

# ANÁLISIS ESTRATÉGICO PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO, ANTIOQUIA

**DANIEL GÓMEZ GIL  
DANIEL VALENCIA MONTOYA**

**Trabajo de grado para optar al título de pregrado**

**Dr.Ing ENGELBERTH SOTO ESTRADA**

**Director del grupo de investigación “SITE” de la  
Universidad EIA y docente de la misma Institución**



**UNIVERSIDAD EIA  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
ENVIGADO  
2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo está dedicado a nuestros padres, quienes desde el principio de esta carrera profesional han sido la principal compañía y apoyo incondicional.

Agradecemos a nuestro director de trabajo de grado Dr. Ing Engelbert Soto Estrada quien, desde su conocimiento en el área de ordenamiento del territorio, manejo de información geoespacial y desarrollo sostenible, apoyó y direccionó nuestra investigación, a Santiago Jaramillo, quien fue una guía general para la búsqueda de oportunidades de investigación entre la Institución educativa.

Finalmente queremos agradecer a aquellas personas y organizaciones públicas y privadas que nos proporcionaron información pertinente y veraz sobre cada tema de investigación de nuestro trabajo, de no ser por ellos y sus aportes no hubiera sido posible el desarrollo de esta investigación.

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PRELIMINARES.....	12
1.1 Planteamiento del problema .....	12
1.2 Objetivos del proyecto .....	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos .....	13
1.3 Marco de referencia.....	13
1.3.1 Contextualización regional.....	13
1.3.2 Conceptos básicos .....	18
2. METODOLOGÍA.....	22
2.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO DE LOS TEMAS ESTRATÉGICOS EN EL MUNICIPIO 22	
2.2 FASE 2: DISEÑO DE LAS ESTRATEGIAS .....	22
2.3 FASE 3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO DE LAS ESTRATEGIAS.....	23
3. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	24
3.1 DIAGNÓSTICO, FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRATEGIAS .....	24
3.1.1 Recurso hídrico .....	25
3.1.2 Energía.....	45
3.1.3 Movilidad .....	71
3.1.4 Producción de alimentos .....	97
3.1.5 Estructura ecológica .....	112

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES .....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	125

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 CLASIFICACIÓN SUBREGIONAL DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO SEGÚN LA CONFORMACIÓN DE SUS MUNICIPIOS.....	14
TABLA 2 RESUMEN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA PARA EL TEMA DE RECURSO HÍDRICO.....	29
TABLA 3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS FASES DE LA PROPUESTA. ....	42
TABLA 4 ESQUEMA PARA EL SEGUIMIENTO DE LA EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE CADA UNA DE LAS FASES DEL PROYECTO. ....	43
TABLA 5 RESUMEN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA PARA EL TEMA DE ENERGÍA. ....	46
TABLA 6 CLASIFICACIÓN CENTRALES MINI - HIDRÁULICAS. (BRUSA & GUARNONE, 2017) .....	56
TABLA 7 RESUMEN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA PARA EL TEMA DE MOVILIDAD.....	72
TABLA 8 LISTA DE INDICADORES ANALIZADOS POR RIONEGRO EN RELACIÓN AL PROGRAMA BID EN EL PLAN VIAL MUNICIPAL 2017. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ELLIS, ANDRÉS, & HORACIO, 2013) .....	73
TABLA 9 RESULTADOS PARA EL INDICADOR DE DENSIDAD VIAL BID PARA LAS ESCALAS DE ANÁLISIS ESTABLECIDAS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LOS RESULTADOS CALCULADOS .....	87
TABLA 10 RESUMEN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA PARA ESTE TEMA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.....	98
TABLA 11 RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS DE OFERTA AGRÍCOLA DE RIONEGRO. LA INFORMACIÓN QUE SE PRESENTA EN ESTA TABLA SE ENCUENTRA BASADA EN SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, (2014) .....	102
TABLA 12 RESUMEN DE LA DOCUMENTACIÓN REVISADA PARA EL TEMA DE ESTRUCTURA ECOLÓGICA. ....	114
TABLA 13 PLAZOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS E INTERVENCIONES PARA LA CONEXIÓN DE LAS ÁREAS AISLADAS DENTRO DE LA RED ECOLÓGICA. ....	119

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN DE LA SUBREGIÓN DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	15
ILUSTRACIÓN 2 RED HÍDRICA DE RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN 2017. ....	26
ILUSTRACIÓN 3 ZONAS PARA REGULACIÓN HÍDRICA EN EL MUNICIPIO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN 2017.....	28
ILUSTRACIÓN 4 MAPA DE COBERTURA DE LA RED DE MONITOREO DEL AGUA EN LA UE. (EEA, 2017B). ....	31
ILUSTRACIÓN 5 DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DEL AGUA EN ALEMANIA. (EEA, 2017B).....	32
ILUSTRACIÓN 6 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO EN LA CONVERGENCIA DE CAUCES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	35
ILUSTRACIÓN 7 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES MÍNIMAS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	37
ILUSTRACIÓN 8 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA FASE 2 PARA EL MONITOREO DEL AGUA EN RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	39
ILUSTRACIÓN 9 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA FASE 3 PARA EL MONITOREO DEL AGUA EN RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	40
ILUSTRACIÓN 10 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA FASE 4 PARA EL MONITOREO DEL AGUA EN RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	41
ILUSTRACIÓN 11 LOCALIZACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN COLOMBIA. ....	47
ILUSTRACIÓN 12 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR A NIVEL NACIONAL.....	48
ILUSTRACIÓN 13 PENDIENTE SUPERFICIAL MUNICIPIO DE RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO 2017.....	50
ILUSTRACIÓN 14 ÁREAS ESTRATÉGICAS A DISPONER PARA INSTALACIONES DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOLARES. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO 2017. ....	52
ILUSTRACIÓN 15 VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO MULTIANUAL A NIVEL NACIONAL (IDEAM & UPME, 2017) .....	54
ILUSTRACIÓN 16 ALTURA DE LA TORRE Y TURBINE EN RELACIÓN AL AVANCE EN LA POTENCIA DE GENERACIÓN A TRAVÉS DE LOS AÑOS (PENTLAND, 2014).55	
ILUSTRACIÓN 17 TOTAL DE PUNTOS PARA PICOGENERACIÓN HIDRÁULICA EN LAS VEREDAS DE RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE (SOTO ESTRADA ET AL., 2013).....	57

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

ILUSTRACIÓN 18 ZONAS DE REGULACIÓN HÍDRICA Y PUNTOS PARA EL APROVECHAMIENTO MEDIANTE PICOGENERACIÓN HIDRÁULICA. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE (SOTO ESTRADA ET AL., 2013).	59
ILUSTRACIÓN 19 EXTENSIÓN DE LAS ZONAS DE REGULACIÓN HÍDRICA (ÁREAS PROTEGIDAS) PARA APROVECHAMIENTO MIXTO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE (SOTO ESTRADA ET AL., 2013).	60
ILUSTRACIÓN 20 ANÁLISIS DOFA CONTEXTO ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES PARA EL MUNICIPIO DE RIONEGRO.	68
ILUSTRACIÓN 21 FASES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO PARA LA ESTRATEGIA DE ENERGÍA. ELABORACIÓN PROPIA.	71
ILUSTRACIÓN 22 INDICADOR BID - FINDETER LONGITUD VIAL EN KM POR CADA 100 MIL HABITANTES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE RIONEGRO. EL COLOR VERDE HACE REFERENCIA AL TIPO DESEMPEÑO ENCONTRADO PARA ESTA ZONA. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	77
ILUSTRACIÓN 23 ACTUALIZACIÓN DE LA MALLA VIAL DE RIONEGRO. EN EL LADO IZQUIERDO COMPRENDE DE UNA MALLA VIAL CONTENIDO EN LAS CAPAS DE INFORMACIÓN SUMINISTRADO POR EL MUNICIPIO, MIENTRAS QUE EN EL LADO DERECHO COMPRENDE DE LA MALLA ACTUALIZADA A UTILIZAR PARA ESTA ESTRATEGIA DE MOVILIDAD. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	79
ILUSTRACIÓN 24 INDICADOR DENSIDAD VIAL BID PARA LA ZONA RURAL Y POLÍGONO DE INTERÉS DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO EN BASE A LA POBLACIÓN PROYECTADA POR EL DANE. EL COLOR ROJO DENOTA EL DESEMPEÑO PARA AMBAS ZONAS DE ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	81
ILUSTRACIÓN 25 ÁREAS DISPONIBLES ALREDEDOR DE LA CABECERA MUNICIPAL A PARTIR DE LA DENSIDAD HABITACIONAL CORRESPONDIENTE. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	84
ILUSTRACIÓN 26 INDICADOR DENSIDAD VIAL BID PARA LA ZONA DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO EN BASE A LA POBLACIÓN PROYECTADA POR DENSIDAD HABITACIONAL EN ZONA RURAL. EL COLOR AMARILLO DENOTA EL DESEMPEÑO PARA ESTA ZONA DE ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	86
ILUSTRACIÓN 27 INDICADOR DENSIDAD VIAL BID PARA RIONEGRO A ESCALA MUNICIPAL. LOS COLORES DE REFERENCIA REPRESENTAN EL DESEMPEÑO DEL INDICADOR PARA CADA ZONA DE ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017.	90

ILUSTRACIÓN 28 INDICADOR DENSIDAD VIAL BID - FINDETER PARA EL POLÍGONO DE INTERÉS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017. ....	92
ILUSTRACIÓN 29 ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN TEÓRICA INTERVENIDAS CON CONSTRUCCIÓN URBANÍSTICAS EN RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017. ....	93
ILUSTRACIÓN 30 ESQUEMA DE IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA DE CONTROL Y EVALUACIÓN PARA LA ESTRATEGIA DE MOVILIDAD. ....	96
ILUSTRACIÓN 31 DELIMITACIÓN DISTRITO AGRARIO DE RIONEGRO CONTEMPLADO EN EL ACTUAL POT. ESTE DISTRITO HACE PARTE DE LA UPR 1 Y UPR3. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017. ....	101
ILUSTRACIÓN 32 LOCALIZACIÓN DE PARCELAS AGRÍCOLAS QUE SE ENCUENTRAN EXCLUIDAS POR LA DELIMITACIÓN QUE COMPRENDE EL DISTRITO AGRARIO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO, 2017. ....	105
ILUSTRACIÓN 33 DELIMITACIÓN POLÍGONOS PARA LA CONFORMACIÓN DE UN NUEVO DISTRITO AGRARIO EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA INFORMACIÓN DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE RIONEGRO 2017. ....	107
ILUSTRACIÓN 34 ORGANIGRAMA DE LAS ALIANZAS GESTORES PÚBLICO-PRIVADAS DEL PROGRAMA DE DISTRITO AGRARIO. ....	111
ILUSTRACIÓN 35 ELEMENTOS ECOLÓGICOS DE LA RED ECOLÓGICA DE RIONEGRO. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	113
ILUSTRACIÓN 36 RED ECOLÓGICA EN EUROPA. TOMADO DE (MINISTERIO DE AMBIENTE AGRICULTURA Y PESCA ALIMENTACIÓN Y MEDIOM, 2017). ....	115
ILUSTRACIÓN 37 ÁREAS DE LA RED ECOLÓGICA NO CONECTADAS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	117
ILUSTRACIÓN 38 RED ECOLÓGICA SUGERIDA CONTEMPLADO TODAS LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS DE SECRETARIA DE PLANEACIÓN, 2017. ....	118
ILUSTRACIÓN 39 EQUIPO DE TRABAJO A INTERVENIR EN LA PUESTA EN MARCHA DE ESTA PROPUESTA. ....	120



## RESUMEN

El actual crecimiento territorial que vive la Subregión del Oriente Antioqueño, en especial el municipio de Rionegro, eje de desarrollo de esta sub-región, ha conllevado a formular nuevas estrategias enfocadas a dar solución a los efectos derivados de una presión urbanística en auge dentro de un territorio que no está preparado para enfrentar este evento. Bajo este contexto, este trabajo académico comienza por realizar un diagnóstico en cinco esferas de acción: recurso hídrico, energía, movilidad, producción de alimentos y estructura ecológica. A partir del diagnóstico, se plantean y diseñan cinco iniciativas que buscan apoyar la gestión territorial de Rionegro en cada uno de los frentes. En recurso hídrico, se propone una red de monitoreo de la calidad del agua en diferentes puntos estratégicos de la red hídrica de la ciudad; en energía se identifican y recomiendan diferentes zonas que pueden ser aprovechadas por su potencial energético renovable; en movilidad, se sugiere refinar el indicador de densidad vial usado actualmente por el municipio; en producción de alimentos, se plantea un nuevo lineamiento para conformar el “Distrito Agrario”; y en la estructura ecológica, se propone una serie de alternativas para re-establecer la conexión y comunicación de la red ecológica de la que actualmente dispone el territorio. Finalmente, cada una de estas estrategias se acompaña de lineamientos de implementación y de una propuesta de revisión y monitoreo.

## **ABSTRACT**

The current territorial growth of the Eastern Antioquia Sub-region, especially of Rionegro which is the core municipality of this area, has led to the formulation of new strategies focused on solving the effects derived from an urban sprawl in a region that has not been prepared to face it. Under this context, this academic work begins by making a diagnosis in five spheres of action: water resources, energy, mobility, food production and ecological structure. Based on the diagnosis, five initiatives are designed to support Rionegro territorial management on each of these fronts. In water resources, a water quality monitoring network is proposed in different strategic points of the water network of the city; in energy, different zones are identified and recommended that can be used for their renewable energy potential; in mobility, it is suggested to refine the road density indicator currently used by the municipality; in food production, a new lineament is proposed in the conformation of the "Distrito Agrario"; and in the ecological structure, a series of alternatives is proposed to re-establish the connection and communication of the ecological network that the territory currently has. Finally, each of these strategies is accompanied by implementation guidelines and a proposal for review and monitoring.

Key words: territorial ordering, natural resources, water network, renewable energy, ecological structure, Rionegro, Antioquia.

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Rionegro en Antioquia, es el referente del Oriente Antioqueño que evidencia un acelerado crecimiento económico y desarrollo urbano. Con cifras tales como la valorización de sus predios (12,4% anual), la pérdida del patrimonio natural (97% de sus bosques están deforestados) y la creciente dinámica del proceso de venta y construcción de inmuebles, se han generado consecuencias negativas relacionadas con el abastecimiento de servicios públicos, la movilidad, el desplazamiento del sector agrario hacia zonas que antes no tenían esta vocación, entre otros (Álvarez, 2016a).

Este documento contiene cinco propuestas para apoyar la gestión territorial en el municipio, en los temas de movilidad, producción de alimentos, recurso hídrico, energía y crecimiento urbano en torno a factores de estructura ecológica. Estas propuestas fueron construidas mediante la identificación de oportunidades de mejora y el análisis de aquellos elementos que, aunque están considerados en planes ordenamiento no han sido desarrollados más allá su formulación.

Para cada propuesta, fue necesario hacer un diagnóstico particular, para identificar las falencias, los faltantes y oportunidades. A través de este análisis fue posible enfocar el estudio, además de determinar los objetivos individuales, desarrollarlos y proponer los posibles mecanismos para su implementación y ejecución.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Oriente Antioqueño está conformado por 23 municipios. El municipio de Rionegro es una referencia en esta zona por el acelerado desarrollo urbano que ha presentado los últimos 15 años, alcanzando un crecimiento anual del 12,4% en la valorización de sus predios, siendo, el municipio con mayor dinámica en el Oriente Antioqueño (Álvarez, 2016a). Este crecimiento demuestra que el municipio de Rionegro enfrenta una de las mayores presiones urbanísticas del país de los últimos años (G. Jiménez, 2015). Esta expansión se ve impulsada por la cercanía del municipio con la ciudad de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, además de ser el prestador de servicios aeroportuarios internacionales de la capital Antioqueña, que a su vez han hecho que todo el territorio se convierta en un apetecido espacio para la conformación de proyectos residenciales y empresariales. A todo esto, se suma la proximidad del municipio con una de las vías más importantes del país: la autopista Medellín – Bogotá.

El constante y evidente crecimiento urbano de inmuebles tipo campestre con semejanzas a un modelo urbanístico de suburbio, la expansión en auge de lotes de viviendas multifamiliares y la proyección de nuevas construcciones en zonas comerciales e industriales en el Oriente del departamento de Antioquia, han sido síntomas de un crecimiento urbano acelerado en torno a políticas incapaces de controlar las consecuencias negativas derivadas a partir de este fenómeno de expansión (G. Jiménez, 2015). Problemas relacionados al abastecimiento de los servicios públicos domiciliarios, movilidad, control del orden público, entre otros, son evidencia de la falta de instrumentos de gestión territorial en este territorio antioqueño (Ospina, 2016).

A pesar de que el actual Plan de Ordenamiento del Territorio (POT), el cual fue revisado y aprobado mediante el Acuerdo 056 de 2011, ha fijado objetivos y estrategias, mediante políticas y acciones capaces de regular la intervención en su territorio a corto, mediano y largo plazo, no ha sido suficiente para modificar la tendencia de un crecimiento urbano que carece de una planeación estratégica para un desarrollo sustentable (Concejo de Rionegro, 2008). Esta falta de mecanismos de regulación ha desencadenado, a su vez, en una serie de consecuencias negativas, se denotan cifras sobre la presión urbanística que enfrenta esta región en torno a temas movilidad, ruralidad, falta abastecimientos de recursos hídricos y modificación del paisaje. La población de Rionegro pasó de 110.000 habitantes en el 2005 a casi 125.000 en el 2017 y la tendencia es creciente (DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), 2005).

Indicadores como el auge en el valor de los suelos, aumento en la sobredemanda del recurso hídrico, entre otros aspectos, dan respuesta a la expansión drástica de un territorio direccionado bajo medidas político-administrativas desestructuradas en referencia a lo que un crecimiento sustentable invita a desarrollar (Álvarez, 2016a).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Debido a lo anterior, la situación en el municipio permite preguntarse: ¿Qué medidas se pueden adoptar para ordenar el desarrollo urbano municipal? ¿El municipio está preparado para responder ante los efectos negativos resultantes de ese crecimiento? o ¿Qué tanto se verá afectada la población y los recursos naturales de Rionegro ante la falta de medidas de control en la ocupación territorial? Estas y otras preguntas se tratan de responder a lo largo de este trabajo.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer cinco iniciativas que promuevan un ordenamiento territorial sostenible para el municipio de Rionegro en los temas estratégicos: movilidad, producción de alimentos, recurso hídrico, energía y estructura ecológica, mediante un análisis comparativo basado en buenas prácticas identificadas alrededor del mundo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual, comparando los instrumentos con que cuenta el municipio y el resultado de su implementación, frente a las buenas prácticas de desarrollo territorial sostenible empleadas en otros sitios.
- Diseñar cinco iniciativas contemplando los temas estratégicos involucrados en el desarrollo de un territorio, considerando además el planteamiento para el método de implementación, describiendo detalladamente los pasos, haciendo énfasis en un modelo de inclusión en las políticas relacionada a una modificación en el Plan de Ordenamiento Territorial.
- Establecer un sistema de monitoreo de los procesos relacionados a la adopción de las iniciativas propuestas, el cual permita corroborar de manera práctica que dicha adopción se lleva a cabo con éxito y a la vez que se estén cumpliendo metas propuestas relacionadas a las iniciativas como tal.

## **1.3 MARCO DE REFERENCIA**

### **1.3.1 Contextualización regional**

El Oriente Antioqueño es una de las 9 subregiones en las que se encuentra dividido el departamento de Antioquia. Desde la división político-administrativa, la región se compone por veintitrés municipios, los cuales han sido agrupados en cuatro zonas o subregiones a partir de dinámicas socio-económicas, culturales y fisco-naturales homogéneas. Las zonas clasificadas son: Bosques, Embalses, Páramo y Altiplano (Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Esta región se caracteriza por su alto grado de desarrollo en torno a factores de fortaleza económica, desarrollo urbanístico, capital humano, recursos naturales, geografía y gestión pública, siendo así la segunda subregión más importante para el departamento, aportando el 10,78%, solo detrás del 58,46% que aporta el Valle de Aburrá a nivel departamental (Uribe et al., 2013).

**Tabla 1 Clasificación subregional del Oriente Antioqueño según la conformación de sus municipios.**

ZONAS	MUNICIPIOS
Bosques	Cocorná, San Francisco, San Luis
Embalses	Alejandro, Concepción, El Peñol, Granda, Guatapé, San Carlos y San Rafael
Páramo	Abejorral, Argelia, Nariño, Sonsón
Valle de San Nicolás - Altiplano	El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, <b>Rionegro</b> , San Vicente

(Concejo de Rionegro, 2008)

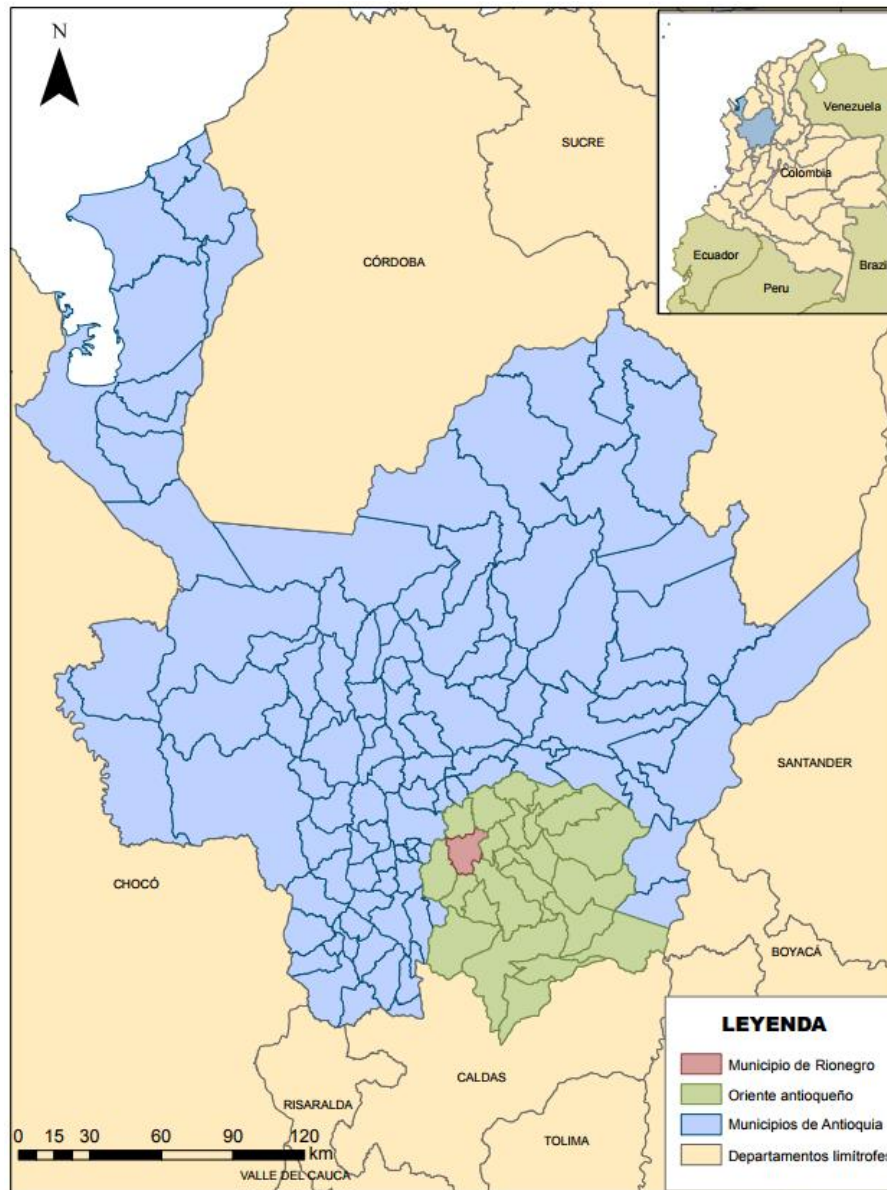
Adicionalmente, la relevancia de esta subregión se debe a las siguientes características: I) ser un nicho de concentración urbana, productiva y comercial, II) su cercanía a la capital Antioqueña, Medellín, III) poseer desarrollo turístico, e infraestructura, como el aeropuerto internacional José María Córdova. Además, cumple con la labor de abastecer al Valle de Aburrá de productos agrícolas y materias primas (González, 2008). Por lo tanto, el dinamismo característico de la región en relación a estos sectores durante los últimos años ha traído consigo el incremento de las actividades industriales en la subregión del Oriente Antioqueño, especialmente en la zona geográfica del altiplano del Valle de San Nicolás.

El municipio de Rionegro es a su vez el eje de desarrollo y centro productivo del Oriente Antioqueño, ya que reúne la mayor parte de la población y de la actividad económica, consecuencia de su alto número de empresas, servicios educativos y de salud (González, 2008). Debido a lo anterior, este municipio se ha convertido en núcleo económico subregional, al prestar funciones de apoyo financiero, servicios administrativos, comerciales y culturales, lo cual le ha permitido apalancar el desarrollo socioeconómico de la zona (Mesa, López, & García, 2007).

Por otro lado, el proceso de crecimiento económico que ha sido participe en el Oriente Antioqueño en las últimas décadas, especialmente en el municipio de Rionegro, ha estado sujeto al crecimiento de la región y a un rápido desarrollo de infraestructura de servicios (Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño, 2016). A su vez, el crecimiento del sector urbanístico resultado del gran potencial turístico que integra esta región debido a su

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

ubicación geográfica, el cual es característico por mantener un clima poco cambiante durante el año y la posibilidad de respirar aire más limpio del que se vive dentro del Valle de Aburrá (Álvarez, 2016a), han sido el origen de la creciente expansión de este sector inmobiliario ante la demanda de las miles de personas, mayormente residentes en la capital Antioqueña y alrededores, por establecerse en esta región. La Ilustración 1 muestra la ubicación del área de estudio.



**Ilustración 1 Localización de la subregión del Oriente Antioqueño en el departamento de Antioquia. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Además, cabe destacar que el influjo de las personas provenientes de Medellín hacia la zona del Altiplano del Oriente ha sido consecuencia de una serie de problemas que presenta la capital Antioqueña, tales como: la falta de áreas de construcción de viviendas, las restricciones que abarca el POT para la edificación de inmuebles para estratos 4, 5 y 6, el encarecimiento del impuesto predial y el grado de contaminación atmosférica. Además de considerar que la transición de precios por metro cuadrado fue de 1 millón 825.000 pesos en el 2010, a 2 millones 868.000 en el 2015. Estas son las razones por las cuales la oferta y la demanda de proyecto urbanísticos ha migrado a municipios aledaños a Medellín, entre ellos Rionegro (G. Jiménez, 2015).

La presión sobre el territorio, que a su vez ha traído desarrollo económico para la región, también se ha caracterizado por la degradación de los recursos naturales y el incremento en el valor del impuesto predial (Álvarez, 2016a).

El 97% de los bosques se encuentra deforestados, el 53% del uso del suelo está compartido entre la vivienda, la industria y el comercio (Álvarez, 2016a), y la sobredemanda sobre el recurso hídrico superó el 50% de la oferta que ofrecen las cuencas hídricas actualmente dispuestas para el Oriente Antioqueño (Álvarez, 2016).

Así mismo, el rápido crecimiento del sector constructivo en los últimos quince años ha traído consigo un aumento anual en la valorización del suelo de un 11,4% para el año 2015, siendo el municipio de Rionegro en de mayor dinámica con un alza del 12,4% anual (Álvarez, 2016a). Este incremento vertiginoso se puede explicar a partir de la siguiente relación: en los últimos años, de cada 100 licencias aprobadas en Rionegro, 68 va dirigida hacia la construcción inmobiliaria (G. Jiménez, 2015).

A pesar de que estos indicadores representan una advertencia, a la vez son indicios de oportunidades para que el municipio de Rionegro y la totalidad del Valle de San Nicolás, empiecen a emplear estrategias de largo plazo en las que se integren conceptos de desarrollo sostenible en concordancia a una expansión de crecimiento planificado ordenado y equitativo tanto en lo social como lo ambiental. Mecanismos como el plan de ordenamiento territorial (POT) a nivel municipal y el desarrollo de sus proyectos estratégicos, la articulación institucional tanto administrativa como política y la inclusión de la participación ciudadana a la hora de tomar decisiones en torno a la planificación del territorio, son instrumentos primordiales con los cuales Rionegro y los municipios del Oriente Antioqueño, deben enfocar sus esfuerzos para disminuir los impactos relacionados al efecto de una falta de planificación urbanística a futuro, ya que este fenómeno no es exclusivo de Rionegro, en otros municipios algunos de estos elementos de planificación empiezan a ser visibles.

### **Desarrollo territorial en el departamento y en Rionegro:**

Las propuestas de planes estratégicos que se han llevado a cabo en el departamento Antioquia para fomentar un crecimiento sostenible, han sido 18 hasta el momento (Álvarez, 2016a). Sin embargo, la falta de ejecución, dialogo entre los municipios, articulación institucional y acompañamiento de anteriores administraciones departamentales, han sido factores determinantes por los cuales la eficiencia de estos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



programas de desarrollo no ha dado frutos. A continuación, se destacan algunos esfuerzos que se han establecido para el desarrollo sostenible de la región:

- Planes estratégicos subregionales: formulación, ejecución, evaluación y ajustes: guía metodológica, publicados por la Gobernación de Antioquia en el 2009, se trata de un documento en el cual se incorporan no solo las experiencias de planificación estratégica vividas en Antioquia, sino también los elementos conceptuales, normativos e institucionales que sirven de base para avanzar en un nuevo esquema de planificación en el que se reconozcan las necesidades y potencialidades de las subregiones (Gobernación de Antioquia, 2009).
- Agenda Interna para la productividad y la competitividad para la región de Antioquia. La publicación de esta serie de documentos que conforman esta Agenda presentan las apuestas productivas definidas por las regiones y las estrategias asociadas a los sectores productivos con el fin de reconocer las prioridades necesarias reales de las regiones y los sectores de productividad en términos de competitividad para el país (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2007).
- El municipio de Rionegro cuenta con un (POT) de 2011, el cual tiene vigencia durante tres periodos de gobierno continuos, es decir, hasta el año 2022. El séptimo objetivo de este plan busca promover un desarrollo en el que se integre los requerimientos necesarios para lograr una planificación estratégica sostenible en el municipio (Concejo de Rionegro, 2008).

A continuación, se presenta un breve resumen sobre cómo se concibe el desarrollo territorial sostenible en regiones desarrolladas del planeta como la Unión Europea.

### **Desarrollo territorial en la Unión Europea**

Durante los últimos 15 años, múltiples proyectos y programas a nivel europeo se han presentado con la finalidad de determinar diferentes conceptos, aspectos y planes de acción, en relación a la promoción de un uso sostenible del suelo (EEA, 2016). A continuación, se presentan algunos de los programas más importantes que se han llevado a cabo (EEA, 2016):

- El más reciente y quizás el más importante es el Séptimo Programa de Acción Ambiental (*7EAP*, por sus cifras en inglés), el cual fue puesto en vigencia desde enero del 2014. El octavo objetivo establecido en este programa está dirigido al desarrollo sostenible del uso y protección del suelo en las ciudades y estados que conforman la Unión Europea (EU). El propósito final es asegurar para el año 2020 que la mayoría de países dentro de la unión, implementen políticas relacionadas con el diseño de planes de expansión urbanística sostenible, en el cual se deban incluir propuestas innovadoras hacia aspectos como: movilidad y transporte urbano, eficiencia energética y conservación de la biodiversidad en las ciudades.
- El Programa Operativo hacia una Europa Eficiente en Recursos (*The Roadmap to a Resource Efficient Europe*) es una guía en el que se explica cómo la economía

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Europea puede transformarse a una economía sostenible para el año 2050. Este programa propone formas de aumentar la productividad en el uso de los recursos y del desacople del crecimiento económico desde la utilización de los recursos y la disminución de los impactos ambientales. Además, este planteamiento está relacionado con la Estrategia de Crecimiento Europeo 2020, el cual busca promover metas basadas en el logro de una economía sostenible e integradora a partir de altos índices de empleo, productividad y cohesión social (European Commission, 2012).

- La Política de Cohesión de la Unión Europea (*EU Cohesion Policy*), es un instrumento que busca mejorar las economías de la comunidad, a partir de la abolición de la inequidad regional. Además, esta política de cohesión declara que para los años 2014 – 2020 se debe promover mayor eficiencia en el uso de los recursos y a la vez motivar un desarrollo más sostenible en el crecimiento urbano con el fin de frenar el cambio climático.
- La Agenda Territorial 2020 (*Territorial Agenda 2020*) es un conjunto de políticas expedidas por los ministros encargados del desarrollo territorial y planeación espacial, de los países integrante de la Unión Europea, con el fin de fomentar y hacer soporte de la cohesión territorial en Europa (European Union, 2011).

Es importante resaltar que los esfuerzos que se han venido promoviendo y se han consolidados en la Unión Europea, son estrategias que a nivel mundial se intentan replicar y aplicar en los diferentes contextos territoriales del mundo. Tratando de dar conectividad de estas estrategias con otros programas o planes en el resto del mundo, se puede hacer mención de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que formula la ONU, con los cuales se pretenden proteger los recursos del planeta y garantizar la paz y prosperidad a nivel mundial. Ambas estrategias contiene un mismo fin y es focalizar los esfuerzos para llegar a mejores condiciones de vida y el relacionamiento del hombre con su entorno, buscando el desarrollo sostenible y mejorando la calidad vida de todos. Los ODS acogen temas como el recurso hídrico, producción y consumos responsables, gestión de los ecosistemas, acciones por el cambio climático, entre otros, temáticas ligadas a los esfuerzos que se evidencian en los programas mencionados para el contexto de la UE (PNUD, 2017).

### **1.3.2 Conceptos básicos**

#### **Ordenamiento territorial**

Se conoce como ordenamiento del territorio al proceso técnico, administrativo y de contenido político de toma de decisiones concertadas involucrando actores sociales, económicos, políticos y técnicos, encargado de planear los usos adecuados de cualquier territorio. Para lograrlo se usan los resultados de estudios sobre recursos naturales, sobre condiciones sociales, ambientales y económicas de un territorio. Busca el uso sostenible de sus recursos en pro de un desarrollo equilibrado y con búsqueda de condiciones que contribuyan a la sostenibilidad, la cual está ligada a la gestión y minimización de impactos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

negativos que podrían ocasionar las múltiples actividades y procesos de desarrollo que se llevan a cabo en el territorio (Banco de la República, 2015).

La práctica de ordenar el territorio es un proceso llevado a cabo en todo el mundo, debido al interés en el cual está fundamentado este trabajo, se revisa esta figura técnica para el caso colombiano y para el caso europeo.

En Colombia, los modelos de ordenamiento territorial son adoptados por un municipio cuando este pretende buscar el aprovechamiento racional de sus recursos naturales, distribuir y disponer elementos o actividades determinantes para el desarrollo y beneficio de su población, además de poder expresar espacialmente los procesos económicos, sociales y culturales, ejecución de proyectos y obras de infraestructura, accesos a subsidios para vivienda de interés social, prevención de desastres, uso equitativo y racional del suelo, entre otros elementos que conducen a un mejoramiento integrado del terreno municipal. Los modelos de ordenamiento del territorio se hacen mediante los POT y su proceso inicia con una formulación, seguido de un proceso de concertación interinstitucional y consulta ciudadana y finaliza con un proceso de aprobación (Ministerio de Ambiente, 2004).

En la UE, las administraciones públicas justifican el ordenamiento de sus territorios con dos razones esenciales: la primera es porque con esto se presenta reducción de costes de transporte, ya que si no hay ordenamiento, la localización de empresas se determina más libremente y esto genera desequilibrios económicos, y la segunda es porque el desarrollo urbano provoca fuertes concentraciones de individuos que comprometen la cohesión social (Urteaga, 2011). Europa implementa modelos de ordenamiento basados en información sobre la propiedad, valor y uso de la tierra y contienen tendencias de desarrollo territorial a largo plazo que dependen de tres factores: el avance de la integración económica y el correspondiente aumento de la cooperación entre los Estados pertenecientes a UE, la creciente importancia de las autoridades regionales y locales y de su función respecto al desarrollo territorial y por último la futura ampliación de la UE y la evolución de las relaciones con sus vecinos (Urteaga, 2011).

## **Plan de Ordenamiento Territorial (POT)**

El instrumento técnico y normativo de planeación y gestión de largo plazo conocido como POT comprende un conjunto de acciones y políticas, administrativas y de planeación física, que buscan orientar el desarrollo de un territorio, por ejemplo, municipal por los próximos años y que se encarga de regular la utilización, ocupación y procesos de transformación del espacio físico urbano y rural si es el caso. Se puede definir al POT como el pacto de determinada sociedad con su territorio (Ministerio de Ambiente, 2004).

Los POT son una de las herramientas utilizadas por los alcaldes para cumplir con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del territorio que representa. El POT como herramienta de gestión está compuesto de objetivos, directrices, políticas, metas, programas, actuaciones y normas diseñadas para administrar y orientar estrategias que establecen las clases y uso del suelo e incluso la localización de la población. Esta herramienta se constituye como mecanismo vital para orientar la localización de las

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

viviendas, las actividades socio-económicas, las vías, los servicios como aguas y energía, las áreas protegidas y de amenazas naturales (Otero, García, Solano, & Castillo, 1998).

El municipio de Rionegro mediante el Acuerdo 056 de 2011 estableció la revisión y ajuste del POT, instrumento establecido por la ley 388 de 1997, por medio del cual la administración, concertadamente con los estamentos, las instituciones públicas y privadas, los particulares y la autoridad ambiental correspondiente CORNARE – Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare – fijó objetivos y estrategias, trazó y determinó acciones para regular la intervención en el territorio en un corto, mediano y largo plazo. Dentro de los planes establecidos se resalta la búsqueda de una ciudad competitiva tanto en el país como fuera de él, que busca también reducir los conflictos y desequilibrios que ha ocasionado la transformación e intervención desordenada que el hombre ha hecho sobre el terreno (Concejo de Rionegro, 2008).

El modelo de ordenamiento del territorio para Rionegro se fundamenta en hacer del municipio una ciudad intermedia, verde, sostenible, estableciendo fundamentos para la apropiación de tecnologías, el fortalecimiento de la economía y la integración regional apoyando la apropiación del patrimonio natural, cultural e histórico (Concejo de Rionegro, 2008).

### ***Urban Sprawl* – Expansión urbanística desordenada**

Cuando las dinámicas de esparcimiento en un territorio se dan bajo el desarrollo urbano inadecuado, es decir, donde la planeación y ocupación del suelo está ausente, los resultados dentro de dicho territorio no son favorables, pues el resultado es la ocupación urbana desordenada, a la cual vienen asociados principalmente impactos en el ambiente, pero además afectaciones fuertes en las dinámicas sociales, políticas y económicas propias del territorio (Bolaños Vargas, 2004).

En Rionegro, este fenómeno de expansión u ocupación urbana desordenada sucede, el actual cambio de uso del suelo (en ocasiones no justificado técnicamente), ha generado que la ocupación territorial se extienda por todo el territorio en ausencia de normas de planeación. A pesar de tener una guía para la ocupación de su territorio, los programas y estrategias contempladas en el POT, estas que fueron formuladas y estipuladas no se ejecutan como ya se ha evidenciado mediante las cifras antes citadas que demuestran los problemas de aumento predial, pérdida de recursos naturales, problemas de movilidad urbana, entre otros.

### **Desarrollo sostenible territorial**

Sostenibilidad es la capacidad de suplir las necesidades de las generaciones actuales mediante acciones que no comprometan, las condiciones con las cuales las generaciones futuras podrán suplir las suyas. Comprendiendo sus actividades sociales, económicas y su relación con el medio natural de forma equilibrada. Trasladando este principio al desarrollo de los territorios, se debe considerar la misma lógica de actuar y tomar decisiones bajo la concepción que se debe evitar perturbar aquellos elementos con los cuales quienes habitarán un espacio en el futuro puedan hacerlo con calidad de vida,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

supliendo sus necesidades pero además haciendo participe de un territorio su competitividad económica, cohesión social, alto grado de gobernanza participativa y un buen manejo de los recursos económicos y naturales. (Centro de Ciencias Humanas y Sociales - CCHS, 2016).

## **2. METODOLOGÍA**

El proceso metodológico a seguir en este trabajo se basa en el análisis de cinco temas para el desarrollo del municipio de Rionegro. Los temas a examinar son: recurso hídrico, energía, movilidad, estructura ecológica y producción de alimentos.

### **2.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO DE LOS TEMAS ESTRATÉGICOS EN EL MUNICIPIO**

En esta primera fase se realizó un análisis de la situación actual en la que se encuentra el municipio de Rionegro para establecer lo que se contempla en el POT relacionado con cada tema específico, recuperando la información precisa, si existe, con el fin de consolidar un diagnóstico, con el que se pueda construir una línea base para el desarrollo de estrategias. Además, la creación de esta línea de partida permitirá comprender cuál es el enfoque del desarrollo urbano que se ha implementado en el municipio en comparación con los programas de desarrollo territorial llevados a cabo en diferentes ciudades alrededor del mundo, permitiendo establecer de una forma clara un punto de partida en el cual se encuentra el municipio de Rionegro ante las tendencias globales enfocadas a la búsqueda de un desarrollo más sostenible dentro de la ciudades europeas considerando las cinco esferas de estudio estratégicas.

Con los resultados de este diagnóstico, fue posible establecer oportunidades para construir estrategias, teniendo presente la dinámica actual de crecimiento del municipio y considerando aquellos casos que alrededor del mundo fueron identificados como guías a seguir y que se acoplaban a la situación actual del municipio y a sus capacidades técnicas, operativas y aquellas posibilidades de financiamiento o mecanismos de financiación.

### **2.2 FASE 2: DISEÑO DE LAS ESTRATEGIAS**

Durante esta fase, se consolidaron las diferentes propuestas para cada tema, teniendo presente el estado del arte del Municipio ante cada uno de los temas del análisis estratégico, de forma tal que cada propuesta pudiera atender a esa realidad municipal.

Se llevó a cabo la formulación de las propuestas según el tema, con sus detalles y especificaciones, presentando un resultado con el cual el municipio puede encaminar sus esfuerzos para el desarrollo de futuros planes y acciones en cada temática estudiada, mediante mecanismos que en el actual POT se encuentran considerados y otros medios como posible alianzas institucionales o convenios similares que promuevan el desarrollo sostenible.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

### **2.3 FASE 3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO DE LAS ESTRATEGIAS**

Con la finalidad de garantizar la correcta implementación de las diferentes estrategias, se planteó un plan de seguimiento en el cual se establecieron los medios necesarios para el desarrollo de las propuestas y el grado de compromiso de los diferentes entes de control asociados a la gestión de los temas considerados en este trabajo, con el fin de brindar exitosamente la implementación de estas mejoras y sus resultados.

Es importante aclarar que para el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos establecidos al inicio del documento no existe un camino o hilo conductor a seguir para concretarlos, pues para desarrollar un análisis estratégico con énfasis en temas específicos y de interés, no se encuentra establecida una guía exacta, por el contrario, los resultados de este trabajo pueden considerarse como una guía para la formulación de planes de acción bajo el marco de desarrollo territorial sostenible del municipio de Rionegro.

## **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3.1 DIAGNÓSTICO, FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRATEGIAS**

A lo largo de esta sección, se presenta el desarrollo de la metodología para cada uno de los temas estratégicos.

Dentro del diagnóstico de los temas se contempla la revisión de la bibliografía que contiene información sobre las temáticas de investigación, textos importantes como el POT y el “Plan de Desarrollo Municipal” – (PDM) fundamentarán gran parte del contenido del diagnóstico (Alcaldía de Rionegro, 2016).

Los temas se presentarán en el siguiente orden:

- Recurso hídrico
- Energía
- Movilidad
- Producción de alimentos
- Estructura ecológica

En cada uno de ellos, se encuentra evidenciada la situación actual del mismo, una propuesta de mejora, los mecanismos de cómo implementar dicha propuesta, y además los medios con los cuales es posible realizar el seguimiento y monitoreo de cada una.

#### **Consideraciones**

La información geográfica utilizada para la creación de mapas e información cartográfica usada a largo de este trabajo fue proporcionada por la secretaria de planeación del municipio de Rionegro. El 31 de julio de 2017, se hizo la solicitud de información cartográfica vía correo electrónico al ingeniero Guillermo León Gómez, actual secretario de planeación del municipio de Rionegro, quien atendió la solicitud y re-direccionó la información solicitada a la funcionaria Carolina Muñoz Martínez, quien respondió la solicitud y compartió la información el 04 de agosto del presente año.

El 05 de septiembre de 2017, nuevamente se hizo una solicitud de información necesaria para el desarrollo de este trabajo, la solicitud fue realizada a Carolina Muñoz funcionaria de la secretaria de planeación. La respuesta a esta fue el 08 de septiembre del mismo año.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



### **3.1.1 Recurso hídrico**

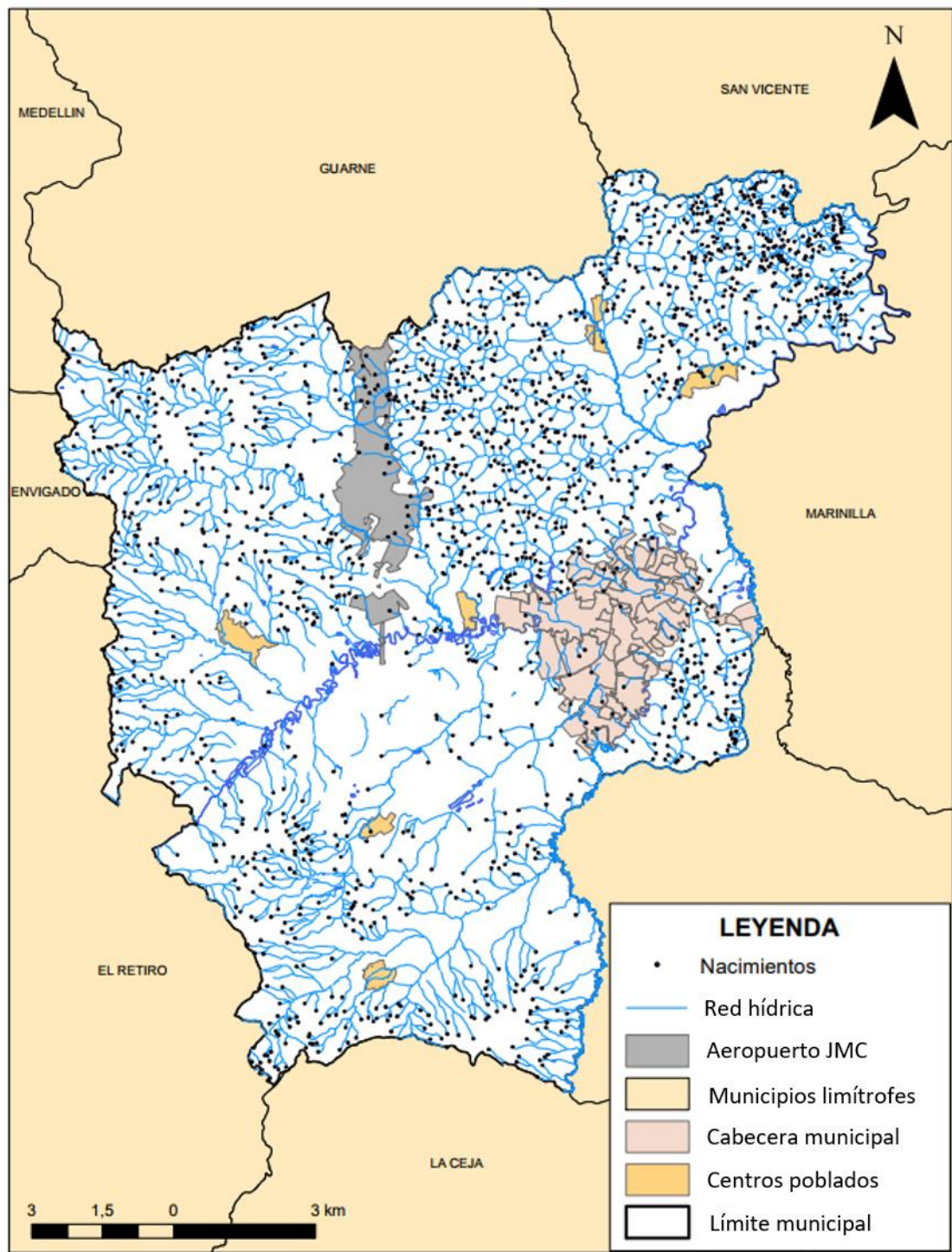
Antes de iniciar con el desarrollo de esta sección, se destaca la importancia de este tema, ya que corresponde al cumplimiento de uno de los objetivos de desarrollo sostenible planteado por la ONU, específicamente al objetivo 6, el cual habla de la búsqueda de garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos (PNUD, 2017).

#### **FASE 1: DIGNÓSTICO**

El acuerdo 056 del 25 de enero de 2011, por medio del cual se adoptó la revisión y ajuste del POT del municipio de Rionegro, hace una evaluación completa sobre lo importante que es de conservación de áreas de recarga y regulación del recurso hídrico. En este documento administrativo se dan los fundamentos para la declaración de áreas de protección hídrica, la descripción detallada del método para establecer los retiros de algunas fuentes hídricas, además de que es posible encontrar todos los datos de áreas de protección hídrica a nacimientos y las normas para el manejo de estas (Concejo de Rionegro, 2008)

En el apartado relacionado con el recurso hídrico en el POT, se incluyen planes de manejo y ordenación de cuencas y microcuencas, los cuales tienen como objetivo la planeación del uso y manejo sostenible del recurso, permitiendo su aprovechamiento, pero preservando las condiciones de la estructura físico-biótica de los ecosistemas municipales.

En la última revisión del POT, publicada en 2011 y bajo el cual se rige actualmente el desarrollo municipal, la definición de áreas de influencia para la protección de nacimientos de fuentes hídricas que abastecen acueductos, fue un paso importante para iniciar prácticas de conservación. La oferta hídrica del municipio depende de éstas áreas. La Ilustración 2 expone el sistema hídrico del municipio.

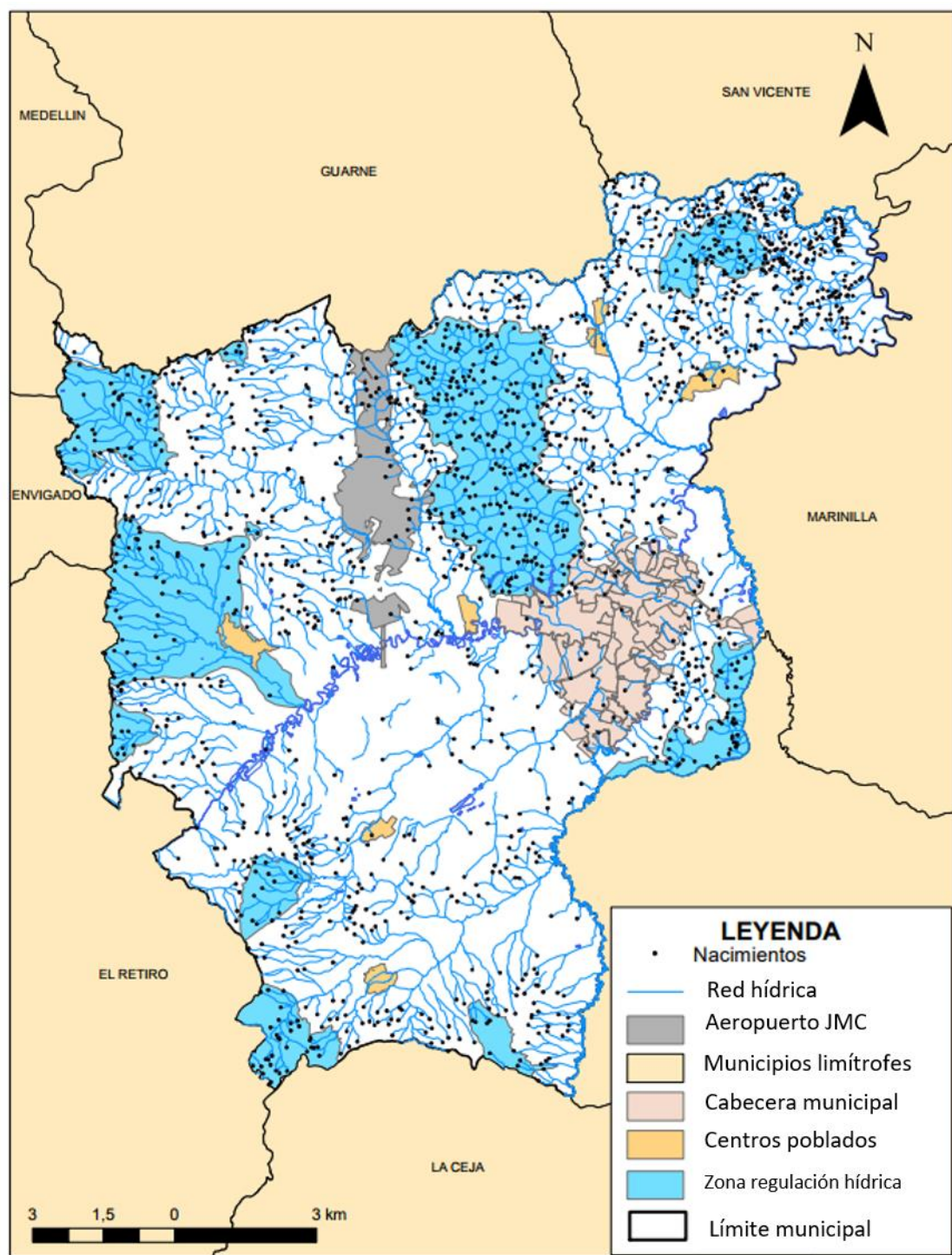


**Ilustración 2 Red hídrica de Rionegro. Elaboración propia en base a información de Secretaría de Planeación 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Adicionalmente, la administración estableció cuatro estrategias, las cuales contemplan intervenciones de la Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro – Nare CORNARE, estas son: formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA), adquisición de predios que tengan influencia en la conservación del recurso agua, con justificaciones técnicas y soportadas en estudios de calidad con ingresos corrientes del municipio. Como segunda estrategia, adquirir las áreas de importancia estratégica para la conservación de recurso hídrico con presupuesto proveniente de los ingresos corrientes del municipio pero que no superen el 1% e estos, como tercer estrategia, diseñar un modelo de pago por servicios ambientales, el cual sirva como una herramienta que promueva la conservación de predios con influencia en las áreas abastecedoras de microcuencas, y por último desarrollar una estrategia para administrar las áreas adquiridas por la alcaldía (Concejo de Rionegro, 2008).

La Ilustración 3 contiene el mapa del municipio donde es posible visualizar las áreas de protección para regulación hídrica.



**Ilustración 3 Zonas para regulación hídrica en el municipio. Elaboración propia en base a información de Secretaría de Planeación 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

La Tabla 2 muestra los artículos revisados para el diagnóstico de este tema.

**Tabla 2 Resumen de la documentación revisada para el tema de recurso hídrico.**

<b>RECURSO HÍDRICO</b>	<b>ART.</b>	<b>ACUERDO 056 DE 2011 (POT)</b>
	<b>34</b>	Concepto de área protegida
	<b>35</b>	Zona forestal protectora - Área de reserva forestal protectora del Río Nare
	<b>36</b>	Distrito de manejo integrado de los recursos naturales renovables - DMI - La Selva
	<b>37</b>	Área protegidas municipales
	<b>38</b>	Parque ambiental Santander
	<b>45</b>	Definición de áreas de protección hídrica
	<b>46</b>	Áreas de protección hídrica – retiros al río Negro y las quebradas La Pereira, La Mosca y Cimarronas
	<b>51</b>	Planes de ordenación y manejo de cuencas y microcuencas
	<b>56</b>	Ecosistemas estratégicos municipales
	<b>58</b>	Zona de aptitud forestal (ZAF)
	<b>60</b>	Áreas de influencia de nacimientos de fuentes hídricas que abastecen acueductos
	<b>61</b>	Protección de microcuencas que abastecen acueductos
<b>62</b>	Actualización de la red hídrica	

Por su parte, el PDM contempla el recurso hídrico en el título 2 “Parte Diagnóstica Plan de Desarrollo”, apartado 2.4.3 “Diagnóstico línea estratégica el Cambio para Desarrollar el Territorio”, dentro del componente de Sostenibilidad y Medio Ambiente. Allí se menciona que Rionegro, cuenta con una riqueza de fuentes hídricas, pues el 96% de su territorio rural cuenta con alta producción de agua, pero posee la problemática de contaminación del recurso hídrico a causa de inadecuadas prácticas que se realizan en la ocupación y aprovechamiento de todo el territorio. Además, se indica que los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales afectan la calidad y cantidad de este recurso y que en caso de no solucionar esta situación el desabastecimiento de agua podría ser una realidad en un futuro cercano (Alcaldía de Rionegro, 2016).

Que el municipio tenga definidas las áreas que contribuyen a la recarga de acuíferos y que hacen gestión sobre la regulación del recurso, es importante, y representa un avance para el manejo sostenible de este bien natural, ya que para administrar algo, se debe saber dónde está y cuál es su estado. Para esto último, el municipio únicamente cuenta con los reportes de calidad del agua que se obtienen del análisis de muestras que hace la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

secretaría de salud del municipio y son tomadas por funcionarios del equipo de trabajo de los diferentes acueductos que funcionan en todo su territorio. Dichos funcionarios deben en el caso urbano, realizar toma de muestras y enviarlas a la secretaría de salud del municipio, cuatro veces en el mes y en el caso rural, deben hacer toma y envío de muestras, 2 veces en el año (CORNARE, 2017).

En total, el municipio cuenta con veintitrés acueductos, veintidós son rurales y tan sólo uno es urbano (aunque dos de los rurales abastecen parte de la cabecera municipal). Los rurales están encargados de suministrar agua potable a las treinta y cuatro veredas del municipio, sin embargo, tres de ellos, no cuentan con un sistema óptimo para la potabilización de agua (CORNARE, 2017).

Los datos de calidad del agua con los que puede contar el municipio son los obtenidos mediante el seguimiento a estos acueductos, pero además es posible encontrar datos de calidad de algunas fuentes que hacen parte de la red hídrica de Rionegro, en estudios que se han hecho en la región y en el departamento, por ejemplo, el que en repetidas ocasiones el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia ha llevado a cabo, estudio titulado “Actualización del estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia”, su última versión la cual fue para los años 2012 – 2015 (Villa Betancur et al., 2017). Sin embargo, es importante aclarar que este estudio, sólo toma grandes cuencas del departamento, entre ellas la cuenca del Rio Nare y el Rio Negro, por lo que el nivel de detalle que maneja, sólo es para grandes cuerpos de agua, y en el caso del municipio de Rionegro, los únicos datos posibles a recuperar son del Rio Negro.

Mencionadas aquellas fuentes de calidad del recurso con las que cuenta el municipio, se considera que esto no es suficiente para garantizar que un territorio que se encuentra en construcción y crecimiento continuo, y que posee una disponibilidad tan alta en recurso hídrico, pueda en un futuro suplir necesidades y gestionar adecuadamente este bien natural.

Por lo anterior, se evidencia que el municipio no cuenta con un sistema estructurado mediante el cual, pueda hacerle seguimiento al recurso hídrico, considerando más allá de las fuentes hídricas usadas por los acueductos o cuerpos de agua grandes, como los ríos presentes en el territorio.

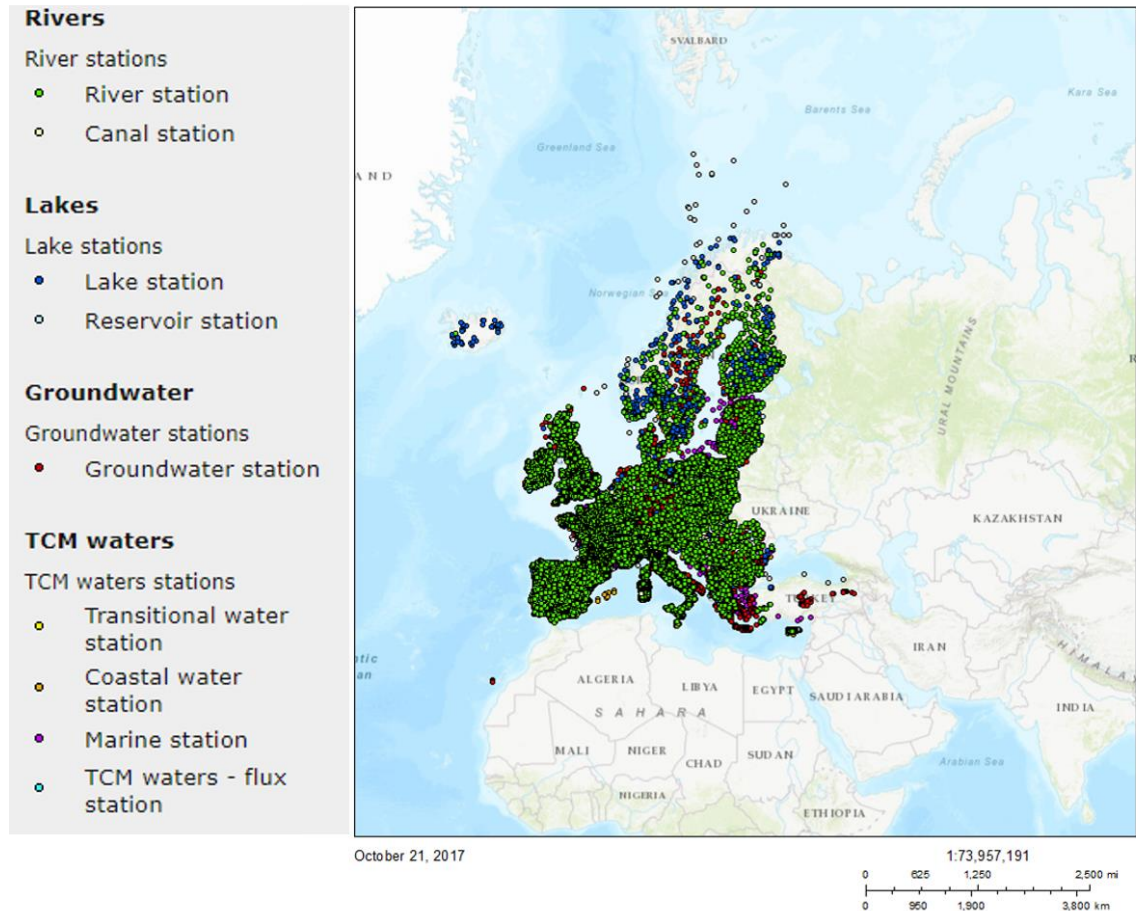
La importancia de monitorear la calidad del agua yace en que además de que es un recurso vital prioritario y necesario para el sostenimiento de múltiples actividades humanas y naturales, es un recurso por medio del cual se forman dinámicas económicas, sociales y culturales en una región. Esta acción de monitoreo va más allá de medir parámetros físico – químicos, pues con el seguimiento al recurso, es posible crear planes y programas para su gestión sostenible en un territorio.

Monitorear la calidad del agua es algo que a nivel mundial es ejercido con mucha frecuencia, en Europa, por ejemplo, la *European Environment Agency* – EEA – posee un sistema de monitoreo del agua dentro de todos los países pertenecientes a la Unión Europea, con el cual es posible monitorear la calidad del agua a través de una plataforma de reporte digital (WISE SoE Reporting). Con esta red de monitoreo, se verifican niveles

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

de contaminación, niveles de agua y caudales, en canales que transportan ríos, ríos abiertos (sin canalización), reservorios de agua y agua subterránea.

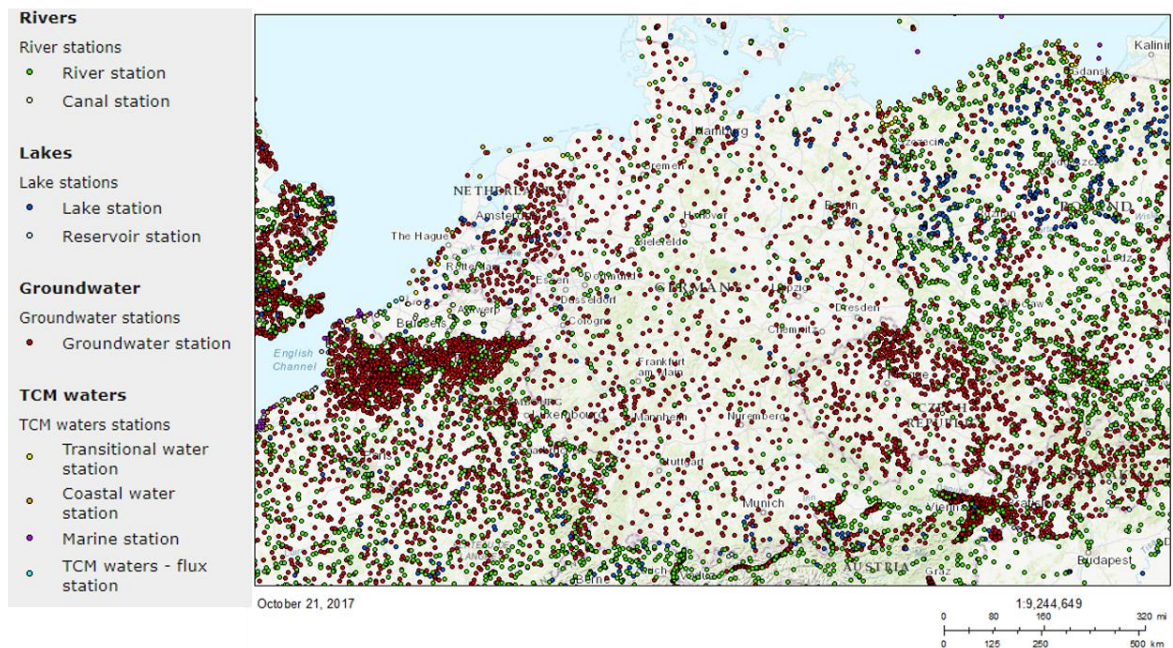
En la Ilustración 4 se visualiza la densidad de la red de monitoreo de la calidad del agua en los territorios de la Unión Europea.



**Ilustración 4 Mapa de cobertura de la red de monitoreo del agua en la UE. (EEA, 2017b).**

Con mayor detalle, es posible dimensionar lo completa y densa de esta red. La Ilustración 5 expone la red de monitoreo dentro del territorio de Alemania y sus límites.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



**Ilustración 5 Distribución de los puntos de monitoreo del agua en Alemania. (EEA, 2017b).**

## FASE 2: DISEÑO

El municipio de Rionegro como se expuso anteriormente, no cuenta con un sistema o equipamiento en materia de monitoreo del recurso hídrico, como el que posee la Unión Europea. Tomando como ejemplo este sistema de monitoreo, se formula la propuesta para la creación de una red de monitoreo de calidad del agua para el municipio de Rionegro, con la cual sea posible ver la variación de la disponibilidad del recurso, que a su vez permita el análisis para que se puedan tomar decisiones de futura protección a otras zonas o áreas no contempladas dentro del territorio, y así se asegure en el tiempo la oferta hídrica y el aprovechamiento integrado en todo el municipio (IDEAM, 2016).

Rionegro es un territorio con alta producción de agua y hace parte de una región muy importante para el departamento de Antioquia y Colombia, pues el Oriente antioqueño se puede considerar como la región más productora de energía del País, ya que de los 4.052 Mega Watts de origen hidráulico de capacidad instalada de Colombia, esta región produce cerca del 40% (Alcaldía del Municipio de Rionegro, 2015). Por esta razón de peso, y las otras mencionadas, es que se justifica la creación de una red para el seguimiento del recurso en todo el territorio, bajo el ejemplo identificado en la Unión Europea.

La red para Rionegro si bien se propone por lo identificado en Europa, se hace la aclaración de que las consideraciones a tener en cuenta para el monitoreo, la localización de las estaciones de muestro, los parámetros a medir y la frecuencia de medición son especiales en cada caso. En Europa por ejemplo el seguimiento a los niveles de contaminación es uno de los objetivos principales, ya que después de la década de 1940,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



las cargas orgánicas provenientes de aguas residuales domésticas e industriales de fábricas papeleras, de procesamiento de alimentos y efluentes de ensilajes y procesos agrícolas, tenían por encima los niveles de demanda bioquímica de oxígeno – DBO –, amonio, grasas, fósforo, etc. Pero con el aumento de los tratamientos biológicos de las aguas en los últimos 30 años, los niveles se encuentran más bajos, asegurando así la calidad de las aguas en el territorio europeo. Otro de los objetivos en el continente es monitorear el estado ecológico de sus ríos y lagos, es decir, el estado natural en el que se encuentran y permiten que las relaciones ecológicas se den. Conociendo el estado ecológico se pueden formular programas para restauración ecológica, conservación, aprovechamiento, etc. Las estaciones de muestreo, son múltiples, existen estaciones en ríos, en canales, en reservorios de agua, en lagos, para aguas subterráneas, entre otros y su localización por lo general en el caso de aguas superficiales canalizadas y no canalizadas, se hace en cuerpos de agua superiores como ríos transnacionales y o de gran envergadura territorial como por ejemplo el río *Weser* en Alemania el cual atraviesa cerca de 20 ciudades (EEA, 2017a). En el caso de Rionegro la propuesta sólo contempla aguas superficiales y debe ser condicionada con las formaciones hidrogeológicas, cuencas y micro-cuencas para que de este modo se asegure el seguimiento el todo el territorio y así se puedan hacer una gestión más homogénea en toda la extensión territorial de la red hídrica del municipio.

La propuesta de creación de la red de monitoreo de la calidad del agua quizá pueda confundirse con un plan ya existente conocido como Piragua, un proyecto que nace promovido por la Corporación Autónoma Regional del Centro Antioquia – CORANTIOQUIA – que busca crear con las comunidades una cultura de información a través de redes sociales de monitoreo; promoviendo y desarrollando sistemas de información del agua, que sean construidos, implementados y operados por las comunidades de los 80 municipios de la jurisdicción de esta autoridad ambiental. Si bien este es un programa del recurso hídrico, este se desarrolla en un marco más global y con menos detalle que el que se propone exclusivo para Rionegro (CORANTIOQUIA, 2017).

Piragua inició en los municipios de Belmira, Santa Rosa de Osos, Angelópolis y Liborina; durante el 2013, el proyecto estaba operando en 49 municipios antioqueños, y actualmente, tiene una cobertura que abarca los 80 municipios de la jurisdicción corporativa (CORANTIOQUIA, 2017). Sus operaciones se centran en:

- Medición análisis, interpretación y espacialización de los datos de lluvia tomados en pluviómetros a lo largo del territorio.
- Aforo de la cantidad de agua en cuencas que prestan un servicio ambiental para la comunidad
- Monitoreo de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las corrientes de agua
- Monitoreo de la calidad hidrobiológica del agua
- Gestión comunitaria del riesgo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El proyecto tiene un equipamiento que cuenta con:

- 82 pluviómetros
- 26 Limnímetros
- 1 sensor de humedad

Este programa de nivel departamental contempla la mayoría de las consideraciones que la red de monitoreo de calidad del agua para el territorio de Rionegro pretende tener, pero es un programa que excluye toda la región del oriente por ser esta de una jurisdicción diferente, pues la corporación ambiental que atiende esta región es CORNARE, y por ende, Piragua no interviene en parte de este territorio. Lo que representa una oportunidad en el futuro ya que si se llegara a implantar esta propuesta de monitoreo del recurso en Rionegro, podría extenderse a los municipios vecinos y ocupar toda la región, lo que podría representar un hecho para ser anexado o compartido con Piragua, una unión que contendría información de dos CAR y de más de la mitad del territorio departamental.

Tenido presente el panorama mundial, el cómo se maneja el recurso hídrico en el viejo continente, y también con cuáles programas cercanos se cuenta localmente en el medio colombiano, se detalla entonces la metodología a seguir para instaurar una red de monitoreo de calidad del agua en el municipio de Rionegro para la gestión y uso sostenible del recurso hídrico.

### **Red de monitoreo de calidad del agua para el municipio de Rionegro (aguas superficiales)**

Dentro de esta sección del desarrollo del texto, se expone la construcción de la red de monitoreo y los criterios metodológicos usados para la localización de estaciones de muestreo dentro de la red hídrica del Municipio. Además del equipamiento de dichas estaciones, las fases y los costos del proyecto. Sin olvidar, que se establece el modelo de seguimiento y control para el desarrollo y cumplimiento de las fases del proyecto.

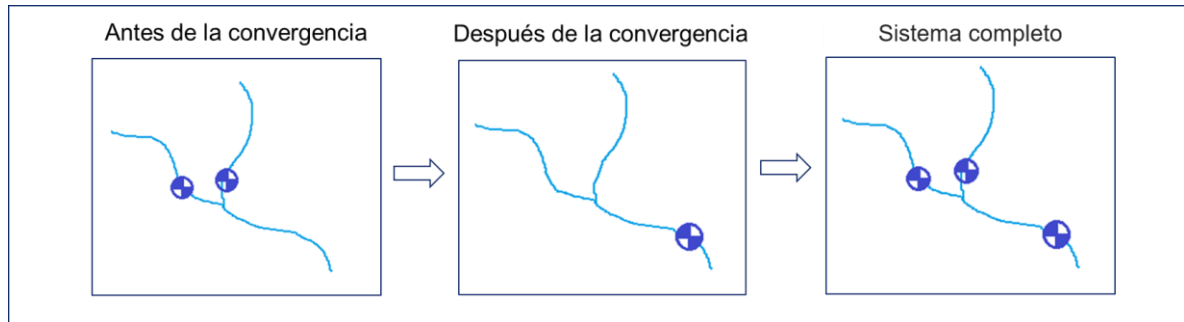
#### **Metodología localización de estaciones o puntos de muestreo**

Para la localización geográfica de los puntos de monitoreo se tuvo en cuenta la siguiente lógica: en una cuenca o microcuenca hidrográfica, la convergencia de cauces en un punto, da como resultado uno más grande, con mayor caudal y con características hidrogeográficas especiales y únicas según cada caso. Esta convergencia se presenta en muchos casos como desembocadura de un cuerpo de agua menor a uno más grande, por efectos geográficos y gravitacionales.

En todo el territorio del municipio, la presencia de microcuencas que se conectan en algunos casos a grandes cuencas, es bastante común, pero también existen cuerpos de agua aislados que no poseen conexión directa con múltiples cauces, ríos o quebradas, como es posible visualizarlo en la Ilustración 2 Red hídrica de Rionegro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Para poder localizar los puntos se tiene presente el fenómeno de convergencia que se describió anteriormente, ya que los puntos se asignan en la mayoría de los casos antes de la convergencia y después de esta, así como lo demuestra el esquema de la Ilustración 6:



**Ilustración 6 Localización de estaciones de monitoreo en la convergencia de cauces. Elaboración propia.**

En el resto de casos, la asignación de los puntos donde se pretende hacer la medición se hizo con la lógica de descarga de un cauce menor a uno mayor, este es el caso de la mayoría de cauces que bordean el perímetro territorial del municipio. La metodología del fenómeno de convergencia se omite cuando el cuerpo de agua es un lago.

Seguir este proceso metodológico de asignación geográfica da como resultado la construcción de una red de monitoreo en todo el territorio con alta densidad y óptima para el seguimiento total del recurso a nivel municipal. Es importante mencionar que las áreas para regulación hídrica que ya posee el municipio y las bocatomas de los acueductos veredales y de la cabecera municipal, son otro factor importante que se tiene presente en el proceso de localización de las estaciones de muestreo.

### **Especificaciones de las estaciones de monitoreo**

El equipo de monitoreo que cada estación tiene es un equipo móvil que cuenta con la capacidad de ser removido fácilmente, y serían suministrados por una empresa que se encuentra en fase creación de dos futuros ingenieros mecatrónicos de la Universidad EIA (José Miguel Aguilar y Manuela Hincapié), quienes en su proyecto de grado desarrollaron una estación de monitoreo de calidad del agua en tiempo real usando la tecnología GPRS, la cual es capaz de transmitir los datos de los parámetros medidos sin necesidad de conexión a internet, pues esta tecnología, que se traduce como “servicio general de paquetes vía radio” sólo necesita que se pueda transmitir como radio y haya señal para que pueda ser recibida, y es la misma que emplean los equipos móviles como los celulares para llamadas, internet, WAP y demás. Lo anterior puede representar un limitante por la ubicación geográfica de algunas estaciones de monitoreo de la red, pero se tuvo presente el hecho de que en la mayoría del territorio nacional la conectividad a la red radial es casi total, entonces el limitante se disminuye considerablemente.

### **Parámetros que puede monitorear el equipo en la estación**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Los parámetros de calidad del agua que puede monitorear este equipo en una estación son:

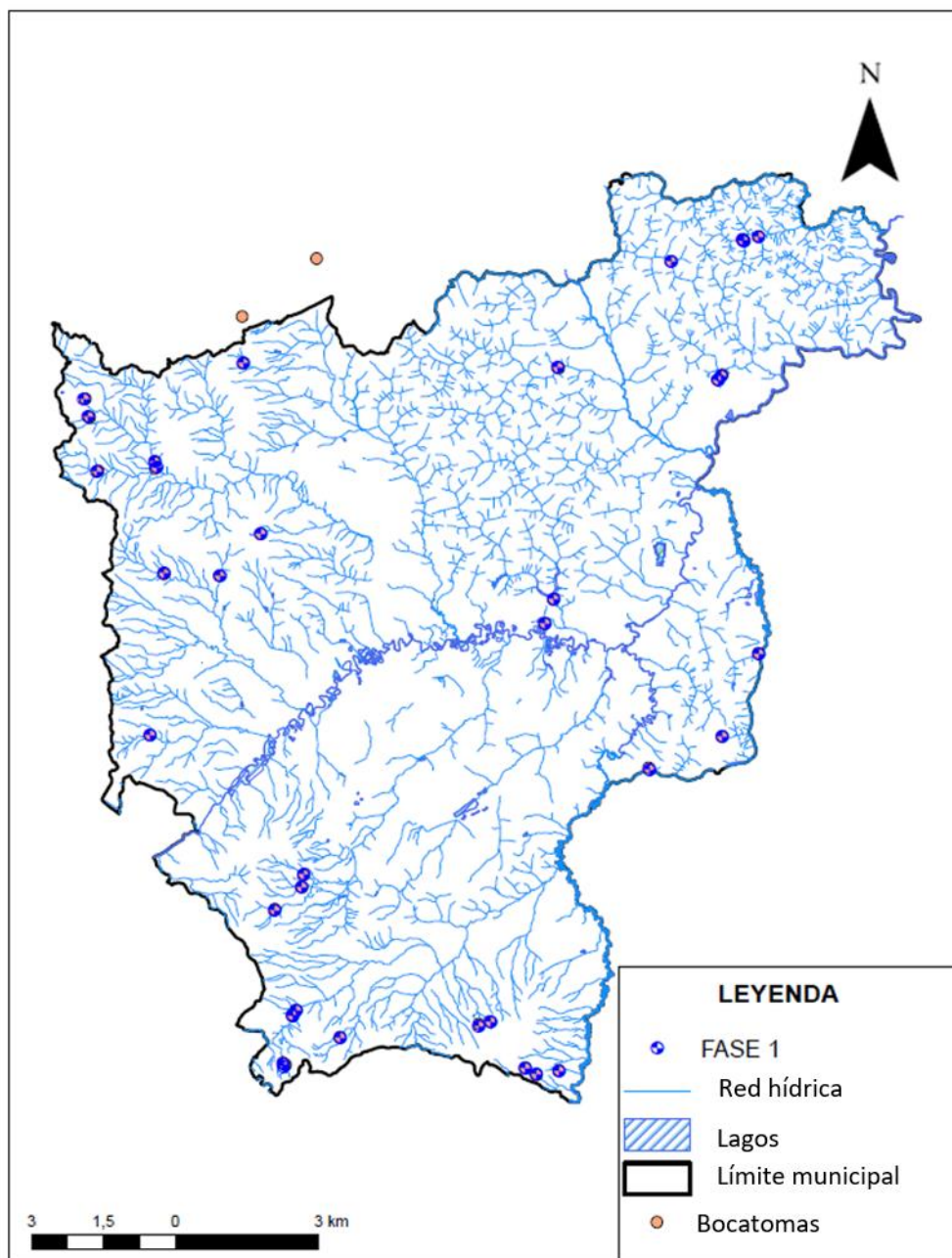
- pH
- Temperatura
- Conductividad
- Turbidez
- Oxígeno disuelto
- Sólidos disueltos totales (TDS)
- Caudal

### **Fases para la implementación de la propuesta**

Para la construcción de la red de monitoreo de calidad del agua, se proponen 4 fases, que conforme su cumplimiento y realización se irá mejorando el proceso de seguimiento y gestión del recurso hídrico en el municipio. Los criterios para definir las estaciones que contiene cada una de las fases que se plantean, están respaldados en el análisis estratégico que los autores del trabajo realizaron y la metodología planteada para la definición de la localización de las estaciones.

#### **Fase 1**

Esta fase primaria considera las estaciones mínimas para el proceso de seguimiento a la calidad del agua y se ubican en las cercanías a las bocatomas de los acueductos municipales. Se considera como estaciones mínimas ya que este es el primer y directo aprovechamiento del recurso hídrico del territorio, la captación de agua para tratamiento y posterior consumo humano. Debido a esto, se consideró como relevante y mínimamente necesario hacerle seguimiento a la calidad del agua que se toma para consumo de la población. De modo que con este primer sistema de monitoreo se establece la necesidad mínima para monitoreo del recurso en el territorio. El mapa de la Ilustración 7 muestra la ubicación de estas estaciones de muestreo en el territorio municipal.

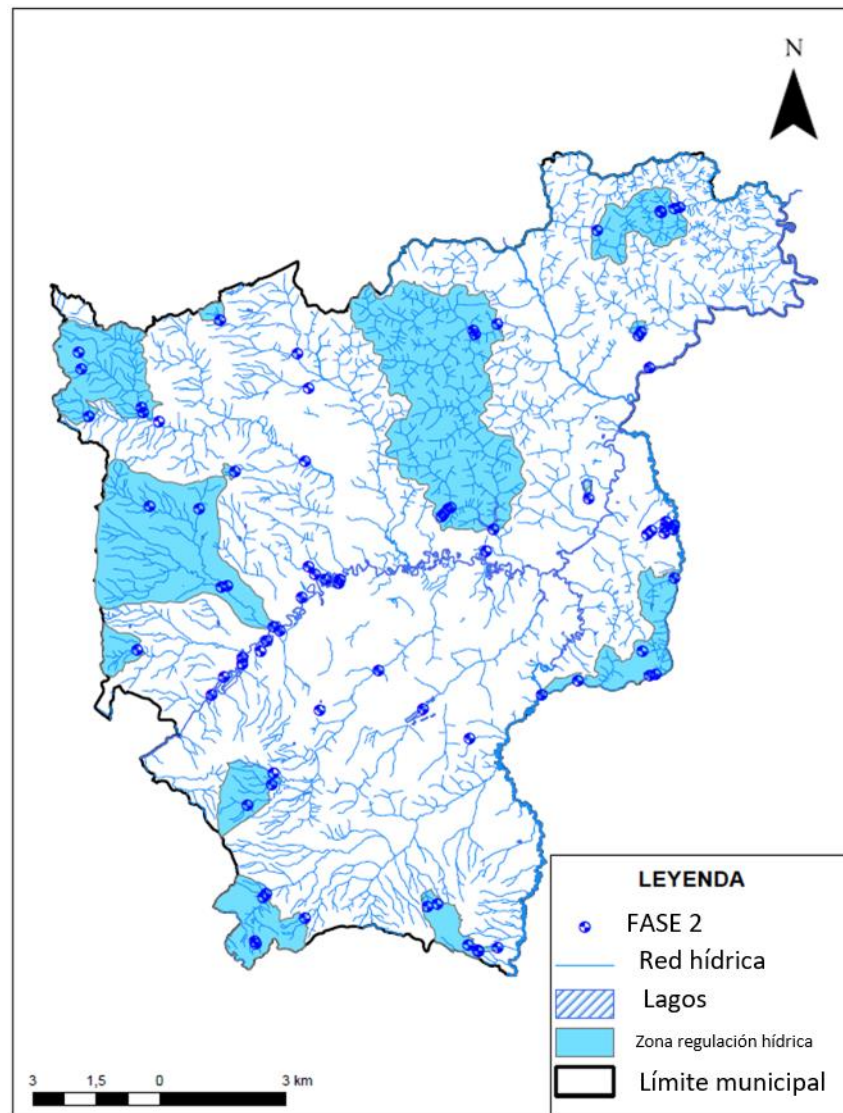


**Ilustración 7 Localización de estaciones mínimas de monitoreo de calidad del agua en Rionegro. Elaboración propia en base a información de Secretaría de Planeación, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## **Fase 2**

Para esta segunda fase, el trabajo ya hecho en la fase anterior fue un insumo (en el mapa ya están consideradas las estaciones propuestas para la fase anterior), con las necesidades mínimas resultas, el plan de monitorear el recurso se pudo agrandar hacia otras locaciones en el mapa. Esta fase propone el monitoreo no sólo a flujos de agua que se aprovechan para el consumo humano, sino que se extrapole a todas las zonas de regulación hídrica, lagos y considera el cauce más grande el municipio, el Rio Negro, para aumentar ese registro de la calidad de los cuerpos de agua del territorio, siguiendo y teniendo presente las consideraciones descritas en la metodología para la localización de las estaciones de muestreo. El mapa de la Ilustración 8 muestra la ubicación de estas estaciones de muestreo.



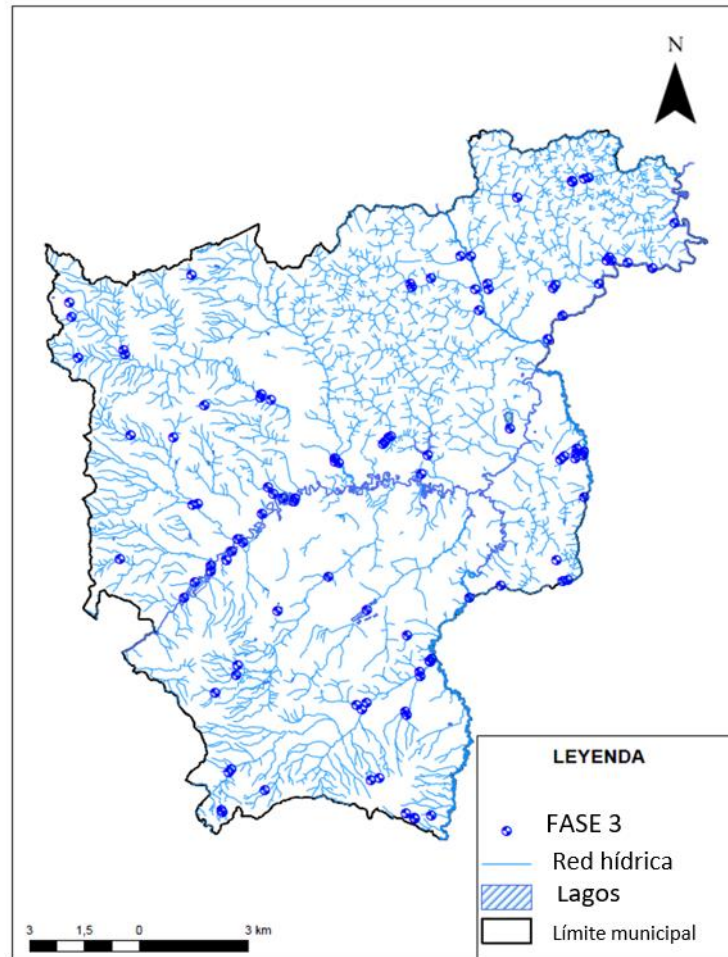
**Ilustración 8 Localización de estaciones de la Fase 2 para el monitoreo del agua en Rionegro. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

### Fase 3

Siguiendo implementando los criterios y consideraciones para la localización de las estaciones de muestreo y el trabajo realizado en las dos fases previas, el diseño propuesto para la red en esta fase, considera además zonas donde el monitoreo no está tan presente, extiende la cobertura de la red en el mapa, acercándola hacia la necesidad total de monitoreo en el territorio, desde luego se consideran las estaciones ya descritas y propuestas en las fases previas. Se considera que el modelo propuesto en esta fase, cumple con la mitad del total de estaciones que se requieren para el seguimiento de los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

flujos de agua en todo el territorio municipal. La Ilustración 9 muestra el mapa del territorio con la mitad de las estaciones que componen la red de monitoreo total.



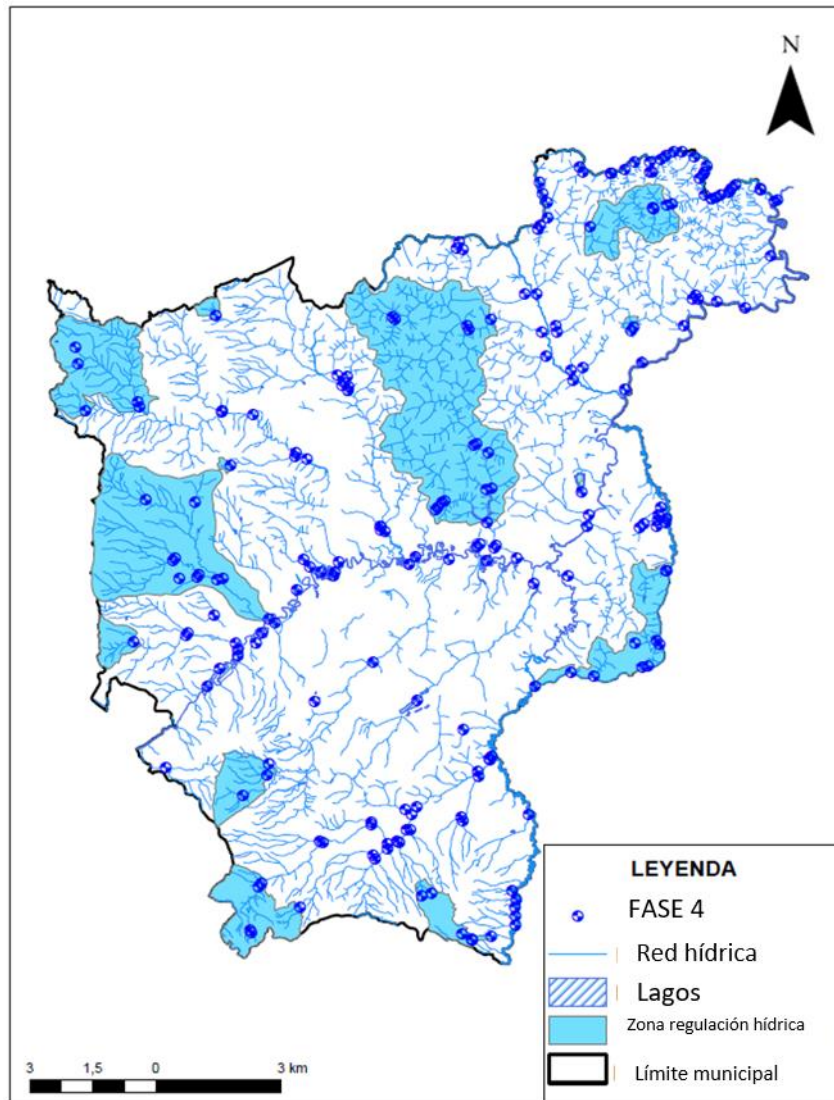
**Ilustración 9 Localización de estaciones de la Fase 3 para el monitoreo del agua en Rionegro. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

#### Fase 4

La propuesta que expone esta última fase, abarca la totalidad de estaciones de muestreo necesarias, extendidas en todo el territorio municipal, ubicadas bajo la metodología de convergencia de cauces, localización en lagos, grandes flujos de agua, zonas para la regulación hídrica y bocatomas. Esta propuesta contempla el equipo total para la gestión integrada y sostenible del recurso hídrico en Rionegro, el mapa de la Ilustración 10 muestra su distribución espacial.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.





**Ilustración 10 Localización de estaciones de la Fase 4 para el monitoreo del agua en Rionegro. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

### **Costos de lo equipos**

Según lo consultado con los autores del proyecto “Tecnología de Transmisión loW mediante módulo GPRS” – loW: *Internet Of Water* – los costos aproximados por estación de monitoreo, incluyendo equipos, instalación, montaje y software de manejo de datos, son de seis millones de pesos colombianos (6.000.000 \$), información que fue proveída por Manuela Hincapié y José Miguel Aguilar en conversaciones del proyecto el 16 de octubre de 2017. Durante la misma conversación, se obtuvieron datos del mantenimiento anual de cada una de las estaciones, los cuales por año se definieron por un monto de 900.000 \$. Los autores compartieron además, que el manejo de datos está enfocado a considerar los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

niveles anormales de los parámetros que puede monitorear cada estación de muestreo, de modo que cuando estos valores sean detectados, el equipo de manejo de la red (bien sea la dirección de la Secretaría de Hábitat, CORNARE o la alcaldía directamente) pueda tomar decisiones para mejorar la condición o evaluar las causas de estas anomalías.

En la Tabla 3 se tabulan los costos de cada una de las fases en base a la cantidad de estaciones de muestreo.

**Tabla 3 Costo de implementación de las fases de la propuesta.**

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE CADA UNA DE LAS FASES			
FASE	NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO	COSTO (millones de pesos colombianos)	COSTO ASOCIADO POR MANTENIMIENTO ANUAL (pesos colombianos)
1	35	\$ 210.000.000	\$ 31.500.000
2	75	\$ 450.000.000	\$ 67.500.000
3	106	\$ 636.000.000	\$ 95.400.000
4	212	\$ 1.272.000.000	\$ 190.800.000

### Financiación

Para que el municipio pueda dar inicio con esta propuesta, es necesario que establezca alianzas institucionales con las cuales sea posible financiar alguna de las fases del proyecto, pero además pueda contar con el apoyo y asesoría de entes que manejen recursos naturales, como es el caso de CORNARE, o CORANTIOQUIA.

Para obtener recursos de financiamiento, el municipio puede establecer programas como el planteado en la estrategia tercera del artículo 60 del actual POT, la cual habla del modelo de pago por servicios ambientales, para propietarios de predios ubicados en la parte alta de las microcuencas abastecedoras de acueductos, que realicen acciones positivas, y se menciona que para esto se podrá destinar el 1% de los ingresos corrientes del Municipio (Concejo de Rionegro, 2008). Así como esta propuesta ya contenida en el POT, el municipio podrá adquirir los recursos económicos para viabilizar el proyecto, sin mencionar, los posibles apoyos que pueda aportar la corporación autónoma de la región para el desarrollo de la propuesta.

Otra posibilidad para que municipio pueda acoger esta propuesta dentro de su administración es formular un programa como el que lidera CORANTIOQUIA del cual se describieron detalles antes, Piragua, de modo que sea posible establecer alianzas intermunicipales en la región para buscar la gestión sostenible del bien a nivel regional, y que desde luego debe ir apoyado por la corporación ambiental correspondiente al Oriente antioqueño y si las alianzas de administración se hacen con otros territorios por fuera del límite del Valle de San Nicolás entonces que otras corporaciones ambientales ingresen a este programa.

### FASE 3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## Monitoreo y control de la implementación

El medio para que el municipio pueda hacer seguimiento a la implementación de esta propuesta, se basa en el establecimiento de metas en los tiempos de los periodos legislativos. Se propone entonces, el siguiente modelo con tiempos, para que el municipio pueda instaurar el programa de gestión del agua, mediante la red de monitoreo.

La Tabla 4 tabla expone en contenido del método para el seguimiento.

**Tabla 4 Esquema para el seguimiento de la ejecución y desarrollo de cada una de las fases del proyecto.**

Fase	Descripción	Plazo	Inversión	Responsables
1	Instalación de 35 estaciones de monitoreo, cantidad mínima para iniciar con el programa de gestión sostenible del recurso hídrico en el territorio	Corto plazo En un periodo legislativo del dirigente municipal, se deberá realizar el montaje necesario que contiene la fase 1 del proyecto	\$ 210.000.000	Alcaldía Municipal y la secretaria de hábitat de Rionegro En el caso de que CORNARE se vincule como gestor del proyecto, también será responsable de su ejecución y cumplimiento en el periodo establecido en el plazo de realización
2	Instalación de 75 estaciones de monitoreo, cantidad recomendada para el programa de gestión sostenible del recurso hídrico en el territorio	Mediano plazo En el tiempo equivalente a dos periodos legislativos del dirigente municipal, se deberá contar con los requerimientos instalados sugeridos para la fase 2 del proyecto	\$ 450.000.000	Alcaldía Municipal y la secretaria de hábitat de Rionegro En el caso de que CORNARE se vincule como gestor del proyecto, también será responsable de su ejecución y cumplimiento en el periodo establecido en el plazo de realización

3	Instalación de la mitad (106) o más del número de estaciones totales diseñadas en la propuesta de la red de monitoreo del programa de gestión sostenible del recurso hídrico en el territorio	Largo plazo En el tiempo equivalente a tres periodos legislativos del dirigente municipal, el municipio, deberá contar con la mitad de estaciones de monitoreo de la propuesta de la red total para gestión del agua en el territorio	\$ 636.00.000	Alcaldía Municipal y la secretaria de hábitat de Rionegro En el caso de que CORNARE se vincule como gestor del proyecto, también será responsable de su ejecución y cumplimiento en el periodo establecido en el plazo de realización
4	Instalación de la cantidad total de estaciones diseñadas en la propuesta de la red de monitoreo del programa de gestión sostenible del recurso hídrico en el territorio	Largo plazo Entre tres y cinco periodos legislativos del dirigente municipal, el municipio deberá contar con la totalidad de estaciones de monitoreo de la propuesta de la red para gestión del agua en el territorio	\$ 1.272.000.000	Alcaldía Municipal y la secretaria de hábitat de Rionegro En el caso de que CORNARE se vincule como gestor del proyecto, también será responsable de su ejecución y cumplimiento en el periodo establecido en el plazo de realización

Es importante hacer la salvedad de que los montos de inversión asociados a cada una de las fases, representan el capital necesario para dar cumplimiento a la totalidad de cada fase independiente de cual sea, si el proyecto se desarrolla por fases como se sugiere, luego de cumplida la fase 1, la inversión para dar cumplimiento a la fase 2, será el equivalente a la diferencia entre los valores de las inversiones de estas dos fases y así mismo sucede con las fases posteriores. Además es importante aclarar que la información de costos que contiene la Tabla 4 sólo considera costos de instalación y montaje, los costos asociados al mantenimiento se muestran en la Tabla 3 donde se aclara el costo anual según la cantidad de estaciones de cada fase.

En el caso de que se presenten incumplimientos en los tiempos de ejecución del proyecto, se deberán revisar las condiciones por la que se presentaron dichos inconvenientes que retrasaron el cumplimiento de las metas y se deberán fijar unas nuevas considerando el estado actual del proyecto y los presupuestos disponibles. Los entes encargados de hacer la implementación, ejecución y seguimiento del proyecto de la red de monitoreo son: Alcaldía de Rionegro, su Secretaría de Hábitat y CORNARE.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

La necesidad que tiene el municipio de Rionegro para atender el recurso hídrico, aún está por implementarse, se evidencia que la importancia del recurso está reconocida, pero no existe algo que se encargue de hacer gestión. Por todo esto y la importancia del recurso natural de esta región para el País, se propone esta red de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, con la cual se pretende llegar a formular programas, técnicas y planes de manejo del recurso en el municipio, con vista hacia la integración regional con el mismo modelo de monitoreo, que a su vez apunta hacia la interconexión regional y jurídica entre corporaciones autónomas regionales (CORANTIOQUIA Y CORNARE) para promover un mejor aprovechamiento y uso sostenible del agua a nivel departamental.

### **3.1.2 Energía**

#### **FASE 1: DIAGNÓSTICO**

La disponibilidad energética es fundamental para el desarrollo de las actividades humanas. Cuando se habla de energía, se hace referencia a aquel recurso que permite obtener trabajo en forma de movimiento (Pérez Porto & Merino, 2012).

El Acuerdo 056 de 2011 contiene consideraciones generales sobre este recurso en el que se menciona que el municipio debe direccionar sus esfuerzos y acciones a combatir, reducir, capturar y prevenir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la búsqueda del uso eficiente de la energía, y fomentando las energías renovables (Concejo de Rionegro, 2008).

Las demás consideraciones que contempla el POT se refieren a la red eléctrica y los sistemas de distribución, la meta es que toda la población, tanto rural como urbana, cuente con este servicio público de energía eléctrica (Concejo de Rionegro, 2008). Según información dispuesta por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2005, el 98,7% de las viviendas del Municipio cuentan con conexión a energía eléctrica (DANE, 2005).

De manera similar, en el actual PDM, el único contenido relacionado con el recurso energético, está enfocado al servicio público. Este plan hace énfasis en el aumento del porcentaje de cobertura para este servicio en todo el territorio y sólo menciona, someramente, que Rionegro, en la búsqueda de ser una ciudad con mayor movilidad y conectividad, debe contemplar el uso de sistemas de transporte masivos y de las energías limpias que promuevan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Alcaldía de Rionegro, 2016).

La Tabla 5 muestra a modo de resumen la parte del documento que contiene información utilizada para abarcar este tema estratégico.

**Tabla 5 Resumen de la documentación revisada para el tema de energía.**

<b>ENERGÍA</b>	<b>ART.</b>	<b>ACUERDO 056 DE 2011 (POT)</b>
	<b>468</b>	Programa de Ejecución
	<b>NUM.</b>	<b>PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL RIONEGRO 2016-2019</b>
	<b>3.4.3</b>	Línea estratégica, el Cambio para desarrollar el territorio - Componente ambiental

Resulta evidente que en la planeación energética el municipio Rionegro debe avanzar. En este trabajo se propuso, primero, estimar el potencial de generación del municipio mediante tres alternativas renovables: solar, eólica e hidroeléctrica. Posteriormente, se identificaron zonas que por su potencial podrían considerarse estratégicas para la generación de energía en el municipio.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) relacionadas con el aprovechamiento del potencial energético del municipio en el cual se contempla un enfoque a nivel internacional, nacional y local, que darán pie al desarrollo de este análisis.

## **FASE 2: DISEÑO**

### **Energía solar**

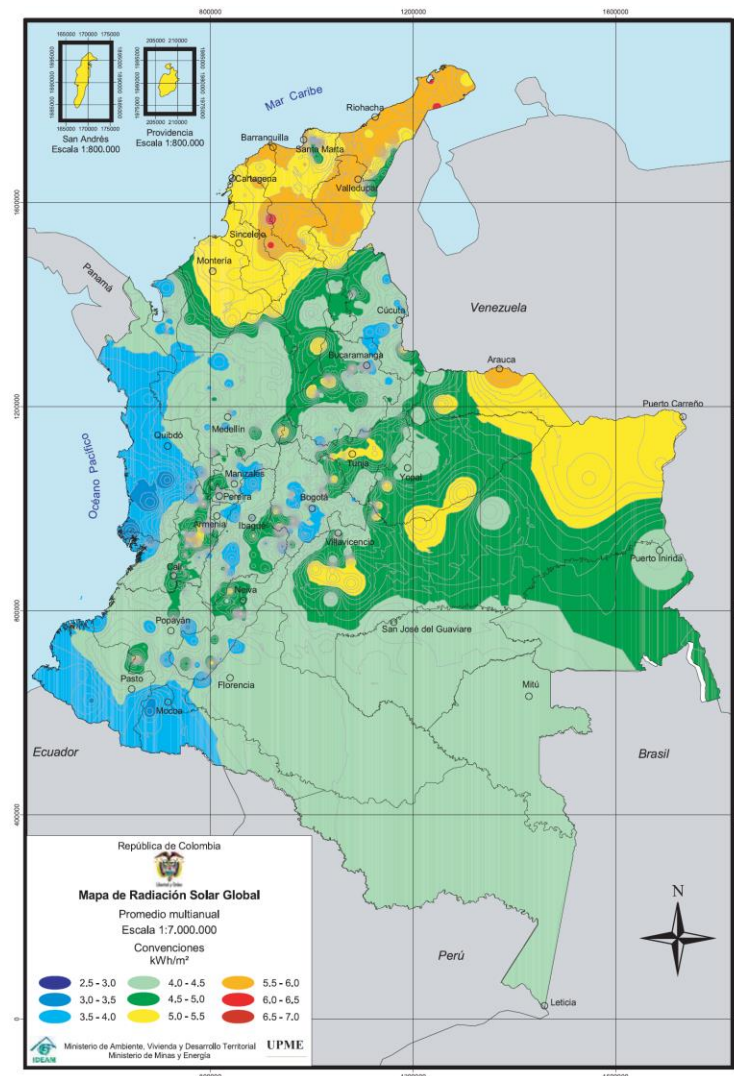
La energía solar se define como la radiación electromagnética procedente del sol en forma de luz, calor y rayos ultravioleta (Recio, 2017). Al ser la fuente de energía principal del planeta, puede considerarse como energía renovable y limpia debido a su abundancia y bajo impacto ambiental. El aprovechamiento de esta energía se puede llevar a cabo de dos maneras: 1) Conversión de energía solar en energía térmica (Sistema Fototérmico), y conversión de energía solar en energía eléctrica (sistema fotovoltaico); siendo este último con mayor interés de análisis para Rionegro, debido a la capacidad de ser una fuente alternativa para el abastecimiento de energía eléctrica en zonas municipales sin cobertura ante este servicio público.

Para estimar el potencial se recopiló la información desarrollada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) sobre radiación solar. Las estimaciones se realizaron utilizando 550 estaciones meteorológicas que recopilan información sobre radiometría, brillo solar, humedad y temperatura (UPME & IDEAM, 2010).

La calidad de esta información varía a lo largo del territorio colombiano dependiendo de la densidad de estaciones meteorológicas dentro una región, ya que a mayor densidad mejor será la calidad de información de los parámetros a monitorear. En el mapa que muestra la Ilustración 11, se puede observar que la Subregión del Oriente Antioqueño concentra aproximadamente cuatro estaciones de brillo, y tres estaciones de humedad y temperatura; en donde la estación radiométrica más cercana se ubica en la ciudad Medellín. Por lo tanto, la poca densidad de estaciones de monitoreo para esta subregión,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.





**Ilustración 12 Mapa de radiación solar a nivel nacional.**

Imagen tomada del Atlas Energético realizado por el IDEAM y UPME, 2010.

Una vez conocido el potencial solar del Municipio se procede a la identificación de zonas estratégicas para la generación de energía por medio de esta fuente renovable, las cuales se determinaron al establecer cuatro consideraciones generales para la ubicación de estas:

1. Se considera un potencial energético constante para todo el territorio que comprende el Municipio. Este primer aspecto se debe a la falta de información local ante el monitoreo de esta variable física, propiamente para Rionegro. El potencial homogéneo a comprender va desde 4,0 a 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

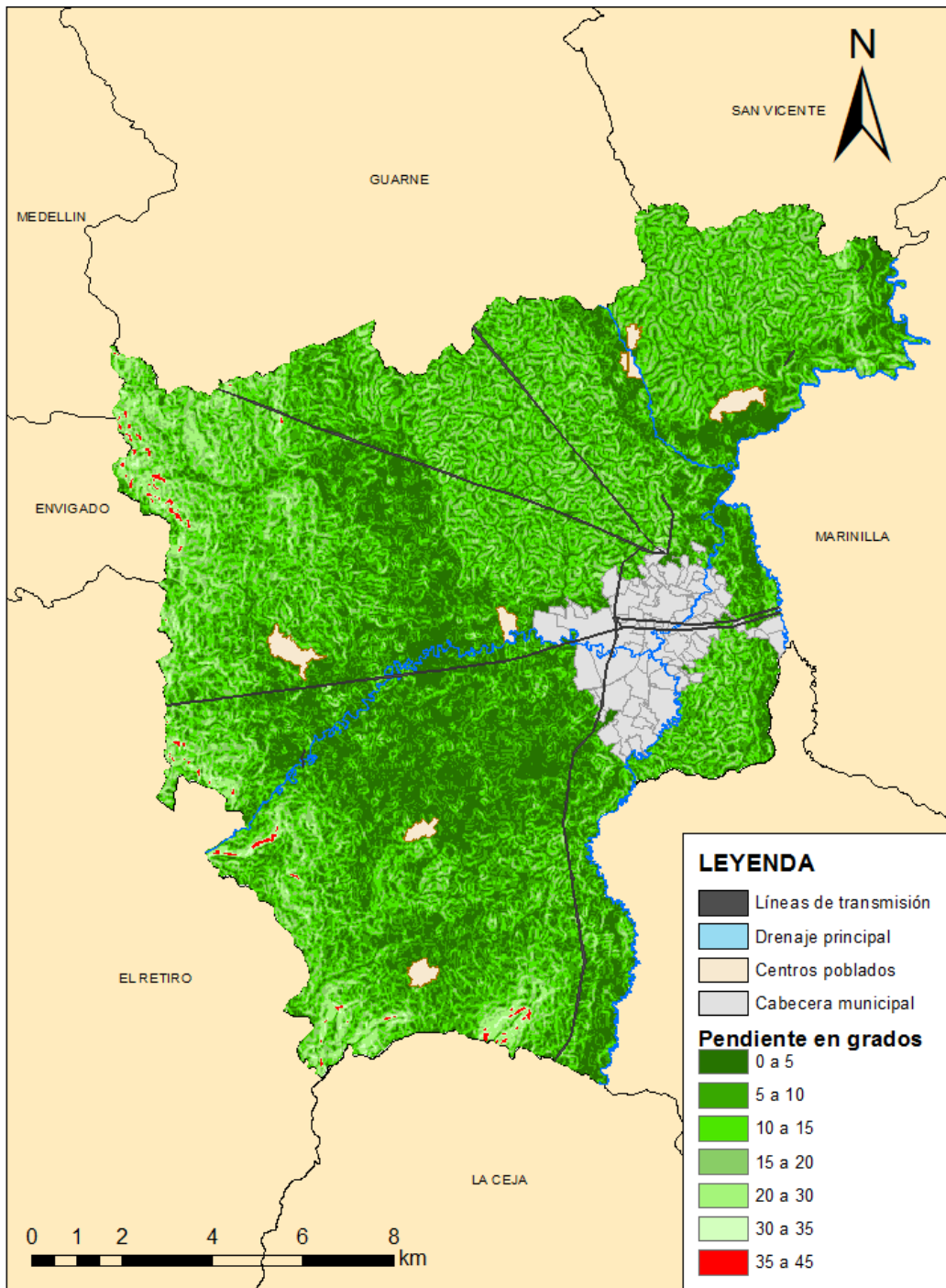


2. Los polígonos a considerar deben ser áreas que cuenten con algún valor de densidad habitacional establecido por el POT, por lo que, se excluyen áreas declaradas para un uso de protección y/o conservación a partir de la normativa a nivel local y regional. Las áreas a restringir están determinadas por las siguientes capas de información: *Conservación patrimonial, parque lago Santander, área de protección hídrica afluentes principales, amenaza inundación, corredores ecológicos, uso social obligado urbano y rural, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), estación de bombeo de aguas residuales (EBAR), zonas verdes, drenaje sencillo y nacimientos de fuentes de agua.*

Además, se determina la cabecera municipal (zona urbana y zona de expansión) como área prohibida para la localización de estas zonas potenciales, debido a los impactos visuales y de ruido que se puede generar en la ubicación de este tipo de proyectos hacia la población.

3. Deben de estar a distancias menores de 500 m de lugares como: centros poblados, líneas de transmisión o sub-estaciones de distribución de energía, con el fin de disponer zonas cercanas a puntos de entrega o suministro de energía eléctrica lo cual conlleva a disminuir costos por transporte y accesibilidad de conexión. Según la literatura la distancia máxima a dejar es de un kilómetro a estos puntos de interconexión (Santhanam, 2015).
4. El último factor a considerar, comprende la identificación de zonas superficiales con pendientes menores a 35 grados; pendiente máxima a considerar para la instalación de un proyecto solar según en Chaves & Bahill, (2010).

La Ilustración 13 recopila las áreas disponibles por el Municipio (pendiente menor a 35 grados) que pueden ser viables para la ubicación de un proyecto solar. Además, este mapa incluye: la ubicación de los centros poblados, la cabecera municipal y el camino de paso de las líneas de transmisión. Cabe destacar que las áreas de restricción ante este parámetro de nivel, demarcadas en color rojo, se encuentran en las zonas nor-occidentales, occidentales y en el sur del Municipio.

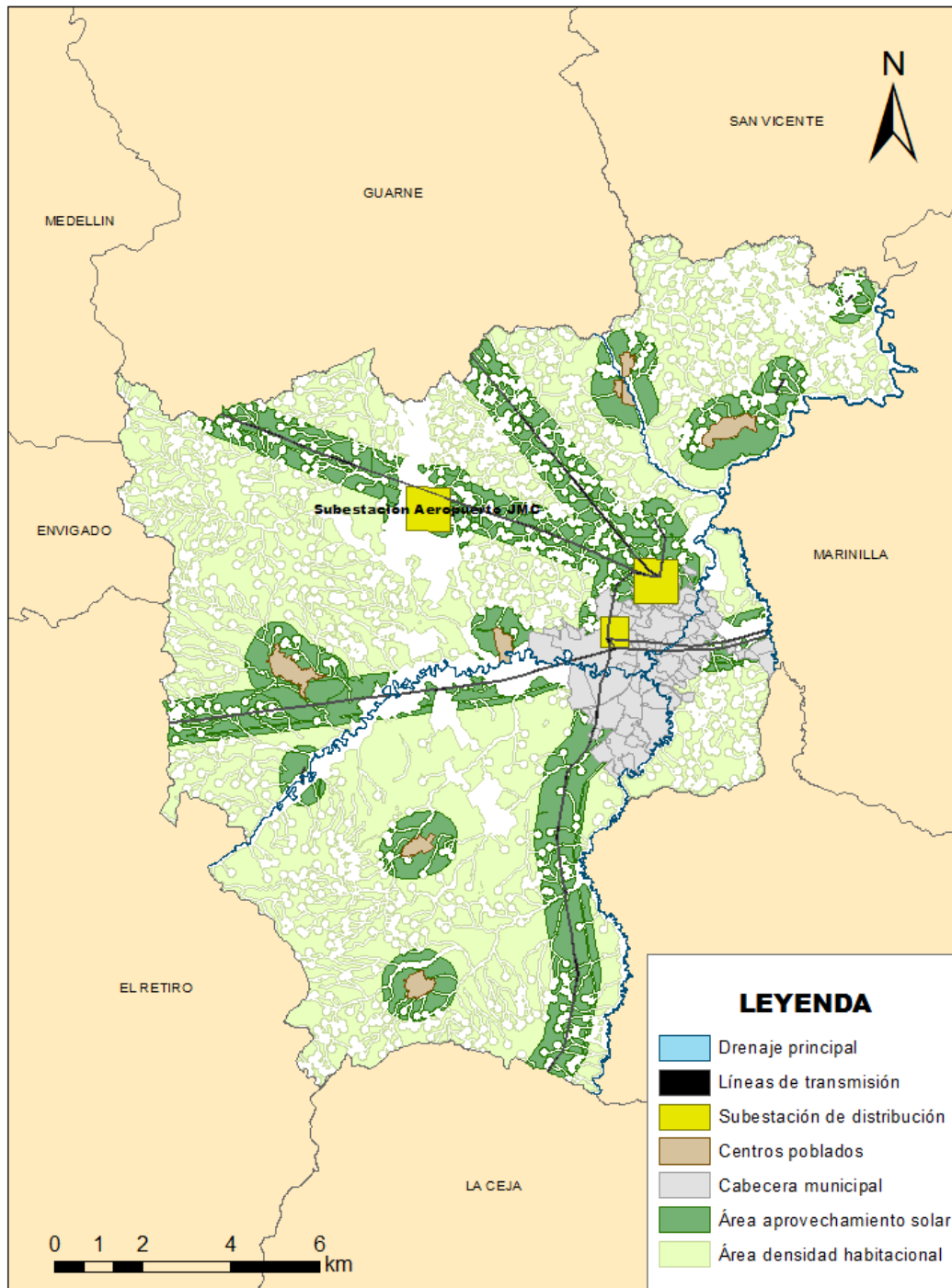


**Ilustración 13 Pendiente superficial municipio de Rionegro. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Una vez que se conoce las áreas disponibles a trabajar según su pendiente, se contemplan las demás recomendaciones en el que se obtiene una capa de información que integra zonas permisibles de uso habitacional y las superficies a conservar menores de 500 m de los puntos especificados anteriormente. La Ilustración 14 da a conocer la localización de diversas zonas que son factibles para la instalación de proyectos de generación eléctrica por medio del recurso solar según las consideraciones establecidas. Dichas regiones se encuentran señaladas en color verde oscuro con el nombre Área estratégica Energía Solar.

A modo de conclusión, el gran potencial energético que abarca Rionegro ante el uso de fuentes renovables como la solar en comparación a otras regiones del mundo, puede llevar a la promoción en la instalación de tecnologías con fines de aprovechamientos energéticos solares, en el que este medio de generación sea una opción complementaria a los requisitos energéticos futuros a demandar por el municipio ante las proyecciones dadas en su plan de desarrollo a base de un crecimiento sostenible ambientalmente, equitativo y seguro en términos energéticos. Por lo tanto, se estableció posibles zonas a contemplar para la ubicación de proyectos de generación eléctrica por fuente solar, posiblemente fotovoltaica. La superficie a considerar cuenta con un área aproximada de 3.462 ha, las cuales se convierten en posibles candidatos para albergar diseños de granjas solares que usualmente alcanzan tamaños entre menos de 1 ha hasta 40 ha (Santhanam, 2015) .



**Ilustración 14 Áreas estratégicas a disponer para instalaciones de proyectos energéticos solares. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro 2017.**

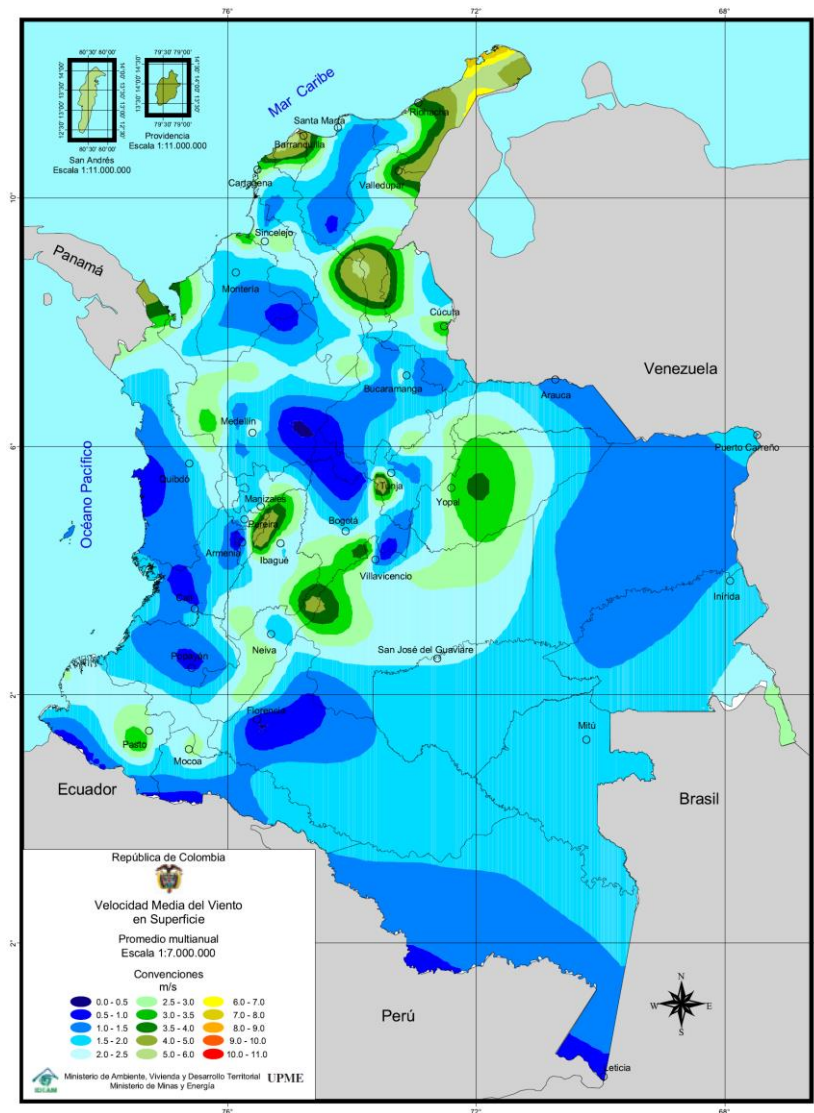
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## **Energía eólica**

La energía eólica es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para producir energía eléctrica. La ubicación de diferentes puntos de presión atmosférica en el globo terráqueo y la incidencia de la radiación en la superficie son algunas de las razones por el cual el viento adquiere energía cinética, convirtiéndose así en un producto indirecto de la energía solar. La mejor forma de transformar esta manifestación de energía es por medio de aerogeneradores, los cuales mediante aspas cortan el viento convirtiendo esta energía cinética en mecánica y en eléctrica (Renewable First, 2017).

La metodología presentada por la UPME y el IDEAM para la estimación de vientos a nivel nacional se basó en una red de monitoreo compuesta por 111 estaciones localizadas, principalmente, en la Zona Andina y del Caribe, junto con otras 112 localizadas en los límites del país (Mar Caribe, Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador y Océano Pacífico). Con esta información se construyeron modelos vectoriales con un error máximo de  $\pm 0.5$  m/s. Para el municipio de Rionegro, la estación de monitoreo de referencia a tener en cuenta se ubica en el aeropuerto internacional José María Córdoba (Burke & Ornstein, 1999).

La velocidad del viento estimada para un ciclo multianual a 10 m de altura sobre el nivel de la superficie para el municipio de Rionegro varía entre 1,5 a 2,0 m/s según estudios establecidos por la UPME y el IDEAM (ver Ilustración 15). Sin embargo, este parámetro varía a medida que se va subiendo en la vertical (no se da en una relación lineal 1 a 1), por lo que se obtiene los siguientes valores: a una distancia de 50 m, 80 m, 100 m, la velocidad promedio anual se da en rangos de 4-5 m/s, 5-6 m/s y entre 5-6 m/s, respectivamente (IDEAM & UPME, 2017).



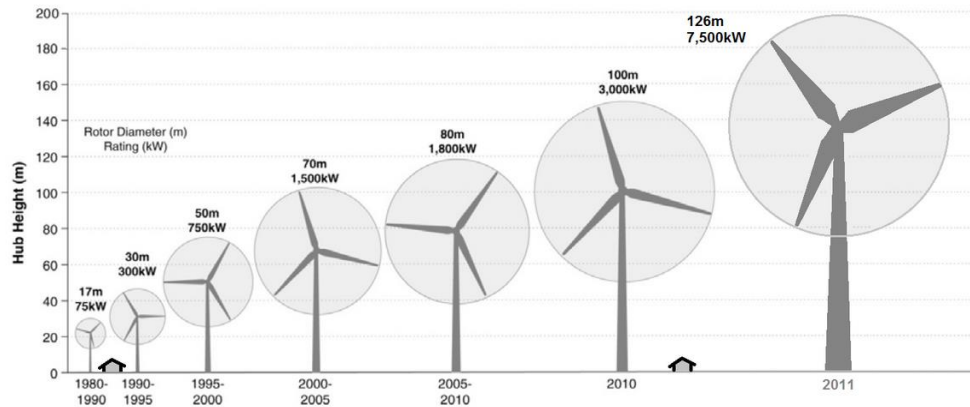
**Ilustración 15 Velocidad promedio del viento multianual a nivel nacional (IDEAM & UPME, 2017)**

Dar a conocer estas alturas, refleja el rango de velocidades del viento que pueden ser aprovechados a partir de los diferentes tamaños de turbinas eólicas que hoy en día se encuentra en el mercado. Tamaños de torre de las turbinas (base hasta el centro del rotor) abarcan magnitudes desde los 17 m hasta los 126 m de altura (ver Ilustración 16).

Debido a que velocidad del viento es un parámetro fundamental para determinar el potencial disponible a proporcionar por una turbina eólica, ya que el potencial es proporcional al cubo de la velocidad; las velocidades mínimas de corte (*cutt-in speed*) para el funcionamiento de aerogeneradores de pequeña escala (10 kW - 75 kW) deben ser mayores a un promedio anual de cuatro metros por segundo (4 m/s). Mientras que

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

turbinas mayores de 100 kW, conocidos como *utility-scale wind turbines*, requieren velocidades mayores a seis metros por segundo (6 m/s) (Sustainable Energy Institute, 2017).



**Ilustración 16** Altura de la torre y turbine en relación al avance en la potencia de generación a través de los años (Pentland, 2014).

La baja variación de las velocidades del viento anual que se imponen en Rionegro, da muestra del poco aprovechamiento energético a alcanzar por medio de esta fuente renovable no convencional. Además, al basarnos en conclusiones literarias, se puede deducir que: las regiones con velocidades del viento mayores a 7 m/s, suelen ser los lugares más factibles para la instalación de este tipos de proyectos eólicos, mientras que tener regiones con velocidades menores a 5 m/s se convierten en zonas que económicamente no son viables para el aprovechamiento de este recurso (Renewable First, 2017).

Por lo tanto, teniendo en cuenta las velocidades originadas para esta región del Oriente Antioqueño, en relación a los detalles mínimos técnicos que viabilizan la instalación de este tipo de proyecto, considerar el aprovechamiento del viento como potencial energético para el municipio de Rionegro, se convierte en una fuente no atractiva en términos de generación eléctrica para éste, ya que sus velocidades promedio no alcanzan a suplir el mínimo requerido para el funcionamiento de estas turbinas eólicas (velocidades menores de 5 m/s para una altura de 50 m sobre la superficie).

Es por ello que establecer zonas estratégicas dentro del municipio que conlleven a este fin, la instalación de un proyecto eólico, se convierte en una poco atractiva a la hora de aprovechar este recurso como una fuente energética de generación limpia.

### Potencial hídrico

Durante la revisión del tema de análisis anterior (Recurso hídrico) se pudo observar la riqueza hídrica que posee Rionegro en todo su territorio. Esta misma riqueza representa múltiples oportunidades a la hora de ser aprovechada, si bien se habló de que la región del Oriente del departamento contribuye con un porcentaje considerable para la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

generación de energía del país, sabemos que este recurso también es utilizado para el consumo humano, actividades de riego, esparcimiento, etc. Lo que aún está por establecerse o que no se ha llevado a cabo es usar esta riqueza natural para la generación de energía mediante pico centrales hidroeléctricas.

La generación de energía eléctrica a partir de pico-generación es algo que Rionegro no ha contemplado aún, pues en el POT o en el último PDM, la temática no aparece o al menos no cuenta con registro alguno. Pero, ¿qué son las pico centrales?

### ¿Qué son las pico centrales?

Dentro del grupo de centrales hidroeléctricas, existe una clasificación para aquellas que no son construidas o hacen parte de un gran proyecto hidroeléctrico, y se consideran centrales mini – hidráulicas, a su vez, dentro de este grupo de centrales pequeñas de generación de energía mediante el agua, existe una clasificación dada por la potencia capaces de generar. La Tabla 6 muestra la clasificación de las centrales mini – hidráulicas (Brusa & Guarnone, 2017).

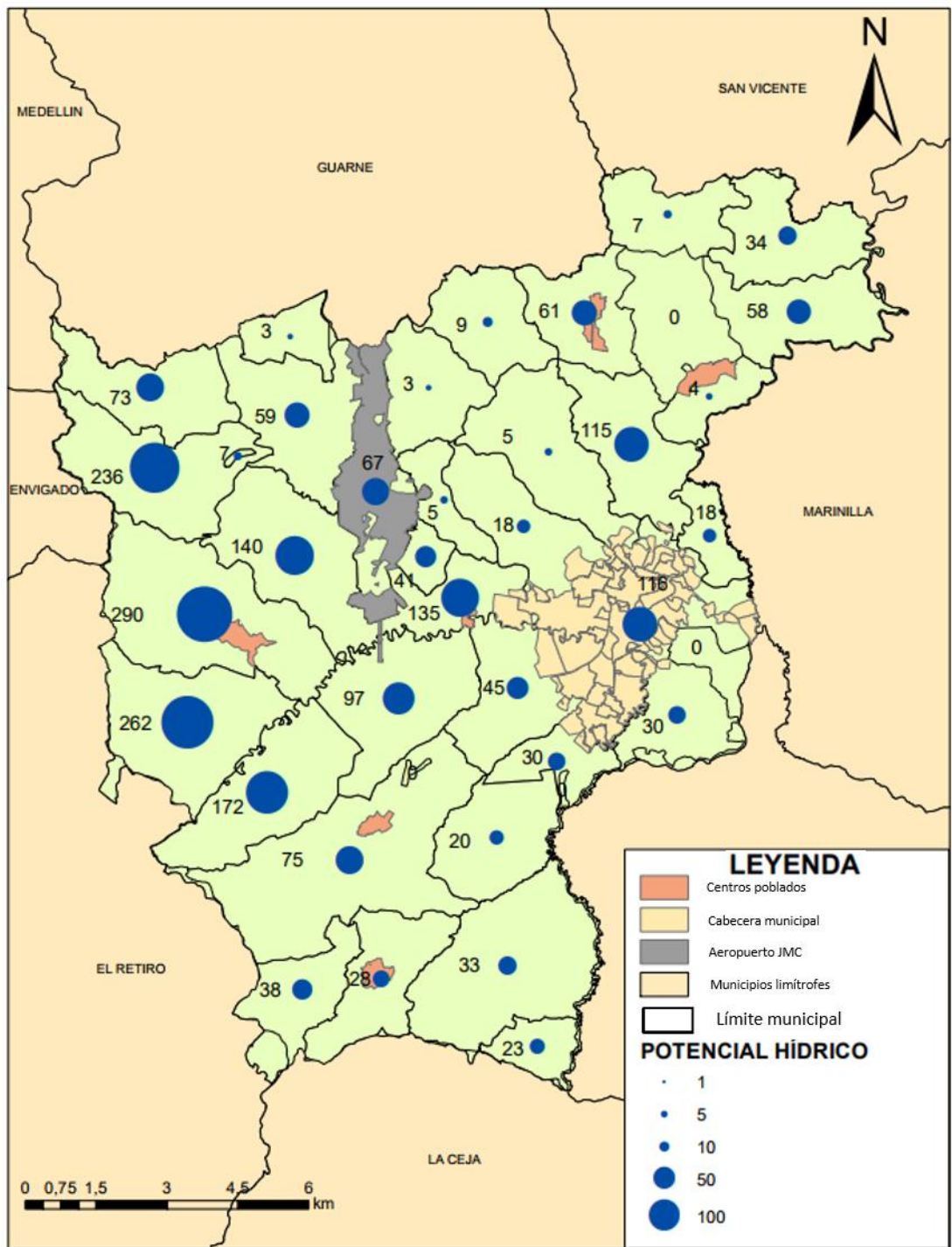
**Tabla 6 Clasificación centrales mini - hidráulicas.** (Brusa & Guarnone, 2017)

CENTRALES MINI - HIDRÁULICAS	
PICO CENTRALES	P < 5 kW
MICRO CENTRALES	P < 100 kW
MINI CENTRALES	P < 1,000 kW
PEQUEÑAS CENTRALES	P < 10,000 kW

Un proyecto liderado por entes privados en el departamento de Antioquia, se encargó de exponer todos los posibles puntos en el departamento que podrían generar energía mediante el uso de pico centrales, este estudio, titulado “Evaluación espacial multicriterio para la localización de picocentrales en Antioquia” fue tomado como fuente para el desarrollo de este segmento de la investigación (Soto Estrada, Posada, Velásquez Girón, Ramírez Jiménez, & García Vélez, 2013).

Tomando como insumo los resultados del trabajo de evaluación espacial multicriterio, se hizo una revisión para determinar el potencial de generación hidráulica en el municipio de Rionegro con pico centrales menores de 5 kW de potencia. El mapa de la Ilustración 17 muestra los resultados obtenidos del procesamiento de datos de este estudio del 2013.



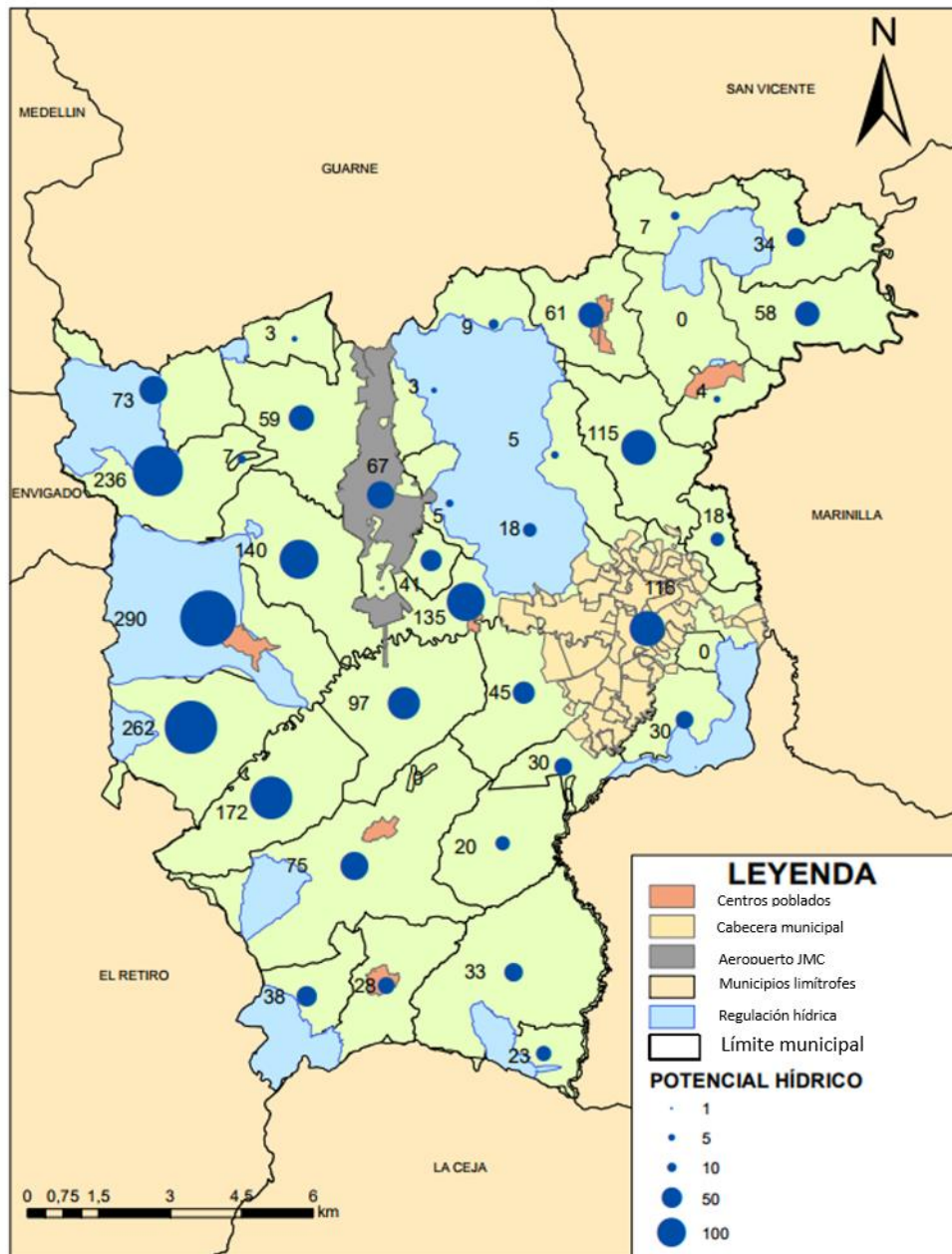


**Ilustración 17 Total de puntos para picogeneración hidráulica en las veredas de Rionegro. Elaboración propia con datos de (Soto Estrada et al., 2013).**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Con un total de 2.357 puntos posibles para aprovechamiento por picogeneración, Rionegro podría obtener una capacidad instalada cercana a 11,000 kW sólo aprovechando el recurso hídrico minoritario de cauces y flujos de agua pequeños. Es importante tener presente que existen veredas en las cuales la cantidad de puntos para aprovechamiento es ligeramente superior si se compara con otras, el caso la vereda el Tablazo por ejemplo, es posible instalar hasta 290 pico centrales, un caso contrario es la vereda de El Rosal o Llano Grande, donde los posibles puntos para instalación de pico centrales es 0.

El panorama para el aprovechamiento es oportuno, sin embargo, se debe tener presente que el recurso hídrico en ciertas regiones del territorio municipal se encuentra protegido debido a que hay zonas especiales donde debe existir regulación hídrica para el abastecimiento de acueductos veredales y para los ecosistemas como tal. El mapa de la Ilustración 18 muestra las zonas para regulación hídrica en el municipio y el total de puntos para aprovechamiento por picogeneración hidroeléctrica.

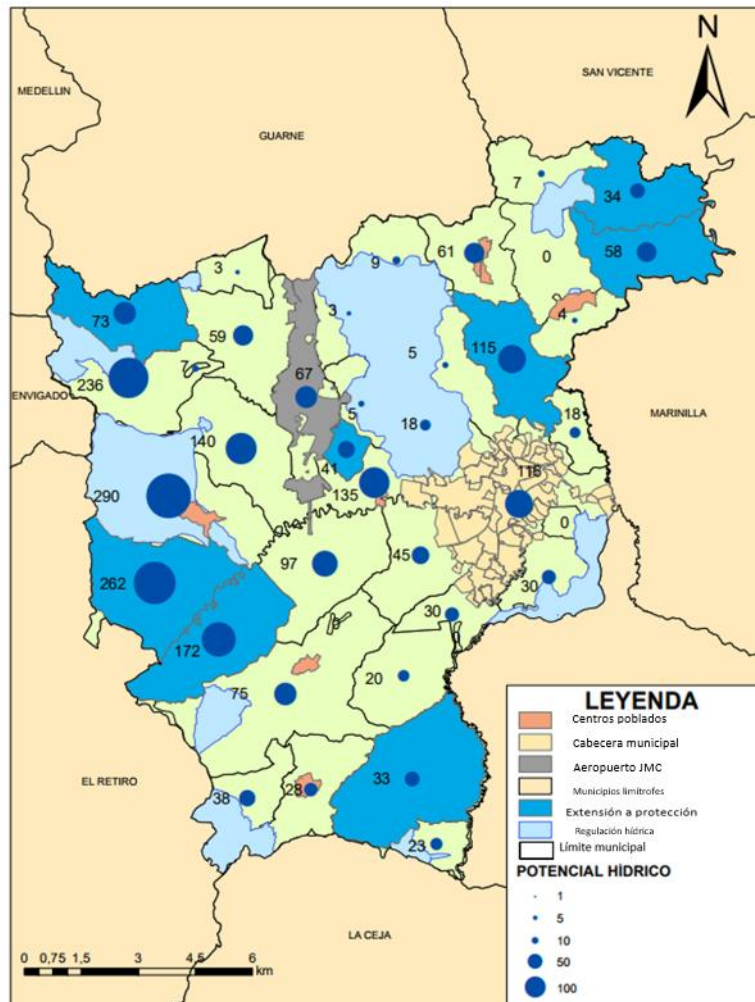


**Ilustración 18 Zonas de regulación hídrica y puntos para el aprovechamiento mediante picogeneración hidráulica. Elaboración propia en base a datos de (Soto Estrada et al., 2013).**

En el mapa anterior es fácil ver la coincidencia de algunas de las zonas que en el POT fueron clasificadas como protección hídrica, con las veredas donde hay un alto aprovechamiento por el gran número de posibles pico centrales a instalar. Este fenómeno entonces evidencia dos cosas, la primera es que en el momento de la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

realización del estudio del potencial hidroeléctrico mediante picogeneración para el departamento de Antioquia, las áreas y polígonos que cada municipio del departamento tiene clasificado detalladamente no se consideró, y la segunda es que para que sea posible que estas dos actividades puedan compartir zonas o partes de regiones en toda la extensión del territorio municipal, es posible hacer una expansión de las áreas a proteger para que de este modo se pueda hacer el aprovechamiento mixto, generar energía, recargar acuíferos, mantener los ecosistemas y captar agua para el consumo humano. Por lo anterior, se propone entonces una expansión para las zonas de protección hídrica actuales del municipio para que el aprovechamiento mixto descrito antes de pueda dar. El mapa de la Ilustración 19 expone la propuesta de expansión.



**Ilustración 19 Extensión de las zonas de regulación hídrica (áreas protegidas) para aprovechamiento mixto. Elaboración propia en base a datos de (Soto Estrada et al., 2013).**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Mediante este mapa entonces se pretende exponer el potencial que el municipio tiene para generación de energía eléctrica mediante picogeneración hidráulica, pero además, se muestran las necesidades en cuanto a las acciones de conservación del recurso enfocadas a las áreas de protección en el municipio, para que de este modo se pueda suplir las necesidades que actualmente se suplen y las futuras si se llega formular proyectos para el aprovechamiento del recurso hídrico como fuente de generación de energía renovable.

### **FASE 3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO**

Una vez cuantificado el potencial energético para Rionegro a partir de tres fuentes renovables, se establece un análisis estratégico DOFA en el que se busca analizar las tendencias que acarrearán las nuevas tecnologías de generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales. Esta matriz se lleva a cabo bajo un enfoque contextual a nivel internacional, Nacional, y local; siendo éste último el potencial energético que contempla el Municipio.

#### **Panorama Mundial-Enfoque internacional**

Las actuales preocupaciones en torno al panorama de seguridad, accesibilidad y sostenibilidad energética debido a eventos relacionados al calentamiento global, han generado la necesidad de buscar nuevas soluciones de desarrollo energético a nivel mundial, las cuales sean sostenibles con el fin de permitir al hombre seguir avanzando sin comprometer la vida de sus generaciones futuras.

No obstante, la matriz mundial energética está conformada en su mayoría (87%) por fuentes fósiles tales como: carbón, petróleo y gas, siendo este último sector, responsable de contribuir en más de una cuarta parte (25,9%) de los gases de efecto invernadero (GHG-por sus siglas en inglés) producidos por el hombre a nivel global (Panel Intergubernamental del Cambio Climático-IPCC referenciado en Ortega, 2017). Escenario que lleva a dar explicación a la gran dependencia de una economía en base al uso de fuentes energéticas fósiles.

Por lo tanto, la búsqueda de una transición económica debe basarse, principalmente, por un modelo de descarbonización en el que se incluya el concepto de generación distribuida por medio de fuentes renovables. Algunas razones que presenta Baron, (2013) ante el porqué de promocionar el uso de energías renovables y seguir avanzando hacia la descarbonización se describen a continuación:

- Conformación de La Convención Marco de las Naciones Unidas para el cambio Climático (UNFCCC), creada después de la cumbre de Rio en 1992. Este acuerdo que integra a 192 países, busca reducir y estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a un nivel que no comprometa el bienestar de la humanidad y de sus generaciones. Además, en este acuerdo se definieron mecanismos y niveles máximos de emisión de gases de efecto invernadero por medio de protocolos, siendo el más importante el Protocolo Internacional de Kyoto del año 1997. El compromiso entre los países integrantes (Países de Anexo 1) se centra

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

en bajar los niveles de emisión en el año 2012 a las mismas concentraciones alcanzadas en 1990.

Una vez expirado el Protocolo en el año 2012, en el que no fue posible llegar a un acuerdo para extenderlo; en diciembre de 2016 se llegó a un nuevo consenso mundial en la Conferencia de Las Partes-COP- llevado a cabo en París. Este convenio se convierte ahora en la nueva hoja de ruta para hacer frente al problema del calentamiento global (Ortega, 2017). Uno de los objetivos principales acordados allí, hace énfasis en la rápida reducción en la emisión de los gases de efectos invernaderos para el año 2050 a niveles que no sean perjudiciales para la humanidad, lo que conlleva a re-pensar sobre el uso de nuevas tecnologías y fuentes renovables capaces de suplir en gran parte la demanda energética mundial.

- La incertidumbre en la volatilidad del mercado de los combustibles fósiles debido a las amenazas del Cambio Climático, han conllevado al fomento de fuertes políticas nacionales enfocadas a la investigación, desarrollo y utilización de fuentes de energías renovables durante la última década (Baron, 2013). Este enfoque sostenible se respalda a partir de razones tales como: menor impacto ambiental hacia los recursos naturales y la creación de tecnologías con cero emisiones de dióxido de carbono.
- El acelerado crecimiento en el uso de tecnologías a partir de fuentes como la solar, eólica e hídrica, han aumentado a una tasa de dos dígitos en la última década hasta el punto de superar la capacidad instalada de energía nuclear a nivel mundial (Baron, 2013). Para el año 2013 la energía nuclear representó el 5% de la matriz energética a nivel global (BP-Statistical Review of World Energy 2014 citado en Almanza & Antequera, 2015).
- Las ambiciosas políticas energéticas establecidas por la Unión Europea han dado paso a la expansión en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías energéticas a base de fuentes renovables, siendo una de las explicaciones por la cual el sector renovable ha tenido un crecimiento acelerado como lo detalla el numeral anterior. El compromiso de la Unión Europea se centra en reducir la emisión de los GHG en un 80-95% para el año 2050, en relación a los niveles emitidos en 1990, lo cual genera grandes implicaciones en la re-estructuración de la generación, funcionamiento y distribución de su sistema energético. Decisiones que van encaminadas hacia una economía con baja generación de carbono en el que se deben explorar los retos ligados ante este objetivo, sin que se comprometan aspectos de: seguridad en la generación de energía eléctrica y la asequibilidad de este servicio para todos (European Commission, 2012). Ejemplos de países de la Unión a destacar son: Alemania alcanzó en mayo de 2016 suplir el 87% de la demanda energética a partir de fuentes de energía solar, eólica, hidroeléctrica y de biomasa. Por otro lado Portugal pudo en ese mismo mes, funcionar a partir de recursos renovables: viento, agua y sol durante cuatro días, gracias a que su matriz eléctrica está compuesta de un 75% por fuentes no fósiles (Badel, 2017).

A modo de conclusión, la implementación de tecnologías a partir de fuentes renovables representa una gran alternativa de generación energética en comparación de los combustibles fósiles o hidrocarburos, los cuales se destacan por una baja generación de GHG. Sin embargo, a pesar de que estas tecnologías están teniendo un crecimiento acelerado, su implementación aún tiene que superar barreras regulatorias y de mercado. Por lo tanto, la autora Bosetti, (2015) plantea dos escenarios a adoptar en el corto y largo plazo con el fin de dar solución a este estado: En el corto plazo, se deberá desarrollar estrategias que abaraten los precios de las energías renovables en comparación a las tradicionales, lo cual conllevará a disminuir el costo a una transición de una economía descarbonizada. Por otro lado, se requiere consolidar políticas que eliminen barreras y fomenten la innovación en el desarrollo de nuevas tecnologías renovables, las cuales se conviertan en el largo plazo, en la principal fuente de generación de cero emisiones. Llevar a cabo estos esfuerzos en el futuro será la clave en poder alcanzar y cumplir los estándares climáticos acordados internacionalmente, acoplándonos a una economía orgánica de cero emisiones.

### **Sector Energético Colombiano-Enfoque nacional**

El sector energético en Colombia cuenta con una capacidad instalada aproximada de 14,4 GW, de los cuales se compone un: 69,9% a partir de generación hidráulica, 24,8% térmicas a gas, 4,9% térmicas a carbón, 0,4% cogeneradores y 0,1% eólicos (Macías & Andrade, 2013). La conformación de esta matriz energética da conocer la alta dependencia que tiene el país en relación al origen hídrico, la cual durante la última década representa cerca del 80% de la energía eléctrica consumida en el país. Esta alta proporción da prueba de la dependencia de este recurso frente a variaciones hidrológicas, como es el caso del Fenómeno de El Niño y de La Niña, o de un modo global a las consecuencias por variabilidad de fenómenos relacionados por el Cambio Climático.

Ese fue el caso en el que el reciente fenómeno de El Niño presentado a finales del año 2015 e inicios del 2016, se puso en evidencia los vacíos de confiabilidad que representa la actual matriz energética del país y sus fallas en la regulación de las variables de operación que la componen, como lo fue el cargo por confiabilidad <sup>1</sup> y precio de escasez <sup>2</sup> (Monsalve, 2016; Saenz, 2017). La alta dependencia del SIN ante este fenómeno hidroclimatológico, dio como resultado la disminución de los niveles de los embalses de gran mayoría de las hidroeléctricas durante la temporada de sequía 2015-2016, lo cual dio

---

<sup>1</sup> La UPME define el Cargo por confiabilidad como: "Es un esquema de remuneración que *permite hacer viable la inversión en los recursos de generación eléctrica necesarios para garantizar de manera eficiente la atención de la demanda de energía en condiciones críticas de abastecimiento...*"(CREG & XM, 2017).

<sup>2</sup> Este concepto defino por La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) estableció por Precio de Escasez como: *la remuneración que tendría un generador que participe del mercado de la confiabilidad, el Valor definido mensualmente por la CREG será el precio máximo de remuneración de la energía firme que despachara el generador durante el tiempo de su funcionamiento* (CREG, 2007).

Durante el periodo de llegada del fenómeno del NIÑO 2015-2016, tuvo grandes impactos de en la rentabilidad financiera de este sector de generación eléctrica en el país, ya que las plantas de generación térmica que entraron en funcionamiento tuvieron que operar a un costo más alto de lo remunerado durante este tiempo (Monsalve, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

paso al uso de las centrales térmicas como mecanismo de respaldo energético ante un futuro apagón eléctrico.

Poner en funcionamiento estas plantas de generación térmica lleva al aumento de las emisiones de carbono hacia la atmosfera en un ámbito nacional, actividad que refleja un sistema energético poco amigable con el ambiente, además, deja de ser una matriz energética limpia tal como lo cataloga el Trilema de la Energía (*Energy trilemma Index*) como: el cuarto país en el mundo en disponer un sistema energético sostenible ambientalmente (World Energy Council, 2014). Las demás variables que evalúa este índice son: seguridad y accesibilidad energética, siendo el primer parámetro altamente afectado por la variabilidad hidrológica del país.

En la actualidad, según datos del Sistema de Información Minero Energético Colombiano, el 97% de la población colombiana tiene acceso a servicio. Sin embargo, al comparar esta cobertura con países de desarrollo económico similar a nivel de Latino América, Colombia se encuentra por debajo del promedio regional en el que se puede destacar que: La cobertura correspondiente a Argentina, Brasil, Costa Rica y Chile, alcanzan a ser del: 99,8%, 99,5%, 99,5% y 99,6%, respectivamente. Porcentaje que se puede comprender de la siguiente manera: el número de hogares que carecen de electricidad en Colombia son más de 460.000 unidades(García, 2016).

Por lo tanto, la necesidad de garantizar el acceso a una energía asequible, sostenible y moderna para todos, es apostarle a una diversificación de la canasta de energéticos en el que las energías renovables no convencionales sean un respaldo a la generación ya existente entre la capacidad instalada de las plantas hidroeléctricas y térmicas del país.

Colombia por ser un país ubicado geográficamente en el Ecuador, cuenta con una diversidad de climas y ecosistemas que lo lleva ser un país con un gran potencial energético en torno al aprovechamiento de fuentes renovables como el agua, el viento y el sol. La irradiación solar promedia es de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día, vientos con velocidades cercanas a los 9 m/s en la parte del Norte y del Caribe del país, índices que se encuentran por encima del promedio anual (UPME; MINMINAS; BID; fmam, 2015).

Es por lo tanto que el potencial energético de fuentes renovables que abarca Colombia, se convierte como medio de solución para el fortalecimiento del actual SIN en temas de: seguridad y accesibilidad; con el fin de ser una estrategia capaz de diversificar la matriz energética.



## **Análisis Estratégico – Matriz DOFA**

La importancia al establecer la matriz DOFA en un análisis estratégico de este tipo nos da a conocer un diagnóstico real al responder preguntas de la situación presente (¿cómo estamos? y medidas a encaminar a futuro (¿a dónde vamos?), las cuales se basarán en la toma de decisiones a partir del resultado arrojado por la matriz. Otro de las ventajas es dar a conocer de forma clara las debilidades, las oportunidades, las fortalezas y las amenazas, elementos que permitan conocer una visión externa e interna de nuestra realidad.

Los componentes de la matriz son:

*Debilidades (D): se refiere a aspectos internos que no permiten con el cumplimiento de los objetivos establecidos;*

*Oportunidades (O): características externas del ámbito de estudio que puedan ser utilizadas a favor para el cumplimiento de los objetivos trazados;*

*Fortalezas (F): características internas de la zona de estudio que permita impulsar y poder cumplir las metas planteadas; y*

*Amenazas (A): son acontecimientos externos que en la mayoría de veces no son controlables dentro del área a analizar.*

Teniendo mayor claridad del funcionamiento de la matriz DOFA se dará paso en aplicar los conceptos mencionados anteriormente en el análisis estratégico sobre el enfoque de la implementación de energías renovables en el municipio de Rionegro. .

- **Debilidades:**

- Falta en el levantamiento de información (inventarios locales) llevado a cabo en la región del Oriente Antioqueño, la cual permita precisar con mayor exactitud y margen de confiabilidad las diferentes fuentes energéticas-renovables a disponer en estas regiones, siendo Rionegro perteneciente a ésta.
- Establecer de forma concreta del ¿qué se quiere? Y del ¿cómo lograrlo? los ideales de crecimiento sostenible establecido en el presente y futuros planes de desarrollo del Municipio, los cuales integren objetivos a cumplir en relación a la implementación de fuentes de energías renovables capaces de suplir las futuras demandas del municipio a este recurso eléctrico.
- Desconocimiento del potencial energético a partir de fuentes renovables dentro del municipio en el que se alcancen aprovechar nuevas tecnologías capaces de entrar en funcionamiento como sistemas complementarios al actual sistema interconectado energético.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Avanzar en estudios que abarquen soluciones de generación e implementación de energías por medio del potencial solar e hídrico del municipio, y que brinden accesibilidad y seguridad a zonas rurales no interconectadas que se encuentre en Rionegro.
- Cooperar en futuros estudios estratégicos de seguridad, accesibilidad y sostenibilidad ambiental energética a nivel local y en compañía de los demás municipios cercanos del Oriente en el que se evalúe la oferta y demanda a suplir al implementar estas tecnologías a base de fuentes energéticas renovables.

- **Oportunidades:**

- Crecimiento acelerado de doble dígito (20% aproximadamente) anual en la instalación de potencia de nuevas plantas a base de energías renovables no convencionales tales como la solar y eólica, lo cual continúa aumentando la demanda por lo que se abre en mayor medida la oferta, disminuyen así los precios de generación (kWh) hasta el punto de llegar a convertirse en la energía más barata que otra energía producida por carbón, petróleo o gas (El Cacho, 2016; J. Jiménez, 2017), pero que necesita ser más rentable a corto plazo. Además, en el año 2015 registraron la generación de un mayor número de puestos de trabajo en comparación a los empleos generados por el carbón, petróleo y gas juntos (Betancur, 2016).
- Implementación y reciente reglamentación de la ley 1715 de 2014 y Resolución 121 de 2017, las cuales buscan incentivar el uso de energías renovables en el país con el fin de diversificar la actual matriz energética colombiana, y se regulan las actividades de autogeneración y generación distribuida
- Beneficios que impulsan el uso de estas tecnologías renovables en Colombia son: de carácter tributario abarca estar exento en el pago de aranceles, IVA, deducción por pago de impuesto de renta, depreciación acelerada de activos; y de carácter no tributario se encuentra la venta de energía excedente, la autogeneración y la integración del prosumidor al sistema energético.
- Implementación de la Ley 697 de 2001 en la que se establece la realización de inventarios nacionales de los recursos naturales energéticos renovables que cuenta el país con el fin de conocer potencialidades en esta materia.
- Afectación del sistema interconectado nacional ante la presencia de fenómenos hidrológicos como ha sido la presencia de El Niño y de La Niña, el cual requiere de la implementación de nuevos sistemas de respaldo y diversificación de generación a la actual matriz energética.

- Compromiso de Colombia ante el fomento de un desarrollo sostenible, equitativo, seguro y moderno en la generación de eléctrica para el país establecidas en COP21 y la agenda 2030.

- **Fortalezas:**

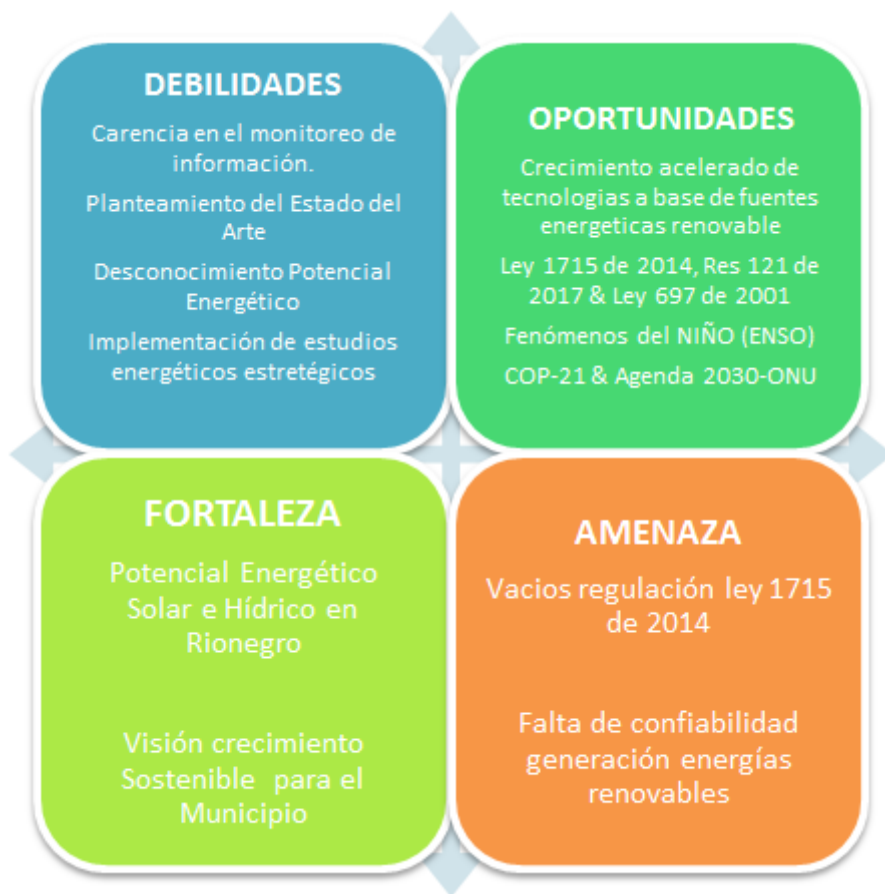
- Gran potencial energético a explotar a partir de fuentes renovables solares e hídricas a menor escala ubicados dentro del Municipio de Rionegro, las cuales se convierten en nuevas opciones complementarias de suministro energético ante la variabilidad e incertidumbre en la seguridad de este recurso a condiciones hidroclimatólogicas extremas. Implementar proyecciones de crecimiento y objetivos de expansión sostenible a cumplir, en el corto, mediano y largo plazo, está ligado a la mejora de la calidad de vida del ciudadano sin comprometer su bienestar y el de las futuras generaciones.
- Visión de un crecimiento territorial sostenible con baja emisiones de carbonos en la atmosfera, con el fin de ser ejemplo de desarrollo a nivel territorial, regional, departamental y nacional.

- **Amenazas:**

- Los grandes vacíos de regulación que establece la ley 1715 de 2014 ante la competitividad de estas tecnologías a base de fuentes renovables contra las convencionales, por lo que no genera condiciones competitivas al ser introducidas a la matriz energética. El actual método en el que está basado la expansión del sistema eléctrico colombiano está dado por el cargo de confiabilidad, el cual le entrega recursos a partir de la energía firme a despachar por el parque generador en cualquier momento en el que sean solicitados. Establecer este parámetro con energía térmica es sencillo, ya que la energía a ofrecer depende del combustible fósil a emplear, ya sea carbón, gas o diésel, sin embargo, la variabilidad en las fuentes no convencionales no permite ser participe de este cargo por confiabilidad, ya que se convierten en proyectos que económicamente no son viables a la hora de competir en el mercado (Monsalve, 2016).
- Falta de confiabilidad en la generación de fuentes renovables no convencionales a cambios externos hidroclimatólogicos, dejando de ser una opción viable ante la competencia convencional debido a limitaciones de regulación emitida hacia estas nuevas tecnologías.

La Ilustración 20 recopila los principales aspectos mencionados en el análisis DOFA para el municipio de Rionegro en relación al contexto internacional, nacional y local sobre la implementación de energías renovables no convencionales.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



**Ilustración 20 Análisis DOFA contexto energías renovables no convencionales para el municipio de Rionegro**

### **Plan de monitoreo y evaluación**

Las oportunidades de aprovechamiento del potencial energético con las que cuenta Rionegro por medio fuentes renovables no convencionales, tal como: la solar e hidroeléctrica a pequeña escala, ofrecen un camino prometedor en la implementación de planes integrales de desarrollo sostenible para el municipio. A pesar de que Rionegro cuenta actualmente con una visión de crecimiento sostenible en el que integra a las energías renovables como alternativa de desarrollo, hoy en día no cuenta específicamente con una hoja de ruta capaz de direccionarlo a cumplir con este panorama. Por lo tanto, plantear una alternativa de monitoreo en esta etapa ofrece la posibilidad de crear una estrategia que influya positivamente a la toma de acciones por parte del Municipio, la comunidad y demás actores, en promover la integración de las fuentes de energía renovable a este territorio del Oriente Antioqueño.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Por lo tanto, el plan que se formula para esta etapa se basa a partir de los resultados comprendidos en el análisis DOFA, los cuales dieron pie a establecer este plan de evaluación y monitoreo. La metodología comprende de tres fases que conllevan a dar respuesta a tres preguntas dirigidas a una etapa de diagnóstico, de proyección y de desarrollo.

- **FASE I- Etapa de reconocimiento**

Una de las debilidades que abarca el municipio de Rionegro es el desconocimiento del estado del arte relacionado a su potencial energético por medio de fuentes renovables y de sus posibles formas de ser aprovechado. Es por ello que se plantea a dar respuesta a la pregunta *¿En qué punto nos encontramos?*

Esta fase de reconocimiento puede llevarse a cabo a partir de la implementación de actividades centradas a la actualización de los parámetros referentes al monitoreo de las variables locales relacionadas a este potencial, tales como: radiación, humedad, temperatura, caudales y calidad del afluente como variables físicas. Además, se debe tener en cuenta monitoreo del porcentaje de personas que actualmente estén conectadas a la red y las demandas energéticas que requiere el Municipio. Un buen ejemplo a establecer en esta fase es la implementación de un análisis DOFA.

De modo de ejemplo para la recopilación de variables físicas relacionadas al potencial hídrico, la instalación de una red de monitoreo para este recurso es una alternativa contemplar. Para ello, en la sección anterior, recurso hídrico, se plantea el diseño de una red de monitoreo a nivel municipal con el fin de hacer seguimiento a variables relacionados a la calidad del agua.

- **FASE II- Etapa Proyección**

Una vez formalizado el desarrollo de la FASE I, se establecen los objetivos, metas y visiones a cumplir de modo que se dé respuesta a la pregunta *¿A dónde queremos llegar?*

Sin embargo, proyectar el punto al que se desea llegar, debe basarse a partir del estado del arte realizado en la etapa anterior, en el que las respuestas obtenidas de allí, se vean reflejadas en la implementación de una meta alcanzable, concisa y clara a nivel Municipal en un periodo del corto, mediano y largo plazo.

Ejemplos que se pueden definir en un corto plazo, es la ejecución en el levantamiento de información de las variables de monitoreo, mientras que para un objetivo de mediano plazo puede abarcar la integración de fuentes energéticas renovables como medio complementario a suplir la demanda energética municipal. Y por último, el objetivo a largo plazo, el cual se convierte en el eje estructurante en el desarrollo de los anteriores objetivos, es consolidar a un Rionegro como un municipio líder en la toma de decisiones innovadoras e integradoras en el sector energético renovable.

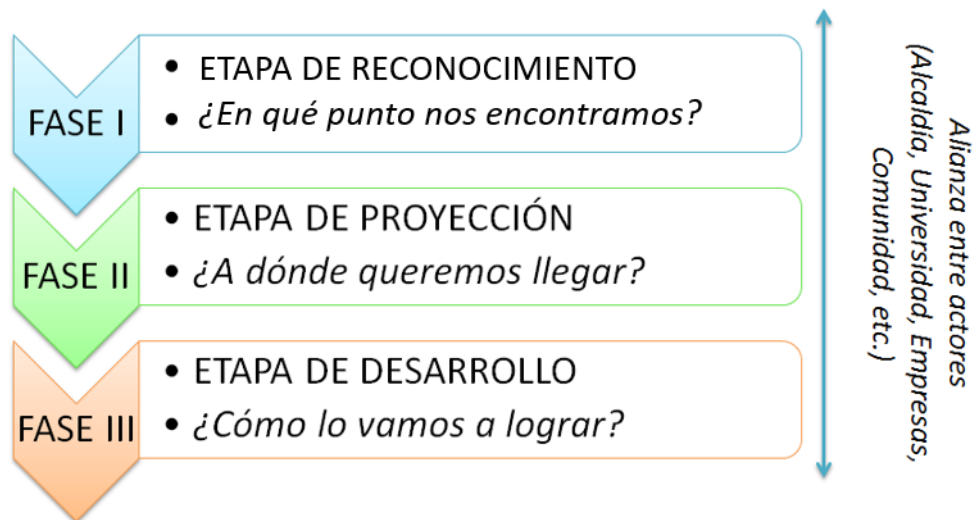
- **FASE III- Etapa de Desarrollo**

Ya consolidado la fase de inicio con la fase de llegada, se debe establecer el camino conector entre estas dos etapas. Es por lo tanto que la pregunta que abarca esa última etapa debe dar respuesta a *¿Cómo lo vamos a lograr?*

Para ello se deben ejecutar una serie acciones y decisiones que abarcan la formulación y adopción de planes integrales que den pie al fomento de factores de investigación, desarrollo e innovación. Además, el planteamiento de esta toma de decisiones debe de estar altamente relacionado con la inclusión de otros actores como instituciones tanto públicas con privadas, empresas y, por supuesto, a la comunidad, tales como: Universidades, empresas generadoras y distribuidores de energía, secretaria de desarrollo municipal, entre otros.

Programa integradores bajo a estos conceptos puede abarcar la integración de fuentes de energía renovables a proyectos estandarizados para el desarrollo de viviendas de interés social. Adicionalmente, generar estos tipos de proyectos requiere de la integración de alianzas estratégicas por parte de diferentes sectores, en el que se puede destacar como modo de ejemplo grupo de investigación de la Universidad EIA, Energía, los cuales plantean como una de sus esferas de actuación la implementación de edificaciones energéticamente eficiente.

Comprender el éxito en el funcionamiento de esta metodología debe basarse en la repartición de los roles entre las alianzas de los actores establecidos, en el que el desarrollo de cada una de las fases descritas se lleve a cabo por la conformación de un equipo interdisciplinario capaz de representar a cada uno de los actores tanto públicos como privados. Además, funciones a cumplir por este equipo de trabajo se centra en el desarrollo de los planes administrativos y de gestión para cada una de las etapas, ya que los resultados a obtener se deben basar en la creación de indicadores guías a la hora de constatar una acción (ver Ilustración 21).



**Ilustración 21 Fases de evaluación y monitoreo para la estrategia de energía. Elaboración propia.**

Por otro lado, cabe de destacar que la implementación de diferentes estrategias enfocadas al uso de las energías renovables que se puedan implementar a escala municipal, se encuentran altamente relacionadas con las dinámicas y tendencias a nivel nacional e internacional en torno a este tema de gran complejidad. Es por ello que la conformación de planes integradores de desarrollo territorial para Rionegro dependerá de del comportamiento de variables exógenas, las cuales se encuentran por fuera del marco de regulación municipal.

### 3.1.3 Movilidad

#### FASE 1: DIAGNÓSTICO

El aspecto de la movilidad es fundamental para desarrollar territorios sostenibles. Esto es primordial para el municipio de Rionegro, epicentro del desarrollo del Oriente Antioqueño. El POT municipal reconoce la necesidad de implementar estrategias para convertir al municipio en un territorio amigable para el ciudadano en el que se fomenten los medios de transporte no motorizados y se haga uso del espacio público. En este documento se establece que Rionegro debe promover un desarrollo uniforme en los aspectos económico, social y de infraestructura. Ejemplos de soluciones que se han ido consolidando hoy en día son: implementar un modelo de transporte masivo que sea amigable con el medio ambiente y la propuesta que hace la alcaldía en el proyecto Bici-río, en el que se fomenta una cultura de movilidad de sus ciudadanos a partir de este medio de transporte no motorizado, la bicicleta (Trujillo Villa, 2017).

El municipio cuenta con 128,94 km de malla vial que se clasifica en primaria o de travesía, las cuales tiene la función de conectividad departamental y se caracterizan por velocidades hasta de 100 km/h, secundarias o vías arterias, que cumplen la función de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

ser conexiones intermunicipales y presentan velocidades entre 60 a 80 km/h, y terciarias o vía colectoras, las cuales permiten la conexión entre las áreas urbana (Alcaldía de Rionegro, UCO, & CAMACOL, 2016)

A pesar de que este municipio cuenta con la mejor infraestructura vial del Oriente Antioqueño (Sánchez, Naranjo Montoya, & Torrejón Cardona, 2011), Rionegro presenta un rezago, debido a que en durante los últimos 30 años, se ha hecho poco por mejorar la malla vial con relación al crecimiento imprevisto que ha vivido el municipio (Rendón 2017, citado en Correa, 2017).

La Tabla 7 muestra a modo de resumen la parte del documento que contiene información utilizada para abarcar este tema estratégico.

**Tabla 7 Resumen de la documentación revisada para el tema de movilidad**

<b>MOVILIDAD</b>	<b>ART.</b>	<b>ACUERDO 056 DE 2011 (POT)</b>
	<b>100</b>	Plan maestro del sistema de espacio público municipal
	<b>112</b>	Políticas de movilidad
	<b>115</b>	Plan de movilidad y transporte
	<b>116</b>	Contenido mínimo del plan de movilidad y de transporte
	<b>117</b>	Proyectos y planes para el mejoramiento de la movilidad en el municipio de Rionegro
	<b>NUM.</b>	<b>PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL RIONEGRO 2016-2019</b>
	<b>2.4.3</b>	Diagnóstico línea estratégica, el Cambio para desarrollar el territorio - Componente ambiental
	<b>3.4.3</b>	Estructura línea estratégica, el Cambio para desarrollar el territorio - Componente ambiental

Uno de los mayores avances del municipio hacia los objetivos establecidos en el POT se enfoca en la inclusión de Rionegro en el año 2016 como una de las 15 ciudades emergentes y sostenibles de Colombia que harán parte del proyecto de financiación social, ambiental y de infraestructura para ciudades intermedias que lleva a cabo el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en compañía de la Financiera del Desarrollo Territorial de orden Nacional (Findeter). Cabe destacar a su vez que Rionegro es la única ciudad no capital que conforma este grupo (Álvarez, 2016a; Correa, 2017).

Esta nominación se logró a partir de la implementación de un análisis de diagnóstico que comprende 150 indicadores, establecidos en la guía metodológica implementada por el BID para la iniciativa de ciudades emergentes y sostenible (Álvarez, 2016a). Doce de los ciento cincuenta indicadores propuestos por el BID se ocupan del tema de movilidad. Rionegro estimó 7 de ellos, los cuales se presentaron en el plan vial del Municipio para el año 2017(Alcaldía de Rionegro et al., 2016). Los indicadores analizados se enlistan en la Tabla 8.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles es una propuesta institucional del (BID), que busca apoyar técnicamente y financieramente a las ciudades emergentes de América Latina y el Caribe para que optimicen sus esfuerzos hacia un desarrollo sostenible a partir de una buena gestión en temas: ambientales, urbanos, fiscales y de gobernabilidad por medio de un modelo que fomente y abarque la participación ciudadana (Banco Interamericano de Desarrollo[BID], 2017).

En el año 2012 el BID firmó una alianza estratégica con la (Findeter)<sup>3</sup> con el fin de implementar la guía metodológica en ciudades emergentes. Hasta el año 2016, quince ciudades colombianas se habían sumado a la iniciativa con Rionegro como única ciudad no capital (Juan et al., 2016, página 40).

**Tabla 8 Lista de indicadores analizados por Rionegro en relación al programa BID en el plan vial municipal 2017. Elaboración propia en base a la información contenida en Ellis, Andrés, & Horacio, 2013)**

Tema	Subtema	Indicador BID	Nombre Indicador	Descripción	Valores de Referencia			Valor
Movilidad/ transporte	Infraestructura de Transporte Equilibrado	52	Kilómetros de vías cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros por carril de vías públicas dentro de la ciudad (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado en kilómetros cada 100.000 habitante.	<300	300-400	>400	244,38
		53	Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros por carril dedicado exclusivamente al recorrido de autobuses y kilómetros de línea central de trenes de pasajeros (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado como kilómetros del sistema de transporte cada 100.000 habitantes	>40	40-10	<10	0
		54	Kilómetros de sendas para bicicleta cada 100.000 habitantes	Los kilómetros de línea central de caminos dedicados a bicicletas dentro de la ciudad (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado como kilómetros cada 100.000 habitante	>25	15-25	<15	1,98
		55	Kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros de paseo dedicados a la vía peatonal dentro de la ciudad (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado en kilómetros cada 100.000 habitantes	Más de cuatro veces la longitud de la red de carreteras	Entre dos y cuatro veces la longitud de la red de carreteras	Menos de dos veces la longitud de la red de carreteras	Menos de dos veces la longitud de la red de carreteras
	Transporte Seguro	58	Víctimas mortales por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes	La cifra anual de víctimas mortales por accidentes de tránsito de cualquier tipo (numerador), dividido por 1.000 habitantes de la ciudad (denominador), expresado como la cantidad de muertes por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes	<0,1	0,1-0,2	>0,2	0,01
		60	Cantidad de automóviles per cápita	Cantidad de automóviles de uso personal per cápita	<0,3	0,3-0,4	>0,4	0,18
			Cantidad de motocicletas per cápita	Cantidad motocicletas de uso personal per cápita	<0,1	0,1-01,75	>0,175	0,7

<sup>3</sup> Findeter es una banca de desarrollo colombiano que otorga créditos a entes territoriales, áreas metropolitanas y municipios, con el fin de fomentar la construcción y desarrollo de territorios sostenibles a través de la planeación, estructuración, financiación y asistencia técnica de proyectos de infraestructura, que mejoran la calidad de los colombianos (Findeter, 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Debido a que Rionegro es reconocida como una ciudad emergente<sup>4</sup> por el BID, los problemas de sostenibilidad que allí abarcan deben estar ligados a soluciones eficientes en el corto plazo que den respuesta a ellos, ya que el riesgo de continuar con un crecimiento no regulado y disperso conllevará a dar soluciones mucho más difíciles y costosas económicamente al largo plazo. Por lo tanto, entender mejor los problemas críticos que compone el territorio se da por medio un diagnóstico rápido utilizando indicadores que están relacionados a las temáticas que abarca esta guía metodológica. Siendo uno de ellos el indicador de movilidad transporte que describe en el apartado anterior.

Más allá de proponer la construcción de infraestructura, lo que requeriría estudios detallados, este trabajo se concentra en el análisis de los indicadores del BID contemplados por el Plan Vial Municipio de Rionegro- Acuerdo 039 de 2016- para el diagnóstico antes mencionado, ya que se entiende que el municipio los considera como una guía para establecer prioridades de desarrollo territorial sostenible a futuro. La función que cumple la identificación de estos índices, es el rol de detallar las problemáticas locales del territorio en estudio de forma rápida, en el que se priorizan los sectores de desarrollo más deficiente con el fin de elaborar un plan de acción a partir de la implementación de soluciones innovadores y asequibles.

Uno de los indicadores que llamó más la atención es el que relaciona la longitud vial por cada 100.000 habitantes, en el que el resultado obtenido es de 244,38, es decir, cumple con un desempeño sostenible según la guía metodológica. Teniendo cuenta los valores de referencia según el BID establecidos en la Tabla 8; la denotación de colores para este indicador es: **color verde-menor a 300-** cuando es sostenible o buen desempeño, **amarillo-300 a 400-** el desempeño potencialmente problemático, y **rojo-mayor a 400-** significa que no es sostenible-desempeño altamente problemático. (BID, 2013).

Respaldar el resultado obtenido de “**desempeño sostenible**” que hace referencia a este índice según la metodología del BID, da a conocer información de parámetros tales como: *el tipo de la matriz urbana que se está consolidando en el Municipio, ya sea a partir de un modelo compacto o disperso*. Por lo que el valor obtenido hace referencia a que Rionegro cumple con ser una ciudad compacta; representación que difiere a la forma en cómo se está llevando a cabo la expansión urbanística de este municipio, ya que su expansión se está dando compacta en su cabecera y dispersa alrededor de ésta. Por lo consiguiente, considerar un desarrollo sostenible y compacto a partir del parámetro de densidad vial allí, debe de observarse teniendo en cuenta estos dos eventos de crecimiento que se da dentro del territorio del Municipio con el fin de tener una mejor percepción de la actualidad por medio de la representación que busca definir la etapa de diagnóstico rápida establecida por el BID para este indicador de movilidad y transporte.

---

<sup>4</sup> El BID define “ciudad emergente” como aquellas ciudades que tuvieron un crecimiento poblacional y económico positivo por encima del promedio nacional durante el último periodo intercensal y que a su vez tuviera una población de entre 100 mil y 2 millones de habitantes (BID, 2017).

Sin embargo, esta escala ofrece la oportunidad de tener muchas connotaciones, por ejemplo, en cuanto a la calidad de la red que se contabiliza para el cálculo o su distribución. Además, puede no representar las condiciones de todo un territorio (porque los territorios no son homogéneos). Las limitaciones en el uso de los indicadores deben ser completamente entendidas para que puedan servir como instrumentos de gestión. Se considera que éstas no se aclaran oportunamente en el documento guía del BID, razón por la cual estos indicadores se pueden apreciar como poco representativos, sobre todo cuando se compara el desempeño de una ciudad latinoamericana frente a otra, dependiendo de quién los vea, en qué sector de dichas ciudades viva, los modos de transporte que utilice, etc., será la impresión general sobre su pertinencia.

Comprendiendo lo anterior, el enfoque a realizar para esta estrategia se vinculará a replantear el resultado obtenido para este indicador vial del BID, en el que esta vez no se tomará a Rionegro como un conjunto homogéneo, sino que se dividirá el análisis en la evaluación de este indicador considerando dos escalas de análisis, un enfoque local para la cabecera y el otro para el área rural, con el fin de encontrar un resultado representativo de las diferentes dinámicas de crecimiento que actualmente se presentan en a Rionegro.

Partiendo de este índice global en el que se logre plasmar las condiciones actuales de movilidad en la ciudad, se pueden consolidar oportunidades de mejora en el que se detalle un posible camino a seguir por la administración municipal, teniendo en cuenta las características de crecimiento que enfrenta el municipio, en torno a este aspecto sobre la movilidad, además que será posible verificar con las tendencias e índices globales qué es posible mejorar en el Municipio para obtener mejores propuestas y nuevas implementaciones que encaminen a Rionegro a dar cumplimiento de ser una ciudad sostenible, amigable y desarrollada.

## **FASE 2: DISEÑO**

### **Cabecera municipal**

Las variables que compone el cálculo de este indicador de densidad vial están dadas por: Longitud vial que compone la red vial en la cabecera del Municipio y la población por cada 100.000 habitantes censados. La longitud vial se estimó utilizando las capas de información proporcionadas por el municipio y la población se calculó utilizando datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (Ver Ecuación 1).

#### **Ecuación 1 Cálculo del indicador de sostenibilidad urbana.**

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Longitud Malla Vial (km)}}{\text{Población en Cabecera por cada 100.000 hab}}$$

Antes de entrar en detalle sobre la determinación de estas dos variables, se debe proyectar toda la información en capas de información vectorial obtenida al sistema coordenadas local para el territorio de Antioquia, Magna Medellín Antioquia 2010, con el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

fin de tener mayor precisión espacial a la hora de hacer los cálculos de medición de longitud vial correspondiente. Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a la delimitar el área a analizar, para este caso es la cabecera Municipal, el cual por medio de las capas de información obtenidas, ya proyectadas en el sistema Magna, y por medio del uso del software ArcGIS, se puede extraer esta parte del territorio. La delimitación de la cabecera está compuesta por el límite del suelo urbano asociado a cuatro sectores principales: Centro (S1), San Antonio (S2), Santa Ana (S3) y el Porvenir (S4); en conjunto con las áreas de expansión del municipio que están comprendidas dentro el actual POT (ver Ilustración 22).

Una vez que se obtuvo la nueva capa con el perímetro de la cabecera delimitada, se procede a hacer uso de la herramienta de geo-procesamiento: intersectar, con el fin de extraer las vías que únicamente se encuentran dentro y en el perímetro de la cabecera Municipal. El conjunto de los datos que incluye la capa de malla vial del territorio obtenido fue mejorado por medio de la comparación y actualización de vías faltantes que sí se encontraban digitalizadas en otras fuentes secundarias para la región.

Por último, al obtener la intersección de la malla vial para la cabecera, se procede a determinar su longitud en kilómetros, siendo el valor de la distancia total de: 148,48 km.

Una vez calculado este parámetro, se consulta la proyección de la población para el municipio de Rionegro según el DANE a partir del último censo. El número de habitantes que habitan en la cabecera del Municipio es de 81.591 según la proyección para el año 2017; cantidad que equivale al 65,68% de la población total (DANE, 2017). Considerar el número de habitantes entregado por esta institución pública nos permite detallar la densidad vial real que se encuentra sujeta para la zona urbana del Municipio, ya que el resultado del indicador abarca la población ya existente.

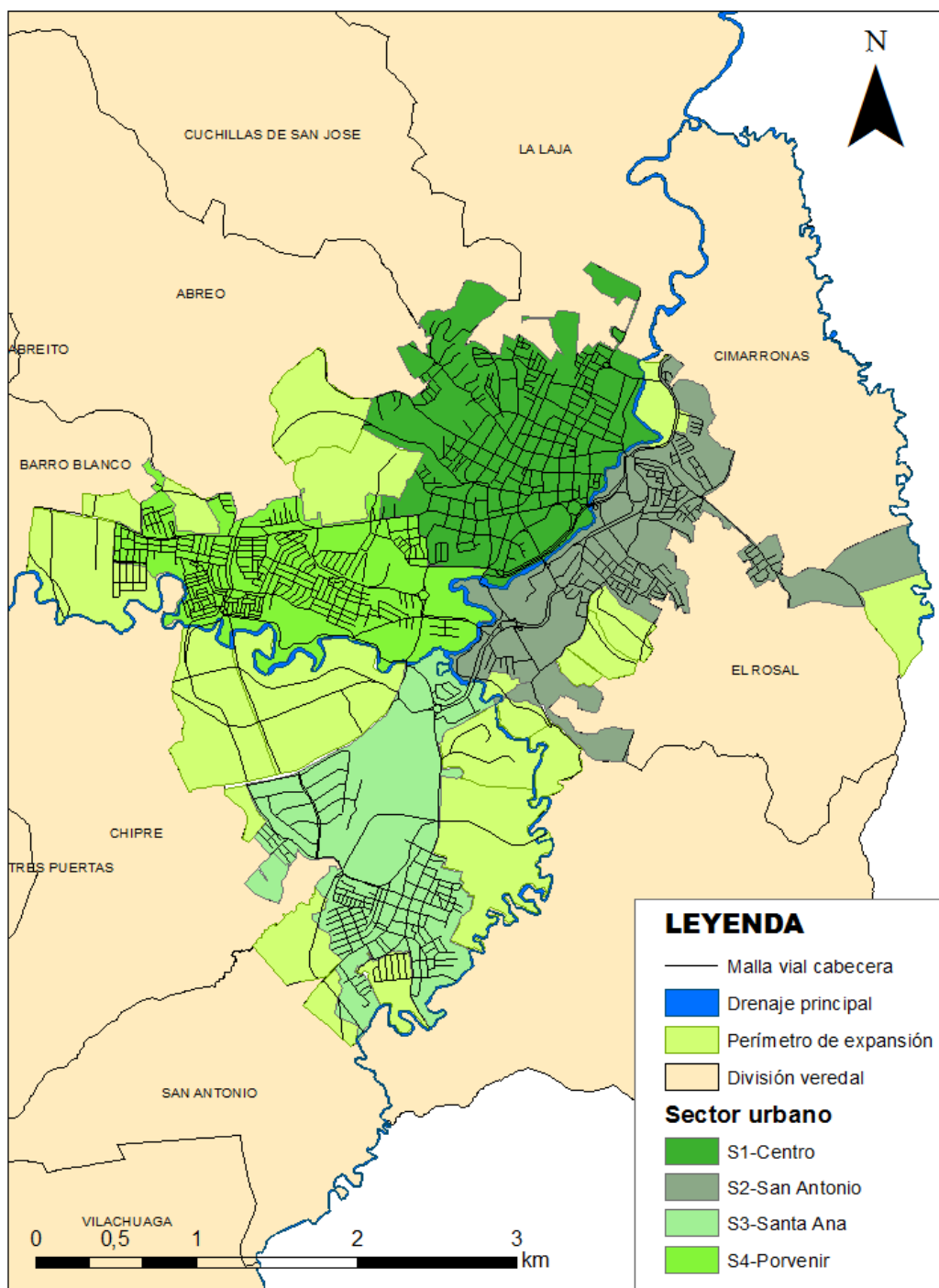
Retomando la Ecuación 1 y aplicando los valores mencionados anteriormente, el indicador para la longitud vial en kilómetros por cada 100 mil habitantes dentro de la cabecera del Municipio es:

$$\text{Indicador} = \frac{148,48}{81.591 / 100.000 \text{ hab}} = 181,98$$

El valor obtenido de 181.98 corresponde a ser un indicador sostenible con buen desempeño a la hora de determinar la densidad vial en la cabecera de Rionegro según la tabla de convención expuesta por la guía metodológica del BID (ver Tabla 8).

El valor encontrado en el Plan vial Municipal es: 244.38, por lo que cumple con ser un indicador con una gestión de “buen desempeño”, pero que a diferencia del valor encontrado para la cabecera, ese resultado está enfocado a una escala general, es decir, para todo el Municipio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



**Ilustración 22 Indicador BID - Findeter Longitud vial en km por cada 100 mil habitantes en la cabecera municipal de Rionegro. El color verde hace referencia al tipo desempeño encontrado para esta zona. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

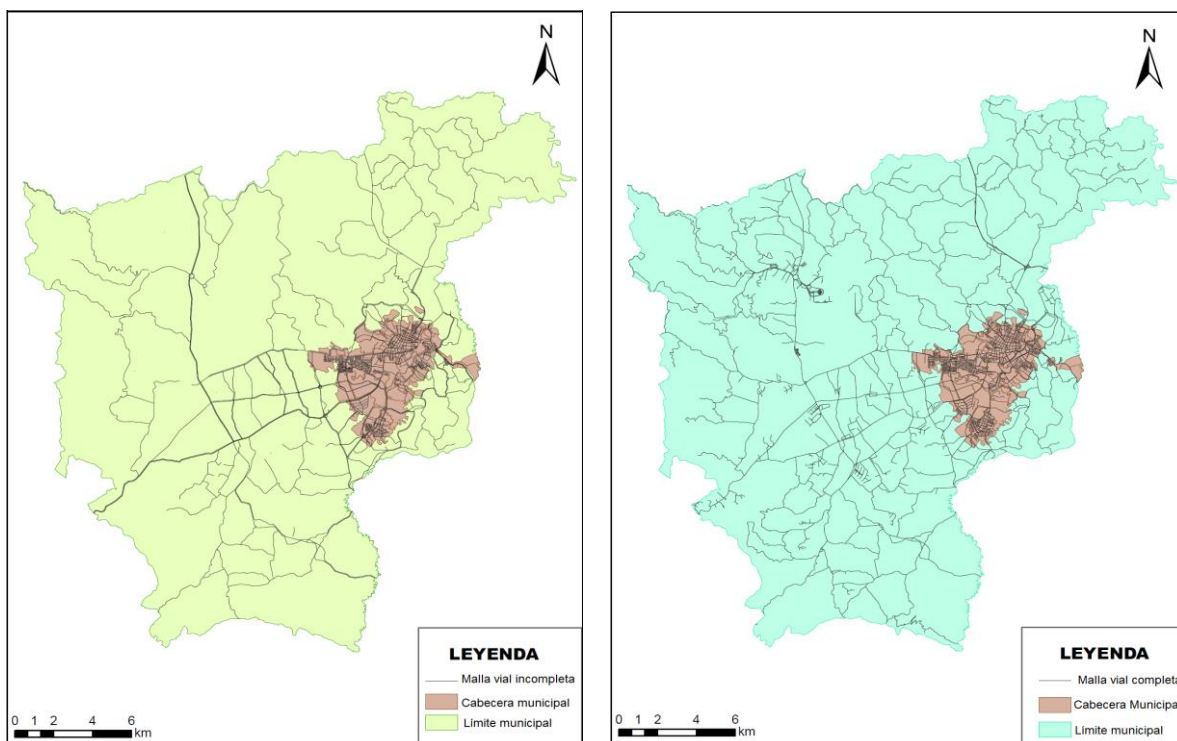
La Ilustración 22, da a mostrar los resultados obtenidos del indicador a partir del desarrollo del mismo en el software ArcGIS, mapa que demuestra en color verde el perímetro de la cabecera Municipal (compuesto por el límite municipal y límite de expansión), en conjunto a la sección de la malla vial perteneciente a esta parte del territorio. Como se había mencionado anteriormente, el color verde denota ser un indicador sostenible o con buen desempeño según las indicaciones de la guía.

## **ÁREA RURAL**

El procedimiento a establecer para el cálculo del indicador BID-Finder en las áreas alrededor de la cabecera municipal (Resto del Municipio) se lleva a cabo como se mencionó en el apartado anterior (Ecuación 1). Sin embargo, para esta zona de estudio, se determinará el valor de la población rural a partir de dos metodologías, las cuales darán respuesta a:

1. En primer lugar, la metodología a emplear se basa a partir del número de personas que habitarán en la zona rural de Rionegro según la proyección del DANE para el año 2017. Dar pie a este cálculo permite comparar el indicador de densidad vial entre ambas escalas locales de análisis: cabecera y zona rural de Rionegro.
2. Por otro lado, la metodología busca responder a la siguiente pregunta ¿qué tan preparado se encuentra el municipio de Rionegro en atender a la población máxima proyectada a partir de las densidades habitacionales rurales que establece el POT en relación a la longitud de la malla vial que actualmente se encuentra en la zona rural?

Teniendo en cuenta que para cada uno de las propuestas se va utilizar el mismo valor de longitud de malla vial en kilómetros para la parte rural, los pasos a seguir en el cálculo de este parámetro se hace igual a la forma en cómo se realizó para la sección anterior. Como la capa de información de la malla vial inicial no abarca completamente las vías digitalizadas para esta región por fuera de la cabecera, se procede a complementarla a partir de capas de información georeferenciadas que fueron solicitadas nuevamente a la secretaria de planeación de Rionegro, con el propósito de abarcar mayor longitud de la malla vial que se encuentre por fuera de la cabecera y que actualmente se encontrará disponible (ver Ilustración 23). Por lo tanto, la longitud de vías en kilómetros que se determinó para el resto del municipio es de 461,42 km.



**Ilustración 23 Actualización de la malla vial de Rionegro. En el lado izquierdo comprende de una malla vial contenido en las capas de información suministrado por el Municipio, mientras que en el lado derecho comprende de la malla actualizada a utilizar para esta estrategia de movilidad. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

Una vez calculado la longitud vial se da paso a determinar la población por fuera de la cabecera a partir de cada una de las metodologías establecidas:

1. Según la proyección del DANE, la población por fuera de la cabecera de Rionegro a habitar para el 2017 es de 42.628 personas en base al último censo poblacional. Valor que corresponde al 34,32% de la población total (DANE, 2017).

Al obtener los dos parámetros a evaluar por el indicador de densidad vial en base a la población proyectada por el DANE, el valor resultante es:

$$\text{Indicador} = \frac{461,62}{42.628 / 100.000 \text{ hab}} = 1082,90$$

Según los valores de referencia establecidos por el BID, este indicador queda categorizado con un desempeño no sostenible- altamente problemático (valor

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

mayor a 400). Resultado que diverge con lo encontrado para la cabecera, ya que este valor connota que la zona por fuera de la cabecera se rige a partir de un modelo de crecimiento altamente disperso (ver Ilustración 24).

Por otro lado, en vista de precisar con mayor rigor el resultado del indicador encontrado para la región por fuera de la cabecera, con respecto a la malla vial que realmente comprende ésta, se plantea escoger una zona de estudio perteneciente a esta región por fuera de la cabecera municipal, en el que se pueda digitalizar la red vial que intersecta esta zona y localizar el mayor número de viviendas observables para el polígono de interés. Este polígono hace parte de la zona de regulación hídrica del Municipio, el cual comprende un área de 14,627 km<sup>2</sup> o 1462,7 ha.

El procedimiento de digitalización se realiza a partir de la imagen satelital 2017 que propone el software ArcGIS por medio de su herramienta "*Imagery-Basemap*" con disponibilidad para todos los lugares del mundo; mapa que fue actualizado el 06 de Octubre de 2017 por ESRI y en el que se usó el día 14 de Octubre de 2017 (ESRI Inc., 2017).

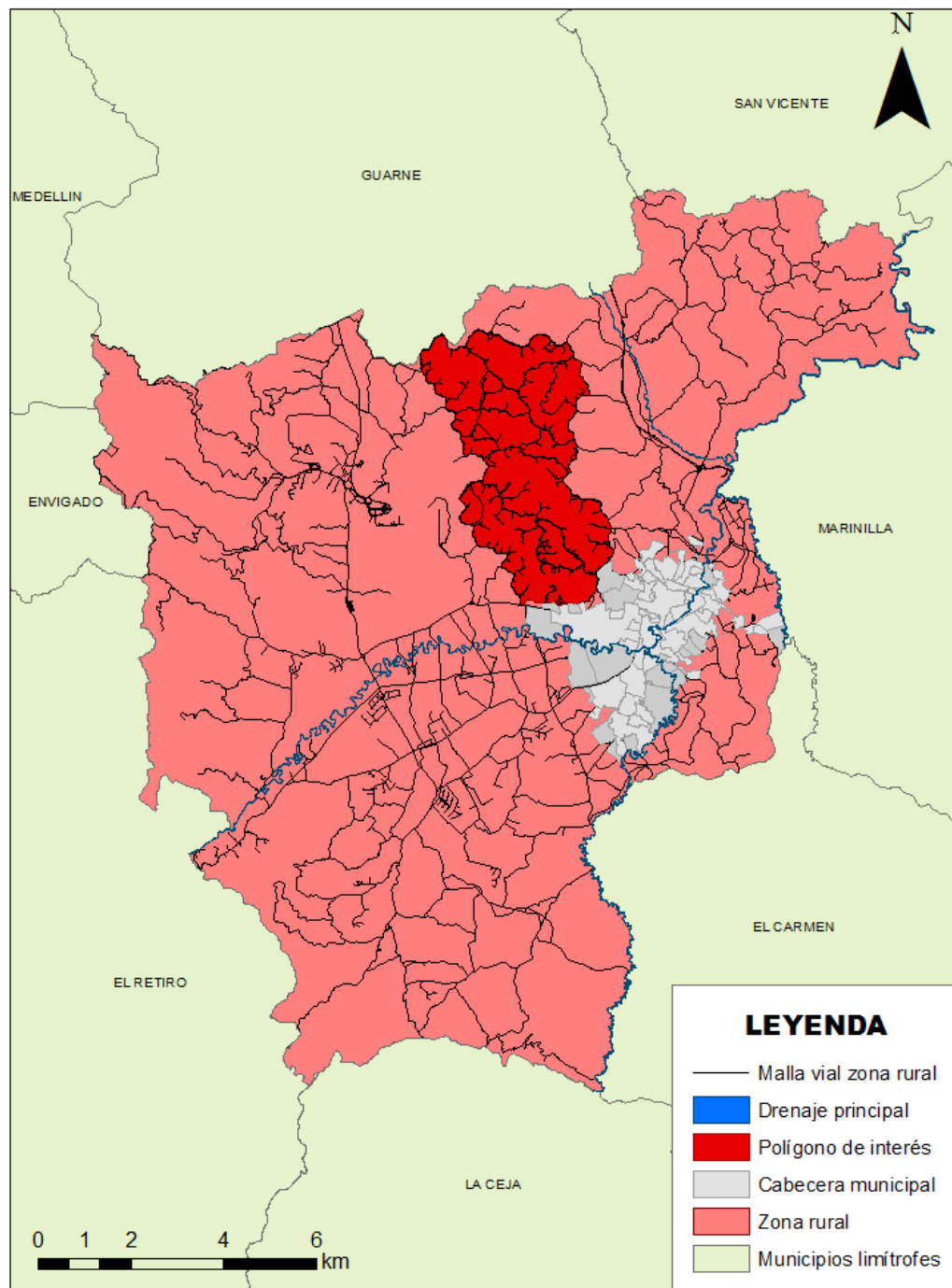
Teniendo la imagen base de apoyo se digitalizan las vías públicas que componen este polígono y, además, se ubican puntos de referencia que indican la presencia de una vivienda en este territorio. Cabe destacar lo siguiente, las condiciones de las vías del municipio no han sido intervenidas por lo que se conserva como vías "sin pavimentar" denominadas en el actual POT como vías rurales o arteriales. Además, durante la ubicación de las viviendas a digitalizar se encuentran características tales como: centros poblados altamente densos, fincas campestres e inicio en la constricción de unidades de parcelación en una zona clasificada para conservación de recurso hídrico. Cabe destacar que cada punto digitalizado se considera como una vivienda, lo cual inhibe la posibilidad de que varias viviendas puedan conformar un punto de referencia.

Una vez, digitalizado esta zona de interés se procede a conocer los parámetros de longitud de vías obtenidas y el número de viviendas localizadas. Los resultados obtenidos son los siguientes: 69,802 km de vías rurales y 1.263 viviendas localizadas dentro este polígono. A partir de la información del número de viviendas encontradas y haciendo uso de la Ecuación 2, la población total que abarca este polígono de interés es aproximado a 4.799 personas, ya que se considera la constatación indicada por el DANE en relación al número de personas por vivienda para el Municipio.

Al obtener los resultados de ambos parámetros a requerir por la Ecuación 1, el valor de referencia resultante es de: 1454,51; por lo que el desempeño en el que se encuentra esta región de análisis no sostenible-altamente problemático. Respuesta que concuerda con el desempeño establecido para la zona por fuera de la cabecera municipal encontrado anteriormente. Además, es interesante establecer la comparación resultante entre ambos análisis, ya que sus valores refuerzan el



establecimiento de un modelo de crecimiento altamente disperso para esta zona de estudio (ver Ilustración 24).



**Ilustración 24** Indicador densidad vial BID para la zona rural y polígono de interés del municipio de Rionegro en base a la población proyectada por el DANE. El color

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

**rojo denota el desempeño para ambas zonas de análisis. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

2. Determinar la población en base a la pregunta establecida para esta metodología, debe abarcar lo siguiente: Se requiere hallar las áreas por fuera de la cabecera que son disponibles para habitar según consideraciones establecidas por el acuerdo 056 de 2011, en torno a las densidades habitacionales rurales -unidades de vivienda por hectárea- acordadas allí. Para ello, el primer paso a seguir es la anulación de las áreas de protección o áreas restringidas para habitar, las cuales están consideradas por el Municipio como regiones en el cual no se pueden llevar a cabo algún tratamiento urbanístico allí. Las áreas a de protección de acuerdo a lo anterior son: *Conservación patrimonial, parque lago Santander, área de protección hídrica afluentes principales, amenaza inundación, corredores ecológicos, uso social obligado urbano y rural, líneas de alta tensión, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), estación de bombeo de aguas residuales (EBAR), zonas verdes, drenaje sencillo<sup>5</sup>, nacimientos de fuentes de agua, equipamiento Aeropuerto José María Córdova, y áreas de protección regional.*

Una vez identificada las áreas disponibles, los polígonos dentro de ella se le atribuyen el máximo de densidades permisibles por el Municipio en términos de número de viviendas por hectáreas (viv/ha), con el fin de determinar la población que proyecta tener Rionegro a según el acuerdo municipal radicado en el año 2011. A continuación se enlistan las densidades habitacionales enmarcadas en el artículo 333 del plan de ordenamiento territorial según el tratamiento rural:

- Zonas de aptitud forestal y demás Ecosistemas estratégicos Rurales con excepción de las zonas de regulación hídrica: Densidad máximas es de una (1) vivienda por cada 2 hectáreas (ha).
- Zona Regulación hídrica: Densidad máxima es de una (1) vivienda por cada tres (3) hectáreas.
- Distrito Agrario: Densidad máxima está establecido en 2.43 hectáreas por predio.
- Zona Manejo Agropecuario: Densidad máxima es de una (1) vivienda por cada (1) hectárea.
- Polígono de vivienda campestre: Densidad máxima para parcelación es de tres (3) vivienda por cada (1) hectárea y cuatro (4) viviendas por hectáreas para condominio.

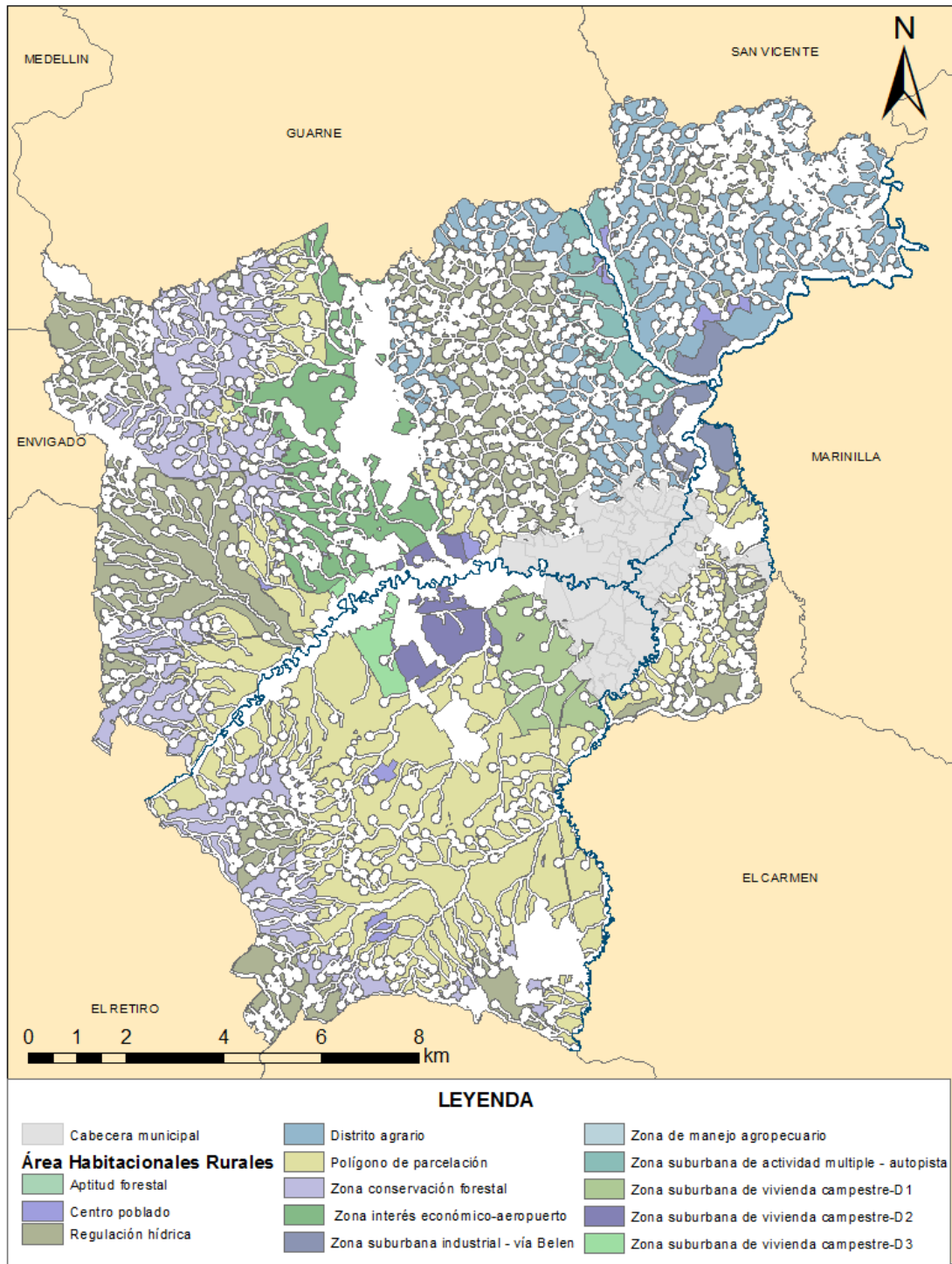
---

<sup>5</sup> El área de protección hídrica a establecer tiene un retiro de 30 metros en línea paralela al cauce permanente del afluente y de 100m a la redonda para un nacimiento. Se establece según el decreto ley 2811 de 1974.

- Zona Actividad múltiple de la autopista Medellín-Bogotá: Densidad máxima es de una (4) vivienda por cada (1) hectárea.
- Zona industrial de la vía Belén: Se prohíbe el uso de vivienda.
- Módulo de Interés económico del aeropuerto: Densidad máxima es de quince (15) vivienda por cada (1) hectárea.
- Centro Poblados rurales: Densidad máxima es de quince (20) vivienda por cada (1) hectárea.
- Modulo Suburbano de Concentración de vivienda: Se establecen las siguientes denominaciones: Franja D1: densidad máxima de 15 viv/ha; Franja D2: 10 viv/ha; y Franja D3: 5 viv/ha.

La Ilustración 25 representa de forma espacial las áreas a disponer alrededor de la cabecera municipal en términos de las densidades habitacionales descritas anteriormente.

Una vez localizadas las regiones en donde se pueden asentar la población según las densidades máximas establecidas en el vigente POT, se continua con el cálculo de la población máxima a alcanzar en las regiones alrededor de la cabecera municipal de Rionegro; para ello, se consulta el número de personas que conforma una vivienda para este Municipio del Oriente a partir del último censo establecido por el DANE, siendo el valor encontrado de 3,8 personas por vivienda para este territorio (DANE, 2005). Por lo tanto, la población total a calcular se da por la sumatoria del producto entre las diferentes zonas con densidades habitacionales y el numero promedio de personas por vivienda para Rionegro (ver Ecuación 2)



**Ilustración 25 Áreas disponibles alrededor de la cabecera municipal a partir de la densidad habitacional correspondiente. Elaboración propia en base a la información de Secretaría de Planeación de Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## **Ecuación 2 Población total proyectado en el área alrededor de la cabecera municipal del Municipio.**

$$Población\ Total = \sum_{i=0}^n Densidad\ habitacional_i \times 3,8\ pers/viv$$

El número de personas máximas a habitar a futuro en esta región del Municipio es de 124.589 personas.

Teniendo calculado una de los parámetros requeridos por el indicador del BID-Findeter, se continúa con el paso de determinar la longitud vial que abarca esta parte de la región por fuera del municipio es:

$$Indicador = \frac{461,62}{124.589 / 100.000\ hab} = 370,51$$

El indicador de densidad vial para esta parte del territorio de Rionegro es de 370,51 en base a la proyección de habitantes que abarcará Rionegro según la normativa del POT, por lo que este valor se categoriza como un índice potencialmente problemático a partir de la convención descrita por el BID (valor entre 300-400) (ver Ilustración 26).

Teniendo en cuenta, el contraste que refleja la obtención de los dos resultados tanto para la cabecera y la región por fuera de ésta en base a la proyección poblacional del DANE, los cuales son de 181,98 y 1082,90, respectivamente; demuestran de una forma u otra la realidad del crecimiento urbanístico acelerado que ha estado enfrentando Rionegro, en el que su crecimiento compacto se origina únicamente dentro de su cabecera mientras que un modelo de desarrollo dispersión se da en los alrededores de la zona urbana.



**Ilustración 26** Indicador densidad vial BID para la zona del municipio de Rionegro en base a la población proyectada por densidad habitacional en zona rural. El color amarillo denota el desempeño para esta zona de análisis. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El eje principal en el que se centró el análisis para esta estrategia comprendió en el replanteamiento del indicador de densidad vial para el municipio de Rionegro, el cual lo establece la guía metodológica para ciudades emergentes y sostenibles realizada por el BID como uno de los indicadores dentro de la esfera de estructura urbana sostenible.

Establecer nuevamente los indicadores de longitud vial en kilómetros por cada 100 mil habitantes para el municipio de Rionegro surge como una actividad académica de comparación al resultado presentado por la administración del Municipio en el Plan Vial 2017, en el que ponderan a este indicador de densidad vial como un índice sostenible, es decir, cumple con una gestión de buen desempeño por parte de las administraciones.

El desempeño favorable para este indicador, se presenta como un resultado global en el que se generaliza un comportamiento de un modelo de crecimiento compacto, determinado a partir del valor obtenido por la evaluación realizada por la administración pública. Sin embargo, conocer un poco la realidad del crecimiento urbanístico acelerado que se ha estado presentado en el Municipio, da entender que el comportamiento de desarrollo compacto que únicamente se da en la zona de influencia del casco urbano, en cambio, dicha expansión difiere si nos alejamos de esta zona, ya que el apresurado ritmo de desarrollo urbanístico tiende a conformar un modelo de expansión disperso alrededor de ella. Es por lo tanto que el enfoque a establecer abarca el análisis de este indicador para dos zonas que comprende el municipio Rionegro en el que se están llevando a cabo procesos de expansión a partir de diferentes modelos urbanísticos, con el fin de obtener un resultado que pueda ser visualizado a partir de lo que se planteó en comparación a lo establecido por el municipio.

**Tabla 9 Resultados para el indicador de densidad vial BID para las escalas de análisis establecidas. Elaboración propia en base a los resultados calculados**

Item	Escala de Análisis	Valor	Desempeño	Implicación
1	Cabecera Municipal-Población dada por DANE	189,98	Bueno Sostenible	Modelo Compacto
2	Zona Rural-Población dada por DANE	1082,9	Altamente Problemático	Modelo Altamente Disperso
3	Zona Rural-Polígono Interés	1454,51	Altamente Problemático	Modelo Altamente Disperso
4	Zona Rural-Población Densidad Habitacional	370,51	Potencialmente Problemático	Modelo Disperso

Los resultados obtenidos para este análisis académico logra demostrar las realidades que experimenta el desarrollo urbanístico en Rionegro para diferentes partes de la zona, ya que es obtienen resultados que refuerzan estos dos modelos de crecimiento que rige al Municipio (Tabla 9). A continuación, se describe los resultados obtenidos para esta estrategia:

- El primer enfoque a desarrollar se centra en el comportamiento que abarca la cabecera municipal ante este indicador de densidad vial para ésta parte del territorio. El resultado obtenido detalla un crecimiento compacto en esta zona, ya que se cumple con un desempeño sostenible allí; en el que a menor longitud vial en kilómetros por cada 100

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

mil personas, conlleva que en esta zona se justifica la presencia de un modelo de crecimiento compacto. Modelo que se da conocer universalmente por sus ventajas a la hora de integrar un menor gasto energético, menor generación de gases de efecto invernadero e impone menor costos económicos, a la hora de generar crecimiento urbanístico en una región.

El valor obtenido en este caso es de 189,98, el cual pertenece en el rango de indicador con buen desempeño establecido por la metodología del BID (Indicador sostenible <300). Las consideraciones de población a tener en cuenta se basan en la proyección realizado por el DANE para el año 2017 del Municipio. La población a proyectar, es de 81.591 personas a vivir en la cabecera municipal. Además, se estableció como cabecera municipal las áreas destinadas al área actual urbana y las zonas de expansión urbanísticas establecidas en el actual POT.

- El segundo caso de estudio a encontrar se enfocó en el análisis del indicador de densidad vial para el resto del Municipio por fuera de la cabecera, en el que el resultado obtenido difiere con el comportamiento de crecimiento que se presenta en la cabecera municipal. El resultado del valor encontrado es de 1082,90, lo que corresponde a ser un indicador altamente problemático según los rangos de convenciones establecido por el BID. Entender el significado que plantea el valor obtenido en términos de crecimiento sostenible para el Municipio demuestra el comportamiento de un modelo de desarrollo urbanístico disperso. Además, cabe destacar que el análisis de este indicador para esta zona se repite de una forma en el que se considera la información de malla vial disponible y la digitalización de este parámetro para un polígono de interés en donde los resultados obtenidos implican un desarrollo altamente disperso en las regiones por fuera de la cabecera.

Como se mencionó en el primer ítem, el acoplamiento de un crecimiento urbanístico disperso se puede entender debido al ritmo acelerado de desarrollo económico y poblacional que vive Rionegro, el cual desde el punto de vista de desarrollo urbano sostenible, este modelo, es entendido como un modelo con altos gastos energéticos que ineficientemente demanda para suplir las mismas necesidades de crecimiento en comparación a lo que se plantea a un modelo compacto. Además, hablar de altos gastos energéticos se traduce en mayor generación de gases de efecto invernadero, mayores costos económicos a suplir, incremento de inseguridad, entre otros aspectos; que se traducen en el desmejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, siendo este último criterio la base de consolidación de los planes de ordenamiento territorial, brindar por la calidad y el bienestar de la comunidad.

- La última escala de análisis trata de comprender este mismo indicador desde otra perspectiva para la región por fuera de la cabecera, ya que la población a establecer se da a partir de la densidad habitacional rural máxima que proyecta el actual POT. Considerar esta forma de establecer la población pueda dar respuesta a la capacidad que pueda tener Rionegro en atender esta futura población en relación a la actual malla vial que pasa por esta zona rural, parámetros que evalúa este indicador de densidad vial.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



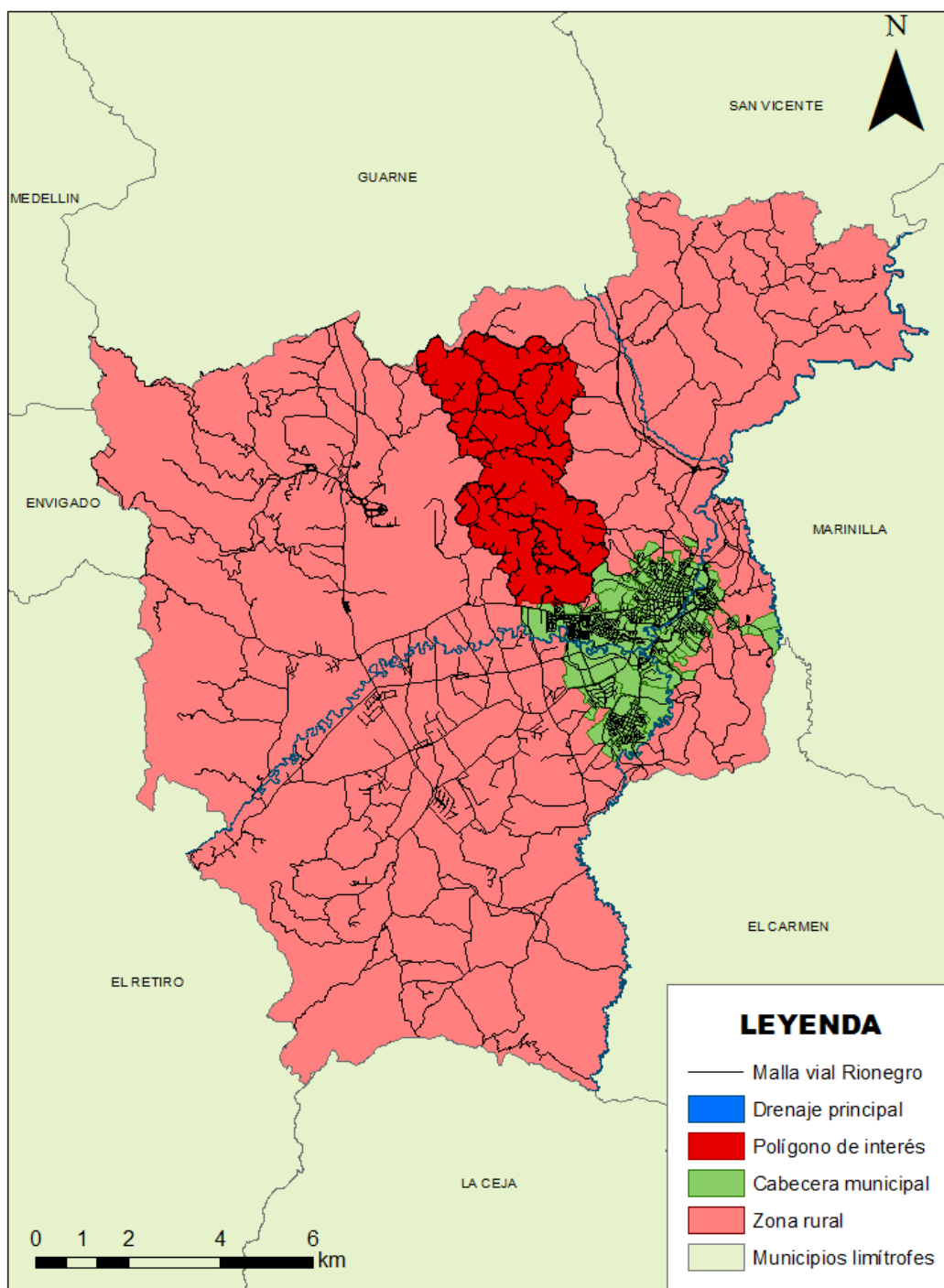
Por lo tanto, la población a establecer se determinó a partir de las densidades máximas habitacionales (viv/ha) en las zonas permisibles para esta región analizada, las cuales son proyecciones de ocupación relacionadas al establecimiento de un desarrollo territorial sostenible. El número encontrado es de 124.589 personas. Teniendo como base una longitud vial de 461,42 km y el número de la población máxima, el valor resultante es de 370,51, es decir, contemplaría un desempeño potencialmente problemático.

La diferencia que contempla la escala de análisis a partir de la metodología uno (población DANE) y la metodología (población por densidades habitacionales), detalla el grado de dispersión de crecimiento para el Municipio en cual la metodología uno (1) está representando una situación presente mientras que la dos (2) puede conllevar a esta misma situación pero en un escenario futuro. A medida que el Municipio crezca demográficamente, el modelo de desarrollo va trascendiendo de una etapa dispersa a uno medianamente compacto, tal como lo muestran los resultados obtenidos para ambos escenarios. Sin embargo, más allá de establecer las implicaciones que contempla teóricamente este indicador, el aumento poblacional en un territorio y la conformación de la densidad habitacional a establecer allí, deben conformarse a partir de la forma en cómo se estructura la malla vial, el cual es un eje estructurante de desarrollo urbanístico.

Aplicando lo anterior al municipio de Rionegro, haber comprendido una malla vial de 461,62 km en la zona rural para este indicador, no considera el estado de la funcionalidad, calidad y seguridad de esta misma red, por lo cual cabe destacar que dar un paso en la transición de un modelo disperso a uno compacto no solamente está relacionado a un mayor incremento de la población para una misma región, sino que también está mucho ligada en la forma en cómo se dictaminan otras variables más compleja, tales como: estructuración en la expansión de una malla vial, establecimiento en los tratamientos del suelo, la economía del municipio, entre otros.

Recopilando los resultados obtenidos para cada escenario planteado ante la evaluación de este indicador de densidad vial para la ciudad, se detalla los diferentes valores de clasificación obtenidos, los cuales demuestran el tipo de modelo de crecimiento urbanístico a desarrollar para cada zona de estudio. Abarcar un crecimiento compacto dentro de la cabecera mientras que se presenta un desarrollo disperso por fuera de este casco urbano, es la realidad que vive el municipio de Rionegro; hecho que es representado a su vez por los resultados recolectados para este análisis (ver Ilustración 27).

Adicionalmente, establecer resultados para esta etapa de diagnóstico rápido los cuales sean ineficientes a la hora de representar la situación actual de la problemática que comprende el Municipio, se convierte en la aplicación de una metodología fallida a la hora de plantear la instauración de planes de acción a futuro en el que sus efectos repercutirán en la calidad de vida de los ciudadanos.



**Ilustración 27 Indicador densidad vial BID para Rionegro a escala municipal. Los colores de referencia representan el desempeño del indicador para cada zona de análisis. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Llegar a la etapa de acción en el que se priorizan los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico es el camino que presenta el BID a partir de un mecanismo que permita a las ciudades seleccionadas concentrarse en el desarrollo y en la búsqueda de soluciones innovadoras enfocadas al control de un crecimiento urbanístico sostenible. Es por lo tanto que se debe detallar en la generación de resultados confiables a partir de la implementación de indicadores de diagnóstico como lo presentan esta guía metodológica, los cuales se encuentren basados en la obtención de información capaz de cuantificar la realidad de que vive la ciudad de Rionegro.

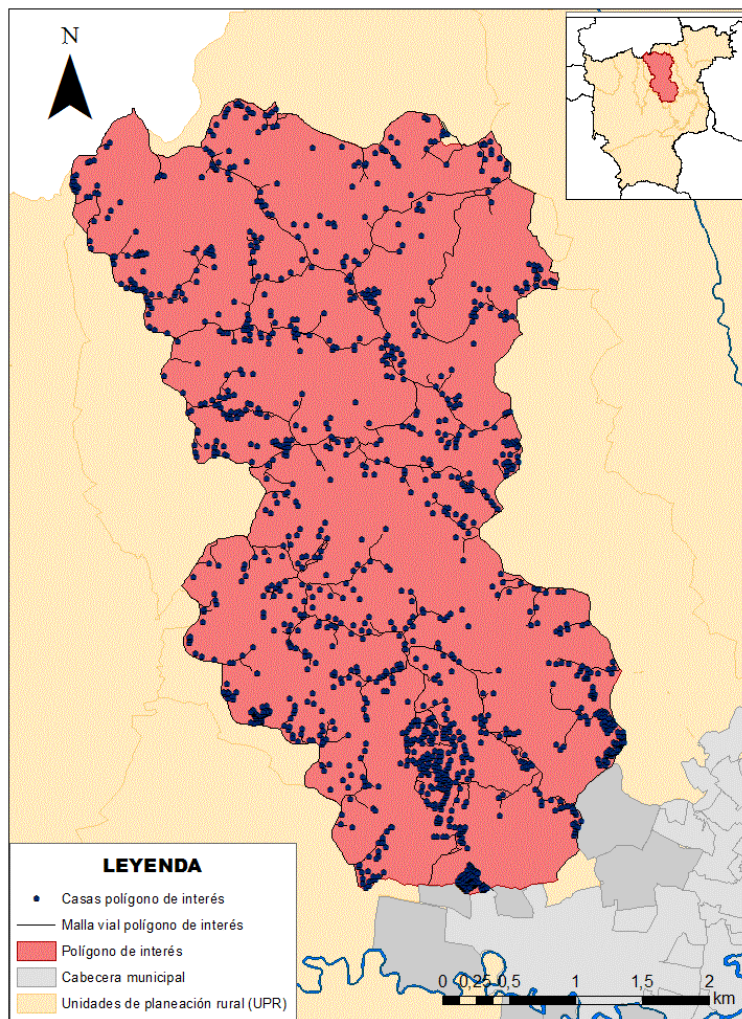
Lograr con el objetivo planteado tanto en el actual POT del Municipio y el enfoque del programa establecido por el BID-Finder para el desarrollo de ciudades sostenibles en el que se priorice la calidad y bienestar de los ciudades, debe de comenzar a partir de la veracidad y de la representatividad de la realidad que vive la ciudad a partir del uso de información con la cual direccionarán a la toma de decisiones ligadas en los planes de acción a cumplir por el Municipio, el cual se base bajo el objetivo final de la planeación ordenada del territorio y brindar por el bien de la comunidad.

Sin embargo, las medidas a encarar ante el logro exitoso en la implementación de la guía metodológica propuesta por el BID por parte del municipio de Rionegro, deberán basarse en la realización de acciones previas continuas a la fase de diagnóstico rápido que exige el programa, ya que durante el desarrollo en el análisis de las zonas de interés a considerar en relación al indicador de densidad vial, se observaron dos grandes aspectos ligados a la realidad que afectarán a la toma de decisiones en busca de cumplir con el desarrollo de una ciudad verde y sostenible. Las consideraciones a tener en cuenta son:

- Falta de Información sobre el Municipio: La disponibilidad de información pública a encontrar sobre el municipio de Rionegro no se encuentra actualizada a la fecha o todavía no se tiene registro de ello. Tener vacíos en el monitoreo de información que se capaz de evaluar el comportamiento de diferentes parámetros en torno a la toma de buenas decisiones para el ordenamiento territorial del municipio, es uno de los requisitos a tomar en cuenta antes de establecer un plan de acción en el que se represente la situación actual del Municipio. Retomando el caso sobre el análisis del indicador de movilidad y transporte propuesto por el BID para diferentes zonas de interés en Rionegro, la información a utilizar en el que se destaca la digitalización de la malla vial, principalmente en la zona rural, y el censo de la población no cuentan con información suficiente que sea acorde a los últimos años. Por lo que, los resultados obtenidos pueden diferir en ser una representación de la realidad con mayor precisión.
- Incoherencia entre la realidad y mecanismos de gestión del territorio POT: Durante el desarrollo de la preparación en el geo-procesamiento de las capas a utilizar para esta estrategia se alcanza a evidenciar variaciones a lo que se contempla en el actual POT sobre el establecimiento de las densidades habitacionales correspondiente a zonas con diferentes tratamientos del suelo en comparación a lo que se alcanza a observar en la realidad. A modo de ejemplo a lo anterior, se presenta el caso evidenciado en el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

polígono de interés perteneciente a la zona de recurso hídrico en el que los puntos de vivienda localizados fueron 1.263 viviendas en un área correspondiente a 1462,7 ha. Según lo establecido en el artículo 333 del acuerdo 058 de 2011, la asignación de densidades para esta zona de regulación corresponde a 1 vivienda por cada 3 hectáreas, lo que significa que según la teoría el número máximo de viviendas a establecerse allí debe ser de: 488 viviendas. Por lo que, el número real total de viviendas supera más de dos veces lo establecido por la normativa, evento que produce en últimas un crecimiento urbanístico desordenado, desordenado y poco controlado por los entes públicos competentes. Problemática que a largo tiempo va requerir mayores esfuerzos técnicos y económicos para su solución (ver Ilustración 28).



**Ilustración 28 Indicador densidad vial BID - Findeter para el polígono de interés.  
Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de  
Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



nacimientos y la red de drenaje a utilizar pertenecen a la información disponible por el Municipio.

Es por lo tanto que la estrategia de implementación y seguimiento a considerar para el municipio de Rionegro se debe centrar en el desarrollo de mecanismos capaces en hacer seguimiento al levantamiento, monitoreo y actualización de información, referente al entendimiento y representación de las dinámicas de crecimiento económico, poblacional y urbanístico que enfrenta el Municipio, con el fin de consolidar una base guía en la toma de decisiones en relación a la búsqueda de un desarrollo sostenible en la planeación del territorio capaz de hacer juicio a una disciplina urbanística organizada. Actividad que a su vez estará sujeta a la forma en cómo se trazará y proyectarán la futura red vial del Municipio en torno a aspectos de: funcionalidad, calidad y accesibilidad que compone este sistema estructurante para el desarrollo ordenado y controlado de Rionegro.

Dando este paso de implementación y conocimiento de la realidad, conllevará a la toma de acciones capaces de entender el crecimiento territorial desordenado que ha arraigado la acelerada expansión urbanística allí, en el que se pueda dar a entender preguntas que surgen en relación a los resultados obtenidos en el anterior análisis del indicador a monitorear por el BID: ¿Rionegro es municipio que le hace falta la construcción de más vías por fuera de su cabecera? o ¿es un Municipio que está viviendo una expansión urbanística acorde a un modelo disperso?

### **FASE3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO**

Como se presenta en la metodología, esta última etapa de análisis se enfoca en las medidas de control, monitoreo y evaluación a llevar a cabo por el Municipio, con el fin de dar cumplimiento exitosamente a la propuesta mencionada anteriormente para la estrategia de movilidad. Retomando lo planteado anteriormente, Rionegro debe implementar: *el desarrollo de mecanismos capaces en hacer seguimiento al levantamiento, monitoreo y actualización de información, referente al entendimiento y representación de las dinámicas de crecimiento económico, poblacional y urbanístico que enfrenta el Municipio, con el fin de consolidar una base guía en la toma de decisiones en relación a la búsqueda del desarrollo sostenible en la planeación del territorio.*

El plan de monitoreo y evaluación que se presentará en esta sección puede utilizar como una metodología de guía en el que se pueda llevar a cabo la evaluación de diferentes temáticas enfocadas al desarrollo sostenible de Rionegro, tal como lo demuestra la esfera de la movilidad. Para ello, se propone establecer cuatro fases secuenciales que brindan la oportunidad de generar una disciplina urbanística a la hora de tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo. Además, cumplir con el desarrollo de cada fase dependerá en gran parte de la interacción, los esfuerzos y cooperación de los actores principales, los cuales pertenecerán a diferentes sectores del Municipio: la administración pública, las entidades privadas, instituciones y líderes de grupos sociales.

A continuación se detalla el objetivo principal que abarca cada fase a la hora de su ejecución:

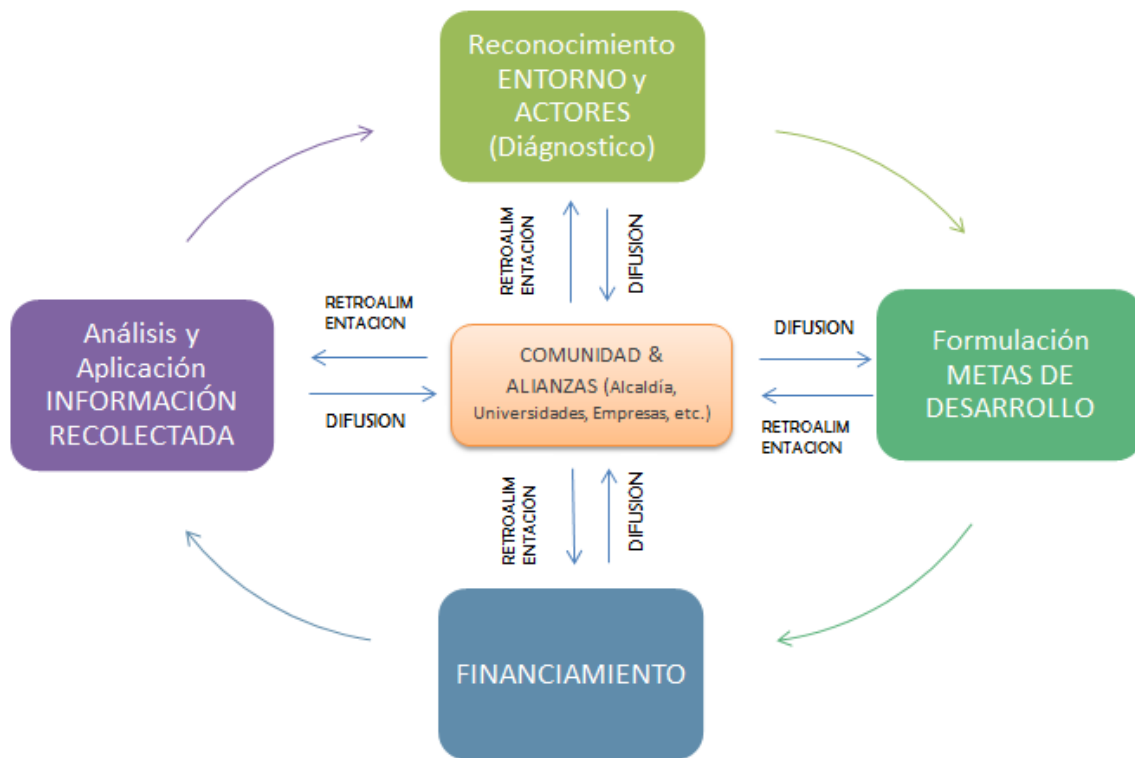
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Fase I: reconocimiento del entorno a partir de la identificación de actores principales (consolidación de alianzas) y realidades en términos a la situación actual que vive el Municipio ante la temática a evaluar.
- Fase II: definición de metas y compromisos de mejora o desarrollo, los cuales sean cuantificables a la hora de evaluarlos y monitorearlos.
- Fase III: definición del presupuesto y financiamiento. Esta esfera no sólo enfoca los esfuerzos a establecer por el Municipio al ser el único actor en destinar recursos económicos. La formalización de alianzas estratégicas trata de generar que esta fase sea compuesta por recursos de partes tanto privadas como públicos.
- Fase IV: recolección, entendimiento, análisis y aplicación de los resultados evaluados, los cuales conformarán una base guía a encaminar por el Municipio. Este análisis de información será el apoyo para la formulación que conllevará nuevamente la fase I.

Los resultados a obtener una vez se haya establecido el ciclo se pueden presentar en forma de indicadores, los cuales se convertirían en un eje estructural para la toma de decisiones relacionadas a un crecimiento sostenible dirigido al cuidado y fomento del bienestar de la ciudadanía. Por ejemplo, indicadores resultantes a considerar para el aspecto de movilidad deberá generar un producto en temas de: la infraestructura vial, calidad y seguridad de la malla vial, funcionalidad de las vías distribución modal de transporte, encuesta origen y destino, calidad del transporte público, entre otros. Sin embargo, cada aspecto evaluado deberá incluir la percepción de la comunidad ante cada clasificación dada. Es por lo tanto, que evaluar cada componente para cada indicador debe de albergar una clasificación cuantitativa compuesta por una valoración técnica, y una ponderación cualitativa que se dictaminará por la percepción de la comunidad.

Como se menciona con anterioridad, la implementación de esta metodología se da de forma cíclica en el que el cumplimiento de todo el proceso será la base de inicio para conformar y establecer el comienzo de un nuevo ciclo de desarrollo según este plan. No obstante, establecer cada una de las fases debe de estar acompañado y asesorado por las alianzas estratégicas conformados por los autores principales, en el que se debe incluir la participación de la comunidad ante el desarrollo de cada fase. La finalidad de establecer un acompañamiento permanente, se enfoca con el fin de generar un medio capaz de brindar difusión y conocimiento de las decisiones que se toma en cada fase y, a la misma vez, generar un puente de retroalimentación de las consideraciones abarcar cada toma ante de ser decidida. La Ilustración 30 detalla gráficamente la metodología de monitoreo y evaluación descrita antes.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



**Ilustración 30 Esquema de implementación metodológica de control y evaluación para la estrategia de movilidad**

El desarrollo de todo de un ciclo que comprende esta metodología, debe llevarse a cabo cada cuatro años o, es decir, en cada periodo administrativo municipal. Cabe de aclararse que la implementación en la evaluación de los indicadores no deberá establecerse a partir de los lineamientos políticos **proprios** a desarrollar en cada periodo, sino que busca ser una guía general en el que se vea acordado por los internos de todas las partes para llegar a un fin común. En el que a su vez sea un mecanismo articulado o de complementación a largo plazo por cada administración.

Lograr con la implementación de este concepto en conjunto al acompañamiento de la ciudadanía, fomenta el cumplimiento de un mecanismo de control imparcial, transparente y eficiente, a la hora de tomar de decisiones con fines comunes.

Una vez culmine el cumplimiento de un ciclo metodológico, el cual será la base de inicio a establecer el comienzo de un nuevo proceso o periodo administrativo, deberá de crearse un informe en el que se consolide y de respuestas a: Las medidas, actividades y realización de proyectos completadas en el ciclo enfocadas mejoramiento en el progreso sostenible de la temática a evaluar a partir del análisis de los datos recolectados. Además, se debe incluir: los pasos de implementación que fueron tomados, qué efectos se pudieron evidenciar y si no se logró lo establecido qué fue lo que lo ocasiono.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



De modo conclusión, tener en cuenta este esquema metodológico a la hora de evaluar, controlar y entender las diversas realidades que se presentan en el municipio de Rionegro ante el logro de establecer una ciudad pionera en términos sostenibles, permitirá establecer un mecanismo a nivel local que fomentará el planteamiento de planes de acción enfocadas a un verdadero desarrollo equilibrado para Rionegro. Hojas de ruta que mitigarán la proliferación de eventos que desata un desarrollo no controlado, tal como se evidencia en los resultados obtenidos en esta estrategia de movilidad en el que la falta de información y la incongruencia de la realidad con la normativa, conllevarán a la búsqueda de soluciones con mayores variables de dificultad y mayor inversión económica al largo plazo.

Procesos urbanísticos que se puede evitar en la implementación de guías metodológicas como se presentó anteriormente y/o a partir del asesoramiento de entidades encargadas al control y evaluación del desarrollo empleadas en una ciudad. Ejemplos a destacar es la Red de Ciudades Cómo Vamos en Colombia, proyecto a cargo de la Fundación CORONA que nació con el objetivo de generar información confiable, imparcial y comparable en relación a temas de ciudad, calidad de vida y participación ciudadana, en el año 1998 (Red de Ciudades Cómo Vamos, 2017).

Por último, cabe destacar que la diferencia más grande que se propone en esta etapa de evaluación y monitoreo ante la guía metodológica del BID, es la inclusión de diversos actores de varios sectores en la toma decisiones a la hora de establecer un ciclo que se retroalimenta a medida que cada fase se va conformando con el fin desarrollar un programa de evaluación y monitoreo en el que cada programa realizado no se vea afectado en que se acabe un ciclo o es decir, un periodo administrativo.

### **3.1.4 Producción de alimentos**

#### **FASE 1: DIAGNÓSTICO**

Continuando con el análisis de cada uno de los temas estratégicos, se da paso a uno de las esferas con mayor acogimiento a nivel global. La pérdida potencial de áreas destinadas al uso agrícola y la emigración de las actividades rurales hacia otras regiones de oriente Antioqueño, debido a los efectos de un crecimiento acelerado del Municipio, se convierten hoy en día en una de las preocupaciones más latentes a la hora de integrar un desarrollo sostenible en el que se conserve un balance entre los usos del suelo que componen al municipio.

Adicionalmente, consecuencias que atrae un desarrollo urbanístico acelerado se pueden ver reflejados en el aumento del número de personas a habitar allí; evento que conllevará suplir una mayor demanda alimentaria en territorios en donde cada vez son menos las hectáreas destinadas al uso agrícola. Suceso que plantea la Organización de las Naciones (ONU) ante este hecho de riesgo para la humanidad, se da a conocer dentro de en La Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, en el que se establece como segundo objetivo el aseguramiento alimentario para la población actual y de las nuevas generaciones. Estrategias de solución que determinas la ONU para este objetivo se enfocan en el: constante apoyo de los planes de producción agrícola por parte de las

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

administraciones territoriales e incrementar la inversión de infraestructura, servicios y tecnologías en las zonas rurales de los territorios (United Nations, 2015).

La dinámica que rige el actual desarrollo territorial que presenta el municipio de Rionegro, no lo conlleva a ser un caso omiso ante la implantación de un objetivo capaz de garantizar la seguridad alimentaria a partir del fortalecimiento del área rural, en especial, del sector agrícola. Sin embargo, las actuales preocupaciones a tener en cuenta por el Municipio ante la implementación de este objetivo, deben darse debido al acelerado crecimiento tanto económico como poblacional que vive Rionegro, ya que esta región cumple con ser una ciudad emergente (crecimiento económico mayor al promedio de los municipios a nivel nacional) y se estima que la población se duplicara dentro de los próximos 10 años (Censo poblacional proyectado para el 2017 124.219 personas) (Álvarez, 2016b). Aspectos que ha conllevado al aumento de un crecimiento urbanístico galopante en últimos años, generando así una transformación de la vocación rural que caracterizó al Municipio.

La pérdida de áreas rurales que han sido re-emplazadas por proyectos urbanísticos, los cuales se convierten en planes económicamente más viables dentro las proyecciones de desarrollo del municipio, han llevado a la disminución en el fomento de iniciativas en torno a la conservación de áreas fértiles cultivables. Esta expansión cada día mayor del territorio urbano ante el desplazamiento de los límites de las zonas rurales, determina el detrimento de la vocación agraria. Estas pérdidas en relación a áreas que pueden ser cultivadas, representan la disminución de oportunidades en el crecimiento de un municipio que pueda consolidar una relación equilibrada entre lo urbano y lo rural. Este camino a emplear debe constituir la relación simbiótica entre ambas partes, la cual hace participe al desarrollo de una ciudad verde a futuro (Art. 18-19 del POT), siendo así capaz de suplir los productos demandados a nivel local y regional.

Planes que abarca la entidad administrativa del Municipio en torno a la consolidación en el desarrollo de las actividades agrícolas para el territorio en el que se garantice la seguridad alimentaria de la población, fue la conformación del Distrito Agrario, el cual se determina como escenario por excelencia para la protección de suelo destinado a la producción agrícola (Art. 64 POT). Estas áreas de protección conforman los primeros pasos en dar comienzo a la relación que se debe llevar mutuamente entre ambas partes, un crecimiento prospero para la zona urbana como a lo rural.

La Tabla 10 resume en detalle lo revisado de la documentación para el desarrollo del tema de producción de alimentos.

**Tabla 10 Resumen de la documentación revisada para este tema de producción de alimentos**

<b>PRODUCCIÓN ALIMENTOS</b>	<b>ART.</b>	<b>ACUERDO 056 DE 2011 (POT)</b>
	<b>63</b>	Distrito Agrario
	<b>64</b>	Zona de Manejo Agropecuario
	<b>265</b>	Objetivos y estrategias Rurales de Mediano y Corto Plazo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

	<b>272</b>	Áreas para la producción Agrícola, Ganadera y de Explotación de Recursos Naturales
	<b>274</b>	Zona de Manejo Agropecuario y Explotación de recursos Naturales
	<b>NUM.</b>	<b><i>PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL RIONEGRO 2016-2019</i></b>
	<b>3.4.4</b>	Línea Estratégica el Cambio para Crecer-Componente Agricultura y Desarrollo Rural

### **Distrito Agrario municipio de Rionegro**

El concejo municipal de Rionegro dicta el Acuerdo 074 de 2003 por el cual se crea el distrito agrario del municipio. Este distrito busca favorecer mediante aspectos normativos, económicos y sociales a la población que reside en esta zona, los cuales empleen el desarrollo de actividades agropecuarias con el fin de mejorarles la calidad de vida. Adicionalmente, el artículo 63 del actual POT de Rionegro, establece al Distrito Agrario como el escenario por excelencia para la preservación de suelos de aptitud agrícola, el cual lo detalla a partir de un proyecto a nivel Subregional entre los municipios de los Valles de San Nicolás con el propósito de conformar un sistema productivo articulado en el que se aborde un ciclo económico completo para los productos del agro. (Ver Ilustración 31)

Una vez definido el propósito que abarca este proyecto, se presenta las disposiciones relacionadas a la implementación del Distrito Agrario en las que las acciones a priorizar por el Acuerdo 074 de 2003 y el actual POT son:

- Censar los predios de los campesinos en el que se diferencien aquellos que trabajarán bajo el marco del Distrito Agrario, de quienes no harán parte de éste.
- Incentivos fiscales y tributarios de los predios censados e inscritos al programa en el que se menciona beneficios tales como el pago de una proporción del impuesto predial anual. Sin embargo, si el propietario se retira del programa deberá pagar lo adeudado por el Municipio, es decir, el ahorro obtenido por este beneficio tributario.
- Desarrollo de proyectos productivos y de comercialización sostenible, los cuales se enfoquen en contrarrestar los factores naturales, económicos y socio culturales que desintegran las comunidades campesinas.
- Esfuerzo económico municipal en la gestión y asignación de recursos para potenciar aspectos tales como la infraestructura a la región que comprende el Distrito Agrario, con el fin de ganar nivel de competitividad de este sector ante la comercialización directa entre agricultores, comerciantes y consumidores finales.
- Promover la educación y capacitación enfocada al fortalecimiento del Distrito, en el que el Municipio debe de proveer asistencia técnica, la implementación de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

programas educativos y culturales, los cuales afiancen y refuercen la vocación agrícola de las veredas.

- Integrar un comité con organizaciones comunitarias del Distrito que adelante acciones encaminadas a su implementación. Actividad que procurará integrar, cohesionar y desarrollar lazos de solidaridad y cooperación entre los líderes voceros de los vecindarios, los cuales tendrán la capacidad para intervenir la toma de decisiones del desarrollo y de la asignación presupuestal.
- Se deberá fomentar la ideología de una planeación sostenible, en el que se mejore el uso de los recursos del suelo, agua, fauna y flora, y de espacios no cultivados; con el fin de atender factores naturales de desestabilización.
- Adicionalmente, con el fin de atender factores socioculturales, se deberá de monitorear los cambios que a lo largo del tiempo se presentan en la actitud y la vinculación de los pobladores, ya que se busca anticipar las tendencias que afecten a las comunidades.

Teniendo en cuenta el enfoque principal y las estrategias de implementación que plantea la consolidación de este programa agrario, el Distrito Agrario está compuesto por dos regiones localizadas en la parte norte y nororiente del Municipio, las cuales comprenden de una extensión de 2.406 ha y 2.265,65 ha, respectivamente; conformando así un área total correspondiente a 4.671,67 ha del territorio Municipal. Además, el conjunto total de la extensión rural que comprende el Distrito Agrario está caracterizado por normativa como Unidad Planificación Rural (UPR) perteneciente a los niveles 1, 2 y 3. Esta conformación de unidad que dispone el distrito lo prioriza a partir de políticas sociales, educativas, culturales, de desarrollo y de infraestructura de Rionegro, el cual procura por la estabilización, continuidad y progresos de las comunidades campesinas con el fin de conservar la cultura agrícola del Municipio (Art-291 POT).

Por otro lado, el actual Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, ha encaminado sus esfuerzos en establecer el cumplimiento de un objetivo capaz de garantizar seguridad y soberanía alimentaria para Municipio, por medio del fortalecimiento del sector agrícola y del componente rural. Meta que a su vez deberá de estar articulado con el contexto y disposiciones que abarca el programa estratégico del Distrito Agrario, ya que el objetivo central de ambas propuestas, POT y Plan de Desarrollo, están enfocadas en ejecutar soluciones capaces de dar solución a la seguridad alimentaria del Municipio.



**Ilustración 31 Delimitación distrito agrario de Rionegro contemplado en el actual POT. Este distrito hace parte de la UPR 1 y UPR3. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Por lo cual, el concepto a manejar para esta esfera, producción de alimentos, se centra en el planteamiento del estado del arte de la estrategia de desarrollo agrícola y rural, Distrito Agrario, plan que se encuentra contemplado en el actual POT. Llevar a cabo el reconocimiento en el que se encuentra el municipio de Rionegro ante el cumplimiento de los objetivos de seguridad alimentaria que se propone en el Plan de Desarrollo 2016-2019, busca evaluar la preparación a enfrentar por el Municipio ante el alcance que se plantea en torno su estrategia de seguridad alimentaria. Además, esta propuesta trata de agrupar aspectos que reflejen la dinámica del crecimiento urbanístico que se visualiza y de las actuales actividades que se han estado llevando a cabo en relación a la conservación y al fomento de las actividades agrícolas en las zonas rurales.

### Estado del arte Distrito Agrario

La oferta agrícola que comprende el municipio de Rionegro representa aproximadamente el 3,59% de la producción total a nivel del Oriente Antioqueño (ver Tabla 11). La canasta de productos a ofrecer varía desde la cosecha de: aguacates has, flores (hortensias), fresas, mora y tomate de árbol entre los cultivos permanentes, y productos como la papa, chόcolo, frijol y hortalizas entre los cultivos transitorios. Se entiende como cultivo transitorio, las cosechas con un ciclo agrícola corto (anual y bianual), mientras que un cultivo permanente requiere de alcanzar una etapa adulta o de madurez para luego tener un aprovechamiento durante varias cosechas.

La Tabla 11 recopila información de parámetros relacionados al potencial del sector agrícola en Rionegro para el año 2013, los cuales son: área cultivable (ha), rendimiento de cosecha local en comparación al Oriente (ton cosecha/ha), cantidad producida (ton) y la relación de la producción local a nivel Oriente; para cada uno de los productos que comprende la canasta agrícola del Municipio. La información que presenta esta tabla se extrajo del Anuario Estadístico para el sector agrícola en el departamento de Antioquia realizado por la secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia en el año 2013.

**Tabla 11 Recopilación de parámetros de oferta agrícola de Rionegro. La información que se presenta en esta tabla se encuentra basada en Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2014)**

Parámetros/Produtos	Cultivo Permanente					Cultivo Transitorio			
	Aguacate Has	Flores (Hortencia)	Fresas	Mora	Tomate de Árbol	Papa	Chocolo	Frijol	Hortalizas
Área Sembrada (ha)	200	95	40	40	24	90	155	145	180
Rendimiento Mun (Ton/ha)	7	0	24	6,5	14	15000	6615,13	1600	0
Rendimiento Prom Oriente (Ton/ha)	12,05	0	44,98	13,81	19,78	14975,94	7323,95	2146,54	0
Producción Municipal (Ton)	1400	0	960	260	336	1350	1010	232	0
Prod. Mun/Prod. Oriente (%)	5,21%		7,07%	1,93%	3,63%	1,83%	3,84%	1,61%	
<b>Sector Agrícola Municipio en el Oriente</b>	<b>3,59%</b>								

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Aspectos importantes a concluir de la tabla anterior detalla que la producción de fresa alcanza a representar el 7,07% de la producción total en comparación del Oriente, siendo así el producto con mayor peso de la canasta agrícola que abarca el Municipio. Además, el rendimiento que ofrece cosechar papa en el Municipio se encuentra por encima del promedio a nivel regional (15.000 ton/ha en comparación de 14.975,95 ton/ha), mientras que la mayoría del resto de los productos alcanzan una relación igual o un poco superior a la mitad del promedio del Oriente Antioqueño. Hecho que puede ser explicado por el uso de técnicas convencionales de menor eficiencia a la hora de cultivar y cosechar, empleadas por los agricultores del Municipio.

Teniendo en cuenta la capacidad de oferta agrícola que representa Rionegro a nivel del Oriente, el distrito agrario busca potencializar el desarrollo de este sector a partir del empleo de medidas capaces de brindar un mejor bienestar en el que se fortalezca este gremio agricultor. Por lo tanto, conocer el estado del arte en el que se encuentra este programa, debe hacerse teniendo en cuenta la perspectiva y las experiencias vidas que abarcan los agricultores locales, los cuales se convierten en fuentes de información capaces de representar la realidad que emplea el Distrito Agrario ante la premisa de ser un escenario por excelencia para la conservación, mejoramiento y preservación de este sector agropecuario en Rionegro. Es por ello que dar respuesta al planteamiento de esta primera parte, se lleva a cabo a partir de los resultados recopilados en las entrevistas realizadas hacia agricultores locales, líderes de gremios agropecuarios y trabajadores del sector publicó, en el que se evaluó el conocimiento de ellos ante la gestión empleada por el Distrito. El desarrollo de las entrevistas directas las realizó el estudiante-autor de este trabajo, Daniel Gómez Gil, el día 21 de octubre de 2017 a cinco personas locales quienes se desenvuelven dentro de las actividades agrícolas en sus vidas cotidianas. El lugar en el que se llevó la mayoría de entrevistas fue en la *Plaza de Mercado Antonio María Carmona Tejada* perteneciente al Municipio de Rionegro. Cabe destacar que los nombres de cada uno de los entrevistados queda bajo reserva, ya que es una petición por parte de ellos.

El enfoque principal de cada una de las entrevistas realizadas se basó en establecer las siguientes preguntas: ¿Usted reconoce qué es el Distrito Agrario en Rionegro? y ¿Actualmente hace parte de este programa? Tomando estos dos interrogantes como base, los resultados obtenidos entre las cinco personas entrevistadas se detallan a continuación:

- Dos de los entrevistados afirman conocer lo que es el Distrito agrario, siendo uno de ellos un agricultor-empresarial quien hace parte de la Asociación de Productores de Frutas de Rionegro (APROFRUT), mientras que la segunda persona pertenece al equipo de trabajo de la secretaria de desarrollo económico del Municipio. A pesar de que ambas personas reconocen el programa, ellos mismos aceptan que el desarrollo y la gestión de este mismo ya no se está llevando a cabo durante esta administración, es decir, el programa del Distrito Agrario no está funcionando hoy en día como debería de ser. Sin embargo, el trabajador del Municipio aclara lo siguiente: *“a pesar de que este programa agrario no se está llevando a cabalidad, la administración actual planteó cuatro grandes objetivos a desarrollar dentro del periodo (2016-2019), los cuales se*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

*enfocan en mejorar la calidad de vida de pequeños y medianos productores agropecuarios por medio del: fortalecimiento y acompañamiento integral, tecnificación del sector, desarrollo de estrategias productivas y competitivas, y fortalecimiento a la red local de abastecimiento...*

- Además, uno de los entrevistados acepta el hecho de haber tenido asesoramiento técnico, beneficios en la entrega de insumos, respaldo en la pérdida de la cosecha por algún evento natural y, además, reconoce haber sido beneficiario en la reducción del impuesto predial, lo cual es una disposición que establece el programa del Distrito Agrario. Actividades que han sido propuesto y apoyadas por los diferentes periodos administrativos, pero que en últimos años se ha venido reduciendo las garantías que ofrecía las entidades públicas hacia el agricultor local. Este agricultor que se encuentra ya en la tercera edad, destaca el acompañamiento y algunas facilidades que ha obtenido su trabajo por parte del Municipio, a pesar de que son pocas las ayudas y varían por periodos administrativos, confirma no estar totalmente solo a la hora de pedir asistencia a los mecanismos públicos que emplea el Municipio para la mejorara de la calidad de vida de nosotros, los agricultores.
- Los últimos dos entrevistados, siendo ambos agricultores de la zona, negaron haber escuchado sobre lo que es el Distrito Agrario o algún otro programa que los beneficie directamente como agricultores locales. Además, reconocen la falta de presencia y regulación normativa que pueda emplear la administración pública en verdad querer ayudar a los trabajadores que *“trabajan poniendo el lomo al sol”*.

Lo anterior, da a conocer tres realidades diferentes en torno a los esfuerzos que han empleado las administraciones municipales a la hora en dar soluciones poco efectivas al hecho de desagregación agrícola que enfrenta el Municipio. Desde una primera perspectiva, se conoce la realidad en el que se encuentra el Distrito Agrario que a pesar de que no se está ejecutando en estos momentos, la actual administración busca ejecutar otro camino de solución, el cual comparte el mismo principio del Distrito. Sin embargo, también se alcanza a demostrar la falta de intereses por parte de las administraciones en concordar una misma línea de ejecución capaz de hacerle cara a la protección del sector agrícola, en el que verdaderamente busque brindar mejores oportunidades tanto económicas como sociales al campesino local.

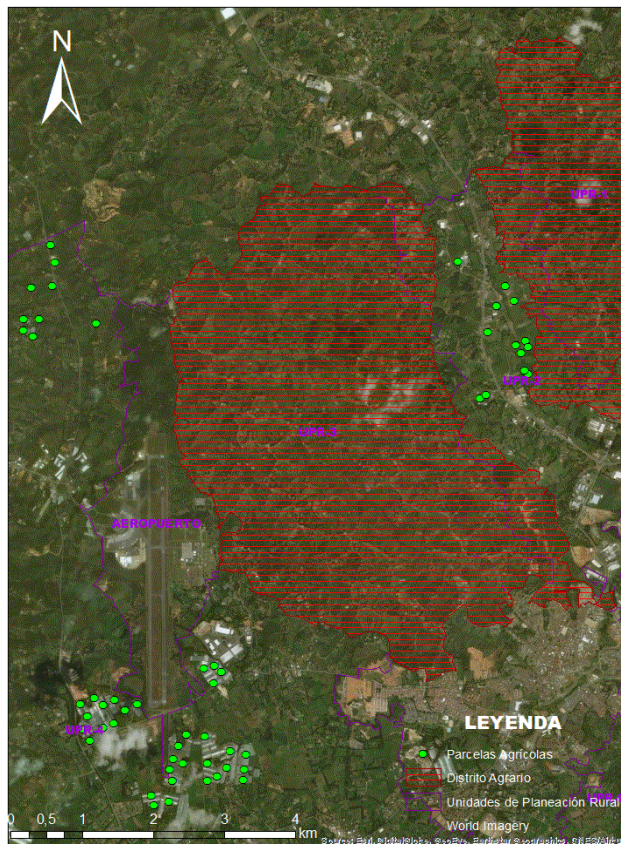
No obstante, la ruta que establece el actual POT ante el concepto de seguridad alimentaria, formula las directrices que debe cumplir las administraciones futuras a la hora de establecer un plan de ordenamiento territorial congruente a lo descrito allí. Sin embargo, los cambios que optan las diferentes administraciones en no seguir por una misma línea base como lo establece caso del Distrito Agrario, se debe al corto alcance en la cobertura que abarca este programa, ya que se convierte un mecanismo poco representativo y funcional a la hora de proteger el sector agrícola del Municipio, sin que se consideren las dinámicas que rigen los crecimientos expansionales tanto económicos como poblacional se viven allí. Por ejemplo, haberse contemplado la protección de dos zonas que abarcan aproximadamente el 23,8% del área total del Municipio para la finalidad que plantea el Distrito Agrario, se convierte en un proyecto excluyente a nivel

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



municipal, ya que gran parte de agricultores locales identificados de pequeña y mediana producción, siendo los más vulnerables ante este hecho, se encuentran ubicadas en la parte sur del Municipio, es decir, quedan exentos de las garantías que ofrece este programa agrario. La Ilustración 32 demuestra la localización de algunos parcelas agrícolas que se encuentran excluidos del área delimitada por el Distrito Agrario; dicha localización se realizó con el programa ArcGIS a partir de la opción *basemap-imagery*, el cual es una herramienta que ofrece el software para digitalizar zonas en tiempo real. Este procedimiento se explica en la sección de movilidad-Área Rural.

Es por lo tanto que ofrecer un plan en el que se garantice el objetivo estipulado durante la conformación del Distrito Agrario, debe de re-establecer una nueva forma en el que los polígonos a proteger tengan la característica de incluir a todos los agricultores a nivel Municipal, el cual a su vez esté acoplado a las dinámicas de crecimiento que se establecen allí.



**Ilustración 32 Localización de parcelas agrícolas que se encuentran excluidas por la delimitación que comprende el distrito agrario. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## **FASE 2: DISEÑO**

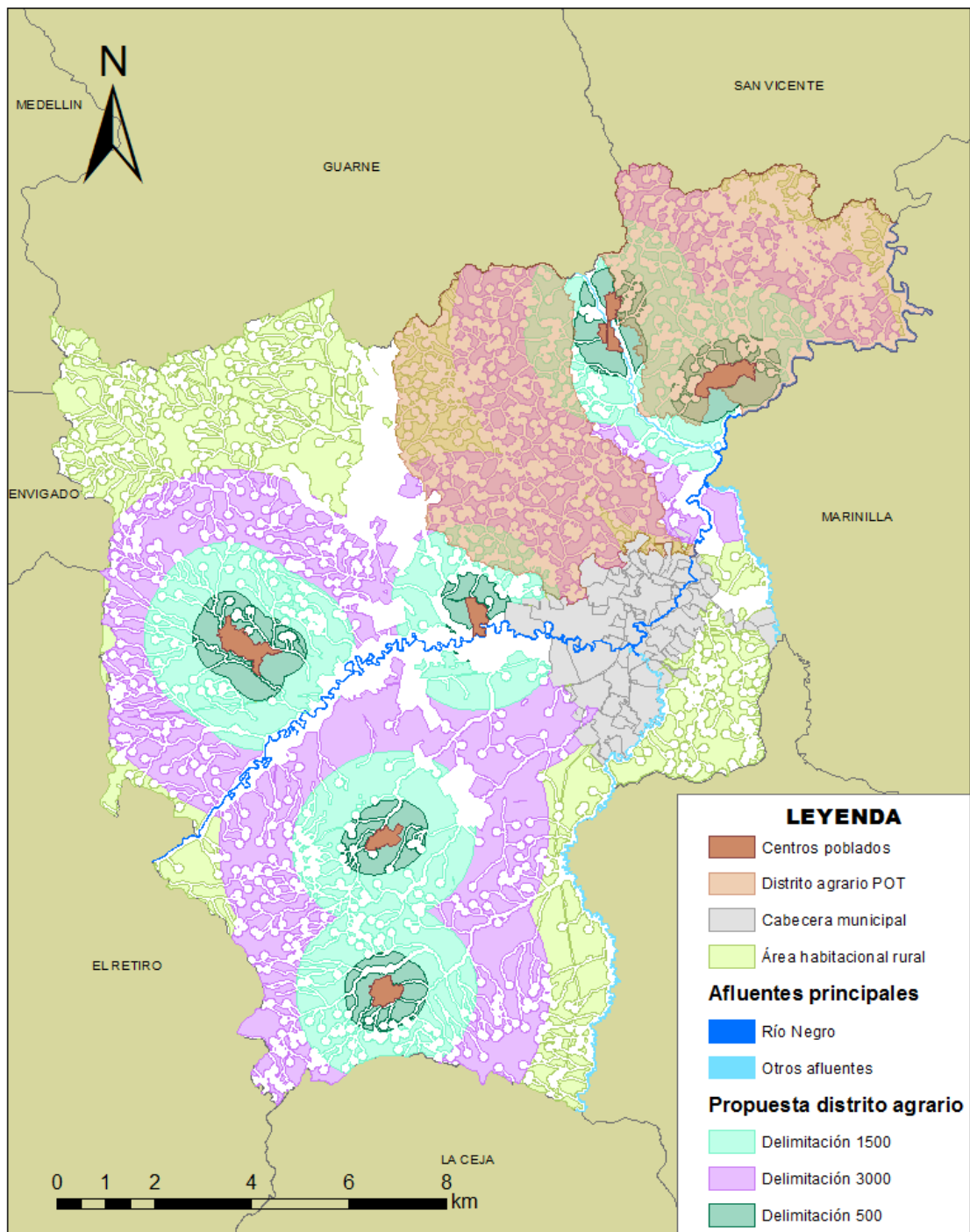
La estrategia a implementar debe de definir al Distrito Agrario como un programa que integre a todo el gremio del sector agrícola local que se encuentra esparcido en el territorio, ya que su finalidad es implementar una solución que de frente a los riesgos de desagregación social que vive el campesino. Para ello se opta que los lineamientos del Distrito deben de estar incluidos como normativas que acompañen permanente a los principios de planeación urbanísticas que se establece en el plan de ordenamiento territorial. La finalidad de esta propuesta se basa en generar una cooperación en el que se dé un desarrollo rural y urbano equilibrado a nivel territorial en el que se evite dejar a un segundo plano la importancia del desarrollo de los sectores por fuera y alrededor de las zonas urbanas.

Para lograr el propósito planteado anteriormente, se debe delimitar un nuevo conjunto de polígonos que harán parte del Distrito Agrario en el que se establezca una inclusión y un desarrollo equitativo entre el sector rural y el urbano. La Ilustración 33 demuestra una nueva forma de consolidar dichos polígonos a partir de la necesidad de re-establecer la gestión y el cumplimiento de las disposiciones que abarca este programa agrario.

El plan estratégico se centra en conformar una serie de polígonos circundantes a la ubicación de los centros poblados de las zonas rurales, los cuales ejemplifican una nueva forma de extender la cobertura social de este proyecto. Además, los límites detallados se encuentran estructurados a partir una serie de distancias radiales comenzando entre 500 m hasta alcanzar los 3 km de cobertura. Sin embargo, para que este proyecto funcione debe acoplarse a los dictámenes de planeación sectorial que emplea el actual POT en las zonas rurales del Municipio, los cuales se reconocen como las Unidades de Planeación Rural (UPR). Las UPR por normativa busca desarrollar y precisar condiciones de ordenamiento del área rural en base a la consideración de aspectos como: división veredal, estructura ecológica principal, red vial y de asentamientos existentes, las disposiciones de las actividades productivas agrícola, forestal, etc., las cuencas hidrográficas, cerros u otros elementos geográficos y, demás contenidos y normas que se requieran para orientar el desarrollo de las distintas categorías de desarrollo restringido (Artículo 286 & 287-POT).

Actualmente el Municipio cuenta con siete UPR que organiza la estructuración territorial de zona rural de Rionegro, en el que las unidades UPR-1 y UPR-3 en gran parte son los sectores que conforman al Distrito Agrario en el que sus disposiciones se detallan anteriormente (ver Ilustración 31 Delimitación distrito agrario de Rionegro contemplado en el actual POT.). Sin embargo, como se muestra en la Ilustración 33, esta nueva delimitación de los polígonos del Distrito Agrario alcanza a intervenir entre todos las unidades de planeación de rural, lo cual da mostrar que la funcionalidad de esta propuesta debe abarcar al programa agrario como un factor común entre todas las disposiciones de planeación territorial que se establecen para cada UPR. Es por ello, que el Distrito Agrario debe ser considerado como una opción permanente del uso del suelo dentro de las normativas de planeación y sectorización del Municipio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



**Ilustración 33 Delimitación polígonos para la conformación de un nuevo distrito agrario en el municipio de Rionegro. Elaboración propia en base a la información de Secretaria de Planeación de Rionegro 2017**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Teniendo en cuenta este primer principio, la conformación de los límites circundantes a los centros poblados se convierten en guías en la forma en cómo se establecerán la ubicación, garantías, beneficios, obligaciones y normativas para cada tipo de agricultor de pequeña, mediana y gran escala de producción, y de las responsabilidades del Municipio hacia el cumplimiento de este programa de acuerdo a los lineamientos establecidos para la planeación territorial de Rionegro. Ejemplo de aplicación para este concepto puede ser:

- Límite de 500 m: Zona de ubicación de productores locales a pequeña escala en el que se les establece un porcentaje máximo de área a destinar a la actividad agrícola. La relación de las áreas a comprender este porcentaje deberá ser menor a los límites establecidos para los mayores rangos.
- Límite entre 500 m y 1.500 m: Franja de ubicación de agricultores de mediana escala que abarque productores locales o regionales.
- Límite superior a los 1.500 m: Área permitida para el establecimiento de grandes productores agrícolas, ya sean regionales, nacionales o provenientes del extranjero. Aquí se establecen las mayores relaciones de área a cultivar por predio a establecer por normativa.

Además, disposiciones que debe regular el Municipio deben basarse a partir del método de clasificación a la hora de identificar la escala de los productores, ya sea por capacidad instalada, rendimiento agrícola, cantidad producida, entre otros parámetros. Una vez definido la clasificación, se establecerán los beneficios, garantías, seguros y obligaciones, para cada uno de los rangos en el que disposiciones a establecer pueden ser una modificación a lo que hoy en día se contempla por el Distrito Agrario.

Seguidamente, se debe tener en cuenta la ubicación de los predios de los agricultores actuales, los cuales pueden ser clasificados con el método técnico a implantar por el Municipio, pero que su vez se encuentran localizadas en diferentes franjas que no corresponden al de clasificación. Una vez se presente este caso el Municipio debe permitir el desarrollo de la actividad agrícola que lleva a cabo este agricultor, el cual será evaluado e intervenido según la clasificación dada.

Habiendo planteado esta nueva opción de re-estructuración la delimitación del Distrito Agrario, el logro y el buen funcionamiento que debe abarcar esta propuesta u otro planteamiento estratégico, debe comenzar, primero que todo, con el reconocimiento de la realidad que abarca Rionegro en torno al desbalance entre el desarrollo urbano con lo rural. Reconocimiento en el que la administración debe de aceptar el hecho de que: 1) Debe haber mayor apoyo tanto al sector agrícola como las áreas rurales y la población que vive allí, 2) Enfocar mayores recursos hacia las áreas rurales en el que se deje de favorecer en el desarrollo de los centros urbanos, 3) Incluir nuevos planes estratégicos capaces de gestionar una urbanización que este coordinado con un desarrollo coherente a la realidad que vive las áreas circundantes y por fuera de esta zona urbana, y, por último, 4) Entender las tendencias de los comportamientos socio-culturales del Municipio en el que se priorice dar solución al flujo de agricultores locales que abandonan esta actividad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Una vez planteado la fase de diseño para esta estrategia en el que a su vez se describe cuatro recomendaciones en la implementación del Distrito Agrario, se da paso a la última fase de revisión y monitoreo.

### **FASE3: PLAN DE REVISIÓN Y MONITOREO**

Asegurar el logro de los objetivos que comprende la implementación de un plan estratégico al largo plazo, se debe a una buena estructuración en la fase de monitoreo para las etapas futuras que abarca el proyecto. Es por ello que darle una buena continuidad al Programa del Distrito Agrario para el Municipio de Rionegro debe articular e involucrar el desarrollo de dos partes: 1) Reconocimiento de la realidad en relación a las tendencias que conlleva el sector agrícola y el suelo rural y, 2) Estructuración de nuevas alianzas entre lo público y lo privado, el cual sea la gestora de proyectos enfocados al mejoramiento a las dinámicas Rurales, entre ellos el Distrito Agrario.

- **Reconocimiento de la realidad**

Levantar información primaria sobre la descripción del estado del arte que abarca el sector Agrícola en Rionegro da pie a la forma en cómo se van a estructurar las nuevas decisiones en la reglamentación de planes, programas y proyectos municipales, los cuales se vuelvan en mecanismos capaces de entender el comportamiento de las dinámicas que comprende el territorio. Determinar el camino a seguir por el Distrito Agrario debe enfocar sus esfuerzos en atender las realidades que vive las mismas personas que cobijan este programa, es decir, los agricultores.

Es por ello, consolidar una base de datos que se cense la cantidad de rionegreros que son agricultores y que hoy en día se dedican a esta actividad, se convierte una de las variables más importantes a monitorear. Además, conformar este conjunto de información debe abarcar la medición de parámetros tanto cuantitativos como cualitativos, tales como: cantidad de áreas cultivadas, productos cultivados, rendimiento, trabajadores a empleados, cantidad de alimentos cosechados, ubicación y número de las parcelas, entre otros; como aspectos cuantitativos. Mientras que los parámetros cualitativos deben de monitorear tendencias como necesidades, oportunidades, riesgos, amenazas, etc., que viven la población a partir de su perspectiva como agricultor.

Una vez que se consolide una base de datos estable que represente a la dinámica que se da en el sector agrícola y sea evaluado periódicamente en intervalos anuales, da a establecer un mejor entendimiento de esta realidad, capaz de generar: alcances, objetivos y disposiciones acordes a lo necesidades presentes en este sector en el que se pueda responder preguntas tales como: ¿Dónde nos encontramos? ¿Hacia dónde vamos? Y ¿Cómo vamos? Por ejemplo, establecer este primer punto es de vital importancia a la hora implementar el planteamiento estratégico que se recomendó en la etapa anterior.

En relación a lo planteado a lo anterior, actualmente el Municipio de Rionegro cuenta con una base de datos que recopila información de 780 pequeños y medianos

productores agropecuarios, pertenecientes a la cadena productivas de: Leche, porcicultora, hierbas aromáticas y medicinales, ornamentales de exportación, frutas y hortalizas de clima frio moderado. Censo dictaminado para el año en curso 2017.

- **Estructuración Alianzas**

Los cambios de los periodos administrativos conllevan a su vez cambios de intereses a hora de tomar decisiones públicas que en su mayoría van desligadas a los planes y proyectos ejecutados en las administraciones anteriores. Hecho que se puede constatar con el programa del Distrito Agrario del Municipio, en el que los cambios de administración deciden el enfoque a llevar cabo sobre la gestión del sector agrícola, ya sea usando el Distrito Agrario como programa de ejecución u otros planes establecidos en los planes de desarrollo.

Establecer un plan capaz de asegurar el fortalecimiento de este sector rural como lo contempla la normativa, en el que se comparta una línea base que sea aceptada entre las demás administraciones, conlleva a la creación de un ente regulatorio entre lo público y privado, capaz de gestionar un modelo de desarrollo rural y agrícola que no se vea estancado por el cambio de interés que surge cada cuatro años.

Establecer una cooperación de alianzas entre el municipio, instituciones, universidades, empresas, asociaciones agrícolas y, por supuesto, la comunidad campesina, se puede llevar a cabo a partir del marco que contempla una nueva estructuración del Distrito Agrario, alianza que estará encargada de equilibrar los intereses ya no de un suelo integrante, sino de un conjunto de autores que buscan fomentar el desarrollo del sector rural sin comprometer a lo urbano. Además, este relacionamiento entre diferentes autores debe de abarcar un enfoque no solo local sino regional en el que se integre el acompañamiento de los distintos programas del Distrito Agrario a nivel del Oriente Antioqueño. La Ilustración 34 muestra el relacionamiento de alianzas a establecer bajo este concepto planteado.



**Ilustración 34 Organigrama de las alianzas gestores público-privadas del programa de distrito agrario.**

Otro aspecto que destaca el organigrama, es la necesidad de integrar, consolidar y crear nuevas asociaciones agropecuarias a nivel municipal, los cuales desempeñen el rol de ser los puentes directos de comunicación entre el Distrito Agrario y el último eslabón de la cadena, es decir, el agricultor. Un caso de ejemplo a destacar es APROFRUT, asociación que se forma por una iniciativa particular entre agricultores Rionegreros como necesidad de regular un medio en el que se fortalezca el sector agrícola ante el entorno del desarrollo económico del Municipio.

Una vez ya conformado los grupos de trabajo que den fuerza a la operación de dicho programa, se deberá de establecer las actividades de gestión en el que se detalle los objetivos, alcances, programas y cronograma de las acciones a realizar durante el periodo administrativo a comprender. Actividades que deberán estar enfocadas en dar soluciones capaces de conservar, fomentar y asegurar el desarrollo del sector rural, entre ellos la agricultura. Temas a tratar que actualmente requiere la atención para este sector en Rionegro son: Promover mejores programas de financiamiento para el sector rural, aumento en el gasto público a actividades de agropecuarias, control en el precio de venta de los productos cosechados localmente, y mayor accesibilidad en la oferta de planes de seguro por pensión y de salud para los campesinos, entre otros. Los temas mencionados es una recopilación de las necesidades encontradas por cada uno de los entrevistados,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

los cuales requieren un proceso fortalecimiento a la hora de consolidar las prioridades para este sector.

Como se mencionó en el plan de evaluación y monitoreo para la estrategia de Movilidad, cada administración deberá de establecer las alianzas y convenios que serán participe para el funcionamiento de este programa durante su periodo de gobierno. Además, se deberá realizar informes de empalmes cada vez que haya cambios de administración (cuatro años) en el que se registre la respuesta a preguntas de reconocimiento del estado del arte, tales como: ¿Qué plateamos? ¿Qué logramos?, ¿Cómo lo hicimos?, ¿Dónde llegamos?, ¿Qué nos faltó realizar? y ¿Qué recomendaciones dejamos?

### **3.1.5 Estructura ecológica**

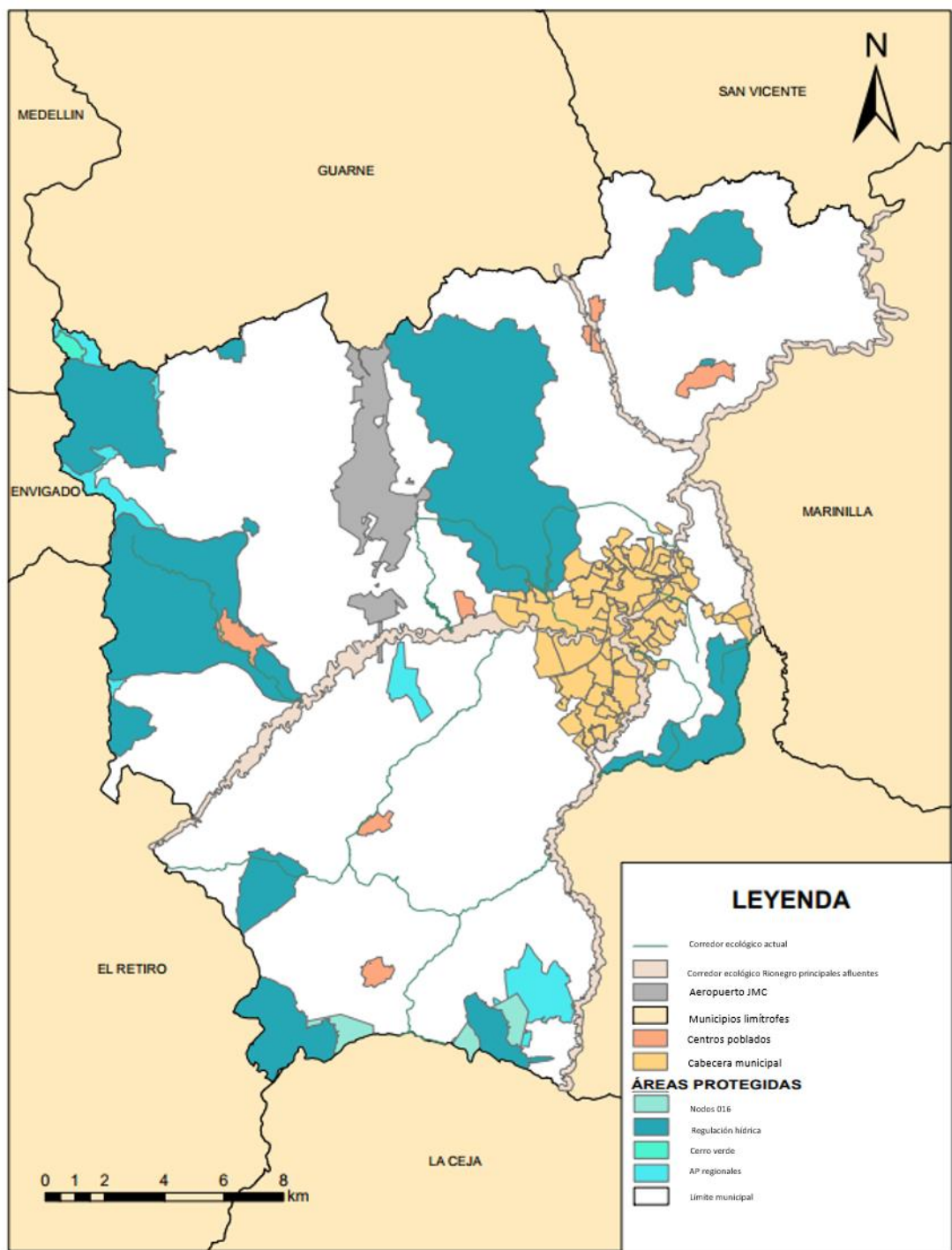
Antes de iniciar con el desarrollo de este tema es importante hacer énfasis en la definición de lo que es estructura ecológica. En Colombia el decreto 3600 de 2007 es el que adopta la definición de estructura ecológica principal y la define como aquel “conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socio-económico de las poblaciones” (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). Teniendo esto presente, se busca dentro del POT aquellos elementos asociados a la estructura ecológica en los territorios.

#### **FASE 1: DIAGNÓSTICO**

En Rionegro se cuenta con una red de la cual hacen parte los suelos de protección establecidos mediante el acuerdo 016 de 1998 expedido por CORNARE suelos que contiene las áreas de protección regional que cumplen la función de nodos entre todos los ecosistemas estratégicos de la región, además se encuentra las áreas protegidas del sistema nacional de área protegidas – SINAP, las áreas protegidas municipales, los terrenos donde la pendiente es superior al 75%, zonas de alto riesgo de desastre, las zonas de alto interés ambiental (humedales, ciénagas, relictos de bosques naturales sin intervenir, santuarios de flora y fauna e hitos naturales y patrimoniales), coberturas de bosque natural intervenido clasificados como bn1 y bn2, áreas de retiros de los cauces y nacimiento de la red hídrica y las partes altas de las microcuencas que surten acueductos municipales (Concejo de Rionegro, 2008). Además de todo lo anterior, esta red posee unos conectores mediante los cuales se asegura el flujo energético dentro de todos los espacios de la red, al mismo tiempo esta es la forma de relacionar todos los elementos mencionados.

En la Ilustración 35 es posible visualizar la estructura que conforma la red ecológica en el municipio de Rionegro.





**Ilustración 35 Elementos ecológicos de la red ecológica de Rionegro. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El contenido de la Tabla 12 detalla lo revisado en la documentación para el desarrollo y soporte de este tema estratégico.

**Tabla 12 Resumen de la documentación revisada para el tema de estructura ecológica.**

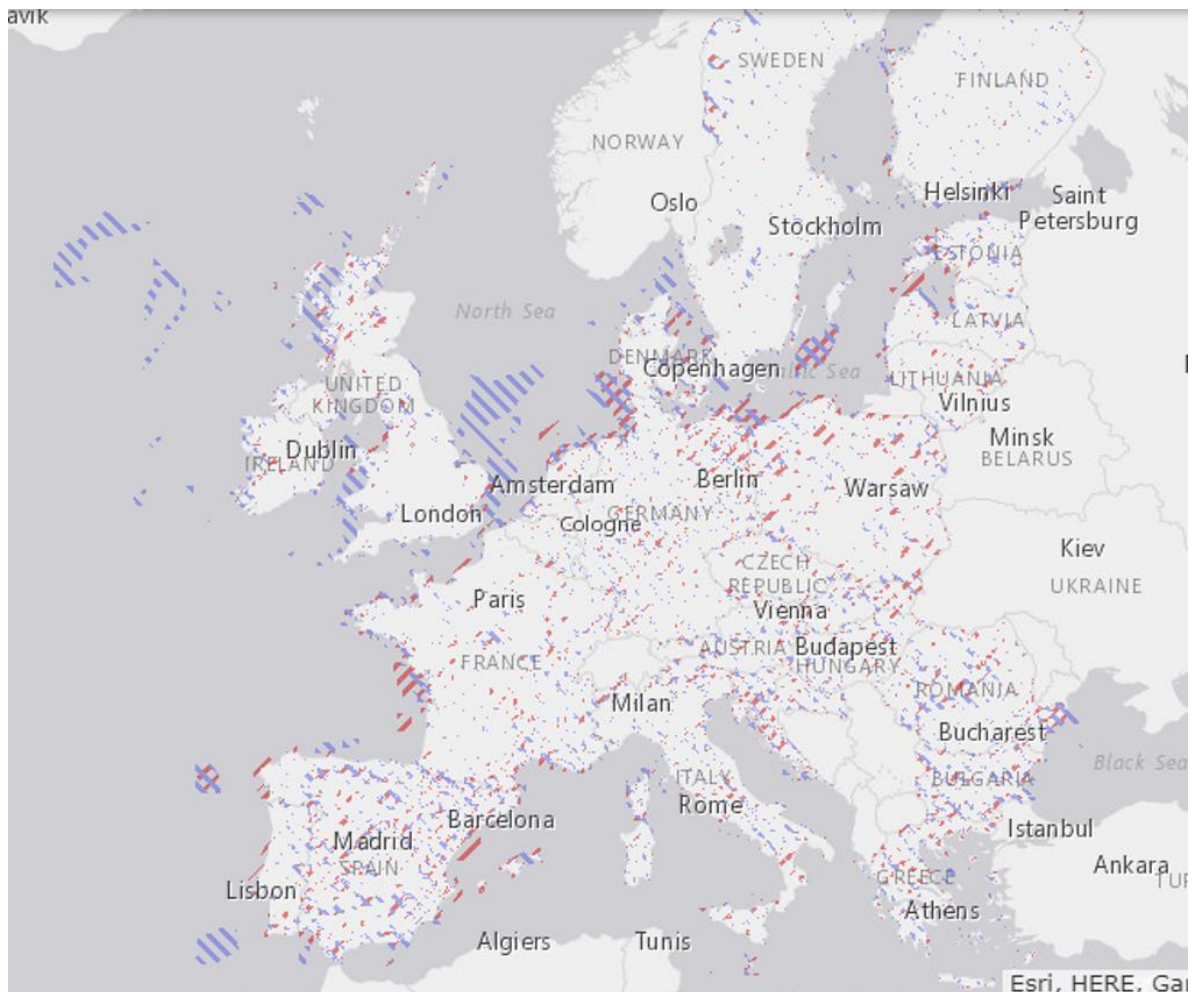
<b>ESTRUCTURA ECOLÓGICA</b>	<b>ART.</b>	<b>ACUERDO 056 DE 2011 (POT)</b>
	<b>18-19</b>	Políticas, objetivos y estrategias para hacer de Rionegro una ciudad intermedia, verde, amable y sostenible en el territorio municipal
	<b>30</b>	Elementos de la visión y del modelo de ordenamiento territorial
	<b>32</b>	Concepto de red ecológica
	<b>34</b>	Concepto de Áreas Protegidas
	<b>37</b>	Áreas protegidas Municipales
	<b>56</b>	Ecosistemas Estratégicos Municipales
	<b>96</b>	Componentes Generales del Espacio Público
	<b>100</b>	Plan Maestro del Sistema de espacio Público Municipal
	<b>146</b>	Incentivos a la Protección y Conservación Ambiental
	<b>152</b>	Estrategias para la ocupación y manejo del territorio
	<b>218</b>	Criterios Ambientales para las actuaciones urbanísticas
	<b>228</b>	Plan Espacial Habitacional
<b>268-269</b>	Áreas de conservación y protección Ambiental- La red Ecológica	

La normativa que respalda todas las consideraciones que debe tenerse en cuenta para conformar una estructura ecológica en un territorio y en una región, es óptima y completa en el caso colombiano, el decreto 3600 de 2007, los acuerdos complementarios que añaden elementos a la red de Rionegro expedidos por CORNARE y el decreto nacional 2372 de 2010, hacen que el soporte jurídico se muestre como bases sólidas para soportar las decisiones que se tomen en cuanto a la construcción de estas redes en los territorios a nivel nacional.

Esta realidad no está muy alejada de lo que en la Unión Europea hoy en día y desde años atrás se ha logrado establecer. En la UE existe un programa conocido como Natura 2000 y hace referencia a la red ecológica de áreas de conservación de la biodiversidad, esta cuenta con zonas especiales de conservación (ZEC) establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitat y de Zonas de Especial Protección para Aves (ZEPA) designadas en virtud de la Directiva Aves. Con esta red la UE pretende asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo además a detener la pérdida de la biodiversidad y se considera como el principal elemento para la conservación de la naturaleza en la UE (Ministerio de Ambiente Agricultura y Pesca Alimentación y MedioM, 2017).

En la Ilustración 36 se muestra la cobertura de la red ecológica de la UE y las ZEC y ZEPA dentro de ella.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



### Natura2000 Sites

Habitats Directive Sites (pSCI, SCI or SAC)

 Habitats Directive Sites (pSCI, SCI or SAC)

Birds Directive Sites (SPA)

 Birds Directive Sites (SPA)

**Ilustración 36 Red ecológica en Europa. Tomado de** (Ministerio de Ambiente Agricultura y Pesca Alimentación y MedioM, 2017).

Si bien la cobertura territorial de la red ecológica de Europa no es comparable con lo que se muestra de equipamiento ecológico en el municipio de Rionegro, sí es posible ver cómo una agrupación de países puede establecer lazos transfronterizos con un mismo interés, que en este caso es el de conservación de la biodiversidad, flujo energético de los diferentes ecosistemas y la continuidad de espacios verdes conectados. Rionegro y los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

demás municipios de la región del oriente antioqueño cuentan con nodos para asegurar ese mismo flujo y conexión, pero estos nodos no son suficientes ya que las intervenciones que se dan en los diferentes territorios hacen que las conexiones se pierdan, pero además la ausencia de conexiones completas al interior de cada municipio impide que el flujo y conexión a nivel regional o departamental se presente.

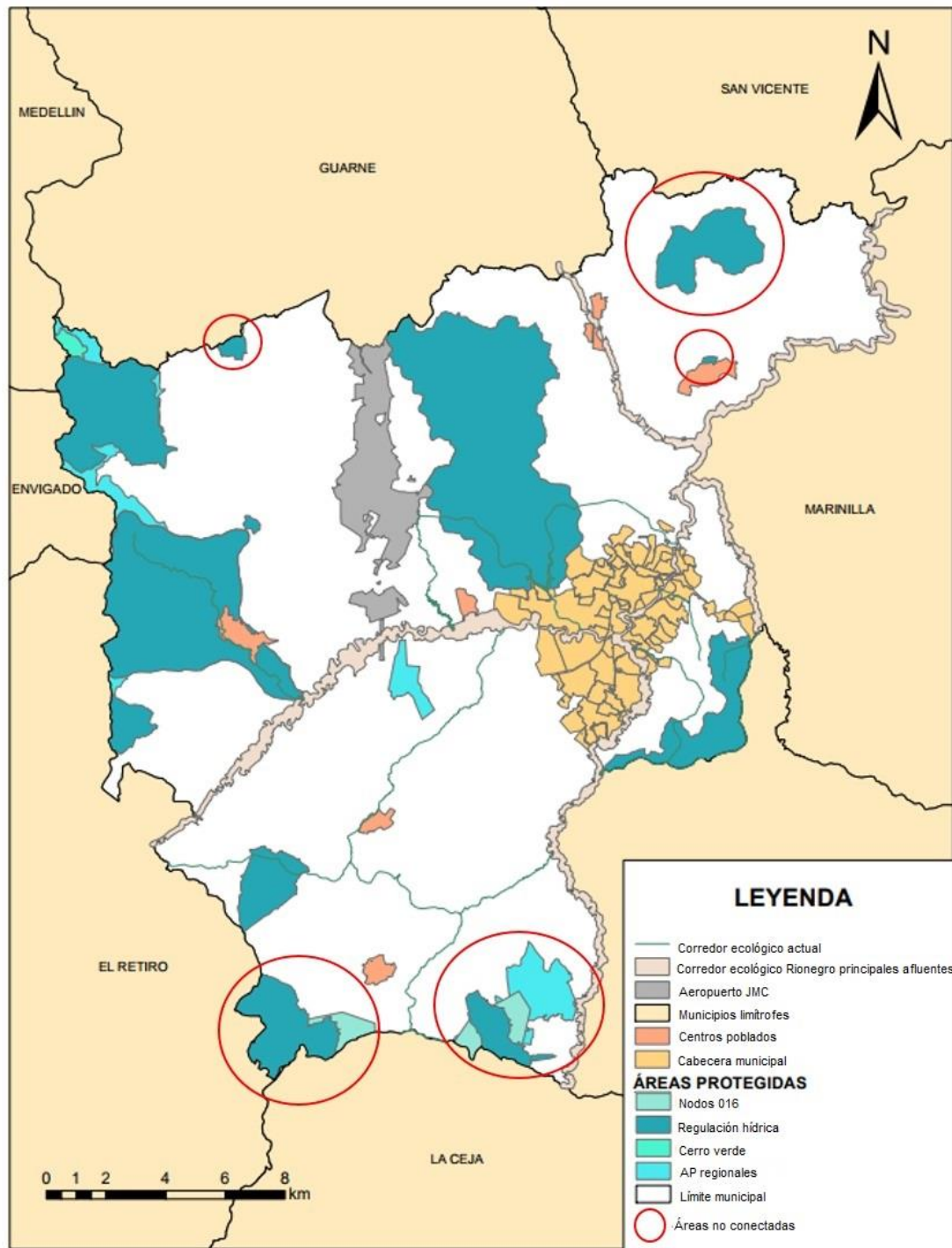
## **FASE 2: DISEÑO**

El caso de la UE representa un ejemplo claro de integración territorial pero al mismo tiempo sirve de ejemplo para que en Colombia se puedan emprender programas de conexión ecológica de todas sus regiones, pero para cumplir con esto, mínimamente se debe asegurar que los territorios tengan las conexiones completas dentro de ellos, es decir, que los municipios posean las conexiones necesarias para asegurar el flujo ecológico entre los elementos presentes en su territorio, de modo que cumpliendo este requisito mínimo, puedan asegurar la conexión con otros territorios municipales y futuramente con otras regiones.

De lo anterior es posible entonces conformar una propuesta que se encargue de consolidar la conexión entre aquellos elementos importantes dentro de la estructura ecológica en el municipio de Rionegro. Para lograrlo se siguió el siguiente proceso.

1. Identificación de áreas totales de la red ecológica municipal.
2. Identificación de corredores ecológicos en el territorio.
3. Identificación de las conexiones existentes de los nodos ecológicos y las áreas de la red ecológica.
4. Visualización de las áreas de la red que no tienen enlace con los demás elementos de red ecológica.

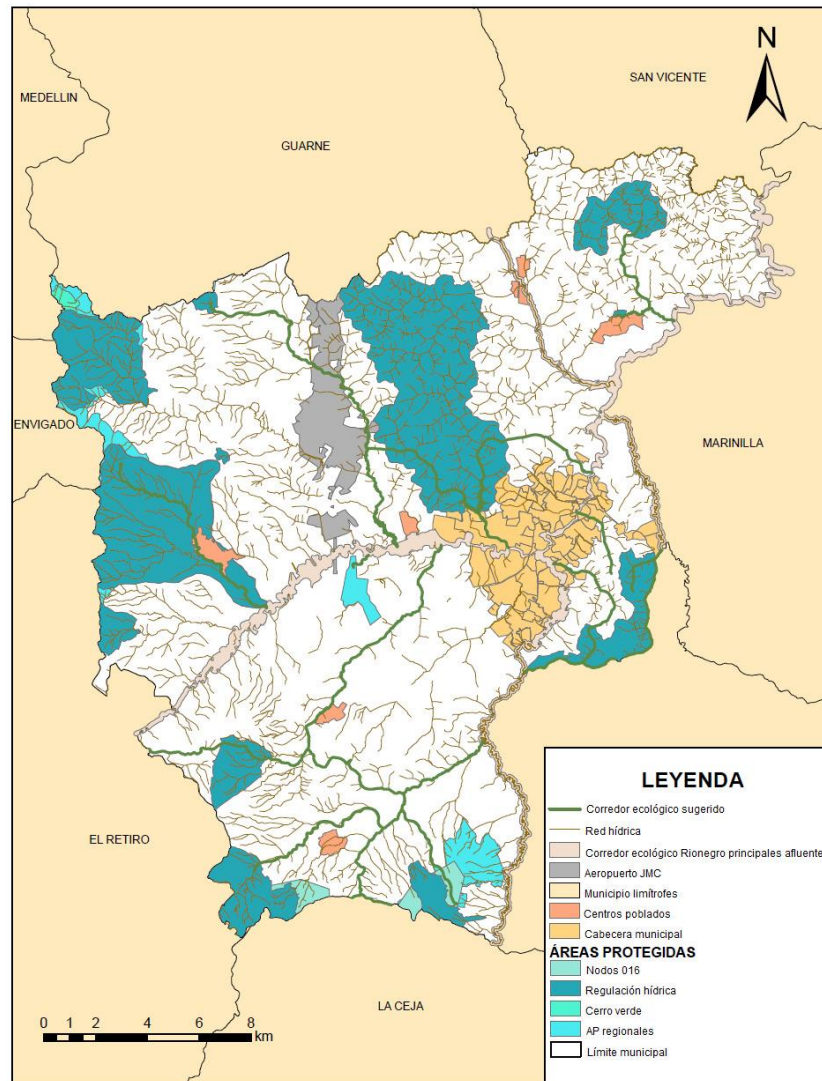
Cuando los elementos que no están conectados (ver Ilustración 37) a la red fueron identificados se procedió a establecer las conexiones usando como líneas de enlace los cauces de las microcuencas de las zonas desconectadas de la red ecológica. Empleando la red hídrica como soporte para la construcción de los corredores de conexión es posible que la propuesta se convierta en un proyecto más viable ya que tradicionalmente, las quebradas se han usado como líneas de ejecución para proyectos de parques lineales o parques de quebrada, los cuales cumplen la función de conexiones para la red ecológica y promueven una interacción amigable entre el ambiente natural y los espacios urbanos.



**Ilustración 37 Áreas de la red ecológica no conectadas. Elaboración propia en base a datos de Secretaria de Planeación, 2017.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Se eligieron estratégicamente aquellos cuerpos de agua con los cuales se pretendía hacer la conexión y convertirse en nuevos corredores bióticos o ecológicos. Luego de establecer estas conexiones el resultado de una nueva red ecológica lo expone el mapa de la Ilustración 38.



**Ilustración 38 Red ecológica sugerida contemplado todas las áreas de importancia ecológica. Elaboración propia en base a datos de Secretaría de Planeación, 2017.**

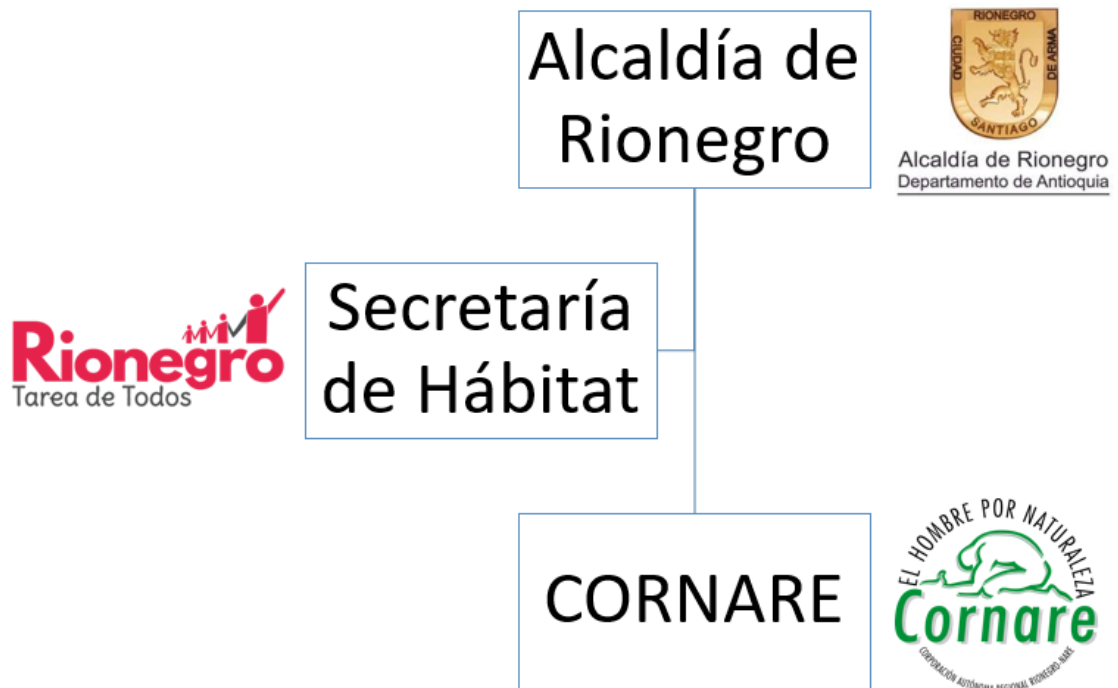
El proyecto de construcción de corredores bióticos que aseguran la total conexión de la red ecológica en el municipio de Rionegro debe estar soportado en programas de intervención de cauces como parque lineales o planes de mejoramiento de coberturas en los retiros de los cauces seleccionados. Para hacer seguimiento a la ejecución de estos programas o intervenciones se propone lo siguiente:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

**Tabla 13 Plazos para el cumplimiento de los programas e intervenciones para la conexión de las áreas aisladas dentro de la red ecológica.**

Periodo de ejecución	Objetivos
Corto plazo	Formulación y ejecución de dos programas o planes de intervención para la conexión de dos áreas no conectadas (las áreas pueden ser elegidas libremente por la alcaldía del momento en compañía de la secretaría de hábitat y la asesoría de la corporación ambiental)
Mediano plazo	Formulación y ejecución de tres programas o planes de intervención para la conexión de tres áreas no conectadas (las áreas pueden ser elegidas libremente por la alcaldía del momento en compañía de la secretaría de hábitat y la asesoría de la corporación ambiental)
Largo plazo	Formulación y ejecución del total de programas o planes de intervención necesarios para la conexión de todas áreas no conectadas. Se aclara que según el proceso de identificación de áreas no conectadas definido en el desarrollo del tema de estructura ecológica se identificó 5 áreas como no conectadas.

Los periodos que se mencionan en la Tabla 13 hacen referencia a los plazos legislativos, el corto plazo es de un periodo legislativo de alcaldía, el medio de dos y el largo plazo de tres periodos. Si los objetivos propuestos no se cumplen en el plazo correspondiente, representantes del equipo de trabajo que muestra la Ilustración 39, deberán tomar medidas para replantear los plazos y exponer las causas del por qué no se cumplieron los objetivos en los plazos asignados.



**Ilustración 39 Equipo de trabajo a intervenir en la puesta en marcha de esta propuesta.**

Se debe tener presente que estas alianzas entre el ente de gobierno y la corporación ambiental regional son sugerencias para que el desarrollo de la propuesta lo lleve a cabo un grupo interdisciplinario de expertos.



## 4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Retomando que el objetivo de este trabajo fue proponer cinco iniciativas para promover el ordenamiento territorial sostenible analizando estratégicamente los temas de recurso hídrico, energía, movilidad, producción de alimentos y estructura ecológica, se presentará en este mismo orden las conclusiones de cada uno de estos temas:

- En el caso del recurso hídrico, el cual tuvo como énfasis proponer la red de monitoreo de calidad de las aguas superficiales del municipio tomando como base la red hídrica actual, se puede concluir, que las necesidades para proteger el recurso hídrico municipal si bien están plasmadas en la literatura, los planes o programas para hacer gestión no existen, no se encuentran en algún plan o algún programa que los formule para un corto, mediano o largo plazo. Para dar protección a la gran riqueza con la que cuenta Rionegro en este recurso no basta con definir áreas para recarga o regulación hídrica, que es lo único existente actualmente. Rionegro necesita un sistema de gestión que permita conocer el estado de dicho recurso y que a su vez brinde herramientas para la toma de decisiones, las cuales se enfoquen en la protección de nuevas áreas, programas, técnicas y planes de manejo del recurso a nivel local con el fin de obtener elementos que apoyen la gestión regional con sus vecinos y las alianzas institucionales.

Con la propuesta formulada, acercase a la realidad que hoy vive la unión europea en cuanto al seguimiento de la calidad del agua, es completamente viable, pues los medios expuestos para alcanzar las metas citadas en cada fase de ejecución del proyecto, son alcanzables con apoyo de los mecanismos de financiamiento que cuenta el municipio y con las posibles alianzas o apoyos que pueda conseguir.

- Para el caso de energía, se cuantificó el potencial eléctrico de la región generado por fuentes renovables no convencionales como lo son la eólica, la solar y la picogeneración hidráulica. Para las dos últimas, trabajos anteriores fueron adelantados por instituciones a nivel regional y por ende se reconoce este potencial; sin embargo, por ser a esta escala, el detalle de lo que verdaderamente Rionegro puede aprovechar por medio de estas fuentes de energía no es fácil de visualizarlo. Aunque en el caso del aprovechamiento hídrico, si se entra en el detalle de los estudios es posible conocer ese potencial (11.785 kW) mientras que para el caso solar, no es posible saberlo a esta escala. Sin embargo, se tiene presente que con los resultados del análisis a escala regional, es posible decir que en la región el potencial energético (3,9 kWh/m<sup>2</sup>/día) se encuentra por encima del promedio global.

Es importante precisar que el potencial de generación de energía empleando sistemas eólicos no es viable en el municipio por las razones expuestas durante el

desarrollo del trabajo y buscar alternativas para aprovecharlo desemboca en la caída a un círculo de posibilidades mínimas de aprovechamiento.

Con los resultados de esta investigación es posible visualizar el potencial energético mediante la generación con fuentes renovables, lo que puede impulsar a que futuros trabajos o programas puedan construir sistemas para el aprovechamiento de este potencial que actualmente no es reconocido.

- Dentro del análisis llevado a cabo para movilidad, La iniciativa para esta propuesta se centra en refinar el concepto que se entiende por el indicador de densidad vial (longitud vial en kilómetros por cada 100 mil habitantes) determinado para Rionegro según la metodología establecida por el BID. Haber delimitado la evaluación de este indicador a una escala general no reflejaría el comportamiento real de esta problemática en un sistema heterogéneo como es la ciudad. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la evaluación de este indicador para diferentes escalas de análisis locales -urbano y rural- en Rionegro, dio a conocer las realidades que connota los valores encontrados, los cuales especifican una gestión sostenible (color verde) para la cabecera, mientras que en la zona rural este indicador se considera potencialmente problemático (color amarillo). Además, este concepto de colores se encuentra relacionado con el modelo de ocupación territorial que abarca la zona de estudio, es decir, el verde denota un modelo compacto mientras que el amarillo refleja que se está generando un crecimiento disperso. Conceptos que evidencia las realidades que abarca Rionegro producto del acelerado crecimiento urbanístico de la región.

Por otro lado, una vez encontrado el resultado de este indicador a nivel rural, se propone enfocar un nuevo análisis a una escala zonal en el que se escoge un polígono de interés delimitado como zona de conservación hídrico. El valor de densidad vial obtenido allí, da a conocer que esta zona se encuentra con un desempeño altamente problemático (color rojo) o que en otras palabras es un sector con un modelo de crecimiento disperso.

Por lo que haber expuesto estas tres realidades definidas por los valores obtenidos por este indicador de densidad vial, da muestra de los diferentes comportamientos que puede albergar un Municipio a partir del nivel del enfoque que se tenga en cuenta a la hora de estudiarlo. A pesar de que estos resultados concuerdan con las diferentes dinámicas de crecimiento que abarca Rionegro, la privación, la calidad y la incongruencia con la normativa de información con la que se trabajó, se consideran factores de incertidumbres a la hora de plasmar las realidades del municipio lo cual busca estos indicadores de diagnóstico.

Igualmente, dar una valoración acertada por parte de la metodología del BID para una efectiva toma de decisiones a futuro, debe conllevar por parte del municipio mecanismos capaces de hacer levantamiento, monitoreo y actualización de información relacionado a las dinámicas del crecimiento económico, poblacional y urbanístico que enfrenta Rionegro. Estrategia que se puede llevar a cabo a partir de la metodología de monitoreo y evaluación compuesta por cuatro fases de

acción en la que intervienen actores fundamentales tanto por entes públicos como privados.

- La iniciativa planteada para abordar el tema de producción de alimentos, se centró en delimitar un nuevo Distrito Agrario para el Municipio, el cual sea una zona más incluyente y, que a su vez, cubra la mayor parte de la población que se dedica a la actividad agrícola como una propuesta de beneficios para ellos. Es por lo tanto que esta nueva delimitación establece tres límites entre 500 a 1500 m de radio, los cuales se convierten en polígonos circundantes a los centros poblados rurales; demarcación que dará la pauta a establecer en la definición de las garantías, obligaciones y normativas que debe ejercer la administración para cada tipo de agricultor en algunas de las áreas proyectadas. Sin embargo, como la nueva demarcación alcanza a intervenir gran parte del territorio, la funcionalidad de este programa debe estar considerada como un factor común entre las disposiciones de las unidades de planeación rural (UPR). Es decir, el Distrito Agrario debe ser una opción permanente como programa a la hora de determinar los usos del suelo empleadas dentro de las regulaciones de planeación territorial del Municipio.

Adicionalmente, plasmar esta propuesta que hace énfasis en dar solución a las falencias que comprende el actual Distrito agrario, debe estar acompañada en el reconocimiento de la realidad que abarca este municipio en relación al desequilibrio entre el desarrollo urbano con lo rural por parte de la administración. Es por ello que asegurar esta primera etapa puede consolidarse a partir de la articulación e integración estrategias tales que garanticen el reconocimiento de la propiedad realidad y la estructuración de nuevas alianzas. Ejemplos descritos para esta etapa de monitoreo: es la realización de censos rurales, creación de una base de datos de los agricultores de la región, creación de convenios con nuevas asociaciones agrícolas, entre otros.

- En el último de los temas estratégicos abordados en el trabajo se propuso la conexión total de la red ecológica del municipio. Si bien se destacó el trabajo que hasta ahora ha logrado conseguir Rionegro en este aspecto de ordenamiento territorial, la ausencia de coherencia para tener un sistema ecológico conectado totalmente, demuestra algunos vacíos que tiene o ha tenido la forma de administrar los recursos municipales de Rionegro. A pesar de tener elementos del sistema estructurante natural o ecológico ya protegidos y clasificados en el POT, Rionegro no posee conexión interna entre algunos de estos elementos.

Por todo lo anterior, se concluye que el municipio no cuenta con uno o varios sistemas de información con los cuales se pueda acceder al estado de cualquiera de los elementos revisados en este trabajo. La ausencia de sistemas del estado del recurso hídrico, o sistemas de cuantificación del potencial energético del territorio, sistemas para conocer el estado de la movilidad en tiempo real o sus índices, sistemas de organización de predios o gestión de tierras de vocación agraria o sistemas ecológicos estructurantes, hacen que la gestión territorial no cumpla con requerimientos mínimos de para el orden equitativo en el territorio. Para lograr que estos sistemas municipales informativos puedan consolidarse, es necesario que la integración de objetivos y metas de quienes lideran los proyectos en

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

los diferentes periodos legislativos se lleve a cabo mediante una misma línea estratégica de ejecución, sin esta integración y compromiso a través del tiempo y de las diferentes administraciones, el desarrollo económico de la región es posible que se presente, pero el desarrollo territorial integral y sostenible estará ausente.

De la totalidad del contenido de temáticas trabajadas durante este proyecto, se puede concluir a modo general que el municipio de Rionegro en Antioquia no tiene bases de ordenamiento territorial sostenible, éstas aún están en construcción, si bien hay una normativa que podría considerarse como óptima y que tiene en cuenta aspectos de desarrollo sostenible, no son consecuente con lo observado o lo que sucede en realidad en el municipio, sin embargo los resultados de esta investigación son posibles caminos a seguir para lograr cumplir con algunas metas o condiciones que cataloguen al municipio como un territorio sostenible en la forma de organizarse y de manejar sus dinámicas económicas, sociales y ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Rionegro. (2016). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2016-2019 “Rionegro Tarea de Todos.”* Rionegro. Retrieved from [http://www.rionegro.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan de Desarrollo 2016 - 2019.pdf](http://www.rionegro.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%202016%20-%202019.pdf)
- Alcaldía de Rionegro, UCO, & CAMACOL. (2016). PLAN VIAL MUNICIPIO DE RIONEGRO-Convenio 039 de 2016. Rionegro: Alcaldía de Rionegro-Secretaria de Planeación.
- Alcaldía del Municipio de Rionegro. (2015). *Perfil subregional del Oriente antioqueño.* Departamento Administrativo de Planeación. Retrieved from <http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/perfiles/oriente.zip>
- Almanza, C. S., & Antequera, A. M. (2015). LA ENERGÍA EN POTENCIA, MÁS ALLÁ DEL DISCURSO: EL CASO COLOMBIANO. In *AGENDA 2030, Lograr el desarrollo sostenible en un mundo diverso* (pp. 56–70). Bogotá, Colombia: Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Álvarez Correa, V. A. (2016). Sobredemanda de agua en el Oriente de Antioquia superó el 50 %. Retrieved November 22, 2017, from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/agua-en-el-oriente-de-antioquia-cada-vez-es-mas-escasa-BY4670201>
- Álvarez, V. A. (2016a). Crecimiento urbano en Oriente urge políticas públicas para evitar colapso - El Colombiano. Retrieved November 22, 2017, from <http://m.elcolombiano.com/crecimiento-urbano-del-oriente-antioqueno-requiere-politicas-publicas-para-no-colapsar-LG4769814>
- Álvarez, V. A. (2016b). Rionegro es ahora ciudad sostenible. *El Colombiano*.
- Badel, A. M. (2017). Invertir en Energía Renovable. *Portafolio*. Retrieved from <http://www.portafolio.co/opinion/otros-columnistas-1/ana-maria-badel-invertir-en-energia-renovable-509124>
- Banco de la República. (2015). Ordenamiento territorial. Retrieved October 22, 2017, from [http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/ordenamiento\\_territorial](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/ordenamiento_territorial)
- Banco Interamericano de Desarrollo[BID]. (2017). Acerca del BID. Retrieved October 11, 2017, from <http://www.iadb.org/es/acerca-de-nosotros/acerca-del-banco-interamericano-de-desarrollo,5995.html>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Baron, R. (2013). Renewable Energy : a Route to Decarbonisation in Peril? *OECD*, (June), 1–58.
- Betancur, L. (2016, June). El 2015, el año memorable para las energías renovables. *El Tiempo*.
- BID. (2013). *Anexo 2 Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles*. Banco Interamericano de Desarrollo[BID].
- BID. (2016). *Guía Metodológica-Iniciativa ciudades emergentes y sostenibles*. Banco Interamericano de Desarrollo[BID].
- Bolaños Vargas, E. (2004). Crecimiento urbano desordenado provoca impacto ambiental - Semanario Universidad. Retrieved November 23, 2017, from <https://semanariouniversidad.com/pais/crecimiento-urbano-desordenado-provoca-impacto-ambiental/>
- Bosetti, V. (2015). The role of renewables in the pathway towards decarbonisation. *Towards a Workable and Effective Climate Regime*, 327–341.
- Brusa, A., & Guarnone, E. (2017). Energía Minihidráulica. Retrieved October 30, 2017, from <http://cecu.es/campanas/medioambiente/res&rue/html/dossier/4minihidraulica.htm>
- Burke, J., & Ornstein, R. (1999). *Velocidad del Viento en Superficie*. UPME.
- Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño. (2016). Oriente Antioqueño. Retrieved September 26, 2016, from [https://www.ccoa.org.co/contenidos/categorias/oriente\\_antioqueno.php](https://www.ccoa.org.co/contenidos/categorias/oriente_antioqueno.php)
- Centro de Ciencias Humanas y Sociales - CCHS. (2016). Desarrollo territorial sostenible (\*) | Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Retrieved from <http://cchs.csic.es/es/research-line/desarrollo-territorial-sostenible>
- Chaves, A., & Bahill, T. (2010). *Locating Sites for Photovoltaic Solar*. University of Arizona, Tucson. Retrieved from <http://www.esri.com/news/arcuser/1010/solarsiting.html>
- Concejo de Rionegro. (2008). ACUERDO 056 DE 2011 - POT MUNICIPIO DE RIONEGRO, ANTIOQUIA, 337.
- CORANTIOQUIA. (2017). Piragua | Programa Integral Red Agua – PIRAGUA. Retrieved October 16, 2017, from <http://www.piraguacorantioquia.com.co/piragua/>
- CORNARE. (2017). DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO. Retrieved from <https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/RIONEGRO/ANEXOS/ANEXO-2.1.pdf>
- Correa, E. (2017, October 19). Un ambicioso plan para Rionegro, Antioquia. *KienyKe*.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Retrieved from <https://www.kienyke.com/historias/el-ambicioso-plan-de-andres-rendon-para-rionegro>

CREG. (2007). *Análisis Precio de Escasez*. Retrieved from [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/b920473e53b10e250525785a007a6f2c/\\$FILE/D-047 ANÁLISIS PRECIO DE ESCASEZ.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/b920473e53b10e250525785a007a6f2c/$FILE/D-047%20ANÁLISIS%20PRECIO%20DE%20ESCASEZ.pdf)

CREG, & XM. (2017). ABC-CARGO POR CONFIABILIDAD. Retrieved October 26, 2017, from [http://www.xm.com.co/promocin primera subasta de energia firme/abc2.pdf](http://www.xm.com.co/promocin_primera_subasta_de_energia_firme/abc2.pdf)

DANE. (2017). Proyecciones de Población. Retrieved November 17, 2017, from <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2005). *Censo General 2005 Perfil Colombia*. Rionegro. Retrieved from <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/boletin.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2007). *Agenda Interna Para La Productividad Y La Competitividad, Documento Regional-Antioquia*. Bogotá, Colombia. Retrieved from [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/Colombia/documentos DNP/agendainternaparalaproductividad antioquia.pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/Colombia/documentos/DNP/agendainternaparalaproductividad_antioquia.pdf)

EEA. (2016). *Urban sprawl in Europe*. Luxemburgo.

EEA. (2017a). Calidad del agua dulce - Agencia Europea de Medio Ambiente. Retrieved October 21, 2017, from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/freshwater-quality/freshwater-quality-assessment-published-may-2#tab-related-briefings>

EEA. (2017b). WISE SoE: Overview of SoE Monitoring Stations. Retrieved November 15, 2017, from <http://maps.eea.europa.eu/EEABasicviewer/v3/?appid=7ce2cfbfc4fb4a64ad7b24e37af44e94&webmap=6ecf37c7be114021af158d90a7645298&embed=false>

El Cacho, J. (2016, April). Las energías solar y eólica crecen en el mundo un 20% anual, en España sólo un 0,2%. *La Vanguardia*.

ESRI Inc. (2017). World Imagery-Overview. Retrieved from <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>

European Commission. (2012). Roadmap 2050, 1–9. <http://doi.org/10.2833/10759>

European Union. (2011). Territorial Agenda of the European Union 2020. Retrieved from [http://www.nweurope.eu/media/1216/territorial\\_agenda\\_2020.pdf](http://www.nweurope.eu/media/1216/territorial_agenda_2020.pdf)

Findeter. (2017). ¿Quiénes somos? Retrieved October 11, 2017, from

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

[https://www.findeter.gov.co/publicaciones/quienes\\_somos\\_pub](https://www.findeter.gov.co/publicaciones/quienes_somos_pub)

- García, D. (2016). Acceso a electricidad y calidad de vida. *UdeA Noticias*. Medellín, Colombia. Retrieved from [http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia!/ut/p/z0/fY69DslwDIRfhaVj5FBCgLFiQEIMDAi1WZCVRBAIcX9CBW9PWgbEwmJ9dz6fDAPKUAf7d8boKKBPUlytFyt82kh-I5LIXkh92K-yDezw5HDFtT\\_QGpw16ZRBSHnIdpnhLKMnqJ\\_GIsZx-5XXehuPzzMSaDotMMu4-N1claG1](http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia!/ut/p/z0/fY69DslwDIRfhaVj5FBCgLFiQEIMDAi1WZCVRBAIcX9CBW9PWgbEwmJ9dz6fDAPKUAf7d8boKKBPUlytFyt82kh-I5LIXkh92K-yDezw5HDFtT_QGpw16ZRBSHnIdpnhLKMnqJ_GIsZx-5XXehuPzzMSaDotMMu4-N1claG1)
- Gobernación de Antioquia. (2009). *Planes estratégicos subregionales: formulación, ejecución, evaluación y ajustes : guía metodológica*. Medellín.
- González, S. I. (2008). Caracterización económica del municipio de Rionegro. *Perfil de Coyuntura Económica*, 12, 203–205.
- IDEAM. (2016). REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/agua/redes-monitoreo-calidad-agua>
- IDEAM, & UPME. (2017). Atlas de viento de Colombia. Retrieved from <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- Jiménez, G. (2015). En Rionegro el precio de la tierra crece al 12% anual. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/en-rionegro-el-precio-de-la-tierra-crece-al-12-anual-XA1938550>
- Jiménez, J. (2017). La energía solar ya es la energía más barata en casi 60 países. *Xacata*. Retrieved from <https://www.xataka.com/energia/la-energia-solar-ya-es-la-energia-mas-barata-en-casi-60-paises>
- Macías, A. M., & Andrade, J. (2013). *Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático*. Bogotá, Colombia.
- Mesa, R., López, M., & García, L. (2007). *Caracterización Económica del Municipio de Rionegro, Antioquia, 2004-2006*. Rionegro.
- Ministerio de Ambiente Agricultura y Pesca Alimentación y MedioM. (2017). Red Natura 2000. Retrieved October 30, 2017, from <http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Decreto 3600 de 2007. Retrieved October 30, 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=26993>
- Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2004). *Serie Planes de Ordenamiento Territorial*. Retrieved from <https://drive.google.com/drive/folders/0By1-7QgZQ9vKMjFZbFpmZE9wdTA>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



- Monsalve, M. M. (2016). ¿Está enredado el camino de las energías renovables en Colombia? *El Espectador*. Bogotá, Colombia.
- Ortega, S. (2017). Diapositiva Energía y Cambio Climático. Medellín.
- Ospina, G. (2016). Oriente se une para planificar su futuro. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/parcelaciones-cambian-vocacion-al-orientecercano-MC4062394>
- Otero, W., García, J., Solano, G., & Castillo, M. (1998). *Guía simplificada para el ordenamiento territorial municipal. Convenio IGAC Proyecto Checua - CAR - GTZ - KFW. Convenio IGAC Proyecto CHECUA - CAR - GTZ - KFW*. Retrieved from [https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/guia\\_sim.pdf](https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/guia_sim.pdf)
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2012). DEFINICIÓN DE ENERGÍA. Retrieved from <definicion.de/energia/>
- PNUD. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible | UNDP. Retrieved October 19, 2017, from <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Recio, J. (2017). ENERGÍA SOLAR. Retrieved October 24, 2017, from [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/solar.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm)
- Red de Ciudades Cómo Vamos. (2017). ¿Quiénes Somos? Retrieved October 17, 2017, from <http://redcomovamos.org/pagina-ejemplo/>
- Renewable First. (2017). How windy does it have to be? Retrieved October 26, 2017, from <http://www.renewablesfirst.co.uk/windpower/windpower-learning-centre/how-windy-does-it-have-to-be/>
- Saenz, J. (2017, July). El agridulce panorama de las energías renovables en Colombia. *El Espectador*. Bogotá, Colombia.
- Sánchez, V. P., Naranjo Montoya, D., & Torrejón Cardona, E. (2011). Campesinos y cambios en el uso del suelo, caso Rionegro, Oriente Antioqueño. *Congreso Nacional de Sociología*.
- Santhanam, N. (2015). What Type of Land is Suitable for Solar Farm? Retrieved October 25, 2017, from <http://www.solar mango.com/ask/2015/10/23/what-type-of-land-is-suitable-for-solar-farm/>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario en el Departamento de Antioquia 2013*. Medellín, Colombia.
- Soto Estrada, E., Posada, M. I., Velásquez Girón, N., Ramírez Jiménez, L. M., & García Vélez, L. (2013). Evaluación espacial multicriterio para la localización de picocentrales en Antioquia. *CIDET*, 9, 4.

- Sustainable Energy Institute. (2017). The most frequently asked questions about wind energy (circa 2001-2004). Retrieved October 26, 2017, from <http://www.culturechange.org/wind.htm>
- Trujillo Villa, C. (2017). Las bicicletas que transforman la cara de Rionegro. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/sistema-de-bicicletas-publicas-bicirio-transforma-la-movilidad-de-rionegro-MD5849680>
- United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. *General Assembly 70 Session, 16301(October)*, 1–35. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- UPME, & IDEAM. (2010). *Mapa de Radiación Solar Global sobre una superficie plana*.
- UPME; MINMINAS; BID; fmam. (2015). *Integración de las Energías Renovables no convencionales en Colombia*. Retrieved from [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)
- Uribe, A., Cardona, J., Gonzáles, A., Santa, M., Arenas, J. C., Bedoya, J., ... Hernández, Y. (2013). *Propuestas Programáticas y perfil político de los mandatarios de Antioquia*. Medellín.
- Urteaga, E. (2011). Modelos de Ordenación del Territorio en Europa: Francia , Alemania y Reino Unido. *Estudios Geográficos, LXXII*, 263–289. <http://doi.org/10.3989/estgeogr.201111>
- Villa Betancur, J. A., Daza Vargas, Y. B., García Montoya, J. P., Montoya Restrepo, J. I., Benjumea Hoyos, C. A., Marín Cerón, M. I., ... Morato Farreras, J. (2017). *ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO EN ANTIOQUIA 2012 - 2015. COMPILACIÓN*. Medellín, Colombia.
- World Energy Council. (2014). Energy Trilemma Index. Retrieved from [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/Full-report\\_Energy-Trilemma-Index-2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/Full-report_Energy-Trilemma-Index-2016.pdf)