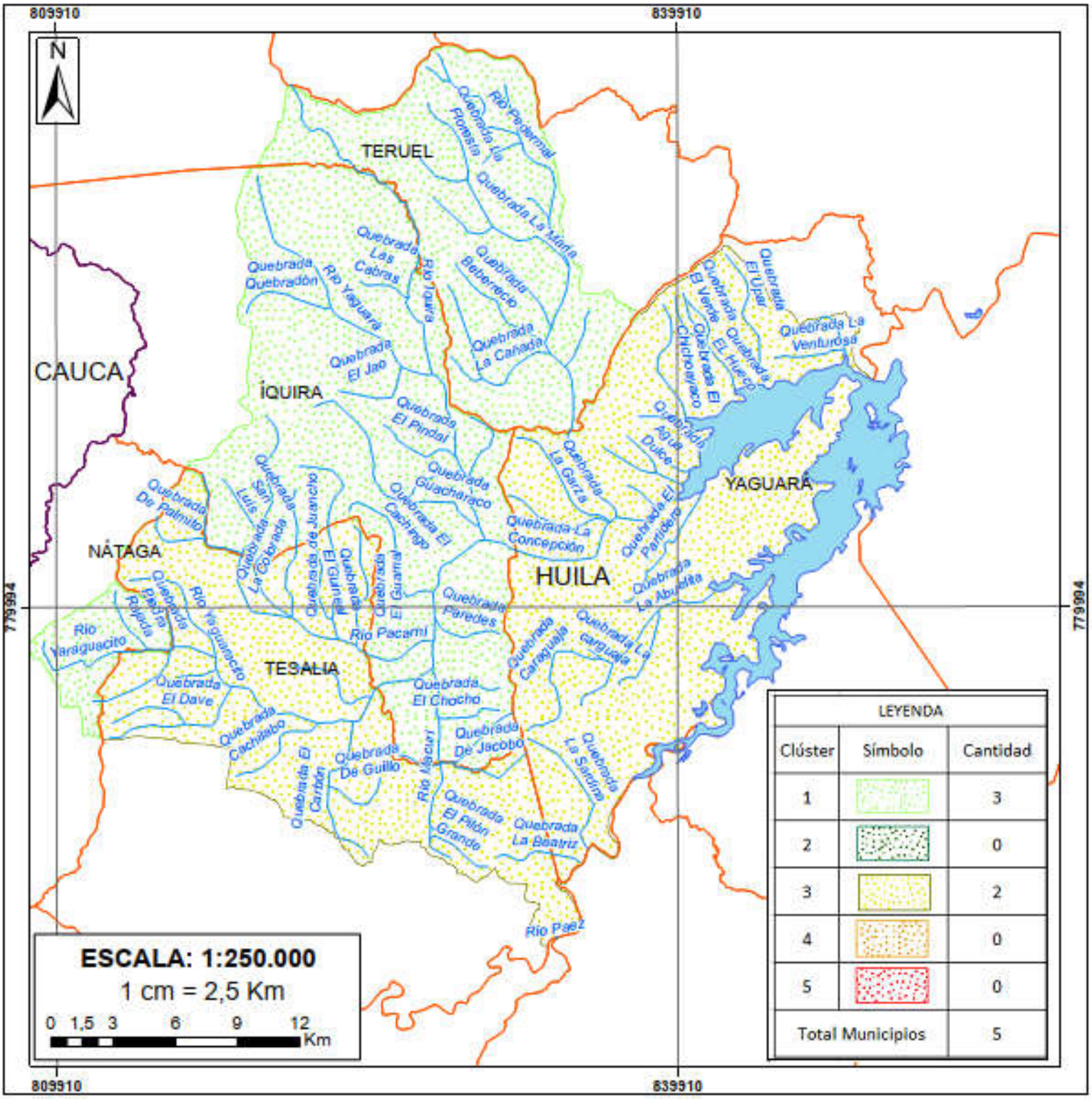
FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERIA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
CLASIFICACIÓN CLÚSTER DE LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO YAGUARA Y EL RÍO IQUIRA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014

Convenciones

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

El grupo de municipios priorizados es el grupo número 1; que agrupa 61 municipios, esta selección se realizó por las siguientes razones:

1. Los municipios que pertenecen a este grupo tienen un marcado déficit económico social y ambiental, en cuanto a gestión del presupuesto no se ha logrado que la inversión sea efectiva y genere dividendos sociales o se vea reflejada en infraestructura de servicios, comunicación o educación, lo que se refleja directamente en su indicador de desempeño municipal, además sus habitantes viven en condiciones de pobreza y la mayoría de sus necesidades básicas no se encuentran cubiertas, incluyendo la cobertura de servicios de acueducto y alcantarillado.

2. Los municipios que pertenecen a este grupo no presentan las mismas dificultades en cuanto a la calidad de sus aguas que los otros grupos de municipios, sin embargo la falta de infraestructura, cobertura y tratamiento fisicoquímico, pone en un riesgo sanitario latente a los habitantes de estos municipios, que en ausencia de un sistema de acueducto que garantice agua potable para los municipios, sus habitantes se ven en la obligación de consumir agua de los cursos de agua sin tratamiento adecuado.

3. Si bien en términos de las tecnologías apropiadas y su desarrollo teórico y metodológico, la realidad social, ambiental y económica no debe representar un obstáculo al momento de implementar un proyecto relacionado a las tecnologías apropiadas, en este ejercicio se pretende realizar propuestas para mejorar las condiciones de vida de las personas y comunidades que más lo requieran, por esta razón los municipios clasificados como mas pobres, con mayores necesidades económicas y sociales, son los que serán priorizados pues estas comunidades requieren soluciones inmediatas a sus problemáticas más latentes, en este caso el difícil acceso al agua potable.

Finalmente, ante el elevado número de municipios que componente el cluster priorizado, se llevará a cabo una priorización sobre la priorización de los datos, entendiendo a este procedimiento como una forma de “hilar más fino” para hallar un grupo de municipios que puedan ser considerados para desarrollar una metodología de inteligencia territorial.

A continuación se presentan los resultados del análisis de componentes principales del cluster priorizado, con los mismos lineamientos y las mismas características del que se realizó anteriormente:

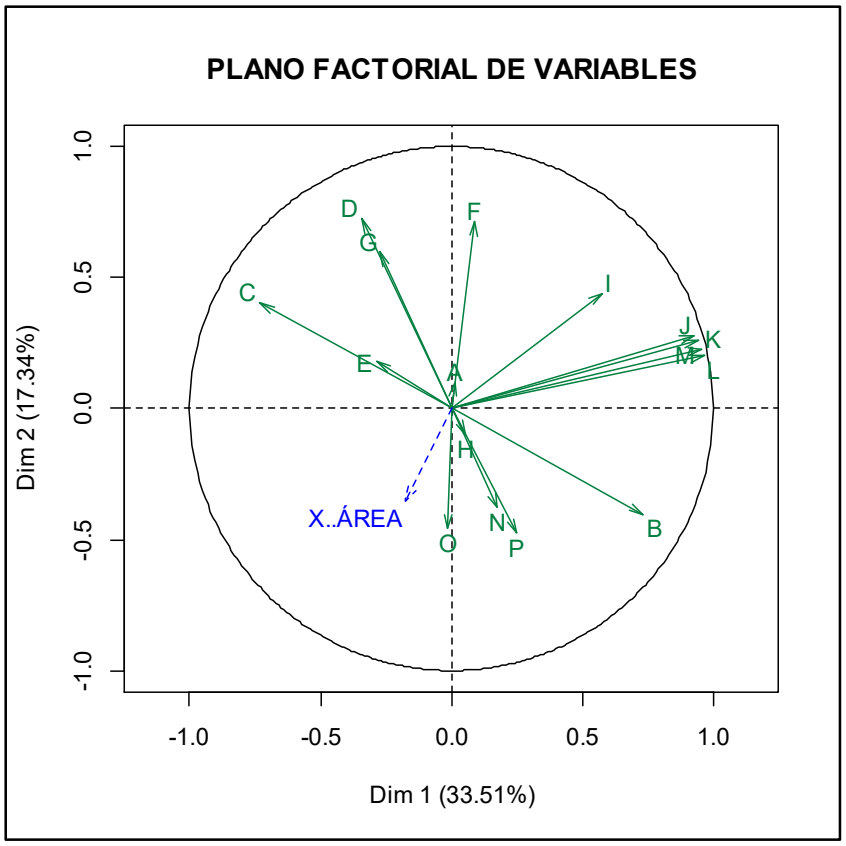


Figura 21: Plano factorial de variables; priorización sobre la priorización

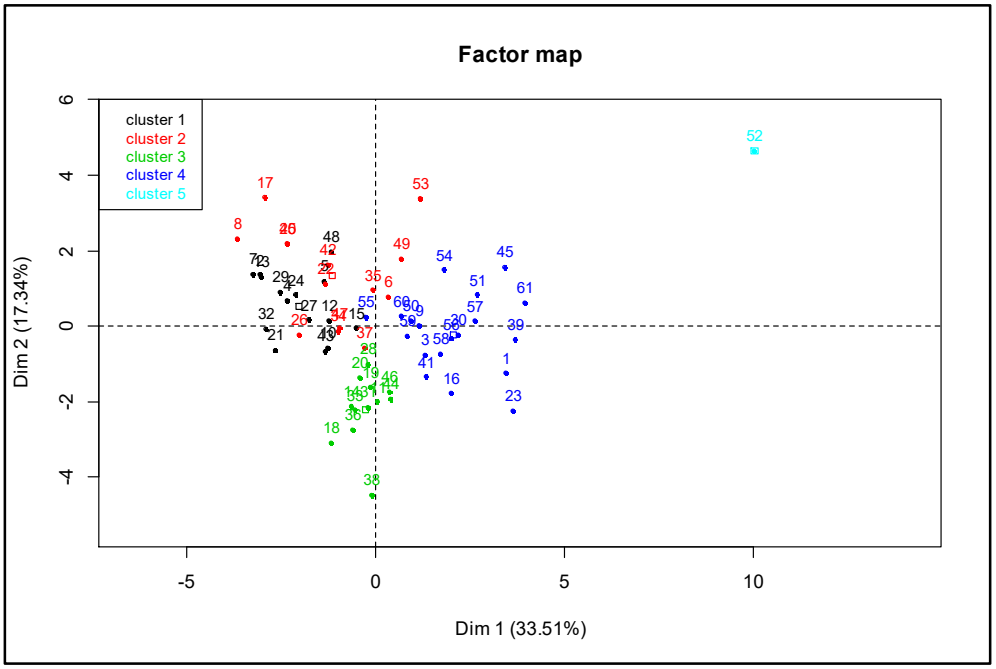


Figura 22: Plano factorial de Individuos; priorización sobre la priorización.

Tabla 24: Varianza de las componentes principales; Priorización sobre la priorización

Varianza de las componentes principales		
Componente Principal	Varianza	Varianza acumulada
CP1	33,508	33,508
CP2	17,342	50,850
CP3	12,368	63,218
CP4	8,201	71,419
CP5	8,037	79,456
CP6	5,206	84,662
CP7	4,773	89,435
CP8	3,688	93,123
CP9	2,375	95,498
CP10	2,053	97,551
CP11	1,177	98,728
CP12	0,956	99,684
CP13	0,272	99,956
CP14	0,040	99,996
CP15	0,004	100,000
CP16	0,000	100,000

Tabla 25: Peso porcentual de cada variable en las primeras 5 componentes principales; Priorización sobre la priorización

PESO PORCENTUAL DE CADA VARIABLE EN LAS PRIMERAS 5 COMPONENTES PRINCIPALES						
VARIABLE		CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
A	Densidad Poblacional	0,002398	0,365329	23,626190	19,175027	8,028872
B	% de población cabecera	9,981260	5,838445	3,162843	10,643433	0,327696
C	% de población resto	9,981260	5,838445	3,162843	10,643433	0,327696
D	NBI Cabecera	2,189799	18,904573	0,343335	0,616200	3,807374
E	NBI Resto	1,512873	1,185910	23,051898	7,065816	10,695654
F	IPM Cabecera	0,149642	18,349904	2,425453	2,804088	3,476483
G	IPM Resto	1,396653	12,822035	4,297185	2,949382	12,662480
H	Desempeño Municipal	0,055971	0,349078	14,983727	7,922619	1,857606
I	Importancia Económica	6,155560	6,978332	6,346348	10,754404	0,328314
J	DQO – DBO	15,980503	2,825413	0,086254	0,710149	0,085172
K	Fosforo Total	17,056688	1,868501	0,041386	0,426543	0,557438
L	Nitrógeno Total	17,306649	1,459061	0,060082	0,317855	0,452374
M	Sólidos Suspendidos Totales	16,493579	2,481853	0,056208	0,466975	0,004636
N	Índice de Riesgo de la	0,580895	5,095096	0,939573	5,012743	40,922235

	Calidad del Agua					
O	Cobertura de Acueducto	0,003585	7,515885	16,960960	6,143444	13,587344
P	Cobertura de Alcantarillado	1,152684	8,122140	0,455713	14,347888	2,878628

En este análisis de componentes principales se pueden evidenciar los siguientes cambios con respecto a al análisis de componentes principales inicial:

1. La varianza de las primeras componentes principales, se reduce a comparación del primer análisis, se puede evidenciar esto pues se alcanza el 90% de varianza acumulada hasta la séptima componente principal y no en la quinta como sucedió en el primer análisis de tipologías realizado.
2. Igualmente los pesos de cada variable en las componentes principales cambian no solo en su peso porcentual sino en algunas variables que no fueron relevantes en el anterior análisis; en este con menos municipios los indicadores relacionados a la calidad del agua no tienen la misma participación porcentual; por el contrario las variables sociales y demográficas tienen mayor relevancia; esto es un indicio de la realidad socioeconómica de los municipios priorizados, que en términos sociales y económicos no son comparables a aquellos municipios con mayor grado de desarrollo.
3. La configuración de los vectores de los indicadores también cambian en su configuración, a continuación se describirán los cuadrantes de los planos factoriales:

Tabla 26: Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos; Priorización sobre priorización.

Descripción de los cuadrantes del plano factorial de individuos	
Cuadrante	Descripción
I	Los municipios que se encuentran el cuadrante I del plano factorial, son municipios que tienen las mayores concentraciones de nutrientes en sus aguas; además son los municipios que tienen un mayor porcentaje de habitantes en el casco urbano con respecto a los otros municipios.
II	Los municipios que se encuentran el cuadrante II del plano factorial, son en su mayoría rurales, además en términos sociales son los municipios con los indicadores más altos de pobreza multidimensional y de necesidades básicas insatisfechas especialmente en área rural o resto de sus territorios.
III	Los municipios que se encuentran el cuadrante III del plano factorial son aquellos que están en la media de los indicadores; además son municipios que tienen una importante área si se compara con el resto de involucrados.

IV	Los municipios que se encuentran el cuadrante IV del plano factorial son los que poseen un mayor riesgo sanitario en cuanto a calidad de agua se habla, también son lugares que poseen bajas coberturas de servicios básicos domiciliarios.

Se determina que el grupo priorizado será el cluster número 2 (color rojo en la figura 22); pues este grupo de municipios es el que presenta los mayores índices de pobreza multidimensional y necesidades básicas insatisfechas; además la mayoría de los integrantes de este grupo se ubican en el cuadrante 2, por lo que son los municipios que requieren iniciativas sostenibles y económicas para sus territorios.

8.7. Propuesta de inteligencia territorial

Si bien una tecnología apropiada no discrimina entre municipios o lugares con las mejores condiciones socioeconómicas, incluso son una alternativa para los grandes capitales y presupuestos, la tipología que se realizó estuvo enfocada en beneficiar los sectores con mayor número de necesidades que requieran acciones que contribuyan a reducir las dificultades que en términos de disponibilidad y acceso al agua tengan las comunidades. Esta será nuestra brújula en el territorio (Bernal & Bustos, 2017).

Con la identificación de municipios prioritarios a través del método de análisis de componentes principales y clasificación, se logra establecer un grupo de municipios que presentan una serie de condiciones tanto sociales, como económicas y ambientales como también condiciones particulares respecto a la calidad de vida de sus habitantes.

Después de realizar la priorización sobre la priorización, se encuentra una particularidad en los resultados, de los 10 municipios priorizados, 8 se encuentran en la misma cuenca hidrográfica, incluso comparten limites políticos administrativos por lo que en este momento surge una oportunidad para el desarrollo de la metodología de inteligencia territorial, se elaborara una propuesta de carácter regional que agrupe a los 8 municipios de la cuenca del rio Chicamocha, adicional a esto se realizará el mismo ejercicio en los dos municipios restantes, estos de forma individual, de esta manera se podrá apreciar las modificaciones puntuales que tiene la metodología de acuerdo a la escala que se considere.

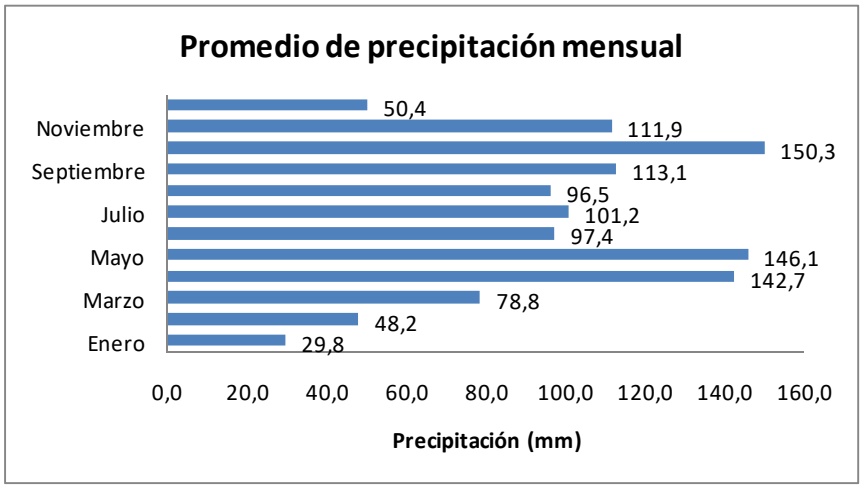
Propuesta de Inteligencia Territorial de tipo regional					
DEPARTAMENTO	Boyacá	CUENCA HIDROGRÁFICA	Rio Chicamocha	MUNICIPIOS	Betéitiva Covarachia El Espino Jericó

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Sativanorte
Socotá
Susacón
Tipacoque</td></tr>
<tr><td>TIPO DE TERRITORIO</td><td colspan="5">DESCRIPCIÓN</td></tr>
<tr><td>Territorio Real</td><td colspan="5">Los municipios que integran la parte baja de la cuenca hidrográfica del río Chicamocha, son asiduos habitantes de la zona rural, con una fuerte dependencia económica de la zona industrial aguas arriba, principalmente de los municipios de Sogamoso y Duitama, como principales empleadores de mano de obra; de todos los hogares presentes en los municipio en la zona rural; cerca del 60% no tiene sus necesidades básicas cubiertas, llegando incluso a alcanzar hasta 80% de insatisfacción; de forma similar en todos los municipios más del 76% vive en condiciones de pobreza, inclusive hasta llegar a un índice cercano al 92% (9 de cada 10 personas en la zona rural vive en condición de pobreza); las principales actividades económicas son la ganadería extensiva, la extracción de minerales y combustibles fósiles y la agricultura; esta actividades económicas expanden la frontera agrícola y la deforestación, de igual forma estas actividades históricamente se han realizado en lugares donde se pretende cierta conservación y protección, como rondas de cuerpos de agua, nacimientos y suelos con elevadas pendientes.

Esta área se caracteriza por tener pendientes elevadas y suelos con material parental impermeable, además de una extensa red hídrica que disminuye el índice de retención hídrica; igualmente el río principal que además da el nombre a la cuenca hidrográfica presenta una fuerte presión de aguas residuales proveniente de las actividades industriales y la generación de energía aguas arriba del mismo (CORPOBOYACÁ, 2006).

En cuanto a la disponibilidad de agua en términos de precipitación; el promedio de precipitación mensual se evidencia en la siguiente figura, los datos fueron obtenidos de las estaciones climatológicas siguientes:

<table>
<tr><th>Código de la estación</th><th>Municipio</th><th>Nombre</th></tr>
<tr><td>24035020</td><td>Beteitiva</td><td>Beteitiva</td></tr>
<tr><td>24030700</td><td>Covarachia</td><td>Covarachia</td></tr>
<tr><td>24030580</td><td>Jericó</td><td>Jericó</td></tr>
<tr><td>24035320</td><td rowspan="2">Sativanorte</td><td>Sativanorte</td></tr>
<tr><td>24030670</td><td>Santa Rosita</td></tr>
<tr><td>24030570</td><td rowspan="2">Socotá</td><td>Aposentos</td></tr>
<tr><td>35235010</td><td>El Cardon</td></tr>
<tr><td>24030240</td><td>Susacón</td><td>Susacón</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

	 *Figura 23: Promedio de precipitación mensual para la cuenca hidrográfica del rio Chicamocha* En estos territorios reales la problemática vigente es la inexistencia de la mayoría de los servicios de equipamiento e infraestructura para el abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales, además los abastecimientos rústicos por parte de los pobladores, no garantizan el mínimo sanitario en términos del índice de riesgo de la calidad del agua, por lo que el uso del agua representa un riesgo sanitario y de salud pública para los habitantes del área.
Territorio Vivido	La percepción que se tiene de la región a la que pertenecen los municipios, es la de un territorio donde se articulen de forma armónica todas las culturas y saberes de la comunidad, para de esta forma trabajar conjuntamente en todos los procesos sociales y ambientales. Además se quiere alcanzar un estatus de equidad e igualdad donde las oportunidades se distribuyan no solo en la región industrial, sino en toda la región pues no se debe desconocer ningún tipo de actividad, así estas no generen los mismos dividendos que la industria. Finalmente se tiene una percepción en donde el trabajo conjunto, contribuya a alcanzar un desarrollo sostenible y un trato amigable con el medio ambiente, para que pueda ser disfrutado por todas las personas que habitan la región (CORPOBOYACÁ, 2006).
Territorio Pensado	Es importante establecer las prioridades en cuanto a planificación para el territorio, enfocados en la conservación y preservación del agua: En escala regional, los instrumentos de planificación utilizados son el POMCA del río Chicamocha y el plan de desarrollo departamental de Boyacá. En escala local, los instrumentos de planificación utilizados son los esquemas de ordenamiento territorial (EOT) de cada uno de los municipios y su respectivo plan de desarrollo municipal.

A continuación, se enlista las prioridades que tiene cada instrumento de planificación en cuanto a la protección, en el área que comprenden los municipios en mención:

Instrumento de planificación	Municipio	Año	Prioridades
Esquema de ordenamiento territorial EOT	Betéitiva	2000	Quebrada Soiquia Quebrada Divaquia
	Covarachia	2007	Río Chicamocha Quebrada el Guamo Quebrada Honda
	El Espino	2001	Quebrada Valero Río Chiscano Río Nevado
	Jericó	2001	Quebrada Chitano Quebrada Canoas Río Veraguas
	Sativanorte	2001	Quebrada la Fragua
	Socotá	2000	Río Cravo Sur Río Arzobispo
	Susacón	2001	Río Susacón Río Jabonera Río Chicamocha
	Tipacoque	2000	Quebrada la Calera Quebrada el Amparo Quebrada Potrero Quebrada Colorado
Plan de desarrollo municipal PDM	Betéitiva	2016 - 2019	Quebrada Chorro Blanco Quebrada Soiquia Quebrada Divaquia
	Covarachia		Río Chicamocha Quebrada el Guamo Quebrada Honda
	El Espino		Quebrada Batan Quebrada Palo Blanco Quebrada el Saco Quebrada Valero Río Chiscano Río Nevado
	Jericó		Río Chitano
	Sativanorte		Quebrada la Fragua
	Socotá		Río Cravo Sur Río Arzobispo Río Payero
	Susacón		Río Susacón Río Jabonera Río Chicamocha

	Tipacoque		Quebrada Tipacoque Quebrada Galvan Río Chicamocha
POMCA rio Chicamocha		2006	Río Chicamocha Río Cravo Sur
Plan de desarrollo departamental PDD		2016 - 2019	Río Chicamocha Río Cravo Sur

En la revisión de los anteriores planes se observa que localmente se tiene un rumbo en la protección del recurso hídrico en los municipios, posteriormente en los planes de desarrollo se observa que los cuerpos de agua de interés son más robustos y que aumentó la importancia y el interés por conservar estos lugares.

En el caso del POMCA y el plan de desarrollo no se hace un detalle de los lugares que se quieren conservar en estas aéreas, sin embargo si se hace énfasis en adelantar y gestionar todas las actividades en pro de la protección de la cuenca hidrográfica y la disminución de la presión que tiene las actividades de los municipios sobre el cauce principal que es el que está más afectado.

Se evidencia un amento en el reconocimiento de la importancia de los cauces de agua, sus rondas y sus nacimientos; no solo por su importancia ecológica sino en los servicios ecosistémicos que ofrece a las personas.

Territorio Legal

Los actores que tienen incidencia en el territorio, se pueden agrupar a partir de metáfora de las 4 patas de una mesa (Bozzano, 2011), que juntas son el soporte de un territorio. Cada una de estas seria:

La primera son los actores con la capacidad de toma de decisiones, en escala regional se encuentra el gobernador del departamento de Boyacá y el director de CorpoBoyacá, además los 16 diputados de la asamblea departamental; en cuanto a la escala local se encuentran los alcaldes del municipio, la secretaria de hacienda, la secretaría de desarrollo social y la secretaria de planeación y obras públicas y los 9 integrantes del consejo municipal.

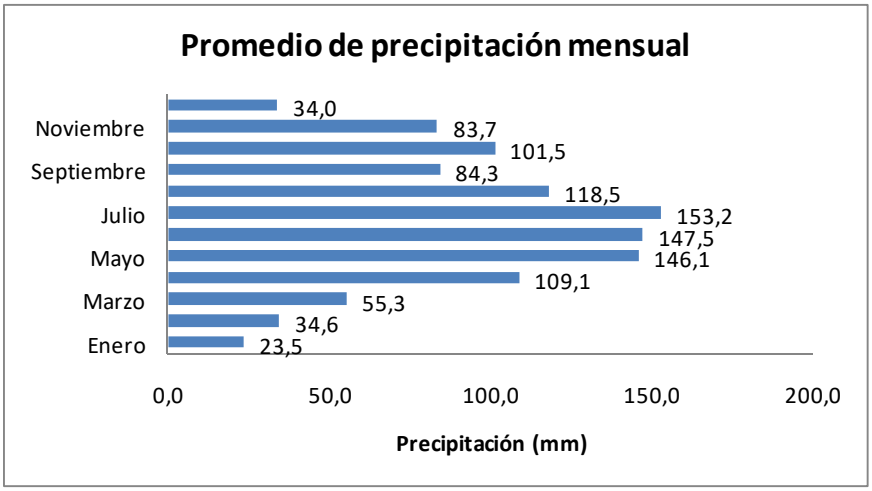
La segunda son los actores denominados comúnmente como grupos sociales, su importancia radica en que este grupo será el encargado de dar sostenibilidad en el tiempo a la propuesta, en la escala regional se encuentran el personero departamental, la corporación social del departamento y el instituto departamental de acción comunal; En escala local se encuentra el personero del municipio, y los integrantes del sindicato de maestros y trabajadores de la educación de Boyacá que laboren en los municipios de interés; además de cualquier persona que se encuentre interesada en brindar apoyo participar en el desarrollo de la propuesta realizada.

La tercera son los actores con la capacidad de brindar apoyo técnico para el desarrollo de los proyectos, en la escala regional se encuentra la secretaría de

	ciencia tecnología e innovación, la secretaria de agricultura y desarrollo rural, la secretaria de ambiente de la gobernación, el SENA y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, así como la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; no hay oferta educativa técnica, tecnológica o profesional en la escala local. La cuarta son los actores con la capacidad de brindar apoyo económico para el desarrollo de los proyectos, en escala regional se encuentra nuevamente la secretaria de ciencia, tecnología e innovación y la secretaria de agricultura y desarrollo rural del departamento, en la escala local se encuentra el banco agrario y la cooperativa Suragro.
Territorio Posible	Una descripción de territorio posible es aquel donde los municipios identificados como prioritarios puedan tener las mismas oportunidades y beneficios que tienen los municipios más industrializados y no solamente recibir las aguas servidas y contaminadas de la parte alta de la cuenca, además en este territorio posible los habitantes tienen sus necesidades básicas satisfechas cumplidas cabalmente y cada habitante goza de unas condiciones de vida dignas. En este contexto se propone realizar una convergencia de actores para lograr un objetivo común enfocado en la educación ambiental en el cual los habitantes de los municipios priorizados, se apropien del territorio de forma tal que sean los encargados de protegerlo y cuidarlo; especialmente los cuerpos de agua y las coberturas vegetales, pues son el insumo principal para albergar fauna y conservar la biodiversidad del lugar. En esta etapa de educación ambiental es fundamental crear vínculos entre las personas y lo demás actores donde se garantice una protección desde el territorio de aquellos lugares señalados como importantes, bien sea por su funcionalidad ecológica, social, cultural o económica. Estos lugares identificados por las poblaciones se confrontarán con los lineamientos de protección del plan de ordenamiento del municipio y los planes de desarrollo municipal, con el fin de encontrar similitudes entre lo que consideran los habitantes y lo que consideran sus gobernantes, de esta forma es más fácil impulsar medidas de protección si existe concertación entre las partes. La siguiente medida es determinar qué lugares de importancia no se encuentran concertados entre la población y los lineamientos de protección de las entidades, para generar un espacio de debate que permita adoptar medidas de protección que no impacten en la actividad social, económica, ecológica o cultural que ahí se desarrolle y que por el contrario proteja el lugar a través de la concertación de ideas Por último, se divulgarán diversas ideas en torno a la apropiación del territorio, manejo de recursos naturales y protección de las áreas identificadas

	como importantes. Todas estas acciones de pequeña escala, contribuyen a mejorar las condiciones de la cuenca; el principio fundamental del cuidado y protección de la cuenca hidrográfica; será la protección de las rondas y nacimientos de agua, sin discriminar su tamaño; principalmente a través de la reforestación y la correcta disposición de residuos sólidos; en este momento resulta fundamental el apoyo de la corporación Autónoma Regional de Boyacá, tanto en el acompañamiento técnico como en la donación de especímenes propios de la región y del ecosistema. También por parte de las alcaldías municipales se deben brindar alternativas en cuanto a la disponibilidad de combustible para las viviendas, entendiendo que el acceso a gas residencial es nulo y que la alternativa es la madera de los arboles (CORPOBOYACÁ, 2006). El éxito de esta propuesta radica en proyectar las acciones de protección de la cuenca hidrográfica a los municipios que no están priorizados en este ejercicio, aquí resulta clave el acompañamiento de la corporación autónoma regional de Boyacá y la gobernación de Boyacá para lograr replicar las acciones en otros lugares teniendo presente la protección de rondas y nacimientos de agua; sin importar su tamaño o su importancia relativa.

Propuesta de Inteligencia Territorial municipio de Machetá					
DEPARTAMENTO	Cundinamarca	CUENCA HIDROGRÁFICA	Rio Garagoa	MUNICIPIOS	Machetá
TIPO DE TERRITORIO	DESCRIPCIÓN				
Territorio Real	En el municipio de Macheta residen cerca de 1200 familias, que habitan mayoritariamente en el área rural o dispersa del municipio, la reducida inversión y gestión del gasto público ha generado que al menos la mitad de sus habitantes del área rural no tengan cubiertas sus necesidades básicas insatisfechas y que cerca del 80% de sus habitantes estén en condición de pobreza, lo que aumenta la dependencia y explotación de los recursos naturales locales, especialmente en la madera, el agua y el suelo, que intensifica el fenómeno de ampliación de la frontera agrícola (Alcaldía de Machetá, 2016). Si bien el área se caracteriza por poseer pendientes medianas que permiten la mayoría de actividades agropecuarias, la principal actividad económica es la ganadería extensiva que incluso ha utilizado el suelo destinado a la protección de ecosistemas estratégicos de páramo y las rondas de los ríos, el paisaje se complementa con vegetación y fauna propia de páramo en los relieves más escarpados y con vegetación de bosque alto andino en el resto del municipio. En cuanto a la disponibilidad de agua en términos de precipitación; el promedio de precipitación mensual se evidencia en la siguiente figura, los datos fueron obtenidos de las estaciones climatológicas siguientes:				

	<table><tr><td>Código</td><td>Municipio</td><td>Nombre</td></tr><tr><td>35073230</td><td>Machetá</td><td>Macheta Granja Agropecuaria</td></tr></table>  *Figura 24: Promedio de precipitación mensual municipio de Machetá* En estos territorios reales la problemática vigente es la inexistencia de la mayoría de los servicios de equipamiento e infraestructura para el abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales.
Territorio Vivido	La percepción que se tiene del municipio a futuro, es la de un lugar donde se articulen de forma armónica la comunidad y el gobierno, para de esta forma trabajar conjuntamente en todos los procesos de mejoramiento para alcanzar un desarrollo sostenible y social, que impacte directamente en la calidad de vida de cada uno de los habitantes del municipio (Alcaldía de Machetá, 2016).
Territorio Pensado	Es importante establecer las prioridades en cuanto a planificación para el territorio, enfocados en la conservación y preservación del agua: En escala regional, los instrumentos de planificación utilizados son el POMCA del rio Garagoa y el plan de desarrollo departamental de Cundinamarca. En escala local, los instrumentos de planificación utilizados son el EOT del municipio de Macheta y el plan de desarrollo municipal. A continuación, se enlista las prioridades que tiene cada instrumento de planificación en cuanto a la protección, en el área que comprende el municipio de Machetá: <table><tr><td>Instrumento de planificación</td><td>Año</td><td>Prioridades</td></tr><tr><td>Esquema de ordenamiento territorial EOT</td><td>2011</td><td>Río Machetá Río Guatanfur Quebrada corralillos Quebrada los Arayanes</td></tr></table>

			Quebrada Colorada Quebrada Don Alonso Quebrada el Guacal Quebrada el Salitre
	Plan de desarrollo municipal PDM	2016 – 2019	Río Machetá Río Guatanfur Quebrada Don Alonso Quebrada el Pueblo Área de reserva forestal protectora "El Frailejonal"
	POMCA rio Garagoa	2006	Río Machetá
	Plan de desarrollo departamental PDD	2016 - 2019	Ninguna relacionada a la cuenca del rio Garagoa

En la revisión de los anteriores planes se observa que localmente se tiene una perspectiva en la protección del recurso hídrico en el municipio, además acorde a lo referido en el esquema de ordenamiento, "la prioridad en el uso del suelo siempre será la conservación de las aéreas naturales de interés que aprovisionan servicios"; además en el plan de desarrollo formulado 7 años después del EOT aparece un área protegida especifica que se encuentra priorizada para su protección, lo que muestra un evidente avance en el entendimiento y conservación del territorio; En términos regionales donde el grado de detalle es general, solo un rio que pertenece al municipio se encuentra priorizado en el POMCA de la cuenca, mientras que en el plan de desarrollo del departamento si bien se enfatiza en proteger los recursos hídricos y cumplir a cabalidad los POMCAS formulados, no se especifica ningún lugar que beneficie directamente al municipio.

Territorio Legal	Los actores que tienen incidencia en el territorio, se pueden agrupar a partir de metáfora de las 4 patas de una mesa (Bozzano, 2011), que juntas son el soporte de un territorio. Cada una de estas seria: La primera son los actores con la capacidad de toma de decisiones, en escala regional se encuentra el gobernador del departamento de Cundinamarca y el director de CorpoChivor, CorpoBoyacá y la CAR, además los 16 diputados de la asamblea departamental; en cuanto a la escala local se encuentran el alcalde del municipio, la secretaria de hacienda, la secretaría de desarrollo social y la secretaria de planeación y obras públicas y los 9 integrantes del consejo municipal. También surge un importante reto entre estos actores en lo referido a coordinar acciones en torno al cuidado y protección de la cuenca que resulten eficaces y coherentes, teniendo en cuenta que jurídicamente, la cuenca hidrográfica debe ser protegida por tres corporaciones regionales distintas. La segunda son los actores denominados comúnmente como grupos sociales, en la escala regional se encuentran el personero departamental, la corporación social del departamento y el instituto departamental de acción comunal; En escala local se encuentra el personero del municipio, la

	asociación de campesinos de Machetá para reactivar el campo, la asociación de mujeres productoras rurales de Macheta y las diferentes asociaciones de usuarios de servicio de acueducto en las veredas del municipio. La tercera son los actores con la capacidad de brindar apoyo técnico para el desarrollo de los proyectos, en la escala regional se encuentran la secretaría de ciencia tecnología e innovación, la secretaria de agricultura y desarrollo rural, la secretaria de ambiente de la gobernación, el SENA y las universidades; en la escala local se encuentran las secretarias de agricultura, medio ambiente y desarrollo rural del municipio. La cuarta son los actores que brindan apoyo económico para el desarrollo de los proyectos, a escala regional se encuentra el banco agrario; en escala local se encuentra la secretaria de hacienda del municipio.
Territorio Posible	Una descripción de territorio posible es aquel territorio donde sus habitantes tengan cubiertas sus necesidades básicas insatisfechas sin que esto signifique un deterioro en sus recursos naturales ni en su economía personal. Este municipio ha sido seleccionado pues su contexto socioeconómico, deja en evidencia múltiples necesidades que no se encuentran cubiertas, por lo que requiere de acciones inmediatas, de bajo costo y de fácil trasferencia, pues se debe reconocer que el municipio y sus habitantes no cuentan con grandes capitales, para invertir en tecnologías complejas. La tecnología apropiada propuesta es la construcción de sistemas de captación y de agua lluvia, utilizando como insumo principal las recientes dotaciones para las viviendas del municipio a través del programa de mejoramiento de vivienda de la alcaldía municipal que en el periodo 2015 – 2019, entrego 1200 tanques de almacenamiento de agua con una capacidad de 250 litros con el fin de dignificar las viviendas mejorando las edificaciones de las personas más vulnerables. La tecnología consiste en captar el agua de lluvia que cae sobre los tejados de las viviendas y transportarla al tanque de almacenamiento para de esta forma incrementar la cantidad de agua disponible en las viviendas, teniendo en cuenta que el municipio tienen una cobertura de 22.94% en el área rural o dispersa del municipio (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2016), en principio la tecnología busca acaparar el agua suficiente para el uso doméstico de las viviendas, que es cercana al 30% del consumo total, donde se incluye la descarga de los sanitarios, la limpieza de los pisos y el riego de plantas. Con esto se pretende ahorrar esfuerzos en las viviendas en cuanto a la adquisición del agua para los anteriores usos y a diferencia de sistemas convencionales de almacenamiento como baldes o piscinas naturales, esta tecnología es higiénica y con el debido mantenimiento es posible evitar que el agua lluvia sea un foco de transmisión de enfermedades, en especial al dengue.

	Para implementar esta tecnología no se requiere de grandes maquinarias ni diseños, además que la inversión tanto para la construcción como para el funcionamiento es baja pues no alcanza el valor de un día de salario mínimo. En la tabla número 27 se muestran los criterios que se evaluarán para determinar si la tecnología propuesta resulta ser apropiada en el contexto socioeconómico que tiene el municipio, además de las características de diseño y costos asociados.

<table>
<tr><td colspan="6">Propuesta de inteligencia territorial municipio de Murillo</td></tr>
<tr><td>DEPARTAMENTO</td><td>Tolima</td><td>CUENCA HIDROGRÁFICA</td><td>Rio Lagunilla y otros directos al Magdalena</td><td>MUNICIPIOS</td><td>Murillo</td></tr>
<tr><td>TIPO DE TERRITORIO</td><td colspan="5">DESCRIPCIÓN</td></tr>
<tr><td>Territorio Real</td><td colspan="5">En el municipio de Murillo residen cerca de 600 familias, que habitan mayoritariamente en el área rural o dispersa del municipio, la reducida inversión y gestión del gasto público ha generado que más del 90% de su población rural estén en condición de pobreza, lo que aumenta la dependencia y explotación de los recursos naturales locales, especialmente en la madera, el agua y el suelo, que intensifica el fenómeno de ampliación de la frontera agrícola (Alcaldía de Murillo, 2016).

El municipio se caracteriza por poseer altas pendientes que restringen ciertas actividades y productos agropecuarios, la principal actividad económica es la ganadería extensiva que incluso ha utilizado el suelo destinado a la protección de ecosistemas estratégicos de paramo y las rondas de los ríos, desconociendo el potencial forestal que tiene el territorio, el paisaje se complementa con vegetación y fauna propia de páramo y en ocasiones con vegetación de bosque alto andino en las zonas más bajas del municipio (CORTOLIMA, 2008).

En cuanto a la disponibilidad de agua en términos de precipitación; el promedio de precipitación mensual se evidencia en la siguiente figura, los datos fueron obtenidos de las estaciones climatológicas siguientes:

<table>
<tr><td>Código</td><td>Municipio</td><td>Nombre</td></tr>
<tr><td>21250050</td><td>Murillo</td><td>Alto del Oso</td></tr>
<tr><td>21250490</td><td>Murillo</td><td>El Inciensal</td></tr>
<tr><td>21250110</td><td>Murillo</td><td>Murillo</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

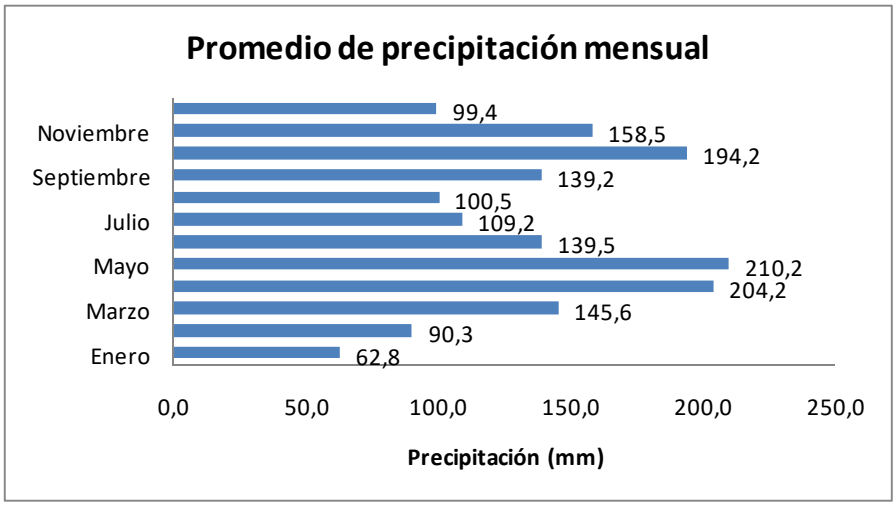
<table>
<tr>
<td></td>
<td>


Figura 25: Promedio de precipitación mensual municipio de Murillo

En estos territorios reales la problemática vigente es la inexistencia de la mayoría de los servicios de equipamiento e infraestructura para el abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales, especialmente en la zona rural donde la cobertura es casi nula y donde los habitantes recurren a abastecimientos y vertimientos no convencionales, donde su oferta y cantidad fluctúa de acuerdo al régimen de lluvia y que en cierta parte del año genera problemas de desabastecimiento de agua para el desarrollo de las actividades domésticas y productivas.
</td>
</tr>
<tr>
<td>Territorio Vivido</td>
<td>La percepción que se tiene del municipio a futuro, es la de un lugar ambientalmente sostenible donde se articulen el ecoturismo y la agroindustria para garantizar desarrollo humano, igualdad, inclusión, equidad y solidaridad y en general construir tejido social, para transformar el municipio, en uno líder en la gestión e integración regional al servicio de sus gentes y constructora de paz (Alcaldía de Murillo, 2016).</td>
</tr>
<tr>
<td>Territorio Pensado</td>
<td>
Es importante establecer las prioridades en cuanto a planificación para el territorio, enfocados en la conservación y preservación del agua:
En escala regional, los instrumentos de planificación utilizados son el POMCA del rio Magdalena y el plan de desarrollo departamental del Tolima.

En escala local, los instrumentos de planificación utilizados son el EOT del municipio de Murillo y el plan de desarrollo municipal.
A continuación, se enlista las prioridades que tiene cada instrumento de planificación en cuanto a la protección, en el área que comprende el municipio de Murillo:

<table>
<tr><th>Instrumento de planificación</th><th>Año</th><th>Prioridades</th></tr>
<tr><td>Esquema de ordenamiento</td><td>2019</td><td>Río Lagunilla
Río Recio</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>territorial EOT</td><td></td><td>Río Azul
Páramo de Murillo</td></tr>
<tr><td>Plan de desarrollo municipal PDM</td><td>2016 – 2019</td><td>Río Lagunilla
Río Recio
Termales de la Cabaña
Páramo de Murillo</td></tr>
<tr><td>POMCA río Magdalena</td><td>2014</td><td>Río Lagunilla
Río Recio</td></tr>
<tr><td>Plan de desarrollo departamental PDD</td><td>2016 - 2019</td><td>Río Recio
Páramo de Murillo</td></tr>
</table>

En la revisión de los anteriores planes se observa que existe cierto grado de coherencia en cuanto a la protección de los lugares que abastecen de servicios no solo al municipio en cuestión sino a todos los que integran la cuenca hidrográfica y el departamento. Adicionalmente en el área que comprende el municipio se encuentran el 6.61% de los páramos del departamento (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2009), por lo que también es relevante que este ecosistema se encuentre entre las prioridades de protección, pues evidencia un compromiso en el manejo sostenible de los recursos.

Además, es importante que se continúe con la formulación del POMCA del río Lagunilla, debido a que sería un nivel mayor de detalle en cuanto a protección, pues el POMCA del rio Magdalena es de carácter general y busca proteger los grandes aportantes del rio, en los cuales solo se encuentran dos ríos del municipio, en cambio con un POMCA con más detalle sobre la cuenca del río se podría incluir algunos más y fortalecer los planes, programas y proyectos enfocados a conservar y proteger los ríos de importancia para la región.</td></tr>
<tr><td>Territorio Legal</td><td>Los actores que tienen incidencia en el territorio, se pueden agrupar a partir de metáfora de las 4 patas de una mesa (Bozzano, 2011), que de manera integrada son el soporte de un territorio. Cada una de estas seria:

La primera son los actores con la capacidad de toma de decisiones, en escala regional se encuentra el gobernador del departamento del Tolima y el director de CorTolima, además los 15 diputados de la asamblea departamental; en cuanto a la escala local se encuentran el alcalde del municipio, la secretaria de hacienda, la secretaría de desarrollo social y la secretaria de planeación y obras públicas y los 9 integrantes del consejo municipal.

La segunda son los actores denominados comúnmente como grupos sociales, en la escala regional se encuentran el personero departamental, la corporación social del departamento y el instituto departamental de acción comunal; En escala local se encuentra el personero del municipio, la asociación de papicultores del Ruiz, la asociación productora de frutas FRUTIMOR y las diferentes asociaciones de usuarios de servicio de acueducto en las veredas del municipio.</td></tr>
</table>

	Los terceros son los actores con la capacidad de brindar apoyo técnico para el desarrollo de los proyectos, en la escala regional se encuentra la secretaría de ciencia tecnología e innovación, la secretaria de agricultura y desarrollo rural, la secretaria de ambiente de la gobernación, el SENA, la universidad del Tolima y la universidad Distrital. La cuarta son los actores con la capacidad de brindar apoyo económico para el desarrollo de los ´proyectos, en la escala regional se encuentran la secretaria de hacienda del departamento del Tolima y el banco agrario, en la escala local se encuentra la secretaria de hacienda del municipio.
Territorio Posible	Una descripción de territorio posible es aquel territorio donde sus habitantes tengan cubiertas sus necesidades básicas insatisfechas sin que esto signifique un deterioro en sus recursos naturales ni en su economía personal En este territorio se propone utilizar una tecnología denominada EKOMURO H2O +, un sistema de recolección de aguas lluvias elaborado con materiales de fácil y económica recolección, entre los que se encuentran envases PET de 3 o 2.5 litros de capacidad, que interconectados entre sí, conforman un depósito de agua de tipo vertical, compacto y resistente a las presiones del líquido, ocupando un mínimo de espacio, satisfaciendo las necesidades de ahorro y abastecimiento de agua de forma práctica, ecoeficiente y sostenible (Alba Torres, 2017). Esta tecnología no requiere grandes inversiones ni superficies, su construcción y mantenimiento puede ser realizado comunitariamente, además en su máxima capacidad el EKOMURO H2O+ almacena hasta 162 litros, suficientes para suplir la necesidad en cuanto a las actividades domésticas por familia, por lo que sería una preocupación menos el abastecerse para las labores cotidianas (Mateos, 2018). Para el año 2015 se estimaba que el costo de elaboración de un EKOMURO H2O + convencional podría llegar a costar 22000 pesos colombianos, si se contaba con un cautin o soldador eléctrico, de lo contrario será necesario invertir en uno, que podría servir para la construcción de los restantes EKOMURO H2O+ (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015) (Alba Torres, 2017). Una de las ventajas de esta tecnología es que el primer estrato que es cerca del 30% del volumen total del agua, puede ser objeto de una desinfección primaria para ser utilizada para consumo; esta desinfección puede ser mediante calor o cloración (Alba Torres, 2017). Sin embargo, en el alcance de esta tecnología se pretende utilizar el agua para el uso doméstico (lavado de pisos y superficies, riego de plantas, aseo de sanitarios). La principal desventaja que se ha documentado es la dificultad en la recolección y almacenamiento de los envases PET, aunque también se ha reducido dicha desventaja al crear grupos ambientales en los colegios y

	escuelas de los lugares donde se pretende construir EKOMUROS. Otra opción que ya manejo Alba Torres (2017), es involucrar a las personas o organizaciones que se dedican al reciclaje y recolección de materiales en el municipio, pagando el precio justo por los envases que se recolecten, construyendo de esta manera tejido social. Además, será menester de la alcaldía municipal extender la construcción de esta tecnología de recolección de agua, especialmente en los colegios a través de capacitaciones y apoyo técnico y procedimental; con el fin de que la tecnología pueda ser utilizada por cualquier individuo que desee adaptarla y que tenga la disposición de construirlo y realizar su debido mantenimiento. En la tabla número 28 se muestran los criterios que se evaluarán para determinar si la tecnología propuesta resulta ser apropiada en el contexto socioeconómico que tiene el municipio, además de las características de diseño y costos asociados.

A continuación, se presentan las criterios que debe cumplir una tecnología para que pueda ser clasificada como apropiada, según el contexto en el que se implemente o transfiera, estos criterios serán seleccionados a partir de los lineamientos de (Salinas Amescua, 2009), (Ramírez, 2012) y (Gutiérrez Malaxechebarría, 2016).

Tabla 27: Descripción de criterios para la apropiación de la tecnología: Recolección en tejado con tanque

Descripción de criterios para la apropiación del la tecnología: Recolección en tejado con tanque		
Criterio	Descripción	Cumple
Mano de Obra	Hace referencia al número de personas que se requieren para la construcción y operación de la tecnología, comparada con los recursos humanos disponibles en el lugar. Esta tecnología no pretende emplear a ninguna persona de forma directa, por el contrario la propuesta se presenta como una alternativa que busca la convergencia de los diversos actores del territorio para alcanzar un objetivo en común, por lo que el desarrollo de la propuesta se fundamenta en las redes comunitarias y las personas que están interesadas en implementar la tecnología en su hogar.	NO
Calidad y requerimiento de insumos	Hace referencia a la disponibilidad y facilidad en el aprovisionamiento de los insumos para la construcción y operación de la tecnología. En cuanto a los insumos y materiales de construcción Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera; (2015) señalan que el fundamento de esta tecnología es utilizar la infraestructura ya presente en las viviendas, en especial el tanque de almacenamiento de agua para reducir la inversión inicial para implementar la	SI

	tecnología, por lo que se debe costear lo siguiente: • Tuberia PVC 2' y 4'para conducir el agua de los tejados al tanque de almacenamiento, su longitud depende de la distancia que exista entre el tanque de almacenamiento y la canoa de aguas. • 1 Tee de PVC 2" • Además se requiere para términos de facilidad de acceso al agua almacenada y la seguridad de las personas en especial los niños, una estructura que permita elevar el tanque a una altura superior a los 50 centímetros, esta debe soportar al menos 250 kg de peso y tener un área mayor al área del fondo del tanque (área mínima cuadrado de 1.25m x 1.25m).	
Impacto ecológico	Hace referencia a las consecuencias que se generan en el medio ambiente por la tecnología; según FAO (2013), la construcción y la operación de esta tecnología no tiene impactos ecológicos de gran magnitud, sin embargo se debe realizar correctamente el mantenimiento y limpieza para evitar la proliferación de vectores que puedan trasmitir virus, tales como Zika, Dengue, Malaria entre otros.	SI
Calidad del Producto	Hace referencia al nivel de satisfacción generado al usuario después de evidenciar su funcionamiento, FAO (2013) menciona que la tecnología tienen una alta aceptabilidad pues además de aprovechar la infraestructura de las viviendas aumenta la cantidad de agua disponible para el uso doméstico, sin recurrir a esfuerzos físicos adicionales para transportar el agua.	SI
Patrón de Consumo	Hace referencia al impacto que genera la tecnología en el consumo de la población que se beneficia de la misma, en este caso, PNUD (2016) menciona que la presente tecnología genera un cambio en la concepción social del agua y la importancia del uso eficiente de la misma. Además genera un cambio en el patrón de consumo de los individuos relacionados a la tecnología.	SI
Costo de la tecnología	Hace referencia a los costos monetarios que acarrea la construcción y el funcionamiento de la tecnología; Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, (2015) estiman que la construcción de la estructura que abastece al tanque de almacenamiento de agua, es cercana a los 30.000 pesos (Belalcázar et al, 2015). En este punto resulta necesario evaluar el costo de la construcción de la tecnología, respecto a los ingresos que puede tener una persona, para determinar si es posible adquirirla con los medios que se tienen. En este caso se observa que el costo asociado a la tecnología representa el 3.41% del salario mínimo legal vigente que en términos prácticos es la cantidad mínima que debe devengar una persona en el territorio colombiano. Según los lineamientos de Belalcázar et al. (2015) si una tecnología cuesta menos del 10% del ingreso mensual de la persona a la cual se pretende transferir la tecnología, es posible inferir una correcta transferencia de la misma pues es un valor que	SI

	no pone en riesgo la conducta económica del destinatario en el mes de la compra.	
Duración del proyecto	Hace referencia a la velocidad con que se puntualiza la construcción y el funcionamiento de la tecnología; en este caso la propuesta está destinada para implementarse durante 6 meses; el primer mes estará destinado a acercar a los actores a la propuesta para establecer la cantidad de viviendas que cuentan con un tanque de almacenamiento, resultara útil los resultados del programa de mejoramiento de vivienda del municipio en los últimos 4 años, pues se tiene una base de datos de aquellas viviendas que cuentan con esta infraestructura, para el año 2019, se habían dotado cerca de 1200 viviendas con un tanque de almacenamiento de 250 Litros (Alcaldía de Machetá, 2016). En el tiempo restante se adoptará la tecnología de acuerdo a las características de cada una de las viviendas, además de capacitar a sus habitantes en el uso óptimo de la misma y en el mantenimiento necesario para preservar la calidad del agua que se almacenará en la tecnología.	SI
Capacidad de Asimilación	Se refiere al nivel de aprovechamiento de la tecnología, en función de las capacidades tecnológicas de las personas; según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera; (2015) el fácil funcionamiento de esta tecnología y el mantenimiento esporádico de la misma genera una alta aceptabilidad pues no afecta los patrones diarios bien sea de trabajo o descanso que tienen los individuos relacionados a la tecnología.	SI
Perfil del personal	Hace referencia a las características que debe tener la mano de obra, en el caso de la construcción la mano de obra serán algunos de los actores relacionados con el proyecto de la tecnología, para el funcionamiento y mantenimiento no se requiere mano de obra.	SI
Generación de productos y subproductos	Hace referencia a los productos que se obtienen como consecuencia del funcionamiento de la tecnología; en este caso Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera; (2015) menciona únicamente agua para riego y usos domésticos (lavado de pisos y superficies, riego de plantas, limpieza de sanitarios) como finalidad única de la tecnología	SI
Generación de desechos	Hace referencia a los desechos que se obtienen como consecuencia del funcionamiento de la tecnología; en este caso Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera; (2015) menciona un desecho relacionado a los lodos generados por la precipitación de los sólidos presentes en el agua lluvia, por lo que es importante realizar el mantenimiento adecuado al sistema, cabe señalar que los lodos pueden ser dispuestos en el suelo para su posterior absorción.	SI
Vida Útil	Se espera que la tecnología tenga una vida útil de “por vida”, puesto que cada uno de sus componentes tienen una esperanza de vida superior a los 100 años , además tanto el PVC como el polietileno de los tanques, tienen características que les permite estar expuestos a la intemperie y resistir cambios bruscos de clima y condiciones atmosféricas (ETERNIT, 2016).	SI

<table>
<tr><td>Condiciones de operación</td><td>Se refiere a las limitaciones que tiene la tecnología en el momento de su funcionamiento, FAO (2013) menciona que la principal ventaja de la tecnología es su fácil funcionamiento y el entendimiento de la misma.</td><td>SI</td></tr>
<tr><td>Límites de expansión</td><td>Se refiere a la capacidad de la tecnología de expandirse, esta es la principal limitante de la tecnología pues la población beneficiaria debe contar con un tanque de almacenamiento, si no cuenta con él debe conseguirlo y para un municipio con un índice de pobreza rural cercano al 90% puede resultar imposible e incluso exagerado invertir en un tanque que tiene un valor cercano a 120.000 pesos colombianos; por lo que la tecnología carecería de argumentos para ser considerada apropiada.

Por ello esta propuesta pretende utilizar los 1200 tanques que se han distribuido en los últimos años a la comunidad del municipio como insumo principal (Alcaldía de Machetá, 2016).</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>Nivel de producción</td><td>Es el efecto generado en el nivel de producción a causa de la tecnología, en este sentido el cambio que pretende la tecnología es abastecer a las viviendas para los usos domésticos (lavado de pisos y superficies, riego de plantas, aseo de sanitarios) que representan el 30% del consumo diario de agua de una vivienda.

Para el cálculo de la oferta del agua se utilizaran los promedios climatológicos del IDEAM del periodo 1981 -2010, específicamente los datos anuales con el fin de construir el mapa de isoyetas del municipio, arrojando lo siguientes resultados:

<table><tr><th>Rango de precipitación (mm)</th><th>Área de influencia (Km^2)</th></tr><tr><td>180 – 200</td><td>62.30</td></tr><tr><td>200 -220</td><td>166.18</td></tr></table>
Después se hará el cálculo para todo el municipio de la siguiente forma:

$$Precipitacion\ anual$$
$$= \frac{(190\ mm * 62.30\ Km^2) + (210\ mm * 166.18\ Km^2)}{(62.30 + 166.18) Km^2}$$
= 204.55 mm // 204.55 L

Esta cantidad es la oferta de agua promedio disponible por metro cuadrado en el municipio durante el año, es decir que si multiplicamos el valor por el área promedio del tejado de una vivienda (80 m^2) por este valor, nos da una precipitación total de 16364 Litros de agua lluvia disponible para almacenar durante el año.</td><td>SI</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td>Con las precipitaciones mensuales de los promedios climatológicos del IDEAM del periodo 1981 -2010, es posible determinar el porcentaje promedio de agua lluvia disponible para cada mes:

<table>
<tr><th>Mes</th><th>% precipitación</th><th>Volumen mensual (Litros)</th><th>% consumo (Litros)</th></tr>
<tr><td>Enero</td><td>2.15</td><td>352.59</td><td>35.61</td></tr>
<tr><td>Febrero</td><td>3.17</td><td>518.38</td><td>52.36</td></tr>
<tr><td>Marzo</td><td>5.07</td><td>829.49</td><td>83.79</td></tr>
<tr><td>Abril</td><td>10</td><td>1636.58</td><td>165.31</td></tr>
<tr><td>Mayo</td><td>13.39</td><td>2191.14</td><td>221.33</td></tr>
<tr><td>Junio</td><td>13.52</td><td>2212.03</td><td>223.44</td></tr>
<tr><td>Julio</td><td>14.04</td><td>2297.2</td><td>232.04</td></tr>
<tr><td>Agosto</td><td>10.86</td><td>1776.52</td><td>179.45</td></tr>
<tr><td>Septiembre</td><td>7.72</td><td>1263.91</td><td>127.67</td></tr>
<tr><td>Octubre</td><td>9.3</td><td>1522.01</td><td>153.74</td></tr>
<tr><td>Noviembre</td><td>7.67</td><td>1254.46</td><td>126.71</td></tr>
<tr><td>Diciembre</td><td>3.11</td><td>509.42</td><td>51.46</td></tr>
</table>

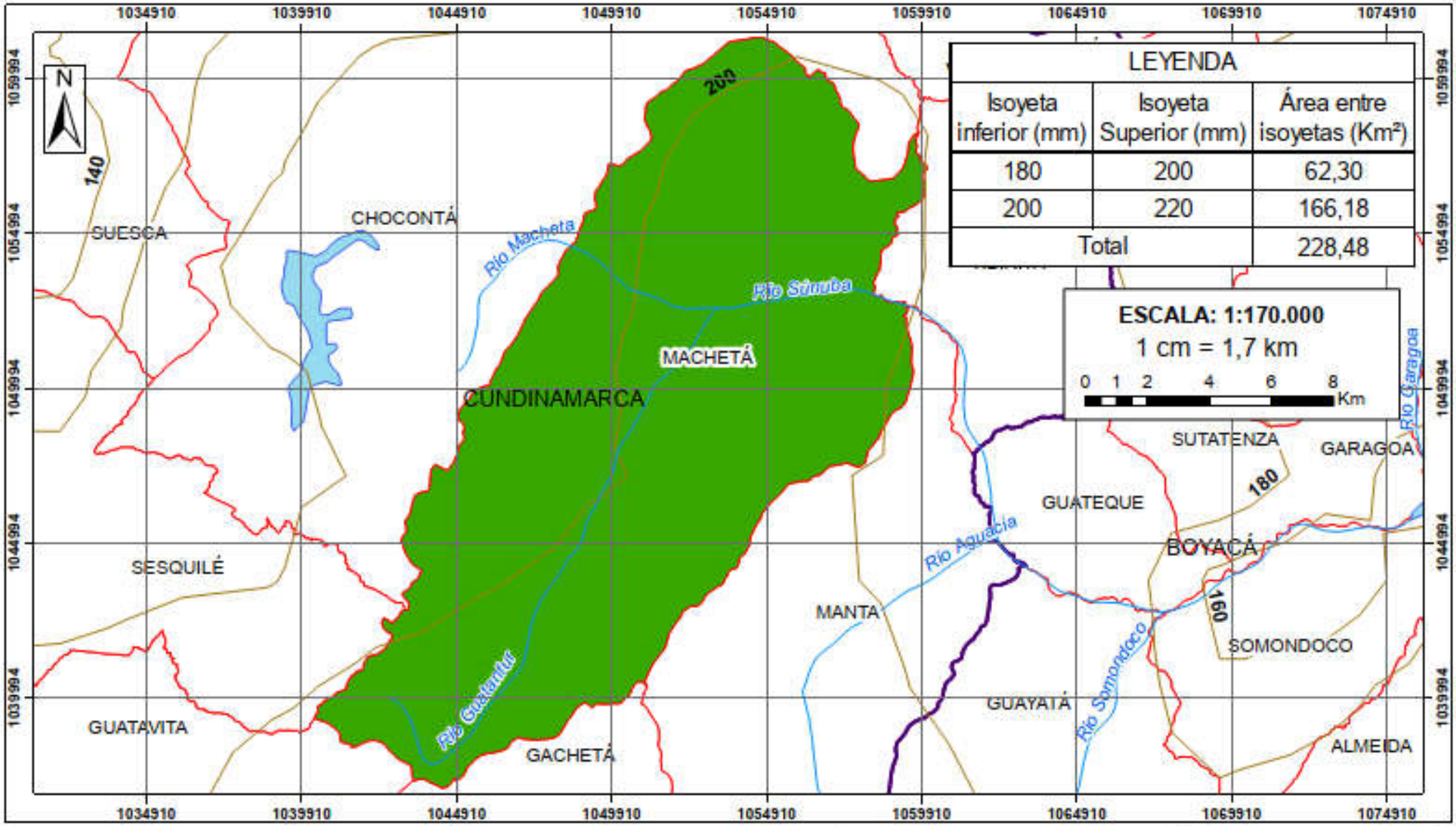
El consumo de agua por vivienda rural se estima en 110 litros/día (Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico, 2015), el 30% de ese consumo corresponde a 33 litros/día que sería el consumo doméstico de la vivienda, por lo que en promedio se requerirán cerca de 990 litros de agua al mes para suplir este consumo, de acuerdo a la anterior tabla en los meses de Abril hasta Noviembre la oferta de agua para el uso doméstico está cubierta en su totalidad por la tecnología, lo que representa 2/3 partes del año con el abastecimiento suficiente para este uso por lo que se mejoraría la calidad de vida de los habitantes de cada vivienda rural donde se desarrolle la tecnología, al ahorrar tiempo y esfuerzos en el abastecimiento y almacenamiento de la misma cantidad de agua por otro medio.</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Origen de los proveedores</td>
<td>Hace referencia a la identidad del proveedor y las experiencias previas que ha tenido en la transferencia de la tecnología, en este sentido FAO (2013) menciona al menos un centenar de experiencias exitosas previas con esta tecnología en América Latina, especialmente en el Caribe y Centroamérica, lugares que comúnmente poseen deficiencia en el suministro de agua a las comunidades.</td>
<td>SI</td>
</tr>
<tr>
<td>Manejo de la información</td>
<td>Se refiere a la información que se puede obtener respecto a los antecedentes de la tecnología en otros contextos y que brinde mayor confianza a la propuesta, en este caso Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) proponen implementar estos sistemas de almacenamiento de agua lluvia como una alternativa en agua potable en el marco de la estrategia de entornos saludables para el departamento de Nariño.</td>
<td>SI</td>
</tr>
</table>

Clasificación de la tecnología	Los sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia con tanque se definen según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) como un sistemas sostenibles y durables en el tiempo, principalmente porque contribuye a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible desde la escala local, concretamente el 6 (agua limpia y saneamiento), el 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y el 13 (acción por el clima).	SI
Madurez de la tecnología	Se refiere al punto del ciclo de vida en el que se encuentra la tecnología, en este sentido Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) la tecnología se encuentra en fase de madurez pues ha llegado al punto en la que ha sido desplazada por nuevas tecnologías, sin embargo aún es una alternativa eficiente para muchas comunidades debido a sus bajos costos y facilidades de instalación.	SI
Ventajas en el producto	• El agua de lluvia tiene una alta calidad físico - química. • Es una tecnología independiente, ideal para comunidades dispersas y alejadas. • Emplea materiales locales e infraestructura ya presente en el lugar. • Es fácil de usar y mantener, además representa un ahorro de tiempo y esfuerzo en la recolección de las aguas lluvia. • No requiere ningún tipo de energía para la operación del sistema.	SI
Requerimientos energéticos	La tecnología no requiere ninguna energía, utiliza la gravedad para su funcionamiento (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015).	SI
Patentes y licencias	Se refiere al grado de protección que tiene una tecnología, para este caso la tecnología está libre de patente pues cada vivienda requiere de un diseño diferente para su funcionamiento.	SI
Requerimientos de almacenaje	Hace referencia a las necesidades de almacenaje de los insumos que requiere la tecnología para su construcción y su funcionamiento, según FAO (2013) esta tecnología es compacta y solo requiere un área cercana al metro cuadrado para instalar el tanque de almacenamiento.	SI
Adaptabilidad	Se refiere a la capacidad de la tecnología de ser aplicada en diferentes contextos, según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015), la facilidad para adaptar el concepto de la recolección de agua lluvia en cuanto a materiales y capacidad, ocasionan que la tecnología sea de fácil acceso para cualquier población o comunidad. Para el caso concreto del municipio se propone 2 alternativas para instalar el tanque de almacenamiento en las viviendas, la primera es realizar un cambio puntual en el funcionamiento de la tapa con el fin de recolectar agua de lluvia adicional a la del tejado, este aumento sería cercano a los 464 litros al año, esta modificación consiste en perforar la parte superior de la tapa con orificios de diámetro ¼' e incrustar con 4 ganchos auxiliares la tapa volteada de forma esta sirva	SI

	como un embudo y se recolecte mayor cantidad de agua (ver plano: recolección en tejado con tanque). La siguiente alternativa es conectar el tanque de almacenamiento directamente a la canal de lluvias utilizando la conexión de entrada de diámetro ½', así se conservarían las proyecciones de disponibilidad de agua expuestas en el nivel de producción.	
Canal de transferencia	Se refiere a los actores y procesos que participan en la trasferencia de la tecnología. Todo reseñado en el territorio legal del municipio de Machetá.	SI
Factor ambiental	Se refiere a las medidas que tendrían lugar en caso de que la tecnología en su construcción o funcionamiento genere productos que puedan deteriorar el medio ambiente. Para este caso (ETERNIT, 2016) menciona que la durabilidad de los tanques son mayores a los 100 años al ser construidos en polipropileno, además la vida útil de las tubería de PVC superan también los 100 años.	SI
Asistencia técnica	Se refiere a la facilidad de encontrar asistencia técnica por parte del proveedor para cualquiera de las fases de trasferencia de la tecnología, en este sentido la asistencia técnica se realizara de manera presencial antes y durante la etapa de construcción, donde se capacitará en el manejo adecuado de la tecnología y en los parámetros de funcionamiento y mantenimiento.	SI
Contratación de expertos	Se refiere a la necesidad del personal calificado y competente que garantice la adecuada manipulación de la tecnología. En este sentido la instalación y mantenimiento del sistema de captación no requiere de expertos pues la tecnología presenta operación sencilla, fácil instalación y mantenimiento, por lo que cualquier persona puede realizarlo (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015).	SI
Desechos y residuos contaminantes	A diferencia del criterio factor ambiental este hace referencia a las sustancias contaminantes que más allá de perturbar el medio, lo contaminan; en este sentido FAO (2013) califica a la tecnología como limpia pues no genera ninguna sustancia contaminante y además no consume ningún tipo de energía más allá de la aceleración de la gravedad.	SI
Grado de automatización	Hace referencia al nivel de automatización que puede llegar a tener los procesos. En este sentido FAO (2013) menciona que la tecnología es completamente automática y que requiere un mantenimiento periódico si lo que se busca es mantener la calidad del agua lluvia.	SI
Riesgos	Se refiere a los riesgos tanto económicos, como sociales, como ambientales que pueda generar la trasferencia de la tecnología. La única que puede generarse según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) es que la precipitación no sea suficiente para llenar la capacidad del sistema, sin embargo en la etapa de nivel de producción se desestimó puesto que en 2/3 partes del año el sistema se encontrara en máxima capacidad; y en el tiempo restante estará por encima del 50% a excepción del mes de Enero donde se debe limitar el consumo de agua para las labores domésticas. Además con la modificación que se propone a la tapa del tanque es	SI

	posible aprovechar 464 Litros anuales adicionales a los ya proyectados, por lo que se reduciría el riesgo de la capacidad del sistema.	
Impacto en los procesos	Hace referencia a los efectos que tiene la tecnología sobre la cotidianidad, en este sentido el mayor efecto es la disposición en cualquier momento de agua de calidad para cubrir totalmente el consumo de tipo doméstico de las viviendas, sin la necesidad de trasladarse a un nacimiento o cuerpo de agua cercano o de utilizar alguna fuente de agua que no tenga la suficiente calidad para su uso (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015)	SI
Descripción de la tecnología	En el plano denominado diseño convenciónal de sistema de captación y almacenamiento de agua lluvia en tejado, se evidencian las características de la tecnología.	SI

De los 33 criterios de evaluación, únicamente 2 criterios no cumplen con los lineamientos para definirla como tecnología apropiada, Sin embargo el porcentaje de criterios positivos (93.94%), nos permiten señalar que la tecnología resulta apropiada para el contexto social, económico y ambiental del municipio de Machetá y que su implementación contribuirá a generar impactos positivos en la calidad de vida de las personas.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
ISOYETAS MUNICIPIO DE MACHETÁ
(CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA)

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

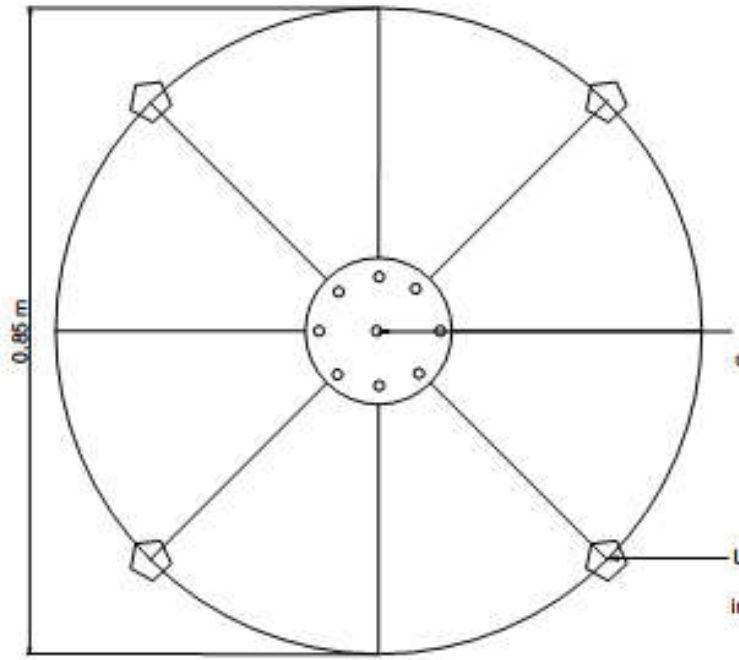
ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

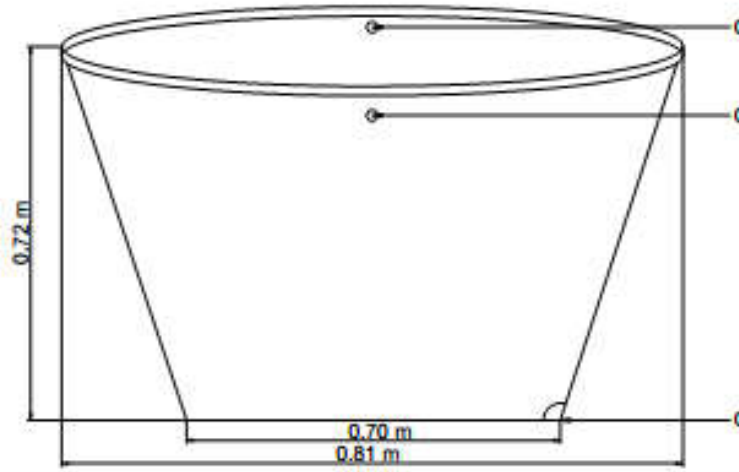
FUENTE: IDEAM - PROMEDIOS CLIMATÓLOGICOS (1981 - 2010)

CONVENCIONES
- Límite Departamental
- Limite Municipal
- Red Hídrica
- Isoyetas

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ





UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL ESTUDIO DE CASO: USO DEL AGUA

PLANO:
TECNOLOGÍA APROPIADA
RECOLECCIÓN EN TEJADO CON TANQUE

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUAREZ

Tabla 28: Descripción de criterios para la apropiación de la tecnología: EkoMuro H2O+

Descripción de criterios para la apropiación de la tecnología: EkoMuro H2O+ (Alba Torres, 2017)		
Criterio	Descripción	Cumple
Mano de Obra	Hace referencia al número de personas que se requieren para la construcción y operación de la tecnología, comparada con los recursos humanos disponibles en el lugar. Esta tecnología no pretende emplear a ninguna persona de forma directa, por el contrario la propuesta se presenta como una alternativa que busca la convergencia de los diversos actores del territorio para alcanzar un objetivo en común, por lo que el desarrollo de la propuesta se fundamenta en las redes comunitarias y las personas que están interesadas en implementar la tecnología en su hogar.	NO
Calidad y requerimiento de insumos	Hace referencia a la disponibilidad y facilidad en el aprovisionamiento de los insumos para la construcción y operación de la tecnología. En cuanto a los insumos y materiales de construcción, Alba Torres (2017) señala lo siguiente: "los materiales del ekomuro son 80% reutilizados y sin un valor aparente, el porcentaje restante son materiales que se consiguen fácilmente y no representan mayor inversión". Los materiales en mención son los siguientes: • Soldadura de PVC • Vinilo adhesivo • Cinta de teflón • 54 Botellas PET con capacidad de 3 o 2.5 Litros • Tapas de polipropileno (propias de los envases PET) • Perliferia Galvanizada 2" * ¾ " calibre 26 • Empaque de silicona ½ " • Tubería de PVC 1", ½" y 4" • Válvulas y accesorios ½" y ¾" • Amarres Plásticos 25 cm • Captador PVC 4" con malla de acero inoxidable	SI
Impacto ecológico	Hace referencia a las consecuencias que se generar en el medio ambiente por la tecnología; según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) la construcción y la operación de esta tecnología no tiene impactos ecológicos de gran magnitud, por el contrario es una medida eficiente en la disposición de residuos sólidos especialmente plásticos de un uso; además aumenta el ciclo de vida de los envases debido al reciclaje del producto.	SI
Calidad del Producto	Hace referencia al nivel de satisfacción generado al usuario después de evidenciar su funcionamiento, Alba Torres (2017) menciona que la tecnología tienen una alta aceptabilidad pues su diseño permite	SI

	que este se “camufle” con las paredes del lugar donde se instala, con el incentivo que puede ser decorado al gusto de las personas.	
Patrón de Consumo	Hace referencia al impacto que genera la tecnología en el consumo de la población que se beneficia de la misma, en este caso, Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) lograron evidencia un notorio cambio en los patrones de consumo y en la conciencia del cuidado del agua, especialmente en época seca donde se reduce comúnmente la cantidad de agua que llueve y que a final de cuentas es la que genera desabastecimiento del líquido.	SI
Costo de la tecnología	Hace referencia a los costos monetarios que acarrea la construcción y el funcionamiento de la tecnología; Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) estiman que la construcción de sistema ekomuro convencional requiere una inversión cercana a los 50.000 pesos colombianos, excluyendo de este valor las botellas PET y las tapas plásticas que no tienen un valor aparente. En este punto resulta necesario evaluar el costo de la construcción de la tecnología, respecto a los ingresos que puede tener una persona, para determinar si es posible adquirirla con los medios que se tienen. En este caso se observa que el costo asociado a la tecnología representa el 6.04% del salario mínimo legal vigente que en términos prácticos es la cantidad mínima que debe devengar un persona en el territorio colombiano. Según los lineamientos de Belalcázar et al. (2015) si una tecnología cuesta menos del 10% del ingreso mensual de de la persona a la cual se pretende transferir la tecnología, es posible inferir una correcta transferencia de la misma pues es un valor que no pone en riesgo la conducta económica del destinatario en el mes de la compra.	SI
Duración del proyecto	Hace referencia a la velocidad con que se puntualiza la construcción y el funcionamiento de la tecnología; en este caso la propuesta está destinada para implementarse durante 6 meses; el primer mes estará destinado a acercar a los actores a la propuesta para que juntos se logre el acopio de los envases PET que son el principal insumo de la tecnología, los siguientes meses estarán destinados además de la recolección de envases a la construcción y puesta en marcha de la tecnología a las personas que así lo deseen y que estén dispuestos en invertir en la alternativa. Finalmente en el tiempo que dura el proyecto se capacitará a los interesados en el mantenimiento de la tecnología para que esta perdure en el tiempo y pueda ser replicada para beneficiar posteriormente a más familias.	SI
Capacidad de Asimilación	Se refiere al nivel de aprovechamiento de la tecnología, en función de las capacidades tecnológicas de las personas; según Alba Torres (2017) este aspecto cultural es sobrellevado con el fácil funcionamiento y mantenimiento de la tecnología, además la tecnología tiene un impacto casi que inmediato sobre la calidad de	SI

	vida de las personas.	
Perfil del personal	Hace referencia a las características que debe tener la mano de obra, en el caso de la construcción la mano de obra calificada será algunos de los actores anteriormente mencionados, para el funcionamiento y mantenimiento no se requiere mano de obra.	SI
Generación de productos y subproductos	Hace referencia a los productos que se obtienen como consecuencia del funcionamiento de la tecnología; en este caso Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) menciona únicamente agua para riego y usos domésticos como finalidad única de la tecnología	SI
Generación de desechos	Hace referencia a los desechos que se obtienen como consecuencia del funcionamiento de la tecnología; en este caso Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) menciona dos desechos de consideración; el primero relacionado a los lodos que se precipitan después de cierto tiempo en el sistema el cual debe tener un mantenimiento periódico y el otro son los restos de plástico, especialmente de las tapas de polipropileno. También resaltan que estos subproductos son de fácil manejo y disposición por lo que podemos hablar de una tecnología ecológica en todos sus procesos.	SI
Vida Útil	El elemento que compone el EKOMURO que tiene una menor vida útil, son los envases PET, pues si bien son un material que demora más de 100 años en descomponerse si puede tener fraccionamientos y perder resistencia a través del tiempo, por lo que se estima que los envases PET pueden tener una vida útil entre 5 y 7 años (Valderrama Ocoró, Chavarro Guzmán, Osorio Gómez, & Peña Montoya, 2018), dependiendo del uso y exposición a factores ambientales que presenten. Sin embargo cabe resaltar que los envases PET no representan un gasto considerable pues son recolectados a través de campañas de reciclaje y no tiene valor aparente por lo que reemplazarlos resulta simple y económico.	
Condiciones de operación	Se refiere a las limitaciones que tiene la tecnología en el momento de su funcionamiento, Alba Torres (2017) menciona que esta tecnología es de fácil y práctica operación y se encuentra al alcance de cualquier persona.	SI
Limites de expansión	Se refiere a la capacidad de la tecnología de expandirse, Alba Torres (2017) ha formulado un plan de negocios para comercializar la tecnología en los colegios de la cuidad de Bogotá, por su parte Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) mencionan iniciativas de construcción del Ekomuro H2O+ en el departamento de Nariño, esto evidencia la fácil apropiación y transferencia de la tecnología.	SI
Nivel de producción	Es el efecto generado en el nivel de producción a causa de la tecnología, en este sentido el cambio que pretende la tecnología es abastecer a las viviendas para los usos domésticos (lavado de pisos y superficies, riego de plantas, aseo de sanitarios) que representan	SI

el 30% del consumo diario de agua de una vivienda.

Para el cálculo de la oferta del agua se utilizarán los promedios climatológicos del IDEAM del periodo 1981 -2010, específicamente los datos anuales con el fin de construir el mapa de isoyetas del municipio, arrojando lo siguientes resultados:

Rango de precipitación (mm)	Área de influencia (Km^2)
140 – 160	89.44
160 - 180	321.10
180 - 200	11.32

Después se hará el cálculo para todo el municipio de la siguiente forma:

$$Precipitacion\ anual$$

$$= \frac{(150\ mm * 89.44\ Km^2) + (170\ mm * 321.1\ Km^2) + (190 mm * 11.32\ Km^2)}{(89.44 + 321.1 + 11.32) Km^2}$$

= 166.30 mm // 166.30 L

Esta cantidad es la oferta de agua promedio disponible por metro cuadrado en el municipio durante el año, es decir que si multiplicamos el valor por el área promedio del tejado de una vivienda (80 m^2) por este valor, se obtiene una precipitación total de 13304 Litros de agua lluvia disponible para almacenar durante el año.

Con las precipitaciones mensuales de los promedios climatológicos del IDEAM del periodo 1981 - 2010, es posible determinar el porcentaje promedio de agua lluvia disponible para cada mes:

Mes	% precipitación	Volumen mensual (Litros)	% consumo (Litros)
Enero	3.8	504.89	51.0
Febrero	5.46	726.7	73.4
Marzo	8.81	1171.52	118.34
Abril	12.35	1642.87	165.95
Mayo	12.71	1691.19	170.83
Junio	8.43	1121.95	113.33
Julio	6.6	878.55	88.74
Agosto	6.08	808.29	81.65
Septiembre	8.42	1119.94	113.13
Octubre	11.75	1562.55	157.83

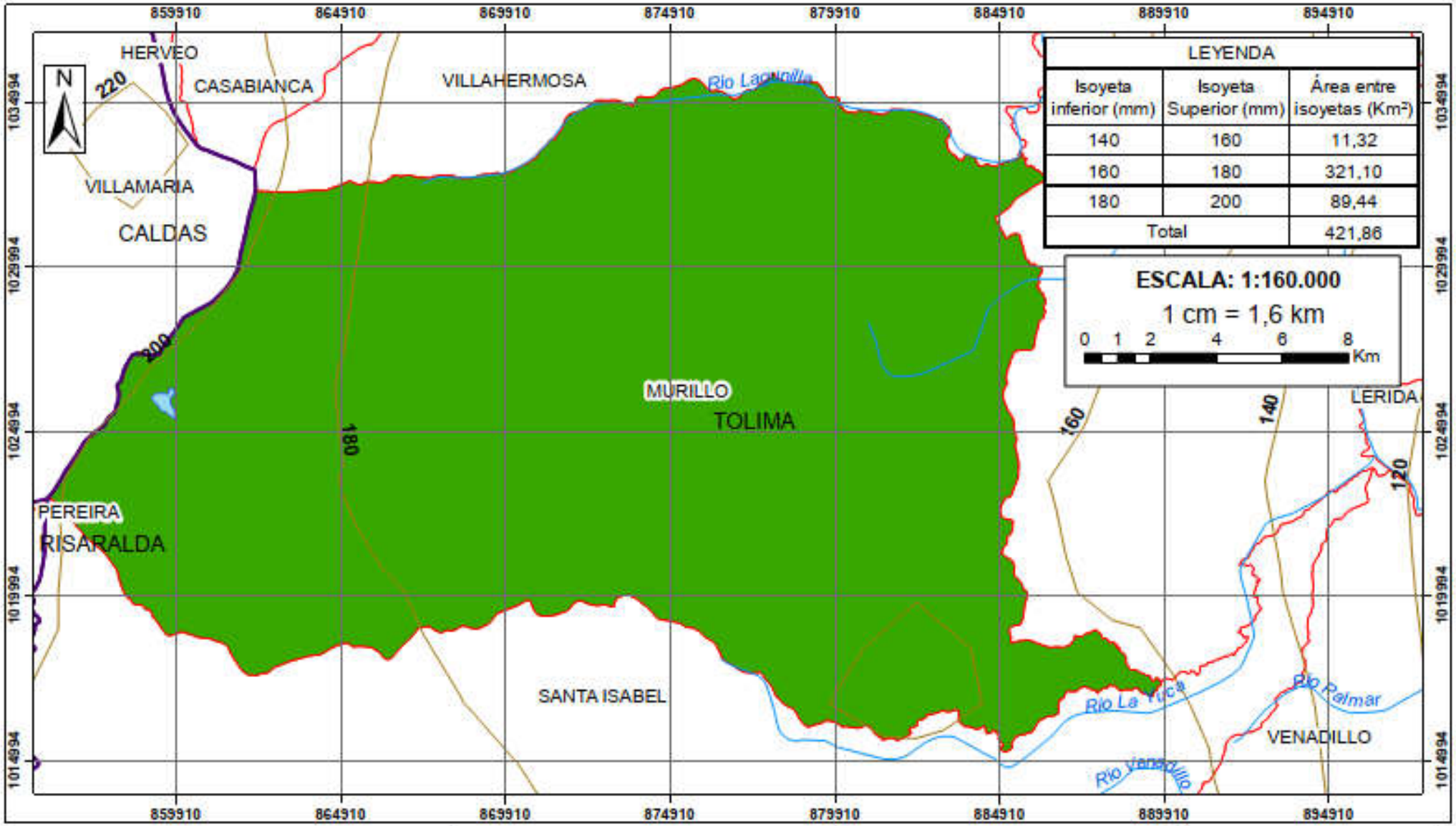
	<table><tr><td>Noviembre</td><td>9.59</td><td>1275.29</td><td>128.82</td></tr><tr><td>Diciembre</td><td>6.01</td><td>799.97</td><td>80.8</td></tr></table> El consumo de agua por vivienda rural se estima en 110 litros/día (Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico, 2015), el 30% de ese consumo corresponde a 33 litros/día que sería el consumo doméstico de la vivienda, por lo que en promedio se requerirán cerca de 990 litros de agua al mes para suplir este consumo, de acuerdo a la anterior tabla en 7 de los 12 meses del año la oferta de agua para el uso doméstico está cubierta en su totalidad por la tecnología, lo que representa el 58.3% del año con el abastecimiento suficiente para este uso por lo que se mejoraría la calidad de vida de los habitantes de cada vivienda rural donde se desarrolle la tecnología, al ahorrar tiempo y esfuerzos en el abastecimiento y almacenamiento de la misma cantidad de agua por otro medio. Cabe señalar que el resto de meses donde no se puede captar más agua lluvia, en su mayoría los porcentajes son cercanos al 80%, un porcentaje que sigue siendo alto y que contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas que adoptan la tecnología.	
Origen de los proveedores	Hace referencia a la identidad del proveedor y las experiencias previas que ha tenido en la transferencia de la tecnología, en este caso los pioneros del sistema EkoMuro H2O han logrado implementar la tecnologías en diversas iniciativas, la primera en una alianza con la el parque científico de innovación social en un plan piloto de 18 viviendas, el segundo con el programa guardapáramos se implementó la tecnología en 15 colegios de toda la región central (Alba Torres, 2017), lugar donde se realiza la presente propuesta.	SI
Manejo de la información	Se refiere a la información que se puede obtener respecto a los antecedentes de la tecnología en otros contextos y que brinde mayor confianza a la propuesta, en este caso Alba Torres (2017) elaboró un plan de negocios para comercializar la tecnología, también el ekomuro ha participado en al menos 10 eventos innovación y propuestas que contribuyan al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible. En otro contexto, Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) proponen implementar los ekomuros como una alternativa en agua potable en el marco de la estrategia de entornos saludables para el departamento de Nariño. Inclusive en el contexto Europeo, Bartolomé Mateos (2018) recomienda la implementación del ekomuro por ser una alternativa económica y de fácil acceso para la población.	SI
Clasificación de la tecnología	Los creadores del Ekomuro, la definen como un sistema eco-eficiente y sostenible, principalmente porque contribuye a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, concretamente el 6 (agua limpia y saneamiento), el 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y el 13 (acción por el clima).	SI

Madurez de la tecnología	Se refiere al punto del ciclo de vida en el que se encuentra la tecnología, en este sentido (Alba Torres, 2017) menciona que la tecnología se encuentra en fase de crecimiento pues además de darse a conocer en diversos eventos y programas, se espera la producción en masa a través de la creación de redes de comercialización de la tecnología para que sea difundida principalmente a nivel nacional, entendiendo que la disponibilidad de agua potable es latente en la mayoría de comunidades. Esta tecnología se encuentra aún en la primera fase de su ciclo de vida por lo que en la actualidad y su proyección aun hay muchas posibilidades y contextos para su desarrollo.	SI
Ventajas en el producto	• Es una tecnología sencilla, económica y fácil de construir y operar. • Los materiales que constituyen el sistema son en su mayoría locales y de fácil adquisición. • Ocupa un reducido espacio en la vivienda y puede ser ubicado en casi cualquier lugar, no representa un riesgo para niños y adultos mayores. • El mantenimiento que se debe hacer al sistema es ocasional, barato y sencillo. • Reduce la superficie de agua reposada, para reducir la proliferación de vectores.	SI
Requerimientos energéticos	La tecnología no requiere ninguna energía, utiliza la gravedad para su funcionamiento (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015).	SI
Patentes y licencias	Se refiere al grado de protección que tiene una tecnología, en este sentido Alba Torres (2017) menciona que el sistema Ekomuro H2O posee derechos de propiedad, sin embargo, se puede implementar con los permisos correspondientes aclarando que el proyecto no tiene un fin económico.	SI
Requerimientos de almacenaje	Hace referencia a las necesidades de almacenaje de los insumos que requiere la tecnología para su construcción y su funcionamiento, Alba Torres (2017) menciona que el reducido espacio que requiere la tecnología es una de las grandes ventajas con respecto a otros sistemas de almacenamiento de agua lluvia, sin embargo si se pretende el acopio a gran escala de los envases plásticos que sirven como materia prima, si se requiere un espacio en concreto para su almacenamiento.	SI
Adaptabilidad	Se refiere a la capacidad de la tecnología de ser aplicada en diferentes contextos, según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015), la facilidad para adaptar el concepto de la recolección de agua lluvia en cuanto a materiales y capacidad, ocasionan que la tecnología sea de fácil acceso para cualquier población o comunidad.	SI
Canal de transferencia	Se refiere a los actores y procesos que participan en la trasferencia de la tecnología. Todo reseñado en el territorio legal del municipio de Murillo.	SI

Factor ambiental	Se refiere a las medidas que tendrían lugar en caso de que la tecnología en su construcción o funcionamiento genere productos que puedan deteriorar el medio ambiente. En este sentido Bartolomé Mateos (2018) indica que se debe tener un control sobre los residuos de plástico en la construcción, mantenimiento y clausura de la tecnología, en el sentido de disposición correcta de los residuos sólidos.	SI
Asistencia técnica	Se refiere a la facilidad de encontrar asistencia técnica por parte del proveedor para cualquiera de las fases de trasferencia de la tecnología, en este sentido la asistencia técnica se realizará de manera presencial antes y durante la etapa de construcción, donde se capacitara en el manejo adecuado de la tecnología y en los parámetros de funcionamiento y mantenimiento.	SI
Contratación de expertos	Se refiere a la necesidad de personal calificado y competente que garantice la adecuada manipulación de la tecnología. En este sentido el Ekomuro no requiere personal experto en ninguna de sus fases, pues está definida como una tecnología de operación sencilla, de fácil construcción y mantenimiento, por lo que cualquier persona puede realizarlo (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015).	SI
Desechos y residuos contaminantes	A diferencia del criterio factor ambiental este hace referencia a las sustancias contaminantes que más allá de perturbar el medio, lo contaminan; en este sentido Alba Torres (2017) menciona que el ekomuro es una tecnología completamente limpia pues no genera subproductos ni requiere alguna fuente de energía por lo que se puede definir a la tecnología como “sostenible”.	SI
Grado de automatización	Hace referencia al nivel de automatización que puede llegar a tener los procesos. Alba Torres (2017) menciona que después de la puesta en funcionamiento de la tecnología, el sistema trabaja por sí solo y requiere únicamente un mantenimiento preventivo mínimo cada 2 meses, aunque lo recomendable es realizarlo de acuerdo a la cantidad de sólidos precipitados en el fondo de la tecnología y que modifica la turbiedad del agua.	SI
Riesgos	Se refiere a los riesgos tanto económicos, como sociales, como ambientales que pueda generar la trasferencia de la tecnología. La única que puede generarse según Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera (2015) es que la precipitación no sea suficiente para llenar la capacidad del sistema, sin embargo en la etapa de nivel de producción se desestimó, puesto que en 58.3 % del año el sistema se encontrará en máxima capacidad; y en el tiempo restante estará por encima del 50% sin excepción alguna; por lo que se puede asegurar el abastecimiento necesario para la mayoría de labores domésticas de las viviendas.	SI
Impacto en los procesos	Hace referencia a los efectos que tiene la tecnología sobre la cotidianidad, en este sentido el mayor efecto es la disposición en cualquier momento de agua de calidad para cubrir parcialmente la demanda de hídrica domestica de los hogares rurales. Sin la necesidad de trasladarse a un nacimiento o cuerpo de agua cercano	SI

	o de utilizar alguna fuente de agua que no tenga la suficiente calidad para su uso (Belalcázar Garzón, Gómez, Paz Arciniegas, & Mera, 2015)	
Descripción de la tecnología	En el plano denominado diseño convencional del sistema EKOMURO H2O+, se evidencian las características de la tecnología.	SI

De los 33 criterios de evaluación, únicamente 1 criterio no cumple con los lineamientos para definirla como tecnología apropiada; Sin embargo, la cantidad de criterios positivos que corresponde al (96.97%) permite señalar que la tecnología resulta apropiada para el contexto social, económico y ambiental del municipio de Murillo y que su implementación se proyecta que genere impactos positivos en la calidad de vida de las personas.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON LA INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

MAPA:
ISOYETAS MUNICIPIO DE MURILLO
(CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LAGUNILLA)

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

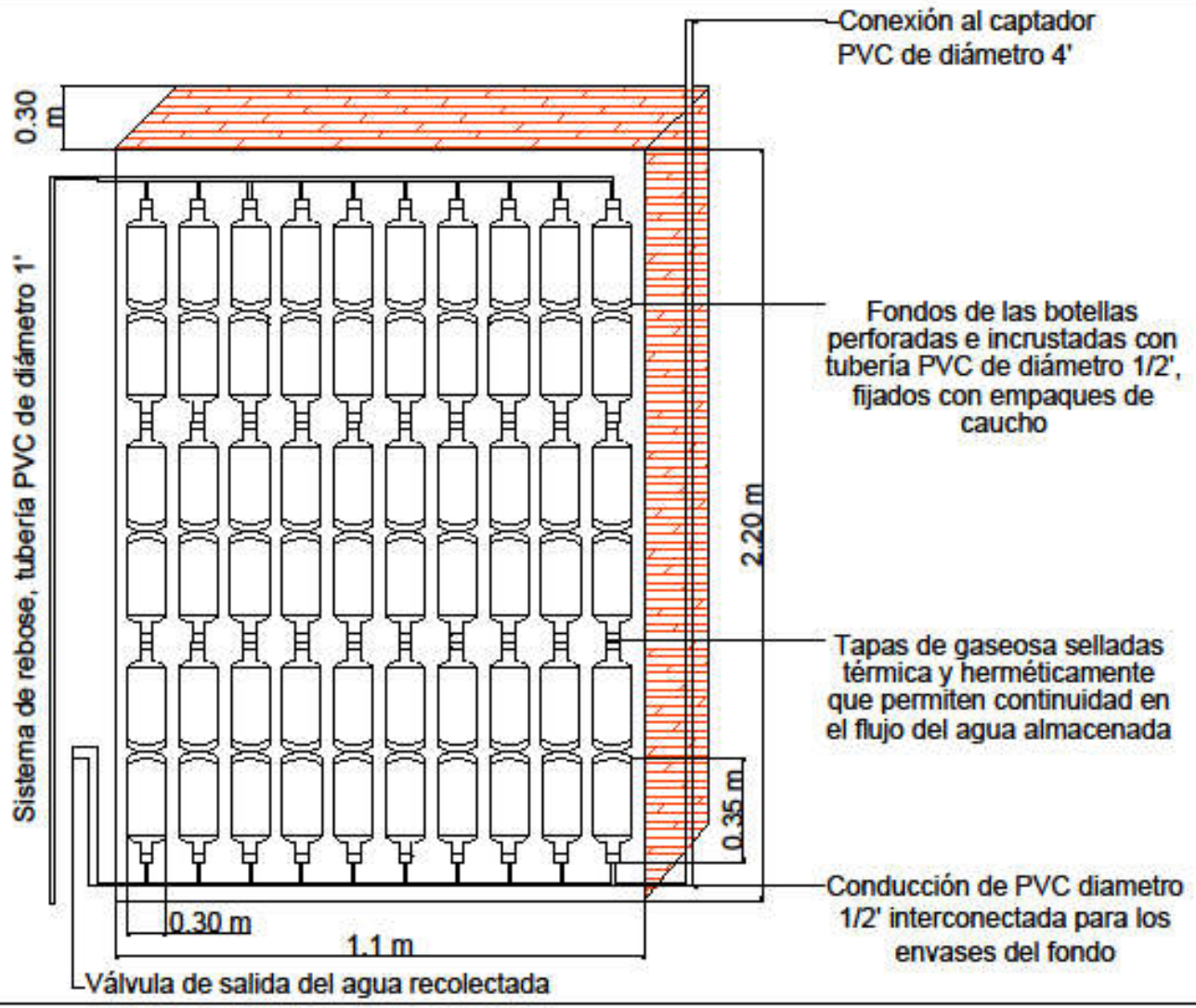
ESPECIFICACIONES
MAGNA_Colombia_Bogota
WKID: 3116 Authority: EPSG
Proyeccion: Transverse_Mercator
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000

FUENTE: IDEAM - PROMEDIOS CLIMATÓLOGICOS (1981 - 2010)

CONVENCIONES
- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Red Hídrica
- Isoyetas

ELABORÓ: HERNÁN DARIO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROPUESTA PARA LA PRIORIZACIÓN DE MUNICIPIOS Y RELACIÓN CON INTELIGENCIA TERRITORIAL: ESTUDIO DE CASO USO DEL AGUA

PLANO: TECNOLOGÍA APROPIADA EKOMURO H^2O+

ELABORÓ: HERNÁN DARÍO TORRES

REVISÓ: NÉSTOR BERNAL SUÁREZ

FUENTE: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL SISTEMA EKOMURO H2O+ EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. (ALBA, 2017)

9. Conclusiones

1. El uso del agua es un factor imprescindible en términos de calidad de vida y buen vivir, por lo tanto es fundamental asegurar el abastecimiento a todos los habitantes en condiciones químicas y sanitarias óptimas, no solo como un derecho vital sino como un elemento indispensable para el desarrollo de los territorios y sus habitantes.

2. Las tecnologías apropiadas son propuestas que se enfocan en la solución o reducción del impacto de las problemáticas ambientales teniendo en cuenta principalmente el contexto social y económico de la población a la cual se pretende introducir, la tecnología apropiada debe incluir también la participación de la comunidad incorporando aspectos como materias primas, materiales y conocimientos ancestrales.

3. La inteligencia territorial con enfoque metodológico, permite incluir en una misma propuesta los intereses y sueños de un diverso grupo de actores, pues a partir de esta diversidad es posible implementar soluciones que sean duraderas a través del tiempo y que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de las personas involucradas.

4. Para los municipios priorizados se logró identificar que la tecnología de almacenamiento en tanque abastece la totalidad del agua demandada para el uso doméstico durante 2/3 partes del año y en el tiempo restante abastece más de la mitad de la demanda de agua para este uso, en cuanto el ekomuro H2O+ se identificó que abastece el 58.3% del año la demanda de agua para uso doméstico y en el tiempo restante abastece hasta el 50% de la demanda, por lo que su implementación en el territorio genera impactos positivos en las habitantes de los municipios priorizados.

5. La trasferencia y adopción de una tecnología en un territorio, debe estar acompañada de certezas de carácter social, económico, ambiental y técnico, que brinde fortaleza y solidez a las propuestas y pueda ser aceptada y adoptada por los diversos actores que se encuentran presentes en el territorio.

10. Recomendaciones

1. Para la definición de los territorios vividos, es recomendable realizar talleres, encuentros o entrevistas a las personas que habitan los territorios, pues del criterio de ellos, de sus sueños y de sus expectativas es posible aclarar exactamente el tipo de territorio vivido que existe en ese lugar.

2. La metodología planteada en este trabajo de grado, invita a adaptarla en otras temáticas diferentes al uso del agua y en otros contextos socioeconómicos, para que esta pueda ser enriquecida y contribuya a construir mejores territorios y mejores propuestas de mejora de las condiciones de vida de sus habitantes.

3. Para desarrollar las propuestas con el enfoque de la inteligencia territorial, es recomendable incluir en todas las fases de la propuesta conocimientos y saberes multidisciplinarios, que contribuyan a mejorar el entendimiento del territorio y la comunicación entre actores.

4. Para definir los territorios legales, se recomienda involucrar actores de relevancia local para fortalecer las relaciones comunitarias en el territorio, pues en el presente trabajo de grado se enlistaron en su mayoría actores de mayor complejidad que tienen relaciones bien sea comerciales, económica o educativas con las ciudades capitales y que pueden tener algunas limitaciones, como situaciones de indiferencia o no estar totalmente informados en lo que sucede en los municipios priorizados que se incluyeron en este estudio.

11. Bibliografía

Alba Torres, R. E. (2017). *Elaboración de un plan de negocios para la producción y comercialización del sistema EkoMuro H2O+ en la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D. C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Alcaldía de Machetá. (2016). *Plan de desarrollo municipal "Construyendo futuro".* Machetá, Cundinamarca.

Alcaldía de Murillo. (2016). *Plan de desarrollo municipal "Para que el progreso siga su marcha".* Murillo, Tolima.

Álvarez Suárez, M. (2006). *Análisis multivariante: Clasificación, organización y validación de resultados.* Hidalgo, Mexico: Universidad Autónoma de Hidalgo.

Angulo Salazar, R. C., Díaz Cuervo, Y., & Pardo Pinzón, R. (2011). *Índice de Pobreza multidimensional para Colombia.* Bogotá D. C.: Departamento Nacional de Planeación: Archivos de Economía.

ANLA. (2018). *Reporte subzonas hidrográficas cuenca alta del río Magdalena.* Bogotá D.C.

Banco Mundial. (Julio de 2019). *Banco Mundial*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview

Banco Mundial. (Noviembre de 2019). Entendiendo la pobreza: Abastecimiento de agua. Washington: Banco Mundial.

Bartolomé Mateos, M. (2018). *Construcción Low Cost: Reciclado de botellas PET para su aplicación en el campo de la construcción y las instalaciones.* Valladolid: Universidad de Valladolid.

Belalcázar Garzón, F., Gómez, M. J., Paz Arciniegas, A. M., & Mera, M. M. (2015). *Implementación de alternativas en agua potable y saneamiento básico en el marco de la estrategia de entornos saludables para el departamento de Nariño.* Pasto: Instituto departamental de salud de Nariño.

Bernal Suárez, N. R. (Septiembre de 2017). Notas de Clase: Métodos Estadisticos. Bogotá D. C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Bernal, N; Ussa, J; Gutiérrez, A; García, C; Alfonso, F. (2014) Propuesta para identificar municipios prioritarios – Posibilidades para desarrollar tecnologías apropiadas en la jurisdicción de la CAR - Cundinamarca, Ciclo de conferencias en Tecnologías Apropiadas, Archivo distrital, Ingeniería Ambiental Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Bernal, S; Quiceno, L; Ruiz, J. (2016) Uso de indicadores e índices en el contexto ambiental, estudio de caso: Región Administrativa de Planificación (RAPE) Red Bacata IT - Sexto congreso iberoamericano de estudios Territoriales y Ambientales, Manizales.

Bernal, S; Bustos, E; Quiceno, L; Ruiz, J. (2017). Tipología de municipios e inteligencia territorial. Red Bacata IT - Red TAG de Territorios Posibles - XVI Conferencia Internacional (INTI), I encuentro Latinoamericano de Territorios Posibles. Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Universidad Nacional de Colombia; Universidad del Rosario; Universidad Externado de Colombia; Universidad Catolice de Pereira; Instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC.

Bozzano, H. (2011). Inteligencia territorial, actores y transformación. *Conferencia intercontinental de inteligencia territorial*, (pág. 10). Gatineau.

CAR. (2019). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá.* Bogotá D. C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

CEPAL. (2017). *Acerca del desarrollo sostenible.* Santiago: Comisión económica para América Latina y el Caribe.

Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. (2015). *Rango de consumo básico.* Bogotá D. C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Congreso de Colombia. (11 de Junio de 1997). Ley 373 de 1997. Bogotá D. C.: Diario Oficial 43058.

Congreso de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Bogotá D.C.: Diario oficial 41146.

CORPOBOYACÁ. (2006). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Alta del Río Chicamocha.* Tunja: Centro de Estudios Económicos CENES.

CORPOCHIVOR. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Chivor.* Tunja: Corporación Autónoma Regional del Chivor.

CORPOGUAVIO. (2018). *Diagnostico y Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Aportante del río Guavio.* Bogotá D.C.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). *Estudio de estado actual (EEA) y plan de manejo (PM) de los páramos del departamento del Tolima.* Espinal, Tolima.

Cortés Molina, N., & Romero Rodríguez, N. (2016). *Diseño de las tecnologías ambientalmente apropiadas para la finca "La Libertad", en la vereda Laguna verde en el municipio de Zipacón.* Bogotá D. C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

CORTOLIMA. (2017). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena.* Ibagué: Corporación Autónoma regional del Tolima.

CORTOLIMA. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Prado.* Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.

CORTOLIMA. (2008). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca mayor del río Lagunilla - Fase Prospectiva.* Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.

Crissi Aloranti, V., & Stang, J. I. (2018). El perfil y la inteligencia territorial en el ordenamiento territorial. *Planeo* .

DANE. (2019). *Boletín técnico pobreza multidimensional en Colombia.* Bogotá D. C.

DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda.* Bogotá D.C.: Departamento Administrativo Nacional de Estadistica.

DANE. (2006). *Proyecciones municipales 2006 - 2020 Metodología.* Bogotá.

DANE. (2010). *Sistema de Información del Medio Ambiente: Ficha técnica Sólidos Suspendidos Totales.* Bogotá D. C.

DANE. (2014). *Sistema de Información del Medio Ambiente: Ficha Técnica: Nitrógeno Total.* Bogotá D.C.

de la Fuente Fernández, S. (2011). *Análisis de Conglomerados.* Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.

Departamento Nacional de Planeación. (Julio de 2019). *DNP*. Obtenido de https://sinergia.dnp.gov.co/Paginas/Internas/ODS/%C2%BFQu%C3%A9-es.aspx

Díaz Monroy, L. G., & Morales Rivera, M. A. (2013). *Estadística multivariada: Inferencia y métodos.* Bogota, Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

DNP. (2019). *Medición del desempeño de las entidades territoriales.* Bogotá D. C.: Departamento Nacional de Planeación .

ETERNIT. (Agosto de 2016). Ficha técnica tanques de almacenamiento ETERNIT. Bogotá.

FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe.* Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas.

Feres, J. C., & Mancero, X. (2015). *El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina.* Santiago: Publicaciones de las Naciones Unidas.

Ferrari, M. P., & Bozzano, H. (2016). Aplicación del método Territorii en dos asentamientos espontáneos de Puerto Madryn, Argentina. *Papeles de Geografia* , 137 - 151.

Fox, J., & Bouchet-Valat, M. (2020). *Rcmdr: R Commander.* Vienna, Austria: R Fundation for Statical Computing.

Girardot, J. (2010). *Inteligencia territorial y transición socio-ecologica.* Huelva.

Girardot, J. J. (2015). Concepts, principes et outist de la méthodes Catalyse. *3th International Conference of Territorial Intelligence "Territory, well being and social inclusion" REIT* (pág. 10). Liege, Belgica : REIT.

Girardot, J. J. (2008). *Evolution of the concept or territorial intelligence within the cordination action of the European network of territorial intelligence.*

Global Water Initiative. (Julio de 2019). *Global Water Initiative*. Obtenido de http://globalwaterinitiative.org/

González Arellano, S. (2014). Inteligencia territorial y la observación colectiva. *Espacialidades. Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura* , 91-109.

Gutiérrez Malaxechebarría, A. M. (Agosto de 2016). Notas de clase: Tecnologías apropiadas II. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

IDEAM. (2018). *Estudio nacional del agua.* Bogota D.C.: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

IDEAM. (2014). *Hoja metodológica del indicador: Demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y los ecosistemas (DH).* Bogotá D.C.: IDEAM.

IDEAM. (2009). *Política Nacional Para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico 2009 - 2022.* Bogotá D. C.

Josse, J., Le, S., & Husson, F. (2008). *FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis.* Vienna, Austria: Journal of Statical Software.

Lombana González, L., Bernal Suárez, N. R., & Barrios Mareno, J. S. (2018). *Guía para el procesamiento de series de tiempo de precipitación y temperatura: Estimación de datos faltantes, detección de cambios y homogenización.* Bogotá: Editorial UD.

Lombana Silva, N. (24 de Febrero de 2014). En inminente riesgo río Luisa en el sur del Tolima. *Voz* , pág. 4.

Mateos, M. B. (2018). *Construcción Low Cost: Reciclado de botellas PET para su aplicación en el campo de la construcción y las instalaciones.* Valladolid: Universidad de Valladolid.

MInAmbiente. (2010). *Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico.* Bogota D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).* Bogota, D.C.: Instituto Alexander Von Humboldt.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (19 de Abril de 2007). Decreto 1323 de 2007. Bogotá D.C.: Diario Oficial.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (4 de Mayo de 2007). Decreto 1480 de 2007. Bogotá D.C.: Diario Oficial.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano INCA 2016.* Bogotá D.C.

Moncada Mesa, J., Pérez Muñoz, C., & Valencia Agudelo, G. D. (2013). Comunidades organizadas y el servicio público de agua potable en Colombia: Una defensa de la tercera opción económica desde la teoría de recursos de uso común. *Ecos de Economia* , 125 - 159.

Muñoz Garcia, J. A., & Amón Uribe, I. (2013). Técnicas para la detección de outliers multivariantes. *Revista en Telecomunicaciones e Informática* , 11 - 25.

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *Asuntos que nos importan: Agua.* Nueva York: Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe.* Santiago, Chile: Naciones Unidas.

Ortiz, N., Morales, M., Bernal, N., Rodríguez, N., Baptiste, M., & Franco, A. (2005). *Línea base de la biodiversidad en la jurisdicción de la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca - CAR.* Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

PNUD. (2016). *Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina.* Santiago, Chile: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo.

PNUD. (2011). *Tecnologías apropiadas para el desarrollo rural sustentable.* Chiapas.

Presidencia de la República de Colombia. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1076 de 2015. Bogotá D. C.: Diario Oficial.

Presidencia de la República de Colombia. (09 de Mayo de 2007). Decreto 1575 de 2007. Bogotá D. C.: Diario Oficial.

Presidencia de la República de Colombia. (18 de Diciembre de 1974). Decreto 2811 de 1974. Bogota D.C.: Diario Oficial 34243.

Presidencia de la República de Colombia. (10 de Marzo de 1998). Decreto 475 de 1998. Bogotá D. C.: Diario Oficial 43259.

R Core Team. (2020). *A Languaje and enviroment for staticals computing.* Vienna, Austria: R Foundation for Statical Computing.

Ramírez, E. R. (2012). Criterios para una tecnología apropiada. *Ciencia y Sociedad* , 7 - 15.

Romero de García, E. (2018). *Claves para entender el desarrollo endogeno en la globalización.* Zulia: Universidad de Zulia.

Romero, M., Sua, S., Rodríguez, N., Rudas, G., & Armenteras, D. (2004). *Sistema de indicadores de seguimiento de la política dee biodiversidad en la Amazonia Colombiana: Aspectos metodológicos y resultados.* Acta Nocturna.

Salinas Amescua, B. (2009). Tecnología apropiada: Concepto, aplicación y estrategias. *Seminario Interncional sobre tecnologías apropiadas en educación* (pág. 52). Bogotá D. C.: COLCIENCIAS - UNESCO.

Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2016). *Coberturas de acueducto, alcantarillado y ase; reportadas al sistema único de información, SUI, por las alcaldías municipales y distritales.* Bogotá D.C.: Sistema Unico de Información SUI.

UNESCO. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos.* Santiago, Chile: ONU.

Valderrama Ocoró, M. F., Chavarro Guzmán, L. E., Osorio Gómez, J. C., & Peña Montoya, C. C. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases PET en el Valle del Cauca. *Revista LaSallista de Investigación* , 67 - 74.

Zuñiga Palma, H. (2016). Manejo técnico ambiental de proyectos de inversión de índole ambiental y/o económico social, que no requieren licencia ambiental para su instalacion y funcionamiento. Bogotá D. C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

ANEXO 1: Análisis de componentes principales y análisis de clasificación

Para generar el nuevo conjunto de variables que son combinación lineal de la matriz inicial tenemos:

La matriz, se construyo recopilando la información de 16 indicadores activos de cada uno de los 176 municipios de estudio, aquí no se consideran los indicadores de carácter ilustrativo pues no hacen parte de las funciones matemáticas:

Hallar la matriz de S o R dependiendo del tipo de análisis: como las variables de la matriz $\mathbb{X}$ no tienen la misma unidad de medida se procederá a realizar un análisis de tipo normado.

$$S = \frac{1}{n} * \mathbb{X}^{'} * \left(In - \frac{1}{n} * 1^{'} * 1\right) * \mathbb{X}$$

$$\mathbb{X}^{'} = \frac{1}{n} * 1^{'} * \mathbb{X}$$

Donde:

S= matriz de varianzas - covarianzas muestral de tamaño nxp	In = Matriz identidad de tamaño nxn
$\mathbb{X}^{'}$= vector de promedios de tamaño 1xp	$\mathbb{X}$= Matriz aleatoria multivariada de tamaño nxp
$1^{'} =$ matriz escalar de tamaño nx1	1 = Matriz escalar de tamaño 1xn

Fuente: (Díaz Monroy & Morales Rivera, 2013) y (Bernal Suárez, 2017)

Posteriormente se determina la matriz R, utilizando los datos anteriormente calculados.

$$R = D^{-1/2} * S * D^{-1/2}$$

$$D^{-1/2} = \frac{1}{S}$$

R = Matriz de correlación muestral de tamaño pxp	D=Matriz de distancias de tamaño pxp

Los datos recolectados en la presente propuesta dan lugar a una matriz de correlación muestral de tamaño 16x16, de igual forma se mostrara en el software los 16 valores propios y los 256 vectores propios de la matriz R.

Estos valores y vectores propios son el insumo para el calcula de las componentes principales, que deben hacerse en estricto orden del tamaño de varianza, con el fin de

identificar las 2 primeras componentes con mayor varianza para la construcción de los planos factoriales de individuos y de variables.

A continuación se mostrara manera de ejemplo como es la notación para el calculo de las componentes principales de una matriz R de tamaño 3x3 adaptado de (Bernal Suárez, 2017):

$$R = \begin{matrix} 1 & a & b \\ a & 1 & c \\ b & c & 1 \end{matrix}$$

Valores propios:

Valor propio		%
λ1	1.65	50.30
λ2	0.95	29.1
λ3	0.67	20.60

Vectores propios

Variable	Vectores propios		
	1	2	3
A	A_1	A_2	A_3
B	B_1	B_2	B_3
C	C_1	C_2	C_3

$$CP1 = A_1 * A^* + B_1 * B^* + C_1 * C^*$$

$$CP2 = A_2 * A^* + B_2 * B^* + C_2 * C^*$$

$$CP3 = A_3 * A^* + B_3 * B^* + C_3 * C^*$$

$$A^* = \left(\frac{A-\bar{A}}{S_A}\right) \rightarrow B^* = \left(\frac{B-\bar{B}}{S_B}\right) \rightarrow C^* = \left(\frac{C-\bar{C}}{S_C}\right)$$

El desarrollo de la presente propuesta se construyó con el software R, 16 componentes principales, de las cuales las dos primeras que poseen la mayor varianza permitieron elaborar los planos factoriales de individuos y de variables.

Finalmente el software R realizo la clasificación en 5 grupos de similitud a través del algoritmo de aproximación, en este sentido el termino distancia métrica adquiere relevancia, pues a medida que dos integrantes presentes en el plano factorial de individuos se encuentren cercanos serán ubicados en el mismo grupo de clasificación.

Ahora las condiciones para que un grupo de clasificación sea denominado como métrico, debe cumplir las siguientes condiciones (de la Fuente Fernández, 2011) y (Bernal Suárez, 2017):

1. No negatividad	$d(x,y) > 0; \quad d(x,y) = 0 \; si \; x = y$
2. Simetría	$d(x,y) = d(y,x)$
3. Desigualdad triangular	$d(x,y) \leq d(x,2) + d(2,y)$
4. Identificación de la no identidad	$si \; d(x,y) \neq; \quad x \neq y$
5. Identidad	$x \; y \; x'; \quad d(x,x') = 0$
6. Cambio de 3	$si \; d(x,y) < \max\left(d(x,z), d(z,y)\right)$

ANEXO 2: MUNICIPIOS QUE INTEGRAN CADA CUENCA HIDROGRÁFICA DE ESTUDIO

1. CUENCA DEL RIO CHICAMOCHA

Municipios que integran la cuenca del rio Chicamocha			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO CHICAMOCHA	BOYACÁ	Aquitania	100
		Belén	100
		Betéitiva	100
		Boavita	100
		Busbanzá	100
		Cerinza	100
		Chiscas	31.6111
		Chita	40.4029
		Chivatá	36.3676
		Cómbita	63.6418
		Corrales	100
		Covarachía	100
		Cuítiva	53.2952
		Duitama	58.9713
		El Cocuy	100
		El Espino	100
		Firavitoba	100
		Floresta	100
		Gámeza	74.8593
		Guacamayas	100
		Guican de la Sierra	24.1459
		Iza	100
		Jericó	100
		La Uvita	100
		Mongua	31.041
		Monguí	100
		Motavita	100
		Nobsa	100
		Oicatá	100
		Paipa	57.5337
		Panqueba	100
		Paz del Rio	100
		Pesca	63.0618
		San Mateo	100
		Santa Rosa de Viterbo	79.9489
		Sativanorte	100
		Sativasur	100
		Siachoque	100
		Soatá	100

		Socha	100
		Socotá	100
		Sogamoso	71.6602
		Sora	23.1606
		Soracá	60.3147
		Sotaquirá	69.6765
		Susacón	100
		Tasco	72.9688
		Tibasosa	100
		Tipacoque	100
		Toca	100
		Tópaga	100
		Tota	50.7183
		Tunja	70.5187
		Tuta	100
		Tutazá	100

2. CUENCA DEL RIO GARAGOA

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del Rio Garagoa			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO GARAGOA	BOYACÁ	Almeida	100
		Boyacá	100
		Chinavita	91.0569
		Chivor	46.1013
		Ciénaga	100
		Cucaita	35.0038
		Garagoa	60.1842
		Guateque	100
		Guayatá	100
		Jenesano	100
		La Capilla	100
		Macanal	66.029
		Nuevo Colón	100
		Pachavita	100
		Ramiquirí	80.2316
		Samacá	24.5966
		Santa María	31.7758
		Somondoco	100
		Soracá	39.6852
		Sutatenza	100
		Tenza	100
		Tibaná	100
		Tunja	29.1972
		Turmeque	100

		Úmbita	100
		Ventaquemada	100
		Viracachá	100
	CUNDINAMARCA	Chocontá	14.66
		Machetá	100
		Manta	100
		Tibirita	100
		Villapinzón	31.6082

3. CUENCA DEL RIO GUAVIO

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del rio Guavio			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO GUAVIO	BOYACÁ	Chivor	53.8986
		San Luis de Gaceno	31.1376
		Santa María	34.7148
	CUNDINAMARCA	Gachalá	100
		Gachetá	100
		Gama	100
		Guasca	28.2296
		Guatavita	38.9744
		Junín	100
		Paratebueno	19.099
		Ubalá	100

4. CUENCA DEL RIO BOGOTÁ

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del rio Bogotá			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO BOGOTÁ	CUNDINAMARCA	Agua de Dios	82.6325
		Anapoima	100
		Anolaima	91.1825
		Apulo	100
		Bogotá D. C.	52.1878
		Bojacá	100
		Cachipay	100
		Cajicá	100
		Chía	100
		Chocontá	84.8099
		Cogua	100
		Cota	100
		Cucunubá	21.972
		El Colegio	100
		El Rosal	80.8931

		Facatativá	100
		Funza	100
		Gachancipá	100
		Girardot	57.4239
		Granada	18.8777
		Guasca	58.1175
		Guatavita	61.0085
		La Calera	57.8839
		La Mesa	100
		Madrid	100
		Mosquera	100
		Nemocón	100
		Quipile	24.2635
		Ricaurte	72.5043
		San Antonio de Tequendama	100
		Sesquilé	100
		Sibaté	76.8299
		Soacha	93.9736
		Sopó	100
		Subachoque	90.1053
		Suesca	79.0904
		Tabio	100
		Tausa	68.7285
		Tena	100
		Tenjo	100
		Tocaima	100
		Tocancipá	100
		Villapinzón	56.8687
		Viotá	100
		Zipacón	100
		Zipaquirá	93.6643

5. CUENCA DEL RIO LAGUNILLA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del Rio Lagunilla y otros directos al Magdalena			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO LAGUNILLA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	TOLIMA	Ambalema	100
		Armero	100
		Casablanca	30.2972
		Falan	93.443
		Honda	65.7588
		Lérida	100
		Líbano	100

		Mariquita	9.54
		Murillo	100
		Palocabildo	74.1651
		Santa Isabel	26.2593
		Venadillo	80.9582
		Villa Hermosa	91.2742

6. CUENCA DEL RIO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del rio Luisa y otros directos al Magdalena			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	TOLIMA	Espinal	89.5119
		Flandes	91.3116
		Guamo	70.8648
		Rovira	22.5215
		San Luis	31.395
		Valle de San Juan	68.8292

7. CUENCA DEL RIO PRADO

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del rio Prado			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO PRADO	TOLIMA	Carmen de Apicalá	1.0351
		Cunday	100
		Dolores	34.7463
		Icononzo	22.642
		Melgar	4.8576
		Prado	70.1276
		Purificación	38.9249
		Villarica	100

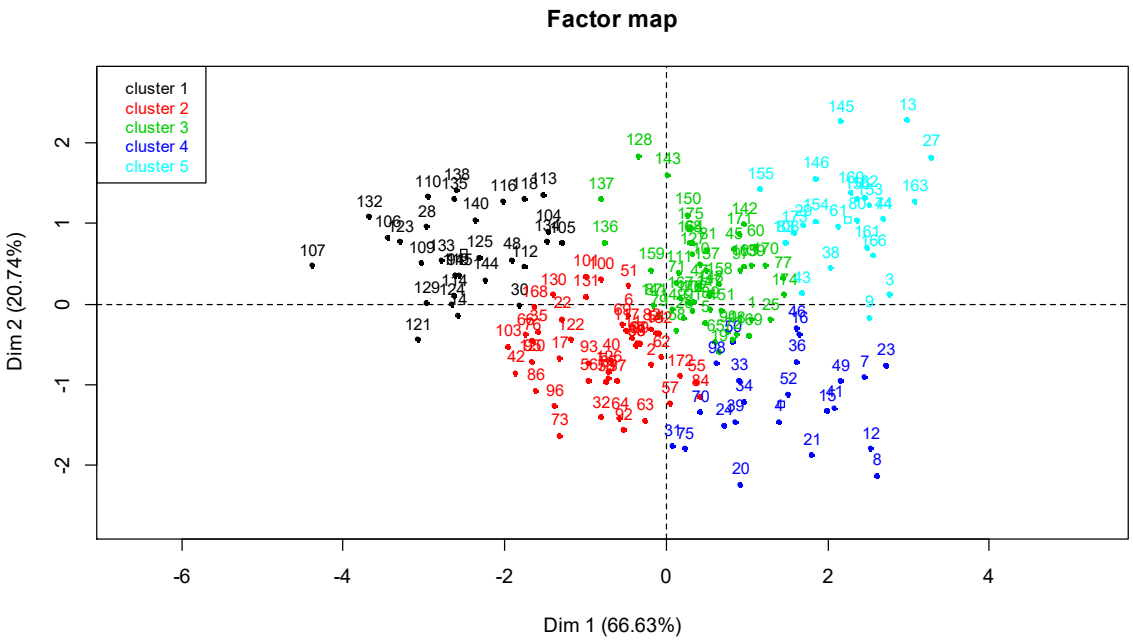
8. CUENCA DEL RIO YAGUAR Y EL RIO ÍQUIRA

Municipios que integran la cuenca hidrográfica del rio Yaguar y el rio Íquira			
CUENCA HIDROGRÁFICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% ÁREA
RIO YAGUAR Y RIO ÍQUIRA	HUILA	Íquira	73.1146
		Nátaga	17.4028
		Teruel	31.8405
		Tesalia	52.8242
		Yaguará	90.8532

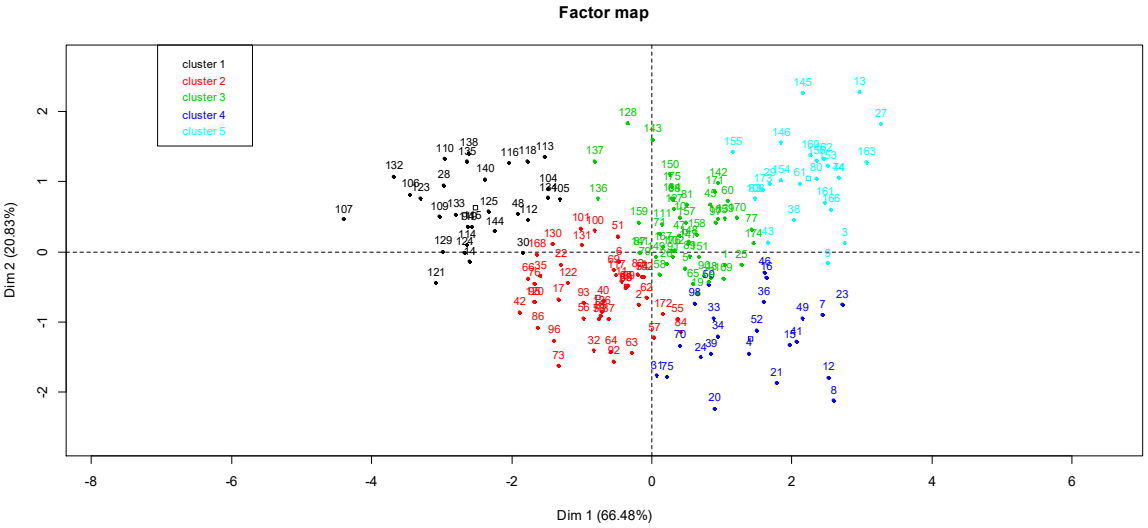
ANEXO 3: PLANOS FACTORIALES POR DIMENSIONES DE LAS VARIABLES

CASO 1: VARIABLES SOCIALES

A: con bogota

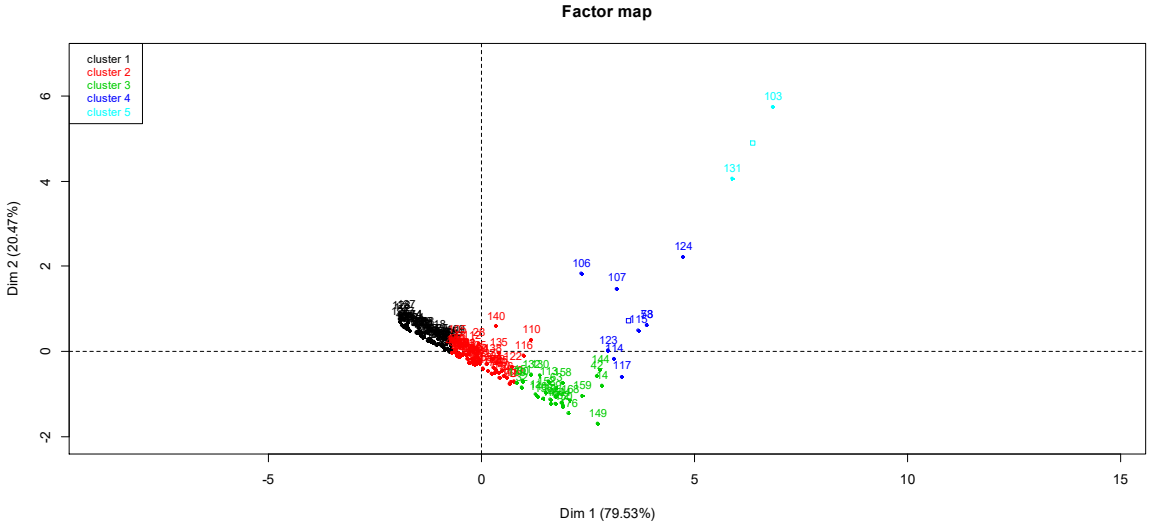


B: sin bogota

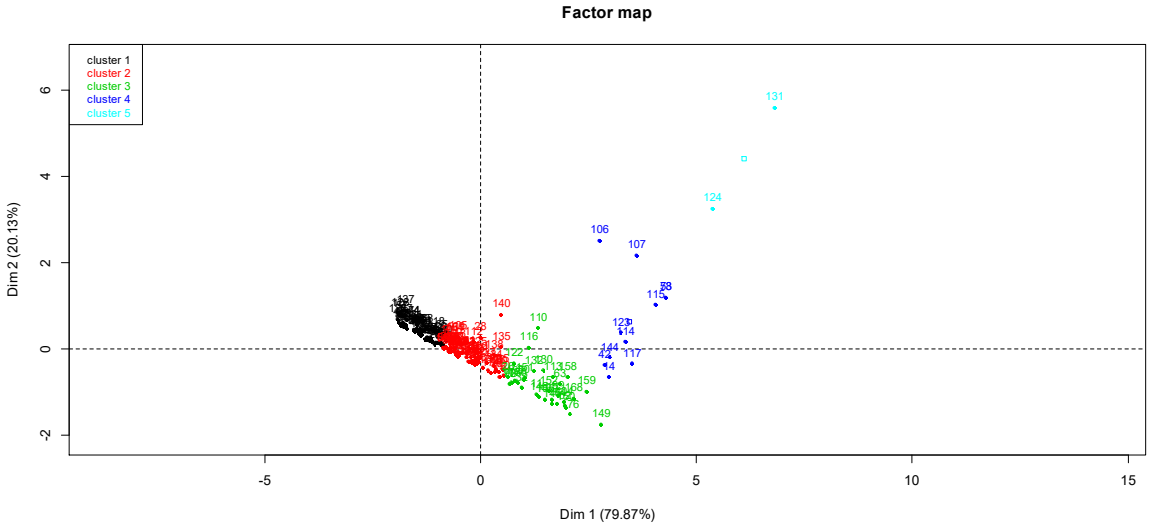


CASO 2: VARIABLES DEMOGRÁFICAS

A: con Bogota

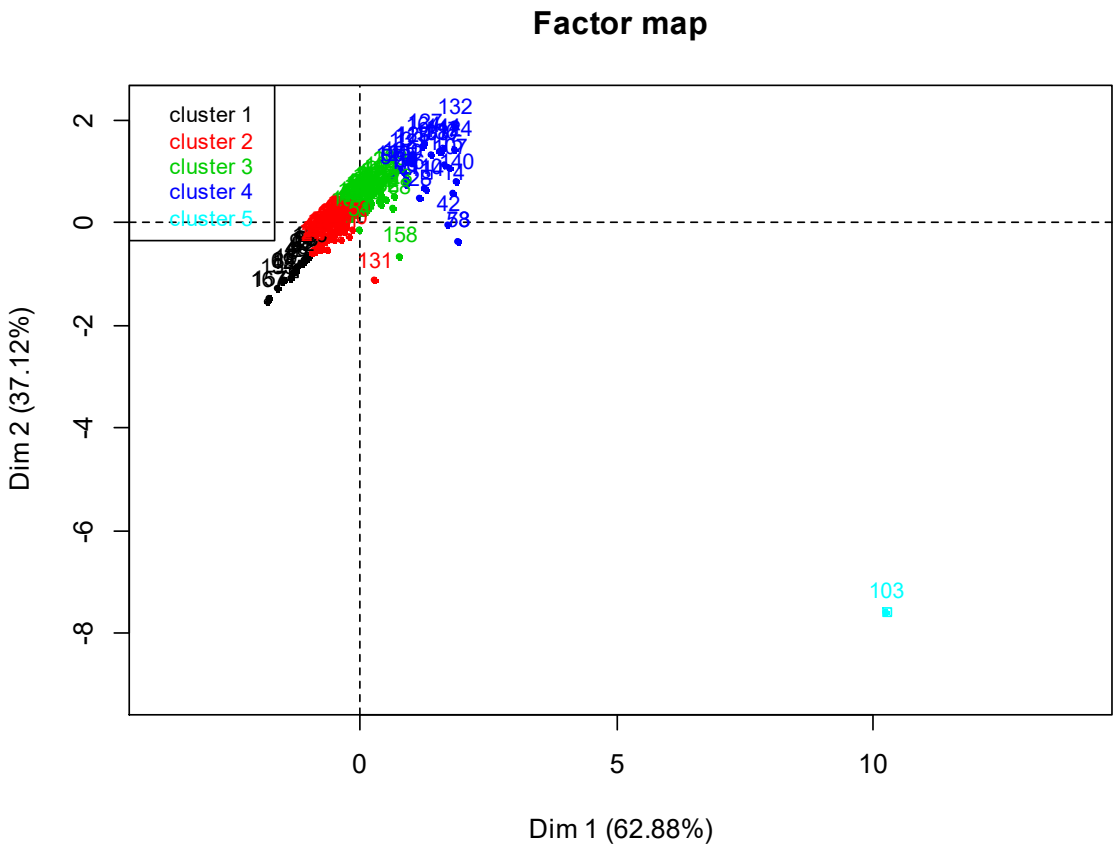


B: Sin bogotá

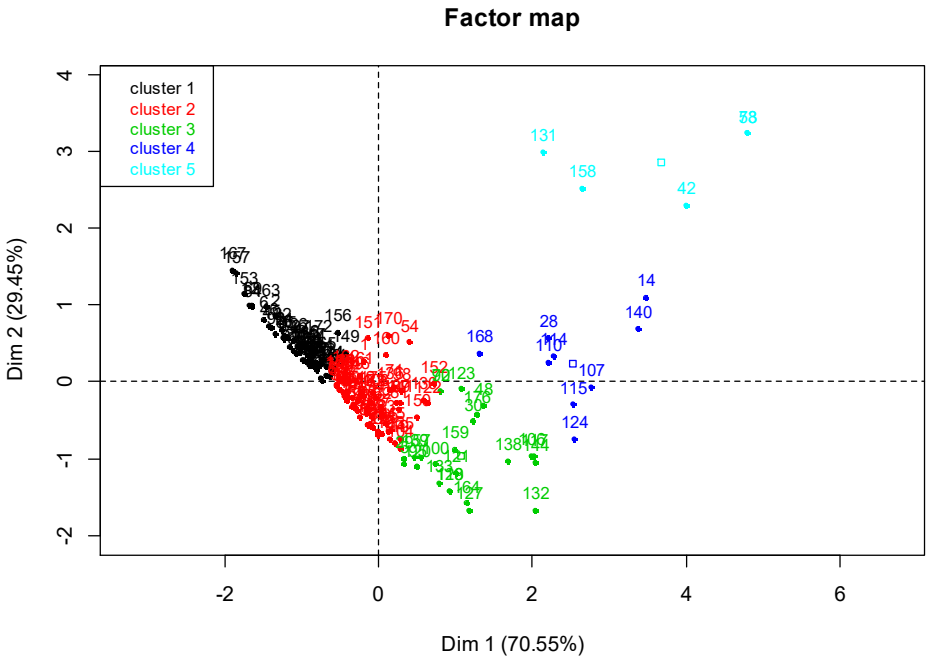


VARIABLES ECONOMICAS

A: con bogota

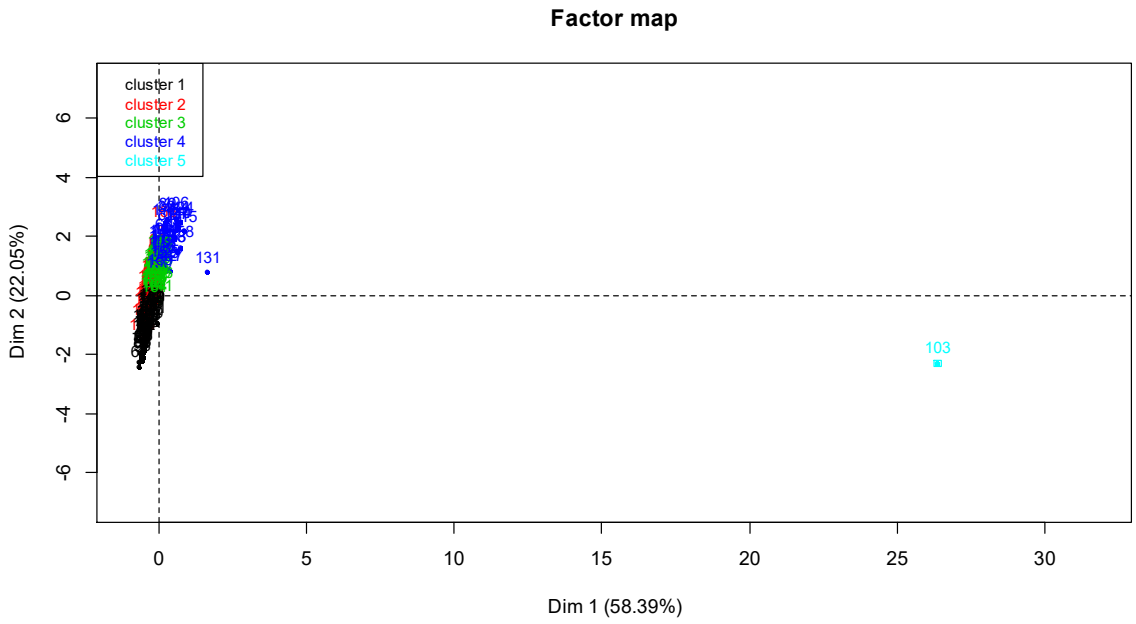

Factor map
cluster 1
cluster 2
cluster 3
cluster 4
cluster 5
Dim 2 (37.12%)
Dim 1 (62.88%)
103
131
158
132

B: SIN BOGOTA


Factor map
cluster 1
cluster 2
cluster 3
cluster 4
cluster 5
Dim 2 (29.45%)
Dim 1 (70.55%)
131
158
42
14
140
28
107
115
124
132

DIMENSION DE AGUA

A: CON BOGOTA



B: SIN BOGOTA

