

**MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SALUBRIDAD DEL MUNICIPIO
DE SAN ANDRÉS DE CUERQUIA, MEDIANTE EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES**

**MARTHA ELENA BEDOYA HERNÁNDEZ
LUISA MARÍA RESTREPO BEDOYA**

**ASESOR Y/O DIRECTOR
DEISON ULILO ACEVEDO MENDEZ
LILIANA PATRICIA RESTREPO MEDINA**

ESPECIALISTAS EN GESTIÓN DE PROYECTOS

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE PROYECTOS

MEDELLÍN

2018

CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO	6
2.	MARCO TEÓRICO	7
2.1	MARCO DE REFERENCIA	7
2.2	MARCO DE ANTECEDENTES	14
2.3	MARCO CONCEPTUAL	18
3.	JUSTIFICACIÓN	20
3.1	ENTORNO DEL PROYECTO	20
3.2	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	22
4.	ANÁLISIS DE PROBLEMAS	23
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN EXISTENTE CON RELACIÓN AL PROBLEMA	23
4.2	PROBLEMA CENTRAL	23
4.3	MAGNITUD ACTUAL DEL PROBLEMA – INDICADORES DE LÍNEA BASE	27
4.4	CAUSAS QUE GENERAN EL PROBLEMA	28
4.5	EFFECTOS GENERADOS POR EL PROBLEMA	28
4.6	DIAGRAMA DE ÁRBOL DE PROBLEMAS	29
5.	ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS	30
5.1	CONTEXTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS A REALIZAR	30
5.2	MATRIZ DE ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS	31
5.3	POBLACIÓN AFECTADA	34
5.4	POBLACIÓN OBJETIVO	35
6.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES	36
6.1	DESCRIPCIÓN DE LA INICIATIVA	36
6.2	ANÁLISIS DE NECESIDADES	37

6.3	LOCALIZACIÓN	38
6.4	APORTE A LA POLÍTICA PÚBLICA	40
6.5	OBJETIVO GENERAL	40
6.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
6.7	ÁRBOL DE SOLUCIONES	41
7.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	42
8.	PRESUPUESTO	44
9.	VALORACIÓN DE INGRESOS Y BENEFICIOS.....	46
9.1	IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN.....	46
9.2	CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS	47
10.	MATRIZ DE MARCO LÓGICO	49
11.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	52
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS – y las apuestas internacionales de desarrollo.....	9
Ilustración 2 Avance en meta de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2009 - 2017	11
Ilustración 3 Estructura Institucional del Sector	14
Ilustración 4 Diferencias regionales en cobertura de acueductos y alcantarillado en zonas urbanas y rurales.....	16
Ilustración 5 Ubicación del municipio de San Andrés de Cuerquia en el Departamento de Antioquia.....	20
Ilustración 6 . Perfil socioeconómico del Municipio de San Andrés	21
Ilustración 7 Información socioeconómica del Municipio de San Andrés	21
Ilustración 8 Árbol de problemas	29
Ilustración 9 mapa político de San Andrés de Cuerquia	39
Ilustración 10 Árbol de soluciones.....	41

Lista de Tablas

Tabla 1 Matriz de Análisis de Involucrados.....	34
Tabla 2 Análisis de Necesidades.....	38
Tabla 3 Aporte del proyecto a la política pública – ODS	40
Tabla 4 Matriz de Análisis de Riesgos.....	42
Tabla 5 Costo de la Alternativa.....	44
Tabla 6 Valoración de Ingresos y Beneficios	47
Tabla 7 Matriz de Marco Lógico	49
Tabla 8 Cronograma.....	52

1. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

Uno de los principales problemas que presentan las fuentes hídricas colombianas, llámense ríos, quebradas, lagos, es la contaminación por descargas directas de los sistemas de alcantarillado de los centros poblados a dichos afluentes. Antioquia tiene esas mismas carencias y se evidencian desde su capital Medellín pasando por los 124 municipios restantes que componen el departamento. Por motivos laborales hemos conocido el municipio de San Andrés de Cuerquia, una población que no es ajena a la problemática planteada y agravada con otra serie de dificultades sociales importantes. Son muchos los habitantes que padecen los efectos y las consecuencias de tener la principal fuente hídrica del municipio contaminado, además del impacto ambiental que se genera, el paisajismo y la imagen de la población también se ven afectados, como la salud de sus habitantes.

Por todas las razones anteriores se motiva la realización de la propuesta expresada en el presente documento, una alternativa viable para dar solución a la problemática de contaminación que se presenta en el río San Andrés del municipio que lleva el mismo nombre. Esta alternativa procura la construcción de la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales resultantes de las actividades domiciliarias humanas e industriales que se desarrollan en el casco urbano de la población con el fin de extraer los contaminantes más importantes y perjudiciales de dichas aguas residuales y verter sobre la fuente hídrica aguas descontaminadas y no perjudiciales para la actividad humana, que permita además usar estas aguas en actividades agrícolas y pecuarias para aumentar la productividad y ahorrar en costos de tratamiento del agua para consumo humano. Esta iniciativa contempla además la sensibilización de los pobladores del municipio en prácticas amigables y de cuidado del medio ambiente con el fin de brindar, integralmente, las herramientas para el mejoramiento de la calidad de vida.

Enlazado a lo anterior, se pretende trabajar y ejecutar las actividades propias de la iniciativa con personal del municipio y de la mano de las organizaciones de base que están establecidas y reconocidas por sus habitantes, todo esto para aliviar, de alguna manera, las dificultades de empleo de las personas. Es de vital importancia la participación y cooperación de la Alcaldía Municipal en todo lo concerniente a la iniciativa.

El valor de la alternativa propuesta asciende a Tres Mil Ciento Nueve Millones Seiscientos Setenta Mil Setecientos Cincuenta y Cinco Pesos M/L (\$3.109.670.755)

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco de Referencia

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua generan aguas residuales, las cuales se vierten a las fuentes hídricas más cercanas sin hacerles ningún tipo de proceso que disminuya el impacto ambiental.

Es por esta razón que cobra importancia el adecuado servicio de agua potable y saneamiento básico para reducir los impactos negativos de origen hídrico y preservar las condiciones de vida de la población, al proporcionar escenarios de higiene y salud a las personas.

A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentra en constante aumento a nivel mundial, por lo cual es un tema de interés para realizar acciones de mejora. En todos los países, excepto los más desarrollados, la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. Esto tiene repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce, ambiental y los ecosistemas.

Aunque el tema agua potable y saneamiento básico es considerado a nivel mundial como un elemento fundamental para la existencia humana, ya que contribuye directamente a la calidad de vida de la población, al mejorar las condiciones de salubridad y el desarrollo de las regiones. Sin embargo, en pleno siglo XXI, se afronta un gran problema de calidad y gestión del agua que afecta temas de salud o de saneamiento de esta, todavía existe una gran diferencia en la cobertura y calidad de los servicios que se prestan en las áreas urbana y rural, razón por la cual se requiere que los esfuerzos del país estén orientados hacia las zonas rurales. En este sentido, se anota que existe una demanda de agua significativa, que se debe en parte a la escasez del recurso por contaminación o agotamiento de las fuentes

hídricas. Lo que ha llevado a ahondar en esfuerzos que permitan aprovechar debidamente los recursos.

En Colombia el consumo de agua potable de buena calidad para los habitantes urbanos es de riesgo bajo, sin embargo, para los habitantes rurales es de riesgo alto. Por lo anterior es necesario optimizar la calidad del agua y ampliar la infraestructura física en la zona rural con el objeto de minimizar los riesgos de salud pública.

En el contexto internacional, se destacan los esfuerzos por mejorar la calidad de vida de la población, se define la nueva Agenda de Desarrollo Global hacia el año 2030, pretendiendo desde diversos organismos ser un conjunto integrado de objetivos Globales, voluntarios y de aplicación universal que buscan un equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible, con el propósito de alcanzar mayores niveles de bienestar en el mundo, orientados por el lema de “No dejar a nadie atrás”.

Bajo estos planteamientos, el 25 de septiembre de 2015, 193 Estados Miembros de la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con un conjunto de objetivos para poner fin a la pobreza, proteger el medio ambiente y garantizar la prosperidad para todos. La Agenda incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS, ver figura 1, cada uno con metas específicas a alcanzar en un período de 15 años (AGNU, 2015a). Los ODS están interrelacionados y son indivisibles, se basan en los progresos y lecciones aprendidas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM, 2000-2015).

Ilustración 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS – y las apuestas internacionales de desarrollo



Fuente: [En línea]: Tomado de [http://: www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)

La importancia transversal de las aguas residuales se ve reflejada en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en el ODS número 6 dedicado al agua y al saneamiento, especialmente, en la Meta 6.3 que establece: De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial. Los niveles extremadamente bajos de tratamiento de las aguas residuales muestran la imperiosa necesidad de realizar mejoras tecnológicas y de contar con opciones seguras para la reutilización del agua y así alcanzar la Meta 6.3, tan importante para el logro de la Agenda en su totalidad.

Por su parte, la UNESCO a través de su programa «familia del agua», apoya a los Estados Miembros a la hora de enfrentar los desafíos que presenta la calidad del agua. Entre estas iniciativas se encuentra el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, el Programa Hidrológico Internacional (PHI) que, es el único programa intergubernamental del Sistema de las Naciones Unidas exclusivamente dedicado a las ciencias del agua, investigación hidrológica, gestión, educación y desarrollo de capacidades relativas a los recursos hídricos, el Instituto UNESCO-IHE para la Educación relativa al

Agua con sede en Delft y los numerosos Centros Categoría II y Cátedras alrededor del mundo.

En este mismo contexto, se resalta que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) apoyará un conjunto de proyectos piloto en zonas rurales y periurbanas de Colombia para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades en extrema pobreza. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (censo poblacional DANE 2005), en las zonas rurales de Colombia la cobertura de servicio de acueducto era del 45 por ciento y en alcantarillado era del 16,8 por ciento. Con los proyectos demostrativos se buscará generar modelos para llevar adelante un programa más amplio de abastecimiento de agua y manejo de aguas residuales en zonas rurales, que podrá ser apoyado con un préstamo de US\$60 millones del BID al gobierno colombiano y que prevé intervenciones en localidades rurales de los departamentos de Cauca, Nariño, Antioquia, Bolívar, Córdoba y Guajira.

Es importante destacar que Colombia definió las metas para garantizar el cumplimiento de los ODS, se trata de 16 grandes apuestas contempladas en el documento CONPES 3918, que estimularán el cumplimiento de las 169 metas de los ODS, además de la designación de 30 entidades nacionales que serán las encargadas de liderar las acciones que hasta el año 2030 marcarán la ruta del desarrollo social y económico de los colombianos en armonía con el medio ambiente.

Ahora bien, el acceso a métodos de abastecimiento de agua adecuados es un tema que impacta de manera directa el bienestar y salud de todos los colombianos. Los esfuerzos en este frente buscan llevar al país a la cobertura total en 2030, actualmente está en 92,9%. En los últimos siete años se ha logrado que 6,3 millones de colombianos tengan acceso a agua potable por primera vez y 7 millones a alcantarillado.

Ilustración 2 Avance en meta de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2009 - 2017



Fuente: [En línea]: Tomado de [http://: www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)

En el contexto nacional, aunque la Constitución Política de 1991, no consagra de manera expresa el derecho al agua potable, si se reconoce de forma general el derecho a la salud, al derecho al medio ambiente sano y se establecen responsabilidades para el Estado, en relación con el suministro de agua potable y saneamiento básico. En este punto, se anota que:

En principio, el agua se constituye como una fuente de vida y la falta de servicio atenta directamente con el derecho fundamental a la vida de las personas. Así pues, el servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado en tanto que afecte la vida de las personas (CP art.11), la salubridad pública (CP arts. 365 y 366), o la salud (CP art. 49), es un derecho constitucional fundamental.

De acuerdo con lo establecido por la Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 216 de 2003, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT, como coordinador del Sistema Nacional Ambiental, es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir y formular, garantizando la participación de la comunidad, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entre ellos el agua.

Actualmente, se anota que el país cuenta con 33 autoridades ambientales regionales distribuidas en todas las áreas del territorio, representadas en las denominadas corporaciones autónomas regionales y corporaciones para el desarrollo sostenible. Dichas

entidades fueron creadas o reorganizadas a través de la Ley 99 de 1993, dotadas de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica y están encargadas de la administración del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, incluida el agua, de conformidad con las políticas y disposiciones legales que establezca el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ejecutan políticas, planes, programas y proyectos específicos para manejar, proteger, regular y controlar la disponibilidad, calidad y uso del recurso hídrico, y velan por el cumplimiento de la normativa vigente en la materia.

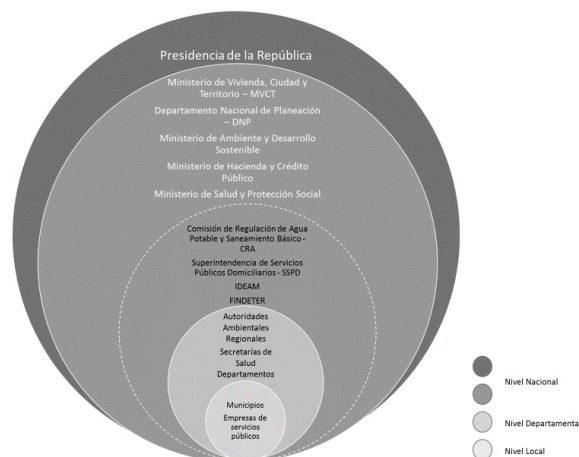
Las competencias de los departamentos y municipios con relación al sector de agua potable y saneamiento básico están definidas en la Constitución Política, en las Leyes 142 de 1994 o Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios la cual propicia la participación privada en la prestación y formaliza la regulación y la inspección, vigilancia y control estatales, 388 de 1997, lineamientos para la política nacional de ordenamiento ambiental del territorio, 1176 de 2007 contempla modificaciones sustanciales al Sistema General de Participaciones – SGP en temas como agua potable y saneamiento básico, entre otros, y 1551 de 2012 “Por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios”.

A nivel local, los municipios como integrantes del Sistema Nacional Ambiental, deben desarrollar planes, programas y proyectos generales y sectoriales para la gestión integral del recurso hídrico, articulados con los planes de desarrollo regional y nacional. Pueden dictar, con sujeción a normas de superior jerarquía, disposiciones legales para el control y preservación del recurso hídrico. Además, cofinancian y/o, en coordinación con otras entidades públicas, ejecutan obras o proyectos de descontaminación, obras hidráulicas, proyectos de irrigación, acciones contra inundaciones y regulación de cauces y corrientes de agua, para así contribuir al manejo de cuencas y microcuencas. Adicionalmente, el artículo 317 del Código Nacional de los Recursos Naturales (Decreto Ley 2811 de 1974), establece que para la estructuración de un plan de ordenación y manejo de una cuenca se deberá consultar a los usuarios de los recursos de la cuenca y a las entidades públicas y privadas que desarrollan actividades en la región.

Adicionalmente, existen otras entidades del orden nacional que tienen asignadas competencias relacionadas en mayor o menor grado con la gestión integral del recurso hídrico, tales como:

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: Formula, coordina y evalúa políticas y estrategias correspondientes al sector agropecuario. Cuenta con el apoyo del Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural -INCODER y del Instituto Colombiano Agropecuario.
- Ministerio de la Protección Social: Dicta la política de salud, que incluye las medidas relacionadas con los riesgos asociados a las condiciones ambientales del recurso hídrico para el consumo humano. Cuenta con el apoyo del Instituto Nacional de Salud –INS y de su Laboratorio Nacional de Referencia para los análisis de calidad del agua potable.
- Ministerio de Educación Nacional: Coordina la política de educación incluyendo las estrategias en materia de educación ambiental.
- Ministerio de Minas y Energía: Adopta y desarrolla las políticas para la explotación de minerales e hidrocarburos, así como del desarrollo de energía, incluyendo la hidroeléctrica. Cuenta con el apoyo del Instituto Colombiano de Geología y Minería -INGEOMINAS quien además de los asuntos mineros, desarrolla la exploración de aguas subterráneas.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD: Controla, inspecciona y vigila las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico -CRA: Ejerce las funciones de regulación tarifaria, de gestión empresarial, de mercados y de monopolios en el sector de agua potable y saneamiento básico.
- La Dirección General Marítima –DIMAR: Dirige, coordina y controla las actividades marítimas, en coordinación con la Armada Nacional.

Ilustración 3 Estructura Institucional del Sector



Fuente: [En línea]: Tomado de [http://: www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)

Para lograr en el año 2030 la meta propuesta por el ODS 6 y que a nivel nacional haya una cobertura total en acceso sostenible al agua potable y servicios de saneamiento básico, es necesario continuar trabajando en políticas, programas y proyectos que aumenten el porcentaje de población con ambos servicios.

Al desarrollar este proyecto se pretende cumplir con la legislación de la calidad de las aguas vertidas, controlar la contaminación de las aguas del río San Andrés hasta la presa de Ituango, por las características y el deterioro que se presentan en este río, iniciar con el mejoramiento y protección de los ecosistemas del río San Andrés, considerando los usos de suelo y la utilización del recurso hídrico, reducir a mediano y largo plazo el riesgo para la salud pública por la presencia de contaminantes que son aportados por las descargas de aguas residuales municipales, fomentar a mediano y largo plazo el turismo, la recreación y la pesca para recuperar y alcanzar el uso sustentable del agua.

2.2 Marco de Antecedentes

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible se encuentra garantizar la sostenibilidad del medio ambiente dentro del cual se planteó reducir a la mitad para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y servicios de saneamiento básico. Acerca de esta meta se puede decir que en el mundo se están haciendo grandes esfuerzos por cumplir este objetivo, sin embargo, en algunas regiones continúan existiendo brechas

significativas que han generado que este fenómeno social sea más marcado en cuanto a la calidad de vida. Igualmente, las diferencias en lo que respecta a la cobertura de instalaciones sanitarias entre zonas urbanas y rurales siguen siendo abismales y las mejoras en estos servicios no están llegando a las poblaciones menos favorecidas.

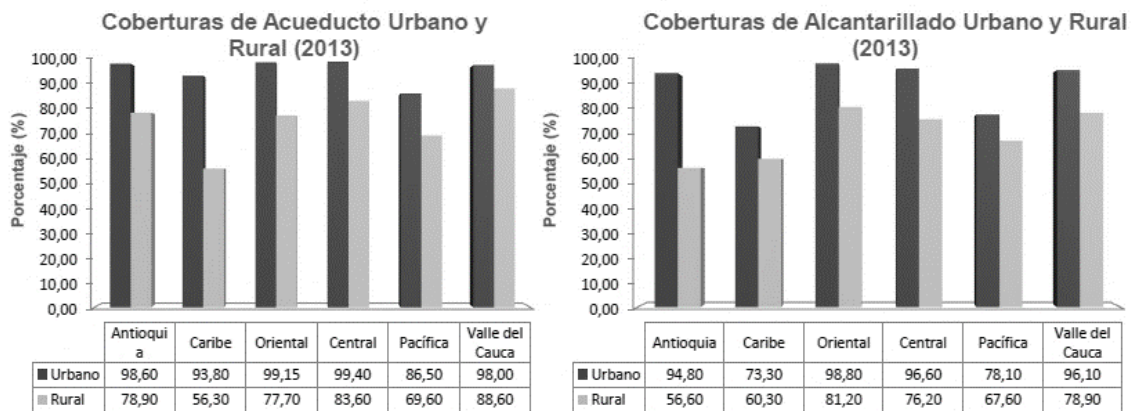
Por otro lado, Unicef hace cada vez más hincapié en el saneamiento, ampliando sus propios programas de apoyo a países de todo el mundo, y abogando porque los esfuerzos de gobiernos y aliados financieros se centren cada vez más en el saneamiento. En este sentido, entonces se observa claramente la determinación de seguir apostando por iniciativas que gesten acciones que disminuyan las brechas sociales de accesibilidad a recursos básicos para la calidad de vida de los actores sociales.

En este mismo punto de actuación, se anota que a nivel nacional y a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP), se identifican claramente los antecedentes e iniciativas en torno al tema de salubridad desde la problemática de tratamiento de aguas residuales. Dentro de estos procesos lo prioritario es la identificación de los territorios que no cuentan con tratamiento de aguas residuales tampoco cuentan con los servicios básicos domiciliarios (energía, acueducto y alcantarillado). Por tanto, no es fácil desligar las iniciativas gubernamentales referentes a tratamientos de aguas residuales de los proyectos donde se lograrán coberturas en servicios básicos.

Bajo este escenario de actuación, se observa que, en los últimos años, el país ha apostado en sus Planes de Desarrollo Nacional en los periodos 2010-2014 en el cual se formula la política de agua y saneamiento básico para áreas rurales, a través de un programa piloto, financiado con créditos del BID por un valor de US 60 millones, para abastecimiento de aguas y manejo de aguas residuales en zonas rurales. Además de estudios financiados por UNICEF y BID, en este sentido, se observa que en estos planes se evidencia claramente la apuesta intencionada de gestar acciones que potencien programas y proyectos que busquen una transformación de esta realidad.

Consecuente, con lo anterior, se evidencia que las brechas regionales en coberturas urbanas y rurales se ilustran en la siguiente grafica tomada la información suministrada por el Departamento Nacional de Planeación:

Ilustración 4 Diferencias regionales en cobertura de acueductos y alcantarillado en zonas urbanas y rurales



Fuente coberturas: GEIH – DANE 2013

Nota: Las coberturas incluyen soluciones alternativas de acceso a agua y manejo de agua residual.

Fuente: [En línea]: Tomado de <https://terridata.dnp.gov.co/#/>

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede apreciar que Antioquia cuenta con una buena cobertura en acueducto, también es la región con el más bajo índice de cobertura en servicios de alcantarillado en las zonas rurales de su territorio. De acuerdo con los diagnósticos registrados por el DNP, se tiene la necesidad de gestionar políticas diferenciadas, desde la asistencia técnica y la regulación, control y vigilancia. Mientras que la ejecución de proyectos se ve limitada por la disminuida participación y aceptación ciudadana sobre todo por la implementación de tecnologías que no son adecuadas ni sostenibles que favorecen el inadecuado almacenamiento de aguas y la gestión de residuos sólidos que finalmente es uno de los aspectos que desfavorecen la conservación de afluentes.

A partir del anterior diagnóstico, se tiene como meta para el año 2024, contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población promoviendo el acceso al agua potable a 1,7 millones de personas, mientras que para dar soluciones de saneamiento básico se estima beneficiar a 2,5 millones de personas, realizando inversiones en la infraestructura

acorde al contexto territorial, impulsando prácticas efectivas de gestión sanitaria y ambiental. Para el caso particular del municipio de San Andrés de Cuerquia, ninguna de sus veredas cuenta con los servicios básicos de acueducto, alcantarillado. Sin embargo, no han destinado esfuerzos al tratamiento y disposición de aguas residuales, generando enfermedades en la población y afectando las especies de flora y fauna de la zona.

Dentro del plan de desarrollo de Antioquia se tiene como uno de sus objetivos el de *Dotar de bienes públicos y servicios de derechos sociales a través de la infraestructura y asesoría necesaria, para apoyar el desarrollo humano de los pobladores rurales del Departamento de Antioquia* y uno de los programas que apalancaría dicho objetivo es el dar solución integral de aguas residuales en las zonas rurales y de difícil acceso del departamento, con el cual está enfocado en aumentar la cobertura y calidad del servicio de Alcantarillado en las zonas rurales del Departamento de Antioquia y a construir sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales para aquellas viviendas dispersas y de difícil acceso. En este sentido se hace necesario optimizar el servicio de alcantarillado en la zona rural y proponer o ejecutar alternativas de tratamiento de las aguas residuales, para mejorar la calidad del agua.

Finalmente, dentro del contexto municipal de San Andrés de Cuerquia se tiene como antecedente el identificado en su Plan de Desarrollo, en el cual se indica que el sistema de alcantarillado cuenta con una cobertura en redes del 95%, el cual se proyectó a partir de 1944, época de la cual se tienen los primeros estudios topográficos del área urbana. Asimismo, en la década de los años 60 *el municipio empezó a construir el alcantarillado, razón por la cual su sistema se encuentra con una vida útil saturada, aunque no presenta problemas de insuficiencia hidráulica, éste es un sistema combinado*. Además, el municipio no cuenta con ningún tipo de tratamiento de disposición final. El sistema de Alcantarillado se encuentra en su totalidad requiriendo reposición; el proceso inició en el año 2015, el cual debe continuar, así como la gestión y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

De lo anterior se puede concluir que es necesaria la construcción de nuevas redes para la recolección de las aguas residuales generadas en el municipio y que se debe trabajar en la descontaminación del afluente más afectado, el río San Andrés. Con esta intervención no solo se pretende mejorar la calidad de las aguas sino también, el mejoramiento de las condiciones salubres, ambientales y productivas de la región.

2.3 Marco Conceptual

Dentro del marco de posibilidades que pueden implementarse para dar solución a la problemática de contaminación de aguas residuales, existen alternativas que pueden acoplarse a la realidad territorial, geografía y población del municipio. Sin embargo, dentro de todo proyecto de índole socio-político debe considerarse siempre la inclusión de mecanismos de sensibilización e incorporación de la población en planes de mejoramiento, en los cuales se les contextualice acerca de las problemáticas sociales de su región, sobre cuál es su rol y la forma como pueden aportar para que las mismas se minimicen.

Las aguas residuales son agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria. No es recomendable para el consumo ya que contiene sedimentos y materiales contaminantes que dañan la salud humana y además es poco útil para actividades pecuarias y agrícolas.

La Calidad de vida ha sido usado como un término multidimensional que surge y se produce de las políticas sociales y significa tener buenas condiciones de vida ‘objetivas’ y un alto grado de bienestar ‘subjetivo’, también incluye la satisfacción colectiva de necesidades a través de las mismas políticas sociales en adición a la satisfacción individual de necesidades.

Una Planta de tratamiento de aguas residuales es un conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales que provienen de las personas o comunidades e industrias al ser usadas para descontaminarla, en cierto porcentaje, antes de ser depositada en las fuentes hídricas para que continúen su curso natural.

La Salubridad hace referencia a ofrecer buenas condiciones para la salud en general de la población encaminada a incrementar los niveles de calidad de vida de la población, y, por ende, implica acciones saludables en todo sentido desde la perspectiva médica.

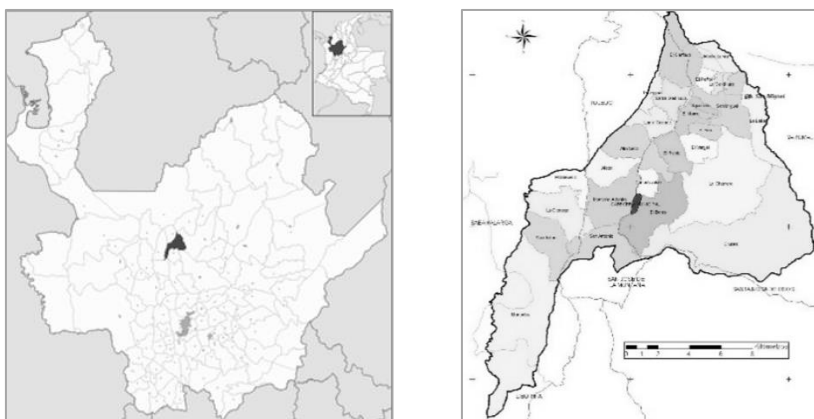
El Tratamiento de aguas residuales hace alusión a los procesos tendientes a descontaminar las aguas resultantes de los procesos humanos e industriales de las comunidades y en los cuales se remueven los sólidos suspendidos y la materia orgánica de dicha agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas y químicas como la sedimentación, entre otras.

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 Entorno del proyecto

El municipio de San Andrés de Cuerquia está ubicado al Norte del Departamento de Antioquia. Sus municipios cercanos son: Toledo, Sabanalarga, San José de la Montaña, Briceño, Yarumal y Santa Rosa de Osos.

Ilustración 5 Ubicación del municipio de San Andrés de Cuerquia en el Departamento de Antioquia

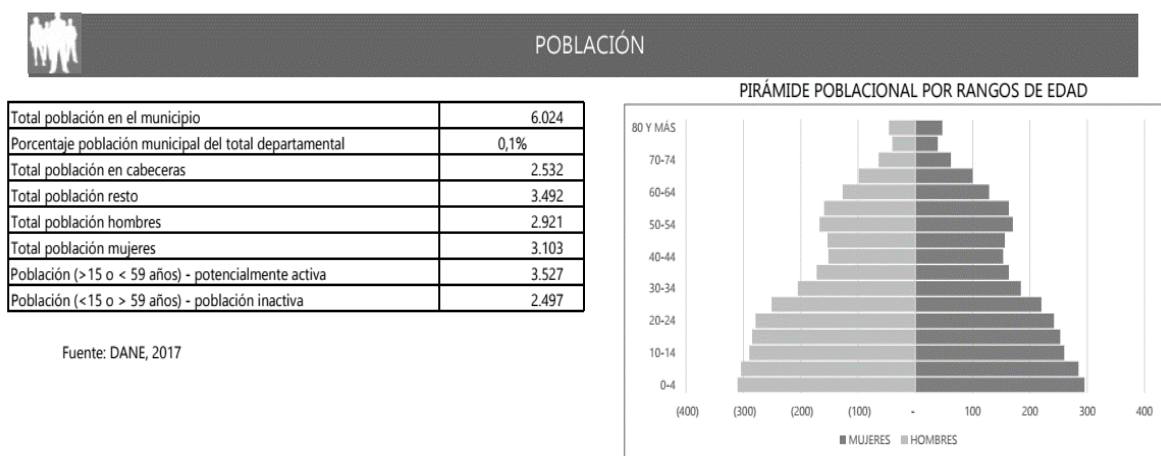


Fuente: Tomado de <http://www.fotoseimagenes.net/san-andres-de-cuerquia>

De acuerdo con la ficha territorial aportada por el DNP (Departamento Nacional de Planeación), el municipio de San Andrés se enmarca en un entorno de desarrollo intermedio tipología E. Su extensión es de 179 Km², su densidad poblacional es de 35 personas/Km², y su población total es de 6336 habitantes, de los cuales 2534.4 (40%) se ubican en la cabecera municipal.

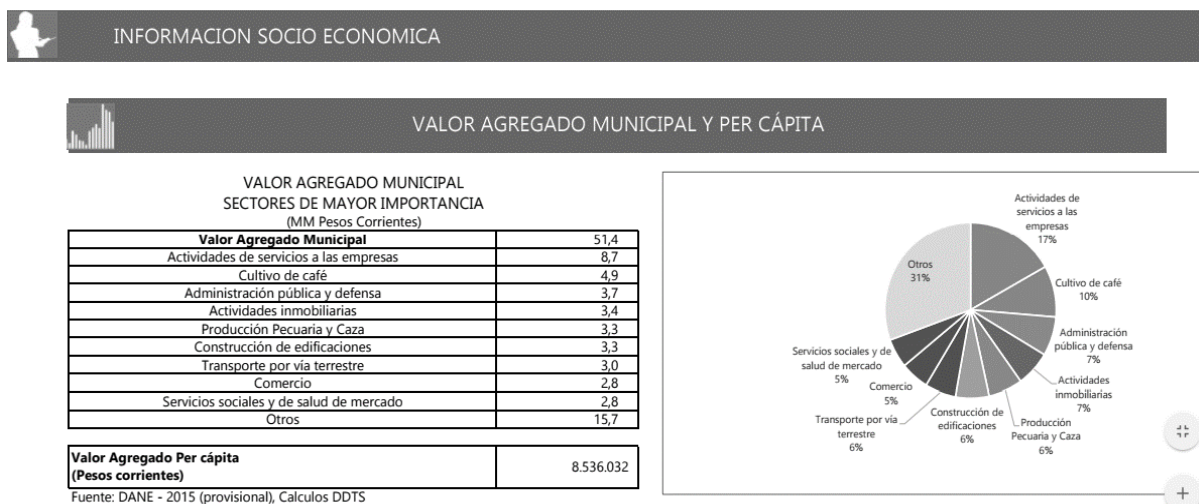
El perfil socioeconómico y cultural actualizado del municipio (año 2016 por el DNP), indica:

Ilustración 6 . Perfil socioeconómico del Municipio de San Andrés



Fuente: [En línea]: Tomado de: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Paginas/Fichas-Characterizacion-Territorial.aspx>

Ilustración 7 Información socioeconómica del Municipio de San Andrés



Fuente: [En línea]: Tomado de: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Paginas/Fichas-Characterizacion-Territorial.aspx>

3.2 Análisis de la situación actual

Para abordar el proyecto de construir y poner en operación una planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR para la cabecera municipal de San Andrés de Cuerquia, se cuenta con el Sistema General de Regalías – SGR y se tiene la estrategia de convocar empresas prestadoras de servicios públicos, con el fin de contar con respaldo financiero, incluyendo programas de sensibilización al usuario, acerca del uso adecuado del agua y el cuidado del medio ambiente.

El proyecto se concentrará en la principal fuente hídrica, el río San Andrés, que recibe las aguas residuales no tratadas en el municipio de San Andrés de Cuerquia. Con esta intervención no solo se pretende mejorar la calidad de las aguas sino también, el mejoramiento de las condiciones salubres, ambientales y productivas de la región que irriga dicha fuente hídrica y se beneficia de la misma.

A continuación, se presenta los recursos necesarios para la construcción de la PTAR:

Objetivo Específico	Producto	Actividades
1. Incrementar la cobertura de saneamiento básico en el municipio	Planta de tratamiento de aguas residuales - PTAR	Construir una PTAR para la cabecera municipal de San Andrés de Cuerquia
		Prestar el servicio de saneamiento básico en el municipio
2. Desarrollar programas de sensibilización del manejo de fuentes hídricas	2,367 personas sensibilizadas	Reuniones informativas de socialización del proyecto
		Talleres de capacitación en manejo de fuentes hídricas
		Campañas de divulgación de los beneficios en salud y el medio ambiente

4. ANÁLISIS DE PROBLEMAS

4.1 Descripción de la situación existente con relación al problema

La ausencia de servicios de agua potable y saneamiento básico es una variable determinante de la pobreza en la población y altos índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) pese a los esfuerzos realizados por las Administraciones municipales en materia de saneamiento básico y servicios públicos.

Como principales fuentes de contaminación tenemos las aguas domésticas, residuales, industriales y minería. Todas originadas desde la insensibilidad y desconocimiento que existe en torno al tema, además de la falta de control de las instituciones que deben ser garantes de la conservación de este recurso abiótico, afectando no solo las aguas superficiales sino también las aguas de consumo, las subterráneas y las destinadas para el riego de cultivos.

El municipio de San Andrés de Cuerquia no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, la disposición de las aguas residuales se realiza de forma inadecuada hacia las fuentes hídricas. Esta situación genera un alto riesgo de transmisión de enfermedades especialmente en la población infantil.

4.2 Problema Central

Alto grado de contaminación de las fuentes hídricas en el municipio de San Andrés de Cuerquia, Antioquia.

Registros de la Gerencia de Servicios Públicos de la Gobernación de Antioquia, precisan que, de los 125 municipios del departamento, solo 75 cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales. Una de las principales causas es la falta de presupuesto de las alcaldías para solucionar este problema. Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), primero se debe solucionar el tema del abastecimiento, luego

invertir en redes de alcantarillado para prevenir problemas de salubridad, posteriormente priorizar en el manejo y disposición de residuos sólidos, y finalmente concentrarse en la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Acorde con la evidencia planteada acerca del estado de los afluentes del municipio de San Andrés de Cuerquia, el municipio no cuenta con ningún tipo de tratamiento de disposición final y la obsolescencia de la infraestructura actual para el tratamiento del agua, acrecientan la problemática que debe atenderse para el mejoramiento de los índices de salubridad, sin dejar de lado el impacto que esta situación genera en el medio ambiente propio del territorio.

De acuerdo con la ficha de caracterización territorial del municipio de San Andrés de Cuerquia, publicadas por el Departamento de Planeación Nacional, cuya línea base ha sido actualizada al 6 de junio de 2017 y se aprecia que el índice de calidad de vida presenta una tendencia desfavorable conforme pasa el tiempo. Además, en el análisis de brechas se indica que solo la mitad de la población cuenta con servicios de acueducto, el cual se toma como referente de la escasa cobertura en servicios públicos domiciliarios y como consecuencia una ausencia casi total de soluciones para el tratamiento de aguas residuales. Esta condición es confirmada por el indicador de entornos de desarrollo en el componente urbano, ambiental y de calidad de vida, los cuales presentan las brechas más agudas.

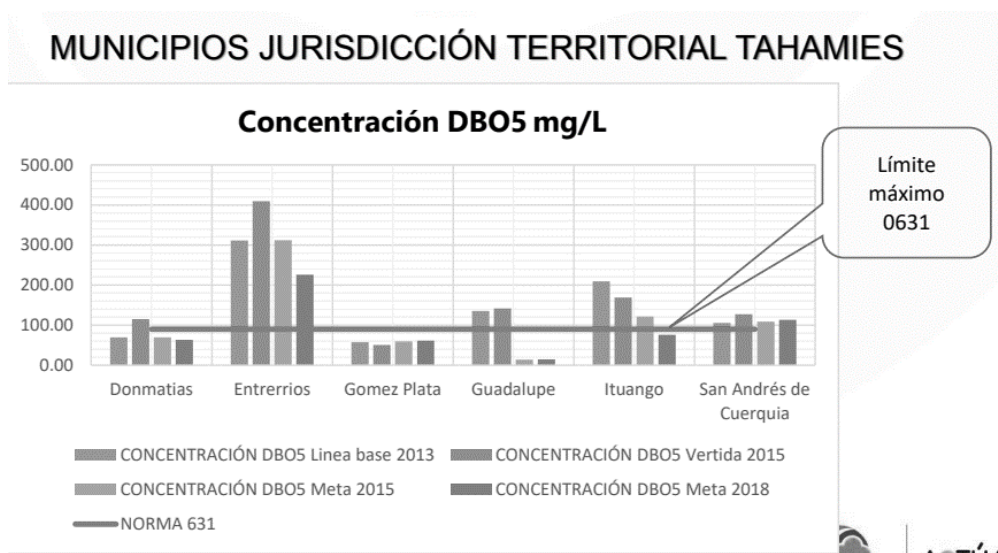
En cuanto a la problemática actual, se aprecia que en el municipio de San Andrés de Cuerquia el sistema de alcantarillado cuenta con una cobertura en redes del 95%. Su planeación data del año de 1944, época de la cual se tienen los primeros estudios topográficos del área urbana.

En la década de los 60 el municipio empezó a construir el alcantarillado, por tal razón su sistema se encuentra con una vida útil obsoleta. Para 1996 se realizó reposición de las redes en tubería de cemento. Además, por la antigüedad de sus redes, se presentan infiltraciones que en algunos tramos ya han sido cambiados, pero que en general sus condiciones son inadecuadas para un buen funcionamiento.

Además, aún falta población que debe ser conectada al sistema de acueducto y alcantarillado al igual que la existencia de algunas conexiones sin cuantificar que descargan directamente al suelo y al Río San Andrés.

El plan de desarrollo del municipio indica también que el sistema de Alcantarillado está requiriendo de reposición. Este proceso inicio en el año 2015. Igualmente, de iniciarse la gestión y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Para determinar el grado de afectación o de calidad de los cuerpos de agua se tienen en cuenta lo indicado en la resolución 631 de 2015, la cual establece los límites máximos de vertimientos sobre recursos hídricos, exige que el agua tratada tenga concentraciones de DBO menores a 90 miligramos por litro (mg/l). En las aguas residuales municipales la medida oscila entre 400 y 500 mg/l, mientras que en las industrias las concentraciones pueden llegar a más de 10.000 mg/l. Para el municipio de San Andrés de Cuerquia se evidencia en la siguiente imagen una concentración superior a los 100 mg/l



Fuente: Corantioquia. CONVENIO N° 1606-81 DE ASOCIACIÓN

Las principales descargas contaminantes provienen de los caños y cañadas que en términos generales son buenos, sin embargo, se dan diversos factores que alteran su estado

natural como el uso de insecticidas muy cerca de las fuentes de agua como medida de control de malezas, la tala de los bosques, explotación inadecuada de la pesca y descarga de aguas negras que, si no se controlan efectivamente, en un futuro no muy lejano, podría presentar graves secuelas. El origen de algunas descargas contaminantes y el estado actual del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales se evidencia a continuación, gracias a un recorrido realizado en campo realizado por la Universidad de Antioquia:

INDICADOR	MÉTODO DE DETERMINACIÓN	VALOR ACTUAL	OBSERVACIONES
Cobertura del servicio cabecera Municipal	(# de viviendas conectadas sistema de alcantarillado / # total de viviendas en el área urbana) *100	94,50%	Se tienen 932 suscriptores en el sistema de alcantarillado de un total de 997 suscriptores
Funcionamiento del Sistema	Bueno, regular o Malo	Regular	La tubería del Sistema de Alcantarillado ya cumplió su vida útil
Cobertura de tratamiento de Aguas Residuales	# total de viviendas conectadas al sistema de tratamiento / # total de viviendas del municipio	0%	El municipio no cuenta con sistema de tratamiento de las aguas residuales
Continuidad del Servicio	# de horas de prestación del servicio/día	24	

Fuente: Empresas Públicas de San Andrés de Cuerquia

Puntos de descargas directas contaminantes identificadas:



Fuente: Universidad de Antioquia, Gobernación de Antioquia. Diagnostico técnico. 2012

4.3 Magnitud actual del problema – Indicadores de línea base

El 100% de la población del municipio de San Andrés de Cuerquia, dispone aguas residuales sin tratar en la fuente hídrica principal

4.4 Causas que generan el problema

Causas directas	Causas indirectas
1. Insuficiente infraestructura por obsolescencia	1.1 Falencias en el servicio de reposición del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. 1.2 Población no cuenta con sistema organizado para manejo de residuos sólidos y desechos en el municipio.
2. Deficiente sensibilización de la población en el tratamiento de aguas residuales	2.1 Poco interés institucional para ofrecer servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales. 2.2 Poco interés de la población para acceder a los servicios.

4.5 Efectos generados por el problema

Efectos Directos	Efectos Indirectos
1. Afectación de la fauna y flora, propia de las fuentes hídricas del municipio de San Andrés de Cuerquia	1.1 Especies en vía de extinción 1.2 Desastres naturales inminentes
2. Afectación de las condiciones de salud de la población del municipio de San Andrés de Cuerquia	2.1 Incremento en costos de programas de Salud Pública 2.2 Incremento de enfermedades graves en la población sensible del municipio de San Andrés de Cuerquia
3. Deficiente calidad del agua para consumo, aseo y el sector agrícola y pecuario del municipio de San Andrés de Cuerquia	3.1 Disminución de la oferta de productos Agropecuarios 3.2 Aumento de los gastos de la población campesina

Una vez identificadas las causas, se aprecian los efectos físicos y ambientales que pueden generarse al no realizar intervenciones oportunas y sostenibles. Alguno de los efectos más devastadores puede ser la acumulación de desechos aguas arriba de las afluentes, los cuales pueden generar catástrofes, como avalanchas o crecimientos considerables en ríos y quebradas. Otro de los efectos más nocivos para el hombre es la generación de enfermedades graves en población sensible, incluso llevarlos hasta la muerte incrementando los índices actuales. Así mismo, se prevé también una potencial afectación en el sector agropecuario, el cual si evalúa a profundidad se convierte en un círculo vicioso pueden verse afectadas las fuentes hídricas mediante las aguas subterráneas contaminadas por pesticidas y demás químicos usados en cultivos y ganadería, lo que a su vez estaría

impidiendo el progreso en este sector al no contar con aguas apropiadas para su mantenimiento.

4.6 Diagrama de árbol de problemas

A continuación, se presenta el árbol de problemas que identifica las posibles causas y consecuencias del alto grado de contaminación de las fuentes hídricas en el municipio de San Andrés de Cuerquia.



Fuente: Elaboración Propia

5. ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS

5.1 Contextualización del análisis a realizar

El proyecto de mejoramiento de las condiciones de salubridad de la población del municipio de San Andrés de Cuerquia, mediante la implementación de soluciones para el tratamiento de aguas residuales, pretende atender una problemática de orden de salud pública y ambiental, principalmente, por la contaminación que se ha generado en el río San Andrés, como principal afluente del municipio, frente a la falta intervenciones educativas y de infraestructura en servicios básicos, que han incrementado los niveles de contaminación del afluente mencionado, situación que favorece el incremento en daños y catástrofes ambientales, afectaciones en tierras productivas (aguas abajo), enfermedades en poblaciones sensibles e incluso la muerte. Todos estos factores convierten en detonantes que deterioran la calidad de vida de la población y ponen en riesgo derechos fundamentales que el Estado debe preservar.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza un análisis detallado con el fin de identificar la población afectada y objetivo en el desarrollo del presente proyecto. El tratamiento de las aguas residuales del municipio de San Andrés está enfocado en recuperar su calidad, mediante la construcción de una planta de tratamiento que permita devolver al río aguas menos contaminadas para un mejor aprovechamiento de esta y generar bienestar ambiental al entorno municipal como población afectada. Sin embargo, la población objetivo se compone de las familias que habitan las riveras del río San Andrés y las tierras productivas cuyos riegos y aguas provienen del mismo afluente, quien son las poblaciones que están expuestas en mayor proporción a los efectos generados ya nombrados en el presente documento.

Se debe mencionar que dentro del análisis de involucrados se han identificado algunos actores fundamentales, directos e indirectos, de los cuales depende la implementación, éxito y sostenibilidad del proyecto propuesto. Algunos de ellos son:

Estado: Como garante de los derechos fundamentales debe velar por que la totalidad de la población conviva en un ambiente sano y por ende del disfrute de la salud integral. Son quienes garantizan los recursos y mecanismos de control para la adecuada construcción, puesta en funcionamiento y sostenibilidad del proyecto que se implemente para dar solución a la problemática. Comprende al Gobierno Nacional, Gobernaciones y Administraciones municipales o alcaldías.

Población residente y flotante: actúa como principal afectado por su ubicación física, cercana al río San Andrés, como los principales receptores de las condiciones negativas que genera el estado actual del afluente; interviene en algunas de las causas de la problemática al ser uno de los principales generadores de contaminación al arrojar desechos directamente al río. Así mismo actúa como potencial opositor del proyecto debido a que se le generarían costos fijos adicionales al contar con un servicio de saneamiento completo por el cual debe realizarse su respectiva facturación como una de las fuentes de sostenimiento de la infraestructura a implementar.

Entidades públicas: Son facilitadores de soluciones. En ellos se soportan las actividades que garantizan la sostenibilidad del proyecto. Mediante su intervención se logra obtener no solo fuentes de recursos de forma directa o complementaria, sino también que aporta toda la articulación entre el mejoramiento de las condiciones y las sensibilizaciones a las cuales deben ser sometidos todos los habitantes e involucrados del proyecto propuesto como uno de los principales mecanismos de sostenibilidad de la solución.

5.2 Matriz de Análisis de Involucrados

A nivel nacional el Gobierno vela y garantiza los mecanismos de mejoramiento de calidad del agua mediante la medición anual periódica de indicadores como el INCA e IRCA, los cuales miden la calidad de las aguas para el consumo humano y aguas residuales. De la misma forma, incluye en su plan de desarrollo mecanismos para velar por la conservación del recurso hídrico del territorio colombiano.

Desde la Gobernación de Antioquia como ente gubernamental involucrado y Corantioquia se evidencia su intención de mejorar la calidad de las aguas del Río San Andrés a través del planteamiento de un Plan Maestro de acueducto y alcantarillado mediante el cual debe buscarse la mejor alternativa para seleccionar el sitio donde se ubicaría la Planta de Tratamiento para la disposición de las aguas residuales antes de depositarlas al río San Andrés, este proyecto debe estar enmarcado dentro del diseño del mismo Plan Maestro, para así satisfacer completamente los vertimientos de toda la zona urbana.

Así mismo, EPM como empresa prestadora de servicios públicos, a través de su intervención ambiental y social en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ituango se compromete con el cabal cumplimiento de la normatividad y lo dispuesto en la licencia ambiental trabajando en convenios con las diferentes universidades de la región realizan estudios para la protección de la fauna y la flora del área de influencia, haciendo permanentes monitoreos sobre las fuentes de agua.

A nivel municipal. Si bien no menciona de manera directa una solución para el vertimiento de aguas contaminadas al Río San Andrés, si priorizan el mejoramiento de la infraestructura y cobertura de servicio de alcantarillado. Así mismo evidencian falta de una planta de tratamiento para el municipio. En su plan de ordenamiento territorial, indican la necesidad de proteger y recuperar las fuentes hídricas:

Políticas: Corto: Mejorar la prestación de los servicios públicos domiciliarios Mediano: Proteger y recuperar las fuentes hídricas Estrategias Corto: Educación y señalización en el manejo de residuos Mediano: Promover los procesos de producción limpia		Para el saneamiento básico, la prestación de servicios públicos y los servicios complementarios			
PROGRAMA	OBJETIVO	PROYECTO	PLAZO (Años)	DEPENDENCIA	OBSERVACIONES
MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS	Enviar el nivel de vida de la población y garantizar condiciones de salubridad.	Diseño y construcción del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado	9	Oficina de Planeación	Este proyecto debe iniciarse en el corto plazo para finalizarse en el largo.
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LOS SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	Ofrecer a la comunidad mejores condiciones en la prestación de los servicios complementarios	Mejoramiento de la infraestructura física y construcción de tratamiento de aguas residuales del matadero	6	Oficina de Planeación	Este proyecto se debe iniciar construcción de la planta de tratamiento como acción prioritaria
	Estimular la producción diversificada y generar alternativas laborales	Construcción y adecuación de la plaza de mercado	5	Oficina de Planeación	Para desarrollar este proyecto es necesario emprender campañas de sensibilización sobre el beneficio de la diversificación productiva.
		Construcción de un centro de acopio	6	Oficina de Planeación	Para desarrollar este proyecto es necesario emprender campañas de sensibilización sobre el beneficio de la diversificación productiva.

Fuente: Plan de ordenamiento territorial (Formulación) San Andrés de Cuerquia.

Tabla 1 Matriz de Análisis de Involucrados

ACTOR	POSICIÓN	TIPO DE CONTRIBUCIÓN	EXPERIENCIA
Gobernación de Antioquia	Cooperante	Ejecutor del proyecto con los recursos del Sistema General de Regalías.	Ejecutor de muchos proyectos de inversión social
Alcaldía del municipio de San Andrés de Cuerquia	Cooperante	Co-financiador del proyecto	Entidad territorial cuya finalidad es el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población en su respectivo territorio que destina recursos propios del presupuesto local o municipal para ejecutar el proyecto.
Comunidad en general	Beneficiario	Beneficiarios directos del proyecto en la implementación de cada una de las estrategias.	Conforman el grupo de beneficiarios directos, a quien va dirigida la construcción de la PTAR y el desarrollo de actividades de sensibilización, mejorando la calidad de vida.
Entidades ambientales	Cooperante	Concesión de licenciamientos y permisos ambientales para la construcción de la PTAR	Experiencia en desarrollo de proyectos.
Empresas prestadoras de servicios públicos	Cooperante	Proporcionan el apoyo técnico para la ejecución de proyectos de PTAR.	Experiencia en desarrollo de proyectos.

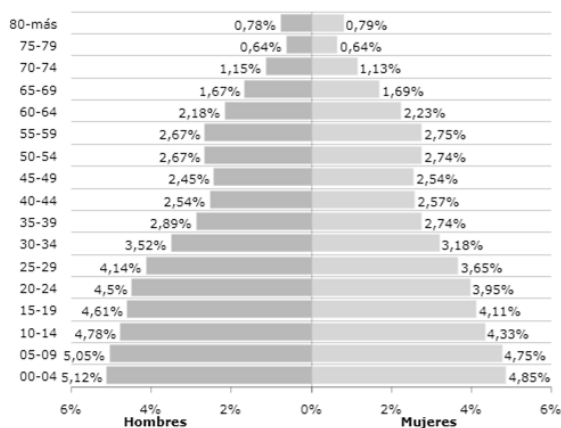
Fuente: Elaboración propia

5.3 Población Afectada

La población afectada se encuentra en el municipio de San Andrés de Cuerquia, cuya población total es de 5.917, según la Proyección de municipios 2005-2020 DANE:

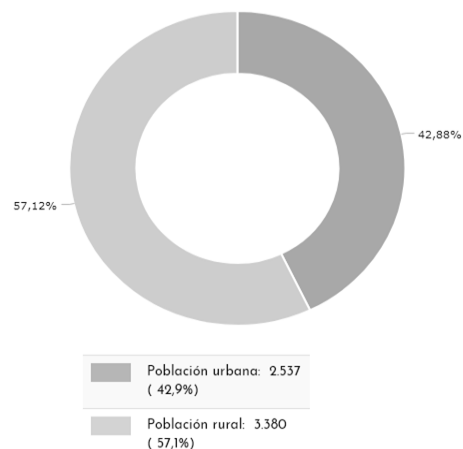
Pirámide poblacional

Fuente: DANE - Proyecciones de población - 2018



Población desagregada por área

Fuente: DANE - Proyecciones de población - 2018



5.4 Población Objetivo

Dada la ubicación del Rio San Andrés al casco urbano del proyecto, se pretende beneficiar de manera directa e inmediata a los habitantes de la zona urbana del municipio, es decir a un total aproximado de 2.367 personas, correspondientes al 40% de la población total del mismo para efectos del presente documento. Sin embargo, es importante destacar que también existe una población rural significativa rio abajo que se beneficiaría directamente con el proyecto y que no se cuantifica en la intervención propuesta actualmente.

6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

6.1 Descripción de la iniciativa

El proyecto en su fase inicial se concentra en la principal fuente hídrica que recibe las aguas residuales no tratadas en el municipio de San Andrés de Cuerquia. De acuerdo con lo anterior y según las evidencias actuales, el afluente más afectado es el río San Andrés. De esta manera se pretende construir y poner en operación una planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera municipal, mediante la estrategia de convocar empresas prestadoras de servicios públicos, con experiencia en este tipo de intervenciones, con el fin de contar con respaldo financiero, incluyendo programas de sensibilización al usuario, acerca del uso adecuado del agua y el cuidado del medio ambiente.

Las principales intervenciones del proyecto se describen a continuación:

Predios y servidumbres:

- Para iniciar la intervención, debe realizarse reconocimiento del terreno, para determinar la ubicación, cimentaciones y especificaciones estructurales de la planta.

Tratamiento Primario:

- Construcción de las estructuras requeridas para la alimentación de agua cruda y pre-tratamiento, que incluye una caja receptora de aguas tipo rectangular con alivio: de exceso para flujos superiores y un cárcamo de aguas crudas rectangular; ambos en concreto. Suministro y montaje de accesorios y válvulas conexas.
- Suministro e instalación de los equipos requeridos para el pre-tratamiento y bombeo del agua al proceso de tratamiento biológico.
- Adecuación y construcción de las obras civiles requeridas para integrar los dos canales de cribado grueso dentro de la infraestructura civil del tanque de acumulación.

Tratamiento biológico de la línea de agua:

- Construcción de los reactores para el tratamiento biológico que incluye tanques rectangulares en concreto. Construcción de un clarificador secundario rectangular en concreto.
- Suministro y montaje de un equipo de desinfección UV tipo canal, a salida de los clarificadores secundarios.
- Construcción de obras civiles necesarias para el sistema de descargue de efluente tratado a salida del sistema de desinfección UV para conducir las aguas hasta el cuerpo receptor.

Tratamiento de la línea de lodos

- Construcción de digestores aerobios de lodos en serie, tipo rectangular en concreto.
- Suministro y montaje de una mesa espesadora de lodos.
- Especificación, adquisición e instalación de bombas de agua de servicios, una bomba tipo tornillo para los lodos digeridos, un sistema de preparación de polímero ayudante de deshidratación en emulsión.

Infraestructura de operación y urbanismo:

- Caseta de operaciones y laboratorios desde las cuales se operaría la planta.
- Obras exteriores o de urbanismo, viales y cerramiento las cuales complementan la obra, generando adaptabilidad de la nueva estructura a las condiciones físicas externas que la rodean.

6.2 Análisis de necesidades

Debido a la ausencia de una solución para el tratamiento de aguas residuales en el municipio, durante el periodo de tiempo dentro del cual se realiza el análisis de necesidades

no se aprecia oferta. Por lo tanto, el déficit se afectaría conforme aumente la población, principalmente en la cabecera del municipio.

Tabla 2 Análisis de Necesidades

Bien o Servicio	Año	Demanda (Población Cabecera)	Oferta	Déficit
Número de habitantes del municipio afectados por la contaminación del Río San Andrés y que requieren recuperación de la calidad del agua	2013	2.510	0	-2.510
	2014	2.516	0	-2516
	2015	2.521	0	-2521
	2016	2.527	0	-2527
	2017	2.532	0	-2532
	2018	2.537	0	-2537
	2019	2.542	0	-2542
	2020	2.546	0	-2546
	2021	2.557	0	-2557
	2022	2.564	0	-2564
	2023	2.570	0	-2570

6.3 Localización

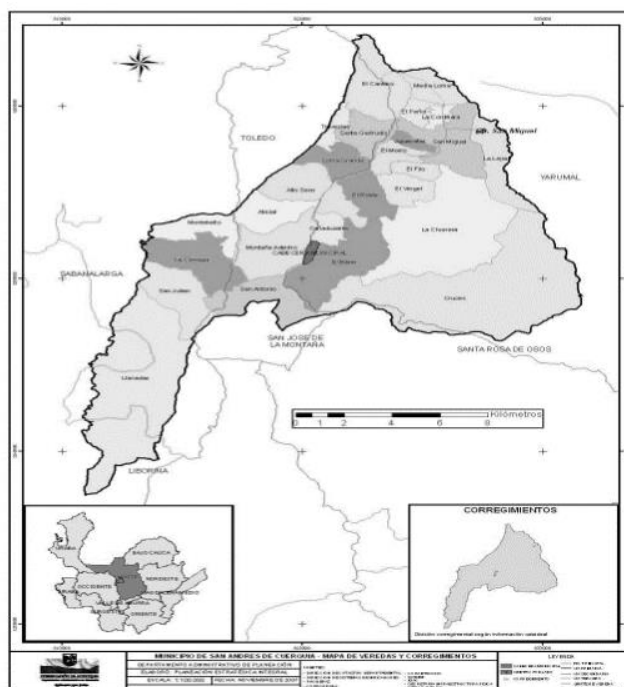
El proyecto se desarrollará en San Andrés de Cuerquia, municipio colombiano ubicado en el norte del departamento de Antioquia a 137 km de distancia de la capital del departamento. Tiene una extensión de 177 km² de los cuales 22 km² pertenecen al casco urbano y 155 km² a área rural. El pueblo cuenta con 34 veredas y se encuentra a 1.475 msnm con diversos pisos térmicos. Su temperatura media es de 22° centígrados. Limita al Oriente con Yarumal, al occidente con Sabanalarga y Liborina, y al sur con Santa Rosa de Osos y San José de la Montaña.

Para el censo del año 2005 su población era de 7.367 pobladores de los cuales 2.451 habitaban la cabecera municipal y 4.916 en el resto del municipio. Actualmente según el DANE, en 2017 el municipio cuenta con una población de 6.024 pobladores. Para explicar este fenómeno se habla de la constante migración que hay en la región donde sus principales detonantes son el conflicto armado y la búsqueda oportunidades económicas. El

pueblo es de vocación agrícola y se destaca el cultivo del café, el plátano y la caña de azúcar. Estas actividades de cultivo también son acompañadas por la cría de ganado de engorde y aves de corral.

Algunas de las características por las cuales se destaca San Andrés de Cuerquia, de acuerdo con la corporación Vistas, de Medellín, "es un municipio de clima templado encerrado entre las montañas del Norte de Antioquia. Cafetero por excelencia, sus mayores atractivos son las quebradas, ríos y cascadas que forman bellos paisajes y que son visitados por turistas, pues posibilitan viajes entre la naturaleza de la región".

Ilustración 9 mapa político de San Andrés de Cuerquia



Fuente: Recuperado de http://www.sanandresdecuerquiaantioquia.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1662784

6.4 Aporte a la política pública

Tabla 3 Aporte del proyecto a la política pública – ODS

Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018 "Todos por un nuevo país"					
Pilar	Estrategia			Programa	
Equidad	Ejes articuladores del desarrollo y prioridades para la gestión territorial			Planes departamentales para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento.	
Plan de Desarrollo Departamental "Antioquia Piensa en Grande"			Plan de Desarrollo Municipal "Seguimos Trabajando por Cuerquia"		
Línea Estratégica	Programa	Indicadores	Reto	Programa	Proyectos
Equidad social y movilidad	Solución integral de aguas residuales en las zonas urbanas del departamento.	Integración de sistemas de alcantarillado a las zonas urbanas del departamento.	Aumentar la cobertura en el servicio de alcantarillado en el municipio	Agua Potable y saneamiento	Ejecución de soluciones individuales de tratamiento de aguas servidas en la zona rural

Fuente: Elaboración propia a partir de los planes de desarrollo de cada nivel administrativo: Nacional, Departamental y Municipal

6.5 Objetivo General

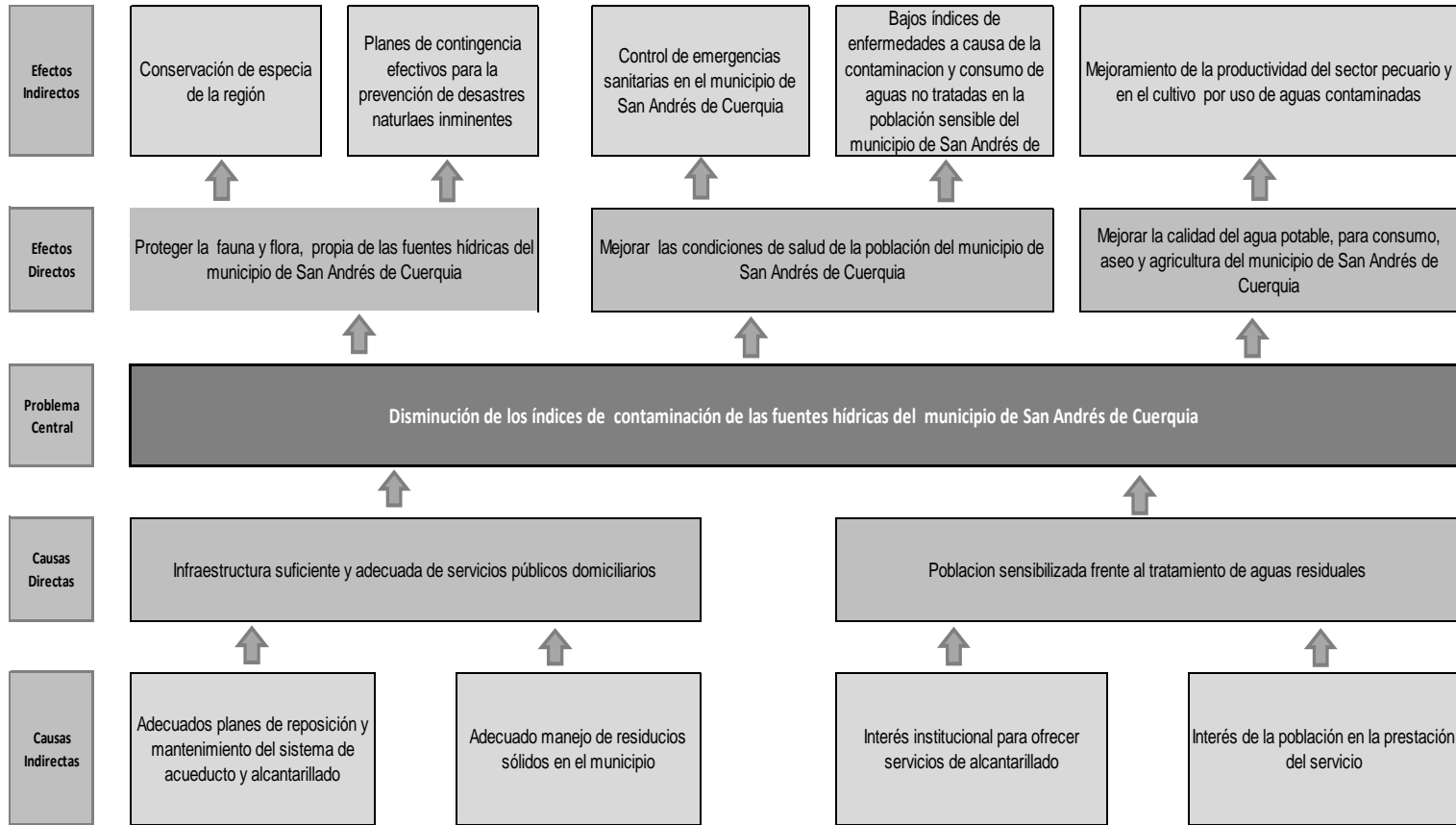
Disminuir la contaminación del Río San Andrés como fuente hídrica principal del municipio de San Andrés de Cuerquia.

6.6 Objetivos Específicos

1. Construir la infraestructura requerida para el mejoramiento de la calidad de las fuentes hídricas del municipio de San Andrés de Cuerquia.
2. Implementar mecanismos de sensibilización a la comunidad enfocados en la conservación y protección de las fuentes hídricas del municipio.

6.7 Árbol de soluciones

Ilustración 10 Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración Propia

7. ANÁLISIS DE RIESGOS

Con el presente análisis se determinan los riesgos que presenta el proyecto. Así mismo determinar las acciones y tareas que se deban implementar para prevenir y/o mitigar los riesgos derivados de este análisis.

Estas acciones y tareas se plasmarán en planes de mejoramiento establecidos por los responsables de implementar el proyecto, quienes harán su seguimiento y evaluación periódica.

En la siguiente tabla se relacionan cinco (5) escenarios de riesgos identificados para este proyecto, con su respectiva valoración, correspondientes a los objetivos del proyecto:

Tabla 4 Matriz de Análisis de Riesgos

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medias de mitigación
Cambio de prioridades económicas o políticas que afecten la ejecución del Proyecto	Improbable	Mayor	La ejecución se pospondría y continuaría la problemática planteada	Asegurar la asignación de recursos, ya sea desde el inicio de la vigencia o con la transferencia en su gran totalidad de los mismos
Afectación por eventos extraordinarios y condiciones climáticas adversas	Moderado	Mayor	Retraso en la ejecución del proyecto	Hacer una programación de las actividades que tenga en cuenta los pronósticos climáticos
Problemas con la negociación de las servidumbres y predios requeridos para el proyecto	Alta	Mayor	Retrasos en la ejecución de actividades y sobrecostos en el proyecto	Articular y vincular directamente a la comunidad, iniciando de manera temprana la gestión de predios (Municipio, urbanizadores, terceros)
Incremento súbito del precio de los materiales	Probable	Mayor	Insuficiente financiación para la realización de las obras	Tener en cuenta un escenario de costos de los materiales importados que incluya el posible incremento en variables como la TRM. Iniciar la realización de las obras según el calendario indicado para evitar incrementos por inflación.

Dificultades o escasas en el mercado de suministro de materiales para la realización del Proyecto	Improbable	Moderado	Retraso en la ejecución dentro del tiempo establecido en el cronograma	Efectuar un estudio o inventario de proveedores locales y regionales de lo requerido en el proyecto
Imposibilidad de ejecución del proyecto por orden público	Moderado	Mayor	No ejecución del Proyecto	Trabajar con la comunidad y la fuerza pública en las actividades a desarrollar
Bajo interés y participación de la comunidad en las actividades	Moderado	Mayor	No realización de un componente vital del proyecto	Realizar una amplia convocatoria y buscar apoyo en las actividades de promoción de la comunidad

Fuente: Elaboración propia

8. PRESUPUESTO

Tabla 5 Costo de la Alternativa

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	PRODUCTO	ACTIVIDADES	INSUMO	CANT	UND	VALOR UND	VALOR TOTAL
Disminuir la contaminación del Río San Andrés como fuente hídrica principal del municipio de San Andrés de Cuerquia.	Construir la infraestructura requerida para el mejoramiento de la calidad de las fuentes hídricas del municipio de San Andrés de Cuerquia	Infraestructura de planta de tratamiento de aguas residuales.	Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para tratamiento primario, biológico y de lodos	Materiales	m ³	48	22,444,573	1,077,339,490
				Mano de Obra	día	10531	26,041	274,231,870
				Transporte	m ³	10	48,969,977	489,699,768
				Herramienta	%	0.06	274,231,870	16,453,912
			Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para Infraestructura de operación y urbanismo	Materiales	m ³	55.1	5,514,791	303,864,984
				Mano de Obra	día	2970	26,041	77,347,450
				Transporte	m ³	27.4	5,040,892	138,120,447
				Herramienta	%	0.06	77,347,450	4,640,847
			Adquirir predios y servidumbres	Predios	1	Gl	220,000,000	220,000,000
					Imprevistos 2%		1	Gl
				SUBTOTAL				2,601,698,769
	Implementar mecanismos de sensibilización a la comunidad enfocados en la conservación y	Sensibilizar y capacitar a la población del Municipio en el cuidado del agua	Diseño de temáticas y contenidos de la Capacitación	Coordinador (1)	24	Hr	40,000	960,000
				Profesionales (2)	48	Hr	50,000	2,400,000
				Técnico (1)	24	Hr	27,000	648,000

protección de las fuentes hídricas del municipio.		Papelería e insumos	1	Und	400,000	400,000
	Convocatoria y promoción de la Capacitación	Publicidad impresa	180	Und	1,300	234,000
		Perifoneo	4	Und	30,000	120,000
		Cuñas radiales	36	Und	45,000	1,620,000
		Técnico (1)	32	Hr	27,000	864,000
	Realización de la Capacitación	Coordinador (1)	16	Hr	40,000	640,000
		Profesionales (2)	32	Hr	50,000	1,600,000
		Técnico (1)	16	Hr	27,000	432,000
		Alquiler de Salón	16	Hr	10,000	160,000
		Refrigerios	300	Und	5,000	1,500,000
		Video Beam	16	Hr	5,500	88,000
	SUBTOTAL					11,666,000
	ADMINISTRACION Y UTILIDAD 10%					261,336,477
	INTERVENTORÍA 7%					182,935,534
TOTAL					3,109,670,755	

Fuente: Elaboración propia

9. VALORACIÓN DE INGRESOS Y BENEFICIOS

9.1 Identificación y definición

El proyecto que se requiere desarrollar generará un ahorro en los gastos médicos en los que incurre la población, debido al mejoramiento en la calidad del agua, evitando enfermedades como las de tipo gastrointestinal. El resultado ha sido calculado sobre el número de habitantes correspondientes a la población objetivo, considerando que en un año sufran de alguna patología asociada por lo menos una vez, y teniendo en cuenta que los casos en niños menores de 10 años y los adultos mayores de 60 cuentan con mayor probabilidad de enfermarse.

Se calcula que al tener una fuente de abastecimiento más limpia y descontaminada, hay un beneficio significativo para los pobladores productores agrícolas y pecuarios vecinos de la fuente hídrica que se pretende intervenir con la presente propuesta, hay un mayor y mejor aprovechamiento de dicha fuente y sería más productivas las actividades económicas mencionadas. Este ítem está medido en la cantidad de familias productoras más cercanas río abajo por el valor estimado mínimo de incremento en los ingresos de cada una de las familias.

Por otro lado, se considera un beneficio para la comunidad, en el sentido en que dinamiza la economía local, al contar con un número de habitantes participando de manera formal en el proyecto como mano de obra no calificada, lo cual representa un aumento considerable en la calidad de vida al generar empleo. Este resultado está dado por el número de jornales que se requieren para la ejecución del proyecto, por el valor del jornal que se pretende pagar a cada empleado del proyecto.

Otro beneficio sale de analizar los gastos y las inversiones que se hacen desde la administración municipal durante un año para mitigar los efectos negativos

que produce la contaminación generada, tanto en la fuente hídrica como al medio ambiente general del municipio. Dentro de este punto se valoran los costos ambientales de la situación presentada actualmente como las inversiones en plaguicidas, insecticidas, abonos, entre otros gastos de proyectos agropecuarios, además, las campañas ambientales de tratamiento del agua, cuidados de la piel, entre otros. Este valor está dado por el número de intervenciones en esta tendencia por el valor promedio aproximado de cada una de ellas.

También se valora la productividad promedio de una hectárea de tierra al recuperarla para cualquier actividad comercial agropecuaria. Se cuantifica el número de hectáreas recuperadas para producir por un valor aproximado de productividad anual por hectárea promediado entre las diferentes actividades agropecuarias.

9.2 Cuantificación de beneficios

Tabla 6 Valoración de Ingresos y Beneficios

Beneficios	Cantidad	Costo Promedio	Total Proyecto
Ahorro en gastos de tratamientos médicos por enfermedades gastrointestinales. (Número de habitantes por costo promedio de tratamiento)	2537	\$172,610.00	\$437,911,570.00
Incremento de los ingresos para las familias al disponer de fuentes de abastecimiento de agua limpia para sus actividades productivas. (Número de viviendas beneficiadas por valor aproximado de ingreso)	52	\$6,126,000.00	\$318,552,000.00
Aumento en los ingresos de la población mediante el empleo formal (jornales)	22680	\$50,000.00	\$1,134,000,000.00

Disminución de los gastos de mitigación de efectos negativos en el medio ambiente. El valor considera los costos ambientales de la situación actual. (Número de intervenciones por valor promedio de cada una)	4	\$135,000,000.00	\$540,000,000.00
Valor de recuperación de la Tierra. (Número de hectáreas beneficiadas por valor aproximado de la tierra productiva)	592	\$3,900,000.00	\$2,308,800,000.00
TOTAL			\$4,739,263,570.00

Fuente: Elaboración propia

10. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

La Matriz de Marco Lógico está basada en la organización de la columna vertebral del proyecto enfocada a mostrar la efectividad de las actividades que se van a llevar a cabo para la consecución de los objetivos específicos o componentes en un escenario posible de realización satisfactoria de dichas actividades. A su vez, en la matriz se observa que, si se desarrollan a cabalidad, contando con un escenario realizable de la meta, los componentes u objetivos específicos se hacen realizable la meta propuesta como propósito u objetivo general del proyecto. Por último, se expresa el impacto que produce todo lo anterior dentro de las políticas públicas enmarcadas en los planes de desarrollo territoriales y el Plan de Desarrollo Nacional, también el granito de arena que se aporta desde la ejecución de este proyecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas.

Tabla 7 Matriz de Marco Lógico

	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Objetivos de Desarrollo Sostenible			
	Objetivo 6: "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos".			
	Objetivo 11: "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles"			
	Plan de desarrollo nacional - "Todos por un nuevo país"			
	Pilar: Equidad			
	Línea estratégica: Ejes articuladores del desarrollo y prioridades para la gestión territorial			
Programa: Planes departamentales para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento.				
Plan de desarrollo departamental - "Antioquia piensa en Grande"				
Las bases del plan de desarrollo 2016 – 2019, incluye en su línea estratégica la equidad social y movilidad, el programa "Solución integral de aguas residuales en las zonas urbanas del departamento", con el indicador Integración de sistemas de alcantarillado a las zonas urbanas del departamento.				
Plan de desarrollo municipal - "Seguimos Trabajando por Cuerquia"				
Las bases del plan de desarrollo, tiene como reto "Aumentar la cobertura en el servicio de alcantarillado en el municipio", con el programa Agua potable y saneamiento, adelantar el proyecto de "Ejecución de soluciones individuales de tratamiento de aguas servidas en la zona rural"				

PROPÓSITO					
Disminuir la contaminación del Río San Andrés como fuente hídrica principal del municipio de San Andrés de Cuerquia.		Porcentaje de mejoramiento de la calidad de agua. META: 45%	Informe Final del proyecto. Análisis Fisicoquímicos del agua.	Se cuenta con la participación activa de los actores involucrados, incluyendo los entes públicos responsables de la ejecución de los recursos, y se logra aumentar el nivel de la calidad del agua del Río San Andrés.	
COMPONENTES	1	Construir la infraestructura requerida para el mejoramiento de la calidad de las fuentes hídricas del municipio de San Andrés de Cuerquia	Meta física de la Obra. META: 100%	Informes de Interventoría	La gestión de recursos para el proyecto se hace de forma efectiva y se consigue garantizar la financiación y ejecución satisfactoria del mismo.
	2	Implementar mecanismos de sensibilización a la comunidad enfocados en la conservación y protección de las fuentes hídricas del municipio.	Número de habitantes capacitados en cuidado del agua. META: 300	Listados de Asistencia Registro Fotográfico Registros de mejores prácticas diarias.	La participación de la comunidad en general de la cabecera es la esperada y se logra impactar en la cultura del cuidado del agua
ACTIVIDADES	1.1	Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para tratamiento primario, biológico y de lodos.	Porcentaje de avance de construcción de la planta. META: 92%.	Reportes de Pruebas y Puesta en servicio Registro fotográfico	La construcción de la planta de tratamiento avanza conforme lo programado y sin contratiempos por factores climáticos ni suministro de materiales para la ejecución de la obra física.
	1.2	Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para Infraestructura de operación y urbanismo.	Porcentaje de avance de construcción de la planta. META: 8%.	Reportes de Pruebas y Puesta en servicio Registro fotográfico	La construcción de la planta de tratamiento avanza conforme lo programado y sin contratiempos por factores climáticos ni suministro de materiales para la ejecución de la obra física.
	1.3	Adquirir predios y servidumbres.	Predios adquiridos y efectivamente pagados. META: 5	Reportes de pagos y documentos notariales debidamente procesados.	La comunidad se vincula y favorece la ejecución del proyecto, generando los medios para su cumplimiento y, dadas las gestiones tempranas para la adquisición de predios se consiguen los objetivos propuestos.
	2.1	Diseñar las temáticas y contenidos de las Capacitaciones.	Diseño de Capacitaciones realizada. META: 1	Diseño de Capacitaciones entregados y revisados.	El contratista seleccionado responde satisfactoriamente y cumple con las actividades establecidas y los objetivos propuestos en el contrato.

2.2	Convocar y promocionar las Capacitaciones.	Difusión y promoción de Capacitaciones hechas. META: 1	Soporte de cuñas radiales emitidas. Soportes de pago de publicidad.	La comunidad del Municipio recibe satisfactoriamente la promoción hecha y se interesa en las capacitaciones propuestas.
2.3	Realizar las Capacitaciones.	Número de habitantes capacitados. Meta: 300	Listados de Asistencia Registro fotográfico	La población participa activamente de las actividades programadas, no se presentan dificultades con el orden público, y además, aplica los conocimientos adquiridos en la capacitación y procuran el cuidado del agua.

Fuente: Elaboración propia

1. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

La intervención propuesta en el presente documento se proyecta para un periodo de un año, en lo referente a la construcción de infraestructura, suministro de equipos y demás insumos complementarios a la planta de tratamiento de aguas residuales. Así mismo incluye el periodo de tiempo destinado para las actividades de sensibilización y capacitación a la comunidad.

Tabla 8 Cronograma

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	PRODUCTO	ACTIVIDADES	INSUMO												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Disminuir la contaminación del Rio San Andrés como fuente hídrica principal del municipio de San Andrés de Cuerquia.	Construir la infraestructura requerida para el mejoramiento de la calidad de las fuentes hídricas del municipio de San Andrés de Cuerquia	Infraestructura de planta de tratamiento de aguas residuales.	Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para tratamiento													
			Construir infraestructura física, suministrar e instalar equipos para operación y urbanismo													
			Adquirir predios y servidumbres													
	Implementar mecanismos de sensibilización a la comunidad enfocados en la conservación y protección de las fuentes hídricas del municipio.	Sensibilizar y capacitar a la población del Municipio en el cuidado del agua	Diseño de temáticas y contenidos de la Capacitación													
			Convocatoria y promoción de la Capacitación													
			Realización de la Capacitación													

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castañeda Villanueva, A., & Flores López, H. (2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en los Altos de Jalisco. *Revista de Tecnología y Sociedad*. Recuperado el 7 de Febrero de 2018

Chulluncuy Camacho, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 153-170.

Díaz-Cuenca, E., Alvarado-Granados, A., & Camacho-Calzada, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera*, 78-97.

González Manosalva, J., Mejía Ruiz, R., & Molina Pérez, F. (2012). DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ORIENTADA A MUNICIPIOS CON POBLACIÓN MENOR A 30.000 HABITANTES. *Revistas Ingenierías Universidad de Medellín*, 87-99.

Lahera, R. (2010). INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE: LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. NA. Obtenido de Quivera: <http://www.uacm.kirj.redalyc.org/articulo.oa?id=40115676004>

Madariaga, C., Mosquera, M., Manga, J., & Dary Gallardo, L. (2005). La dinámica urbana desde la perspectiva social y comunicación alrededor de las aguas residuales en la guajira (Colombia). *Investigación & Desarrollo*, 204-227.

Madera, C., Silva, J., & Peña, M. (2005). Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico. *Ingeniería y Competitividad*, 5-10.

Meseth Macchiavello, E. (2013). Estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de Irlanda y su impacto en el medioambiente. *Ingeniería Industrial*, 141-163.

Morató, J., Subirana, A., Carneiro, A., & Pastor, R. (2006). Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 19-29.

Pacheco, S. (2009). CONFLICTO POLÍTICO, SALUBRIDAD PÚBLICA Y ADMINISTRACIÓN URBANA EN EL DISTRITO FEDERAL: VIEJAS SOLUCIONES A VIEJOS PROBLEMAS. *Estudios: Filosofía, Historia y Letras*, 127-137.

Pérez Rodríguez, C., Coto Campos, J., Salgado Silva, V., Herrera Nuñez, J., Fernández Araya, J., & Benavides Benavides, C. (2013). Tratamiento de aguas residuales con tecnologías alternativas en una pequeña Und doméstica - productiva. *Uniciencia*, 319-331. Recuperado el 7 de Febrero de 2018.

Rodríguez Miranda, J., García Ubaque, C., & García-Ubaque, J. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 738-745.

Salas Quintero, D., Zapata, M., & Guerrero, J. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. *Scientia Et Technica*, 591-596.

Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. *Agronomía Colombiana*, 347-359.

Torres, P. (2012). Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *EIA*, 115-129. Recuperado el 7 de Febrero de 2018.

Tudela-Mamani, J. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). *Desarrollo y Sociedad*, 189-237.