



**Lineamientos de gestión para el mejoramiento de la calidad de agua en la cuenca alta del río Teusacá hasta el Embalse de San Rafael, relacionada con los usos de suelo en los municipios de La Calera y Bogotá D.C.**

**Laura Milena Rincón Valero**

**Proyecto de grado para optar el título de**

**Magister en Gestión Ambiental**

**Director**

**Armando Sarmiento**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Facultad de Estudios Ambientales y Rurales**

**Maestría en Gestión Ambiental**

**Bogotá, Colombia**

**2017**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá D.C., Noviembre de 2017**

## **Agradecimientos**

Doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría para culminar mis estudios de manera satisfactoria, por acompañarme y permitirme vivir momentos positivos y de aprendizaje durante el desarrollo de la maestría.

A mis padres y a mi esposo por el apoyo incondicional tanto a nivel económico como a nivel personal, quienes me dieron ánimos y creyeron en mí para lograr los objetivos planeados.

Al profesor Armando Sarmiento, director del trabajo de grado, por su colaboración y disposición durante el desarrollo del proyecto.

A la empresa de Acueducto de Bogotá por la entrega oportuna de la información solicitada.

Finalmente a todas las personas que de una u otra manera influyeron y participaron en la ejecución de este trabajo.

## **RESUMEN**

El municipio de la Calera ha presentado un crecimiento importante en años recientes, tanto en área desarrollada como en población, posiblemente asociado a la cercanía a Bogotá y a la oferta de suelo disponible para viviendas en patrones de baja densidad.

La urbanización presentada en suelo catalogado como rural ha ocasionado impactos negativos sobre los recursos naturales, en especial sobre el recurso agua, pues aún no existe cobertura total de servicios públicos como acueducto, saneamiento y alcantarillado. Ante esta ausencia es frecuente que la población realice conexiones desde y hacia los cuerpos hídricos para el suministro de agua y así mismo para la descarga de las aguas residuales generadas.

El río Teusacá, localizado en el municipio de La Calera antes de llegar al Embalse de San Rafael, es una de las fuentes que abastece el Embalse y por tanto a la ciudad de Bogotá y actualmente presenta conexiones de descarga de aguas residuales, razón por la cual su calidad ha disminuido, esto debido al aumento de urbanizaciones en el área de influencia de la cuenca alta.

La falta de información y la desarticulación de las entidades territoriales tanto del municipio como de la ciudad de Bogotá han ocasionado que los planes de ordenamiento territorial y las políticas públicas no consideren adecuadamente el manejo de esta problemática en la cuenca alta del río Teusacá y contribuya a la expansión urbana en zonas con restricciones (Carreño, 2012).

El objetivo de este trabajo es proponer lineamientos de gestión para el manejo del recurso hídrico de la cuenca alta del río Teusacá localizada en el municipio de la Calera hasta el Embalse de San Rafael, teniendo en cuenta la incidencia de los procesos de urbanización presentes en el área rural del municipio. Este estudio se realizará mediante un enfoque documental y de campo para identificar, a partir de fuentes primarias y secundarias, la problemática y determinar la propuesta de gestión.

El alcance de esta investigación es dar una herramienta para futuras investigaciones en el tema, teniendo en cuenta que la información existente es muy limitada. A partir de los resultados obtenidos se pretende proponer lineamientos de gestión que servirán de consulta a los gestores y entidades públicas en la toma de decisiones a mediano y largo plazo para la toma de decisiones. Adicionalmente el municipio de La Calera podría verse beneficiado pues a partir de los resultados obtenidos, será posible realizar propuestas de gestión en conjunto con las entidades territoriales para determinar la ubicación de las urbanizaciones y las exigencias necesarias para las viviendas existentes con el fin de proteger la cuenca del río Teusacá.

**Palabras Clave:** Ordenamiento Territorial, calidad del agua, urbanización campestre, expansión urbana, cuenca hidrográfica, sistemas de tratamiento de agua.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	PROBLEMA.....	10
1.2.	JUSTIFICACIÓN .....	16
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
3.	MARCO REFERENCIAL .....	20
3.1.	MARCO NORMATIVO .....	20
3.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	21
3.2.1.	La expansión urbana y sus impactos sobre el entorno.....	21
3.2.2.	Enfoque de la planeación y el ordenamiento territorial.....	26
3.2.3.	Gestión de cuencas y su integración con el ordenamiento territorial .....	31
3.2.4.	Calidad de agua del recurso hídrico y sistemas de tratamiento de agua convencionales.....	34
4.	AREA DE ESTUDIO.....	35
4.1.	DESCRIPCIÓN ESPACIAL .....	35
4.2.	CARACTERIZACIÓN FISICO-BIÓTICA .....	36
4.3.	CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA .....	38
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1.	FASE PRELIMINAR .....	40
5.2.	FASE DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	42
5.2.1.	Cálculo de la carga contaminante de acuerdo al número de viviendas .....	42
5.2.2.	Análisis de la calidad de agua de la cuenca alta del río Teusacá.....	44
5.3.	FASE ANALÍTICA.....	48
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
6.1.	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN .....	49
6.2.	CÁLCULO APROXIMADO DE CARGA CONTAMINANTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	66

6.3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO TEUSACÁ.....	70
7. LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PROPUESTOS .....	77
8. CONCLUSIONES.....	84
9. RECOMENDACIONES .....	86
10. BIBLIOGRAFÍA.....	87
11. ANEXOS.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las fuerzas direccionadoras y los impactos del desarrollo urbano en suelos rurales .....	24
Figura 2. Tipos de descentralización .....	28
Figura 3. Componentes del Plan de Ordenamiento Territorial.....	29
Figura 4. Escenarios en la planeación e implementación de IWRM.....	32
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología .....	40
Figura 6. Usos del suelo sobre el área de estudio definidos en el POT La Calera y Bogotá	52
Figura 7. Construcciones identificadas en la zona rural (área de estudio) del municipio de la Calera.....	53
Figura 8. Suelo urbanizado en La Calera .....	55
Figura 9. Densidad de vivienda en la zona rural (área de estudio) de Bogotá D.C.....	57
Figura 10. Suelo usado para fines agropecuarios de Bogotá D.C. ....	58
Figura 11. Puntos de muestreo sobre el río Teusacá .....	71



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica de Agua Residual Doméstica .....	44
Tabla 2. Variables y factores de ponderación.....	45
Tabla 3. Clasificación de la Calidad del Agua según los valores del ICA .....	46
Tabla 4. Clasificación de la Calidad del Agua según los valores del ICOMO.....	47
Tabla 5. Concesión de Agua EAB.....	63
Tabla 6. Cálculo de carga contaminante según el caudal proveniente de las viviendas identificadas en el área de La Calera .....	67
Tabla 7. Cálculo de carga contaminante según el caudal proveniente de las viviendas identificadas en el área de Bogotá .....	69
Tabla 8. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el punto del Nacimiento .....	72
Tabla 9. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el Puente La Virgen .....	73
Tabla 10. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el Puente Francis .....	74

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo expone en primer lugar la problemática, desde el ámbito internacional hasta el nivel nacional identificando ejemplos en el contexto local, de la expansión urbana relacionada con los instrumentos de planificación y su influencia sobre el recurso hídrico. La segunda sección enfatiza la justificación e importancia de realizar la investigación desde la perspectiva del ordenamiento para la toma de decisiones a partir de la planeación del recurso hídrico existente en la zona de estudio.

### **1.1.PROBLEMA**

Según la información reportada por la ONU Habitat en el informe “Estado de las ciudades en América Latina y El Caribe 2012”, durante el siglo pasado el proceso de crecimiento demográfico y aumento de población en áreas urbanas de América Latina y el Caribe ocurrió rápidamente, factores que han incidido en las condiciones de vida y distribución de las ciudades. Después de 1950 la situación comenzó a cambiar disminuyendo la tasa de crecimiento urbana y dando paso a migraciones a ciudades secundarias y corredores urbanos. Según Aguilar (2002), durante los últimos 30 años, se ha venido presentando el fenómeno de la desconcentración de la población y las actividades productivas hacia zonas periféricas cercanas a centros urbanos de baja escala ocasionando nuevas formas de ocupación del territorio, especialmente en grandes metrópolis.

El proceso de expansión de los municipios cercanos a Bogotá durante las década de los 70, es otro ejemplo de este fenómeno, evidenciándose el crecimiento de periferias residenciales debido a las dinámicas migratorias (Villarraga, 2010). De acuerdo a Guhl

(2002), citado por Hernández (2010), y a Villarraga (2010), la concentración de actividades en la ciudad de Bogotá ha incrementado el ritmo de crecimiento demográfico rebasando los límites del distrito, lo que ha generado externalidades negativas a los municipios aledaños. Tal como ocurre con la localización de urbanizaciones en zonas ambientalmente susceptibles a cambios en la cobertura del suelo y de los sistemas hidrológicos así como afectaciones en biodiversidad y pérdida de hábitats (Seto et al, 2011).

Bogotá-región, que incluye los 19 municipios aledaños a la ciudad, ha venido creciendo a nivel físico y demográfico desde mediados del siglo XX, generando mayor demanda de servicios públicos y una alta generación de residuos sólidos y líquidos, situaciones que impactan negativamente a los ecosistemas de gran interés tales como los humedales, los ríos, los páramos y los cerros orientales. Adicionalmente este fenómeno está causando mayor presión sobre el suelo, además del impacto generado sobre la infraestructura de transporte y movilidad teniendo en cuenta el desplazamiento diario de la población hacia la capital (Preciado , 2009).

De los municipios circundantes que están experimentando un crecimiento demográfico significativo, se encuentra La Calera, en donde las viviendas que se han construido en la zonas rurales del municipio corresponden principalmente a urbanizaciones campestres que implican el aumento de la demanda de servicios públicos y la generación de vertimientos (Pedraza, 2014). Este aumento progresivo de urbanizaciones en las áreas rurales ha generado el desplazamiento de fincas campesinas, debido a intereses particulares del sector inmobiliario por ofrecer terrenos amplios y de belleza paisajística, características atractivas para la población de La Calera (Castañeda, 2012), que de acuerdo al DANE

(2005), corresponde a 13.926 habitantes localizados en suelo rural de un total de 23.208 lo que representa más del 60% de la población total.

Como respuesta a los cambios generalizados en los usos del suelo y sus consecuencias ambientales y sociales, durante la década de los 80 algunos países latinoamericanos conformaron una comisión integrada para definir una posición global respecto al problema del desarrollo y el medio ambiente (Cabeza, 1994). En esta comisión el ordenamiento territorial es planteado como una estrategia para el desarrollo sostenible en estos países (Hernandez, 2010).

A finales de los 80 surge la Ley 9a, cuyo objetivo fue establecer los lineamientos para los planes de desarrollo municipal, la cual fue derogada por la Ley 388 de 1997 otorgando importancia a la integración de las acciones político-administrativas y de planificación que sostiene cada municipio o región. Se estableció que cada municipio debía disponer de un instrumento para el desarrollo del territorio definido dentro de los límites establecidos por la Constitución y las leyes. Así mismo, el plan de ordenamiento territorial, como instrumento propuesto, debe ir en concordancia con las tradiciones históricas y culturales, buscando el desarrollo sostenible de la región mediante la protección del medio ambiente.

A pesar de tener una estructura de ordenamiento definida, el crecimiento de las ciudades y municipios de Colombia se ha desarrollado de manera desequilibrada durante las últimas décadas (Mertins, 2000), ocasionando fuertes presiones sobre el suelo y los recursos naturales. Esto se debe por un lado a los intereses económicos y políticos relacionados con el uso del suelo, así como el desarrollo informal del suelo urbano y de

actividades agrícolas (DDRS-DNP, 2014), De otro lado, a la falta de integración y participación conjunta de las entidades territoriales y de las autoridades administrativas y de planificación para la toma de decisiones con respecto al ordenamiento territorial, factor determinante de acuerdo a uno de los objetivos de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (Hernandez, 2010).

Otra debilidad en el ordenamiento del territorio es el sistema documental, debido a la falta de soporte técnico para el desarrollo y ejecución de los planes de ordenamiento territorial los cuales son escritos por planificadores físicos que determinan sus acciones a partir de la definición de los usos del suelo urbano y sus instrumentos de control, sin identificar los impactos que generan los asentamientos humanos sobre los ecosistemas existentes (Contraloría de Bogotá D.C., 2006). Adicionalmente es innegable la falta de control en el otorgamiento de licencias por parte de las autoridades municipales que autorizan la construcción de proyectos urbanísticos de viviendas asequibles para la población de clases sociales media y alta, pues son terrenos más económicos que los disponibles en Bogotá (Carreño, 2012).

La localización de viviendas y la accesibilidad a los servicios públicos no se encuentra debidamente regulada, y por tanto las construcciones localizadas en lugares de baja cobertura de servicios públicos tales como acueducto y alcantarillado, obliga a las constructoras a implementar sistemas de tratamiento de agua residual convencionales, tales como pozos sépticos o plantas de tratamiento primarias con el fin de cumplir con las obligaciones requeridas por la autoridades para el otorgamiento de la licencia de construcción. Sin embargo, los sistemas propuestos en varias ocasiones no cumplen con lo

exigido por las autoridades ambientales, pues los pozos sépticos o los sistemas convencionales no eliminan la carga orgánica requerida y esto puede estar afectando considerablemente el cuerpo hídrico al cual se conecta el sistema de tratamiento para su descarga final (Pedraza, 2014).

Ciertamente la cuenca alta del río Teusacá localizada en los municipios de La Calera y Bogotá, es un ejemplo de la situación descrita anteriormente, a pesar de considerarse un recurso hídrico de gran importancia para la ciudad de Bogotá pues constituye una de las fuentes de agua que abastece al embalse San Rafael, agua que es potabilizada para suplir aproximadamente al 70% de la población bogotana. De acuerdo a lo expuesto por el POT del municipio, las zonas de protección del río se encuentran ocupadas por viviendas y otros edificios, situación que está afectando al cuerpo hídrico debido a los altos grados de contaminación presentes. Es posible que la contaminación del agua se deba principalmente a las actividades socioeconómicas que se desarrollan en la región, especialmente las urbanizaciones en las zona rurales del municipio.

Numerosos estudios alrededor del mundo han demostrado la relación directa que hay entre la distribución de los usos de la tierra y la calidad de los cuerpos de agua, especialmente por urbanizaciones y actividades agrícolas. Entre las investigaciones analizadas se identificó que la intensidad de las actividades humanas incrementa la tendencia de que la integridad biológica y química de los rios disminuya (Wang, 2001). Ahearn et al (2005) coincide con esta determinación debido a que en su estudio la densidad de población contribuyó al aumento de la concentración de algunos parámetros fisicoquímicos en el cuerpo de agua analizado.

Esta relación es evidente en zonas de baja densidad en donde hay mayor dificultad de gestionar infraestructura de acueducto y alcantarillado debido a varias razones, tales como la debilidad de los gobiernos locales en apoyar el sector rural y los altos costos de prestación de los servicios. El Estado es el responsable de asegurar la prestación de los servicios como finalidad social, según el artículo 365 de la Constitución Política Nacional, sin embargo este puede delegar dicha tarea a organismos administradores, empresas privadas u organizaciones comunitarias que dependen de la limitada inversión de las alcaldías locales para la expansión y mantenimiento de la infraestructura (Tamayo & García, 2006).

La prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado requiere de la instalación de redes con altos costos de inversión por lo que es necesario una cantidad mínima de 40.000 usuarios para garantizar la viabilidad financiera, teniendo en cuenta que el costo por metro cúbico de agua disminuye con el aumento del número de usuarios (Torres & Botero, 2005). Por lo anterior los asentamientos dispersos no cuentan con la cobertura de saneamiento requerida y esto obliga a los usuarios a tomar alternativas de conexión directa a los cuerpos de agua para su abastecimiento y/o disposición de aguas residuales.

Apoyada en los argumentos dados por las investigaciones consultadas, que demuestran la estrecha relación que existe entre la calidad de agua de las fuentes hídricas y la ubicación de asentamientos dispersos cerca a estas fuentes, se establece una propuesta de investigación de tipo documental y observacional. La investigación aportará los conocimientos necesarios para la determinación de lineamientos de manera integral

enfocados al cuidado del recurso hídrico. A partir de lo anterior se expone la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué lineamientos de gestión se pueden proponer para mejorar la calidad de agua en la cuenca alta del río Teusacá hasta el Embalse de San Rafael, relacionado con los usos del suelo en los municipios de la Calera y Bogotá D.C.?

## **1.2.JUSTIFICACIÓN**

Tratar el ordenamiento territorial de manera integrada, a nivel político-administrativo, físico, biótico, ecosistémico e hídrico, es fundamental pues a partir de una buena planificación se toman decisiones en pro del desarrollo sostenible y equitativo. Sin embargo, el resultado que hoy en día se observa referente a la planificación Territorial de Colombia es que aún existen falencias en la construcción y accionamiento de los planes de ordenamiento Territorial a pesar de los esfuerzos políticos realizados desde los años 70 (Borja, 2001). El énfasis a los proyectos de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial no contempla el factor de urbanización acelerada que actualmente se está presentando en Colombia, y que ha ocasionado el desarrollo no controlado de asentamientos urbanos (Carrión, 2008).

Los componentes ambientales, entre ellos calidad de agua, muchas veces no están integrados en la planeación del territorio, esto puede ocurrir por varios factores, tales como la falta de comunicación entre las entidades territoriales que manejan los recursos. Las autoridades tanto nacionales como locales referentes a la administración de los recursos naturales y a la planeación del territorio en ocasiones no coordinan sus actividades de



ordenamiento, protección, prevención y/o corrección sobre elementos del ecosistema (Wang, 2001).

Otros factores tales como la existencia de un sinúmero de normas referentes al ordenamiento territorial en Colombia ocasiona desconocimiento y confusión a los organismos legislativos y ejecutivos así como a las instituciones académicas, lo que contribuye a la toma de decisiones con poca sustentabilidad técnica e información adecuada (Carrión, 2008). Lo anterior determina la planificación del territorio de manera insostenible, permitiendo la ubicación de urbanizaciones, actividades agrícolas o actividades socio-económicas en lugares inadecuados, que generan un impacto negativo a los recursos, en especial al recurso hídrico.

El escenario descrito se observa en la cuenca alta del río Teusacá, el cual debería tener un trato especial y las restricciones necesarias para evitar las urbanizaciones campestres causantes de la contaminación del recurso, al considerarse un recurso de alta importancia para la ciudad de Bogotá. Sin embargo las entidades administrativas, tanto de Bogotá como La Calera, presentan debilidades en la planeación y regulación de la zona, pues no trabajan de manera articulada para proteger la cuenca que es vital para las dos partes.

Teniendo en cuenta el Acuerdo Municipal No. 011 de 2010 en el que “se ajusta el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de la Calera, adoptado mediante el Acuerdo No. 043 de 1999” el Concejo Municipal enfatiza en la problemática de las urbanizaciones campestres que han afectado en gran medida los cerros de la cuenca del río Teusacá. Adicionalmente el acuerdo resalta la necesidad de la participación conjunta de las entidades

para el manejo integrado de la cuenca con el fin de garantizar el uso compartido de los servicios que provee. Lo anterior muestra el avance sobre los cambios de enfoque dado al ordenamiento territorial, pues en el documento anterior, el Acuerdo No. 043, se mencionaba muy poco sobre el tema de la protección de la cuenca.

El embalse de San Rafael, al ser una de las principales fuentes de agua potable para Bogotá, después del embalse de Chuza localizado en Chingaza, requiere tener un control constante de su calidad, así como la vigilancia de la calidad del río Teusacá, cuenca que abastece al embalse, con el fin de determinar las medidas de gestión. En este sentido, determinar la relación entre las urbanizaciones existentes en las zonas rurales de La Calera y Bogotá, y las características del río antes de llegar al Embalse representaría una información valiosa para las administraciones municipales. Lo anterior permitirá proponer medidas argumentadas y determinantes que favorezcan el desarrollo sin afectar el recurso hídrico, así como fortalecer los instrumentos de ordenamiento asociados a la autonomía municipal frente a la funcionalidad regional.

Desarrollar esta propuesta traerá beneficios para las entidades estatales debido a que los costos crecientes del tratamiento del agua para potabilizarla podrían estabilizarse e incluso disminuir a partir de las decisiones que se tomen. Adicionalmente el municipio de La Calera podría verse beneficiado pues a partir de los resultados obtenidos, será posible realizar propuestas de gestión en conjunto con las entidades territoriales para determinar la ubicación de las urbanizaciones y las exigencias necesarias para las viviendas existentes con el fin de proteger la cuenca del río Teusacá. Tener en cuenta los lineamientos que se

propongan evitará una incorrecta interpretación de la problemática existente y apuntará al desarrollo de una propuesta político-administrativa integral.

La información sobre las implicaciones que generan las urbanizaciones en las áreas rurales del municipio de La Calera sobre la calidad del agua de la cuenca alta del río Teusacá es muy limitada por lo que la investigación será un aporte a investigaciones posteriores referentes al tema y servirá como base para los gestores en la toma de decisiones a mediano y largo plazo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GENERAL**

Proponer lineamientos de gestión que permitan mejorar la calidad del recurso hídrico a partir del análisis de calidad del agua de la cuenca alta del río Teusacá relacionado con los procesos de expansión de las urbanizaciones.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Hacer una revisión sobre el comportamiento de los indicadores de calidad de agua del río Teusacá y el embalse de San Rafael e indagar acerca de la relación existente con respecto a la expansión de las urbanizaciones en zonas de suelo rural.
2. Identificar las construcciones localizadas en la cuenca alta del río Teusacá y las formas de ocupación presentes en el área de interés.
3. Proponer lineamientos para fortalecer los instrumentos de planeación y gestión que busquen resolver el problema de calidad de agua del río.

### **3. MARCO REFERENCIAL**

A continuación se presenta el marco normativo que detalla los instrumentos legales aplicables a la investigación. Así mismo se identifica el marco conceptual a partir de cuatro (4) ejes principales: La expansión urbana y sus implicaciones, la planeación y el ordenamiento territorial, la gestión de cuencas y la calidad de agua, conceptos determinantes para el análisis del trabajo propuesto.

#### **3.1.MARCO NORMATIVO**

Los instrumentos normativos son considerados como las herramientas que dirigen las decisiones de las entidades nacionales, departamentales, regionales y locales, normas que representan un alto grado de importancia pues su coherencia e integración garantizan y sustentan los resultados esperados.

En Colombia la normatividad reciente referente al ordenamiento territorial tal como la Constitución Política de Colombia, la Ley 9 de 1989, la ley 99 de 1993, la ley 388 de 1997 entre otros, constituyen la base jurídica para la toma de decisiones en el marco del desarrollo sostenible. Lo anterior se garantiza si dicha normatividad es integrada y estructurada con las leyes ambientales nacionales y locales, teniendo en cuenta que la normatividad ambiental Colombiana es la más amplia de Latinoamérica.

Así mismo Colombia cuenta con una amplia normatividad referente a la regulación de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales la cual ha sido actualizada mediante la Resolución 0631 de 2015. Teniendo en cuenta que la norma es reciente y

representa cambios significativos en el manejo y la regulación de los vertimientos, requiere ser considerada con urgencia en la actualización de los instrumentos de gestión.

Por lo anterior es claro que el ordenamiento territorial no debe gestionarse de manera aislada, teniendo en cuenta que se considera como un instrumento para el desarrollo sostenible y por tanto requiere del análisis y la gestión integrada de las normatividad vigente

De acuerdo a lo anterior en el ANEXO 1 se presenta un resumen detallado de la normatividad vigente aplicable a la investigación desarrollada teniendo en cuenta el principio de Gradación Normativa, establecido en la Ley 99 de 1993, respetando el carácter superior y la jerarquía de las normas establecidas.

### **3.2.MARCO CONCEPTUAL**

De acuerdo al enfoque de investigación dado y la problemática planteada, se requiere realizar una revisión de los conceptos relacionados tales como la planeación y el ordenamiento territorial, el fenómeno de expansión de las urbanizaciones, la gestión de cuencas, la calidad del agua y los sistemas de tratamiento de agua residual utilizados en zonas rurales, teniendo en cuenta tanto las fortalezas como las debilidades de la aplicación de estos conceptos desde la perspectiva del desarrollo.

#### **3.2.1. La expansión urbana y sus impactos sobre el entorno**

El proceso de urbanización es definido como el cambio en el que la población dispersa localizada en regiones rurales se traslada a centros urbanos densamente poblados y caracterizados por el desarrollo de actividades industriales y de servicios que ofrece

mayores oportunidades de educación y empleo. El crecimiento económico se encuentra fuertemente relacionado con los procesos urbanísticos teniendo en cuenta que el primero alimenta y fortalece el segundo. Sin embargo una expansión no planeada puede generar condiciones de consumo y producción insostenibles así como la degradación ambiental de los ecosistemas (UN, 2014).

Lambin et al (2001) coincide en que los procesos de urbanización a gran escala fragmentan los ecosistemas y los ponen en peligro, debido a las fuerzas direccionadoras que ocasionan los cambios en el uso de la tierra. Una de las fuerzas que mas influye en la transformación del territorio es el desarrollo de la economía cuya interacción con la naturaleza es inevitable, ya que se establecen relaciones sociales en un sistema abierto que altera la base natural partiendo de la necesidad del desarrollo económico (Landínez, 2014).

La expansión urbana responde a las necesidades socio económicas de crecimiento alrededor del mundo y el problema se ha venido incrementando mediante la ocupación fragmentada de zonas suburbanas y rurales cercanas a las principales ciudades (Gaviria, 2009). La ocupación del territorio a nivel mundial ha crecido debido a los asentamientos humanos en áreas de expansión urbana o áreas suburbanas motivadas por la cercanía a centros de empleo y desarrollo socioeconómico mayor, condición presentada en ciudades grandes en las que se observan procesos de urbanización dispersa siguiendo los modelos espaciales de desarrollo discontinuo en torno a la ciudad (Rocca & Sgroi, 2012). A partir de lo expuesto es posible afirmar que las principales causas de la ubicación de asentamientos humanos en la ronda de las ciudades, son el desarrollo socio-económico y las oportunidades

laborales en ciudades sobre pobladas, a las cuales se puede acceder fácilmente, sin necesidad de vivir en un entorno urbano al interior de la ciudad.

La expansión urbana también es atribuida al aumento incontrolado de la población, indicador que sigue creciendo de acuerdo a las Naciones Unidas, integrado a un factor importante de reclasificación del suelo rural a urbano (Redman & Jones, 2005). Esta situación se repite en distintas ciudades a nivel mundial, especialmente en las ciudades Latinoamericanas, respondiendo a la demanda de servicios de la población excedente de la ciudad (Quintanar, 2010).

El desarrollo de la ciudad compacta y su expansión a partir de los contactos, los intercambios y la comunicación es cada vez menos prioritaria y como resultado de esto se despliega una ciudad difusa de ocupación de áreas cada vez mas extensas separadas funcionalmente y segregadas socialmente que se unen mediante una red de vías o carreteras (Rueda, 1997). El equilibrio funcional, técnico, social y cultural entre el campo y la ciudad ha ido desapareciendo a partir de la delcaración del suelo rural como áreas de expansión urbana o de desarrollo de vivienda campestre (Arango, 2008). Rueda (1997) afirma que el modelo de desarrollo actual está multiplicando el consumo de los recursos naturales tales como el suelo, el consumo de materiales y energía, sin tener en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas y sus límites.

De acuerdo a Arango (2008) el desarrollo de urbanizaciones en espacios periurbanos se debe principalmente a la construcción espontánea de viviendas aisladas que, según Bazant (2011), son comunes en el contexto latinoamericano cuya población se caracteriza por preferir territorios individuales en lugar de construcciones colectivas dentro

de la ciudad. Este crecimiento poblacional ha generado consecuencias graves sobre el ambiente circundante (ver figura 1) especialmente en lo referente al consumo de agua y disposición de vertimientos y residuos sólidos en zonas de alto valor ecosistémico y paisajístico.

La fragmentación del territorio sobre estructuras frágiles es evidente, y el impacto generado no ha sido analizado a profundidad lo que ocasiona una expansión urbana incontrolada sobre el campo (Arango, 2008). Los impactos ambientales sobre el entorno de expansión de las ciudades y municipios obedece a distintas fuerzas direccionadoras ya nombradas anteriormente, tales como el aumento de población, la calidad de vida, el costo de la tierra entre otros, generando no solamente impactos ambientales sino también impactos sociales y económicos sobre la región.

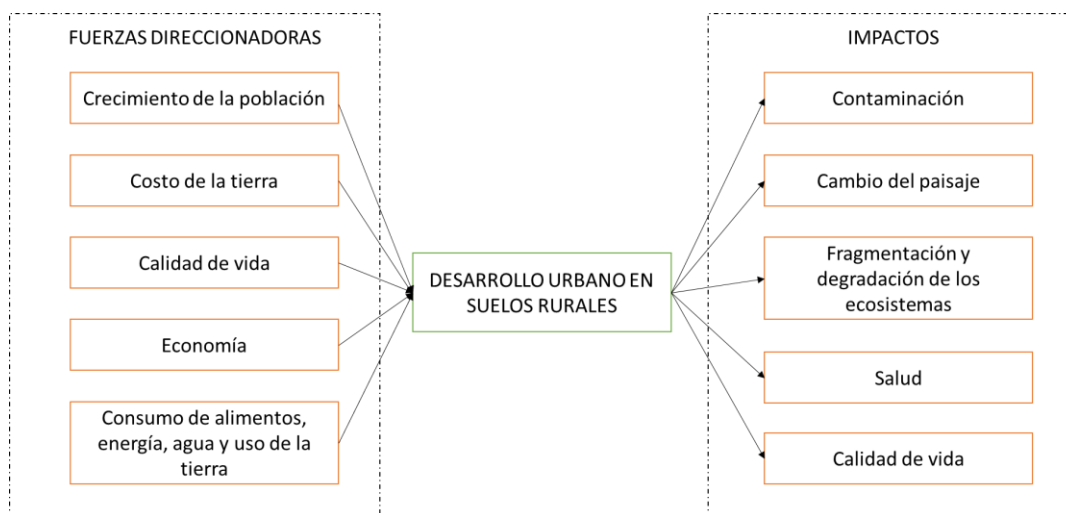


Figura 1. Esquema de las fuerzas direccionadoras y los impactos del desarrollo urbano en suelos rurales

Fuente: Elaboración propia



Desde la perspectiva de desarrollo, es evidente que las condiciones socio-económicas de una población determinan en cierta medida la organización y localización de la misma, sin embargo la ocupación del territorio obedece a factores tales como el crecimiento exponencial de la población. Los habitantes de una ciudad grande, con problemas de movilidad y seguridad, muchas veces prefieren ocupar territorios suburbanos o rurales cercanos a la ciudad en áreas de alto valor ecosistémico, pues son viviendas más económicas que las ofertadas dentro de la ciudad. Conviene subrayar que el recurso hídrico es el más afectado por asentamientos urbanos y el desarrollo de actividades agropecuarias e industriales en zonas prohibidas (Prieto & Luengas, 2015). A pesar de contar con la normatividad que protege las áreas protegidas donde se presentan estas urbanizaciones, la falta de control por parte de las autoridades ambientales y de planeación, continúan afectando de manera significativa las regiones de gran importancia ecológica.

De acuerdo al estudio realizado por parte del DNP (2014) en Colombia se evidencian altas tasas de crecimiento en ciudades vecinas a las principales debido al efecto de la localización de las actividades productivas en la ciudad principal. En estas áreas se localizan conjuntos de viviendas de bajas densidades, macroproyectos de vivienda prioritaria, servicios de educación y comerciales, así como industrias a gran escala. La expansión urbana en las zonas aledañas es producto de desiciones aisladas sin planificación ocasionando bajas condiciones de infraestructura de servicios públicos lo cual genera problemas ambientales y de contaminación cada vez mayores.

### 3.2.2. Enfoque de la planeación y el ordenamiento territorial

El territorio, tal como lo define Méndez (1988) citado por Massiris (2008), es un conjunto de elementos relacionados entre sí dentro de los cuales se incluyen factores socioeconómicos, naturales, culturales, políticos y administrativos, y cuya estructura se encuentra funcionalmente organizada. Los atributos del territorio tales como la topografía, los ecosistemas, las áreas construidas entre otros, son cambiantes con el tiempo y por tanto su planeación debe tener una visión integral dando mayor atención a la dimensión geográfica y a la sostenibilidad ambiental en lugar de centrarse en el crecimiento urbano tal como se pensaba a inicios del siglo XX (Massiris et al, 2012). A partir del siglo XX se comienzan a crear instrumentos de gestión para el desarrollo regional y la planificación del uso del suelo dando como resultado las primeras políticas de ordenamiento territorial como solución al desarrollo político y económico de las regiones.

El ordenamiento territorial o planificación del territorio se encuentra relacionado con el desarrollo económico de una región, ya que las actividades generadas en un lugar específico son las encargadas de transformar la ocupación y uso del suelo continuamente para permitir o propiciar el desarrollo (DNP, 2014). Torres (1999) coincide con el DNP (2014) en que el enfoque del desarrollo territorial se basa en la articulación de variables económicas, ambientales y sociales, debido a que se considera como un sistema de elementos que interactúan entre sí para el desarrollo sostenible. De esta manera es indispensable considerar todas las variables que componen un territorio específico con el fin de aportar soluciones integrales que contribuyan a la solución de los problemas de planeación.

Desde 1940 y durante 40 años, el desarrollo regional de América Latina se basó en tres instrumentos: el manejo integrado de las cuencas hidrográficas, las políticas del desarrollo regional<sup>1</sup> y los polos de crecimiento o desarrollo<sup>2</sup>, sin embargo esta estrategia territorial no fue exitosa. A partir del desarrollo de las industrias en zonas urbanas las ciudades se comenzaron a desarrollar de manera desordenada lo que motivó a promover normas urbanísticas que después se conocieron como parte del ordenamiento territorial (Massiris , 2008).

En el contexto latinoamericano, algunos países se han dedicado a desarrollar políticas territoriales articuladas a los objetivos del desarrollo territorial, del ordenamiento territorial y de la descentralización<sup>3</sup> con el objetivo de brindar mayor autonomía a las entidades territoriales en lo referente a la gestión de su desarrollo regional y/o sectorial (Massiris , 2008). De acuerdo a Finot (2007) la descentralización puede ser pública (decisiones políticas y administrativas), económica (decisiones de producción) u operativa (decisiones administrativas). De acuerdo a la Figura 2 las decisiones de tipo operativo son determinadas en última instancia por la administración local, lo que trae consecuencias en países donde la descentralización económica incentivó a la sociedad a crear nuevos municipios rurales para recaudar dinero de manera independiente. Contrario a lo anterior, la

---

<sup>1</sup> Estas se concentraban en buscar las inversiones y plantear estrategias de planificación que respondieran a las particularidades económicas regionales

<sup>2</sup> Su objetivo se basó en tratar de resolver el problema de la heterogeneidad estructural de la economía, es decir lograr disminuir el desequilibrio en el desarrollo del territorio.

<sup>3</sup> Entiéndase los objetivos de la descentralización como “profundizar la democratización y fortalecer la gobernabilidad democrática; avanzar hacia una mayor equidad territorial y social (esto último a fin de ir pagando «la deuda social» contraída con los ajustes), y reducir el déficit fiscal” (Finot, 2007).

eficiencia de la descentralización se refleja en la representación y participación ciudadana la cual es indispensable en la gestión del desarrollo y el ordenamiento territorial, sin embargo esta aún sigue siendo débil (Massiris , 2008).

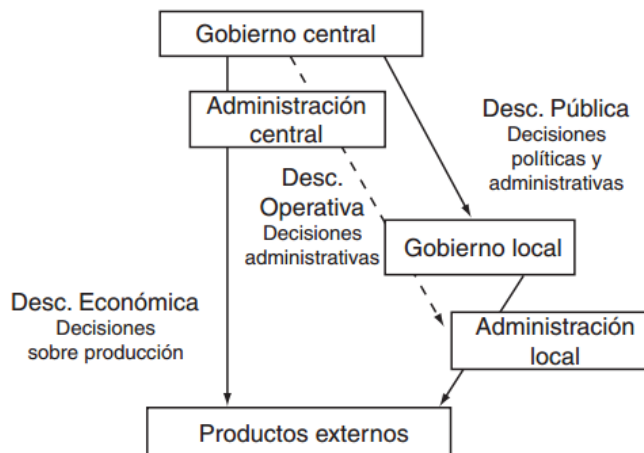


Figura 2. Tipos de descentralización

Fuente: (Finot, 2007)

En Colombia la definición de ordenamiento territorial no es clara, y de acuerdo a lo contemplado en la Ley 388 de 1997 las políticas establecidas para la organización del territorio se enfocan principalmente en actividades político administrativas y de planificación del uso del suelo de acuerdo a los planes de desarrollo de corto plazo que cada gobierno propone durante su mandato. En algunos países los planes de ordenamiento territorial contienen las políticas ambientales y el desarrollo de los mismos es constante debido a su gobierno centralizado (Espinoza & Rodriguez , 2002).

El ordenamiento territorial Colombia se está viendo transformado desde lo dispuesto en la Constitución Política de 1991 artículo 288 en el que se constituyó un desarrollo descentralizado dando competencias a los distintos niveles territoriales para

coordinar las acciones de planeación. A pesar de que la descentralización ha fortalecido el carácter regional y local del país, requiere del apoyo del estado otorgando competencias y recursos específicos, además de la conexión con las demás entidades territoriales para lograr una estructura funcional de desarrollo (Espinosa & Sánchez, 2001). Esto quiere decir que la coordinación interinstitucional es fundamental debido a que los procesos de cambio y transformación del territorio no pueden estar ligados solamente con el crecimiento económico, sino que evidentemente dependerá del trabajo conjunto de las instituciones (Torres C. , 1999).

Los Planes de Ordenamiento Territorial - POT - se dividen en distintos componentes lo cuales se describen en la Figura 3, identificando los plazos de ejecución para las políticas, acciones y programas a cumplir a nivel urbano y rural, y por tanto su desarrollo depende de las decisiones de los alcaldes que gobiernen dentro de dichos plazos,

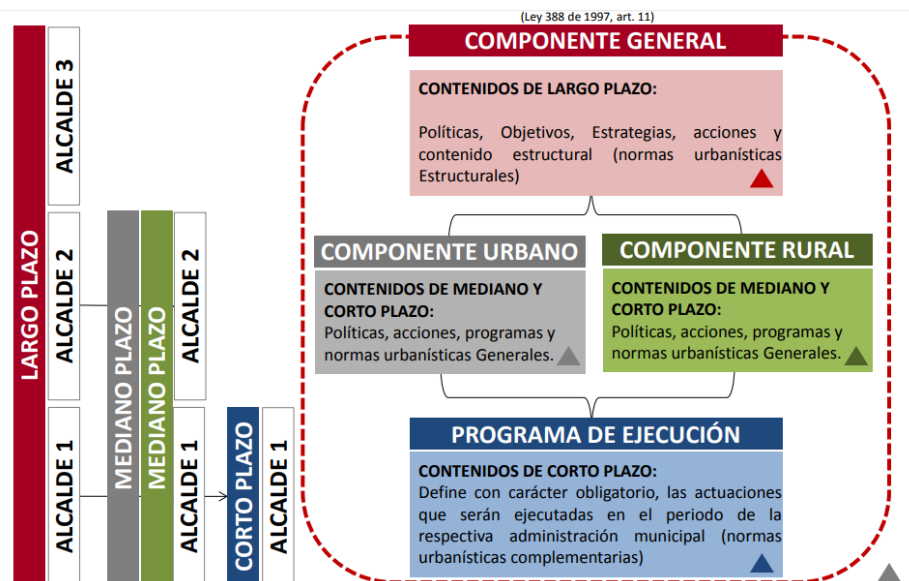


Figura 3. Componentes del Plan de Ordenamiento Territorial

Fuente: Minvivienda (2013)

La descentralización de la gestión de planificación hacia las alcaldías locales y entidades departamentales, así como las acciones que realiza el gobierno nacional impactan en gran medida el ordenamiento debido a los recursos y responsabilidades trasladadas a entidades de menor escala (Carrión, 2008). Lo anterior ocasiona la desarticulación de las entidades territoriales para la toma de decisiones desde el carácter del ordenamiento y la planificación del territorio debido a la independencia otorgada por parte del gobierno nacional para la toma de decisiones.

Hernandez (2010) dice que la idea del ordenamiento espacial se plantea desde la interrelación entre las funciones territoriales, las características ecológicas, las dinámicas sociales y culturales, y los servicios básicos que en conjunto tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de la población, lo anterior lo complementa Ramírez R. (2004) afirmando que además de esto se debe considerar factores tales como las características rurales, las relaciones con el ecosistema local, la localización y su papel en el entorno nacional y regional, la función económica y la dinámica de desarrollo económico y social ya que todas estas influyen en la ocupación del territorio; sin embargo en Colombia el enfoque de la planificación ha sido predominantemente económico (Hernandez, 2010).

Según Arango Escobar (2008) los planes urbanos para el crecimiento de la ciudad de forma integrada y funcional constituyen las cualidades fisiográficas del territorio, sin embargo no existen los mecanismos legales que hagan cumplir lo establecido en el papel, basándose en especulaciones referentes al adecuado uso de la tierra sin contar con estudios específicos que den una base lógica para la toma de decisiones. De aquí parte una serie de equivocaciones al reordenar la expansión urbana existente y permitir su localización en

zonas de protección conllevando al cambio de categoría como suelo de expansión después de haber sido ocupado y de haber afectado las variables ambientales que lo componen.

### 3.2.3. Gestión de cuencas y su integración con el ordenamiento territorial

El recurso agua es considerado como la fuerza clave para el desarrollo tanto social como económico, y así mismo es la función básica para mantener la integridad del ambiente natural que nos rodea, por lo que este elemento no debe tratarse de manera independiente (UNDESA, 2005). Considerando que Colombia ocupa el séptimo lugar en disponibilidad del recurso hídrico a nivel mundial de acuerdo a la FAO (2003), es fundamental la verificación de la oferta y demanda hídrica en el contexto regional (CAR, 2013). De esta manera UNDESA (2005) propone el concepto del Manejo Integrado del Recurso Hídrico, cuyas siglas en inglés son IWRM, como una aproximación que maximice el resultado del desarrollo económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas; los escenarios de planeación e implementación de IWRM se presentan en la Figura 4..

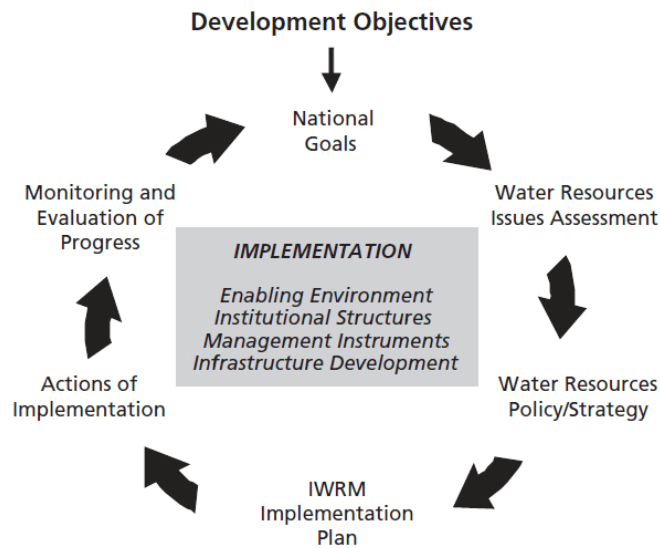


Figura 4. Escenarios en la planeación e implementación de IWRM

Fuente: (UNDESA, 2005)

De acuerdo a la FAO (2007) en la formulación de planes para el manejo de cuencas se requiere involucrar factores tales como los aspectos biofísicos y socioeconómicos de la zona, así como el apoyo operacional permanente. A su vez es de vital importancia la gestión y colaboración entre instituciones de los distintos sectores (económicos, sociales, de salud, de educación) con el fin de garantizar la eficacia y efectividad de las decisiones tomadas. Sin embargo la articulación de los factores e instrumentos de control así como de los actores interesados en la toma de decisiones para la planificación del territorio es la mayor falencia existente en el manejo de las cuencas hidrográficas de acuerdo a lo expuesto en el estudio de la situación ambiental de las nueve cuencas hidrográficas que hacen parte de la jurisdicción de la CAR Cundinamarca (CAR, 2012).

El Plan Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) establece que la gestión de la cuenca hidrográfica se planifica para orientar el uso del agua a partir de



las dinámicas de ocupación del territorio con el fin de garantizar el aprovechamiento del recurso de manera eficiente así como su conservación (MAVDT, 2010).

Esta planificación de las cuencas hidrográficas se realiza a partir de la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA que de acuerdo al artículo 23 del Decreto 1640 de 2012, se constituye como una norma superior al Plan de Ordenamiento Territorial expuesto por la Ley 388 de 1997. Las autoridades territoriales se encuentran en la obligación de elaborar los POT a partir de la consulta de las normas de mayor nivel jerárquico con el fin integrar los lineamientos de conservación y protección de los recursos naturales así como el manejo de las cuencas hidrográficas (MinAmbiente, 2014, p.21). Por esta razón el POMCA de cualquier cuenca hidrográfica es superior a los POT, y por tanto todas las especificaciones plasmadas en el documento para la protección de la cuenca deben respetarse e integrarse en el POT de los municipios que lo comparten.

El objetivo principal del ordenamiento de las cuencas hidrográficas se enfoca en mantener un equilibrio entre el aprovechamiento del recurso hídrico desde un enfoque social y económico, y conservar la estructura físico-biótica del sistema. Un ejemplo claro de la integración del ordenamiento territorial y el ordenamiento de una cuenca hidrográfica se presenta en el municipio de Dosquebradas, Risaralda, en donde la cuenca de la fuente Dosquebradas se encuentra ubicada en su totalidad dentro de los límites político-administrativos del municipio, por lo que la perspectiva de la cuenca se convierte en el principio que rige la planificación (Gómez & Rave, 2009).

### 3.2.4. Calidad de agua del recurso hídrico y sistemas de tratamiento de agua convencionales.

La calidad del agua se define como las condiciones fisicoquímicas y biológicas del cuerpo de agua, las cuales se encuentran relacionadas con la presencia, abundancia de diversidad y la distribución de especies (Wang, 2001). De acuerdo a esto, la combinación de prácticas agrícolas y urbanizaciones en áreas rurales localizadas cerca de cuerpos hídricos genera impactos sobre la calidad del agua así como conflictos geoespaciales por la ocupación del territorio (Ahearn et al, 2005).

En ciudades de alta densidad poblacional, se han realizado investigaciones referentes al uso de la tierra y la relación que existe entre las urbanizaciones y la calidad de agua de los cuerpos hídricos. Se ha demostrado que el rápido crecimiento de la población genera el aumento de concentraciones de contaminantes en el agua, indicando la fuerte influencia del uso del suelo en los cambios de la calidad del agua (Ren et al, 2003). Autores como Ahearn (2005) y Wang (2001) coinciden en sus investigaciones en que el uso de la tierra para urbanizaciones y agricultura influyen directamente en la calidad del agua de las fuentes hídricas analizadas.

Dicha problemática se encuentra determinada por la falta de servicios públicos domiciliarios, y a pesar de que la ley 388 de 1997 establece que en las zonas rurales, donde se mezclan usos de vivienda campestre y actividades agropecuarias, se debe garantizar el autoabastecimiento en servicios domiciliarios, estos sistemas para el suministro de agua potable y el tratamiento del agua residual no son efectivos. Así mismo se ha identificado que la mayoría de sistemas de tratamiento utilizados en estas zonas corresponden a

tratamientos convencionales tales como el pozo séptico, sistema poco eficiente para retener las cargas contaminantes requeridas por la normatividad ambiental vigente.

Es importante mencionar que debido a la dificultad de acceder a los servicios públicos tales como acueducto y alcantarillado en las regiones rurales, se han presentado descargas directas de los pozos sépticos y sistemas de tratamiento convencionales a las fuentes hídricas alterando así la calidad del agua de las mismas. Un ejemplo de ello se muestra en un estudio realizado en la quebrada La Macana, en el municipio de Medellín, causando impactos significativos no solo a nivel ambiental sino a nivel económico y social para la región (Hidalgo & Mejía, 2010). Los municipios aledaños a la ciudad de Bogotá presentan situaciones similares debido al aumento de las áreas de expansión urbana cerca de las fuentes hídricas, como es el caso del río Teusacá en el municipio de La Calera.

## **4. AREA DE ESTUDIO**

### **4.1.DESCRIPCIÓN ESPACIAL**

La cuenca Alta del río Teusacá se encuentra localizada en el municipio de La Calera y el oriente de la ciudad de Bogotá (ver Mapa 1).

El área total de la cuenca es de 35.828 Hectáreas aproximadamente y su cauce principal tiene una longitud de 69km. Está ubicada en el altiplano Cundiboyacense, en el sector meridional de la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Oriental; el flujo del agua va desde la vereda el Verjón Alto en dirección sur – norte. La cuenca alta se encuentra determinada por un valle plano de origen aluvio-lacustre rodeado de dos cerros de

topografía escarpada con formaciones plaenars y areniscas, con sectores arcillosos (CAR, 2013).



Mapa 1. Localización de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-BIÓTICA

Se caracteriza por presentar un clima en la parte alta con valores máximos de precipitación entre 1600 y 1800 mm, y a la altura del embalse de San Rafael se presentan valores entre 1000 y 1400 mm. Su distribución es bimodal en la margen izquierda del río y

monomodal en la margen derecha con periodos húmedos entre marzo y mayo, y en el segundo semestre se observa octubre y noviembre. La temperatura en la cuenca alta oscila entre los 6°C y los 9°C y en la cuenca media se encuentra entre los 9°C y los 12°C (CAR, 2013).

La extensión de la cuenca es de 358 km<sup>2</sup> aproximadamente, y su topografía se caracteriza por ser de relieves montañosos y ondulados constituyendo un 63,3% del área total. Sus características morfométricas muestran que la cuenca es de tipo alargado, su cota más alta es de 3650msnm y la más baja es de 2550msnm y por tanto su drenaje superficial se considera rápido y sinuoso (CAR, 2013).

Los tributarios del río son las quebradas Socha, Simayá, Curubital, San Lorenzo, sobre la margen derecha y Aguas Claras sobre la margen izquierda principalmente, que tributan aguas abajo del embalse y en la cuenca baja se encuentra la quebrada De Mi Padre Jesús. El embalse de San Rafael localizado en la cuenca alta, cumple con funciones de regulación de caudal y control de inundaciones en la Sabana, debido a que parte del recurso es almacenado para el abastecimiento del acueducto de Bogotá, cuando el sistema Chingaza se encuentra en mantenimiento. Su caudal medio anual es de 0,71m<sup>3</sup>/s aguas arriba del embalse y existe una concesión otorgada a la EAAB por 0,9m<sup>3</sup>/s (CAR, 2013).

De acuerdo al mapa de usos de suelo y concesiones otorgadas por la CAR, la demanda hídrica proviene del sector doméstico, agropecuario e industrial, considerando al sector agropecuario como el de mayor demanda, especialmente para pastoreo cuya área ocupada es considerablemente mayor en comparación con cultivos e invernaderos (CAR, 2013). De acuerdo al POT del municipio de la Calera (2010) la vegetación se caracteriza por

ser de tipo arbustivo y arbóreo, con pastos y cultivos. Gran parte de la zona rural del municipio de enfoca en el desarrollo agropecuario de la región, por lo que la mayor extensión de la subcuenca se encuentra localizada en tierras de Clase IV que se caracterizan por ser de pendientes inclinadas y dedicadas específicamente a estas actividades con cierto nivel de intensidad (CAR, 2013). Los cambios en el uso del suelo en la zona, son evidentes y ocasionados por el desarrollo inmobiliario en zonas de alta producción agrícola, que reemplaza dichas zonas por viviendas campestres de alto valor direccionadas a la clase media-alta de la ciudad. Lo anterior debido a los servicios de bienestar y mejora de la calidad de vida que ofrece el sector en comparación con los elevados costos de vida dentro de la ciudad.

#### **4.3.CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA**

De acuerdo al censo del DANE (2005) dentro de la cuenca del río Teusacá, La Calera aporta 17.317 Habitantes lo que corresponde al 43% del total de la población, teniendo en cuenta que gran parte de su área urbana y centros poblados están localizados al interior de la cuenca.

Con respecto a la tenencia de la tierra se identifica que la concentración de la tierra es evidente, ya que el 40% de la superficie entre 20 y 100Ha pertenece al 2% de la población es decir 322 propietarios, y el 17% de la superficie mayor a 100Ha pertenece al 0,3% de los propietarios correspondiente a 41 (CAR, 2013).

La cobertura de acueducto a nivel rural corresponde al 55,7% y proviene de acueductos veredales con precarios sistemas de potabilización. Con respecto al

alcantarillado la mayoría de las veredas descargan a pozos sépticos o directamente al río Teusacá sin ningún tipo de tratamiento (CAR, 2013).

La principal actividad económica desarrollada en la cuenca es la producción agropecuaria como la agricultura, principalmente cultivo de papa, ganadería bovina, producción de leche, y en menor medida la actividad agroindustrial como cultivos de flores para exportación y avicultura (CAR, 2013).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

A continuación se presentan las actividades realizadas para el desarrollo del trabajo de investigación comenzando con una fase preliminar de recolección de información primaria y secundaria, seguido de una fase de procesamiento de información en la que se analizaron los instrumentos de gestión y se realizaron cálculos de calidad de agua y levantamientos topográficos, y finalmente la fase analítica que consistió en la propuesta de lineamientos de gestión para la mejora de la calidad del recurso hídrico de la cuenca.

La metodología utilizada fue dirigida al cumplimiento de los objetivos propuestos para el desarrollo de la investigación. Su desarrollo se dividió en tres fases las cuales son fase preliminar, fase de procesamiento de información y fase analítica, las cuales se presentan en la Figura 5.



Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.FASE PRELIMINAR

Durante la fase preliminar se identificaron los instrumentos de gestión aplicables al caso de estudio y disponibles en las entidades públicas departamentales y territoriales, tales como los Planes de Ordenamiento Territorial, el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Teusacá y el Plan Maestro de Acueducto de Bogotá, esto con el fin de realizar un análisis detallado de las herramientas que actualmente son utilizadas por las entidades para el manejo y gestión del área de influencia de la cuenca alta del río Teusacá. Adicionalmente se adquirió la información cartográfica disponible en los documentos consultados que permitiera identificar los actuales usos del suelo en las áreas que



comprenden la cuenca alta del río Teusacá, teniendo en cuenta que esta zona pertenece tanto a la ciudad de Bogotá D.C. como al municipio de la Calera.

La cartografía de la zona se tomó de las imágenes satelitales disponibles de alta resolución en la fuente Google Earth, la cual fue utilizada para realizar la identificación visual de las construcciones existentes en la zona y la cobertura en el área de interés.

Durante esta fase se realizó la recolección de fotografías y coordenadas geográficas de la zona a partir de un recorrido en campo sobre el río con el fin de identificar las actividades que se desarrollan actualmente así como la verificación visual de los sistemas utilizados para el tratamiento de las aguas residuales.

Así mismo se realizó la recolección de los datos referentes al análisis de calidad de agua de la cuenca alta del río proporcionados por la Empresa de Acueducto de Bogotá desde el año 2013 hasta 2017 teniendo en cuenta que a partir de este año se cuenta con la información confiable y digitalizada. Lo anterior debido a que la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca no posee información de calidad de agua de la cuenca alta. Se cuenta con el análisis de calidad de agua del río en un punto localizado y nombrado puente la Virgen donde limita el municipio de La Calera con la Ciudad de Bogotá, durante julio y Agosto de 2017, punto que fue identificado de gran importancia durante el recorrido en campo debido al cambio evidente de cobertura en este punto donde se comienza a visualizar mayor área para el uso de vivienda campestre. Así mismo este sitio coincidió con la divisoria política existente y la gestión diferenciada de la cuenca, lo que contribuyó a determinar los efectos sobre la calidad del agua.

## **5.2.FASE DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

En esta fase se identificó el grado de articulación que existe entre los planes de ordenamiento territorial de Bogotá D.C. y La Calera, el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Teusacá y el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Para el análisis de la cartografía disponible se identificaron los municipios de jurisdicción de la zona de estudio, realizando una verificación visual de las imágenes satelitales disponibles con el fin de determinar el área de influencia de la cuenca.

Utilizando las imágenes satelitales, los mapas disponibles de uso de suelo y el archivo DEM para la delimitación de cuencas en el área de interés, se realizó un mapeo utilizando la herramienta ARC-GIS que permitió obtener los siguientes mapas bases:

- Área de influencia de la cuenca y localización de puntos de muestreo.
- Construcciones en la zona de influencia directa comparado con los usos del suelo.
- Patrón del uso del suelo.
- Construcciones en el área preteneciente a La Calera y Bogotá.

### **5.2.1. Cálculo de la carga contaminante de acuerdo al número de viviendas**

De acuerdo a las construcciones identificadas se realizó el cálculo aproximado del caudal que pueden generar las viviendas localizadas en el área de estudio así como la carga contaminante diaria, esto con el fin de identificar el grado de contaminación que puede generar el agua residual sobre la cuena alta del río Teusacá.

El cálculo del caudal de agua residual doméstica se realiza mediante la metodología propuesta en el RAS (MINVIVIENDA, 2016) en el que se debe tener en cuenta la demanda de agua potable, a través de un coeficiente de retorno. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{NETA}}{86400} \quad (1)$$

Donde:

$Q_D$  Es el caudal de agua residual doméstica (L/s)

$C_R$  Coeficiente de retorno que depende del nivel de complejidad del sistema según la Tabla D.3.1 del RAS Título A (2000).

$P$  Número de Habitantes

$D_{NETA}$  Demanda neta de agua potable proyectada por habitante de acuerdo al nivel de complejidad del sistema

Así mismo se calcula la carga contaminante teniendo en cuenta la siguiente tabla de composición típica de agua residual doméstica:

Tabla 1. Composición típica de Agua Residual Doméstica

CONSTITUYENTE	CONCENTRACION		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL
SÓLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos SD	850	500	250
SD fijos SDF	525	300	145
SD volátiles SDV	325	200	105
En suspensión SS	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SS volátiles SSV	275	165	80
SÓLIDOS SEDIMENTABLES ml/L	20	10	5
DBO5	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITROGENO (Total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FOSFORO (Total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALINIDAD (como Co3Ca)	200	100	50
GRASA	150	100	50
COLIFORMES TOTALES	$10^7$ - $10^9$	$10^7$ - $10^8$	$10^6$ - $10^7$

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

### 5.2.2. Análisis de la calidad de agua de la cuenca alta del río Teusacá

De acuerdo a la información de calidad de agua disponible para la cuenca alta del río Teusacá, se determinó la necesidad de identificar el o los indicadores que evidencien el estado actual del recurso hídrico. Por lo anterior el indicador seleccionado es el Índice de calidad de Agua – ICA mediante la metodología propuesta por el IDEAM y el Índice de Contaminación por Materia Orgánica – ICOMO, las cuales permiten evaluar de manera integral la calidad del recurso hídrico teniendo en cuenta las actividades desarrolladas en la zona.

La calidad del agua es determinada a partir de ciertas variables físico-químicas y microbiológicas que permiten identificar las condiciones del recurso, según el IDEAM (2015) para que la calidad del agua sea óptimo debe cumplir ciertas condiciones que permitan mantener un equilibrio en el ecosistema desde la variable de la ecología dejando a un lado la simple evaluación de los requerimientos para el uso determinado del recurso en actividades antropológicas.

El método utilizado para el cálculo del índice de Calidad del Agua se seleccionó teniendo en cuenta las variables analizadas durante los monitoreos de agua realizados por el Acueducto de Bogotá. De acuerdo a lo anterior se determinó que la metodología más adecuada para los cálculos correspondientes es la planteada por el IDEAM. El factor de ponderación de cada variable seleccionada es determinada de acuerdo a esta tabla:

Tabla 2. Variables y factores de ponderación

<b>Factores de ponderación para el cálculo del ICA</b>		
<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Factor de Ponderación</b>
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg/L	0,2
Oxígeno Disuelto – OD	% de Saturación	0,2
pH	Unidades de pH	0,2
Sólidos Suspendidos Totales – SST	mg/L	0,2
Conductividad Eléctrica – C.E.	μS/cm	0,2

Fuente: IDEAM (s.f)

El cálculo del ICA se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$ICA_{njt} = \sum_{j=1}^n W_i * I_{ikjt} \quad (2)$$

Donde:

$ICA_{njt}$  Es el índice de calidad de agua del punto de muestreo j en un tiempo t con número de variables n.

$W_i$  es el factor de ponderación asignado a la variable de calidad i.

$I_{ikjt}$  es el valor la variable i (obtenido de la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n es el número de variables determinado para el cálculo del índice de calidad, en este caso cinco (5).

La clasificación asignada al cálculo del Índice de Calidad - ICA es el siguiente:

Tabla 3. Clasificación de la Calidad del Agua según los valores del ICA

CLASIFICACIÓN	RANGO	COLOR DE ALERTA
Buena	$0,90 < ICA \leq 1,00$	
Aceptable	$0,70 < ICA \leq 0,90$	
Regular	$0,50 < ICA \leq 0,70$	
Mala	$0,25 < ICA \leq 0,50$	
Muy Mala	$0,00 \leq ICA \leq 0,25$	

Fuente: IDEAM (s.f)

El índice de Contaminación por Materia Orgánica – ICOMO fue seleccionado como complemento para el cálculo de la calidad del recurso hídrico teniendo en cuenta las variables de uso de suelo identificadas en el área de interés y su correlación de la contaminación del agua por materia orgánica. La metodología utilizada es la propuesta por Ramírez, Restrepo, & Viña (1997) y se describe a continuación:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes\ Totales} + I_{\%OD}) \quad (3)$$

Los índices se obtienen a partir de las siguientes expresiones:

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,07\text{Log}_{10}DBO \quad (4)$$

DBO mayores a 30mg/L tienen  $I_{DBO}=1$

DBO menores a 2mg/L tienen  $I_{DBO}=0$

$$I_{Col\ Tot} = -1,44 + 0,56\text{Log}_{10}Col. Tot. \quad (5)$$

Coliformes Totales mayores a 20.000 NMP/ml tienen  $I_{Col. Tot.}=1$

Coliformes Totales menores a 500 NMP/ml tienen  $I_{Col. Tot.}=0$

$$I_{\%OD} = -1 - 0,01 * \%OD \quad (6)$$

%OD mayores a 100% tienen  $I_{\%OD}=0$

La clasificación asignada al cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica es el siguiente:

Tabla 4. Clasificación de la Calidad del Agua según los valores del ICOMO

CLASIFICACIÓN	RANGO	COLOR DE ALERTA
Buena	$0,00 \leq ICOMO \leq 0,10$	
Aceptable	$0,10 < ICOMO \leq 0,30$	
Regular	$0,30 < ICOMO \leq 0,50$	
Mala	$0,50 < ICOMO \leq 0,75$	
Muy Mala	$0,75 < ICOMO \leq 1,00$	

Fuente: IDEAM (s.f)

### **5.3.FASE ANALÍTICA**

Los resultados de los análisis ejecutados se evaluarán en conjunto con el fin de identificar su grado de relación y de esta manera determinar si las urbanizaciones ubicadas en las áreas rurales representan una causa significativa de contaminación del recurso hídrico de la cuenca alta del río Teusacá. Por otro lado se evaluarán las alternativas de gestión con el fin de proponer lineamientos que complementen las acciones actualmente utilizadas en la región. Lo anterior tiene como fin realizar un aporte para la mejora de las condiciones de calidad del agua de la cuenca alta del río Teusacá considerando su importancia como servicio ecosistémico tanto para la región como para la ciudad de Bogotá, por ser fuente de abastecimiento para consumo humano.



## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN**

El Acuerdo Municipal No.11 de 2010 “por el cual se ajusta el plan de ordenamiento territorial del Municipio de La Calera, adoptado mediante el Acuerdo No. 043 de 1999” es el documento actual reglamentado para el ordenamiento del municipio. En el componente general se detallan los conceptos de ordenación y plan de ordenamiento conforme a la Ley 388. Así mismo, se declara una función pública y ecológica de la propiedad dentro de los principios generales.

De acuerdo a la políticas generales del plan, se aclara la necesidad de permitir la conservación del suelo rural mediante medidas de mitigación tales como impedir urbanización desordenada y fomentar la productividad de las actividades agropecuarias, forestales, recreacionales y turísticas. De igual manera se incluye el concepto de Estructura Ecológica Principal, término que no había sido desarrollado en el Plan de Ordenamiento Territorial anterior, cuya conformación hace parte de los objetivos en el marco del desarrollo sostenible y recopila las áreas de reserva forestal protectora y/o protectora-productora, áreas de manejo especial (PNN Chingaza), áreas de especial importancia ecosistémica (páramos y subpáramos), áreas de recarga de acuíferos, las márgenes hídricas, áreas para la conservación del recurso agua y áreas para la protección forestal.

El acuerdo define la prohibición de construir proyectos nuevos de vivienda campestre en las áreas que conforman la estructura de protección, inclusive las que hacen parte de los polígonos de vivienda campestre. Así mismo se busca incentivar la

conformación de agrupaciones de vivienda con reglamento de copropiedad que impida el fraccionamiento futuro de los predios y controle conjuntamente el manejo de los residuos sólidos y los vertimientos.

El suelo de protección es definido en el POT de La Calera como las áreas del territorio municipal que incluyen las áreas de reserva forestal protectora y protectora-productora; áreas de manejo especial como el Parque Nacional Natural Chingaza, los páramos y subpáramos, las áreas de recarga de acuíferos y las márgenes hídricas y rondas hidráulicas; áreas para la conservación del recurso agua; áreas para la protección forestal; área de amortiguación de la reserva forestal bosque oriental de Bogotá, áreas para la producción agrícola, ganadera y explotación de recursos naturales como son las áreas de suelos de clases agrológicas II y III, las áreas de control de procesos erosivos y las áreas de explotación minera; las áreas de alta amenaza y riesgo natural y; las áreas del sistema de servicios públicos como son las áreas de manejo y disposición final de residuos sólidos, las áreas de manejo, tratamiento y disposición final de escombros, las áreas del sistema de acueducto y alcantarillado, y el área para cementerio municipal. En estas clasificaciones se define como uso prohibido la urbanización y/o parcelación para construcción de vivienda campestre.

En el caso de Bogotá D.C. El Plan de Ordenamiento Territorial vigente se rige mediante el Decreto 364 de 2013 y establece en sus políticas generales la protección y restauración ambiental de los cerros orientales para evitar la urbanización ilegal.

Dentro del mismo se describe el concepto de Estructura Ecológica Principal – EEP– en el capítulo V enfatizando su integración con otras estructuras de orden regional desde la perspectiva de la gestión articulada de cuencas hidrográficas y ecosistemas estratégicos.

En el capítulo IV Clasificación del suelo, artículo 27 se define el suelo de protección que de acuerdo al artículo 35 de la Ley 388 de 1997 no tiene la posibilidad de urbanizarse. Las áreas que hacen parte de esta categoría son todos los elementos de la Estructura Ecológica Principal<sup>4</sup> y los suelos de protección por riesgo asociado a degradación del suelo por remoción en masa o inundación. Los suelos de protección tienen restringida la posibilidad de urbanización de acuerdo al artículo 4° del Decreto Nacional 3600 de 2007.

Lo anterior muestra un avance en la última actualización del POT de La Calera en el que se evidencia el concepto de Estructura Ecológica Principal – EEP- definido y estructurado en un plano y cuyo objetivo principal es la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales de manera sostenible; además sirve como soporte para el desarrollo socio-económico de la región, a partir de la restricción y prohibición de usos en estas zonas. Adicionalmente el plan presenta principios articulados con la función social y ecológica aunque desarticulados con los usos de suelo establecidos.

---

<sup>4</sup> “Constituyen suelo de protección todos los elementos que se han determinado como parte del sistema distrital de áreas protegidas (incluye los niveles nacional, regional y distrital); las áreas de especial importancia ecosistémica, y todos los elementos conectores complementarios con excepción de las áreas de control ambiental del Subsistema Vial y los conectores ecológicos” (Concejo Municipal de la Calera, 2010)

A continuación se presentan los usos de suelo definidos por los POT de Bogotá y La Calera para la zona de estudio:

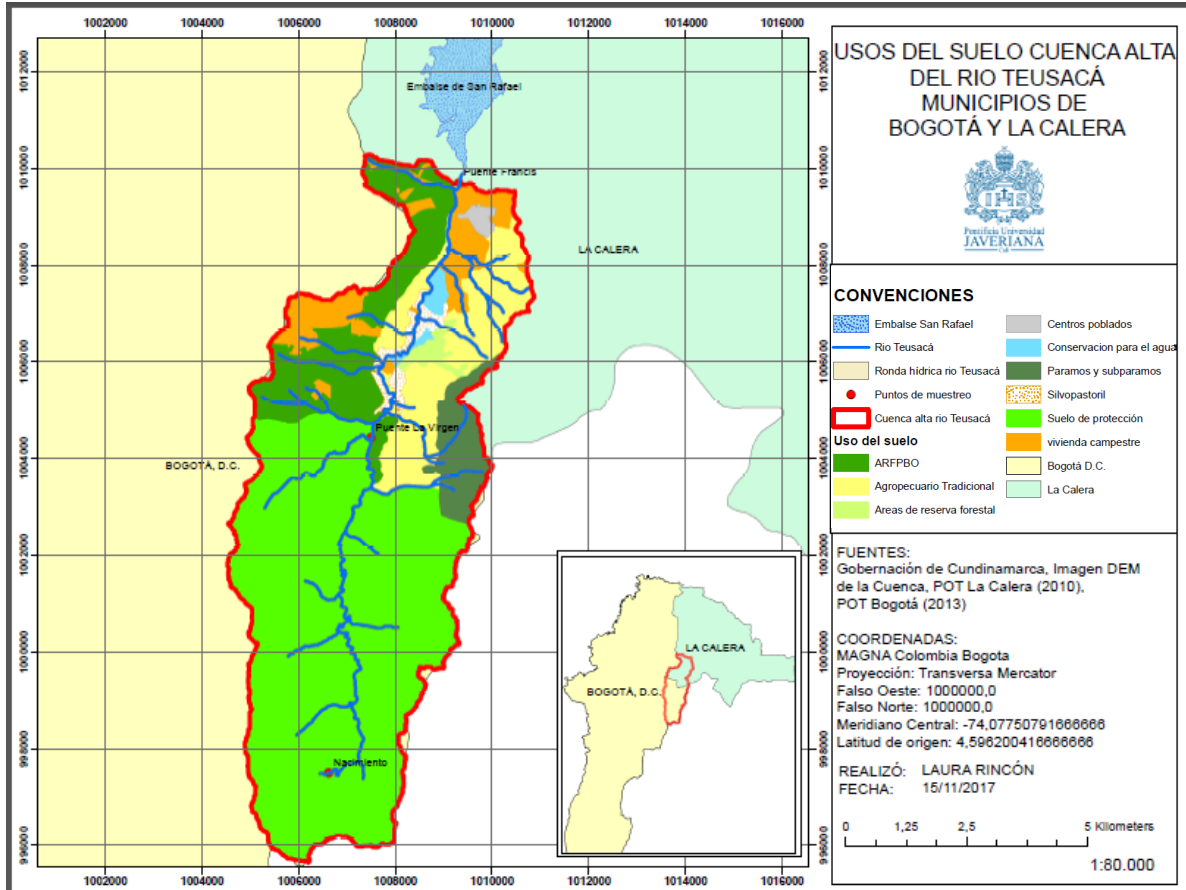


Figura 6. Usos del suelo sobre el área de estudio definidos en el POT La Calera y Bogotá

Fuente: Elaboración propia – POT La Calera y Bogotá

Verificando las construcciones existentes en el área de La Calera se observa lo siguiente:

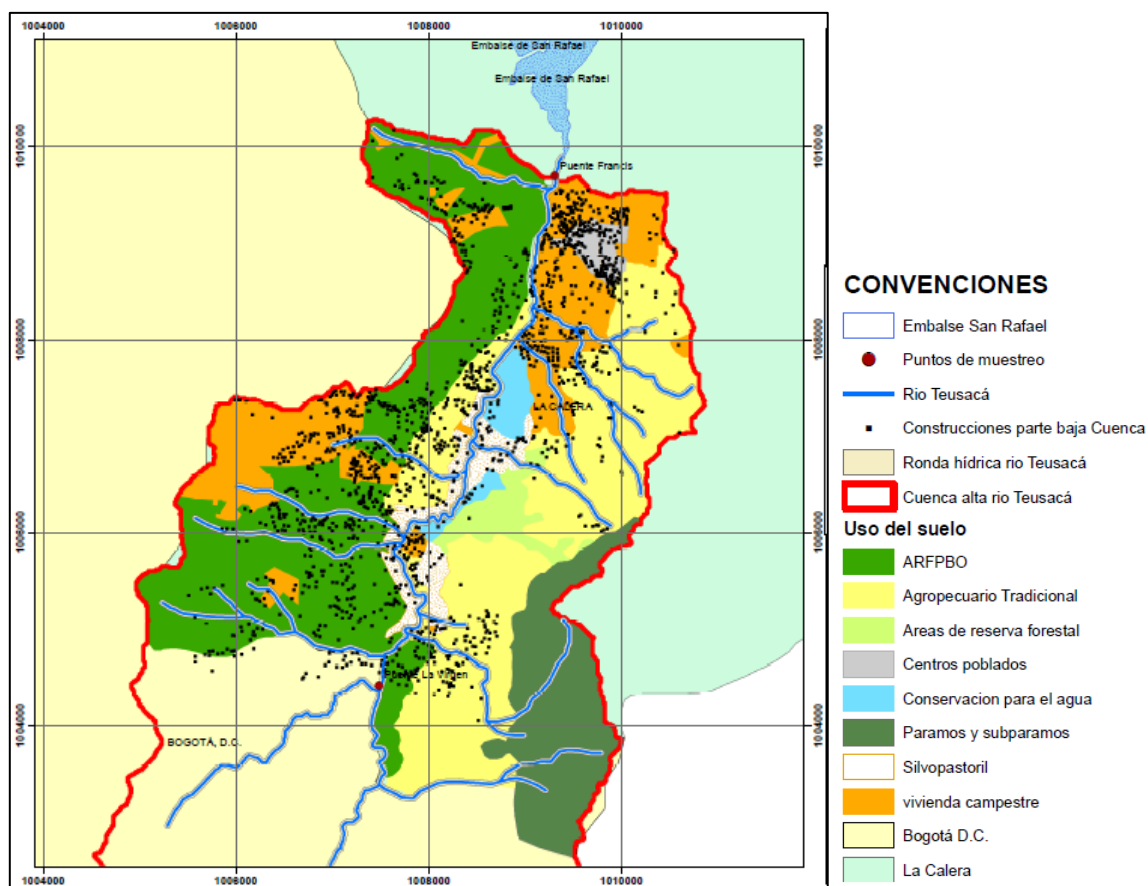


Figura 7. Construcciones identificadas en la zona rural (área de estudio) del municipio de la Calera

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

De acuerdo a la **Figura 6** y **Figura 7** se observa la dispersión de viviendas en áreas clasificadas como suelo de protección, específicamente y de manera demarcada en el Área de Amortiguación de la Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá (ARFPBO), y en las áreas de uso agropecuarios tradicional y silvopastoril.

Desde la perspectiva de las políticas y planes establecidos en la zona de estudio para el desarrollo de la planeación del territorio se identifican debilidades e inconsistencias, tales como las señaladas en el POT de La Calera en donde se plantean zonas de uso de suelo

denominadas áreas para la conservación del recurso agua, áreas para la protección forestal, área de amortiguación de la reserva forestal bosque oriental de Bogotá y áreas para la producción agrícola y ganadera, las cuales se encuentran fuertemente densificadas por las urbanizaciones de vivienda campestre a pesar de considerarse parte del uso de suelo de protección el cual enfatiza la prohibición de proyectos de vivienda. Esta situación es corroborada al observar en la zona nuevos proyectos de urbanización que cumplen con los reglamentos de copropiedad que habla el POT pero que van en contra de los lineamientos de prohibición establecidos.

De igual manera verificando las imágenes satelitales de 2016 de la cuenca que se localiza en el municipio de La Calera se observa suelo urbanizado (ver **Figura 8**).

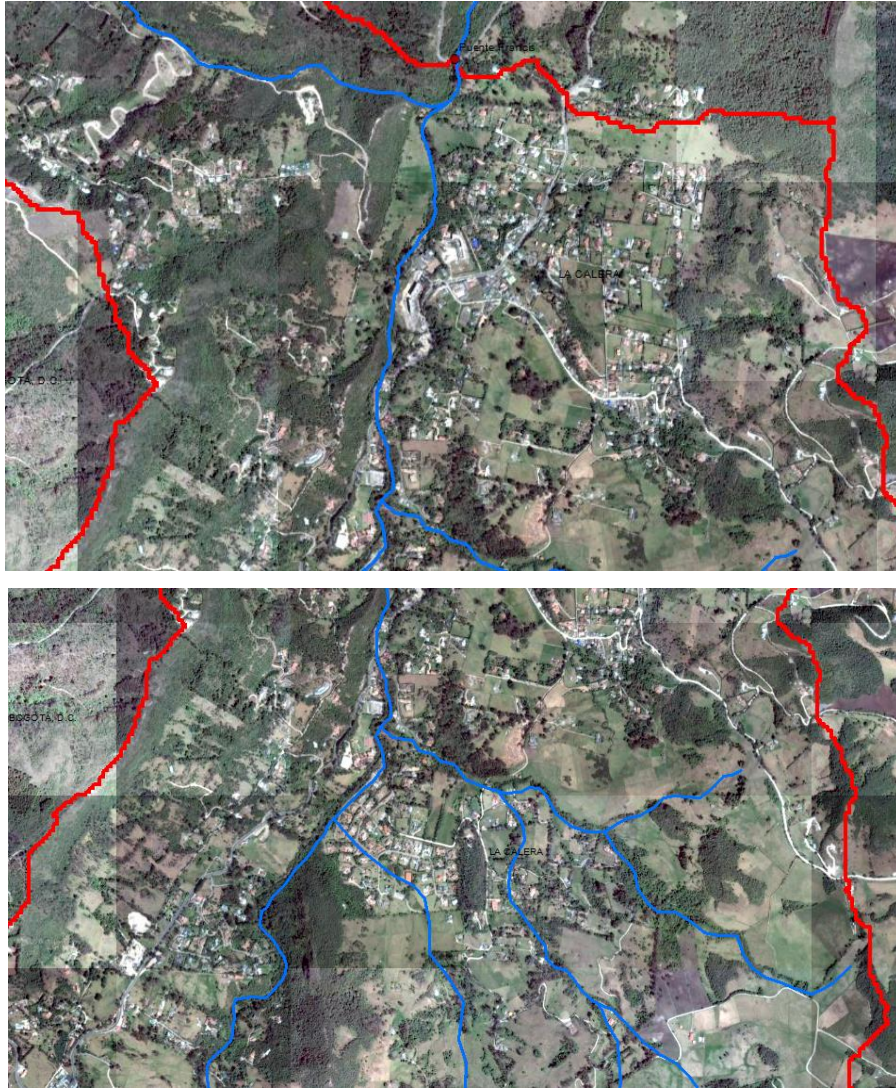


Figura 8. Suelo urbanizado en La Calera

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

Se puede identificar que actualmente La Calera presenta alta densificación de viviendas localizadas a lado y lado del río y de sus tributarios, y, de acuerdo a lo observado en campo, esta situación tiende a crecer teniendo en cuenta los nuevos proyectos que se están desarrollando.

Así mismo durante el recorrido en campo realizado por la zona de evidenció parcelaciones campestres en toda la zona rural de La Calera (ver Anexo 2).



Fotografía 1. Viviendas campestres cerca al punto la Virgen



Fotografía 2. Viviendas campestres cerca al punto la Virgen



Fotografía 3. Colegio a orillas del río Teusacá, vía Bogotá – La Calera



Fotografía 4. Restaurante a orillas del río Teusacá, vía Bogotá – La Calera

Fuente: Autora

Se identifican urbanizaciones, y desarrollo de actividades de tipo institucional y de servicios, como colegios y restaurantes, localizados al interior de la ronda hídrica del río



Teusacá (ancho de 30 metros a lado y lado del cuerpo hídrico), lo que a su vez impacta fuertemente en el recurso el cual recibe las descargas de agua residual de estas actividades. Situación observada durante las visitas en campo al identificar tuberías de descarga directa sobre el río.

Para el caso de Bogotá se presenta lo siguiente:

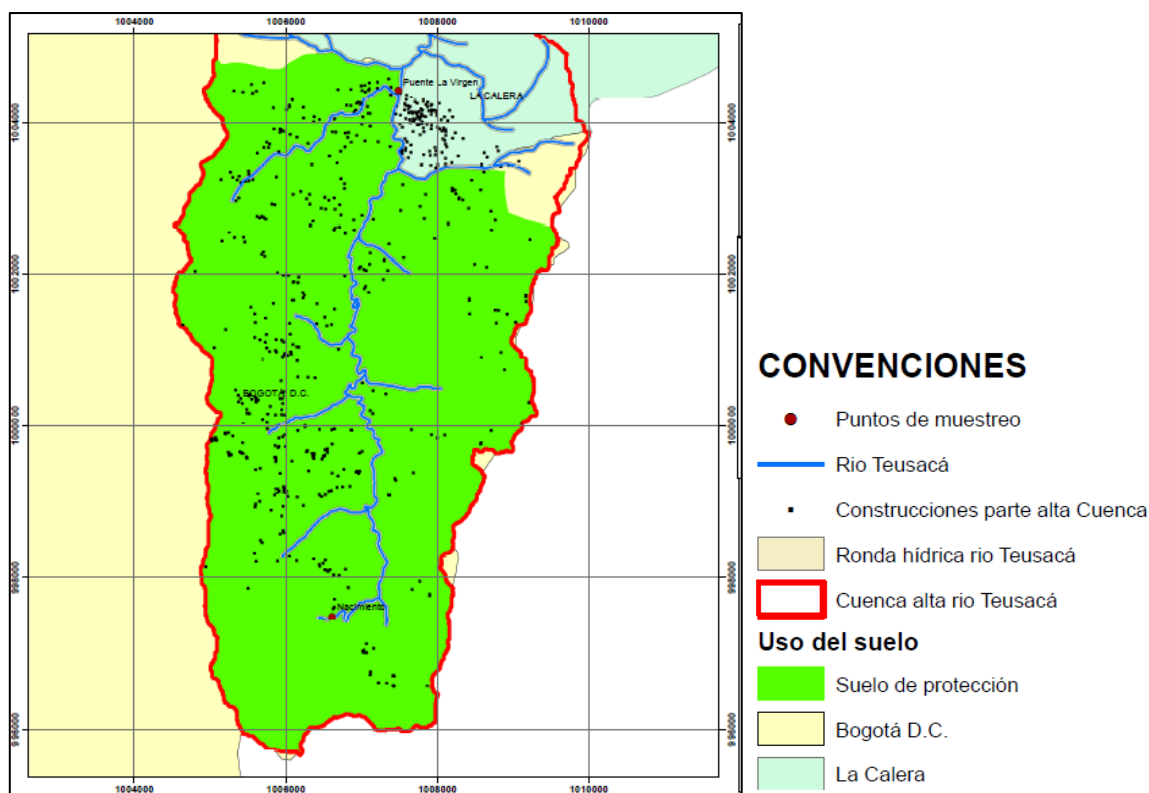


Figura 9. Densidad de vivienda en la zona rural (área de estudio) de Bogotá D.C.

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

En la Figura 9 se observa una dispersión de viviendas en el área clasificada como suelo de protección.

De acuerdo a la verificación de las imágenes satelitales de la cuenca que hace parte de Bogotá D.C., se presentan usos de suelo con fines agropecuarios principalmente (ver

**Figura 10)** información que fue corroborada durante el recorrido en campo de la zona (ver anexo2).



Figura 10. Suelo usado para fines agropecuarios de Bogotá D.C.

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

A pesar de que el POT de la ciudad de Bogotá, define toda el área de los cerros orientales como suelo de protección el cual prohíbe la urbanización, se evidenció la localización de viviendas dispersas dedicadas principalmente a actividades agropecuarias tales como la agricultura y la ganadería. Sería un error afirmar que dichas actividades no generan un impacto negativo sobre el recurso hídrico pues se indentificaron mangueras y motobombas utilizadas para la extracción y uso del agua para el sector, así como los impactos generados por el uso de agroquímicos en los cultivos de papa para la erradicación de plagas, que se filtran por el suelo y pueden llegar al cuerpo hídrico, sin embargo las urbanizaciones por parcelación campestre superan en gran medida este impacto, afirmación que se analizará más adelante.

Durante el recorrido en campo realizado por la zona se evidenció ecosistema de páramo y subpáramo, bosque húmedo, cultivos y ganado.



Fotografía 5. Ecosistema de páramo –  
Nacimiento del río Teusacá



Fotografía 6. Bosque



Fotografía 7. Cultivo cercano al ecosistema  
de páramo



Fotografía 8. Ganado en la zona

Fuente: Autora

De igual manera el POT de Bogotá presenta de un modo sistémico e integral el concepto de la EEP pues detalla un capítulo completo sobre el tema en el que se definen

objetivos claves y componentes donde se establece el recurso hídrico y los cerros orientales como aspectos principales, y cuya gestión debe focalizarse en contribuir con el equilibrio ambiental a nivel local y regional evitando la conurbación de los municipios cercanos a la ciudad, situación que se ve controlada en mayor medida al no permitir las urbanizaciones en los cerros. Sin embargo se observa un área reducida de vivienda campestre densificada localizada en los límites con el municipio de la Calera, en el sitio nombrado como Puente La Virgen, debido a las condiciones de urbanización no controladas en la zona de La Calera que influye en los patrones de urbanización de las zonas cercanas.

El crecimiento demográfico de la región ha generado problemáticas en el ordenamiento territorial debido a factores tales como la desarticulación de las condiciones del entorno natural con el desarrollo socioeconómico, el manejo inapropiado de los servicios ecosistémicos, la desarticulación sectorial, la frágil implementación de los instrumentos del ordenamiento territorial y la poca coordinación entre estos (Departamento Nacional de Planeación, 2014, p.8). Es así como se hace necesario verificar las políticas de planeación de cada región o municipio con el fin de evitar y/o corregir las problemáticas que actualmente atraviesa el territorio Colombiano en general, teniendo en cuenta que la debilidad de las entidades territoriales es evidente. El plan de ordenamiento territorial como instrumento para el ordenamiento del territorio de acuerdo a la Ley 388 de 1997, presenta una debilidad fundamental expuesta por Barrera (2009) citado por Hernández et al (2013), la cual consiste en que planificación se define determinantemente a nivel físico dejando en segunda instancia el desarrollo ambiental, socioeconómico y político.

Con respecto al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Teusacá, éste se formula a partir de la Guía Técnica para la formulación de los POMCA del Ministerio de Ambiente.

Dentro del POMCA se establece que Plan de Ordenamiento Territorial de La Calera promueve el desarrollo sostenible, y el plan de protección y recuperación del sistema hídrico urbano determina sus objetivos en la recuperación de la ronda hídrica mediante la prohibición de urbanizaciones y revegetalización de la zona. Así mismo dentro del programa de desarrollo agropecuario se plantea como proyecto la ampliación y optimización de los distritos de riego tecnificado sobre la ladera del valle del río Teusacá, para aumentar la capacidad de dotación requerida (CAR, 2013).

A partir del POT de Bogotá se establece la necesidad de conservar y recuperar la ronda hídrica de las subcuencas que hacen parte del río Bogotá así como el fortalecimiento de la Estructura Ecológica Principal – EEP – con el fin de generar acciones de preservación de la cuenca. Por otra parte se plantea realizar un análisis a partir de un enfoque integral regional del sistema hídrico del río Bogotá y su importancia en la Estructura Ecológica Regional (CAR, 2013).

El POMCA, en su análisis sobre la tenencia de la tierra, evidencia una alta diferencia entre la tenencia de la tierra en la zona plana del Valle y en las laderas de montaña. Sobre la parte plana se identifican haciendas con grandes extensiones de tierra para la agricultura y ganadería, mientras que en las laderas las propiedades son de menor extensión y sus propietarios, quienes usan las tierras para subsistir, viven en condiciones de pobreza y necesidades básicas insatisfechas. Además se afirma que por los niveles de

pobreza de los pequeños latifundistas, las condiciones del terreno son precarias y destruyen los recursos de la naturaleza ejerciendo altas presiones en el uso de la tierra debido a la falta de implementación de tecnologías (CAR, 2013).

De acuerdo al análisis socio-económico, ambiental y cultural de la Cuenca del río Teusacá, el POMCA (2013) establece componentes estratégicos tales como la restauración de áreas degradadas, la planificación agropecuaria mediante tecnologías limpias teniendo en cuenta los problemas socio-económicos presentes, la adopción de medidas de saneamiento básico, el cambio cultural a partir de capacitaciones y educación ambiental, la transferencia de conocimientos de eficiencia ambiental, y el fortalecimiento institucional desde la perspectiva de la coordinación interinstitucional.

Así mismo en la actualización del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - PMAAB (2016) se presenta un diagnóstico completo de las fuentes hídricas que abastecen a Bogotá y a los municipios Aledaños, así como el estado de los sistemas de tratamiento existentes y las propuestas de optimización.

Específicamente con respecto al río Teusacá se presentan valores de caracterización de la cuenca dentro de los cuales se encuentra el rendimiento hídrico medio de 18,6 L/s·km<sup>2</sup> que se clasifica de nivel bajo de acuerdo al rendimiento hídrico medio calculado a nivel nacional según el ENA (2014) por valor de 63 l/s·km<sup>2</sup>. Lo anterior se explica por las posibles captaciones de agua que se han realizado durante los últimos años en la cuenca alta del río.

Se presentan datos de caudal provenientes de las dos estaciones hidrométricas localizadas en Puente Francis, antes de llegar al Embalse de San Rafael, y en la estación Tambor. Se observan valores de 1,41 m<sup>3</sup>/s en Puente Francis y de 1,56 m<sup>3</sup>/s en la Estación Tambor, explicando la diferencia nuevamente por las captaciones y usos presentados aguas arriba del embalse.

La Empresa de Acueducto de Bogotá – EAB- cuenta con una concesión otorgada por la CAR Cundinamarca cuyas características se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Concesión de Agua EAB

Fuente de Captación		Caudal Dado en Concesión m <sup>3</sup> /s.	Vigencia de la Concesión	Cobertura (Población Beneficiada)	Autoridad Ambiental Otorgante	Acto Administrativo
San Rafael	Río Teusacá	0,9	50 años (2040)	Bogotá, D. C.	CAR CUNDINAMARCA	Resolución 4663 de 1990

Fuente: (EAB, 2016)

De acuerdo a los estudios realizados en varias secciones del documento se reitera que la baja calidad de agua del río Teusacá, específicamente con respecto a las altas concentraciones de materia orgánica y parámetros como cloruros, E.coli y Coliformes Totales, disminuye la calidad de agua del embalse San Rafael evidenciándose lo siguiente:

- El embalse San Rafael funciona como un sistema depurador de las aguas que trae el río Teusacá mediante el proceso de sedimentación y asimilación de la materia orgánica.
- La planta Wiesner cuenta con una capacidad instalada de 14,0 m<sup>3</sup>/s, sin embargo debido a la calidad de agua del río, ésta se ve disminuida a 12,0 m<sup>3</sup>/s.

- El embalse presenta condiciones de eutrofización provenientes de la materia orgánica y los niveles de nutrientes que recibe del río.
- La baja calidad del agua del río impacta las operaciones de la planta Wiesner debido a que fue diseñada para tratar aguas con concentraciones de agua cruda afectando el sistema de filtración. Cuando se presentan condiciones muy bajas de calidad con respecto a valores de turbiedad, hierro, manganeso y material orgánica, este caudal debe desviarse reduciendo el tratamiento a aproximadamente 4,5 m<sup>3</sup>/s.

De acuerdo a la actualización del PMAAB se proponen proyectos de implementación para la optimización del sistema de abastecimiento actual dentro de los cuales se contemplan:

- “Restitución del cauce del río Teusacá, sin modificación de la planta Wiesner”: el cual consiste en retornar el cauce aguas abajo del embalse San Rafael evitando el ingreso al mismo, así como desviar los caudales de crecientes que afectan la calidad por arrastre de sedimentos y carga orgánica. Sin embargo se reitera que teniendo en cuenta que el Embalse funciona como depurador del río aguas abajo, esta propuesta puede no ser aceptada por la autoridad ambiental.
- “Construcciones de una PTAP ciclo completo para tratar el agua captada del río Teusacá”: Se propone desviar el caudal a tratar de 1 m<sup>3</sup>/s, proyectando una duración de 96 meses de ejecución y un valor de 87 mil millones de pesos para su ejecución.

Las alternativas formuladas, y que actualmente se encuentran en proceso de estudio, no son coherentes desde el punto de vista sistémico integral de la gestión Ambiental pues son formuladas pensando desde el ámbito particular y de solución “al final del tubo” con



enfoque técnico, inversiones muy altas y un enfoque socio-económico y ecosistémico nulo, pues no se tienen en cuenta todos los niveles que implica la generación de propuestas estratégicas, de alto impacto, duraderas y de posible implementación en zonas con problemáticas ambientales similares.

A pesar de la creación de distintas instituciones distritales para el manejo de los ecosistemas presentes en los cerros orientales, la desarticulación de dichas entidades con las existentes en el municipio de la Calera ha generado toma de decisiones que impactan negativamente sobre el entorno natural. De acuerdo a Carreño (2012) esto se da en la falta de comunicación entre la CAR y la Secretaría Distrital de Ambiente, así como la flexibilidad de las entidades territoriales del municipio para entregar licencias ambientales lo que contribuye a la expansión urbana en zonas con restricciones.

En la planificación del territorio de Bogotá y La Calera se presentan debilidades en las regulaciones de las entidades territoriales existentes referente al manejo de los cerros orientales correspondiente a los factores que inciden en el cambio del paisaje y el uso del territorio. Teniendo en cuenta que la Ley 99 de 1993 cita textualmente: “declárase la Sabana de Bogotá, sus páramos, aguas, valles aledaños, cerros circundantes y sistemas montañosos como de interés ecológico nacional, cuya destinación prioritaria será la agropecuaria y forestal” esta determinación debería integrarse con los instrumentos de planificación y garantizar la participación de los actores directos para la toma de decisiones en el ámbito del desarrollo sostenible.

Esta falta de planificación y desarticulación entre entidades para la toma de decisiones no permite garantizar una gestión integrada que solucione el tema de la calidad

del recurso, y por tanto los costos adicionales de tratamiento que ha tenido que asumir la EAB y los ciudadanos de Bogotá, continúan sin una visión clara de la solución inmediata. Por lo anterior surge la discusión acerca de a quién se le deben trasladar los costos por una incorrecta planeación y/o los beneficios en caso de apropiarse del territorio y lograr establecer medidas eficaces. Es claro que el tema debe ser analizado desde una perspectiva regional y por tanto tanto los costos como los beneficios deberán ser compartidos.

## **6.2. CÁLCULO APROXIMADO DE CARGA CONTAMINANTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

A continuación se realiza el cálculo aproximado del caudal que pueden generar las viviendas localizadas en la zona así como la carga contaminante diaria, esto con el fin de identificar el grado de contaminación que puede generar el agua residual sobre la parte alta del río Teusacá suponiendo una descarga directa a este:

Se realizó el cálculo aproximado de densidad de viviendas en la zona dando como resultado lo siguiente:

- Para el área perteneciente a La Calera: 0,8 viviendas/Hectarea.
- Para el área perteneciente a Bogotá 0,17 viviendas/Hectarea.

Teniendo en cuenta que en el área de estudio de La Calera se concentran aproximadamente un total de 1703 construcciones se realizan los siguientes cálculos para determinar un aproximado de caudal de agua residual doméstica proveniente de estas viviendas:

De acuerdo al DANE (2005) el número de personas por vivienda en la zona rural de La Calera es de 3,6 dando como resultado un total de 6130 habitantes localizados en la zona de estudio.

El cálculo del caudal de agua residual doméstica se realiza teniendo en cuenta que para la zona de estudio se determinan las siguientes variables:

- $C_R$  Coeficiente de retorno que de acuerdo al nivel de complejidad del sistema según el RAS Título A (2000) es MEDIO teniendo en cuenta que la población se encuentra entre 2500 y 12500 habitantes. Por tanto es 0,8 y su valor proviene de la Tabla D.3.1 del RAS.
- $D_{NETA}$  Demanda neta de agua potable proyectada por habitante que de acuerdo al nivel de complejidad del sistema se estima 115L/hab\*día

Por lo anterior, utilizando la ecuación (1), el resultado sería:

$$Q_D = \frac{0,8 \times 6130 \times 115 \text{ L/hab} * \text{día}}{86400} = 6,52 \text{ L/s}$$

El cálculo de carga contaminante se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6. Cálculo de carga contaminante según el caudal proveniente de las viviendas identificadas en el área de La Calera

VARIABLE	CONCENTRACION (mg/L)			CARGAS (Kg/día)		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL	CARGA FUERTE	CARGA MEDIA	CARGA DEBIL
SST	350	220	100	197,16	123,93	56,33
S SED	20	10	5	11,27	5,63	2,82
DBO	400	220	110	225,33	123,93	61,97
COT	290	160	80	163,37	90,13	45,07
DQO	1000	500	250	563,33	281,66	140,83
NT	85	40	20	47,88	22,53	11,27
FOSFORO	15	8	4	8,45	4,51	2,25
ALCALINIDAD	200	100	50	112,67	56,33	28,17
GRASA	150	100	50	84,50	56,33	28,17
COLIFORMES	1,00E+09	1,00E+07	1,00E+06	5,63E+08	5,63E+06	5,63E+05
				<b>CAUDAL</b>	<b>6,52 L/s</b>	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo teniendo en cuenta que en el área de Bogotá se concentran aproximadamente un total de 653 construcciones se realizan los siguientes cálculos para determinar un aproximado de caudal de agua residual doméstica proveniente de estas viviendas:

De acuerdo al DANE (2005) el número de personas por vivienda en Bogotá es de 3,4 dando como resultado un total de 2220 habitantes localizados en la zona de estudio.

El cálculo del caudal de agua residual doméstica se realiza teniendo en cuenta que para la zona de estudio se determinan las siguientes variables:

- $C_R$  Coeficiente de retorno que de acuerdo al nivel de complejidad del sistema según el RAS Título A (2000) es bajo teniendo en cuenta que no supera los 2500 habitantes. Por tanto es 0,8 y su valor proviene de la Tabla D.3.1 del RAS.
- $D_{NETA}$  Demanda neta de agua potable proyectada por habitante que de acuerdo al nivel de complejidad del sistema se estima 90L/hab\*día

Por lo anterior, utilizando la ecuación (1), el resultado sería:

$$Q_D = \frac{0,8 \times 2220 \times 90 \text{ L/hab} * \text{día}}{86400} = 1,85 \text{ L/s}$$

El cálculo de carga contaminante se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 7. Cálculo de carga contaminante según el caudal proveniente de las viviendas identificadas en el área de Bogotá

VARIABLE	CONCENTRACION (mg/L)			CARGAS (Kg/día)		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL	CARGA FUERTE	CARGA MEDIA	CARGA DEBIL
SST	350	220	100	55,94	35,16	15,98
S SED	20	10	5	3,20	1,60	0,80
DBO	400	220	110	63,94	35,16	17,58
COT	290	160	80	46,35	25,57	12,79
DQO	1000	500	250	159,84	79,92	39,96
NT	85	40	20	13,59	6,39	3,20
FOSFORO	15	8	4	2,40	1,28	0,64
ALCALINIDAD	200	100	50	31,97	15,98	7,99
GRASA	150	100	50	23,98	15,98	7,99
COLIFORMES	1,00E+09	1,00E+07	1,00E+06	159840000,00	1598400,00	159840,00
				<b>CAUDAL</b>	<b>1,85 L/s</b>	

Fuente: Elaboración propia

Las cargas contaminantes calculadas en el área de La Calera son considerablemente altas en comparación con las calculadas en Bogotá, por lo que un tratamiento preliminar o primario no elimina más del 60% de la carga de DBO, incumpliendo la normatividad vigente.

De acuerdo a la aproximación realizada en el cálculo de las cargas contaminantes que podrían generar los habitantes de las viviendas identificadas y analizadas en el área de estudio, se observa que la población aproximada localizada en la zona de La Calera representa un caudal de descarga considerablemente mayor al caudal calculado para las personas localizadas en la zona de Bogotá; así mismo las cargas contaminantes aumentan cuatro veces mas para la descarga de la zona de la Calera comparado con las calculadas en

la zona de bogotá lo que sugiere una mayor contaminación por urbanizaciones de vivienda campestre localizadas en La Calera. Los sistemas de tratamiento de agua residual utilizados en la zona, corresponden a pozos sépticos y plantas de tratamiento convencionales cuyas eficiencias no superan el 60% de remoción por lo que para concentraciones de mas de 400mg/L de DBO o de  $1 \cdot 10^9$  UFC/ml de Coliformes Totales, este porcentaje de remoción es muy bajo y no alcanza a garantizar el cumplimiento de los parámetros máximos exigibles en la Resolución 0631 de 2015, por lo que el impacto que genera sobre el cuerpo hídrico es significativo.

### **6.3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO TEUSACÁ**

Los datos de muestreos fueron entregados por la Empresa de Acueducto de Bogotá D.C. desde el año 2013 a 2017 y los puntos se relacionan en la Figura 11:

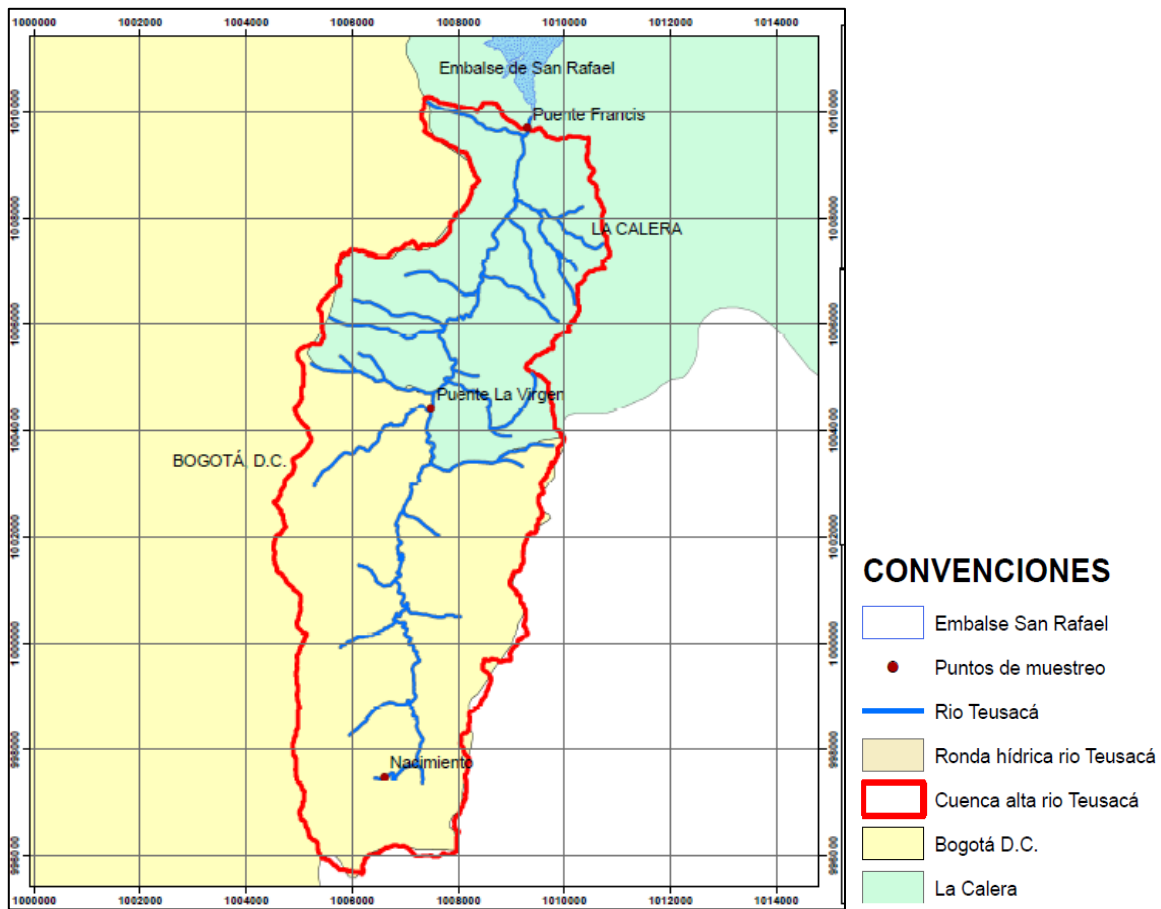


Figura 11. Puntos de muestreo sobre el río Teusacá

Fuente: Elaboración propia

Los puntos de muestreo (Nacimiento, Puente Francis) identificados en la Figura 11, fueron seleccionados teniendo en cuenta la disponibilidad de la información confiable y digitalizada por parte de la EAB. Así mismo fue pertinente obtener datos de calidad de agua en el Puente La Virgen en el que se establece la divisoria política entre el municipio de La Calera y la Ciudad de Bogotá, debido a los cambios de cobertura evidenciados en campo.

Teniendo en cuenta los tres puntos de muestreo identificados se realizó el cálculo de los índices de calidad ICA e ICOMO los cuales se muestran a continuación para cada punto muestreado.

Tabla 8. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el punto del Nacimiento

FecMueFis	DQO Resultado (mg/L)	OD Resultado (mg/L)	pH Resultado (Unidades)	SST Resultado (mg/L)	CE Resultado (µs/cm)	ICA IDEAM	DBO Resultado (mg/L)	COL TOT Resultado (NMP/mL)	OD Resultado (mg/L)	ICOMO
05/08/2013	22,000	7,400	5,265	3,400	10,150	0,806	1,645	224,700	7,400	0,025
10/09/2013	22,490	7,200	6,230	0,000	5,360	0,855	0,000	119,800	7,200	0,033
01/10/2013	12,350	6,900	6,190	1,400	5,260	0,885	0,000	90,800	6,900	0,046
16/11/2013	10,280	6,710	6,810	1,000	12,180	0,928	2,300	145,000	6,710	0,121
15/12/2013	18,960	6,830	6,820	1,600	4,640	0,934	1,145	275,000	6,830	0,049
14/01/2014	16,490	6,950	5,600	1,600	4,270	0,852	2,080	307,600	6,950	0,101
10/02/2014	13,800	7,370	5,650	1,600	9,720	0,863	0,000	218,700	7,370	0,026
11/03/2014	0,000	6,090	5,140	0,000	5,020	0,809	3,110	235,900	6,090	0,178
03/04/2014	0,000	6,060	5,700	2,600	4,220	0,835	0,000	209,800	6,060	0,081
19/05/2014	0,000	5,660	5,110	2,000	6,270	0,797	0,000	135,400	5,660	0,098
01/06/2014	26,240	6,830	6,360	0,000	4,970	0,815	0,000	178,500	6,830	0,049
02/07/2014	20,000	6,730	5,470	2,600	19,400	0,835	0,000	387,300	6,730	0,053
01/08/2014	16,000	7,500	4,990	2,000	13,060	0,836	0,000	139,600	7,500	0,021
02/09/2014	0,000	6,730	5,840	0,000	4,890	0,859	0,000	214,300	6,730	0,053
01/10/2014	0,000	7,500	6,050	0,000	13,250	0,888	0,000	461,100	7,500	0,021
01/11/2014	0,000	7,180	5,450	2,000	53,100	0,828	0,000	112,600	7,180	0,034
16/12/2014	15,670	7,110	5,540	0,000	12,320	0,850	0,000	218,000	7,110	0,037
14/01/2015	0,000	6,890	5,520	0,000	11,450	0,844	0,000	217,800	6,890	0,046
04/02/2015	0,000	6,240	5,190	2,000	4,900	0,815	0,000	1046,200	6,240	0,157
02/03/2015	9,380	6,270	5,770	2,000	7,260	0,843	2,205	214,200	6,270	0,136
06/04/2015	13,340	7,150	5,880	5,000	5,840	0,872	0,000	206,400	7,150	0,035
06/05/2015	10,800	6,800	5,700	0,000	7,340	0,852	0,000	111,200	6,800	0,050
10/06/2015	23,000	7,110	5,450	2,000	19,860	0,803	0,000	95,900	7,110	0,037
07/07/2015	14,400	7,150	5,030	0,000	24,800	0,825	0,000	101,200	7,150	0,035
06/08/2015	8,060	7,084	6,600	2,000	7,660	0,920	0,000	85,500	7,084	0,038
03/09/2015	29,150	7,080	7,200	2,200	7,200	0,900	0,000	55,700	7,080	0,038
06/10/2015	24,000	6,672	6,420	2,000	4,730	0,856	0,000	137,400	6,672	0,055
09/11/2015	21,600	7,284	4,860	3,000	8,440	0,788	0,000	122,000	7,284	0,030
07/12/2015	22,660	7,232	5,270	2,000	5,100	0,803	0,000	214,200	7,232	0,032
05/01/2016	14,670	7,400	5,940	2,000	4,130	0,882	NR	NA	NA	NA
05/02/2016	12,280	7,436	4,500	3,000	17,000	0,818	0,000	119,000	7,436	0,113
08/03/2016	13,000	7,525	5,910	4,200	5,620	0,883	2,330	816,400	7,525	0,152
05/05/2016	21,450	5,664	5,770	5,200	4,770	0,789	0,000	980,400	5,664	0,176
06/06/2016	10,000	7,051	5,600	2,750	5,210	0,854	0,000	150,000	7,051	0,040
23/06/2016	11,900	6,000	5,110	4,000	13,100	0,803	0,000	198,900	6,000	0,083
07/07/2016	18,400	5,484	4,980	12,400	14,200	0,782	0,000	52,000	5,484	0,105
04/08/2016	22,000	3,990	6,000	5,600	17,000	0,757	0,000	43,200	3,990	0,167
06/09/2016	12,000	6,862	8,380	3,200	7,880	0,916	2,510	73,300	6,862	0,124
07/10/2016	9,000	6,820	5,450	0,000	8,440	0,840	0,000	26,900	6,820	0,049
02/11/2016	16,000	7,305	6,000	3,200	4,530	0,883	0,000	74,000	7,305	0,029
05/12/2016	15,000	6,634	5,300	2,800	6,220	0,829	2,170	201,000	6,634	0,119
13/01/2017	17,800	6,325	5,140	0,000	5,780	0,815	0,000	307,600	6,325	0,070
03/03/2017	10,000	6,876	4,750	0,000	5,660	0,815	0,000	301,000	6,876	0,047
04/04/2017	12,400	6,416	5,870	3,600	6,880	0,852	0,000	359,000	6,416	0,066
05/05/2017	18,700	7,100	6,760	0,000	19,700	0,930	0,000	83,600	7,100	0,038
05/06/2017	23,800	6,100	4,700	2,400	8,500	0,753	0,000	75,000	6,100	0,079
06/07/2017	23,900	5,700	4,700	2,800	11,300	0,742	0,000	959,000	5,700	0,172
21/07/2017	16,900	6,400	6,320	9,100	4,800	0,880	0,000	173,000	6,400	0,067

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos obtenidos para los indicadores de calidad (ver Tabla 8) se observa en el punto del nacimiento que para el indicador ICA se presentan valores



superiores a 0,7 dando clasificación de calidad aceptable y en algunos casos mayores a 0,9 con clasificación buena. Así mismo el indicador ICOMO presenta valores que oscilan entre 0 y 0,18 dando como resultado buena calidad en la mayoría de los muestreos. Se observa una calidad relativamente constante desde 2013 hasta 2017 considerando que este punto se encuentra poco intervenido y presenta características de agua cruda proveniente de alta montaña.

En el punto denominado Puente La Virgen se determinó la necesidad de realizar unos muestreos teniendo en cuenta que durante las visitas en campo se evidenció que a partir de este punto el patrón de uso de suelo cambia considerablemente observando parcelaciones campestres. De acuerdo a esto se identificó el punto de muestreo y se verificó con la documentación coincidiendo con la divisoria política existente entre Bogotá y La Calera. Este punto fue clave para determinar si las actividades desarrolladas en el área de Bogotá, predominantemente agropecuarias, impactan en mayor o menor medida a la calidad de agua del río Teusacá, comparado con el impacto presentado por las actividades desarrolladas en el área de La Calera, predominantemente para uso de vivienda campestre.

Tabla 9. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el Puente La Virgen

FecMueFis	DQO	OD		pH	SST	CE	ICA IDEAM	DBO	COL TOT	OD	ICOMO
	Resultado (mg/L)	Resultado (mg/L)	PSOD %	Resultado (Unidades)	Resultado (mg/L)	Resultado (µs/cm)		Resultado (mg/L)	Resultado (NMP/mL)	Resultado (mg/L)	
06/07/2017	16,800	6,000	75,000	6,910	16,000	18,100	0,912	0,000	1145,00	6,000	0,174
21/07/2017	14,600	6,500	81,250	6,910	17,200	30,400	0,919	0,000	1340,00	6,500	0,166
03/08/2017	0,000	6,169	77,113	6,650	15,600	20,300	0,892	0,000	789,00	6,169	0,137
18/08/2017	0,000	6,026	75,325	6,760	16,200	22,800	0,896	0,000	1935,00	6,026	0,216

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 9, se observan valores de ICA mayores a 0,85 con clasificación de calidad entre Aceptable y Buena. Así mismo el indicador ICOMO presenta valores menores a 0,22 clasificandolo como aceptable. En el tramo del nacimiento al Puente La Virgen se

evidencian actividades agropecuarias (cultivos y ganadería) con pocas viviendas en la zona por lo que no se identificaron vertimientos directos al cuerpo hídrico.

Tabla 10. Cálculo de los Índices de Calidad ICA e ICOMO en el Puente Francis

FecMueFis	DQO Resultado (mg/L)	OD Resultado (mg/L)	pH Resultado (Unidades)	SST Resultado (mg/L)	CE Resultado (µs/cm)	ICA IDEAM	DBO Resultado (mg/L)	COL TOT Resultado (NMP/mL)	OD Resultado (mg/L)	ICOMO
05/08/2013	22,000	6,990	6,870	46,000	102,800	0,826	1,705	36540,00	6,000	0,417
10/09/2013	34,230	6,000	6,420	7,000	228,000	0,641	1,805	88400,00	7,200	0,367
01/10/2013	12,860	7,200	6,730	5,000	386,000	0,737	2,303	214200,00	6,980	0,444
16/11/2013	14,000	6,980	7,240	13,600	184,500	0,833	3,140	173290,00	6,440	0,498
15/12/2013	26,470	6,440	7,410	7,200	179,100	0,748	1,805	275500,00	6,850	0,381
14/01/2014	20,710	6,850	7,370	15,000	329,000	0,708	2,480	178900,00	6,900	0,455
10/02/2014	23,540	6,900	7,580	4,600	540,000	0,716	8,610	148300,00	6,458	0,599
11/03/2014	23,900	6,458	7,180	22,000	159,900	0,796	3,150	111200,00	5,650	0,531
03/04/2014	19,380	5,650	7,290	7,400	585,000	0,723	2,195	198630,00	5,400	0,505
19/05/2014	18,520	5,400	7,010	9,800	159,800	0,817	0,000	88200,00	5,560	0,435
01/06/2014	18,520	5,560	7,420	10,800	156,800	0,822	0,000	146700,00	7,220	0,366
02/07/2014	24,000	7,220	7,260	55,600	73,000	0,859	2,205	27500,00	7,670	0,411
01/08/2014	20,000	7,670	9,140	11,800	136,300	0,802	0,000	62700,00	5,950	0,419
02/09/2014	23,770	5,950	7,010	7,400	227,000	0,733	0,000	228200,00	6,590	0,392
01/10/2014	16,100	6,590	7,300	6,000	312,000	0,747	0,000	68670,00	6,102	0,412
01/11/2014	17,800	6,102	6,980	20,200	96,700	0,874	2,040	110600,00	6,500	0,451
16/12/2014	23,830	6,500	6,460	28,200	70,800	0,810	11,110	52900,00	6,900	0,606
14/01/2015	20,440	6,900	7,070	3,000	427,000	0,715	3,095	161600,00	7,640	0,446
04/02/2015	18,030	7,640	6,900	3,600	469,000	0,763	0,000	98800,00	6,600	0,392
09/03/2015	40,000	6,600	7,580	4,800	470,000	0,668	2,130	387300,00	3,300	0,589
02/03/2015	12,270	3,300	7,450	63,200	120,200	0,763	2,200	117,80	6,450	0,128
06/04/2015	19,260	6,450	6,880	6,600	387,000	0,731	2,780	110600,00	5,980	0,504
06/05/2015	17,490	5,980	7,430	4,800	517,000	0,733	2,230	114500,00	7,099	0,435
10/06/2015	22,000	7,099	6,810	9,200	243,000	0,727	0,000	95900,00	7,400	0,358
07/07/2015	18,519	7,400	6,810	49,600	139,800	0,840	0,000	44300,00	7,123	0,370
06/08/2015	19,820	7,123	6,830	10,400	123,300	0,872	0,000	82970,00	7,200	0,367
03/09/2015	21,500	7,200	7,100	15,000	126,000	0,845	0,000	60200,00	6,210	0,408
06/10/2015	29,700	6,210	7,400	6,600	406,000	0,657	3,210	201400,00	6,563	0,495
09/11/2015	29,000	6,563	6,830	20,000	146,500	0,754	0,000	131400,00	5,409	0,441
07/12/2015	29,870	5,409	6,850	6,400	435,000	0,623	3,798	241960,00	6,340	0,521
05/01/2016	28,000	6,340	6,820	6,600	67,000	0,812	4,785	248900,00	6,480	0,539
05/02/2016	109,200	6,480	7,260	327,200	234,000	0,430	12,300	1296,00	4,998	0,464
08/03/2016	51,000	4,998	7,340	12,000	842,000	0,574	8,620	280300,00	4,113	0,697
05/05/2016	32,740	4,113	7,210	11,600	730,000	0,602	4,665	365400,00	6,172	0,549
06/06/2016	19,020	6,172	6,840	7,000	233,000	0,757	9,420	162400,00	6,000	0,627
23/06/2016	11,700	6,000	6,570	16,000	83,900	0,845	0,000	64880,00	5,960	0,418
07/07/2016	23,200	5,960	6,860	26,400	60,100	0,839	0,000	16500,00	5,018	0,432
04/08/2016	28,850	5,018	7,390	9,600	55,300	0,802	0,000	17890,00	6,444	0,379
06/09/2016	20,000	6,444	6,290	10,000	105,400	0,823	3,025	36540,00	6,085	0,509
07/10/2016	11,500	6,085	7,350	10,800	143,800	0,846	0,000	61310,00	6,085	0,413
02/11/2016	26,800	6,085	6,640	33,800	86,900	0,760	0,000	77600,00	5,251	0,448
05/12/2016	36,700	5,251	7,370	13,400	236,000	0,663	0,000	307600,00	6,058	0,414
13/01/2017	21,500	6,058	7,390	9,200	233,000	0,729	0,000	114500,00	6,881	0,380
03/03/2017	13,700	6,881	6,910	11,000	187,700	0,820	2,250	83300,00	6,888	0,445
04/04/2017	12,700	6,888	7,550	27,000	104,700	0,886	0,000	46110,00	5,600	0,433
05/05/2017	21,000	5,600	6,420	26,600	122,000	0,750	0,000	35000,00	6,300	0,404
05/06/2017	19,400	6,300	7,320	22,400	87,300	0,886	0,000	61310,00	5,500	0,438
06/07/2017	16,000	5,500	7,030	11,800	104,900	0,860	0,000	61310,00	6,800	0,383
21/07/2017	16,600	6,800	7,120	14,600	112,300	0,886	0,000	68670,00	6,800	0,383

Fuente: Elaboración propia

En el tramo comprendido entre el Puente La Virgen y el Puente Francis, se observan parcelaciones campestres densificadas y conjuntos residenciales que cuentan con plantas de tratamiento de agua residual convencionales y conectan los vertimientos directamente al río, así mismo se identifican restaurantes con descarga directa sobre el cuerpo de agua y el Colegio Tilatá. Debido a esto la clasificación ICA presenta valores entre 0,4 y 0,7 en algunos muestreos y se considera REGULAR, sin embargo en la mayoría de los muestreos se presentan valores entre 0,7 y 0,89 con calidad ACEPTABLE. La clasificación ICOMO presenta valores de 0,3 a 0,5 con calidad REGULAR y valores de 0,5 a 0,5 con calidad MALA debido a la carga de materia orgánica proveniente de las urbanizaciones y los restaurantes (ver Tabla 10). Los índices de Calidad permanecen constantes en el tiempo evaluado indicando que el río recibe carga contaminante de manera constante desde hace varios años.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que en el Nacimiento no se presenta intervención alguna sobre el cuerpo hídrico y por tanto sus características de calidad son aceptables y buenas; de igual manera en el Puente La Virgen, límite entre La Calera y Bogotá, la condiciones de calidad permanecen aceptables, mientras que al analizar la calidad en el puente Francis, antes de desembocar en el embalse de San Rafael, la calidad disminuye alcanzando una clasificación entre regular y mala, lo que conlleva a determinar la influencia de las urbanizaciones de la zona así como las actividades institucionales y de servicios que aportan cargas contaminantes mayores al cuerpo hídrico, y superan en gran medida las cargas contaminantes que pueden estar generando las actividades desarrolladas

en la parte alta de la cuenca que como se había dicho anteriormente, corresponden principalmente a actividades agropecuarias.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que el actual POMCA del cuerpo hídrico va en contravía con lo que ocurre actualmente en la zona, pues afirma que la población ubicada en las zonas de ladera con condiciones de pobreza y necesidades básicas insatisfechas, generan mayores presiones en el uso de la tierra y mayores impactos a los recursos naturales debido a la falta de implementación de tecnologías; afirmación que no tiene fundamentos técnicos necesarios y por tanto no refleja la realidad de lo que sucede actualmente en la cuenca.

Lo anterior se presenta en la medida en que no se articulen los planes y programas de ordenamiento que se plantean para una región en particular, como es el caso de la cuenca alta del río Teusacá, ya que a pesar de que la visión sistémica e integral es evidente en el POT de Bogotá, es poco probable el cumplimiento y materialización de los objetivos propuestos para la protección y restauración del recurso hídrico, si los planteamientos del POT de la Calera no se encuentran articulados. Así mismo se observan grandes debilidades referentes a la interinstitucionalidad y la falta de participación de los actores involucrados en el planteamiento de las políticas de planificación, pues el Acueducto de Bogotá, en su PMAAB define de manera específica y soportada la disminución de las eficiencias de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Wiesner debido a las bajas condiciones de calidad del agua del río Teusacá, sin embargo esta entidad no participó en el desarrollo del POMCA a pesar de ser los directamente afectados por los factores de contaminación hídrica actual.

## 7. LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PROPUESTOS

Los lineamientos de gestión ambiental propuestos se enfocan desde las dimensiones política, social, ecosistémica y económica con el fin de realizar una propuesta sistémica e integral para posibilitar su aplicación desde la problemática planteada. Las estrategias planteadas se encuentran dirigidas a la EAAB, La CAR Cundinamarca, la Alcaldía de La Calera y la Alcaldía de Bogotá quienes son los actores encargados de desarrollar conjuntamente estas actividades.

DIMENSION	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
P O L Í T I C A	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Políticas de planeación territorial débiles, incoherentes y desarticuladas.</li> <li>○ Falta de coyuntura interinstitucional para la toma de decisiones.</li> <li>○ Exclusión de actores políticos e institucionales en el desarrollo de las políticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer y entender el problema referente a la contaminación hídrica de la cuenca y las implicaciones por la falta de control.</li> <li>✓ Determinar las poblaciones y comunidades que se ven beneficiadas o afectadas por el uso del recurso hídrico de la cuenca.</li> <li>✓ Revisar en conjunto los POT de Bogotá y La Calera, y el POMCA del río Teusacá con el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar la actualización de los POT y el POMCA desde la visión sistémica e integral y el ámbito interinstitucional, estableciendo objetivos coherentes y aplicables a las problemáticas de contaminación del recurso hídrico desde el ámbito de participación de los actores interesados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desarrollar los proyectos propuestos en las políticas y programas de planeación territorial actualizados.</li> <li>✓ Realizar seguimiento a los proyectos desde el ámbito interinstitucional.</li> <li>✓ Involucrar constantemente a la comunidad en la toma</li> </ul>

DIMENSION	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
P O L Í T I C A		<p>fin de realizar un análisis crítico de los contenidos y su coherencia.</p> <p>✓ Establecer mesas de trabajo con el fin de discutir las debilidades de las políticas de planeación existentes con los actores interesados. Así como la actualización de los POT y POMCA.</p> <p>✓ Educación Ambiental focalizada.</p> <p>✓ Establecer medidas más estrictas a los proyectos de vivienda con respecto a las regulaciones y/o tecnologías a utilizar para el tratamiento del agua residual con el fin de obtener la licencia de construcción y asegurar una gestión integral que vaya más allá de buscar el cumplimiento de la normatividad vigente.</p>	<p>✓ Fortalecer y mantener los procesos de participación de los actores, incluyendo a la comunidad.</p> <p>✓ Mantener la educación ambiental.</p>	<p>de decisiones dentro de los proyectos en curso.</p> <p>✓ Mantener la educación Ambiental.</p>

DIMENSION	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
DIMENSIÓN	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
S O C I A L	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Problemas de pobreza y necesidades básicas insatisfechas en la parte alta de la cuenca.</li> <li>○ Falta de participación ciudadana en la construcción de propuestas de políticas de planeación.</li> <li>○ Poco conocimiento de la problemática ambiental referente al recurso hídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer la problemática ambiental referente al recurso hídrico de la zona.</li> <li>✓ Entender la importancia del recurso hídrico desde todos los ámbitos y todos los actores.</li> <li>✓ Educación ambiental enfocada al manejo del recurso hídrico del río Teusacá y a las estrategias de ahorro y uso eficiente de agua en los hogares.</li> <li>✓ Participación en la comunidad en las mesas de trabajo para la actualización de los planes y programas.</li> <li>✓ Analizar proyectos de ahorro y reutilización de agua residual para cada actividad desarrollada en la cuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantener los programas de educación ambiental enfocados para cada actividad desarrollada en la cuenca y dirigirla de manera diferenciada a los actores interesados.</li> <li>✓ Realizar seguimiento al cumplimiento de los objetivos propuestos en la actualización de los planes y programas.</li> <li>✓ Materializar los proyectos de ahorro y reutilización dirigido diferencialmente a las urbanizaciones de vivienda campestre, actividades institucionales y de servicios, y a las actividades agropecuarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir los avances de los proyectos propuestos para cada sector.</li> <li>✓ Mantener la educación ambiental y complementarla con los resultados que se hayan obtenido de los proyectos materializados.</li> </ul>

DIMENSION	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
S O C I A L		<p>mediante la participación de los actores interesados.</p> <p>✓ Gestionar el fortalecimiento de la interinstitucionalidad para los proyectos que se propongan y para la actualización de las políticas de planeación.</p> <p>✓ Garantizar la comunicación positiva entre la comunidad y las entidades de control a partir del desarrollo de la confianza.</p>		

DIMENSIÓN	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
E C O S I S T É M	<p>○ Contaminación del recurso de la cuenca Alta del río Teusacá, lo que conlleva a la disminución de su calidad y por consiguiente afectación de la flora y fauna acuática.</p>	<p>✓ Conocer la problemática desde todas las perspectivas de los actores interesados.</p> <p>✓ Involucrar a la comunidad y sus aportes en la actualización del POMCA del río Teusacá.</p>	<p>✓ Materializar proyectos cuyo objetivo sea la recuperación de la calidad del agua del río Teusacá.</p> <p>✓ Mantener los programas de educación ambiental enfocados para cada</p>	<p>✓ Medir los avances de los proyectos propuestos para cada sector.</p> <p>✓ Mantener la educación ambiental y complementarla con los resultados que se hayan</p>



DIMENSIÓN	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
I C A  E C O S I S T É M I C A	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desconocimiento de la importancia del recurso tanto para la comunidad de la zona como para la ciudad de Bogotá.</li> <li>○ Desarticulación de las políticas de planeación en el enfoque y priorización de esta problemática de contaminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar un análisis más completo sobre el impacto real que pueden generar las actividades agropecuarias al cuerpo hídrico con el fin de generar acciones de implementación de bajo presupuesto y alta efectividad.</li> <li>✓ Desarrollar una red de monitoreo de agua en la cuenca alta del río Teusacá mediante el trabajo conjunto de la SDA y la CAR.</li> <li>✓ Educación ambiental focalizada.</li> </ul>	<p>actividad desarrollada en la cuenca y dirigirla de manera diferenciada a los actores interesados.</p>	<p>obtenido de los proyectos materializados.</p>

DIMENSIÓN	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
E C O N Ó M I C A	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Problemas de pobreza y necesidades básicas insatisfechas en la parte alta de la cuenca.</li> <li>○ Déficit de institucionalidad.</li> <li>○ Poca inversión en la economía del sector agropecuario de la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer la problemática de contaminación del recurso hídrico así como todos los actores involucrados. Medir los impactos económicos generados debido a la contaminación del agua, recurso considerado como servicio ecosistémico.</li> <li>✓ Proponer proyectos de inversión al sector agropecuario desde el ámbito de la sostenibilidad.</li> <li>✓ Proponer proyectos de eco-turismo para fortalecer el sistema económico en reemplazo de prácticas ineficientes desde el punto de vista ambiental y económico para la región.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Materializar los proyectos de inversión para el sector agropecuario y los proyectos de eco-turismo.</li> <li>✓ Mantener la educación ambiental.</li> <li>✓ Crear un instrumento de compensación para los ciudadanos que decidan realizar la conservación del recurso hídrico a partir de prácticas de producción más limpia.</li> <li>✓ Crear un instrumento de control en el que se implementen cobros por realizar prácticas insostenibles y que estén afectando la calidad la cuenca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir los avances de los proyectos propuestos.</li> <li>✓ Mantener la educación ambiental y complementarla con los resultados que se hayan obtenido de los proyectos materializados</li> </ul>

DIMENSIÓN	PROBLEMAS	ESTRATEGIAS		
		A CORTO PLAZO	A MEDIANO PLAZO	A LARGO PLAZO
E C O N Ó M I C A		<input checked="" type="checkbox"/> Educación ambiental enfocada las principales causas de la contaminación del agua y los efectos sobre la economía del sector focalizándolo a las actividades desarrolladas.		

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo a las aproximaciones realizadas de caudales y cargas contaminantes provenientes de las urbanizaciones de la zona, así como los cálculos de calidad de agua de los puntos de muestreo, se determinó que las urbanizaciones de vivienda campestre desarrolladas específicamente en el área rural del municipio de La Calera se relacionan directamente con la calidad de agua del río Teusacá, pues ésta disminuye pasando de calidad buena en el nacimiento a regular y mala en el punto de descarga al embalse de San Rafael, considerando mayor influencia después del puente La Virgen donde los modelos de ocupación son principalmente de vivienda campestre.

Así mismo las debilidades tanto de las políticas existentes para la planeación del territorio como la falta de interinstitucionalidad en el desarrollo y seguimiento de dichas políticas es evidente, pues se encuentran contradicciones en los usos del suelo y manejo del recurso hídrico así como falencias técnicas en los aspectos de manejo de la cuenca, debido a que no se consideran todos los actores involucrados y necesarios en la construcción de los planes y programas que regulan las actividades y usos de suelo determinados en la zona. Además no se está considerando el principio de gradación normativa en la que se establece que los POMCA tienen un carácter superior y por tanto deben considerarse de mayor jerarquía dentro de las propuestas y objetivos establecidos en los planes de ordenamiento territorial y planes de desarrollo los cuales deben ser construidos a partir de las estrategias y proyectos propuestos que garantizan el manejo sostenible de la cuenca.

Lo anterior afirma la necesidad de incluir la dimensión ambiental como eje clave para la toma de decisiones desde el desarrollo territorial, considerando factores de trabajo

interinstitucional con el fin de lograr objetivos realmente sostenibles, garantizando el desarrollo económico y social a partir de prácticas amigables con el ecosistema que conlleven a entender tanto a la comunidad como a los dirigentes los beneficios del trabajo conjunto y planificado.

Contribuir desde la gestión ambiental a fortalecer los instrumentos de gestión, especialmente en el ámbito de la conservación del recurso hídrico, como fuente vital para el desarrollo socio-económico y cultural a nivel local y regional, significa dar un paso adelante al desarrollo de nuevos proyectos de carácter sistémico e integral que traigan consigo impactos positivos en todas las dimensiones.

## **9. RECOMENDACIONES**

Promover investigaciones de carácter socio ambiental a partir del análisis del recurso hídrico como servicio ecosistémico que favorezca el desarrollo de proyectos sostenibles a nivel local y regional, dada su alta importancia tanto para el municipio de La Calera como para Bogotá por ser fuente alterna para la ciudad.

Fortalecer las relaciones entre las instituciones y la comunidad con el fin de lograr proyectos conjuntos que sean coherentes con las actividades económicas desarrolladas en la zona, especialmente con el apoyo focalizado hacia los pequeños agricultores y ganaderos.

Establecer medidas mas restrictivas en el otorgamiento de licencias de construcción de viviendas en la zona rural del municipio de la Calera e incentivar el uso de medidas de ahorro y reutilización de agua en los proyectos de copropiedad como medida de mitigación a los impactos negativos generados por los vertimientos de agua residual doméstica.

La investigación se encuentra dirigida a la EAAB, la CAR Cundinamarca, la Alcaldía de La Calera y la Alcaldía de Bogotá, entidades que deben trabajar conjuntamente para materializar las estrategias planteadas y lograr el mejoramiento de la calidad de agua de la cuenca alta del río Teusacá.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, G. (2002). Las mega-ciudades y las periferias expandidas. Ampliando el concepto en ciudad de México. *EURE (Santiago)*, 28(85), 121-149.
- Ahearn et al, D. (2005). Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*, 234-247.
- Aranda, M. (2001). *Importancia de la metodología en los proyectos de investigación*. La Plata, Argentina.
- Arango, G. (2008). Salvemos el espacio rur urbano colombiano. *Cuadernos de vivienda y urbanismo Vol. 1 No. 2*, 394-409.
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*.
- Bazant , J. (2011). Interdependencia de la expansión urbana y el medio ambiente circundante. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 198-223.
- Borja, M. (2001). Los nuevos y viejos escenarios del ordenamiento territorial en Colombia. En U. N. Colombia, *Espacio y Territorios, razón, pasión e imaginarios* (págs. 487-496). Bogotá D.C.: Unibiblos.
- Cabeza, A. (1994). Ordenamiento territorial: experiencias internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia. *Ed. Planeta de Agostini*.
- CAR. (2012). *Plan de Gestión Ambiental Regional, PGAR 2012-2023*. Bogotá D.C.
- CAR. (2013). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Teusacá*. Bogotá D.C.
- Carreño, L. (2012). *Reconstrucción histórica e interpretación de los procesos de transformación en el uso y manejo del paisaje en la cuenca alta del río Teusacá. Bogotá, Cundinamarca. Últimos cuarenta años (1970-presente)*. Bogotá D.C.
- Carrión, G. (2008). Debilidades del nivel regional en el ordenamiento territorial colombiano. Aproximación desde la normatividad política administrativa y de usos del suelo. *Architecture, City and Environment*, 145-166.
- Castañeda, Y. (2012). *Familias campesinas y rurales en el contexto de la nueva ruralidad. Estudio de caso de la vereda del Hato del municipio de la Calera*. Bogotá D.C.

- Concejo Municipal de la Calera. (2010). *Acuerdo municipal No. 011 de 2010*. La Calera.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 388 de 1997*.
- Contraloría de Bogotá D.C. (2006). *Plan anual de estudios - PAE 2006* . Bogotá D.C.
- DDRS-DNP. (2014). *Diagnóstico de Ordenamiento y Desarrollo Territorial*.
- DNP. (2014). *Bases para la formulación de la política general de ordenamiento territorial*. Bogotá D.C.
- DNP. (2014). *Misión Sisema de Ciudades, una política nacional para el sistema de ciudades colombiano con visión a largo plazo*. Bogotá D.C.
- EAB. (2016). *Actualización del Plan maestro de abastecimiento y la Elaboración y formulación del plan Maestro de alcantarillado para Bogotá y sus municipios vecinos*. Bogotá D.C.
- Espinosa, J., & Sánchez, O. (2001). La importancia del ordenamiento territorial en la integración, la competitividad y el desarrollo. En U. N. Colombia, *Espacio y territorios, razón, pasión e imaginarios* (págs. 459-486). Bogotá: Unibiblos.
- Espinoza, G., & Rodriguez , M. (2002). *Gestión Ambiental en America Latina y El Caribe*. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- FAO. (2007). Un nuevo enfoque de gestión de cuencas hidrográficas. En FAO, *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas* (págs. 45-65). Roma.
- Finot, I. (2007). Los procesos de descentralización en América Latina. *Investigaciones Regionales*, 173-205.
- Gaviria, Z. (2009). La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno inmediato a la ciudad metropolitana. *Revista soluciones de Postgrado EIA, Número 3*, 63-74.
- Gómez, M., & Rave, M. (2009). *Ordenamiento ambiental territorial desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica, caso de estudio: municipio de Dosquebradas, la "ciudad-cuenca"*. Pereira.
- Hernández, A., Rojas, R., & Fabio, S. (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). *Cuadernos de geografía: revista Colombiana de Geografía, Volumen 22, Número 2*, 257-271.



- Hernandez, Y. (2010). El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 97-109.
- Hidalgo, M., & Mejía, E. (2010). *Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada La Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín*. Medellín.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (s.f.). *Hoja metodológica del indicador Índice de Calidad de Agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial*. 10 p. .
- Lambin et al, E. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 261-269.
- Landínez, L. (2014). De lo rural a lo urbano: "el caso de dos provincias de la región capital como geografía de la transformación socioambiental. Percepciones desde la comunidad". *Luna Azul 41*, 89-115.
- Massiris , A. (2008). Gestión del ordenamiento territorial en América Latina: Desarrollo recientes. *Proyección 4 - IV Seminario de Ordenamiento Territorial*.
- Massiris et al, A. (2012). *Procesos de ordenamiento en América Latina y Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- MAVDT. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.
- Mertins, G. (2000). Ciudades medianas en América Latina: criterios, indicadores y el intento de un modelo de su diferenciación soci-espacial y funcional. *Espacio y Desarrollo* , 125-140.
- Metcalf, & Eddy. (1995). Capítulo 3. Características de las aguas residuales. En Metcalf, & Eddy, *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y Reutilización* (págs. 53-135). Madrid: McGraw-Hill.
- MinAmbiente. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS*. Bogotá D.C.
- Minvivienda. (2013). Aspectos Jurídicos, técnicos y de procedimiento de procesos de procesos de revisión y Ajuste de POT.

- MINVIVIENDA. (2016). *RAS Título D Sistemas de Recolección y Evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias*. Bogotá D.C.
- Naciones Unidas. (2016). *Urbanization and Development: emerging futures, World Cities Report*. Kenya: UN Habitat.
- ONU Habitat. (2012). *Estado de la ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*. Kenia: ONU-Habitat.
- Pedraza, L. (2014). *Análisis y evaluación del impacto ambiental de los procesos de urbanización campestre en el sector de la cuenca medi-baja del río Teusacá, municipios de la Calera, Guasca, y Sopó*. Bogotá D.C.
- Preciado, J. (2009). *Bogotá región: crecimiento urbano en la consolidación del territorio metropolitano*. Bogotá D.C. .
- Prieto, J., & Luengas, E. (2015). *La ley orgánica de ordenamiento territorial, como instrumento para la integración del ordenamiento territorial y ambiental*. Bogotá D.C.
- Quintanar, C. S. (2010). Influencia de la urbanización en la vivienda rural y calidad de vida en las familias-CONACyT. *Psicología para América Latina*, (19), 0-0.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. *Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153.
- Ramírez, R. (2004). El ordenamiento territorial municipal: Una Aproximación desde Colombia. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG Vol 7, N.º 13*, 31-36.
- Redman, C., & Jones, N. (2005). The environmental, social, and health dimensions of urban expansion. *Population and Environment*, 26(6), 505-520.
- Ren et al. (2003). Urbanization, land use and water quality in Shanghai 1947-1996. *Environment International*, 649-659.
- República de Colombia . (1999). *Acuerdo Municipal No. 043 de 1999*. La Calera.
- Rocca, M., & Sgroi, A. (2012). Instrumentos normativos de la política de expansión urbana. *7mo congreso de Medio Ambiente AUGM*. La Plata, Argentina.

- Rueda, S. (1997). *La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa*. Biblioteca CF+S *Ciudades para un futuro más sostenible*. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>
- Seto et al, K. (2011). A meta analysis of global urban land expansion. *Plos One*.
- Tamayo, S., & García, M. (2006). Estrategia estatal para el fortalecimiento de entes prestadores de servicios públicos en el pequeño municipio y la zona rural. En *El programa cultura empresarial adelantado en Colombia*. (págs. 133-156). Cinara, Universidad del Valle.
- Torres, C. (1999). Planeación y desarrollo territorial, metodología para su diseño. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 141-158.
- Torres, C., & Botero, E. (2005). *Evolución del servicio de acueducto y alcantarillado durante la última década*. Bogotá D.C.: CEDE, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- UN. (2014). *World Urbanizations Prospects*. New York.
- UNDESA. (2005). *Internation Decade for Action "Water for Life" 2005-2015*. Dushanbe.
- Villarraga, H. (2010). *Movilidad residencial en el Área Metropolitana de Bogotá: movimientos migratorios recientes y metropolización*. Barcelona.
- Wang, X. (2001). Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context. *Journal of Environmental Management*, 25-36.

## 11. ANEXOS

### ANEXO 1. NORMATIVIDAD

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DISPOSICIONES</b>
<b>Constitución Política de Colombia 1991</b>	Conocida como la Constitución verde	<p>Art. 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.</p> <p>Art. 58. Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores (...) La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.</p> <p>Art. 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. (...) Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>Art. 95. Son deberes de la persona y el ciudadano (...) Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.</p> <p>Art. 288. La ley orgánica de ordenamiento territorial establecerá la distribución de competencias entre la Nación y las entidades territoriales. (...)</p> <p>Entre otros.</p>
<b>LEYES</b>		
<b>Ley 9 de 1979</b>	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias	<p>La ley establece:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las</li> </ul>

NORMA	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIONES
		<p>condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.</li> </ul>
<b>Decreto-Ley 2811 de 1974</b>	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	<p>El presente código regula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a- El manejo de los recursos naturales renovables.</li> <li>b- La defensa del ambiente y de los recursos naturales renovables contra la acción nociva de fenómenos naturales.</li> <li>c- Los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él denominados en este Código elementos ambientales.</li> </ul>
<b>Ley 9 de 1989</b>	Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones	Modificado por la Ley 388 de 1997
<b>Ley 99 de 1993</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental,	<p>Determina los objetivos y funciones del Ministerio de Ambiente, así como su estructura.</p> <p>Crea el Consejo Nacional Ambiental, determina sus funciones.</p> <p>Define las entidades Científicas vinculadas.</p> <p>Estructura las Corporaciones Autónomas Regionales y sus funciones.</p> <p>Define las tasas por uso y licencias ambientales así como los Fondos de la Entidades Ambientales.</p>

NORMA	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIONES
	SINA, y se dictan otras disposiciones	
<b>Ley 152 de 1994</b>	Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo	Establece los procedimientos y mecanismos para la elaboración, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo.
<b>Ley 388 de 1997</b>	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones	<p>Tiene por objeto:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9 de 1989.</li> <li>2. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural. (...)</li> <li>3. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios (...)</li> <li>4. Facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales (...)</li> </ol>
<b>Ley 1454 de 2011</b>	Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial	Dictar las normas orgánicas para la organización político administrativa del territorio colombiano; determinar la actividad legislativa en materia de normas y disposiciones de carácter orgánico relativas a la organización político administrativa del Estado en el territorio; establecer los principios rectores del ordenamiento; definir el marco institucional e instrumentos para el desarrollo territorial; definir competencias en materia de ordenamiento territorial entre

NORMA	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIONES
		la Nación, las entidades territoriales y las áreas metropolitanas y establecer las normas generales para la organización territorial.
<b>DECRETOS</b>		
<b>Decreto 1541 de 1978</b>	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973	Este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos	Derogado por el Decreto 3930 de 2010, excepto los artículos 20 y 21 que establecen las sustancias de interés sanitario.
<b>Decreto 1729 de 2002</b>	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del	Determina las finalidades, principios, directrices, competencia y aprobación, contenido, responsabilidades y fuentes de financiación para los planes de ordenamiento y manejo de la Cuenca - POMCA





NORMA	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIONES
	Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones	
<b>Decreto 1469 de 2010</b>	Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones.	Ajusta las disposiciones para el trámite de las licencias, especialmente en cuanto a la precisión del procedimiento, la racionalización de términos y la simplificación de los requisitos que deben acompañar la solicitud de las licencias urbanísticas. Define en el Art. 5. Licencia de parcelación como la autorización previa para ejecutar en uno o varios predios localizados en suelo rural y suburbano, la creación de espacios públicos y privados (...) que permitan destinar los predios resultantes a los usos permitidos por el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen y la normatividad ambiental aplicable a esta clase de suelo.
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones	Este Decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
<b>Decreto 1640 de 2012</b>	Por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación ordenación y manejo	










NORMA	DESCRIPCIÓN	DISPOSICIONES
	de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	
<b>Decreto 364 de 2013 – POT Bogotá D.C.</b>	Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D. C. , adoptado mediante Decreto Distrital 619 de 2000, revisado por el Decreto Distrital 469 de 2003 y compilado por el Decreto Distrital 190 de 2004	<p>Los objetivos son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planear el ordenamiento territorial del Distrito Capital en un horizonte de largo plazo.</li> <li>2. Pasar de un modelo cerrado a un modelo abierto de ordenamiento territorial.</li> <li>3. Vincular la planeación del Distrito Capital al Sistema de Planeación Regional. Las</li> <li>4. Controlar los procesos de expansión urbana en Bogotá y su periferia como soporte al proceso de desconcentración urbana y desarrollo sostenible del territorio rural.</li> <li>5. Avanzar a un modelo de ciudad región diversificado, con un centro especializado en servicios.</li> <li>6. Reconocimiento de la interdependencia del sistema urbano y el territorio rural regional y de la construcción de la noción de hábitat en la región.</li> <li>7. Desarrollo de instrumentos de planeación, gestión urbanística y de regulación del mercado del suelo para la región.</li> <li>8. Equilibrio y Equidad Territorial para el Beneficio Social</li> </ol>
<b>RESOLUCIONES</b>		
<b>Resolución 2115 de 2007</b>	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y	Esta resolución establece las características físico – químicas y microbiológicas del agua que se deben cumplir para consumo humano.







<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DISPOSICIONES</b>
	frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	
<b>Resolución 0631 de 2015</b>	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	La presente resolución establece los parámetros y los valores límites permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. (...)
<b>ACUERDOS</b>		
<b>Acuerdo No. 011 de 2010</b>	Por el cual se ajusta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de la calera, adoptado mediante el Acuerdo No. 043 de 1999	Modifica el Acuerdo 043 de 1999 teniendo en cuenta su vigencia y la determinación de actividades organizadas para su ejecución en el corto, mediano y largo plazo.

## ANEXO 2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

 A photograph showing a calm body of water, Laguna el Verjón, partially obscured by a thick layer of fog. The foreground shows some rocks and sparse vegetation.	 A photograph of Laguna el Verjón with hills in the background. The scene is hazy, with fog or mist hanging over the landscape.
Laguna el Verjón – Parque Ecológico Matarredonda, nacimiento del río Teusacá	Laguna el Verjón – Parque Ecológico Matarredonda, nacimiento del río Teusacá
 A wide-angle photograph of the Parque Ecológico Matarredonda, showing a vast, open landscape with a small pond in the distance. The sky is overcast and foggy.	 A photograph showing a hazy, overcast view of the Parque Ecológico Matarredonda, with dense vegetation in the foreground and a misty background.
Parque Ecológico Matarredonda, nacimiento del río Teusacá	Parque Ecológico Matarredonda, nacimiento del río Teusacá

	
<p>Parque Ecológico Matarredonda, ecosistema de páramo</p>	<p>Bosques presentes en la ronda del río Teusacá</p>
	
<p>Bosques presentes en la ronda del río Teusacá</p>	<p>Ecosistema de subpáramo en la ronda del río Teusacá</p>
	
<p>Pastizales y cultivos en la zona</p>	<p>Ecosistema de páramo y cultivos en la zona</p>

	
<p>Vegetación en la rívera del río Teusacá</p>	<p>Pastizales en la zona</p>
	
<p>Terreno con evidencia de arado para la agricultura</p>	<p>Sistema de tratamiento Acueducto veredal</p>
	
<p>Ganadería a orillas del río Teusacá</p>	<p>Pastizales y viviendas cerca al río</p>

	
<p>Ganadería, pastizales y vivienda cerca al río</p>	<p>Cercados y pastizales a orillas del río</p>
	
<p>Pastizales y vivienda a menos de 100 metros de la ronda del río</p>	<p>Cercado atravesando el río y quebrada costado oriental</p>
	
<p>Erradicación de retamo espinoso, recuperación de terreno</p>	<p>Erradicación de retamo espinoso, recuperación de terreno.</p>



Vivienda a menos de 30 metros del río



Zona de BBQ a menos de 30 metros del río



Vivienda a menos de 30 metros del río








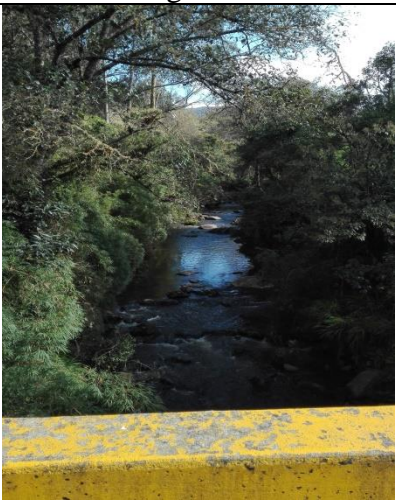
Densificación de viviendas campestres en la zona



Puente La Virgen – punto de muestreo



Puente Via Bogotá – La Calera, restaurante en el constado oriental

	
<p>Restaurante en el costado oriental del río</p>	<p>Tubería de descarga hacia el río proveniente de un restaurante</p>
	
<p>Conjunto de viviendas campestres</p>	<p>Colegio Tilatá</p>
	
<p>Puente Francis aguas abajo – punto de muestreo</p>	<p>Puente Francis aguas arriba – punto de muestreo</p>





Nuevos proyectos de urbanización en el área de estudio (La Calera)

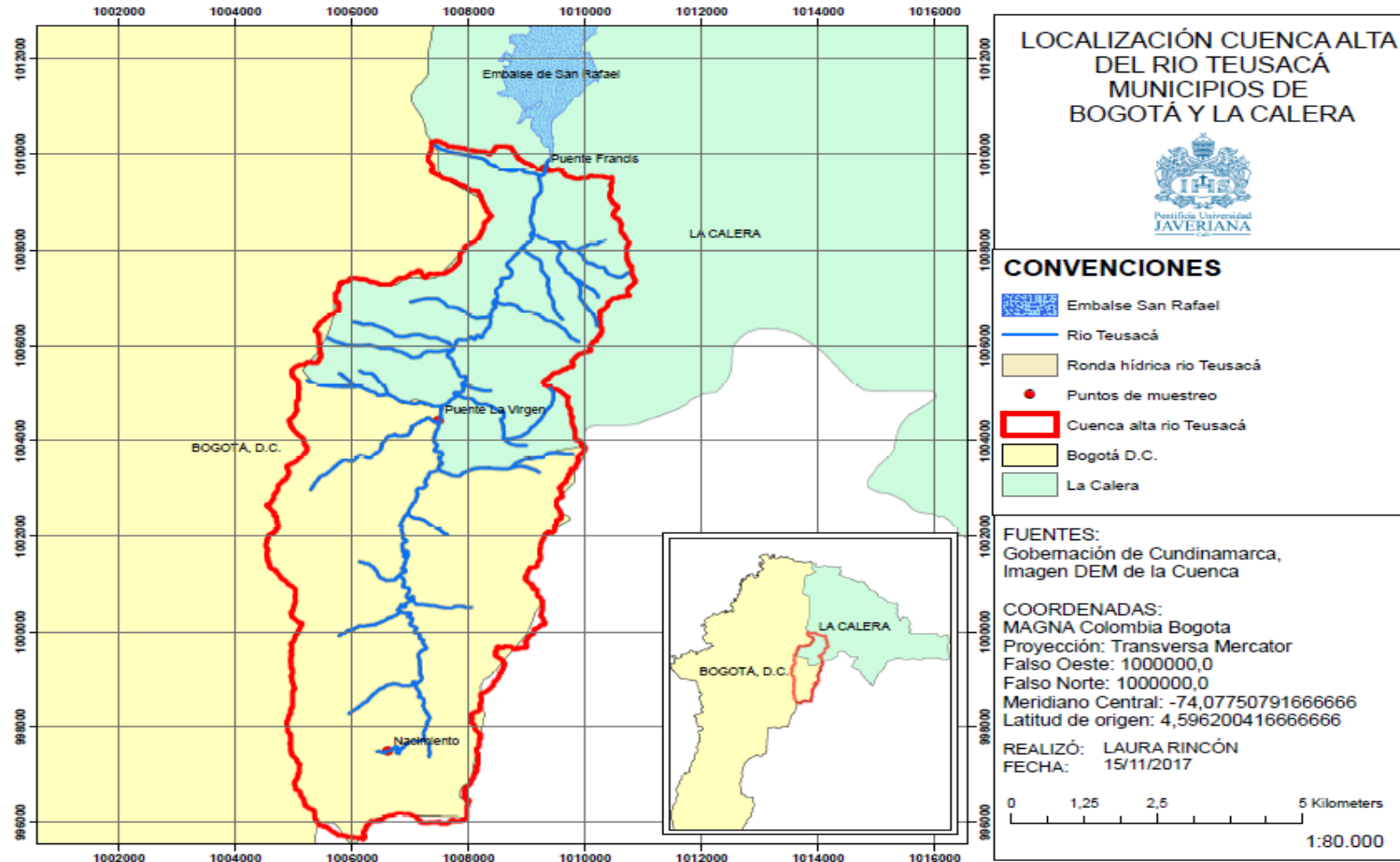


Nuevos proyectos de urbanización en el área de estudio (La Calera)

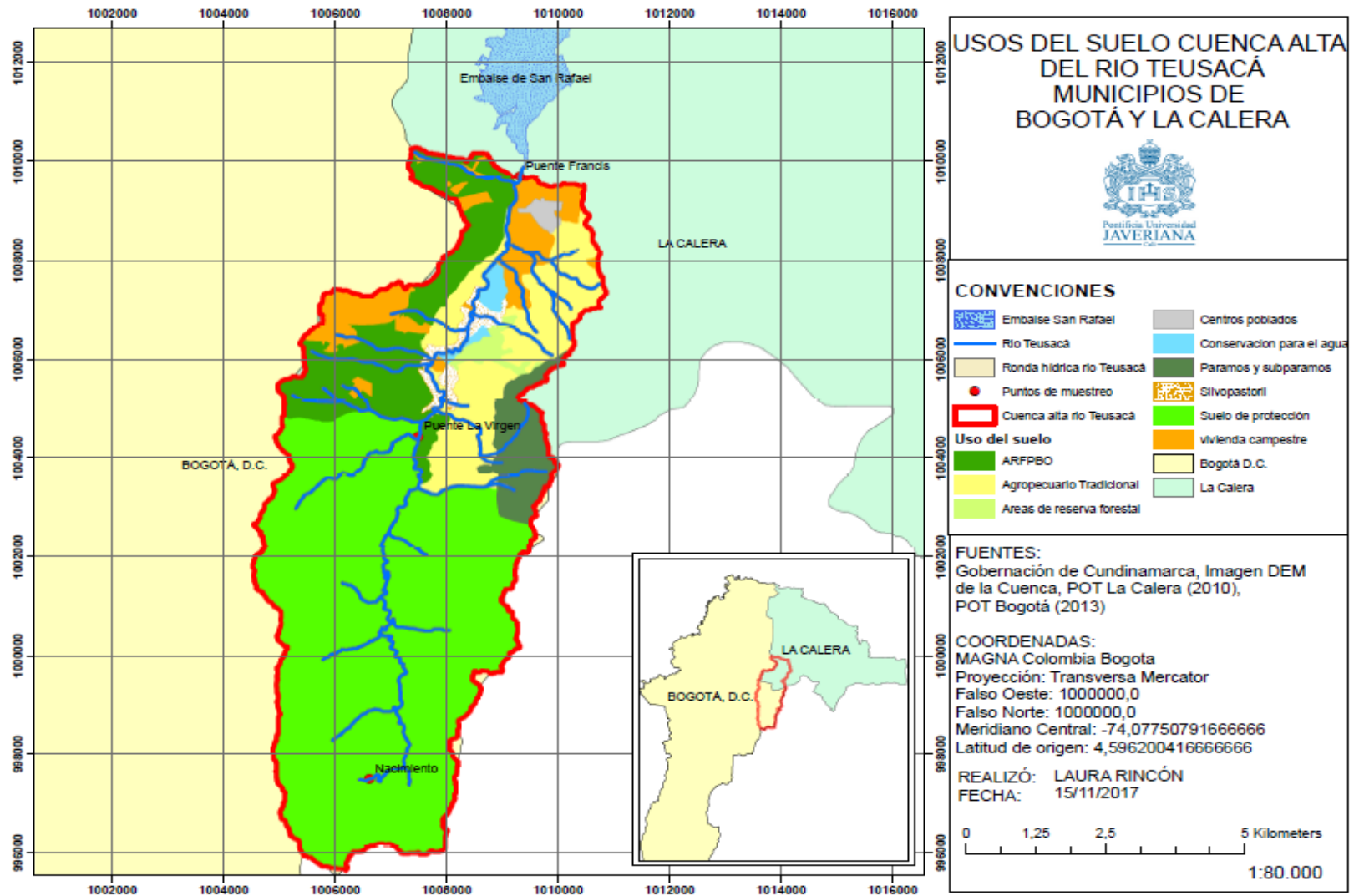
Fuente: Autora

### ANEXO 3. MAPAS BASE

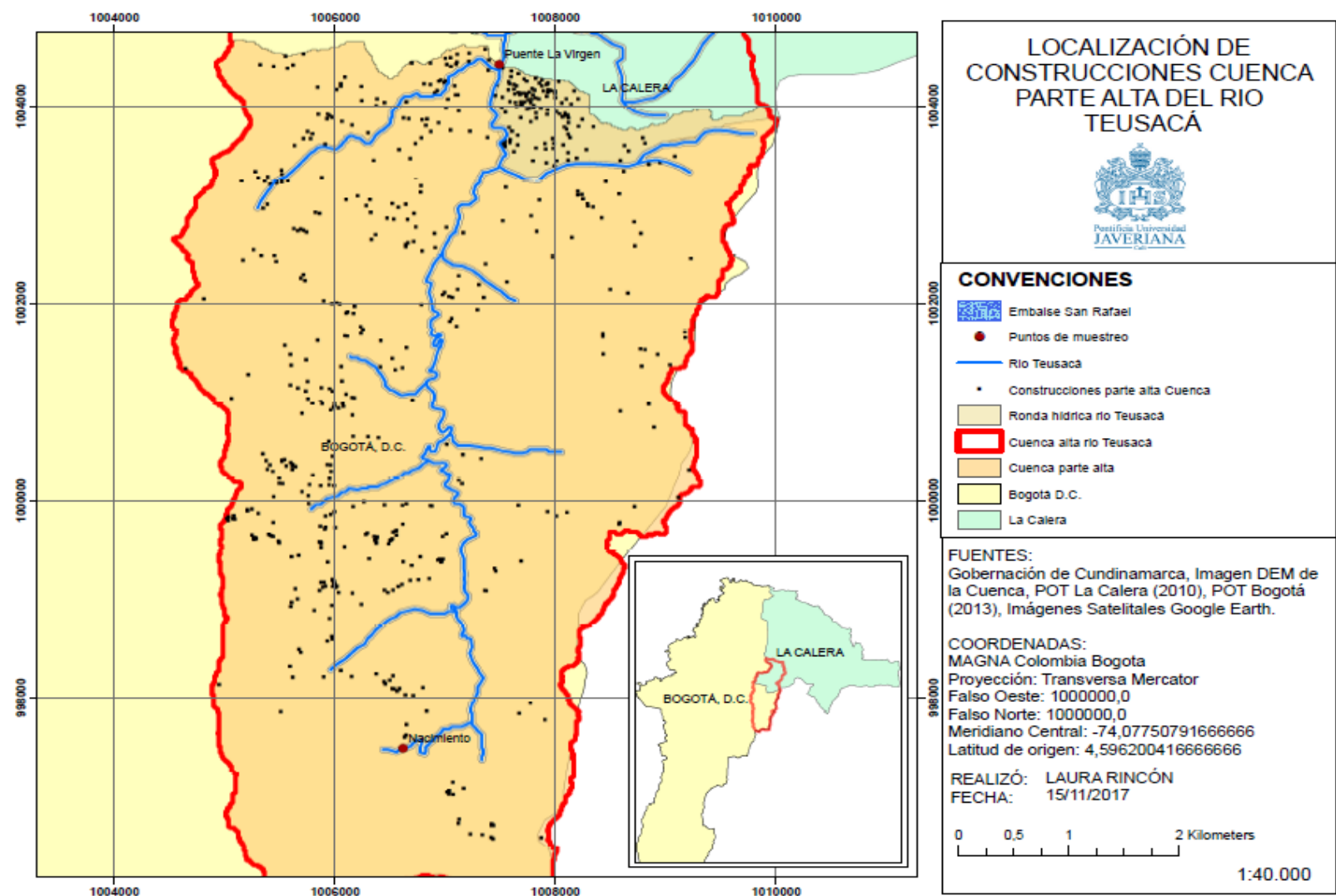
- Localización de la Cuenca Alta del río Teusacá, Bogotá y La Calera



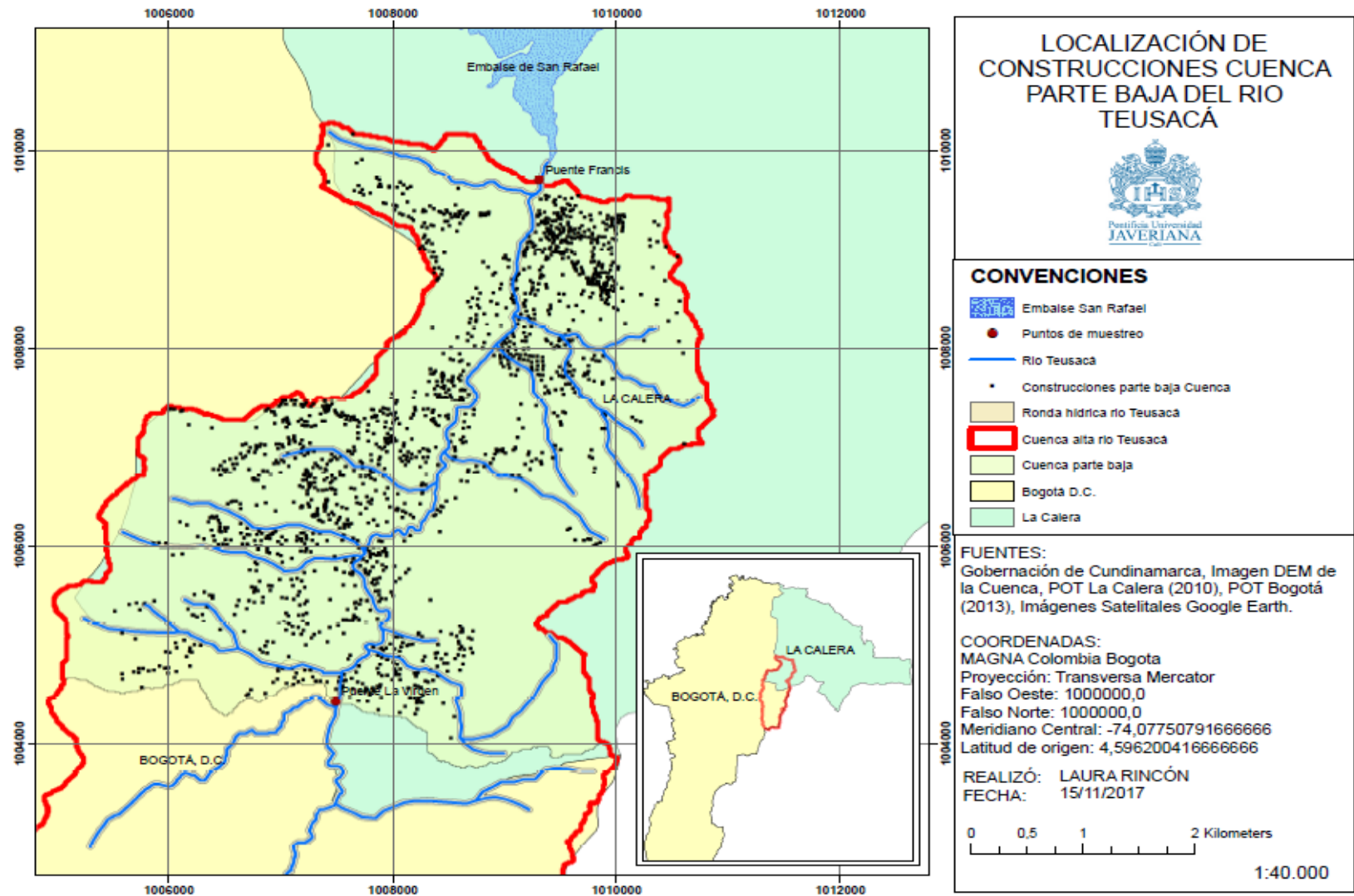
- Usos del suelo cuenca Alta del río Teusacá



- Localización de construcciones cuenca parte baja



- Localización de construcciones cuenca parte alta



- Localización de construcciones en relación a los usos del suelo Cuenca Alta del río Teusacá.

