

# TIERRA DE AGUAS MANSAS

## PROCESOS DE MINERÍA Y URBANIZACIÓN SENSIBLES AL AGUA

Estrategias para adaptar los procesos de minería y urbanización en un territorio vulnerable ante los efectos de la variabilidad climática

Rionegro, Antioquia.

Vanessa González Pérez  
Laura Jaramillo Orrego  
Ana María Zapata Suárez

MAESTRÍA EN  
PROCESOS URBANOS  
Y AMBIENTALES

UNIVERSIDAD  
**EAFIT**

**urbam**  
Centro de Estudios  
Urbanos y Ambientales

# TIERRA DE AGUAS MANSAS

## PROCESOS DE MINERÍA Y URBANIZACIÓN SENSIBLES AL AGUA

Estrategias para adaptar los procesos de minería y urbanización en un territorio vulnerable ante los efectos de la variabilidad climática

Rionegro, Antioquia.

Vanessa González Pérez  
Laura Jaramillo Orrego  
Ana María Zapata Suárez

## AUTORES

Vanessa González Pérez  
Laura Jaramillo Orrego  
Ana María Zapata Suárez

## DIRECTOR

Alejandro Echeverri

## ASESOR METODOLÓGICO

Santiago Mejía

Maestría en procesos urbanos y ambientales  
Universidad EAFIT  
Medellín - Colombia  
Febrero 2019

Ingeniera Ambiental  
Arquitecta  
Ingeniera Geóloga. Esp. Sistemas de  
Información Geográfica

Arquitecto. Phd. Urbanismo.

Ingeniero de Producción. Phd. Ingeniería y  
Gestión Ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que nos acompañaron en este trabajo, principalmente a los asesores como Oscar Mejía y Santiago Mejía que a lo largo de la construcción de esta investigación la nutrieron con aportes valiosos y su conocimiento, igualmente a Alejandro Echeverri por su dirección y orientación en el proceso.

Especialmente agradecemos a Felipe Barreneche por su constante acompañamiento, asesoría y colaboración en desarrollo de esta investigación.

Igualmente agradecemos a nuestras familias; padres, hermanos, Violeta, Juan, Antonia, Daniel y Felipe por sus sonrisas, abrazos e incondicional apoyo.



» Figura 2 - Fotografía humedales  
Rionegro. Fuente: Elaboración propia



## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
Presentación	
Justificación	
Metodología	
<b>CAPÍTULO 1: Procesos de minería y urbanización sensibles al agua: concepto y norma</b>	12
<b>1.1. Marco conceptual</b>	14
Variabilidad y cambio climático	
Servicios Ecosistémicos: SE	
Proceso de minería y sus efectos sobre los ecosistemas	
Proceso de urbanización y sus efectos sobre los ecosistemas	
Ciudades sensibles al agua	
<b>1.2.. Casos referenciales</b>	28
Australia	
Singapur	
Ciudad de México	
<b>1.3. Planificación en Rionegro, ¿sensible al agua?</b>	37
<b>1.4. Marco normativo</b>	39
<b>CAPÍTULO 2: Rionegro: un territorio de aguas en transformación</b>	42
<b>2.1. Cuenca del río Negro: un territorio de aguas</b>	44
Contexto territorial	
Variabilidad y cambio climático en la región	
Hitos de crecimiento en la región del Valle de San Nicolás	
<b>2.2.Principales motores de cambio por factores antrópicos en Rionegro: procesos de minería y urbanización</b>	56
Proceso de minería	
Proceso de urbanización	

2.3. Definición del polígono de estudio	62
2.4. Actores de la transformación del territorio	64
2.5. Transformación del territorio: análisis multitemporal	65
2.6. Escenario tendencial	79
<b>CAPÍTULO 3:</b> <b>Rionegro, un territorio transformado por procesos de minería y urbanización</b>	88
3.1. Proceso de minería + urbanización	90
Etapas del proceso minero	
Etapas del proceso de urbanización	
3.2. Humedales artificiales: una oportunidad para la prestación de servicios ecosistémicos y la adaptación a la VCC en el valle del río negro	101
Minería aluvial que transforma el paisaje: ¿Una oportunidad para la adaptación a la VCC?	
Percepciones sobre los humedales artificiales	
3.3. Principales problemas y oportunidades identificados	117
<b>CAPÍTULO 4:</b> <b>Procesos de minería y urbanización sensibles al agua</b>	118
4.1. Definición de ámbitos de intervención	120
4.2. Estrategias sensibles al agua	122
4.3. Caja de herramientas sensibles al agua	129
Herramientas ambientales, físico espaciales y sociales	
Herramientas institucionales y normativas	
4.4. Articulación y adecuación de procesos de minería y urbanización	140
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	158
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	162
<b>LISTADO DE ANEXOS</b>	170
<b>LISTADO DE FIGURAS</b>	170

## INTRODUCCIÓN

*“Un ameno sitio bañado por un sereno río al que, por la mansedumbre de sus aguas, y la penumbra que formaban los bosques que lo bordeaban, además de que el conjunto les pareciese oscuro, a pesar de ser cristalinas sus aguas, bautizaron con el nombre del Río Negro” (Arbeláez, 1943).*

### Presentación

Tierra de aguas mansas estudia un territorio estratégico que presta importantes servicios ecosistémicos (SE) y que están siendo presionados por motores de cambio. La motivación para realizar esta investigación surge a partir de un primer acercamiento con el territorio en un ejercicio planteado dentro de la maestría de Procesos Urbanos y Ambientales de la Universidad EAFIT; en el que se evidencia un territorio dinámico que constantemente está transformando sus condiciones físicas, sociales y ambientales principalmente por procesos de minería y posterior urbanización, y afectando con ello los SE.

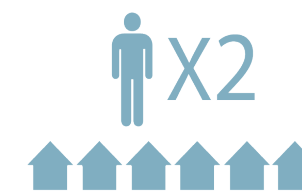
Adicionalmente, al ahondar en la literatura acerca de los procesos de minería y urbanización, con el fin de analizar sus impactos positivos y negativos, se encuentra que, en estos mismos procesos, existe una oportunidad para transformar el

territorio de una forma continua en el tiempo, más sostenible y sensible al agua. Por ello, con esta investigación se busca profundizar en el análisis sobre dichos procesos, que se dan de manera consecutiva en la llanura de inundación del río Negro y comprender las dinámicas de transformación, sus impactos, actores e intereses, para aprovecharlos y diseñar a partir de estos, estrategias que permitan articularlos y con ello construir un territorio más resiliente frente a los efectos de la variabilidad y el cambio climático (VCC) y más sensible al agua.

Es importante aclarar que la intención en este trabajo contempla un enfoque transdisciplinar y sistémico, que tiene en cuenta las dimensiones ambientales, físico espacial, socioeconómica e institucional, y aprovecha las experiencias individuales de las investigadoras en su disciplina y ejercicio profesional: arquitectura, ingeniería geológica y ambiental.

### Justificación

¿Por qué es importante este tema a nivel mundial?



Para el 2050 la población urbana mundial prácticamente se duplicará, lo que hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI (ONU Hábitat III, 2016).



El 40% de la población mundial está siendo afectada por escasez de agua (PNUD, 2018).

90% de los desastres naturales en Colombia son relacionados con el agua (DNP, 2014).



Para final del siglo se espera un aumento de 3°C, lo que implica cambios en los patrones del tiempo, el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos más extremos (ONU, 2015).

» Figura 5 - Problemas mundiales asociados al agua, cambio climático y urbanización. Fuente: Elaboración propia.

El bienestar humano y el progreso hacia el desarrollo sostenible, especialmente de los países en desarrollo, dependen de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos brindan y de una interacción dinámica entre los mismos (MEA, 2003). Entre estos y asociados al recurso hídrico, se destacan para la supervivencia humana el suministro de agua para consumo humano y para usos agrícolas e industriales, que dependen a su vez de los

servicios de regulación hídrica, y que MEA (2003) los define como “tiempo y la magnitud de escorrentía, inundaciones y recarga de acuíferos” (p.56). Estos servicios son influenciados en gran medida por los cambios en la cobertura vegetal, en los humedales específicamente el reemplazo de los mismos a cultivos o áreas urbanas altera el potencial de almacenamiento de aguas, afectando así la regulación hídrica.

Es por ello que el Programa de las Naciones Unidas, PNUD establece la imperiosa necesidad del cuidado, protección y restauración de los ecosistemas asociados al recurso hídrico, para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) No.6: “Garantizar el acceso al agua potable, segura y asequible para todos”; definido por las Naciones Unidas a finales del año 2015; y combatir la actual crisis de escasez de agua que enfrenta el 40 por ciento de la población mundial y que tiene una tendencia de crecimiento debido al calentamiento global por cambio climático (PNUD, 2018).

También es importante anotar que el cambio climático debería jugar un rol protagónico en cuanto a la planeación de las ciudades futuras. Esto debido a que según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD (2018) alrededor de 400 desastres naturales por año ocurren, en gran medida por el cambio climático, y afirma que todos los países han sufrido las devastadoras consecuencias de este fenómeno antrópico. Por ello el ODS No.13: Acción por el clima, busca entre otros “fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos con relación al clima y los desastres naturales” y “promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaz en relación con el cambio climático” (PNUD, 2018).

A su vez, el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) (2016), afirma que el cambio climático es una de las grandes preocupaciones para los países de América Latina y el Caribe (ALC) debido a los efectos que este tiene en la disponibilidad y el acceso al agua, la salud, la producción de alimentos, el capital físico y natural y el uso de la tierra. Para ello se impulsa que las urbes en crecimiento y sus gobiernos locales inviertan en la resiliencia basada en los ecosistemas para aumentar la adaptación al cambio climático y reducir su vulnerabilidad, protegiendo así los ecosistemas y los diferentes servicios que estos prestan para garantizar el bienestar humano. Lo anterior debido a que algunos efectos del cambio climático podrán traducirse en estrés hídrico con factores como; la reducción en la disponibilidad de agua, los desastres ambientales y la pérdida en la biodiversidad.

Por otro lado, dentro de los ecosistemas que son considerados estratégicos para la gestión del agua y los servicios que brindan, se reconocen los humedales, ya que en ellos ocurren funciones vitales, como almacenamiento de agua, mitigación de inundaciones, regulación de caudales, control de la erosión, recarga y descarga de acuíferos, depuración de la contaminación hídrica, retención de nutrientes y sedimentos, regulación del clima local, entre otros. (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2016).

Por su parte, la UNEP (2016) sostiene que “A pesar de que los humedales son reconocidos como ecosistemas clave debido

a la gran cantidad de servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del mundo” (p, 206). En los países de América del sur los humedales costeros, interiores o artificiales, representan el 30% del territorio y son ecosistemas que brindan diversos servicios de regulación, aprovisionamiento y culturales como sitios únicos para el turismo, la recreación y la espiritualidad.

Estos ecosistemas están siendo objeto de atención a nivel mundial debido a la degradación y presión que están sufriendo por las actividades humanas; y con ello afectando el bienestar actual y futuro al poner en riesgo su capacidad de ofrecer servicios derivados de los mismos como la biodiversidad y la fiabilidad de agua limpia (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2016); además, el mismo autor resalta el rol protagónico de los humedales para alcanzar los ODS, especialmente los relacionados al agua (ODS 6) y el clima (ODS 13) (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2016).

Por otro lado, ONU hábitat III (2016), prevé que para el año 2050 el crecimiento poblacional en las ciudades prácticamente se duplicará, situación que presionará cada vez más los ecosistemas para suplir las necesidades que dicho crecimiento supone como la vivienda, infraestructura, servicios, básicos, alimentos, salud, educación, entre otros (ONU Hábitat III, 2016). Además, se resalta la relación directa que existe entre la planificación, ocupación, gestión y gobierno de las ciudades y la sostenibilidad y resiliencia de las mismas, y que va más allá de las fronteras urbanas (ONU Hábitat, 2016, P.11).

A su vez, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008) en la Política de Gestión ambiental Urbana, estima que para el año 2019 la población en las cabeceras municipales se incrementará en 10 millones de habitantes, las ciudades con más de 1 millón de habitantes pasarán de ser 4 a 7, y las ciudades de más de cien mil habitantes pasarán de 37 a 55. Sumado a esto, para el año 2020 se estima que el 80% de la población colombiana será urbana, por lo cual aumentarán los territorios urbanizados en todo el territorio nacional. Estas tendencias de concentración de la población, es una causa inherente del desplazamiento del resto del país hacia las urbes la cual se ha dado sin ninguna planificación ambiental y desordenada ocupación territorial. Lo anterior, conlleva un gran desafío social con grandes impactos ambientales por la alta demanda de recursos que estas concentraciones demográficas requieren, y que repercuten directamente en la calidad del hábitat urbano, la salud, el bienestar y traen otras consecuencias indirectas sobre el medio ambiente nacional y global.

Por su parte el GEO- 6 LAC (Global Environment Outlook para América Latina y el Caribe), afirma que las áreas urbanas siguen creciendo en América Latina y el Caribe ya que han

aumentado su población en más de 35 millones entre los años 2010 y 2016, y en las cuales se espera que aumenten a un total de 567 millones de personas en 2025. Además, la población de esta región se encuentra cada vez más urbanizada superando el 80% de ella y para lo cual se estima que en 2025 alcance un 82%.

Asimismo, gran parte de este crecimiento se ha venido dando en ciudades pequeñas y medianas que con menos recursos deben asumir grandes retos ambientales al igual que las grandes ciudades, para ello la UNEP (2016) sugiere que los desafíos que enfrentan las urbes por la acelerada urbanización, representan una oportunidad para un desarrollo sostenible, desde una adecuada planificación urbana, una infraestructura con valores ecológicos y sistemas de transporte limpio (UNEP, 2016).

Sumado a esto, la UNEP (2016) plantea tres escenarios tendenciales para las urbes que varían de acuerdo implicaciones que surgen a partir de la priorización de consideraciones ambientales, económicas y sociales. En primer lugar, se plantea el escenario donde “La economía prevalece” y se da un desarrollo de las mega ciudades, pero con un déficit en los servicios sociales y un aumento en la presión sobre los recursos naturales. En segundo lugar, se plantea un escenario donde hay un “Canje de políticas”, en el cual se da una expansión más regulada de las ciudades y donde confluyen las necesidades económicas y la conciencia ambiental, sin embargo, las ciudades siguen su tendencia de desarrollarse y crecer a costa de los recursos naturales de los territorios. En último lugar, se plantea un escenario “Hacia una agenda de sostenibilidad”, donde se desarrollan ciudades verdes y sostenibles que se planifican desde el medio ambiente y en la planificación de las urbes se equilibran los objetivos económicos, sociales y ambientales.

En ese orden, la minería supone también una necesidad para las comunidades y para las ciudades en crecimiento. Esta actividad proporciona materia prima para la construcción de vivienda e infraestructura, pero a su vez genera impactos y presiona a los ecosistemas. Así que, en la búsqueda de la sostenibilidad de las ciudades, a las que llama ONU hábitat III, se hace indispensable pensar en nuevas maneras de explotación de los recursos que garanticen el suministro de materiales para la creciente población y se asegure de no afectar la prestación de servicios de los ecosistemas a largo plazo.

Además, la UNEP (2016) sostiene que la minería es un sector que en su proceso puede alterar la hidrogeología local, reduciendo la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico para las poblaciones locales, además, este proceso ocurre generalmente en áreas que se encuentran en un estado de estrés hídrico y acelera la degradación del suelo, limitando la capacidad de la tierra para prestar los servicios ecosistémicos que son necesarios para el bienestar humano.

Por todo lo anterior, es necesario realizar investigaciones e inversiones sobre los ecosistemas y los límites en los mismos, diseñar y planificar el desarrollo urbano de una manera que contemple las necesidades de la población y los límites en los ecosistemas; y concertar estrategias y acciones que permitan alcanzar la sostenibilidad en el largo plazo de los ecosistemas y sus servicios. Para que, de esta manera, puedan ser utilizados en beneficio del hombre sin detrimento de la diversidad biológica y de los beneficios ambientales, económicos y sociales derivados de estos (Naciones Unidas, 1992). Además, estimular que las intervenciones se alineen con los ODS, específicamente con el ODS No.11 “lograr que las ciudades y los asentamientos urbanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (PNUD, 2018).

Para ello, el Informe del 2018 sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo presenta a las Soluciones basadas en la Naturaleza (SBN) como clave para alcanzar la sostenibilidad de los recursos hídricos y hacer frente a los retos que enfrentan las sociedades en la actualidad y de esta manera contribuir al logro de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible y los ODS (WWAP, 2018), tales como el calentamiento global, seguridad hídrica y alimenticia, riesgo de desastres y salud y bienestar de la sociedad. Este concepto liderado por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), que cada vez toma más fuerza y está siendo implementado por organizaciones internacionales como la Comisión Europea y naciones unidas. Promueve la gestión sostenible de los ecosistemas, naturales o modificados, con el fin de obtener beneficios para la sociedad y el bienestar humano, a la vez que se promueve la biodiversidad y la salud de los ecosistemas en el largo plazo, aportando con al desarrollo sostenible, es decir desde la naturaleza para la sociedad y la naturaleza.

En la siguiente figura se ilustran las principales agendas globales con las que se alinea esta investigación:

» Figura 6 - Principales agendas globales alineadas con esta investigación Fuente: Imágenes ODS recuperada de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. Imágenes Ramsar recuperada de: <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convencion-de-ramsar-y-su-mision>. Imagen Hábitat III recuperada de: <https://es.unhabitat.org/>.



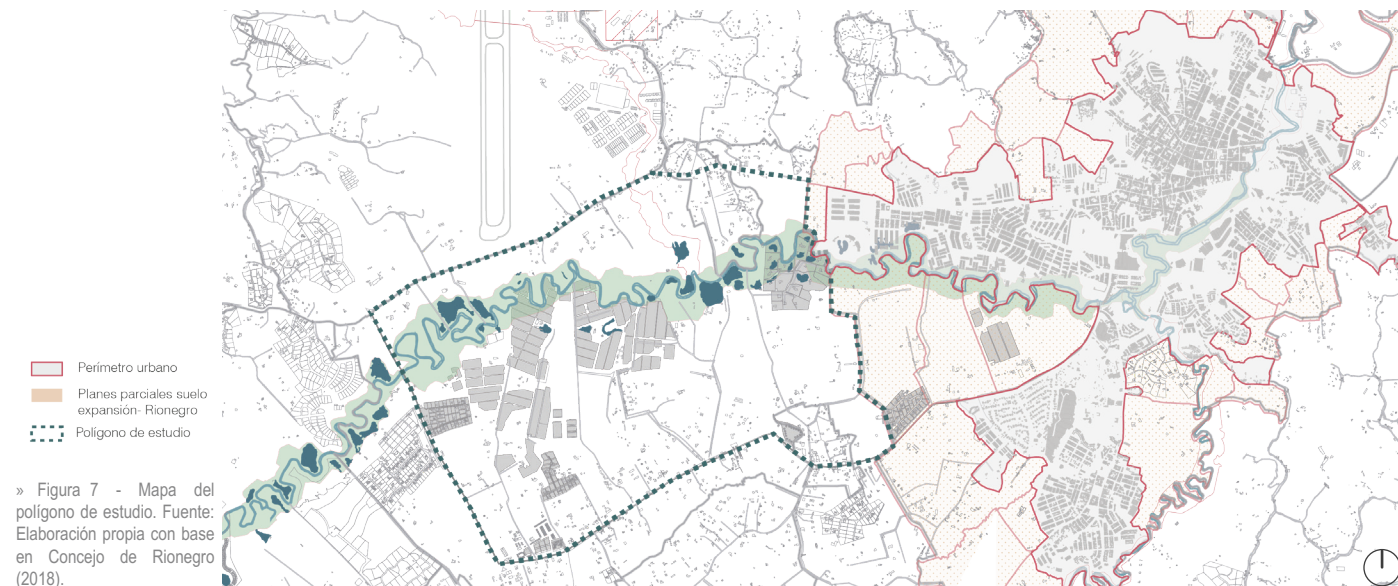
### ¿Por qué Rionegro?

Colombia es un país privilegiado, debido a su ubicación geográfica, variada topografía y clima, posee una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo, esta oferta no se encuentra distribuida de igual manera en todo el territorio y está sometida a las variaciones climáticas propias del trópico como el Fenómeno del Niño y La Niña. Por esta razón, en el territorio Colombiano se encuentran desde zonas con escasez de agua hasta zonas con altos excedentes de este recurso, lo cual somete a muchas áreas del país a periodos de extrema sequía y otras a fuertes inundaciones. Estas regiones de alta importancia en el recurso hídrico se caracterizan por tener una extensa red hídrica, aguas subterráneas, cuerpos de agua lénticos y grandes extensiones de humedales (CORNARE, 2014).

La cuenca del río Negro es una de estas zonas del territorio Colombiano que por su ubicación, sus condiciones climáticas y geomorfológicas, cuenta con una extensa red hídrica denominada Estrella Hídrica de Oriente. Además, posee una gran extensión de aguas subterráneas, lo que hace de esta, una zona rica en recursos hídricos de alta importancia regional

y ecosistémica, que brinda diversos bienes y SE de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación y culturales, que permiten beneficiar el bienestar humano de la población que habita esta región (Urbam EAFIT, 2016).

Tierra de aguas mansas es un territorio ubicado en esta zona de alta importancia hídrica donde confluye, la zona de recarga de alta importancia de las aguas subterráneas de la cuenca, el río Negro y su llanura de inundación más amplia, y otros cuerpos de agua como lagunas naturales y artificiales, pantanos y humedales. Dicha condición hace que este lugar sea propenso a las inundaciones asociadas, entre otros, a los periodos de intensas lluvias presentes en fenómenos de variabilidad climática como "La Niña", pero a su vez por sus condiciones naturales es fundamental que ocurran para beneficiar la prestación de bienes y servicios que de allí se derivan, y favorecer el bienestar humano de las personas que allí habitan. A continuación, se presenta una figura del mapa de ubicación del área de estudio en el municipio de Rionegro.



Sin embargo, este territorio viene siendo presionado por factores antrópicos que influyen en la transformación del territorio, poniendo en riesgo los ecosistemas y los bienes y servicios que estos prestan al territorio. Los principales factores o motores de cambio que actualmente presionan son los procesos de minería y urbanización, dos procesos fuertemente ligados en la actualidad y apalancadores de la ocupación. En primer lugar, la minería a cielo abierto de materiales de construcción construye lagunas artificiales en las llanuras de inundación del río Negro como método de su actividad extractiva, y posteriormente, de acuerdo a los requerimientos del proceso cierre de mina son llenadas para

su posterior ocupación y urbanización.

Estos dos procesos tienen una alta incidencia en el crecimiento del municipio de Rionegro, tanto en la expansión del área urbana como en la ocupación de nuevos suelos rurales. Éstos se encuentran fuertemente ligados; mientras el proceso de urbanización impulsa y favorece el crecimiento de la ciudad, la minería provee los materiales que posibilitan el crecimiento del sector de la construcción, y por otro lado, el proceso de minería adecua el suelo que anteriormente explotó bajo las condiciones que requiere el posterior proceso de urbanización.

A continuación, se presenta en una serie de imágenes de Google Earth sobre el mismo punto geográfico diferentes periodos de tiempo (2006, 2010, 2016). Allí se observa como en efecto suceden los dos procesos de manera consecutiva y los efectos sobre los SE de regulación hídrica y culturales.

Transformación del territorio por procesos de minería y urbanización



» Figura 8 - Análisis de la transformación del territorio por procesos de minería y urbanización. Fuente: elaboración propia con base en Google Earth (2018).

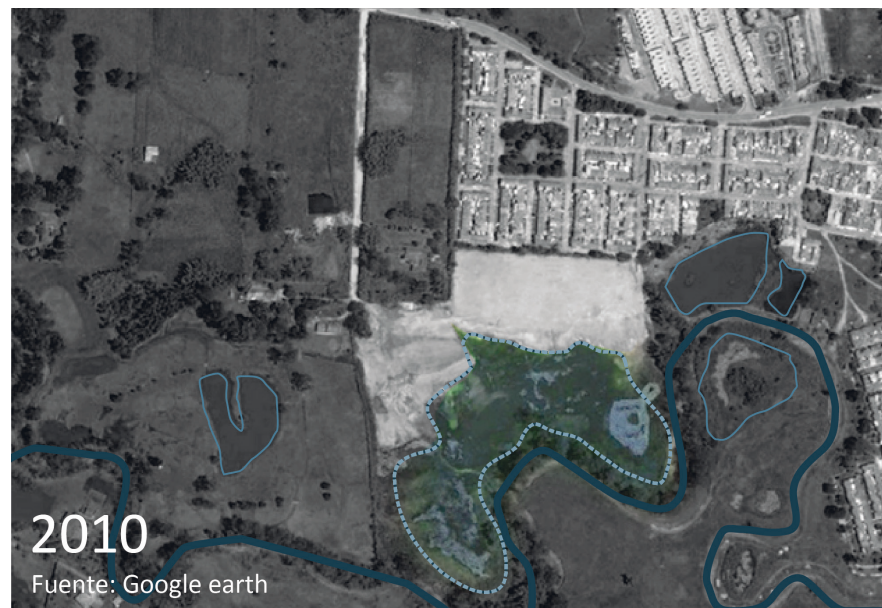


Estado inicial

En particular para el año 2006 (Ver figura 9) se observan los suelos demarcados en un estado inicial natural, con coberturas de pastos, en los que existe un alto nivel de infiltración y recarga de acuífero.

» Figura 9 - Fotografía aérea 2006. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018)

En el año 2010 se observa una actual celda de explotación minera, con presencia de zonas húmedas y depresiones sobre el terreno, de esta manera se afecta la estructura física del suelo y se remueven suelos como gravas y arenas, lo que afecta la capacidad de drenaje del suelo y con ello el balance hídrico. De igual manera, se evidencian áreas compactadas y en preparación para recibir nuevas urbanizaciones, incluso sobre la llanura de inundación.



2010  
Fuente: Google earth  
Proceso de minería

» Figura 10 - Fotografía aérea 2013. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018)

Finalmente, para el año 2016 se observa un suelo casi completamente urbanizado o en proceso, con su consecuente cambio en coberturas vegetales, lo que afecta de manera directa la capacidad del suelo para infiltrar y recargar aguas subterráneas, de igual forma aumenta la escorrentía aumentando el riesgo y vulnerabilidad por inundaciones aguas abajo, fenómeno que se verá incrementando por la VCC. Adicionalmente, los cambios en uso y cobertura alteran el paisaje y los SE culturales asociados, se privatiza el río y paulatinamente la comunidad pierde su acceso a este.



2016  
Fuente: Google earth  
Proceso de urbanización

» Figura 11 - Fotografía aérea 2013. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018).

Si bien la minería y la urbanización hasta ahora han sido unos de los motores más influyentes de transformación del territorio, han sido apalancados en gran medida por grandes obras de infraestructura, industrias y planes de ordenamiento que impulsan y promueven el crecimiento demográfico de la región. Por ello, en la actualidad con obras de infraestructura como el Túnel de Oriente, la ampliación del aeropuerto José María Córdova, la creciente industria y el desarrollo de medios de transporte de gran escala, se espera que haya un crecimiento demográfico al 2045 de más de dos veces la población actual, pasando de 133 305 habitantes en el 2016 a casi 300 000 habitantes. Por esta razón, para poder suplir la demanda demográfica futura, el municipio en su POT ha incrementado

sus zonas de expansión en un 85% la zona urbana, y ha dado los lineamientos para ocupar un suelo suburbano destinado a la construcción de vivienda, llegando así a posibilitar la ocupación de un 320% del suelo urbano actual (Alcaldía de Rionegro, UCO, 2018).

En esa línea de análisis, el creciente proceso de urbanización sumado a los títulos mineros que van hasta el 2040 aproximadamente, son los motores que actualmente y hasta el largo plazo, transformarán este lugar de Tierra de Aguas mansas. Dicha transformación podría traer como consecuencia el aumento sobre el riesgo por inundación aguas abajo, especialmente en el casco urbano, como se ha evidenciado los

últimos años en periodos de fuertes lluvias como el fenómeno de La Niña. Además, por el cambio en los usos del suelo, la desaparición de coberturas vegetales, la impermeabilización del suelo, la ocupación de áreas inundables y la pérdida de humedales artificiales y naturales, se esperaría un mayor impacto en los ecosistemas y en los bienes y servicios

que estos brindan para garantizar el bienestar humano, la regulación hídrica y los servicios culturales (MEA, 2003, P.27). Evidencia de esto se muestra en las siguientes fotografías del año 2011, que dan cuenta de las inundaciones que sufrió el municipio de Rionegro con el fenómeno de La Niña.



Llanogrande. Fuente: Alcaldía de Rionegro, 2011.

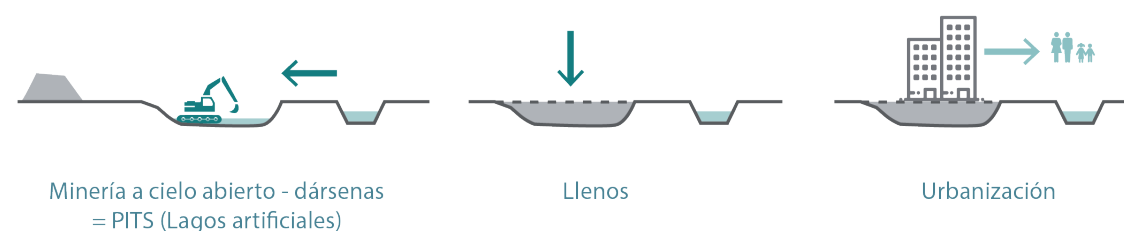


Barrio El Porvenir, Fuente: Alcaldía de Rionegro, 2011.

» Figura 12 - Fotografías de los efectos del fenómeno de La Niña del 2011 en el municipio de Rionegro. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).

Entendiendo entonces que la sostenibilidad de un territorio depende de los ecosistemas y los bienes y servicios que ellos brindan, es fundamental reconocerlos y comprender cuáles son los procesos de transformación que los presionan y ponen en riesgo. En conclusión, se identifica como problema de particular interés, debido a la temática de esta investigación que:

**Los bienes y servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales asociados al río Negro están siendo influenciados por procesos de minería y urbanización, lo cual aumenta la vulnerabilidad del territorio ante los efectos de la variabilidad climática. El cual se esquematiza en la siguiente figura.**



» Figura 13 - Esquema del problema. Fuente: Elaboración propia

Con ello surge la pregunta de investigación:

**¿Cómo integrar los procesos de minería y urbanización a la planificación del territorio para beneficiar la prestación de servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales asociados al río Negro?**

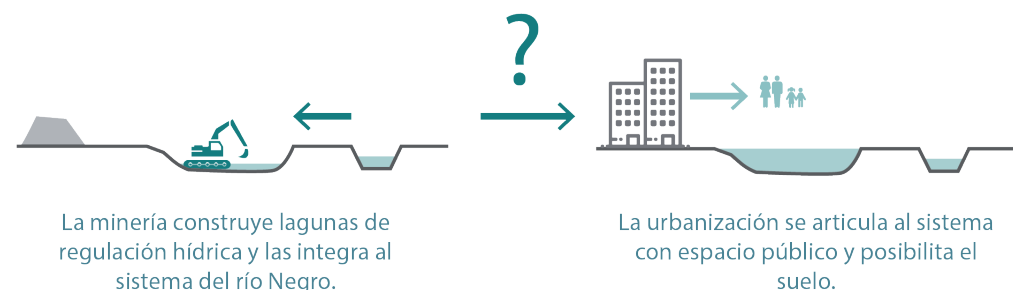
El análisis preliminar de esta pregunta condujo a ver el problema como una oportunidad. En la que se identifica, como se ha mencionado previamente, que la minería y la urbanización no son procesos que ocurren independientemente, si no que se articulan y van construyendo el paisaje y el territorio.

Además, hay que tener en cuenta que tanto la urbanización y la minería son procesos inevitables, debido al crecimiento demográfico en Rionegro, lo que a su vez incrementa las necesidades de vivienda y espacio público y por ende aumenta la demanda de materiales para la construcción. De esta manera, esta investigación busca alinearse con las premisas definidas en la conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el desarrollo urbano sostenible ONU Hábitat III, (2016, p. 3), donde se establece la importancia de tomar provecho de las oportunidades que tiene la urbanizador para ser un motor que impulse el crecimiento sostenido e inclusivo, que proteja

al medio ambiente y contribuya al desarrollo sostenible de las regiones.

Por otro lado, se observa a lo largo del río unos cuerpos de agua, lagunas artificiales, productos de la actividad minera del pasado, que tienen asociadas vegetación y fauna, que no han sido declarados ni protegidos como humedales, pero que podrían representar una oportunidad para la problemática identificada. Con ello en mente, quizás es posible pensar

en la minería como un modelador que construya nuevos humedales artificiales, que puedan ser integrados al sistema de espacio público del municipio y al sistema hídrico del río, y que puedan prestar SE, asociados al agua, que compensen la pérdida de los mismos debido a la transformación del territorio y disminuyan la vulnerabilidad ante los efectos de la variabilidad y cambio climático. En la siguiente figura se ilustra la oportunidad identificada a partir de los procesos.



» Figura 14 - Oportunidad en el proceso de transformación. Fuente: elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general que se define para llevar a cabo esta investigación es:

« **Diseñar estrategias para adecuar los procesos de minería y urbanización, incorporando las lagunas resultantes de la extracción minera al sistema de espacio público y de regulación hídrica del río Negro.** »

Para ello se formulan los siguientes objetivos específicos:

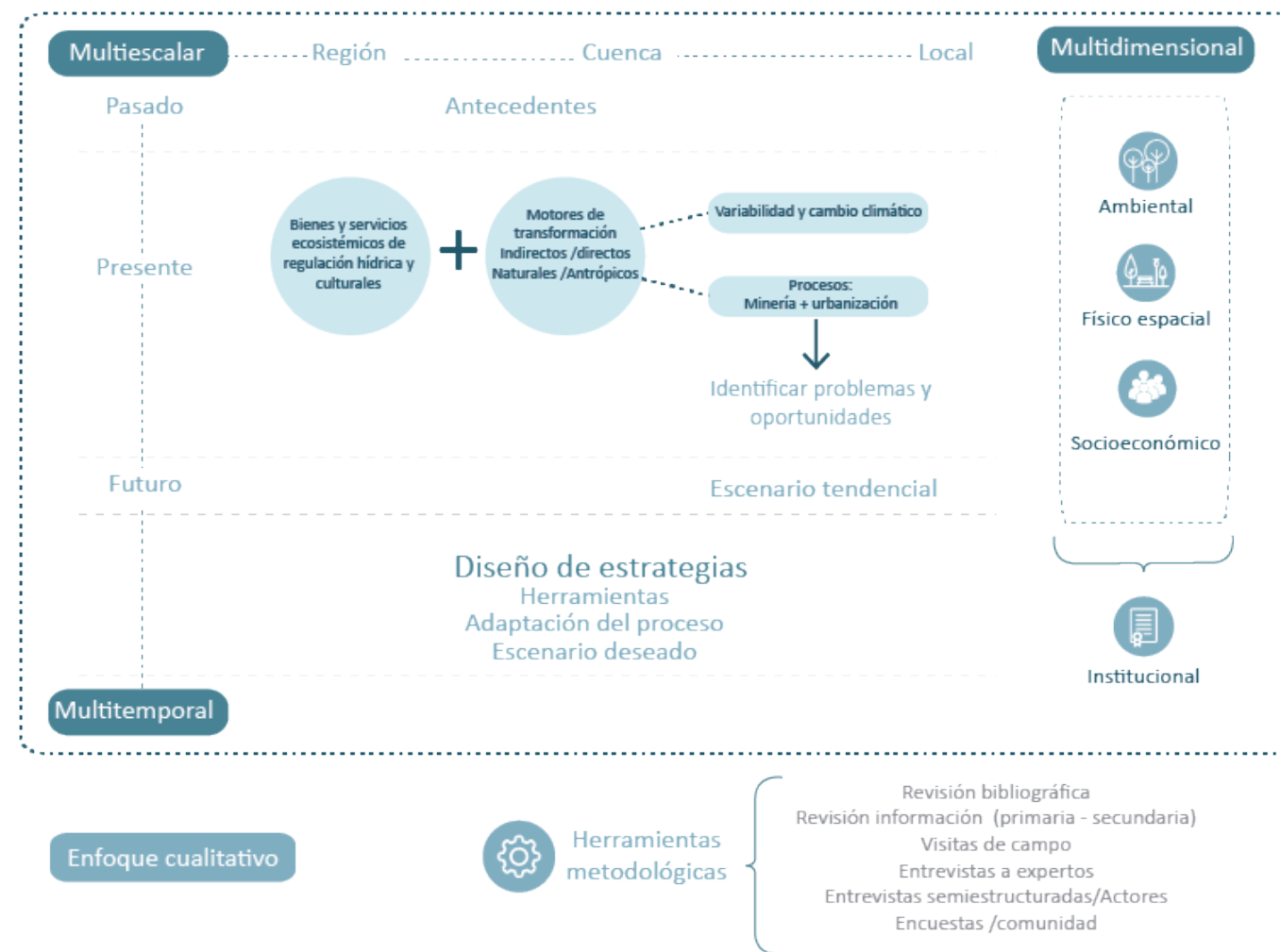
« Identificar la transformación del territorio, asociado a los procesos de minería y urbanización en diferentes periodos de tiempo. »

« Describir como suceden actualmente los procesos de minería y urbanización, reconociendo su influencia sobre los bienes y servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales e identificando problemas y oportunidades. »

« Formular lineamientos y herramientas que puedan ser incorporados a los procesos de minería y urbanización del río Negro y que tengan en cuenta los problemas y oportunidades previamente identificados. »

**Metodología:**

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, y para cumplir con los objetivos anteriormente mencionados ha definido la siguiente metodología, que se resume de manera esquemática en la siguiente figura:



» Figura 15 - Esquema metodología. Fuente: elaboración propia

Inicia con un primer acercamiento al territorio que busca reconocer los principales motores de cambio, minería y urbanización, que podrían estar afectando los servicios de regulación hídrica incrementando la vulnerabilidad por VCC. Dicha aproximación se realiza a partir de la observación directa de las investigadoras, visitas a campo, entrevistas a expertos y revisión de literatura e información cartográfica. Con ello se logra identificar la problemática de interés teniendo en cuenta la temática seleccionada para esta investigación.

Posteriormente, se realiza la definición de los conceptos más relevantes para esta investigación y que servirán no solo para comprender el proceso de transformación sobre el territorio y sus impactos sobre los SE; influenciado por crecimientos demográficos, intereses de los diferentes actores y un marco normativo; sino también, identificar las posibilidades y

oportunidades dentro del mismo para disminuir la vulnerabilidad ante la VCC. Entre los conceptos que más interesan en esta investigación se resaltan: variabilidad y cambio climático, SE, procesos de minería, procesos de urbanización y ciudades sensibles al agua. Para ello se hace revisión de la literatura sobre los conceptos y los planes y programas realizados sobre el territorio y se revisan proyectos planeados o ejecutados en otros lugares del mundo que sean relevantes para esta investigación, y que puedan servir de análisis e inspiración para tomar elementos positivos en su implementación y visibilizar los negativos. Es importante resaltar que una de las fuentes de información es la literatura gris, pues en ésta también se reconocen algunos de los planteamientos, planeación, programas y visión de muchos de los actores presentes en el territorio y claves para esta investigación.

Posteriormente se ha considerado implementar una metodología basada en la diseñada por Ecosistemas del Milenio (MEA, 2003): Evaluación Integrada de Ecosistemas (EIE) para hacer la evaluación de los ecosistemas, sus bienes y servicios, y como estos influyen el bienestar humano. Se escoge esta metodología siguiendo el planteamiento de Ramsar (2014) donde establece que para su conservación deben ser abordados como un ecosistema. También debido a que obedece a un ejercicio serio planteado por grandes organizaciones con el fin de asegurar la prestación de los SE y con ello alcanzar el logro de los objetivos de desarrollo. Para ello, es necesario comprender las fuerzas, factores o motores que tienen la capacidad de alterarlos con el fin de diseñar intervenciones que tengan un impacto sobre estos. Dichos factores o motores de cambio pueden ser de tipo antrópicos o naturales, directos e indirectos (MEA, 2003). En el caso de esta investigación corresponden principalmente a minería y urbanización, los cuales se analizan desde las diferentes etapas en que suceden sobre el territorio dicho proceso, identificando sus impactos sobre los SE, problemas y oportunidades, especialmente en el momento de empalme entre un proceso y otro, donde preliminarmente se ha identificado ocurre la mayor oportunidad para esta investigación.

Siguiendo la metodología planteada, la evaluación del ecosistema contempla un enfoque y aproximación multiescalar; área de estudio, cuenca, regional y/o global; y multitemporal; pasado, presente y escenarios futuros o tendencias; y aunque no pretende contemplar todas las escalas, el marco multiescalar ayuda a tener una visión más completa del ecosistema, los servicios que brinda y el bienestar humano asociado a estos y sus posibles implicaciones con los cambios (MEA, 2003). Para ello se realiza una revisión de literatura sobre la cuenca del Río Negro y el municipio de Rionegro, algunos de los autores más relevantes a contemplar son CORNARE, Planeación de Rionegro, IDEAM, entre otros. De igual forma, se revisa los momentos donde se identifiquen los hitos de transformación y planificación más importantes sobre Rionegro, y se contrasta en algunos de estos períodos con fotografías aéreas que dan cuenta de la transformación física y ambiental.

También se profundiza en la relación entre el ecosistema y las personas, ya que las actuaciones de las últimas están enmarcadas por la valoración que tengan con relación al sistema, ello permite diseñar intervenciones que sean pertinentes para el territorio sujeto al análisis (MEA, 2003). Para tal fin, se identificarán los actores más significativos que planean el ordenamiento, ocupan y lo transforman y se realizarán entrevistas semiestructuradas y encuestas.

Este estudio, por lo tanto, profundizará sobre las condiciones pasadas, actuales y tendencias del ecosistema y su relación con el bienestar humano, enfocado sobre la regulación hídrica, identificando límites, motores de cambio (directos e indirectos), riesgos y beneficios para la sociedad.

De igual manera se contempla un acercamiento multidimensional, desde lo ambiental, lo físico - espacial y lo socioeconómico, teniendo en cuenta para ello la dimensión institucional como una transversal a las anteriormente planteadas. En esta última se busca comprender el marco normativo, de gestión de formulación de políticas, reglas formales e informales que permiten la ocupación y transformación del territorio tal y como ha venido sucediendo y afectando las demás dimensiones.

Este enfoque permite reconocer los sesgos y disminuirlos, además que debido a la gran cantidad de actores involucrados se vuelve más neutral con respecto a preocupaciones e intereses sobre el territorio; sin embargo, no lo exime de tenerlos (sesgos) y permite escalar los resultados locales y ampliar la perspectiva del EIE. (MEA, 2003)

Para el levantamiento de la información y el EIE, se tiene en cuenta tanto información primaria como secundaria, a partir de la revisión bibliográfica, bases de datos, mapas y planes sobre el territorio. Dicha información es verificada en campo, además de ser cotejada con entrevistas semiestructuradas tanto a expertos del tema como a actores estratégicos como: Corporación Autónoma Regional CORNARE, Planeación Municipal, Asogravas, La Lonja, Camacol, algunos propietarios y actores de la comunidad; pues son estos los encargados de planificar la ocupación, hacer control y seguimiento de las normas que allí aplican y/o intervenir, transformar y/o ocupar el territorio directamente.

Finalmente se diseña; con base en las evidencias que resulten en las fases previas de la evaluación de ecosistemas, con enfoque sobre el proceso de minería y urbanización; estrategias que adapten y articulen los procesos, e intervenciones sobre el territorio que busquen mejorar los impactos positivos y aprovechar las oportunidades de los motores de cambio y minimizar los problemas o impactos negativos, y buscar gestionar mejor los SE, en donde se incluyan mejoras en gobernanza, protección, restauración y mejoramiento de los ecosistemas (MEA, 2003).

Para ello se entregan diferentes instrumentos y herramientas de gestión que pueden ser usadas para lograr el objetivo propuesto y tenerlos en cuenta dentro de los lineamientos y la estrategia para la adaptación del proceso Minería - urbanización

sobre el territorio, plasmados en un diagrama de flujo propuesto que articule el proceso de minería y urbanización, y con ello esbozar un escenario en un polígono de intervención que permita anticipar el proceso de urbanización y tenga en

cuenta la prestación de SE y la variabilidad climática para su planeación. A continuación, se ilustra de manera esquemática las principales herramientas metodológicas empleadas:

» Figura 16 - Esquema herramientas metodológicas. Fuente: elaboración propia.

## Herramientas Metodológicas

### Visitas de campo

### Entrevistas a expertos

Profundizar en el marco conceptual y el estado del arte:

- Proceso de Urbanización, instrumentos de gestión de suelo, normativa.
- Hidrología
- Variabilidad y Cambio climático
- Arquitectura y diseño del paisaje

### Encuestas

- Comunidad: relación con el río - lagos.

### Encuestas valorativas y de opinión - comunidad

Comprender y valorar la relación y percepción de la comunidad con el río/lagunas y de los SE asociados:

- Comunidad del municipio de Rionegro
- Grupo de propietarios y visitantes Plan Parcial Barro Blanco (presencia de lagunas y relación con el río)

### Entrevistas Semiestructuradas -Actores

Comprender los intereses de los diferentes actores que transforman, planifican y regulan el ordenamiento territorial.

- Planeación Rionegro
- CORNARE
- Secretaría de Minas
- La Lonja
- Constructor Plan Parcial Rionegro
- Ingetierras

### Revisión bibliográfica

#### Marco conceptual

Literatura por temas para construir el concepto de minería y urbanización sensible al agua

#### Estado del arte

Antecedentes: estudios previos en el territorio  
Casos referenciales: minería y urbanización sensibles al agua.

#### Información Secundaria

IDEAM  
Archivo fotográfico Facultad de Minas - UNALMED  
CORNARE: POMCA, Ronda Hídrica  
POT Rionegro  
Plan de Desarrollo de Rionegro  
FINDETER – Ciudades sostenibles  
URBAM – Polígonos de Oriente, Corredores estratégicos.

## Procesos de minería y urbanización sensibles al agua: concepto y norma | CAPÍTULO 1

Este capítulo que se enfoca en definir el marco conceptual y normativo, se divide en tres (3) secciones. La primera sección corresponde al marco conceptual de esta investigación en donde se construye el concepto de minería y urbanización sensible al agua, orientados bajo 5 conceptos que guían la revisión bibliográfica: variabilidad y cambio climático, servicios ecosistémicos, minería y sus efectos sobre SE, urbanización y sus efectos sobre los SE y ciudades sensibles al agua.

En una segunda sección, se presentan 3 casos referenciales que han abordado en su planeación el concepto de ciudades sensibles al agua: Australia, Singapur y México. Se eligen estas tres ciudades ya que presentan retos similares y oportunidades para la incorporación de sus estrategias en el diseño de las estrategias en el municipio de Rionegro. Adicionalmente, se incorpora un caso referencial de El Bagre, Antioquia, donde hay evidencia de procesos de restauración ecológica de áreas degradadas de minería y creación de humedales artificiales a partir del proceso de explotación. También, en esta sección, se presenta un análisis del estado del arte de Rionegro con relación a una planificación sensible al agua.

Finalmente, en la tercera sección se presenta el marco normativo que guía a esta investigación y que permite comprender las dinámicas de transformación del territorio y establecer fundamentos para el diseño de las estrategias del capítulo 4.



Figura 17 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia

## Procesos de minería y urbanización sensibles al agua: concepto y norma

*“La dinámica de los humedales está atada a los ritmos del agua. Los procesos ecológicos y las actividades humanas dependen de un pulso sagrado, al son del cual la naturaleza va forjando –segundo a segundo, siglo tras siglo – la vida” (Betancur, 2015).*

### 1.1. Marco conceptual

La construcción del marco conceptual en el que se fundamenta esta investigación tiene en cuenta diferentes conceptos que se articulan entre sí para dar como resultado el concepto de Minería y Urbanización sensible al agua. Es decir, la minería y la urbanización deben contemplar lineamientos propuestos que apunten al diseño y construcción de una “ciudad sensible al agua”.

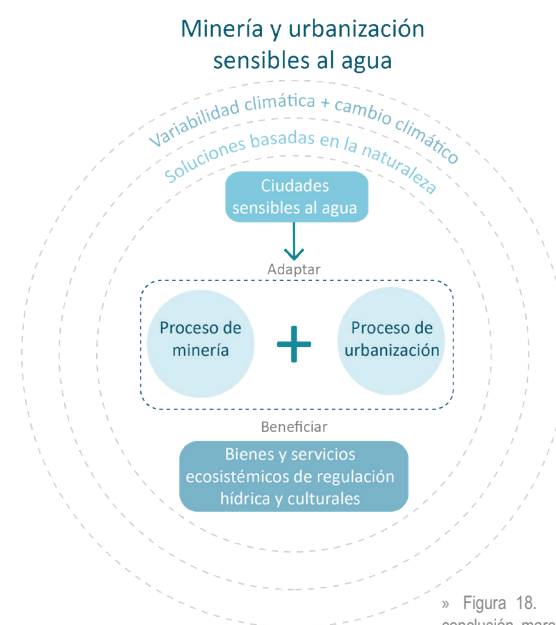
Para abordarlo, se tuvo como marco de referencia la VCC, como un concepto y condicionante que afecta directamente a Rionegro y su vulnerabilidad, pero que no es posible (en esta investigación) tener ninguna injerencia en el mismo. Algunos de los autores que guían este trabajo para la comprensión clara del concepto y los límites que pone, para leer y repensar el territorio, son: Poveda (2004, 2012), el Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC, 2013, 2014), el IDEAM (2014, 2015, 2018) y la ONU (1992,2016).

Igualmente, la comprensión teórica y conceptual acerca de los Servicios Ecosistémicos, se basa en las definiciones y priorizaciones que se han hecho a nivel internacional tales como La Convención Ramsar, las publicaciones de los Ecosistemas del Milenio, la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios (IPBES) y la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN). Paralelamente, los conceptos de minería y urbanización y sus impactos sobre los servicios ecosistémicos son revisados por diferentes autores e investigaciones, tales como: Andrade, Rodríguez y Wills (2012), Min Minas (2013, 2015), Ramírez (2008) y Contraloría General de la Nación (2014) para la minería y Borja, Drnde, Fiori, Iglesias y Muxi (2003), Rueda (1997), Gaviria (2009) y ONU (2016) para la urbanización.

Finalmente, surge un concepto final a revisar y recapitular para dar forma a esta investigación, y hace referencia a las Ciudades Sensibles al Agua, en donde tanto Brown, Keath y Wong (2008) como Wong y Brown (2008) orientan la mirada y esbozan un concepto cercano a la visión que las investigadoras tienen para este territorio en particular.

Con todo lo anterior, es posible abordar a Rionegro desde una mirada compleja, completa, diversa y transdisciplinar, que permite comprender el territorio y las fuerzas que en él interactúan para dar paso a la realidad actual, y que permiten plantear estrategias que respondan a estas y sean pertinentes para los intereses y necesidades de quienes le habitan.

En conclusión, como se ilustra en la siguiente figura: Esquema Marco conceptual, para abordar los conceptos de minería y urbanización sensible al agua, es necesario profundizar en los diferentes conceptos que hacen parte. En primer lugar, existe un condicionante sobre el territorio que es la VCC y los efectos de estos, que deben ser dimensionados y tenidos en cuenta en ejercicios de planificación sensibles al agua. En segundo lugar, se encuentran los conceptos de minería y urbanización y sus efectos sobre los SE, en especial los relacionados con el agua, dando una especial atención a la regulación hídrica y a los culturales. Con esto en mente es posible identificar maneras para adaptar dichos procesos para beneficiar la prestación de los SE, explorando a su vez las Soluciones Basadas en la naturaleza (SBN), y con esto construir un territorio sensible al agua.



» Figura 18. Esquema conclusión marco conceptual. Fuente: elaboración propia

### Variabilidad y cambio climático

El cambio climático es la alteración sobre el clima de las condiciones predominantes normales en el largo plazo (más de 100 años). En la historia del planeta ha ocurrido varios, por ejemplo, los períodos glacial – interglacial (IDEAM - UNAL, 2018). La ONU (1992b) por su parte, lo define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (P.3).

En la actualidad hay numerosas investigaciones que afirman la existencia de un proceso de calentamiento en la atmósfera y un cambio sobre el clima a nivel global. Dicho cambio ha sido atribuido, en la mayoría de las investigaciones a la actividad humana, la cual en los últimos 300 años se ha intensificado (especialmente la quema de combustibles fósiles, con su consecuente liberación de gases efecto invernadero) y ello ha acentuado su efecto sobre el clima, que ya venía sufriendo un calentamiento natural (IDEAM - UNAL, 2018).

Adicionalmente al calentamiento global, es importante tener en cuenta que existen otros fenómenos climáticos que afectan los territorios. Esos fenómenos de variabilidad climática, el IDEAM – UNAL, 2018, los define como las fluctuaciones que tiene el clima por encima o debajo de lo normal, es decir alteraciones al valor promedio en un período mínimo de 30 años.

En Colombia, por ejemplo, por estar ubicada en la zona tropical, las estaciones están asociadas a las precipitaciones, es decir estaciones de lluvia y estaciones secas; y el fenómeno de variabilidad climática que principalmente tiene los mayores efectos sobre el clima, es el fenómeno interanual conocido como “El Niño - La Niña - Oscilación ENSO” (IDEAM - UNAL, 2018).

El Niño y La Niña, son los nombres con los que se conoce las fases extremas de la variabilidad interanual del océano pacífico, (IDEAM - UNAL, 2018) y tienen incidencia en las precipitaciones sobre Colombia cada cierto tiempo. El Niño

tiene una incidencia cada 3 – 4 años mientras que La Niña entre 6 – 8 años, ambos con intensidad y duraciones siempre variables (Poveda y Álvarez, 2012). Cuando aparece El Niño los efectos sobre el clima en las regiones Caribe, Andina, centro y norte de la Pacífica, Orinoquía y Amazonía (con excepciones de los piedemontes) son un déficit en la precipitación. Y en cambio, bajo la influencia de La Niña la respuesta es contraria, con incremento en las mismas en la mayoría del país (IDEAM - UNAL, 2018). Es decir, el Fenómeno del Niño se asocia a la disminución en las precipitaciones, en caudales de los ríos, en la humedad del suelo, la actividad vegetal y la temperatura. Por otro lado, durante el fenómeno de la Niña se relaciona con eventos de precipitaciones muy intensas, crecimiento de ríos, avalanchas e inundaciones de planicies aluviales (Poveda, 2004).

Dichos fenómenos han sido ampliamente estudiados y se han determinado los patrones de respuesta a los mismos. Sin embargo, todavía es necesario profundizarlos mejor, para tener una mayor comprensión de las anomalías y de la dinámica atmosférica que permita anticiparse a los efectos que puedan provocar (IDEAM - UNAL, 2018).

Por otro lado, y sin duda hay una correspondencia directa entre los ecosistemas, el desarrollo y el clima, (DNP, 2016). El clima y su variabilidad normal regula diferentes procesos en los territorios, influye en los ecosistemas y en los servicios que estos brindan. Con ello se incide sobre la productividad de los territorios, la salud humana, la regulación de la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, por ejemplo. Una alteración sobre el clima afecta directamente la previsión de los SE para los territorios. Así pues, el cambio climático y el aumento en la variabilidad ponen en riesgo el bienestar de las personas (IDEAM - UNAL, 2018).

En esta misma línea de análisis, y teniendo en cuenta que el IPCC, estima que el incremento en la temperatura global podría estar entre 1.8° C y 4.0°C para el 2010, por encima de lo que se observó a finales del 2000 (IPCC, 2013), las consecuencias

de estas alteraciones sobre el clima global, son entre otras, diferencias en las tendencias de las precipitaciones en diferentes regiones del mundo, aumento de ciclones tropicales, cambio en el nivel del mar. Con ello se afecta directamente la salud, agricultura, bosques, recurso hídrico, áreas costeras y ecosistemas (con su consecuente provisión de SE) (IDEAM - UNAL, 2018). Es decir, el cambio climático es real y tiene efectos en el desarrollo social y económico de Colombia (DNP, 2016).

Tanto así que dichos fenómenos de variabilidad climática han puesto en marcha alertas en Colombia y representa la principal causa de desastres en el País y ocasionando grandes pérdidas económicas, así:

“el 90% de las emergencias reportadas por la UNGRD (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres) para el periodo 1998 – 2011 se relacionan con fenómenos hidroclimatológicos y otros asociados. Entre 1950 y 2007 los desastres asociados con lluvias se incrementaron un 16,1% durante el fenómeno “La Niña” en relación con las condiciones normales. Reportes de desastres asociados con las sequías presentaron un incremento de cerca de 2,2 veces durante los periodos de “El Niño”.

### Servicios ecosistémicos: SE

Existe una relación directa entre el desarrollo, bienestar y los ecosistemas y los SE. Hay una dependencia completa de los humanos con los ecosistemas y los servicios que de ellos se derivan, tales como alimentos, agua para consumo, agricultura e industria, oxígeno, alimento espiritual, entre otros (MEA, 2003).

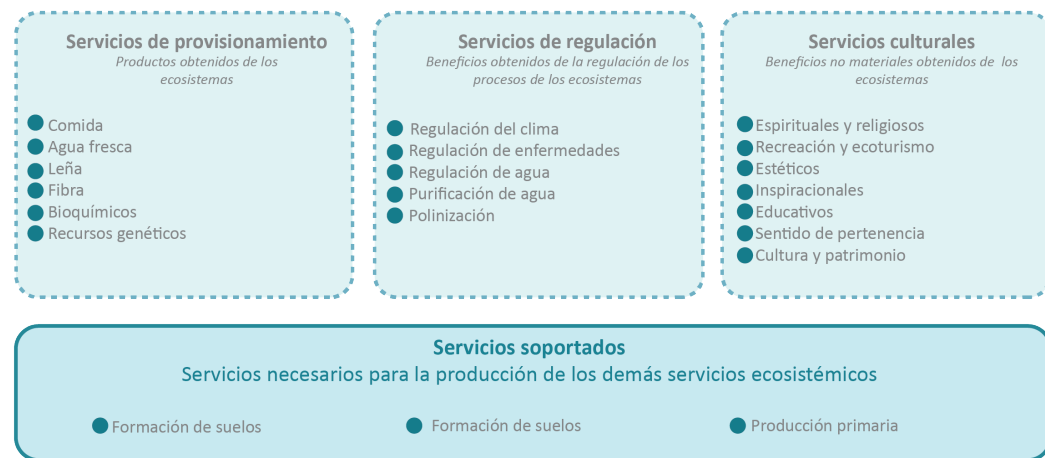
En este sentido, las personas buscan satisfacer sus necesidades y obtener múltiples servicios a partir de los ecosistemas, es por ello que “la condición de un ecosistema se percibe en relación con su habilidad de proveer los servicios deseados” (MEA, 2003).

Así mismo, este fenómeno ha generado la escasez del recurso hídrico conduciendo a racionamientos de agua y electricidad.” (DNP, 2016. P 13.)

Se han publicado numerosas investigaciones que dan cuenta de los efectos que ha ocasionado el cambio climático en Colombia, autores como Lozano y Pabón (1995), Poveda (2004), Pabón (2012), Mayorga, Hurtado y Benavides (2011), Poveda y Álvarez (2012), entre otros, han analizado las causas y efectos sobre el territorio y las tendencias a futuro en la temperatura promedio y la precipitación, en las cuales se coincide con incrementos promedios en ambas para la mayor parte del país. En cuanto a las precipitaciones no solamente la tendencia es al aumento en promedio de las mismas sino en cuanto a su intensidad, ocasionando mayores tormentas y lluvias intensas que suponen un mayor riesgo de desastres.

El cambio climático, la variabilidad climática, la deforestación y el cambio en los usos del suelo alteran el ciclo hidrológico: lluvias, caudales, humedad del suelo, evapotranspiración, infiltración y aguas subterráneas (Poveda y Álvarez, 2012). Por ello deberían ser tenidos en cuenta para la planificación de los territorios a corto, mediano y largo plazo.

MEA (2003) define los SE como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas” y los agrupa en cuatro categorías: aprovisionamiento, reguladores, apoyo y culturales. Los servicios de aprovisionamiento son por ejemplo comida y agua, los reguladores: de inundaciones, sequías, enfermedades, los de apoyo son entre otros la formación de suelos y ciclos de nutrientes, y los culturales pueden ser recreativos, espirituales y otros servicios intangibles, ver la figura 19: Servicios Ecosistémicos.



» Figura 19. Servicios ecosistémicos. Fuente: MEA

Dentro de estos, para el logro del objetivo de esta investigación merecen una mejor comprensión y profundización los servicios de regulación, específicamente los de regulación hídrica, relacionados con “el tiempo y magnitud de la escorrentía, inundaciones y recarga de acuíferos” y estos están influenciados por la cobertura vegetal presente; por ello una alteración como la conversión de humedales o cambio de bosques a cultivos o áreas urbanas puede alterar el potencial de almacenamiento de agua, afectando así la provisión de este SE. También interesan los SE culturales, como aquellos beneficios inmateriales ligados a los ecosistemas, y que son definidos de acuerdo a la percepción de quien los usa (MEA, 2003).

Así las cosas, una alteración sobre los ecosistemas influye indiscutiblemente sobre el bienestar de las personas. El crecimiento poblacional acelerado presiona y demanda los SE cada vez más, ello está ocasionando la pérdida de los mismos, con sus efectos tales como baja disponibilidad de agua, contaminación hídrica, mayor riesgo por inundaciones, alteración del clima, desabastecimiento de alimentos, aparición de nuevas enfermedades, entre otros. Esto es cada vez más preocupante, ya que como afirma MEA (2005a) en los últimos 50 años la transformación ecosistémica antrópica ha sido la más extensa en toda la historia de la humanidad, en la búsqueda de satisfacer las necesidades de alimento, agua, energía, entre otros, de la población en crecimiento. Generando con ello una gran pérdida, y en gran medida irreversible, de la diversidad en el mundo.

Por lo anterior, es necesario establecer límites para la presión sobre los ecosistemas y sus servicios. Si no se abordan prontamente los severos problemas de presión sobre los mismos se corre el riesgo de que las generaciones venideras no puedan satisfacer sus necesidades (MEA, 2005a).

En este sentido MEA (2003) ha establecido unos factores directos e indirectos que alteran los ecosistemas y su capacidad para proveer SE y los ha denominado como motor de cambio, así:

“Cualquier factor natural o inducido por los humanos que directa o indirectamente causa un cambio en un ecosistema. Un motor directo inequívocamente influencia los procesos en los ecosistemas y por ello puede ser identificado y medido con diferentes grados de precisión. Un motor indirecto opera más difusamente, a menudo alterna uno o más motores directos, y su influencia es establecida por la comprensión de sus efectos sobre los motores directos (MEA, 2003, p.85).”

Entre estos motores, el crecimiento poblacional y económico en las ciudades presiona fuertemente los ecosistemas. Sin embargo, las viviendas en áreas rurales y suburbanas, en

la mayoría de los casos, representan una mayor amenaza para los mismos (MEA, 2005b). Lo que más preocupa es que las presiones actuales sobre los ecosistemas se mantienen constantes y muchas de ellas creciendo en intensidad, tanto en las ciudades como en áreas rurales.

De igual manera, se identifica para los ecosistemas terrestres globales el principal motor de cambio directo los cambios en los usos del suelo (MEA, 2005b). Ellos incluyen la sustitución de bosques naturales a potreros o construcciones, entre otras. Según Jaramillo (2015) para el caso de Sur América, las principales amenazas y motores de cambio de los ecosistemas son la deforestación, expansión de la frontera agrícola, minería y urbanización. Para esta investigación y en el territorio de análisis, la minería y la urbanización son los principales alteradores sobre los usos de suelo, con sus efectos sobre los ecosistemas y sobre los beneficios que proveen.

Además de los cambios en uso y cobertura vegetal, otros motores de cambio incluyen, entre otros, la modificación del curso de los ríos, aguas de irrigación, fertilizantes, descarga de contaminantes, introducción o remoción de especies. (MEA, 2003). Paralelamente el cambio climático en las últimas décadas está teniendo un impacto considerable en los ecosistemas y su capacidad para proveer servicios y continuará así en el futuro lejano (MEA, 2005b) fenómeno que puede ser incluido como motor de cambio.

En este mismo sentido, cabe anotar que los ecosistemas han sido vistos más como proveedores de beneficios y recursos para beneficio de la sociedad y han sido objeto de explotación, extracción y transformación, lo que acarrea catastróficas consecuencias para la sostenibilidad. Sin embargo, la tendencia reciente a nivel mundial pretende cambiar este enfoque y resaltar la importancia de una gestión sostenible de los mismos.

Así pues, y con el fin de diseñar estrategias que den respuesta a los retos que enfrentan las sociedades en la actualidad; como la seguridad hídrica y alimentaria, el cambio climático, riesgo de desastres, salud y bienestar humano y desarrollo social y económico; diferentes organizaciones internacionales tales como la Unión Internacional de la Conservación de la Naturales (IUCN) y el Programa Mundial de la Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO (WWAP, por sus siglas en inglés) en su Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, publicado en el 2018, presentan a las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) como clave para alcanzar la sostenibilidad, y contribuir al logro de la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Las SBN promulgan que la gestión sostenible de los ecosistemas, naturales, modificados o artificiales, conduce a obtener beneficios para la sociedad y el bienestar humano, a

la vez que se promueve la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas en el largo plazo, aportando con ello al desarrollo sostenible, es decir desde la naturaleza para la sociedad y la naturaleza.

Cohen – Shacham et al (2016) definen a las SBN como: “las acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, las cuales abordan los desafíos sociales (como el cambio climático, seguridad alimentaria, riesgos de desastres, seguridad hídrica, desarrollo social y económico y la salud humana) de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios para la biodiversidad”.

Los mismos autores señalan 8 principios que enmarcan a este concepto, a saber:

1. Adoptan principios y normas de conservación de la naturaleza
2. Pueden ser implementadas solas o de una manera integrada con otras soluciones, por ejemplo, soluciones tecnológicas y de ingeniería.
3. Son determinadas teniendo en cuenta los contextos específicos del sitio, incluyendo conocimientos tradicionales, locales y científicos.
4. Generan beneficios de una manera justa y equitativa a la sociedad, lo que promueve la transparencia y una amplia participación.
5. Mantienen la diversidad biológica y cultural y la capacidad de los ecosistemas de evolucionar en el tiempo.
6. Son aplicados a escala de paisaje
7. Reconocen y tienen en cuenta las compensaciones entre la producción de los escasos beneficios económicos inmediatos y las opciones de producción a futuro de un amplio rango de SE.
8. Hacen parte integral del diseño general de las políticas, medidas o acciones encaminadas a hacer frente a un reto concreto de la sociedad.

Si bien los SE a menudo se valoran en términos de beneficios inmediatos para el bienestar y la economía, las SBN se centran en los beneficios tanto para las personas como para el medio ambiente en sí, para permitir soluciones sostenibles capaces de responder a los cambios y peligros ambientales a largo plazo y fortalecer la resiliencia en los territorios. Por otro lado, ligados a esos SE y SBN asociados al agua, RAMSAR nos ofrece la oportunidad de contemplar los humedales como ecosistemas estratégicos para el soporte, provisión, regulación y servicios culturales asociados a este recurso.

Como humedales se entiende, según la definición establecida en la convención RAMSAR (2014) “todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales

húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, embalses y salinas” estos pueden ser de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancados o corrientes.

De igual manera, Ramsar (2014) establece que los humedales son necesarios pues brindan diferentes SE, como por ejemplo los de regulación hídrica y mitigación al cambio climático. De igual manera, La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) considera que la gestión adecuada, protección, conservación y/o restauración de humedales son elementos viables para mitigar el cambio climático. Por su parte, la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES por su sigla en inglés) (2017) señala que los humedales, y los servicios que brindan, pueden ser la clave para alcanzar con éxito el logro de los ODS.

También están bien documentados, y con certeza alta, los servicios culturales asociados a estos ecosistemas, encontrando por ejemplo que son fuente de inspiración, ofrecen oportunidades recreativas, belleza y valores estéticos, entre otros. Además de favorecer la biodiversidad por ser hábitat para diferentes especies de peces, aves, mamíferos, reptiles, anfibios, entre otros (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).

En cuanto a los servicios hidrológicos de los humedales como lagos, pantanos, turberas y llanuras de inundación se reconocen la amortiguación de crecientes y el control de las inundaciones, recarga de aguas subterráneas y regulación del caudal de los ríos. Una pérdida de éstos supone un incremento en el riesgo por inundaciones. Sin embargo, estos ecosistemas son los que están sufriendo la mayor amenaza y degradación de todos, y el cambio climático acrecentará en gran magnitud este fenómeno de desaparición de humedales (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005) y la pérdida de los SE derivados.

Todos los autores revisados identifican la necesidad e influencia de las instituciones, normativas y la gestión integral del agua y los ecosistemas, entre ellos los humedales, para asegurar la provisión de SE a largo plazo. Es por esto que la planeación de las ciudades, con sus áreas rurales y urbanas, debería contemplar las SBN, identificando y valorando aquellos ecosistemas que consideren estratégicos para el bienestar humano.

En este sentido, Echeverría (2015) llama la atención sobre las “inversiones multimillonarias en obras “grises” para regular el flujo o aprovechar el agua (represas, plantas de tratamiento) sin considerar que muchos de estos servicios pueden ser provistos por los ecosistemas.” En su lugar esto podría ser

una oportunidad para la planeación y el diseño de las ciudades y territorios fundamentados en los servicios ecosistémicos asociados al agua y los ecosistemas que lo hacen posible.

De acuerdo con Echeverría (2015) algunas prioridades que se deberían contemplar a la hora de hacer una gestión sobre los ecosistemas asociados al agua son: identificar y evaluar aquellos ecosistemas que proporcionan beneficios hidrológicos, mejorar la gobernanza, vincular esquemas económicos que compensen, valoren y paguen por los servicios de allí derivados, mejorar las capacidades y educación de la población, entre otros.

Teniendo en cuenta los SE, derivados y asociados al agua y los humedales; y que están siendo objeto de presión en el territorio de estudio por los actuales motores de cambio; tales como regulación hídrica (amortiguación de crecientes y recarga de acuíferos), la disponibilidad de agua de consumo y riego, la depuración de la contaminación hídrica, y la provisión de energía a partir de las hidroeléctricas; es necesario articularse a un nuevo modelo de planeación de las ciudades y los

### Proceso de minería y sus efectos en los ecosistemas

El hombre para construir herramientas, su vivienda y accesos siempre ha hecho uso de los recursos naturales modificando su entorno, con el paso del tiempo se han desarrollado nuevas tecnologías que transforman productos y optimizan los procesos extractivos.

Para el Ministerio de Minas (2013), con la llegada de las primeras máquinas de vapor para 1910, la actividad minera en Colombia comienza a tener una mayor importancia, con la explotación del carbón para el funcionamiento de las locomotoras. Sin embargo, es a partir de la década de 1930, en la que surgen las mayores explotaciones de materiales de construcción: calizas, yesos, arcillas y gravas, empleados en la naciente industria de la construcción.

Los materiales de construcción de cantera y de arrastre del lecho de los ríos, han jugado un papel muy importante en la creciente industria de la construcción, pues son la materia prima para la construcción y preparación de concretos, morteros, bases, subbases, rellenos en vías, así como agregados para el asfalto y todo tipo de obra civil. Siempre se han considerado imprescindibles para la sociedad, por ser de bajo costo, abundantes en la naturaleza y se localizan próximos a consumidores como los son poblaciones, ciudades, desarrollos viales, etc. Según el Ministerio de Minas (2013) entre los materiales de construcción más conocidos en nuestro país están las arenas, arcillas, gravas y calizas, que han sido utilizadas en la construcción de nuestras ciudades.

territorios donde el eje estructurante sea el agua. Que aplica a todos los territorios, pero en especial a este territorio que, por sus características físicas, topográficas, de ubicación y ocupación, ofrece una oferta importante de agua que satisface a varias regiones y que debe ser gestionada coherentemente para asegurar su sostenibilidad. Dicho modelo de territorios sensibles al agua debe contemplar un enfoque multisectorial, de gobernanza, apropiación, regulación, disfrute y manejo del recurso hídrico como base fundamental para el bienestar y desarrollo sostenible de sus habitantes que se anticipe a la ocupación del territorio y a los efectos del cambio climático.

En este sentido, Brown et al (2008) promotores del concepto de ciudades sensibles al agua dan luces para un acercamiento y planeación al territorio, que se articulan con SBN, que se abordará más adelante. Sin embargo, es importante mencionar ahora que plantean la necesidad de imitar en las ciudades los ciclos hidrológicos naturales, para ello sugieren, entre otras estrategias la construcción y uso de humedales urbanos (tanto naturales como artificiales) para la gestión del agua lluvia y el tratamiento de aguas residuales.

Por su parte, Ramírez (2008) señala que las actividades mineras y la urbanización, se encuentran estrechamente relacionadas y motivadas por la tendencia de la población a concentrarse en áreas urbanas, por la especulación del precio del suelo urbano y por el fenómeno de la metropolización. Ello significa una alta presión sobre los ecosistemas y sus recursos dada por la adaptación del crecimiento del espacio urbano al crecimiento demográfico (Pombo, 1990).

La gran cantidad de concesiones mineras bajo diferentes figuras jurídicas, en una cultura extractivista, trae consigo nuevos retos para el sector como ser más competitivos, productivos y a la vez sostenibles, siendo responsables con el medio ambiente y la comunidad ubicada en el área de influencia de los proyectos. Aunque la minería es una actividad extractiva con un impacto considerable desde un punto de vista económico, ambiental y social, a su vez tiene el potencial de articularse y contribuir con iniciativas a diferentes escalas (regionales, locales, mundiales), como es el caso de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde esta actividad en particular tiene oportunidades concretas de realizar una contribución positiva.

La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son una iniciativa, un plan de acción mundial que busca la inclusión, sostenibilidad y desarrollo, por ello una industria de gran impacto como lo es la minería, tiene también una gran oportunidad para proponer iniciativas, gestionar recursos, establecer alianzas y

movilizar la población, para alcanzar cada una de las metas que componen los ODS. La minería puede influir positiva o negativamente en la consecución de estos ODS, cuando una minería es realizada o se gestiona inadecuadamente, trae consigo algunas problemáticas como degradación ambiental, desplazamiento, conflictos, etc.

En ese sentido, Columbia Center on Sustainable Investment (CCSI, 2016), realizó una cartografía para la minería en relación a los objetivos de desarrollo sostenible. Allí se enuncian algunos de los numerosos vínculos que puede tener la actividad minera con los ODS. Siendo 17 los ODS que analizan en este documento y que a su vez componen la Agenda 2030, nos enfocaremos en los objetivos 6, 11 y 13 que son del interés particular de esta investigación.

Para el caso en concreto del ODS 6: Agua y Saneamiento básico, CCSI (2016) reconoce el estrecho vínculo que existe entre la minería y el recurso agua, donde se afecta negativamente tanto la cantidad, al consumir una alta cantidad de recursos hídricos, como de calidad. Sin embargo, esta industria podría contribuir al acceso adecuado de agua y saneamiento, si realiza esfuerzos en la reducción de su huella hídrica, se aumenta el suministro local y se usan fuentes adecuadas para la obtención de agua; además si se adoptan medidas que eviten el desplazamiento de usuarios locales y la contaminación del recurso y se incluyen estrategias de comunicación y vigilancia sobre el recurso de la industria, población y gobiernos locales.

CCSI (2016) señala además que las empresas mineras juegan un papel protagónico en la construcción de ciudades, y son claves para alcanzar el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Resalta igualmente algunas oportunidades para lograrlo como son: respaldar el desarrollo de infraestructura local, hacer partícipes a las partes interesadas en la planificación de asentamientos y uso de la tierra, ejecutar planes de gestión de patrimonio cultural y recuperar tierras intervenidas para convertirlos en parques y espacios verdes, reducir residuos y reutilizar materias y tecnologías apropiadas.

En el caso de la relación entre la Minería y el ODS 13: Acción por el Clima, CCSI (2016) resalta las oportunidades de la industria para hacer frente al cambio climático, por ejemplo, reduciendo su huella de carbono y fomentando diálogos entre las partes interesadas con el fin de mejorar la capacidad de adaptación, además de integrar en su quehacer las políticas y estrategias relacionadas al tema.

Es necesario tener en cuenta que la minería es una de las actividades económicas más antiguas de la humanidad, que se caracteriza por la extracción de minerales y materiales que han sido formados o depositados por los diferentes

procesos de la naturaleza, dichos elementos son empleados principalmente como materias primas. Según el glosario técnico minero del Ministerio de Minas (2015), la minería es una ciencia, son técnicas y actividades que están relacionadas con el descubrimiento y explotación de yacimientos minerales, este término incluye operaciones subterráneas y a cielo abierto (actividades mineras desarrolladas en superficie), en general son actividades u operaciones que incluyen el tratamiento y la transformación de minerales bajo tierra o en superficie.

Es de interés de este trabajo de grado, la minería a cielo abierto para la extracción de materiales de construcción, que representa actividades y operaciones desarrolladas en superficie. El actual código de minas (Ley 685 expedida por el Ministerio de Minas en el 2001), califica como materiales de construcción a todos los productos pétreos explotados en minas y canteras usados, generalmente, en la industria de la construcción como agregados en la fabricación de piezas de concreto, morteros, pavimentos, obras de tierra y otros productos similares. También, para los mismos efectos son, materiales de construcción, los materiales de arrastre, tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales.

Teniendo en cuenta los conceptos presentados en el glosario técnico minero del Ministerio de Minas (2015), se consideran como impactos las alteraciones o cambios netos parciales, positivos o negativos (adversos o benéficos) en el medio ambiente o alguno de sus componentes, resultante de actividades, productos o servicios de una organización, en este caso de la industria extractiva). Por su parte, el Plan Nacional de Restauración Ecológica (MAVDT, 2010) reconoce a la minería a cielo abierto como una de los principales motores de transformación y degradación de los ecosistemas naturales de Colombia.

Según el Instituto GeoMinero de España (1999) en su manual de restauración, el origen de los problemas o efectos se derivan de la planeación de los proyectos mineros donde se abordan los objetivos concretos de la explotación a través de un interés que tiene la sociedad, también de la fase de diseño en la que se define cómo hacer la explotación y finalmente de la etapa de la ejecución o explotación, cuando se está desarrollando la actividad. Dichos impactos, efectos o problemas se producen por varias causas: pérdida de un recurso como un suelo productivo, destrucción de especies, deterioro de paisaje, la alteración de redes de drenajes, aumento de la erosión, contaminación del agua superficial, etc.

En investigaciones realizadas por la Contraloría General de la Nación (2014), además de enunciar impactos ambientales se introduce el término de daños ambientales, los cuales están

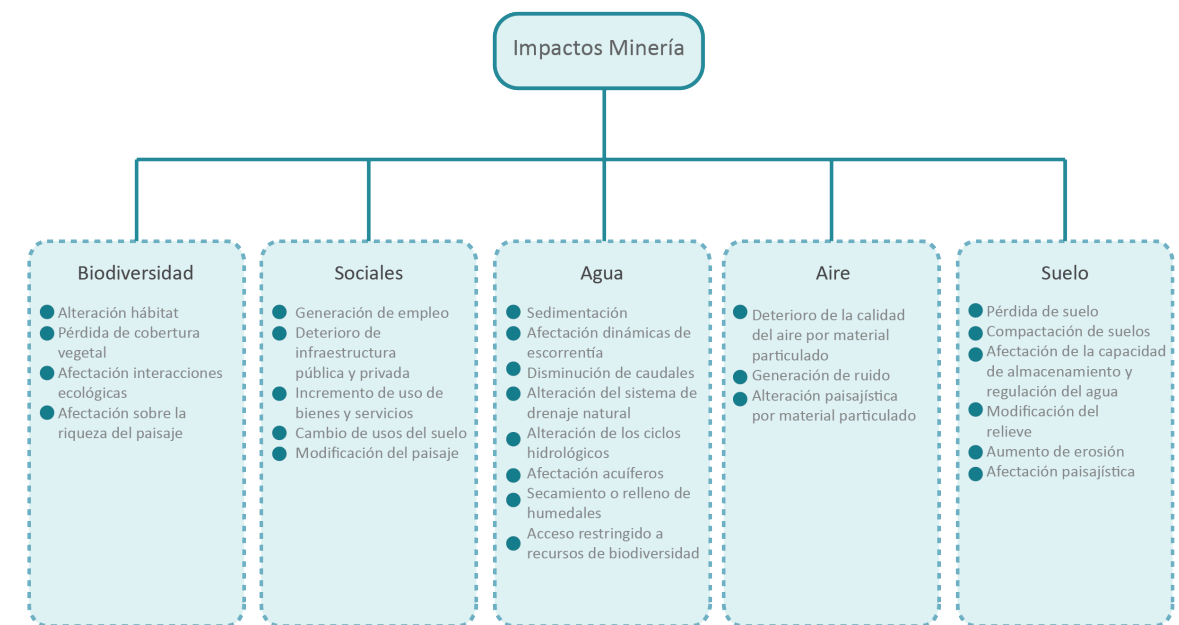
relacionados con la afectación en la renovabilidad del soporte físico químico de los ecosistemas, la contaminación de las aguas que se dan con las transformaciones que se dan en las rocas y materiales una vez se exponen a la superficie, la acidez y alcalinidad de las aguas (cambios en el PH del agua), procesos de meteorización que generan acidez, remoción de acuíferos por la extracción de rocas de una forma crítica establece que dicha extracción es incompatible con la conservación del agua y por el contrario causa un impacto irreversible por pérdida de volúmenes, afectación por remoción de suelo y subsuelo y afectación por remoción de ecosistemas.

Para Pinto (2012) los servicios ecosistémicos de regulación como purificación y regulación del agua, calidad del aire, regulación del clima, control de erosión, control de inundaciones y regulación de peligros naturales entre otros representan beneficios como el equilibrio en los procesos ecológicos y el buen funcionamiento y continuidad de los mismos, sin embargo las consecuencias en sus afectaciones están reflejadas en la desaparición de bosques y selvas que generan pérdidas en la dosificación del agua, regulación del recurso hídrico, aumento

de inundaciones y cambios en la regulación del clima entre otros.

Agremiaciones mineras internacionales como el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), tienen dentro de sus líneas estratégicas el cuidado del medio ambiente y la biodiversidad, los cuales pueden afectarse a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, tanto de forma directa como indirecta, para ello busca apoyar estrategias que eviten efectos adversos sobre los servicios ecosistémicos. Los principales impactos directos de esta actividad son resultado de cualquier operación que involucre el despeje de tierras o descargas a cuerpos de agua o al aire.

Pinto (2012) establece que la minería influye en la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, por ello identifica los impactos ambientales asociados a dicha actividad. Las etapas de exploración, infraestructura (construcción y montaje) y explotación con beneficio generan impactos sobre el agua, aire, suelo, flora, fauna y en lo social como se muestra en la Figura 20.



» Figura 20. Impactos minería. Fuente: elaboración propia con base en Pinto (2012).

En la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – (PNGIBSE, 2012) se enuncia que los impactos de la actividad minera en los paisajes colombianos no es asunto nuevo. Señala que, si bien entre los años 1600 a 1850 esta actividad fue la dominante en la economía del país, los impactos a la biodiversidad y a los ecosistemas fueron puntuales y relativamente bajos; sin embargo, es en las últimas décadas cuando los impactos sobre han venido aumentando.

A su vez, la PNGIBSE (2012) promueve acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, no solamente por parte del sector minero sino también para los demás sectores productivos. Resalta además la importancia de la articulación de dicha política con otros instrumentos de política sectorial. Dentro de sus propuestas se encuentra que el sector minero presente sus resultados de compensación por la pérdida de biodiversidad, lo que es fundamental para monitorear el deterioro de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en zonas de actividad minera en cada una de sus etapas: exploración, explotación, beneficio y transformación.

Andrade et al (2012) señalan que para el caso de Colombia existen grandes dilemas entre los temas ambientales y la minería en Colombia, evidencia de ello se muestra en la escasez de investigaciones relacionados con los impactos y efectos positivos y negativos de la minería, tan solo cinco entre 1988 y 1998; y veintidós entre el 2000 y el 2012, impidiendo un adecuado balance entre el desarrollo económico, la sostenibilidad y la prestación de los SE.

Hay muchos ejemplos en los cuales la minería ha estado por encima de la declaratoria de áreas protegidas, lo cual indica que esta figura no es un límite para la actividad, por varios años no se ha realizado un ordenamiento territorial adecuado y coherente en la otorgación de títulos mineros. Según Andrade et al (2012) la evidencia de esto es la manera desordenada en que desde el 2002 al 2012 se entregaron los títulos, muchos en áreas protegidas y ecosistemas estratégicos, como páramos y humedales Ramsar; pese a que de acuerdo la ley deberían estar excluidos, y además, para las licencias se ha obviado los conceptos de institutos de investigación donde se sugiere la exclusión de dicha actividad en estos territorios.

Como consecuencia se han declarado áreas de potencial minero, ubicadas en zonas estratégicas a nivel ambiental, ubicadas en la región andina, chocó biogeográfico, sierra Nevada de Santa Marta y parte de la Amazonia, sacrificando con ello pérdidas en la biodiversidad y extensas zonas de selva, entre otros. Lo anterior hace de la minería una industria que representa un riesgo alto para los ecosistemas y los SE derivados.

Adicionalmente, Andrade et al (2012) señalan que la delimitación de las zonas mineras no ha tenido en cuenta los estudios que se han realizado sobre vulnerabilidad al cambio climático; en donde la mayor vulnerabilidad ante la variabilidad climática se encuentra en la región andina, la cual a su vez posee la más alta densidad poblacional.

En el país los principales pasivos ambientales; impactos producidos por las operaciones mineras, activas o abandonadas

y que representan un riesgo para la población y ecosistemas; suceden especialmente en la forma en que se cierran las minas, pues en muchos casos son simplemente abandonadas; pese a que en principio la mitigación y remediación son exigidas por la legislación. (Andrade et al, 2012).

En consecuencia, los autores resaltan la necesidad de un “conceptualización innovadora para armonizar tanto como sea posible el emplazamiento de la minería en un territorio muy complejo en lo social y lo ambiental”. Para ello sugieren definir unos distritos especiales en los que el Estado pueda ordenar el territorio, controle externalidades y pasivos y busque compensaciones para la restauración del patrimonio social y ambiental, dando prioridad sobre los SE y las poblaciones vulnerables.

En ese orden, se resalta nuevamente relación entre minería y agua. Ésta última tiene mucha importancia en las agendas de las comunidades y las ONGs, y aunque no existe el término como tal de “minería sensible al agua”, existen iniciativas, corporaciones, empresas e incluso el estado, quienes cada vez se preocupan más por un uso responsable de los recursos del subsuelo. Según la ARM (Alliance for responsible mining), el agua es crucial para la minería, se necesita para los trabajadores, sus familias, saneamiento y el procesamiento de los minerales, donde el agua, como subproducto de la minería, es tratada antes de ser descargada al medio ambiente. Cada empresa minera deberá tener un plan efectivo de gestión del agua dentro de su área de extracción.

Igualmente, la ICMM (Consejo Internacional de Minería y Metales), señala que los retos asociados al agua en todo el mundo están incrementando, pues reconoce que el agua dulce es limitada y está siendo presionada por la industria, el crecimiento de las ciudades, el cambio climático y el crecimiento poblacional, por ello la industria extractiva tiene que cambiar la forma en la que usa, gestiona y comparte el agua, y para ello se requiere la colaboración de todas las partes y sectores involucrados tales como el estado, empresa privada, organizaciones de la sociedad civil y las comunidades.

## Proceso de urbanización y sus efectos en los ecosistemas

Para profundizar sobre este concepto, en primer lugar, se tendrá en cuenta los conceptos que desarrollan Borja (2003), Rueda (1997) y Gaviria (2009) en torno a la urbanización, como uno de los retos más trascendentales para las ciudades en el siglo XXI, y a la ciudad difusa como una de las características más significativas de las ciudades latinoamericanas, las cuales carecen de espacio público y se han vuelto cada vez más insostenibles.

A su vez, con base en Hermelin, Echeverri y Giraldo (2010), MEA (2005b), entre otros, se abordarán los impactos de la urbanización en los ecosistemas y la importancia de integrar los ecosistemas a la planificación de las ciudades actuales, tal como lo sugiere la ONU (2016) en la nueva agenda urbana Hábitat III. Lo anterior con el fin de reconocer que el modelo de ciudad difusa tiene consecuencias tanto en la concepción del espacio público como en los ecosistemas presentes, y por esto surge la necesidad de conceptualizar la urbanización bajo una mirada del concepto de ciudades sensibles al agua que incorpore en su planeación criterios de adaptación al cambio climático aprovechando los ecosistemas y haciendo una gestión sostenible del agua como sugieren Wong y Brown (2008).

La urbanización es uno de los retos más grandes con los cuales se enfrentan las ciudades de hoy. Según ONU- Hábitat III (2016): “la población urbana mundial prácticamente se duplicará para el año 2050, lo que hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI” (p.3). Ello conlleva grandes problemas de sostenibilidad en temas como la vivienda, infraestructura, salud, seguridad y recursos naturales. La ciudad con la que nos enfrentamos hoy es una ciudad donde la población suburbana crece y el suelo urbanizado se multiplica desproporcionadamente. Por su parte, Borja et al (2003) sugieren que “la ciudad emergente es difusa, de bajas densidades y altas segregaciones, territorialmente despilfarradora, poco sostenible, y social y culturalmente dominada por tendencias perversas de guetización y dualización o exclusión” (p.30).

Esta ciudad difusa, es uno de los principales retos urbanos y sociales del siglo XXI, el proceso de suburbanización de las áreas rurales es un fenómeno que se ha dado en muchas ciudades del mundo occidental, en gran medida en Estados Unidos y también en las ciudades latinoamericanas; un modelo dependiente del automóvil y cuestionado por sus impactos ambientales, funcionales y sociales (Gaviria, 2009). Este modelo de ciudad difusa, se caracteriza por tener una ocupación dispersa en el territorio rural; Gaviria (2009) señala que este modelo se altera de una forma depredadora las actividades productivas y las condiciones ambientales del

suelo rural, al reemplazarlos por usos y actividades urbanas que no responden a las singularidades ni del campo ni de la ciudad, negando la idea de centro y de relaciones sociales propias de una ciudad.

Por su parte Borja et al (2003) mencionan que esta forma de ocupación el territorio produce procesos negativos en el territorio como: la disolución y fragmentación de la trama urbana, la difusión de la urbanización dispersa y la privatización del suelo. Estos procesos se traducen en el desbordamiento de urbanización y la población en el territorio, lo que implica un inmenso consumo de energía, de suelo y una sobre explotación de los recursos naturales, donde se desconocen los límites de la capacidad de carga y la sostenibilidad del territorio (Rueda, 1997).

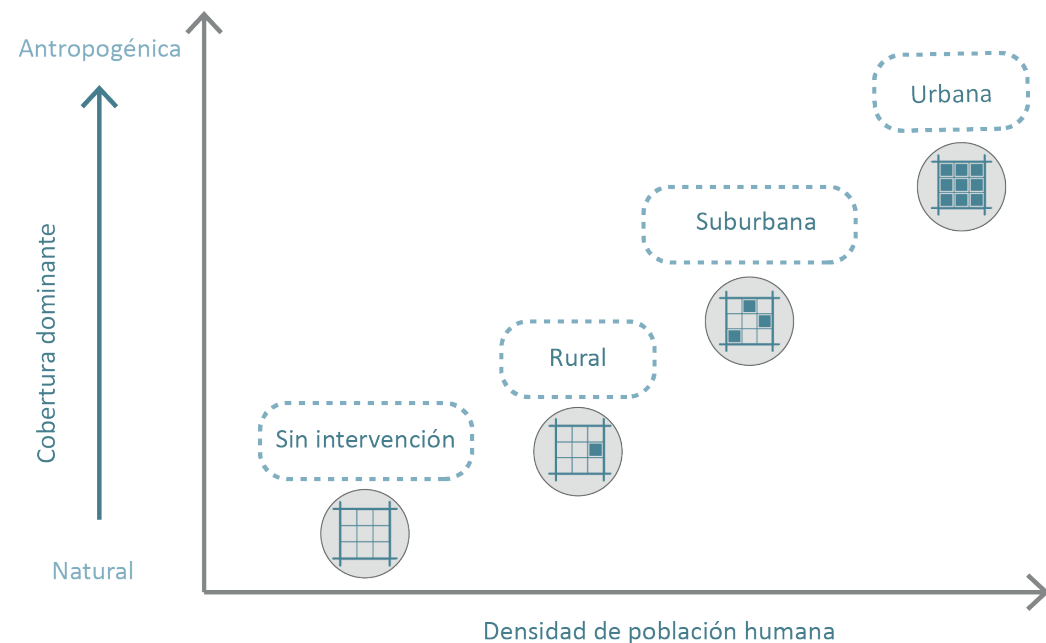
Por lo anterior, se reconoce que la urbanización de los suelos rurales y suburbanos bajo un modelo de ciudad dispersa impacta en gran medida la sostenibilidad del territorio por la alta demanda de suelo y otros recursos naturales, y trae consigo problemas asociados a la privatización del suelo al negar las relaciones sociales propias de una ciudad y de las personas con el espacio público.

Estos factores que impactan los territorios y sus ecosistemas asociados, MEA (2005b) los define como motores de cambio que pueden ser naturales o inducidos por el ser humano, y directos e indirectos. De estos factores indirectos, son el crecimiento económico y el crecimiento demográficos los motores que más influyen en el nivel de explotación y consumo de los servicios ecosistémicos y en la sostenibilidad de los territorios. Según MEA (2005b) el crecimiento urbano aumenta las presiones sobre los ecosistemas, pero las presiones por el crecimiento rural y suburbano ponen mayor presión sobre los mismos, es decir, considera al asentamiento urbano menos grave en términos ambientales que la expansión urbana y suburbana.

De igual manera, Marzluff et al (2008) sugieren que la urbanización de los paisajes representa uno de los cambios ambientales más evidentes que han sido inducidos por el ser humano, y la magnitud del impacto de la urbanización en los territorios se ve reflejado en las densidades y en la cantidad de suelo ocupado, lo que se traduce en diferentes niveles de transformación del suelo; urbano, suburbano, rural y silvestre. Esta transformación del uso del suelo y del paisaje, tal como lo afirman Marzluff et al. (2008): “altera la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, y la forma en que los ecosistemas interactúan con la atmósfera, con los sistemas acuáticos y con la tierra circundante. Además, la transformación de la tierra interactúa fuertemente con la mayoría de los demás

componentes del cambio ambiental global” (p.4). Así mismo, los autores resaltan que existe una relación entre la densidad poblacional y las coberturas predominantes, y las clasifica de

acuerdo a los tipos del suelo como se observa en la siguiente figura: Una definición bidimensional del gradiente urbano a silvestre.



» Figura 21. Definición del gradiente de urbano a Natural y categorías de urbanización. Fuente: Elaboración propia con base en Marzluff et al. (2008).

Igualmente, Hermelín, Echeverri y Giraldo (2010) afirman que la urbanización es un factor que al modificar el uso del suelo desde vegetación natural a pastos o cultivos y finalmente urbanización, impacta las condiciones naturales de un territorio; destruyendo la vegetación, las especies nativas y el suelo, y altera los comportamientos hídricos de un lugar. A su vez, Echeverría (2015) afirma que cuando se cambia el uso del suelo por los procesos de urbanización, se hace presión sobre los recursos hídricos; ya que más cantidad de viviendas se

traduce en mayor demanda de agua, se reduce el área para la captación e infiltración del agua y se contaminan los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Para ello, Hermelín et al relacionan la variación de los comportamientos hídricos con diferentes coberturas vegetales, (ver figura 22). En esta se evidencia los efectos directos de la urbanización sobre los SE asociados al agua.

	Bosque	Pastos	Gramina	Urbanización
Evapotranspiración	Alta	Media	Baja	Nula
Infiltración	Alta	Media	Baja	Nula
Escorrentía	Baja	Media	Alta	Total
Tiempo de concentración	Bajo	Medio/alto	Medio/alto	Alto
Caudal pico	Bajo	Medio	Medio/alto	Alto
Producción sedimentos	Baja	Media	Media	Baja

» Figura 22. Esquema cualitativo del comportamiento de los diferentes tipos de uso de la tierra ante los fenómenos superficiales relacionados con el agua. Fuente: Hermelín et al. (2010).

Adicionalmente, el Banco mundial (2012) señala que como consecuencia del rápido y desordenado crecimiento de la urbanización existen impactos significativos sobre la disponibilidad y calidad del agua, en estos se incluye la sobre-explotación del recurso, disminución en la seguridad hídrica y aumento en la vulnerabilidad por inundaciones e impactos en la salud.

Si bien la urbanización y la ciudad difusa tienen altos impactos en los ecosistemas, la dispersión, fragmentación y privatización que impulsa este modelo de ocupación contribuyen a la desaparición del espacio público como espacio de ciudadanía, al desconocer la noción de centro como lugar de encuentro ciudadano y al acentuar la segmentación urbana dándole prioridad al automóvil y al desarrollo de tipologías de vivienda aisladas como los condominios o parcelaciones, lo que supone la pérdida de un espacio vital para la ciudad como lugar de la representación, de expresión social, cohesión comunitaria y autoestima (Borja et al, 2003).

Asimismo, Marzluff et al. (2008) mencionan que, “el desarrollo suburbano de baja densidad subdivide la tierra hasta que se habla de cada parcela desarrollable; si bien hay abundante espacio abierto, como los jardines de las personas, todo está en manos privadas o en extensiones demasiado pequeñas para usos de la comunidad” (p.522), es decir que estas tierras al estar en manos privadas dejan de estar disponibles para cultivarlas y para el uso de la comunidad, y se convierten en tierras en desuso, sin ningún valor social y limitando la posibilidad de crear nuevo espacio público.

Además, Borja (2003) señala que “La presión de la dispersión, la segregación y la segmentación del área urbana que se presenta como un magma indefinido nos obliga a redefinir los espacios públicos urbanos en las áreas de nuevos crecimientos” (p.40), lo que lleva a pensar que el espacio suburbano sin desarrollar puede representar una oportunidad para la generación de espacios públicos de gran envergadura que puedan suplir la demanda de espacios colectivos tanto de la población urbana, suburbana y rural. Además, el paisaje representa la posibilidad de contribuir al desarrollo sostenible, a la creación de nuevo espacio público en zonas de nuevos crecimientos y se presenta como un factor cualificante de la ciudad actual y de las periferias difusas. (Borja et al, 2003).

Ahora bien, teniendo en cuenta los impactos de la urbanización y del modelo de ciudad difusa sobre los ecosistemas y el espacio público, es importante reconocer que estos deben ser los elementos ordenadores del territorio y su papel es fundamental para el bienestar humano y el progreso hacia el desarrollo sostenible. En primer lugar, como afirma MEA (2003) el bienestar humano depende los ecosistemas, a partir de los SE que estos brindan, por ejemplo, los relacionados con

los servicios culturales como: paisajes escénicos, ríos, lagos, entre otros, “estos atributos y funciones de los ecosistemas influyen aspectos de la experiencia humana como la estética, recreacional, educacional, cultural y espiritual” (p.77).

Por su parte, Borja et al (2003) señala al espacio público como la principal responsabilidad del urbanismo, debe ser un espacio que conecte y ordene las relaciones, la movilidad y la permanencia de las personas, un espacio que proporcione continuidad, referencias, hitos y protección, y que vaya más allá de las funciones aparentes, que sea un también un “instrumento de redistribución social, de cohesión comunitaria, de autoestima colectiva” (p.30).

Por consiguiente, la expansión urbana y suburbana bajo un modelo de ciudad difusa y poco denso que se viene intensificando en las ciudades actuales, es un problema que tiene un impacto sobre los ecosistemas y los bienes y servicios que estos prestan para garantizar el bienestar humano. Y a su vez, tiene grandes implicaciones sociales asociadas a las relaciones de ciudad, ya que dentro de este modelo de ocupación no es prioridad y no se contempla la creación de espacios para encuentro ciudadano.

Por esto, es fundamental que las ciudades incorporen en su planeación criterios que promuevan, protejan y conserven los recursos hídricos, los ecosistemas y los servicios ambientales que estos brindan a las comunidades, promoviendo la utilización sostenible del agua, el aumento del almacenamiento de agua, su recarga y retención. Además, es indispensable fundamentar planes de adaptación de las ciudades frente a al cambio climático con el fin de aumentar la resiliencia y la sostenibilidad de las ciudades (ONU Hábitat III, 2006).

Con base en lo anterior, Wong y Brown (2008) sugieren que las comunidades urbanas por la presión entre la urbanización y el cambio climático enfrentan varios desafíos, entre ellos que los paisajes urbanos puedan servir de oportunidad para resistir los impactos del cambio climático y que puedan proporcionar los servicios ecosistémicos para proteger y amortiguar los ambientes acuáticos vulnerables a estos impactos.

En conclusión, para darle frente a este problema, es indispensable pensar las ciudades de hoy bajo el concepto de las ciudades sensibles al agua, con el fin de impulsar su capacidad de adaptarse al cambio climático aprovechando los ecosistemas presentes y haciendo una gestión sostenible de los recursos hídricos. De esta manera los paisajes urbanos más allá de cumplir una función espacial y pública, deben ser espacios funcionales ecológicamente donde también se hace una gestión sostenible del agua.

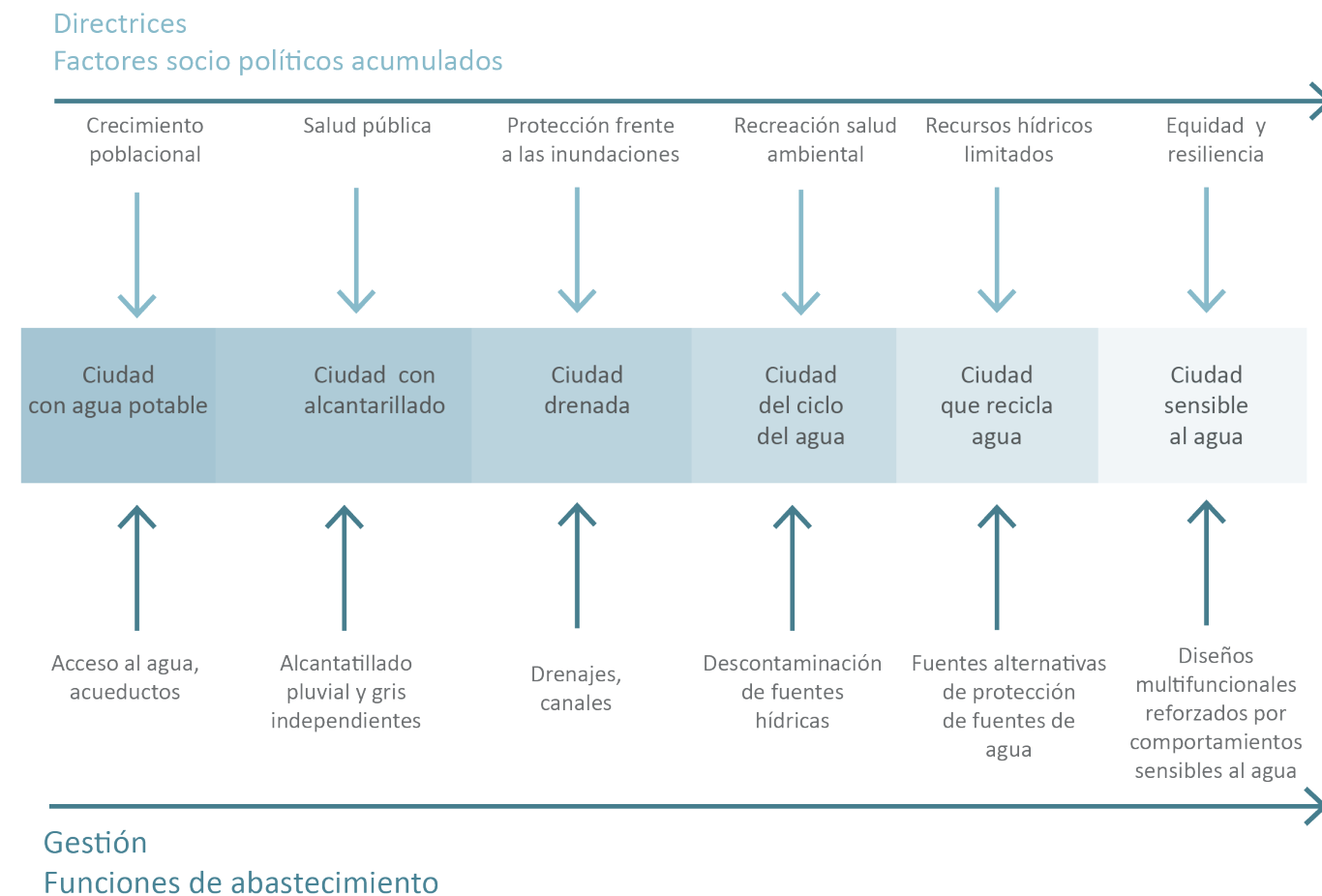
## Ciudades sensibles al agua

Existe literatura y tendencias en la planeación urbana en donde se incorpora el componente agua dentro de los diseños urbanos. Brown et al (2008) por ejemplo exponen el caso de Australia; allí describe la transformación sobre la manera en que se ha gobernado y gestionado el recurso hídrico, en ciudades con una población urbana en crecimiento permanente y donde la sostenibilidad del recurso puede verse comprometida si no se tienen en cuenta los límites para el suministro y el bienestar de los ecosistemas.

El proceso de transformación pasa por diferentes estados transicionales, que dan cuenta de la relación de las comunidades y del Estado con el agua. Donde se ha pasado desde una mirada del agua para suministro únicamente, luego se incorporan elementos de salud pública y alcantarillados, sistemas de tratamiento de agua y drenaje, la inclusión de los cuerpos de agua como elementos estéticos, recreativos, culturales y espirituales, que dan respuesta a las necesidades de la población urbana en crecimiento con necesidades de espacios públicos verdes para el esparcimiento y recientemente

a partir de los llamados drenajes urbanos sostenibles la mirada se da desde un enfoque de ciclo de agua, en donde se tienen en cuenta diferentes fuentes de suministro de agua (lluvia, de tratamiento, etc.) para diferentes usos (potable, riego, hogar, etc) (Brown et al, 2008).

Por tal razón, los autores proponen un nuevo modelo que viene surgiendo, y aún no ha sido ampliamente incluido en ninguna ciudad del mundo, pero que podría orientar la planeación y ordenamiento territorial, y es la mirada de las ciudades sensibles al agua, donde además de los estados transicionales previamente comentados se incluyen conceptos de resiliencia y adaptación al cambio climático. También exponen que para ello es necesario encontrar soluciones y modelos que contemplen miradas multifacéticas, interdisciplinarias e incluir los intereses y perspectivas de los diferentes grupos de interés presentes. En la siguiente figura se ilustran las diferentes etapas transicionales que sufren las ciudades sensibles al agua.



» Figura 23. Etapas transicionales de las ciudades sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia con base en Brown et al (2008).

Este concepto traspasó las fronteras australianas y ha ido tomando fuerza en el mundo, pues permite transformar “la visión tradicional de diseño urbano y propone armonía y sinergia entre la planificación hidrológica y el ordenamiento urbano” (Prieto y Rodríguez, 2015).

Por su parte, Kuzniecowa (2014) anota que tradicionalmente los sistemas de drenajes de aguas lluvias históricamente han estado aislados de la planificación y el diseño urbano, estando además ocultos y enterrados y muchas veces generando conflictos con las infraestructuras y el diseño urbano. Por lo anterior es necesario un nuevo modelo que integre este tipo de infraestructura con el diseño urbano y el paisajismo.

Se parte entonces del reto de comprender los procesos y ciclos hidrológicos naturales e intentar imitarlos con éxito en las ciudades, y diseñar otros modelos de gestión del agua, especialmente el agua lluvia diferentes al concepto de sumidero y tuberías bajo tierra (Prieto y Rodríguez, 2015). Es decir, tener en cuenta las SBN, soluciones que aseguren la integridad y gestión sostenible de los ecosistemas para el bienestar humano, hacer frente a los retos actuales de la sociedad, beneficiar la biodiversidad, fortalecer la resiliencia de los territorios, todo ello en la búsqueda del desarrollo sostenible.

Este nuevo modelo que “imita y se mimetiza” con la naturaleza, piensa la ciudad como una cuenca que fortalece al interior el ciclo hidrológico, y tiene en cuenta elementos multifuncionales, que actúan también para la adaptación al cambio climático, que gestiona in-situ los recursos hídricos, permitiendo que las aguas lluvias corran superficialmente, promoviendo con ello la infiltración, la evaporación y que lleguen al curso superficial natural, tal como lo harían de forma natural en las cuencas (Prieto y Rodríguez, 2015).

En la “ciudad cuenca” o sensible al agua se busca minimizar la importación del agua potable y la exportación de aguas residuales, y el agua lluvia es optimizada y aprovechada. Los cuerpos de agua son esenciales para la ciudad desde lo funcional hasta lo estético, logrando con ello además reducir los efectos islas de calor en las urbes, a la vez que ofrecen espacios de esparcimiento y recreación. Con ello se promueve

la apropiación de los ciudadanos a estos cuerpos de agua; sin embargo, es necesario acompañar con estrategias de educación y capacitación a las personas y se consolide en ellos una sana gobernanza de este bien común. De esta manera, busca la sostenibilidad (con equidad intergeneracional) y resiliencia ante el cambio climático y que el agua sea el pilar de la transformación social (Prieto y Rodríguez, 2015).

Estos lineamientos deben estar acompañados de políticas, normativas y estrategias de diseño urbano que lo impulsen y lo lleven a la realidad (Prieto y Rodríguez, 2015), y que puedan anticiparse a los efectos del cambio climático y al crecimiento acelerado de las ciudades. De igual manera, Wong y Brown (2008) sugieren para diseñar ciudades sensibles al agua es necesario, al menos, incluir estrategias que logren:

- Pensar la ciudad como una cuenca, que sea capaz de gestionar el agua, y que busca imitar el ciclo hidrológico natural, con diversidad de fuentes de suministro de agua, y con infraestructura y gestión centralizada y descentralizada.
- Que la ciudad sea capaz de proveer servicios a los ecosistemas, esto es mantener el equilibrio en el sistema hidrológico, y la infraestructura debe apoyar los ciclos naturales del agua.
- Promover en la ciudadanía la sensibilidad al agua, a través de espacio público estético y asociado al agua, para la recreación y disfrute, que posibilite la apropiación y la educación y que genere cambios culturales para la adopción de comportamientos de cuidado del agua.

Por su parte, Hoyer, Dickhaut, Kronawitter, y Webet (2011) definen el diseño urbano sensible al agua como la cooperación multidisciplinar de la gestión del agua, la planeación urbana y diseño del paisaje; con ello se busca desarrollar estrategias que integren la sostenibilidad ecológica, económica, social y cultural.

A modo de síntesis, a continuación, se ilustra los principales componentes del diseño urbano sensible al agua:



» Figura 24. Componentes del diseño urbano sensible al agua. Fuente: Elaboración propia basado en Hoyer, et al (2011)

De Sousa (2008), por su parte, lista las temáticas que tiene en cuenta el concepto de Ciudades Sensibles al agua:

“uso sostenible y conservación de los recursos hídricos; protección del ambiente; aprovechamiento de fuentes de agua alternativas como aguas pluviales y aguas grises; acceso y uso de la población a los recursos hídricos no convencionales; disposiciones y normativas urbanas para el apropiado suministro de agua; evaluación económica del recurso hídrico y estimativos del costo final para los usuarios; análisis de los riesgos que pueden correr las distintas fuentes de agua tanto tradicionales como alternativas por efecto de las ciudades; identificación de los riesgos para la salud que se derivan de las diversas fuentes de agua; mitigación y/o adaptación a

las inundaciones; herramientas financieras que permitan avanzar en los objetivos de la Water Sensitive City; investigación; y sensibilización de las comunidades” (Citado por Prieto & Rodríguez, 2015 p. 55).

De todas las anteriores, esta investigación busca plantear estrategias que promuevan el uso sostenible y conservación de los recursos hídricos, la provisión de servicios ecosistémicos como los de regulación hídrica, y los culturales (a partir del espacio público para el disfrute y estética) y se disminuya la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático. Que contemple a su vez estrategias normativas y de apropiación, que permitan la viabilidad de la estrategia y que sean compatibles y articuladas con los actores y procesos que suceden en el territorio como la minería y la urbanización.

## 1.2. Casos referenciales

Para abordar esta sección, se realiza en primer lugar una revisión concreta del estado del arte de ciudades sensibles al agua. Posteriormente se exponen algunos casos referenciales nacionales e internacionales, de territorios que han abordado este concepto y problemas similares al señalado en esta investigación, con el fin de identificar problemas y oportunidades que sirvan de acompañamiento y de guía. Posteriormente se abordarán los casos referenciales de Australia, Singapur y México, con el fin de con el fin de identificar estrategias y oportunidades que sirvan de referencia para esta investigación. Para finalizar con un caso referencial del municipio El Bagre, Antioquia, en donde hay evidencia del éxito en la restauración ecológica de áreas degradadas por la minería aluvial y la construcción de humedales artificiales que brindan SE en igual proporción que si fueran naturales.

Como se mencionó anteriormente, el concepto de ciudades sensibles al agua surge para dar solución, en parte, a los problemas que deben enfrentar las ciudades de todo el mundo por los efectos del cambio climático y el acelerado crecimiento demográfico de las zonas urbanas. Este concepto de origen australiano, busca que el diseño de las nuevas ciudades asegure un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos, incentiven el bienestar de los cuerpos de agua y posibiliten la creación de nuevos espacios públicos, que además de cumplir su función de belleza y paisaje, tengan en cuenta la función ecológica de recolectar, purificar y hacer uso de las aguas pluviales. Lo anterior con el fin de alcanzar el estado ideal de una ciudad en cuanto a habitabilidad, sostenibilidad, resiliencia a inundaciones y acceso sostenible al agua (Prieto y Rodríguez, 2015).

Este concepto es mencionado por primera vez en el año 2004 en la Iniciativa Nacional del Agua de la Comunidad Australiana y es vinculado a las estrategias del manejo de aguas urbanas de este país. Allí se dejó a un lado el manejo tradicional de las aguas urbanas y se incorporaron nuevas políticas de gestión del agua que permitieran afrontar las problemáticas de las ciudades australianas. A su vez, este nuevo enfoque contrario

### Australia:

Ciudades sensibles al agua es un concepto que nace en Australia al ser un continente de extremas condiciones climáticas. Según los resultados de la investigación realizada por Molina y Villegas (2015) actualmente el término “Ciudades Sensibles al Agua”, considera el estado ideal de una ciudad en términos de habitabilidad, productividad, sustentabilidad, resiliencia y acceso sostenible al agua. Además, busca fortalecer el ciclo natural del agua y fortalecerlo para fomentar el aprovechamiento de los recursos hídricos, entendiendo que la importancia del agua no radica en un valor financiero sino en su valor social, económico y ambiental.

al tradicional permitiría dar mejores soluciones al acceso al agua, a la degradación de los ecosistemas acuáticos y al control de inundaciones, en ciudades cada vez más extensas y con cambios en el clima cada vez más frecuentes (Wong y Brown, 2008). Finalmente, Brown et al (2008) sostienen que para alcanzar los objetivos que se plantean en las ciudades sensibles al agua se requieren nuevos enfoques de diseño urbano que tenga en cuenta espacios públicos para recoger y gestionar aguas lluvias, el fortalecimiento de una cultura urbana sensible al agua, y que busque una transformación cultural a nivel institucional y social; y pueda a su vez dar opciones tecnológicas para su implementación.

A su vez, este concepto ha impulsado diversas investigaciones en Australia y en otros países que buscan reorientar el diseño urbano tradicional hacia uno que propicie la gestión del agua urbana, ello ha permitido implementar algunas de estas estrategias en ciudades de países como Holanda, Polonia, Singapur, Japón, Suecia, China, Emiratos Árabes, Estados Unidos, Reino Unido, Medio Oriente y, Australia (Prieto y Rodríguez, 2015). Por otro lado, en Latinoamérica solo se ha empezado a apreciar este concepto en Ciudad de México, debido a la necesidad de darle solución a problemas como la falta de espacios abiertos por su extensiva urbanización, la escasez de agua, súbitas inundaciones y la subsidencia del suelo. Para ello, en el 2016 se formuló el estudio de Ciudad de México sensible al agua, en el que se plantean estrategias que logran retrasar, retener, almacenar y reutilizar y drenar sólo cuando sea necesario, lo que permite cerrar el ciclo del agua y un balance hídrico a largo plazo (De urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público (AEP) Ciudad de México, 2016).

A continuación, se exponen algunos casos referenciales en países como Australia, Singapur y México, los cuales han incluido el concepto de ciudades sensibles al agua como determinante para el ordenamiento del territorio, con el fin de identificar estrategias y oportunidades que sirvan de referencia para esta investigación.

En el año 2004 se realizó la primera mención oficial de ciudades sensibles al agua, al ser incluida como uno de los objetivos de la iniciativa nacional del agua de la comunidad australiana, esta fue aprobada por los gobiernos de: New South Wales, Victoria, Queensland, South Australia, Australian Capital Territory y Northern Territory, el capítulo se encuentra en el numeral 92 sobre la innovación y la capacidad de construir y crear ciudades australianas sensibles al agua y tiene las siguientes disposiciones:

- Desarrollar lineamientos nacionales para el medio ambiente y la salud como elementos prioritarios de los diseños urbanos de ciudades sensibles al agua (inicialmente agua reciclada y agua lluvia).
- Desarrollar lineamientos nacionales para evaluar opciones de diseños urbanos sensibles al agua, ambos en nuevas subdivisiones urbanas y edificios altos.
- Evaluar los existentes desarrollos urbanos icónicos sensibles al agua, para identificar brechas en el conocimiento y lecciones para futuros desarrollos locales.
- Revisar los modelos institucionales y regulatorios para integrar el ciclo del agua en la planificación y la administración, seguido por mejores prácticas.
- Revisar incentivos para estimular la innovación.

Inicialmente el concepto no estaba del todo definido, pero era claro que se consideraba como una solución alternativa y un manejo de aguas diferente al tradicional, para las tres graves problemáticas australianas enunciadas por la investigación de Molina y Villegas (2015): acceso sostenible al agua por parte de una población en constante crecimiento, degradación de ecosistemas acuáticos e inundaciones cada vez más frecuentes e incontrolables.

Brown y Clarke (2007), para el caso de la ciudad de Melbourne reconocieron cuatro estados de la transición de un esquema tradicional a una ciudad sensible al agua, los cuáles son: ciudad que suministra agua, ciudad de alcantarillados, ciudad de los drenajes y ciudad de caminos de agua. Para los estados mencionados anteriormente, Brown y Clarke (2007) identificaron cuatro fases para que la ciudad llegara al cuarto estado:

- Fase 1 entre 1960 y 1989: surge un movimiento ambientalista que cuestiona la validez de la gestión tradicional de las aguas al comprometer la integridad ecológica de las mismas. Dicho movimiento surge tras

» Figura 25. Fotografías Zona de South Gippsland, Victoria (1988). B.Zona de South Gippsland, Victoria (1988). Fuente: Managing Urban Stormwater Using Constructed Wetlands (1998)

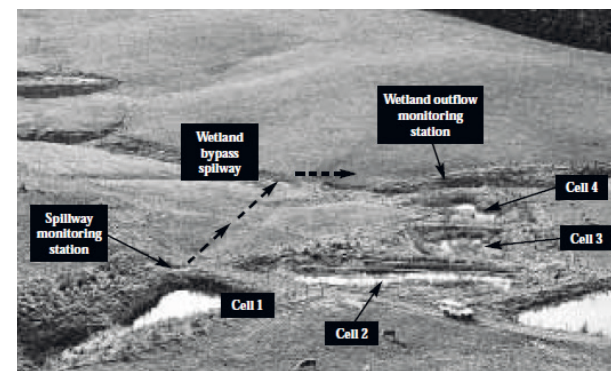


los vertimientos de aguas pluviales, grises y negras a los cauces, que degradaron los ríos y los arroyos de la ciudad de Melbourne, eran comunes los avisos de prevención en las playas públicas porque las aguas estaban tan contaminadas que representaban un riesgo para la salud.

- Fase 2 entre 1990 y 1995: se crearon los Centros de Investigación Cooperativa – CRC en Australia, se vinculan instituciones académicas como la Universidad de Monash y la Universidad de Melbourne con entidades estatales como Melbourne Water del estado de Victoria. Surge en la ciudad de Perth un primer concepto de diseño urbano sensible al agua. Durante este período se cuestionó completamente las limitaciones de la gestión tradicional del agua, resaltando la importancia de custodiar la calidad del agua desde la fuente, innovar en diseño y planificación con campañas educativas.

- Fase 3 entre 1996 y 1999: se enfocaron en la gestión de la calidad de aguas pluviales, poniendo en marcha varios proyectos para reducir cargas contaminantes y construir diez humedales artificiales para aprovechar los procesos de depuración del agua (figura 25). También se solicitaba un manejo adecuado de aguas lluvias para expedir licencias de construcción, fue creado el comité de aguas pluviales de la ciudad quienes han realizado publicaciones sobre buenas prácticas para la gestión ambiental y genera lineamientos para recuperar los cuerpos de agua.

- Fase 4 entre 2000 y 2006: para esta fase la gestión de calidad de las aguas pluviales alcanzó legitimidad institucional y fue acogida por el sector privado. Se comenzaron a realizar conferencias sobre diseño urbano sensible al agua. El concepto se como uno de los objetivos de la iniciativa nacional del agua de la comunidad australiana. Además, es un período con numerosas publicaciones sobre la gestión del agua en las ciudades australianas.



En la fase 2 mencionada anteriormente, hacia el año de 1992 surge Melbourne Water, perteneciente al Gobierno de Victoria, entidad que está encargada de la gestión del agua en Melbourne desde el suministro de agua, los sistemas de drenajes, reservorios y alcantarillados para la ciudad. Dentro de su visión está mejorar la vida y la habitabilidad buscando: personas saludables, lugares saludables y medio ambiente saludable. Desde Melbourne Water, se han generado políticas y procedimientos como: planes de accesibilidad al agua, políticas de salud pública, políticas de seguridad y bienestar, declaraciones de obligaciones, planes para la actualización de plantas de tratamiento (figura 26) y políticas para compras sostenibles entre otros.

En Melbourne Water se destaca el programa comunidad y educación, el cual cuenta con estrategias enfocadas en proteger y mejorar la gestión de los recursos hídricos para la comunidad, tiene un fuerte componente educativo y permite la apropiación de la comunidad de los diferentes programas y proyectos referentes a ciudades sensibles al agua. Actualmente, cuentan con un programa denominado “River detectives”, con el cual busca entender, apreciar y cuidar los cuerpos de agua a través de actividades prácticas y extracurriculares como:

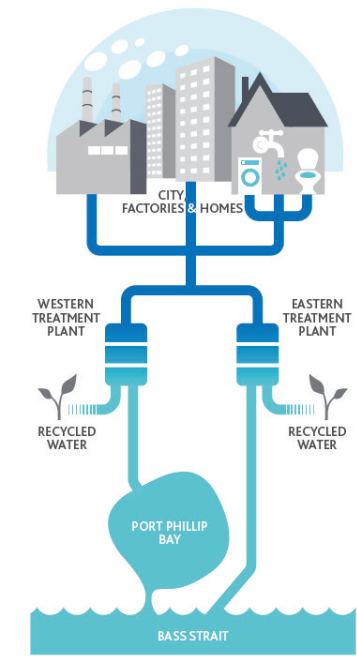
- Recreación: Senderos para caminatas y ciclorutas, paseos por los cuerpos de agua, puntos de pesca, ubicaciones de barbecue y avistamiento de aves (figura 27).

- Protección del medio ambiente: competencias para reducir en hogares las emisiones de gases, utilizar y ahorrar agua (iniciativas como Target 155 solo pueden utilizar 155 litros por personal día).

- Jardines lluvia: orientan a los habitantes para hacer jardines lluvias ya sean en bajantes, caminos, cerca de los tanques, con el objetivo de capturar agua y proteger los cuerpos de agua.

- Censos de especies: la comunidad recolecta datos sobre especies como ranas (figura 28), ornitorrincos y macroinvertebrados. Para el caso de las ranas, existe un aplicativo móvil que permite diligenciar información, tomar fotos y enviar el registro a un ecologista que identificará la especie.

- Calidad del agua: existe un programa de voluntarios para monitorear la calidad del agua, disponen manuales para el uso de equipos y mantenimiento, así como formularios para llenar información sobre calidad del agua, hábitat y polución. Todos los datos recolectados de la calidad del agua son públicos, los sitios de muestreo se encuentran georreferenciados en un sitio web y se puede acceder a cada punto, visualizarlo en un mapa, analizar tanto los tipos de pruebas realizadas, como los resultados históricos y recientes, como se ilustra en la figura 29.



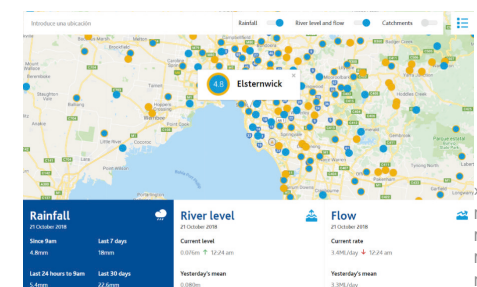
» Figura 26. Proyecto para la actualización de plantas de tratamiento para Melbourne. Fuente: Recuperado de <https://www.melbournewater.com.au>



» Figura 27. Sitio de avistamiento de aves en Edith Wetland (Melbourne). Fuente: recuperado de <https://www.melbournewater.com.au>



» Figura 28. Censo de ranas mediante APP móvil. Fuente: recuperado de <https://www.melbournewater.com.au>



» Figura 29. Sitio WEB para monitorear lluvias, nivel de los ríos e inundaciones. Fuente: recuperado de <https://www.melbournewater.com.au>



- Reportar un problema: a través del sitio web, es posible identificar reportar problemas como: fallas de agua relacionadas con conexión, basuras y vertimientos, tala de árboles, alteraciones por proyectos, inundaciones, contaminación, olores y otros. Allí se selecciona el problema, se describe, ingresa la localización e imágenes de evidencia.

- Tours a las plantas de tratamiento: muestran a la comunidad y a los estudiantes (figura 30), cómo las aguas de los ríos se vuelven consumibles, cuáles son los procesos de tratamiento y si tiene algún área de reserva o protegida, muestra su importancia y como éstas ayudan a la biodiversidad y sostenibilidad.

Australia, posee una gran capacidad institucional para la gestión del agua la cual es de gran importancia para implementar y llevar a cabo cada una de las soluciones alternativas, programas y proyectos que surgen en sus ciudades. Adicional a ello, la gran cantidad de programas educativos han permitido acercar a la comunidad, gobierno e instituciones al agua, desde la recolección de información hasta un uso sostenible del recurso hídrico y recreativo de los cuerpos de agua y diferentes espacios construidos en el marco de las ciudades sensibles al agua.

» Figura 30. Visita de estudiantes a planta de tratamiento "Western Treatment Plant". Fuente: recuperado de https://www.melbournwater.com.au

### Singapur:

Otro ejemplo que merece la pena enunciar y analizar es el caso de Singapur, la ciudad isla que consciente de su rápido crecimiento urbano y sus limitadas reservas de agua, se dio al reto de crear una visión de Ciudad Jardín y de Aguas.

Para ello, en el 2006 desarrolló el Programa "ABC Waters" (Active, Beautiful, Clean Waters Programme) una iniciativa que busca mejorar la calidad de vida de las personas y la calidad del agua aprovechando todo el potencial de los cuerpos de agua, integrando los drenajes, canales y reservorios con el medio ambiente de una manera holística (PUB, 2018a). Para ello recuperó y conectó más de 8000 km de canales y 17 reservorios.

El programa además, busca que las personas, de todas las edades y condiciones sociales, estén cerca del agua, no solo para verla sino para interactuar con ella; que todos hagan parte en la conservación, valoración y disfrute del recurso hídrico, cambiando la antigua visión de mantener a las personas alejadas de aquello que desean conservar. Para esto, se busca crear canales, ríos y lagos bonitos y limpios con espacios para el disfrute de la comunidad (PUB, 2018a). De igual manera, trabajan muy de cerca con los colegios, en los que se implementan espacios de observación y experimentación donde los estudiantes puedan interactuar e investigar sobre el

funcionamiento de infraestructura que asemejen la naturaleza en la retención y filtración del agua como los Jardines Lluvias. Además de promover las salidas de campo en estos nuevos espacios.

La idea de Singapur consiste en integrar los cuerpos de agua con la naturaleza y la comunidad, cambiando la infraestructura gris por una infraestructura Verde – Azul (Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. 2015a), es decir, en el ABC Waters se busca vincular en un mismo concepto: Ambiente (verde), cuerpos de agua (azul) y comunidad, como se observa en la siguiente figura:



» Figura 31. Concepto de ABC Waters de Singapur. Fuente: PUB (2018).

En consecuencia, PUB (2018b) esboza las 3 líneas estratégicas que se diseñaron para lograrlo, i) crear un plan maestro para la implementación del ABC, buscando transformar los drenajes, canales y reservorios netamente utilitarios hacia paisajes que puedan ser integrados con la naturaleza, para ello se formularon 100 proyectos potenciales al 2030, y 30 de ellos ya se habían ejecutado al marzo de 2018; ii) promover la adopción del concepto ABC Waters en el medio ambiente y en los estilos de vida de las personas, esto es la inclusión de características de diseño de sistemas que imiten a la naturaleza y provean servicios de retención y filtración del agua lluvia y escorrentía, a la vez que se promueve la biodiversidad y el medio ambiente y la interacción con la comunidad; iii) Aproximación de asociación 3P (personas, público, privado), conscientes de la

necesidad y oportunidad que brinda el trabajo mancomunado para la búsqueda y ejecución de soluciones sobre los espacios y cuerpos de agua, y que estas puedan ser apropiadas, valoradas y cuidadas por la comunidad.

Uno de los proyectos que más se destaca por su apropiación, uso y disfrute es el Bishan – Ang Mo Kio Park (BAMKP), situado entre dos barrios residenciales y con un río en el medio. El proyecto, realizado en el 2009, consistió en recuperar la naturaleza meándrica del río que había sido sometido en años anteriores a procesos de canalización, a la vez que se deseaba integrar con el espacio verde circundante, en lo que llaman integración verde – azul, tal y como se observa en la siguiente figura.



» Figura 32. Bishan-Ang Mo Kio Park, Antes y después. Fuente recuperado de: <http://www.landezine.com/index.php/2012/06/kallang-river-at-bishan-ang-mo-kio-park-by-atelier-dreiseitl/>

Dicha integración, demostró que la infraestructura urbana relacionada con el agua, puede ir más allá de servir únicamente para gestionar los flujos de agua hacia soluciones más holísticas que relacionen el agua con la naturaleza y las personas, y con ello se mejore no solamente la función y calidad del agua sino que redunde en mejorar el bienestar humano (Dreiseitl et al, 2015a). Los mismos autores señalan en su publicación los beneficios de la infraestructura verde-azul sobre los de la infraestructura verde únicamente, se resalta por ejemplo que la primera, en similares condiciones, puede duplicar la cantidad de usuarios que con la segunda (únicamente verde), además de que en este tipo de espacios (verde – azul) los visitantes están dispuestos a recorrer más kilómetros para acceder a ellos, afectando con ello el bienestar de población más lejana que el entorno cercano.

física y mental de los usuarios, promueven sentimientos de conexión y pertenencia, entre otros aspectos relacionados con el bienestar.

Otro estudio realizado por Dreiseitl, Asbjorn, y Wanschura (2015b) señala que este tipo de intervenciones (verde-azul) sobre el espacio público, como en el caso del BAMKP, tiene impactos positivos sobre el capital social, el gasto público y los ecosistemas. En el caso del capital social, infraestructura de este tipo favorecen la integración y cohesión social, incrementan la actividad física, con su consecuente salud

Con relación al gasto público, Dreiseitl et al, (2015 b) resaltan los beneficios de este tipo de aproximaciones para los actores públicos, que en la mayoría de los casos son los que mantienen los espacios públicos. Los autores resaltan el incremento notable, muchas veces hasta del 20%, del valor del suelo y de los predios ubicados en un entorno cercano, con ello es posible que el estado pueda incrementar la cantidad de dinero recaudado por impuestos en estos predios para ser reinvertida en el mantenimiento del espacio público. De igual manera, los autores destacan en el mismo estudio que, las ventas obtenidas por el comercio al interior de estos espacios, debido al incremento que este tipo de infraestructuras verde-azul, son mayores que en establecimiento similares por fuera de este, debido a que hay una cantidad de usuarios como lo esbozaban Dreiseitl et al (2015a). Adicionalmente, sobre sale en este análisis el gasto público que es ahorrado cuando se invierte en adaptación de los espacios al cambio climático y con ello se disminuyen los riesgos y desastres y sus consecuentes pérdidas económicas.

En cuanto al ecosistema, para el diseño del parque BAMKP se tuvo en cuenta las funciones ecosistémicas y el paisaje, logrando que el flujo del río fuera re-naturalizado con el fin de imitar a la naturaleza. Con ello se han derivado impactos positivos como el aumento de hasta un 30% de la biodiversidad, mayor calidad del agua, mayor filtración del agua, disminución de la temperatura local y el efecto isla de calor, disminución de la contaminación atmosférica, control de plagas, polinización, entre otros SE (Dreiseitl et al, 2015b).

### México:

Hacia una ciudad de México sensible al agua es una colaboración entre varias entidades para realizar una investigación que atienda los problemas hídricos urbanos en la Ciudad de México, con el fin de mitigar los impactos de las vulnerabilidades relacionadas con el agua y potenciar la relación de la ciudad con el agua mediante espacios públicos de calidad en el entorno urbano. Para ello, la ciudad de México dirige su atención a los Países Bajos por su liderazgo en el desarrollo de proyectos hídrico urbanos, formando una alianza con la oficina de De Urbanisten como grupo diseñador y con Deltares como instituto de hidrología y geología en materia de gestión del agua y control de inundaciones.



» Figura 33. Problemas de Ciudad de México asociados a inundaciones y subsidencia del suelo. Fuente: De urbanisten et al (2016)

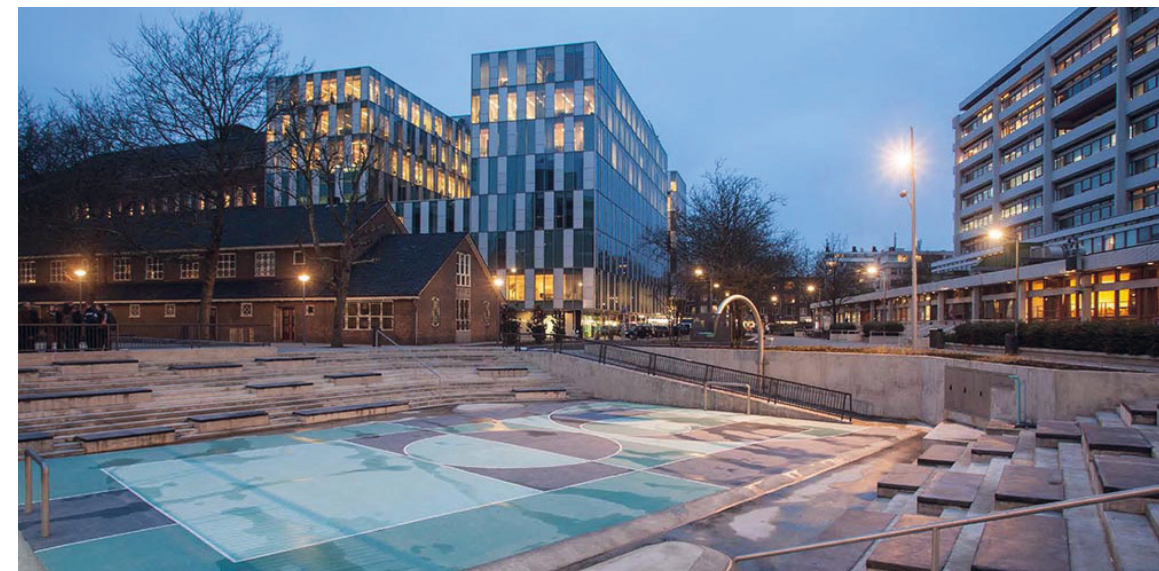
Para dar solución a los anteriores problemas, De urbanisten et al (2016) consideran que es de gran importancia tener un mayor conocimiento sobre la condición hidrológica actual para posteriormente recuperar el balance hídrico de la ciudad y proponer estrategias para hacerlo más eficiente. Además, se sugiere que es necesario incorporar una estrategia de espacio público que permita integrarse a la estrategia de gestión del agua, trabajar a diferentes escalas y replicarse a lo largo del territorio. Para ello, se incorpora el concepto de Ciudades Sensibles al Agua propuesto por Brown (2008) donde las soluciones van más allá de las medidas técnicas y se busca a través del diseño urbano establecer en la sociedad relaciones sensibles al agua con el entorno.

En Conclusión, si bien la visión de Singapur de convertirse en una Ciudad Jardín y de Aguas no contempla, literalmente, el concepto de ciudades sensibles al agua, la transformación del paisaje urbano en esta ciudad tiene algunos elementos similares en cuanto a la intervención sobre el espacio público, el diseño urbano y una sana apropiación del recurso por parte de la comunidad; pensando en la ciudad como una gran cuenca que preste a su vez SE al entorno.

Según De urbanisten et al (2016) Ciudad de México es un territorio que presenta un gran desafío en su relación con el agua y es altamente vulnerable a las inundaciones, debido a su topografía, su extensa urbanización y la falta de espacios verdes para el drenaje natural del agua. Además, la ciudad hoy en día presenta un gran reto en el problema de escasez de agua y en darle solución a sus consecuencias en la salud, falta de agua potable, deshidratación de la vegetación y subsidencia del suelo (ver figura 33).



Uno de los principales referentes para esta investigación de Hacia una ciudad de México Sensible al agua, fue la plaza del agua en Rotterdam de la oficina De Urbanisten (ver figura 34), la cual resuelve algunos de los problemas que caracterizan a la Ciudad de México, mediante el almacenamiento inmediato y temporal de aguas lluvias, el drenaje y la conexión con aguas subterráneas, el diseño de la plaza como espacio dinámico que posibilita su uso en tiempos secos y húmedos, y además que promueve la interacción social. Aunque las anteriores estrategias fueron diseñadas para Rotterdam, y las condiciones geológicas, topográficas, climáticas y sociales de Ciudad de México son muy diferentes, muchas de ellas pudieron ser adaptadas al contexto local con el fin de darle solución y responder a las particularidades del lugar.

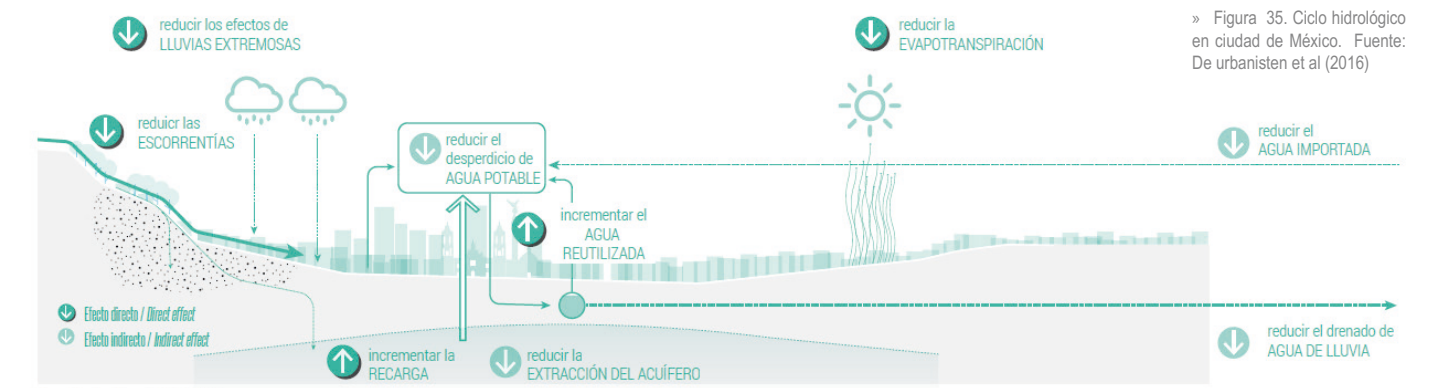


» Figura 34. Plaza del agua en Rotterdam. Fuente recuperado de: <https://www.publicspace.org/es/obras/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>

Para ello el estudio parte de reconocer cual ha sido la historia de Ciudad de México y sus hitos relevantes en la transformación de la ciudad y su impacto en los desafíos hídricos que la ciudad enfrenta hoy en día. Luego se realiza un análisis de la situación física en aspectos como la geomorfología, hidrología, subsidencia, redes de drenaje, la explotación del acuífero y las condiciones climáticas con el fin de entender los desafíos hídricos que la ciudad enfrenta.

Posteriormente, se identifica que las principales problemáticas que tienen un mayor impacto en el balance hidrológico actual de la ciudad son; los caudales de escorrentía, las áreas inundables, los problemas asociados a la falta y exceso de agua,

las ondas de calor, la evapotranspiración y salinidad del suelo, el abasto limitado de agua potable y el agua contaminada. De acuerdo a estas problemáticas se reconocen los puntos clave en el ciclo del balance hidrológico donde es posible mitigar las vulnerabilidades asociadas al agua con intervenciones físicas a través del espacio público. Además, estas problemáticas son ubicadas geográficamente en la ciudad y se plantea una zonificación con el fin de identificar las metas y estrategias adecuadas de “Retrasar, retener, almacenar, reutilizar y drenar sólo cuando sea necesario” para cada ámbito en específico de la ciudad, con el objetivo de cerrar el ciclo del agua en el entorno urbano y generar un balance hídrico sostenible a largo plazo en toda la ciudad, como se ilustra en la siguiente figura:

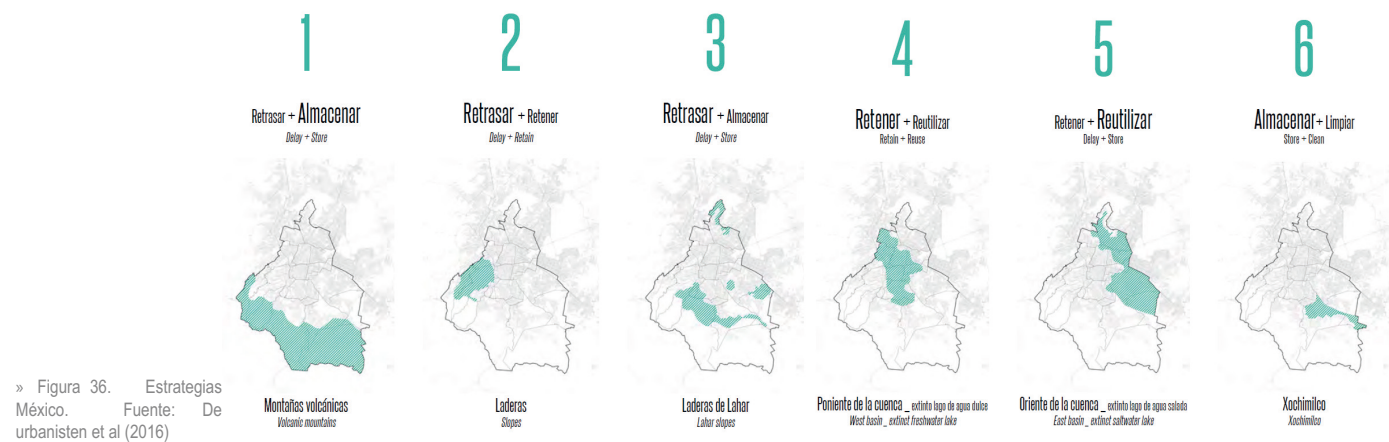


» Figura 35. Ciclo hidrológico en ciudad de México. Fuente: De urbanisten et al (2016)

Es así como al definir unas zonas geográficas específicas de intervención según las problemáticas y las condiciones físicas y naturales de cada una de ellas, como se observa en la figura 36: Estrategias México. De urbanisten et al (2016) reconocen que el balance hídrico puede ser restaurado bajo una estrategia global que busca:

“seguir el curso del agua desde las montañas hasta las áreas bajas de la Cuenca, y aplicar en cada paso las medidas más efectivas. Arriba en el área montañosa

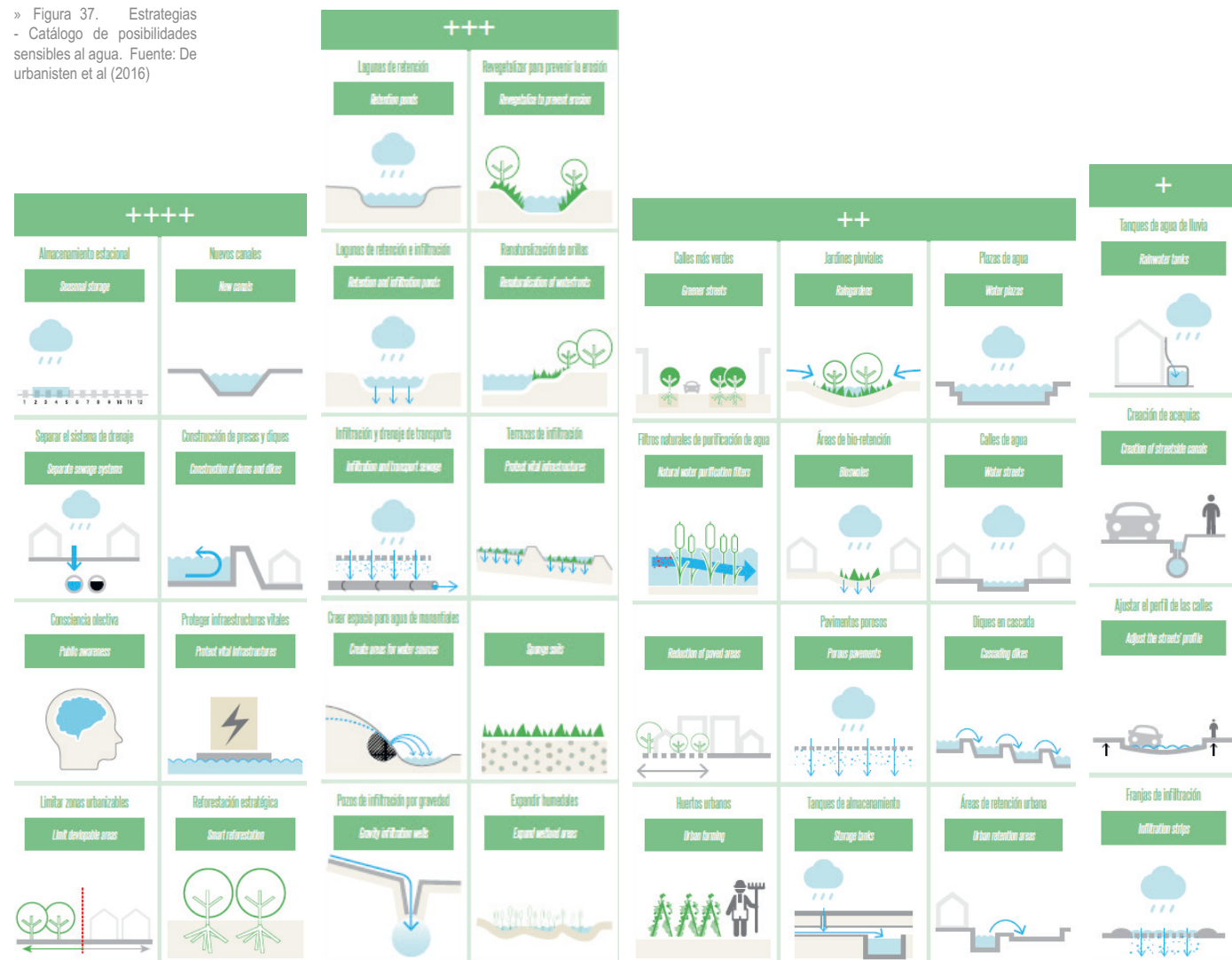
almacenar el agua para impedir que escurra es lo más efectivo; con esta medida el agua tiene tiempo para infiltrarse hasta el acuífero. En las laderas, el agua debería ser principalmente retrasada para prevenir inundaciones al pie de las sierras. En el área baja el agua debería ser retenida y reusada. Hacia el Este de la Cuenca, reutilizar el agua es altamente efectivo pues puede hacerse para enverdecer sustancialmente esta parte de la Ciudad y para inhibir la evapotranspiración.” (p.119).



» Figura 36. Estrategias México. Fuente: De urbanisten et al (2016)

Luego, de acuerdo a las estrategias generales planteadas vinculadas a las seis zonas geográficas definidas, se establece un catálogo de posibilidades sensibles al agua a partir del reconocimiento de la Aplicación de adaptación climática

desarrollada por Deltares (Climateapp) y posteriormente se evaluó su aplicabilidad y se hicieron ajustes según el contexto mexicano. A continuación, en la siguiente figura, se muestra el catálogo de estrategias definido por escalas de intervención:



» Figura 37. Estrategias - Catálogo de posibilidades sensibles al agua. Fuente: De urbanisten et al (2016)

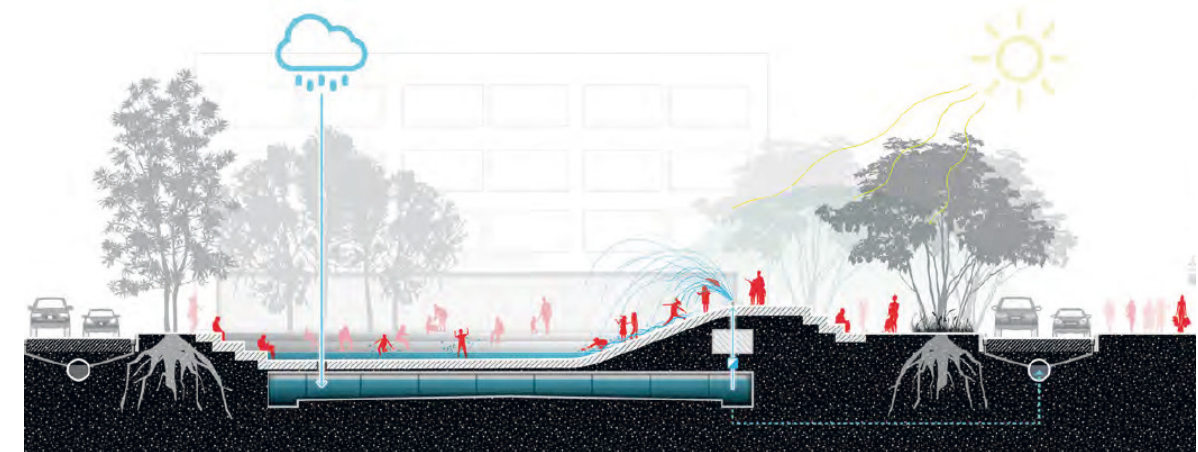
Finalmente, según las herramientas establecidas anteriormente se plantean intervenciones sensibles al agua en siete espacios públicos de la ciudad mediante propuestas conceptuales de diseño según la zona geográfica donde se encuentran ubicados. Por ejemplo, la zona 4 llamada Poniente de la Cuenca se caracteriza por su urbanización de alta densidad y su escaso espacio público, y sufre problemas asociados a la falta y exceso de agua y a las ondas de calor. Para ello, en esa zona se busca implementar las estrategias de retener las gotas de agua en la superficie para liberarlas poco a poco, reutilizarla o drenarla, con intervenciones de pequeña escala dada su densa trama urbana.

Para esta zona las posibles tipologías de espacio público sensibles al agua según De urbanisten et al (2016) son; las plazas urbanas como plazas de agua, las calles urbanas diseñadas con la posibilidad de inundarse durante situaciones de emergencia, las áreas verdes remanentes en intersecciones pueden convertirse en áreas de bio-retención y por último

pueden existir parques con elementos de agua con el fin de acercar a la comunidad y cambiar la consciencia colectiva hacia el agua.

Ahondando en las plazas urbanas de agua, estas podrían servir como reservorios al aire libre para la retención de la lluvia y proteger de las inundaciones a las áreas aledañas a ellas. El agua almacenada podría ser posteriormente drenada o reutilizada localmente en otros usos, además durante periodos de sequía estos espacios podrían ofrecer el almacenamiento de agua como diversas posibilidades recreacionales. (ver figura 38).

Para concluir, este estudio recomienda que la sensibilidad al agua en las ciudades requiere de prácticas como el diseño urbano que permitan reforzar las conductas sensibles al agua en la sociedad, lo cual implica diseñar soluciones más allá de lo técnico con un enfoque más holístico, en el que se pueda integrar la gestión del agua y el diseño del espacio público.



» Figura 38. Plazas urbanas de agua. Fuente: De urbanisten et al (2016)

### El Bagre, Antioquia, Colombia:

Dentro del panorama regional, esta investigación quiso indagar sobre procesos de restauración ecológica de áreas degradadas por la minería, y tener en cuenta investigaciones previas que sirven como referentes para el diseño de la estrategia y herramientas sugeridas por este trabajo de grado. Por ejemplo, la investigación realizada por Díaz (2013), concluye que es posible restaurar áreas degradadas por la minería a cielo abierto en zonas rivereñas, y beneficiar la oferta de SE a partir, entre otras, de la creación de humedales artificiales con una funcionalidad similar a los naturales y sostenible a largo plazo.

SER, (2004, citado en MAVDT, 2015) define la restauración ecológica como el proceso de asistir a un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido para mejorar su estructura, composición y función. Dicha restauración puede ser una alternativa explícita de compensación ambiental

a megaproyectos licenciados como los mineros (Aguilar y Ramírez, 2015). El Plan Nacional de Restauración tiene en cuenta tres enfoques para la implementación, que dependen del nivel de degradación y del objetivo de restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación.

La restauración ecológica busca restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema antes del disturbio, este nuevo ecosistema debe ser autosostenible y garantizar la conservación de especies, así como la mayoría de sus SE. La rehabilitación pretende llevar el ecosistema degradado a un sistema similar o no al sistema antes del disturbio, preservar algunas especies y prestar algunos SE, y la recuperación procura recuperar algunos SE de interés social, no necesariamente autosostenible y no se parecen al sistema predisturbio (MAVDT, 2015).

De igual manera, es importante señalar lo afirmado por MAVDT (2015) en cuanto a que la restauración ecológica es un proceso complejo con objetivos a corto, mediano y largo plazo; y va más allá de la simple revegetación o reforestación de áreas; tiene en cuenta otras dimensiones que van más allá de la ecológica, como es la social, política, económica y ética; que buscan integrar a las poblaciones a los proyectos de restauración y mejorar sus condiciones, a la vez que se alcanza un mejor relacionamiento y percepción de la naturaleza, llevando consigo la consecuente mejora en la actitud de la sociedad hacia la conservación y protección de los ecosistemas.

Según el Plan Nacional de Restauración (MAVDT, 2015), la minería genera cambios drásticos sobre la estructura del suelo, la cual se acelera por factores climáticos como viento y precipitación; además de una degradación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal, erosión, entre otras. Relacionado al recurso hídrico, la minería afecta la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, interrumpe flujos de agua, puede desecar acuíferos y genera cambios en la capacidad de almacenamiento y regulación del agua.

Algunas herramientas propuestas por MAVDT, (2015) para la restauración son: Encerramiento del bosque, enriquecimiento y suplantación del bosque, conectividad a través de cercas vivas (claves en ecosistemas altamente transformados, favoreciendo la movilidad de especies de fauna especialmente aves y murciélagos, promoviendo con ello la dispersión y germinación de semillas), el rescate como estrategia de conservación de especies amenazadas y especies claves, establecimiento de barreras, establecimiento de franja protectora de cuerpos de agua (a través del cual es posible la conexión con otros ecosistemas), redistribución de plántulas, restauración pasiva en páramos, siembra de especies facilitadoras de crecimiento y supervivencia de otras especies, restablecimiento del régimen hidrológico en humedales, reconstrucción de la estructura física del hábitat en humedales (por ejemplo, eliminar obras de infraestructura que impidan el flujo de agua al humedal, realizar actividades de control de la entrada de sedimentos, residuos sólidos y flujos contaminantes y la reconfiguración geomorfológica. El régimen hidrológico también se puede recuperar indirectamente, por ejemplo, a través del mantenimiento de la cobertura vegetal en las partes altas de la cuenca).

Muchos problemas asociados al manejo de humedales pueden ser consecuencia de unas características hidrodinámicas pobres (Jenkins, 2003 citado en Díaz, 2013). Si bien en estos hay retención de sedimentos que benefician la calidad del agua (Fennesy et al, 1994 citado en Díaz, 2013), una entrada en exceso de estos puede crear un efecto adverso sobre los cuerpos de agua como aumento de turbiedad, alterando con ello la zona fótica y la biota características, especialmente

productores primarios e invertebrados, en general bloqueando el funcionamiento de estos cuerpos de agua (Wardrop and Brooks, 1998, citado en Díaz, 2013), por lo que es importante tener en cuenta estas características en el momento de la restauración de los humedales artificiales.

Según la investigación de Díaz (2013) la empresa Mineros S.A. que realiza actividades de minería aluvial y opera en el municipio de El Bagre (Antioquia, Colombia) realiza la restauración de manera continua a medida que avanza la explotación, luego que las dragas avanzan en el bloque productivo. Se realiza la restauración sobre los sustratos que se generan en tierra y agua, en cargueros, rellenos y humedales creados; dando como resultado un paisaje con variedad altimétrica y un sistema hidráulico abierto, mejorando la oferta de SE como: mayor volumen para la regulación hídrica (por los humedales creados), mayor llanura de desborde (por la densificación de la red de drenajes), impulso de la biodiversidad y desarrollo rural al involucrar parcelas agroforestales.

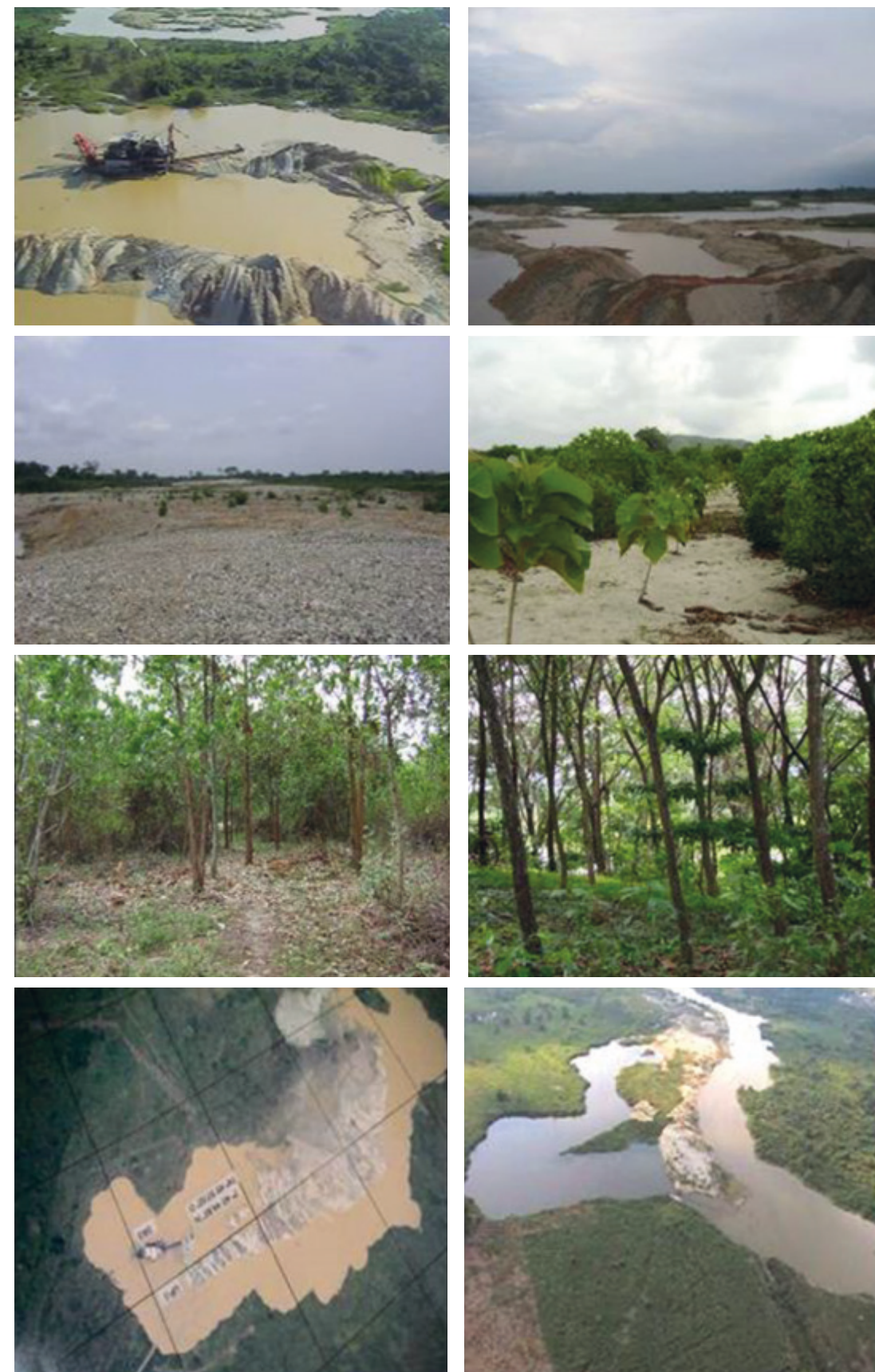
En un primer momento hay una restitución del paisaje, buscando la estabilidad morfológica y paisajística para su recuperación. Los rellenos hidráulicos se realizan con material arcilloso, producto del descapote, mejorando con ello la condición de drenaje del lugar, y pueden ser utilizados como tierra cultivable.

Díaz (2013) concluye que la mejor alternativa para realizar un proceso de restauración de un pozo de dragado es comunicarlo con el río mediante una sola conexión a través de un canal de salida, que haga las veces de entrada y salida y con ello ser más eficiente en el atrapamiento de sedimentos y se vuelva estable a largo plazo, facilitando las condiciones biológicas similares o mejores a las de una ciénaga natural. Se encontró que luego de la restauración los parámetros físico-químicos del agua (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, fosfatos, nitratos y dco) mejoran y con el tiempo se logra la misma similitud que en un humedal natural, por lo que es importante tenerlos en cuenta para la planeación y diseño de la restauración. De igual manera, encontró que los procesos de restauración favorecen el incremento en la biodiversidad como consecuencia del mejoramiento de la calidad y de las condiciones del cuerpo de agua, lo que mejora la diversidad de hábitats y la oferta alimenticias, llegando a ser tan productivo como el original y con interacciones bióticas similares.

Posteriormente, afirma Díaz (2013), se realizan las actividades de establecimiento de coberturas y plantaciones forestales; contemplado el establecimiento de bosque protector – productor con diferentes especies, en su mayoría nativas, de rápido crecimiento y buen comportamiento en condiciones de áreas degradadas y suelos poco fértiles. El ecosistema se considera restaurado cuando tiene suficientes recursos

bióticos y abióticos que le permiten continuar su mantenimiento y desarrollo sin ayuda adicional y con suficiente capacidad de recuperación de acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local.

A continuación, se muestra la secuencia del proceso de restauración realizado en el municipio de El Bagre y que incluye restauración, restitución morfológica y reforestación.





» Figura 39. Secuencia del proceso de restauración de áreas degradadas por minería aluvial en el municipio de El Bagre, Antioquia. Fuente: Díaz, 2013.

Así pues, a partir del estudio realizado por Díaz (2013), se logra establecer que es posible, luego de la explotación minera establecer humedales artificiales, tipo ciénagas, que presenten comportamientos ecológicos similares a los naturales y que prestan importantes SE tales como: amortiguación durante los procesos de inundación, áreas de alta productividad biológica, son zonas de reproducción, alimentación y crecimiento de fauna acuática; la flora acuática asociada purifica el agua mediante la absorción de sustancias químicas y tóxicas, las llanuras de inundación se convierten en áreas de alta productividad por deposición de nutrientes durante épocas de niveles altos de agua, fortalecen el balance hídrico y el ciclo hidrológico.

El estudio de Díaz (2013) igualmente resalta la importancia del monitoreo para verificar el éxito de la restauración y tomar acciones correctivas en caso de ser necesario, para ello afirma que es necesario definir objetivos del monitoreo acordes con los objetivos de restauración, especificar variables e indicadores a medir acorde con las metas, debe empezar en la etapa de explotación, su duración no debe ser menor a 5 años y los indicadores deben medir cambios en la composición y estructura del ecosistema.

Por otro lado, el Plan Nacional de Restauración (MAVDT, 2015)

afirma que el monitoreo es la base para la evaluación del logro de los objetivos de la restauración y debe tener en cuenta análisis del paisaje circundante, selección de indicadores robustos y de fácil medición, levantamiento robusto y estandarizado de los datos de línea base, con el fin de comparar cambios estructurales en el paisaje a mediano, corto y largo plazo; ello permite tomar decisiones sobre los costos y la efectividad de las acciones implementadas. Se recomienda para la medición tener en cuenta variables asociadas a la composición florística y de fauna, composición y estructura, atributos ecológicos relacionados con la estabilidad del suelo, como erosión, funciones hidrológicas como escorrentía y de integridad biótica (MAVDT, 2015)

El estudio de Díaz (2013) igualmente concluye, que los humedales pueden ser creadas siempre y cuando tengan las condiciones hidrológicas aceptables, y con ello es posible desarrollar una biota apropiada, como plantas acuáticas, y un desarrollo físico-químico rápidamente sin necesidad de realizar plantaciones. De igual manera propone que los objetivos de restauración en áreas dedicadas a minería aluvial deberían estar encaminadas a: mejorar la calidad del agua, optimizar propiedades hidrológicas, restaurar los SE y controlar procesos de sedimentación y fluctuaciones hidrológicas.

### 1.3. Planificación en Rionegro ¿Sensible al agua?

Si bien en algunas ciudades del mundo se ha empezado a desarrollar y a implementar este concepto de ciudades sensibles al agua, en Colombia ha sido poco el avance que se ha tenido. Sin embargo, en el país se encuentran algunos estudios y lineamientos normativos que abarcan algunos de los temas que tiene en cuenta este concepto, como el cambio climático con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Departamento Nacional de Planeación (2012) y los ecosistemas asociados al agua y humedales en el Estudio Nacional del Agua del IDEAM (2014), las Huellas del agua del Instituto Humboldt (2016), Colombia anfibia del Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015), entre otros.

En la búsqueda de información para analizar la evolución de este concepto en Rionegro, se encuentran algunos estudios y ejercicios de planificación, que aunque no estén conceptualizados bajo la mirada de ciudades sensibles al agua, abordan temas que son importantes para la construcción del concepto en el territorio y han dado las directrices a las cuales le debe apuntar Rionegro para su ordenamiento. De esta manera se identificaron los estudios que abarcan temas de cambio climático, servicios ecosistémicos y humedales, y los procesos de minería y urbanización.

#### Cambio climático y servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales:

En cuanto al cambio climático, el municipio de Rionegro y CORNARE, como autoridad ambiental de la región, han empezado a pensar en los efectos del cambio climático a escala regional. CORNARE por su parte, en el año 2017 esbozó unos lineamientos para un crecimiento verde compatible con el clima y definió una visión para el Oriente Antioqueño al 2032, en la cual reconoce las condiciones cambiantes del clima y contempla un manejo integral del recurso hídrico. A su vez, incorpora un plan multisectorial el cual pretende articular a los diferentes actores y los diferentes ejercicios de planeación y ordenamiento que se han hecho sobre el territorio. Sin embargo, se encuentra poca información bibliográfica que evidencia los efectos sobre el ciclo hidrológico de la variabilidad climática, la deforestación y el cambio en los usos del suelo sobre la cuenca del río Negro, y especialmente en el territorio de interés de esta investigación.

Por otro lado, CORNARE como autoridad ambiental en la región del Oriente Antioqueño también ha incorporado los SE en los lineamientos del Plan de Gestión Ambiental Regional 2014-2032 (Cornare, 2014), allí reconoce a los ecosistemas como recursos naturales de gran valor económico, ecológico, científico, turístico y educativo, para lo cual incluye una línea

estratégica para la biodiversidad y los SE, con la que se busca en los municipios de su jurisdicción aumentar áreas de reserva forestal, conservar semillas, elaborar inventarios, implementar y conservar corredores ecológicos y fortalecer los esquemas de pagos por servicios ambientales. En el caso del recurso hídrico Cornare (2014) se enfoca en la protección y conservación de microcuencas y en la ejecución de proyectos contemplados en los planes de ordenamiento de cuencas (POMCAS).

A su vez se encuentran algunos hallazgos interesantes realizados por Ochoa, A et al (2017), basados en un estudio cualitativo de percepción, para la comunidad educativa del Porvenir (Rionegro). Son las historias de estudiantes del municipio de Rionegro en la que implícitamente comentaron los servicios que prestaba el río antes de su contaminación, como la recreación, el turismo, los paseos de olla, pescar, consumir el agua y actividades importantes relacionadas con los SE culturales. Los estudiantes también hicieron comentarios sobre el crecimiento del barrio, el uso del agua (acueducto y alcantarillado) y la contaminación del río. Se observa que, si bien el río ha jugado un papel dentro de la comunidad, sobre las lagunas y sus SE no se hizo mención alguna, lo que hace pensar que estos elementos de gran importancia ecológica no son visibilizados ni por la comunidad ni por el equipo que realizó la investigación.

Por otro lado, en cuanto a los ecosistemas de humedales, en el año 2006 CORNARE estructuró en la subregión Páramo y Bosques el sistema de áreas protegidas SIRAP en cual incluye el Corredor páramos, bosques del suroriente, ciénagas y humedales del Magdalena Medio Antioqueño en los municipios de Abejorral, Sonsón, Argelia, Nariño, Cocorná, San Francisco, San Luís y Puerto Triunfo, con el fin de construir un plan estratégico para consolidar el sistema regional de áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad y los bienes y servicios ambientales de la región (CORNARE, 2014).

Hasta la fecha, en Valles de San Nicolás, solo existe un estudio realizado por Quijano, et al (2018), acerca de los humedales del altiplano de Oriente Antioqueño y su conceptualización, el estudio aclara el concepto de humedal, especialmente en este territorio y delimita a 13 humedales, entre naturales y artificiales; sin embargo deja las puertas abiertas para nuevas delimitaciones de humedales en este territorio en la que existen muchos cuerpos de agua artificiales y que son vistas por la autoridad ambiental únicamente como pasivos ambientales, dada la limitada justificación técnica y normativa para nombrarlas como humedales, y que estudios como el de Quijano, et a (2018) y la presente investigación permitirían abordarnos para la construcción de un territorio

menos vulnerable y fa. En el capítulo 3 se abordará en mayor profundidad este estudio y las posibilidades que

### Minería

En cuanto a la minería, la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME (2006), considera el Oriente Antioqueño un distrito que sobresale por la producción de caolín y arcillas que abastecen la industria cerámica, formando parte del agregado de la producción de materiales de construcción, siendo este último uno de los principales factores de la economía nacional sólo superado por la producción de carbón. En estudios realizados por UPME (2005), se concluye que los materiales de construcción para este distrito provienen de depósitos aluviales y las reservas probadas para el año 2001 eran de 5869,8 kt, localizadas en los municipios de: La Ceja, Rionegro, Marinilla, San Vicente, Guarne y Medellín.

En el municipio de Rionegro son pocos los estudios realizados sobre la actividad minera. Villa (2011) abordó la extracción de minerales en el Oriente Antioqueño enfocada en la sostenibilidad y repercusiones de la actividad sobre el medio ambiente. Uno de sus hallazgos principales es que hay un control deficiente de las actividades por parte del estado, lo que hace que haya un aumento de la actividad minera informal, quienes actúan al margen de los mecanismos de control de las autoridades mineras y ambientales.

Producto de dichas actividades mineras, se encuentran las lagunas o humedales artificiales que se observan a los lados del río Negro, considerados también pasivos ambientales al ser impactos producidos por actividades mineras abandonadas, con necesidades de restauración, mitigación o conservación, pues ya tienen ecosistemas asociados.

### Estudios de ordenamiento y urbanización

El Valle de San Nicolás, y específicamente el municipio de Rionegro, ha sido objeto de diversos y numerosos estudios de ordenamiento del territorio. Desde los años 70 se vienen haciendo planes con el fin de direccionar el crecimiento de esta región y de articularla con el Valle de Aburrá, debido a la preocupación ante el crecimiento poblacional de los municipios del Valle de Aburrá. En estos planes se dieron los lineamientos que hoy se evidencian en transformaciones territoriales en cuanto a procesos de urbanización, población, industrialización, equipamientos, actividades productivas y medio ambiente.

Recientemente, se han desarrollado algunos estudios de ordenamiento que han buscado direccionar el territorio hacia uno más sostenible, teniendo en cuenta los elementos naturales como ordenadores del territorio y evaluando su

capacidad de carga para ocuparlo de una forma más consciente y sostenible. En primer lugar, se reconoce el estudio “El río Negro y el sector de Llanogrande, propuesta para el rescate de su potencial ambiental y residencial” realizado en el año 2009 por Proantioquia (2009) y la oficina AE arquitectos, en el que se analiza el sector al occidente del casco urbano sobre el corredor del río Negro, lo que representa actualmente una porción del denominado Módulo Suburbano de Concentración de Vivienda, lugar de interés de esta investigación. Allí se propone la necesidad de potenciar las zonas con alto valor ambiental y paisajístico como la llanura de inundación del río Negro y recuperar su carácter de espacio público.

Posteriormente en el año 2016, la universidad EAFIT y su Centro de Estudios Urbanos y Ambientales (URBAM), realizaron para la Alcaldía de Rionegro un diagnóstico del municipio de Rionegro en los componentes de ordenamiento, ambiental y de movilidad, con el fin de apoyar la revisión del POT que allí se adelantaba. En este estudio se formularon criterios de intervención, perfiles de proyectos e instrumentos normativos y de gestión. Todo esto bajo un enfoque de sostenibilidad que incorpora conceptos de desarrollo sostenible, capacidad de carga, huella ecológica y ciudad sostenible, desde los ámbitos de medio ambiente, normativo territorial, urbano y de movilidad.

Sumado a estos estudios, en el año 2016 Urbam realizó con su modelo Dens-Urbam la evaluación de la capacidad de carga del municipio de Rionegro desde la perspectiva del desarrollo sostenible, reconociendo este concepto como la “multiplicidad de capacidades de los ecosistemas que proveen los recursos básicos y las materias primas que demanda la sociedad y los propios ecosistemas.” (Urbam, 2016, p.192). Con el fin de definir criterios y estrategias de intervención, que permitan orientar a largo plazo el crecimiento urbano reconociendo el límite real de la oferta natural del territorio.

Finalmente es importante reconocer el marco nacional de Ciudades Emblemáticas promovido por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Financiera de Desarrollo Territorial (FINDETER), del gobierno de Colombia, al cual Rionegro se acogió y es una de las cartas de navegación para alcanzar la sostenibilidad del desarrollo y del territorio del municipio. Este programa busca consolidar las ciudades medias como territorios sostenibles en cuanto a sostenibilidad ambiental, crecimiento urbano sostenible, sostenibilidad económica y social, y sostenibilidad fiscal y de gobernanza (Urbam, 2016). De lo anterior se resalta, dentro del marco de ciudades sensibles al agua, la sostenibilidad ambiental con iniciativas como la adaptación al cambio climático, la mitigación del riesgo, la gestión óptima del agua y la relación con la estructura ecológica, y en cuanto a la sostenibilidad urbana, se valora la promoción de una adecuada planificación de los usos del suelo. Con esta carta de navegación, Rionegro

tiene la posibilidad de planearse como una ciudad sostenible que garantice la calidad de vida y bienestar de sus habitantes.

Aunque los estudios anteriormente mencionados han sido valiosos como aportes a la construcción de un territorio más sostenible y se han incorporado algunos elementos de ciudades sensibles al agua como: la importancia de adaptación al cambio climático, la incorporación de los ecosistemas en el ordenamiento y el desarrollo de ciudades sostenibles, no encontramos estudios que contemplen este concepto como pilar del ordenamiento del territorio. Además, dentro de estos, tampoco se evidencia la oportunidad que tienen los procesos de minería y urbanización en la construcción de una ciudad sensible al agua, que contemple los pilares propuestos por

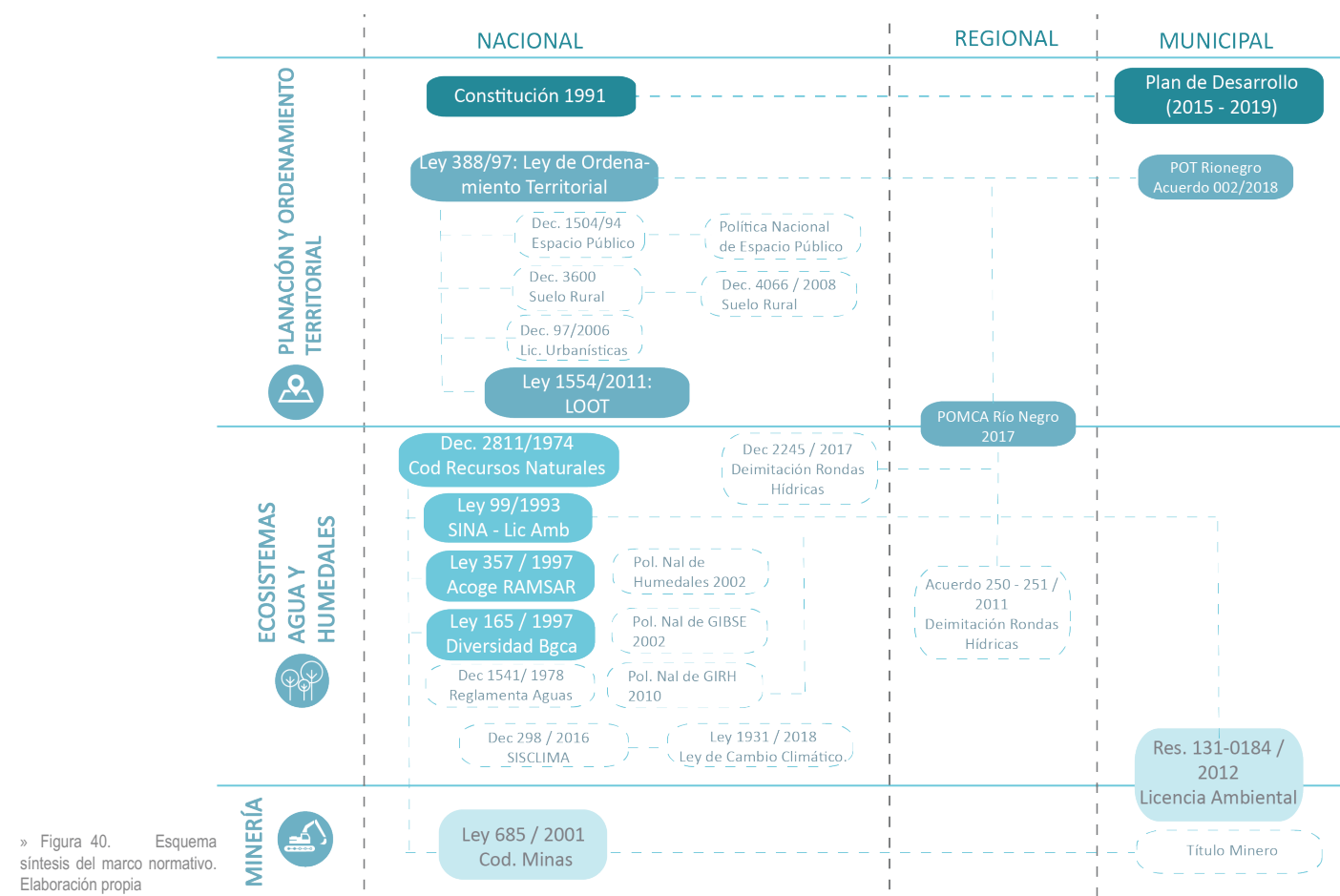
Wong y Brown (2008) para este concepto como son: pensar la ciudad como una cuenca, que la ciudad provea servicios a los ecosistemas manteniendo su equilibrio hidrológico, y que se promueva en la ciudadanía la sensibilidad al agua a través del espacio público asociado al agua.

Por esta razón, este trabajo pretende integrar las nuevas tendencias de ciudades sensibles al agua, en los procesos de minería y urbanización como procesos transformadores del territorio y que presentan la oportunidad de convertirlo en uno más resiliente, incorporando las visiones de los diferentes actores y beneficiando la prestación de SE de regulación hídrica y culturales en el territorio.

## 1.4. Marco Normativo

El marco normativo para esta investigación, así como el marco conceptual, contiene varias temáticas de interés con diferentes actores institucionales. Dicho marco tiene igualmente diferentes jerarquías (internacional, nacional, regional y local) que deben ser abordadas con el fin de comprender la complejidad normativa que existe sobre el territorio, dado los diferentes usos, ocupaciones y planeaciones a futuro que existen.

En este orden de ideas, los ejes temáticos que abordará el marco normativo son: Urbanización, planeación y Ordenamiento Territorial, Minería y Agua, Ecosistemas y Humedales. En la siguiente figura se observa un esquema del marco normativo para esta investigación. Para finalizar se realiza una breve síntesis de las principales conclusiones sobre esta sección. El detalle de cada una de las normas puede verse en el Anexo 1: Tabla Marco Normativo.



» Figura 40. Esquema síntesis del marco normativo. Elaboración propia

Se resalta dentro de este marco normativo la constitución Nacional de 1991, como una carta de navegación para la planificación, transformación y ocupación del territorio colombiano, allí se destaca la función social y ecológica de la propiedad. De igual manera, específicamente sobre valles de San Nicolás y específicamente el municipio de Rionegro, el Plan de Ordenamiento y manejo de cuenca (POMCA) del río Negro y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Rionegro, establecen los lineamientos generales para la planificación del suelo. En ellos se destaca al río Negro como el estructurante del sistema natural.

Por su parte, la Ley 388 de 1997 establece instrumentos de gestión del suelo que pueden ser aplicados para viabilizar las estrategias diseñadas más adelante en el capítulo 4, con la promoción del reparto equitativo de cargas y beneficios. De ella además se derivan otros decretos que delimitan los suelos y establecen un marco para aplicación en suelo tanto rural como urbano.

En cuanto a la normatividad ambiental se destaca el uso y dominio público de todas las aguas, entendiendo como aguas los cuerpos de agua, humedales y llanuras de inundación, tal y como lo especifica el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables. De igual manera, para esta investigación se tuvo en cuenta desde lo normativo las diferentes leyes, decretos y políticas que dan lineamientos sobre la gestión eficiente del agua, ecosistemas y humedales.

Se destacan en este grupo las relacionadas con la ronda hídrica, es decir el Acuerdo 250 y 251, expedido en el 2011 por CORNARE, en el cual se delimita las rondas hídricas para la subregión de Valles de San Nicolás. Igualmente llama la atención la nueva guía para la delimitación de rondas hídricas, Decreto 2245 de 2017, expedido por el Ministerio del Medio Ambiente; en esta se obliga a las autoridades ambientales, en este caso CORNARE, hacer una nueva delimitación de las rondas hídricas, y es posible que cambie la actual, incidiendo directamente sobre el POMCA del río Negro y el POT del Municipio de Rionegro. Ello debido a que además de otros criterios, esta nueva guía exige incluir los paleocauces y meandros abandonados.

Por otro lado, en el 2018, a nivel interno en Cornare se sostiene la discusión acerca de si las lagunas que quedaron de la minería (antes de realizar la exigencia del retrolenado de las celdas de explotación y se llenaron de agua subterránea y lluvia) y fueron adquiriendo ciertas características de biodiversidad pueden ser llamados humedales. Mientras que en el POT del municipio de Rionegro, en este momento no existe una figura de protección para estas lagunas artificiales, no son contempladas como determinantes ambientales; sin embargo, algunos de estos figuran dentro de las determinantes urbanísticas.

Si bien Colombia es un país rico en normas, leyes, decretos, resoluciones y acuerdos, posee un vacío normativo para la protección de los humedales actuales del polígono de análisis, ya que en parte son vistos por los entes de control como pasivos ambientales.

Por otro lado, el sector minero colombiano ha tenido que replantearse a lo largo del tiempo, debido a los cambios en sus dinámicas, problemáticas como la informalidad minera lo han obligado a disponer de diferentes instrumentos jurídicos. Sin embargo, aún se evidencia un vacío normativo para regular la pequeña minería y se enfatiza en la minería a gran escala.

El cierre de mina, en el actual código de minas (Ley 685, 2001) está contemplado desde la presentación del plan de trabajos y obras (PTO), el cual es el resultado de estudios y trabajos exploratorios que realiza el concesionario y que se presenta ante la autoridad minera para ser autorizada la etapa de explotación. Con el plan de trabajos y obras (PTO), se entrega a la autoridad ambiental un estudio de impacto ambiental, que de igual forma debe contener información sobre las medidas específicas que se aplicarán durante el cierre de sus frentes de trabajo. Siendo el anterior un proceso clave según la normatividad, para evitar que, una vez culminada la actividad minera queden pasivos ambientales que son considerados como zonas abandonadas por dicha actividad sin tratamiento, que tienen un deterioro ambiental en el aire, el suelo o el agua.

Dentro de los lineamientos para la elaboración de los PTOs expedidos por el Ministerio de Minas, se pide que, para la minería a cielo abierto, el área explotada se recupere para darle un uso potencial a la zona, acorde con el medio ambiente y el ordenamiento territorial para el municipio, los usos pueden ser urbanísticos, industriales, recreacionales, agrícolas, forestales, conservación, depósitos de agua, etc.

Actualmente, no existe en el país una ley o norma que regule los pasivos ambientales mineros, esto ocasiona que los cierres de minas no siempre se hagan de una forma adecuada, pues la recuperación de dichas áreas debe ser exigida a quienes realizaron la explotación y el estado no debe quedar como el responsable de los pasivos mineros. Sin embargo, estos humedales presentes en el polígono de estudios pueden ser vistos, no como pasivos ambientales, sino como oportunidades para construir un territorio más sostenible.

A nivel local, los lineamientos sobre el cierre y abandono y las áreas restringidas para la explotación están estipuladas en la Licencia Ambiental expedida por Cornare (Resolución No. 131 0184 del 2012), en ella se establece que deberá respetarse para la explotación las rondas hídricas, además exige el retrolenado de las celdas una vez finalice la explotación.

## Rionegro: un territorio de aguas en transformación | CAPÍTULO 2

Este capítulo tiene como objetivo identificar la transformación del territorio, asociado a los procesos de minería y urbanización en diferentes periodos de tiempo, a partir de un análisis multitemporal, multidimensional y multisectorial tal y como fue descrito en la metodología. Para ello, está dividido en seis secciones; en primer lugar, se realiza una contextualización territorial de la cuenca del río Negro explicando sus condiciones naturales, los SE que brinda a sus habitantes, la variabilidad climática y los pronósticos del cambio climático para esta región. Por otro lado, desde el punto de vista antrópico, se reconocen los hitos en el crecimiento y la transformación de la región, y con ello se identifican los períodos de tiempo más significativos. Posteriormente, en una segunda sección, se ahonda en los procesos de minería y urbanización como principales motores de transformación en Rionegro y se identifican las zonas del municipio que están siendo más presionadas por estos procesos.

En una tercera sección, se identifica y se delimita el lugar de estudio con base en criterios naturales que dan cuenta de la importancia ecosistémica del lugar, y a su vez con base en criterios antrópicos como los procesos de minería y urbanización que presionan los ecosistemas allí presentes. Luego, en una cuarta sección se identifican los principales actores por sectores; estado, comunidad, academia y privado, y sus roles en los procesos de transformación del territorio.

Posteriormente, con base en los hitos de crecimiento demográfico y transformación identificados, se realiza un análisis multitemporal del lugar de estudio con el fin de identificar como ha sido la transformación del territorio y sus ecosistemas en relación a los procesos de minería y urbanización. Y finalmente, con base en el análisis multitemporal y reconociendo los planes que el POT de 2018 establece para este sector, se estima un escenario tendencial donde se ahonda en los procesos de minería y urbanización y se reconocen los posibles impactos en los SE de regulación hídrica y culturales.



» Figura 41 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia

## Rionegro: un territorio de aguas en transformación.

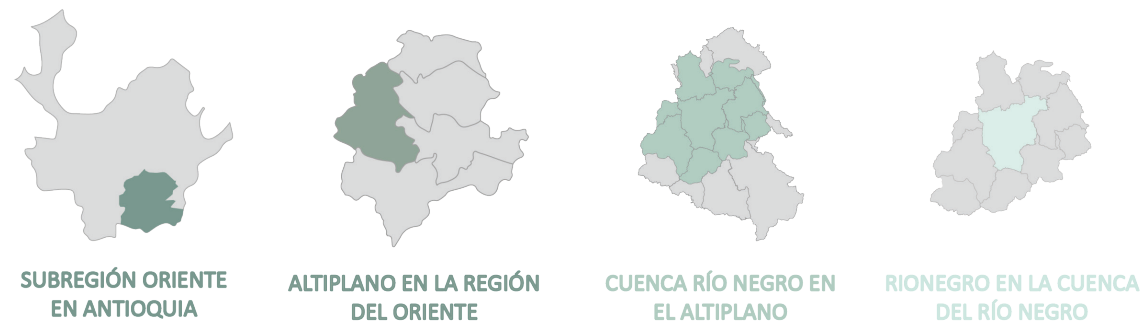
“No mucho después el río desemboca en un lugar donde se abre y empieza el verdadero Valle de Rionegro. El río detiene su ímpetu, víctima de la inmensidad del paisaje: a la izquierda, Tablacito y el Tablazo; a la derecha Llanogrande. Se aquieta el río y parece que se duerme y es apenas una serpiente de cristal que va rompiendo la esmeralda de los suelos, donde hacen calle de honor la grama y los maizales.” (Tobón, 1964).

### 2.1 Cuenca del río Negro: un territorio de aguas

#### Contexto territorial

La cuenca del río Negro está ubicada en la subregión oriental de Antioquia, en la zona de altiplano conformada por los municipios de Rionegro, Guarne, Marinilla, El Santuario, El

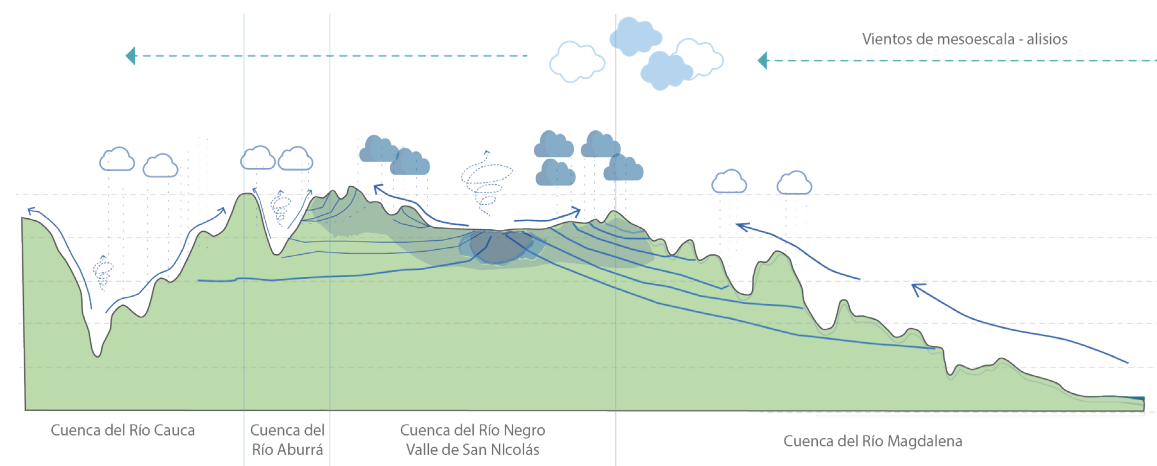
Carmen de Viboral, La Ceja del Tambo, El Retiro, La Unión y San Vicente como se muestra en la figura 41.



» Figura 42. Ubicación del municipio de Rionegro en Antioquia, Oriente Antioqueño, Subregión de Valles de San Nicolás y cuenca del río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en SIADANT (2017)

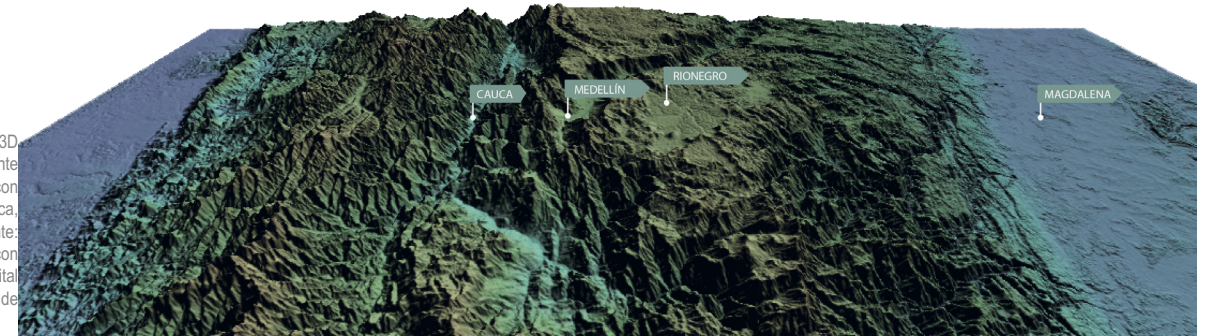
Esta zona conocida como Valle de San Nicolás es una región que, por su ubicación y altitud sobre la cordillera central, recibe los vientos provenientes del Valle del Magdalena, Valle del Cauca y el Valle de Aburrá, los cuales aportan humedad para las precipitaciones locales alcanzando un promedio anual de 2200 mm y una temperatura promedio de 17°C (CORNARE, 2017). y en su totalidad la cuenca del río Negro se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB)

(Urbam EAFIT, 2018). Adicionalmente, por sus condiciones geomorfológicas, al estar delimitado por escarpes y superficies de erosión, se favorece la recarga de aguas subterráneas y por sus condiciones geológicas permite la migración de dichas aguas hacia otras vertientes (ver figuras 42 y 43), lo que la convierte en una zona rica en recursos hídricos y de alta importancia regional (CORNARE, 2017).



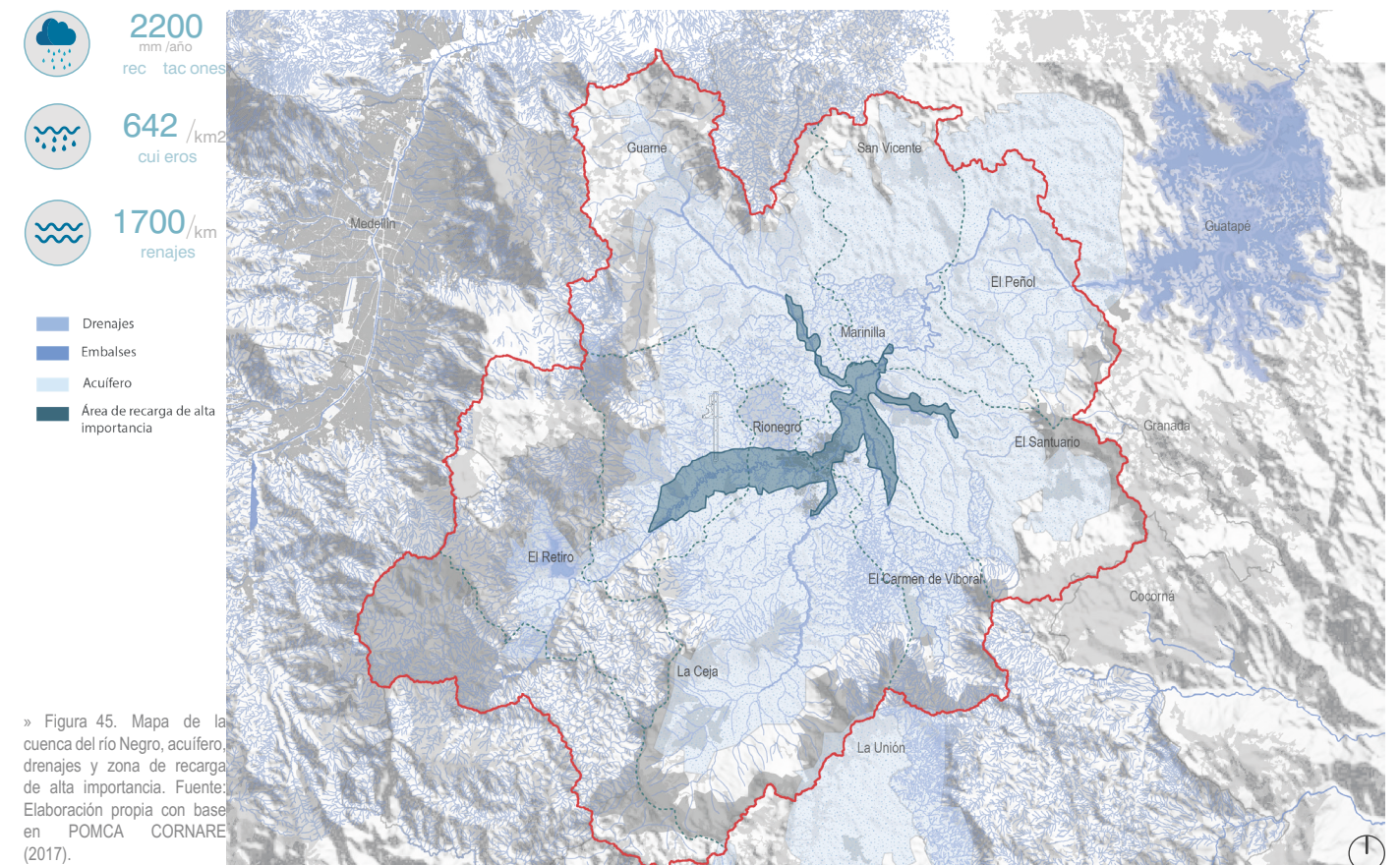
» Figura 43. Sección cuenca del río Negro y sus relaciones regionales con la cuenca del río Cauca, río Aburrá y río Magdalena. Fuente: Elaboración propia (2018) con base en CORNARE (2017)

» Figura 44. Vista 3D del Altiplano de Oriente Antioqueño y su relación con las cuencas del río Cauca, Aburrá y Magdalena. Fuente: Elaboración propia (2018) con base en ASTER Global Digital Elevation Model tomado de USGS (2006).



Esta cuenca posee una red hídrica de más de 1700 kilómetros de drenajes superficiales, con el río Negro como su principal afluente y fuente de agua. Éste inicia su recorrido como río Pantanillo a 3000 msnm en el Cerro Pantanillo del municipio del Retiro, sigue su recorrido en dirección nordeste pasando por el embalse de La Fe hacia el municipio de Rionegro, donde

acoge el nombre de río Negro, y posteriormente, después de su salida del embalse del Peñol – Guatapé, recibe el nombre de río Nare. A lo largo del recorrido es alimentado por afluentes como El Pantanillo, La Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona y La Compañía, como se puede ver en la figura 44 (Urbam EAFIT, 2016).



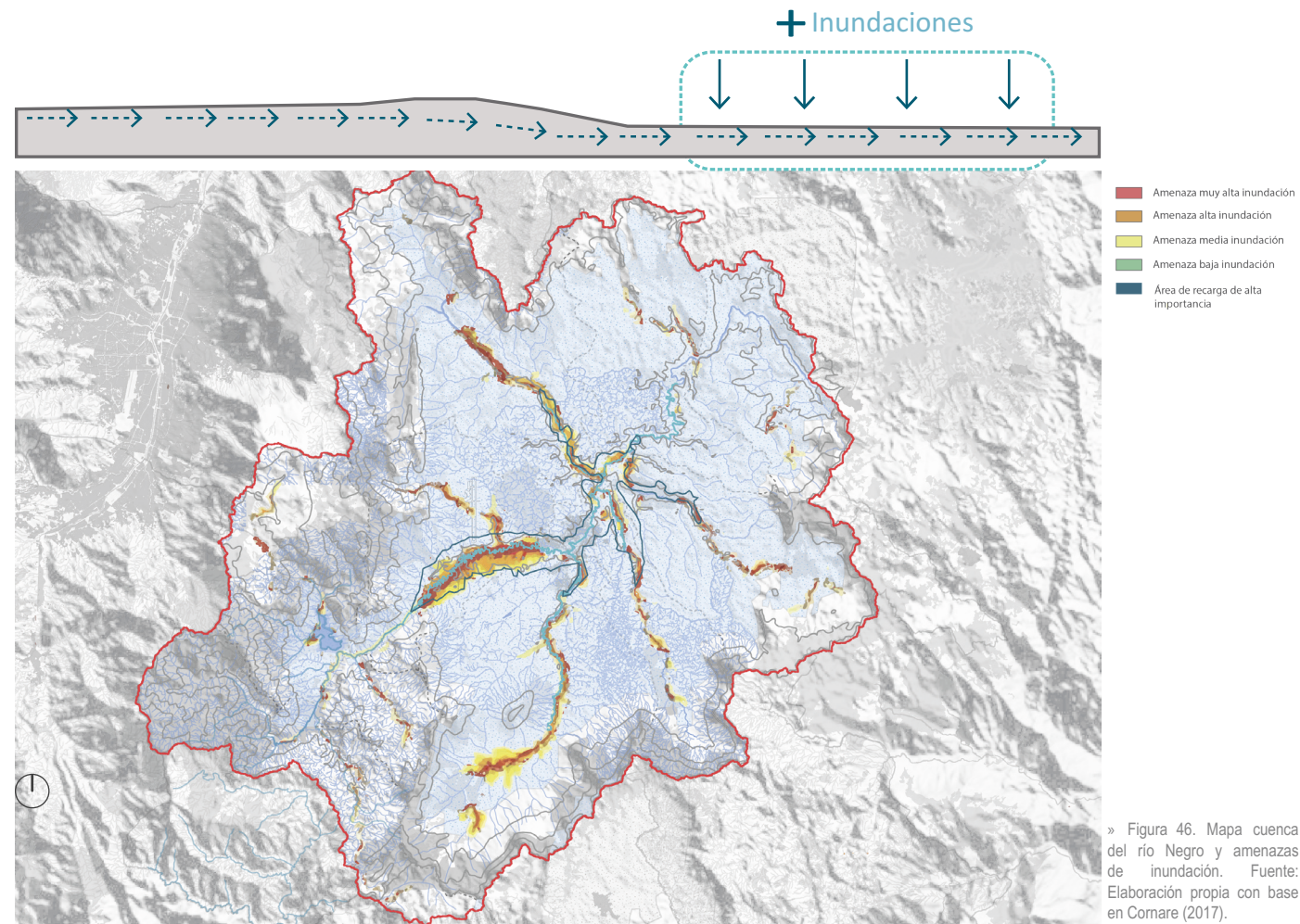
» Figura 45. Mapa de la cuenca del río Negro, acuífero, drenajes y zona de recarga de alta importancia. Fuente: Elaboración propia con base en POMCA CORNARE (2017).

Estos afluentes y el río Negro como estructurantes principales de la cuenca, conforman la Estrella Hídrica de Oriente, un sistema de gran importancia hídrica para la región. Actúa como un sistema interconectado donde todo lo que sucede aguas arriba tiene influencia a lo largo del mismo, y donde una sobreexplotación del recurso hídrico tendría consecuencias en la disponibilidad de agua para la región, generando afectaciones importantes sobre el sistema antrópico y natural del territorio.

Así como lo afirman investigaciones llevadas a cabo por la Contraloría General de la Nación (2014), que reconocen una cuenca hidrográfica como un sistema articulado por una red de acuíferos y cursos de agua superficiales y subterráneos, con capacidad de regulación y de desencadenar procesos en el territorio no solamente a través de la red hídrica como interconector, sino de manera integral con procesos bioquímicos y climáticos, desmitifica la premisa de que los impactos en la cuenca se generan únicamente en sentido

vertical, de aguas arriba hacia aguas abajo, sino que además lo que ocurre aguas abajo impacta y altera los procesos aguas arriba de una vertiente a otra.

Desde una porción de la zona rural hasta el límite urbano occidental del municipio de Rionegro, el río Negro alcanza su llanura de inundación más amplia y tiene una pendiente más escasa, lo que permite que la fuente hídrica tenga un comportamiento meándrico y apacible, debido a que deposita sedimentos en uno de sus costados y la erosiona en el otro, condición que le otorga un alto valor paisajístico y ecosistémico, pero a su vez implica una alta amenaza por inundación (ver figura 45). Estas zonas inundables del río Negro, podrían ser considerados como humedales según la definición establecida en la convención RAMSAR (2014) cuando establece que son humedales los lagos, ríos, acuíferos y pantanos. Además, estos son de gran importancia para la prestación de servicios ecosistémicos de regulación hídrica, recarga de acuíferos, control de inundaciones y mitigación al cambio climático.



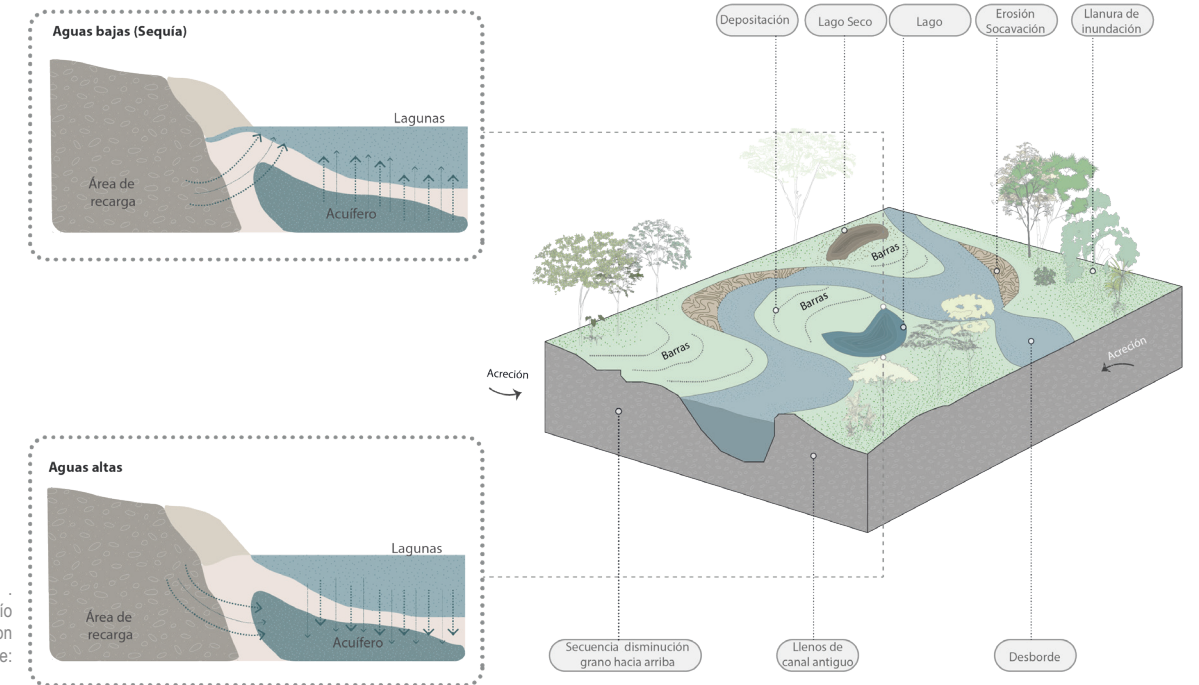
Esta característica del río, además de la conformación de los suelos y depósitos, favorecen la recarga de aguas subterráneas de los acuíferos allí presentes, por lo cual el IDEAM (2014) en el estudio Nacional del Agua define a este lugar como una

“Zona de recarga de alta importancia”. Además, en el mismo estudio se establece que el acuífero presente en la cuenca del río Negro, con una extensión de 642 km<sup>2</sup>, junto con el del Valle de Aburrá, son estratégicos para la región, ya que

se encuentran aislados del resto de los acuíferos presentes en el territorio nacional y garantizan la regulación hídrica de la región.

Estas aguas subterráneas son un elemento esencial del ciclo hidrológico y un recurso natural que debe ser utilizado de una forma responsable y eficiente. Cerca de la mitad del agua potable del mundo proviene de fuentes subterráneas, además, son importantes porque alimentan ríos, lagos, humedales y de

ellas dependen otros ecosistemas. Por otro lado, se prevé que el cambio climático modifique el ciclo hidrológico mundial sobre los procesos naturales de descarga, recarga, almacenamiento y calidad de estas aguas (UNESCO, 2015); lo que incrementa la necesidad de cuidarlas y asegurar la recarga y uso eficiente de las mismas. En la siguiente figura se observa de manera esquemática la relación que existe entre el acuífero y los lagos/humedales, que se ven favorecidos por la dinámica meándrica del río y por sus amplias llanuras de inundación.



» Figura 47. Comportamiento río meándrico y su relación con los acuíferos y lagos. Fuente: Belancur (2015).

Por consiguiente, la alta cantidad de drenajes superficiales, los humedales y las aguas subterráneas allí presentes, son los elementos naturales que hacen de la cuenca del río Negro, una zona de alta importancia ecosistémica, principalmente por los bienes y servicios asociados al recurso hídrico que ésta presta a las comunidades, a la región y al cuidado de la naturaleza misma.

Urbam EAFIT (2017) ofrece un inventario de los SE que presta el río Negro, como el abastecimiento del 100% de agua de consumo humano para el municipio de Rionegro y el 30% del Valle de Aburrá, la generación del 73% de la energía eléctrica de Antioquia y el 30% para el país, con el agua almacenada en el embalse del Peñol- Guatapé y el uso de sus aguas para el riego de cultivos como el de flores, aguacates y demás industrias agropecuarias, los cuales surten en un 43,77% la despesa

agrícola del valle de Aburrá. Provee servicios de regulación de carga contaminante que alcanzan un 70%, ya que las aguas residuales domésticas e industriales de las actividades antrópicas son vertidas sobre el río, muchas de ellas con escaso tratamiento. También es un insumo de vital importancia en el proceso de minería para la extracción de materiales de construcción que se desarrolla dentro de las terrazas aluviales del río Negro. Por último, este ecosistema presta los bienes y servicios culturales como el valor paisajístico, la recreación, el turismo, la contemplación y el goce espiritual, los cuales influyen directamente en la salud emocional y física de las personas que los habitan, y han sido uno de los principales atractores de turismo y urbanización de la región del Oriente Antioqueño. En la siguiente figura se observa de manera de esquema algunos de los SE asociados al río Negro.



» Figura 48. Algunos servicios ecosistémicos prestados por el río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Urbam EAFIT (2017).

De otro lado, es importante resaltar que el área de estudio, por su ubicación estratégica en la cordillera central que permite la conexión y paso de los flujos biológicos entre el valle del Magdalena y el Valle de Aburrá, se deben fortalecer los corredores y la conectividad ecológica, para ello se destaca la importancia del Sistema Ecológico Principal (EEP).

El Decreto único 1077 de 2015, en su artículo 2.2.1.1 Numeral 1, define la EEP como “el 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 socioeconómico de las poblaciones”, es decir forman una red de espacios (parches) y conexiones (corredores) que permiten, conducen y soportan la biodiversidad en la región.

Para ello, el actual POT de Rionegro (Acuerdo 002 de 2018, Concejo de Rionegro, 2018) reconoce los elementos que lo componen así:

- El SINAP (Sistema de Áreas Protegidas): Reserva forestal protectora del Nare, Distrito de Manejo Integrado (DMI) La Selva, DMI El Capiro, DMI Cerros de San Nicolás.
- Coberturas del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca (POMCA) del río Negro: i) Uso del suelo de protección (arbustales, bosque abierto, bosque de galería y/o ripario, bosque denso, bosque fragmentado, tierras desnudas y

degradadas, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas; ii) uso de suelo de producción – protección: Plantación forestal, vegetación secundaria o en transición.

- Rondas hídricas (acuerdo 251 de 2011 de Comare)
- Zonas de protección ambiental establecidas en el Acuerdo 250 de 2011 de Comare, las cuales son: Zonas de protección ambiental (POMCA Abreo – Malpaso y el Tablazo), zonas de restauración ambiental, zonas agroforestales.
- Áreas de protección ambiental asociadas a las áreas con amenaza alta por inundación y por movimiento en masa.
- Áreas de especial importancia ecosistémica para el municipio de Rionegro: microcuencas abastecedoras de acueductos y predios adquiridos por el municipio para la protección del recurso hídrico, corredor biológico forestal protector, lagos y humedales, ecoparque Lago Santander, ecoparque Embalse Abreo – Malpaso, ecoparque Cárcavas de Fontibón, ecoparque Cárcavas del aeropuerto.

La función de la EEP es, entre otras, preservar y restaurar espacios que representen los ecosistemas que lo componen, preservar poblaciones y hábitats para la sobrevivencia de especies silvestres, mantener las coberturas naturales o aquellas en procesos de restablecimiento, así como las condiciones para regular la oferta de SE, proveer espacios naturales para el deleite, educación y valoración social de la naturaleza.

### Variabilidad y cambio climático en la región

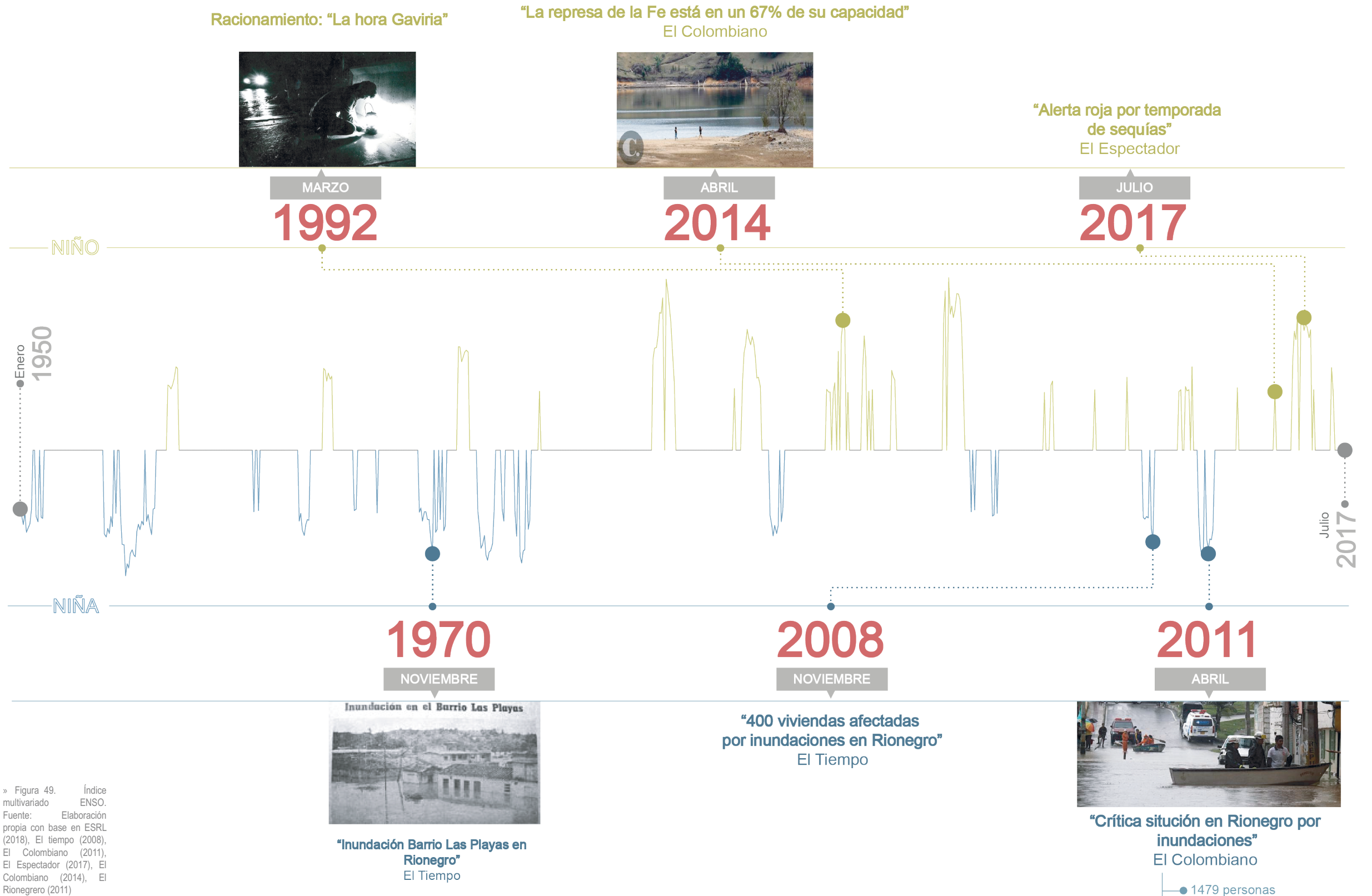
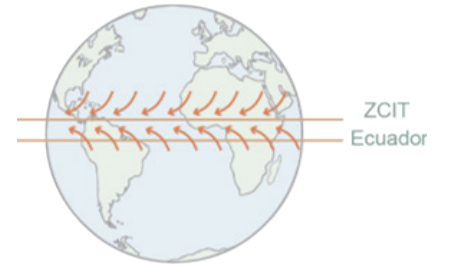
A pesar del alto valor ecosistémico que tiene la cuenca del río Negro para la región, existe una presión latente por otros factores naturales. En primer lugar, como se muestra en la siguiente figura, por estar ubicada en la zona de convergencia intertropical (ZCIT) a lo largo de la línea del Ecuador, la dinámica del clima se ve afectada por la variabilidad climática. Por un lado, por eventos asociados al fenómeno del Niño con; disminución de precipitaciones, caudales y humedad, y aumento en la temperatura, y por otro lado, con el fenómeno de la Niña con; precipitaciones intensas, crecimiento de ríos e inundaciones.

Esta región del oriente antioqueño está expuesta a estas amenazas y condicionantes climáticas que ponen en riesgo a las comunidades, a los sectores económicos y a los ecosistemas presentes, además si se tiene en cuenta que para estos fenómenos se espera un aumento de la intensidad y la frecuencia debido al cambio climático, se puede esperar que los impactos sean mayores. Por esta razón, es de suma importancia adoptar medidas de adaptación que permitan aumentar la resiliencia del territorio ante estos eventos (CORNARE et al, 2017. p.63).

Algunos de dichos eventos han sido documentados por la prensa colombiana, haciendo referencia a situaciones en las que el nivel del río Negro alcanza niveles muy altos y a las pérdidas económicas que estos eventos ocasionan a la región. Por ejemplo, una publicación del 23 de abril de 2011 en el periódico El Colombiano, la cual se titula: "Crítica situación en Rionegro por inundaciones", llama la atención de las intervenciones por parte de las autoridades, con más de mil viviendas afectadas.

Algunas de las afectaciones a lo largo del periodo 1950 - 2017, que han dejado dicha variabilidad climática se muestran en la siguiente gráfica, donde la curva ilustra el MEI (Índice multivariado ENSO), que refleja la intensidad y frecuencia del fenómeno del niño (hacia arriba) y de la Niña (hacia abajo), y se asocian algunos cubrimientos periodísticos. Es de resaltar, el año 1992 cuando la sequía ocasionada por El Niño afectó la generación de energía nacional, ocasionando la denominada Hora Gaviria donde hubo un racionamiento de 1 hora diaria de energía para todo el país. De igual manera, se resalta las afectaciones de la Niña ocurrida en el 2011, que a nivel nacional según la CEPAL (2012), las pérdidas económicas superaron los USD \$6500 millones; y cuyos efectos se hicieron evidentes en el municipio de Rionegro con casi 1500 personas afectadas (ver figura 48).

» Figura 49. Índice multivariado ENSO. Fuente: Elaboración propia con base en ESRL (2018), El tiempo (2008), El Colombiano (2011), El Espectador (2017), El Colombiano (2014), El Rionegrero (2011)



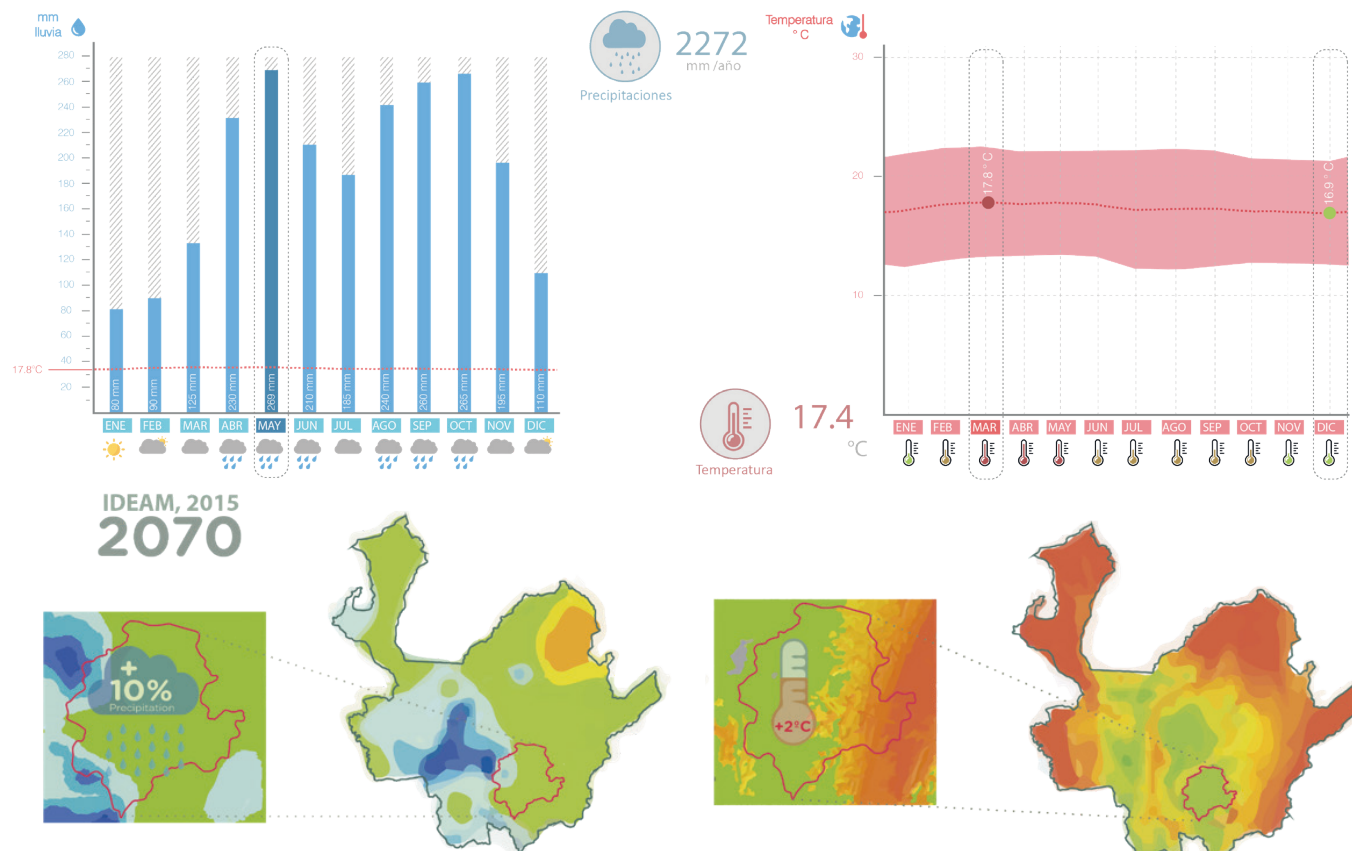
A continuación, se presentan algunas fotografías del municipio de Rionegro en donde es evidente los efectos del fenómeno de La Niña en el año 2011.



» Figura 50. Fotografías de las inundaciones sobre el municipio de Rionegro en 2011. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).

Por otro lado, el cambio climático, definido por la ONU (1992b) como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (P.3); también tendrá efectos sobre el territorio de interés en esta investigación, como se observa en la siguiente figura, donde se estima, en el periodo del año 2070 al 2100, ocurrirá un

incremento cerca del 10% en la precipitación en Antioquia y de 2 °C en la temperatura promedio en la región del Valle de San Nicolás (IDEAM, 2015). Situación que podría incrementar los efectos de la variabilidad climática, aumentando la intensidad y la frecuencia para los meses lluviosos y secos, y la presencia periódica de Fenómenos del Niño y Fenómenos de la Niña mucho más intensos y frecuentes que los históricos y actuales. (Comunicación personal, Oscar Mejía, 2017).

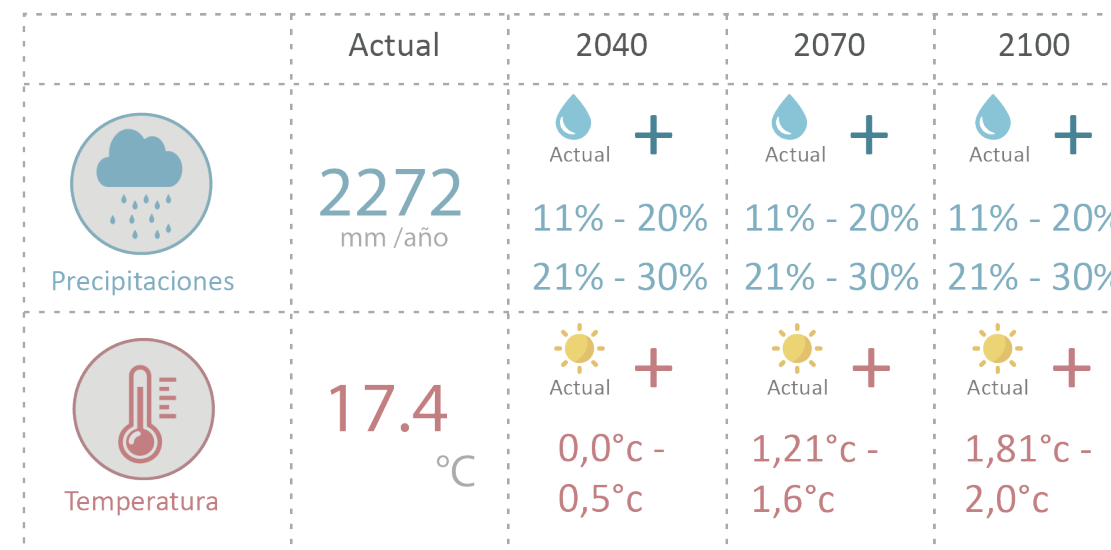


» Figura 51. Estado actual y pronósticos para el año 2070 de aumento de precipitaciones y temperatura para el departamento de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2015) y Climate - Data (2018).

Según CORNARE et al (2017) para la región del Oriente Antioqueño los mayores cambios esperados para el 2041-2070 en cuanto a temperatura y precipitación, se podrían dar en los extremos orientales y occidentales de la región, afectando a municipios como Puerto Triunfo, El Retiro, La Ceja, La Unión y Rionegro. Por un lado, en cuanto a la variable de precipitaciones, los principales cambios se estiman para los municipios de Rionegro, Guarne y El Retiro. Y por otro

lado en cuanto a la temperatura, se esperan alteraciones más drásticas para la región de Bosques, y por el contrario para la región de Valles de San Nicolás los cambios que se estiman son menores.

A continuación, se muestran los pronósticos de precipitaciones y temperatura en el municipio de Rionegro para los años 2040, 2070 y 2100:



» Figura 52. Estado actual y pronósticos para el año 2070 d aumento de precipitaciones y temperatura para el departamento de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2015) y Climate - Data (2018).

CORNARE et al (2017) establece que dichas condiciones, variabilidad climática y cambio climático, agravadas por la alta transformación antrópica que ha sufrido la cuenca del río Negro y sus presiones actuales, sitúan a esta región dentro de un marco de peligro por cambio climático. Por lo cual se prevé una afectación en el balance hídrico y en la prestación de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas allí presentes. Por ello existe la probabilidad de que actualmente los ecosistemas puedan verse afectados por los impactos que trae consigo el cambio climático y que estén expuestos a

eventos más drásticos y frecuentes de la variabilidad climática. A su vez, al evaluar el índice de vulnerabilidad climática en la región según su componente social, económico y ambiental, el municipio de Rionegro se sitúa dentro de los más vulnerables en el ámbito ambiental.

Por lo anterior, se hace necesario pensar en estrategias que permitan asegurar la provisión de SE y a su vez hacer frente a los efectos de la VCC sobre el territorio.

## Hitos de crecimiento de la región del Valle de San Nicolás:

Como se mencionó anteriormente, la región del Oriente Antioqueño ha sido privilegiado por su ubicación geográfica, topografía, paisaje, riqueza hídrica, suelos fértiles y en general abundancia en recursos naturales (renovables y no renovables), características que le han permitido tener una evolución y crecimiento, especialmente en los últimos 50 años. En esta sección se esbozan los principales hitos de crecimiento, desarrollo y transformación que ha sufrido la región de Valles de San Nicolás, un territorio estratégico para la prestación de SE para la región, el departamento de Antioquia e incluso el país, como se observó previamente en este mismo capítulo.

Para ello, se hizo una revisión bibliográfica, con autores como Gaviria et al (2008), Municipio de Rionegro (2014), Urbam EAFIT (2016) y Castellanos (2018), que dan cuenta de la evolución del Oriente Antioqueño y su relación con la planificación del Valle de Aburrá. Finalmente, a modo de síntesis se realizó un esquema que ilustra los acontecimientos más importantes que han transformado el territorio, considerando además las proyecciones que se tienen en el presente hasta el 2030 y que son importantes de tener en cuenta para este trabajo.

La historia del Valle de San Nicolás ha tenido varios momentos importantes, un primer momento que no se detalla en esta investigación, consiste en el descubrimiento y asentamiento de la población debido al potencial aurífero. Sobre esta vocación natural se empiezan a desarrollar los asentamientos y a dar la transformación del territorio. Gaviria et al (2008) señalan que es justamente alrededor de los centros mineros, antiguamente minería de oro, en donde se desarrolla la ganadería y la agricultura que soportan las necesidades de los trabajadores. Además, se da una fuerte presión sobre los recursos naturales, especialmente un cambio en los usos del suelo debido a la deforestación que ocurre con el fin de ampliar la frontera agropecuaria, y también para obtener madera para las construcciones. Es en esta época, en donde Tobón (1964) resalta que los bosques naturales han casi desaparecido.

Por su parte, el Municipio de Rionegro (2014) resalta que es a partir de 1800 a 1900 donde Rionegro juega un rol protagónico como Centro Comercial de la Provincia. Sin embargo, de 1900 a 1940 entra en decadencia, pierde protagonismo y comienza el auge de Medellín (Castellanos, 2018), lo cual implica la concentración de comercio e industrias en Medellín y el atraso y migración de la población de Rionegro en la búsqueda de nuevas oportunidades (Municipio de Rionegro, 2014). Es a partir del agro y las actividades artesanales como la fabricación de zapatos, cabulla y cuero principalmente, las que sostienen la economía del Valle del río Negro (Codesarrollo, 1968).

Es en este mismo período de 1910 a 1950 en donde se

suspende la minería de Oro, debido a regulaciones del precio por el gobierno de Estados Unidos (Gaviria et al, 2008). Sin embargo, Tobón (1964) anota que es en este momento en donde los pobladores del valle comienzan un periodo de siembra de árboles y bosques artificiales, que embellecen y reverdecen el paisaje, asociados especialmente a los retiros del río y sus tributarios y a los linderos de los predios.

A partir de 1940 se resaltan 3 momentos significativos que han marcado el ritmo de transformación, como se observa en la figura: Hitos de crecimiento y transformación del Oriente Antioqueño 1800 - 2030.

El periodo más activo está comprendido entre 1965 a 1985, 20 años en los cuales se inyectó de dinamismo al Valle de San Nicolás, debido en gran medida a los acontecimientos que estaban ocurriendo y preocupando a los planificadores del Valle de Aburrá. Es en 1975, cuando el Departamento Nacional de Planeación plantea la necesidad de alinear el crecimiento de los dos valles, ya que el Valle de Aburrá empezaba a delinear características de insostenibilidad debido al crecimiento acelerado, incontrolado y no planificado. A su vez, el mismo autor reconoce en el Valle de Rionegro la riqueza de aguas y recursos naturales, la vocación agrícola y tradición comercial que podría ser una solución al crecimiento del Valle de Aburrá.

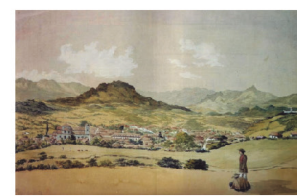
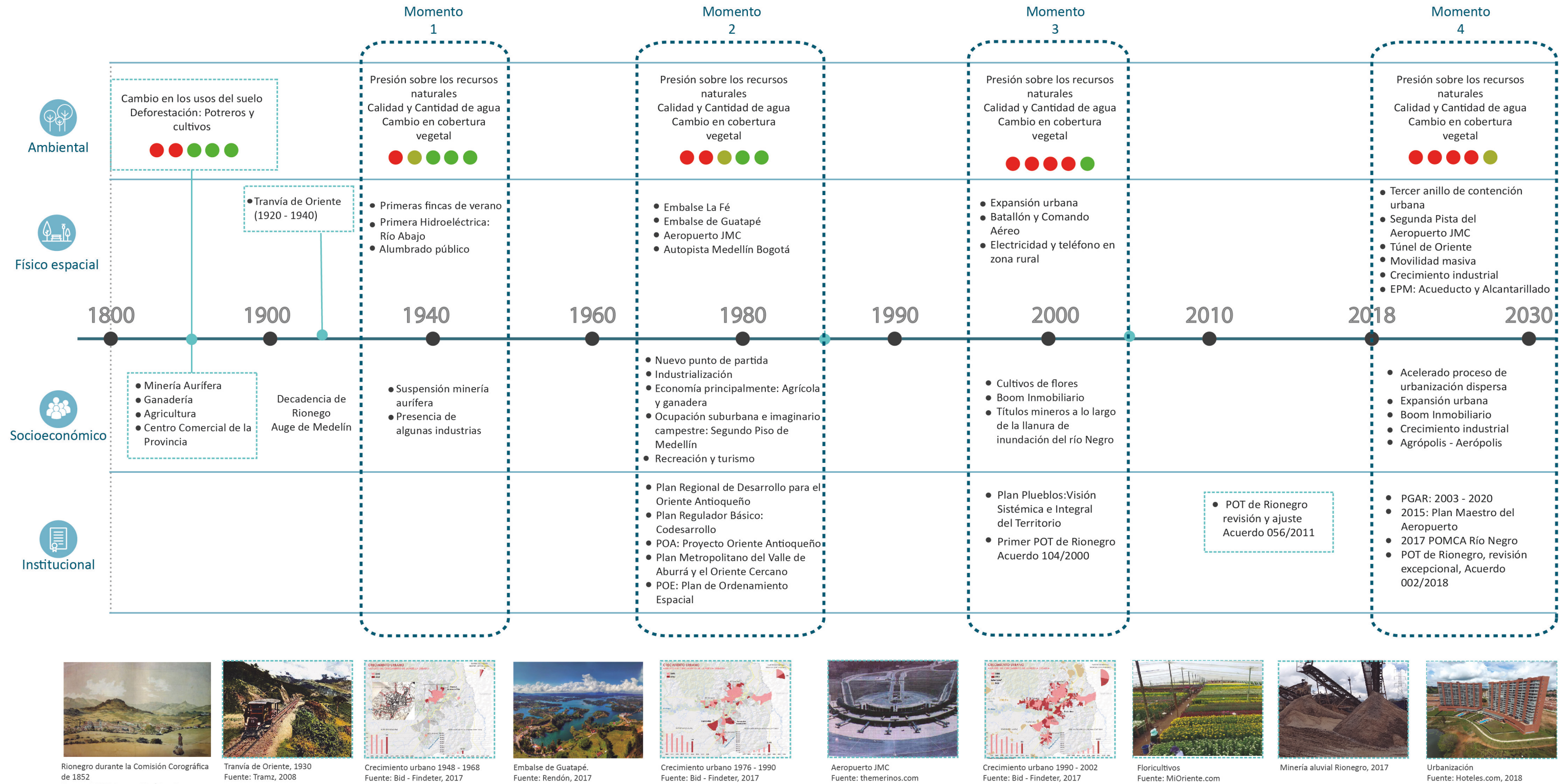
Así pues, este período está marcado por una fuerte planificación que articula el crecimiento en ambos valles, y una materialización de los mismos, que viabilizan un nuevo punto de partida para el Oriente Antioqueño. Se destacan para este período la construcción del embalse de la Fe y Guatapé, ambos dependientes del río Negro, el aeropuerto y la autopista Medellín Bogotá; hechos que motivan la presencia de industrias y dinamizan la urbanización; pero que presionan fuertemente los recursos y especialmente el agua. Aparecen en este momento las primeras fincas de recreo (Gaviria et al, 2008 y Castellanos, 2018) y con éstas, la vocación recreativa y turística asociada al paisaje de la región.

En el periodo comprendido entre 1995 y 2005 llama la atención el acelerado crecimiento urbano del municipio de Rionegro, el incremento en actividades agrícolas, especialmente los cultivos de flores de exportación dada la presencia del aeropuerto internacional. Es en este período donde nuevamente la planificación del territorio tiene un rol protagónico, con preocupaciones sistémicas e integrales en temas económicos, sociales y ambientales, dando como resultado el Plan Pueblos en 1995 y el Plan de Gestión Ambiental Regional 2003 – 2020 (Castellanos, 2018). De igual manera se resalta la aprobación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Rionegro en el 2000, y se observa sobre el valle un acelerado proceso

de suburbanización (Urbam EAFIT, 2016). Es en este mismo momento en donde se aprueban la mayoría de las licencias ambientales de los títulos mineros (minería aluvial), existentes hoy en día, sobre las terrazas aluviales del río negro.

Por su parte, desde la actualidad hasta el año 2030 representa otra etapa de interés, debido al dinamismo que ha venido ocurriendo sobre el territorio, con nuevas regulaciones y planificaciones desde la autoridad ambiental, con el Plan de Ordenamiento Ambiental de la Cuenca del Río Negro (POMCA) aprobado por Resolución de Cornare en el 2017 y la aprobación del POT de Rionegro en 2018, que guían el desarrollo de la región para este nuevo periodo. Llama

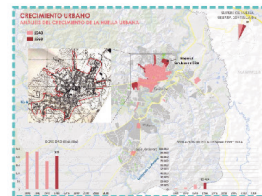
la atención descripciones de la autoridad de planeación como Aerópolis y Agrópolis, donde predomina el interés del crecimiento poblacional asociado al dinamismo debido a la nueva pista del aeropuerto proyectada por la aeronáutica civil y el establecimiento de nuevas industrias. Muestra de ello, la urbanización ha generado un boom inmobiliario, con un crecimiento en el último año del valor del suelo en un 20%, y 5 veces desde el 2010 (El Oriente, 2018). Sumado a lo anterior, se destacan nuevos planes de movilidad y transporte público masivo, la construcción del túnel de oriente y la presencia de EPM para la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado.



Rionegro durante la Comisión Corográfica de 1852



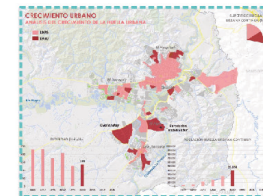
Tranvía de Oriente, 1930  
Fuente: Tramz, 2008



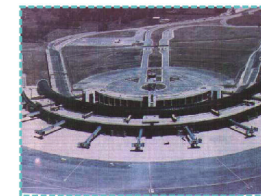
Crecimiento urbano 1948 - 1968  
Fuente: Bid - Findeter, 2017



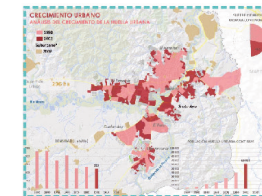
Embalse de Guatapé.  
Fuente: Rendón, 2017



Crecimiento urbano 1976 - 1990  
Fuente: Bid - Findeter, 2017



Aeropuerto JMC  
Fuente: themerinos.com



Crecimiento urbano 1990 - 2002  
Fuente: Bid - Findeter, 2017



Floricultivos  
Fuente: MiOriente.com



Minería aluvial Rionegro, 2017



Urbanización  
Fuente: Hoteles.com, 2018

» Figura 53. Esquema hitos de crecimiento y transformación del Oriente Antioqueño 1800 - 2030. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Principales motores de cambio por factores antrópicos en Rionegro: procesos de minería y urbanización

Actualmente existen unos motores impulsados por agentes antrópicos que influyen directamente en la transformación del territorio poniendo en riesgo los ecosistemas y los bienes y servicios que estos prestan al territorio. Urbam EAFIT (2016) identifica que los principales motores de cambio del municipio de Rionegro son la urbanización, la deforestación, la minería, el ruido y el cambio climático. Sin embargo, el enfoque de esta investigación se centra en la comprensión del proceso de minería y urbanización, como los principales motores de cambio del territorio y que a su vez presentan oportunidades para transformar el mismo. En este sentido, la deforestación se asume como un efecto de los procesos anteriormente mencionados, tal como lo indica Urbam EAFIT (2016):

“La tasa de deforestación en Rionegro es alarmante (91%) y es, principalmente, producto de la potrerización de los predios, aumento de la urbanización y la minería. Como

resultado los servicios provistos por la cobertura boscosa, especialmente los asociados al mantenimiento de las orillas del río Negro, la mitigación de la contaminación, la regulación del clima local y la prevención de los riesgos naturales, disminuye notoriamente, sin contar con la pérdida en biodiversidad asociada a los bosques.” (p. 39).

Por otro lado, el cambio climático como motor de transformación del territorio, se tiene en cuenta como un condicionante natural causado por agentes antrópicos. Además, entendiendo que los efectos del cambio climático influyen directamente en los ecosistemas, es indispensable hacer compatible el crecimiento urbano con estos mismos, con el fin de asegurar la prestación de bienes y servicios que estos brindan a las personas y poder asegurar su balance y resiliencia ante estos efectos (Urbam EAFIT, 2016).

### Procesos de minería y urbanización:

Aunque en principio la actividad minera de extracción aurífera fue uno de los grandes apalancadores de la transformación y ocupación del territorio, actualmente es la extracción de materiales de construcción sobre el río Negro, la que impulsa la transformación de las llanuras aluviales del río y de su entorno inmediato. Dicho proceso está fuertemente ligado a un proceso de urbanización acelerado sobre el corredor del río Negro. De manera que, desde el proceso de minería en las terrazas aluviales de río Negro, se contemplan las necesidades que requiere el proceso de urbanización para ocupar los suelos anteriormente explotados.

Como afirma García (2014), algunos de los impactos derivados de la minería a cielo abierto son; el aumento de la erosión, pérdida de humedad natural, alteración sobre las aguas superficiales y el componente biótico por la deforestación, entre otros. A su vez, Hermelín et al. (2010) afirman que la urbanización es un factor que modifica el uso y cobertura del suelo, desde vegetación natural a pastos o cultivos y finalmente urbanización, impacta las condiciones naturales de

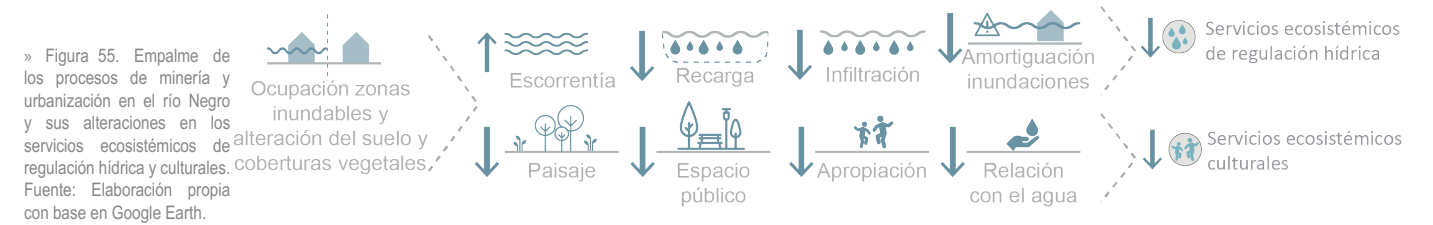
un territorio; destruyendo la vegetación, las especies nativas y el suelo, y alterando los comportamientos hídricos de un lugar.

En consecuencia, la alteración del suelo de la llanura de inundación del río Negro por la extracción minera y la posterior compactación e impermeabilización de éste mismo y de los lagos resultantes de dicho proceso para la urbanización, aumenta la escorrentía, disminuye la infiltración e imposibilita la adecuada recarga de aguas subterráneas, afectando el balance hídrico y los SE de regulación hídrica asociados al río Negro, aumentando el riesgo ante los efectos de la VCC. A su vez, estas alteraciones en cobertura y uso del suelo disminuyen la prestación de servicios ecosistémicos culturales que se asocian al paisaje, el disfrute y la estética. A continuación, en la siguiente figura se muestra el empalme entre el proceso de minería y del proceso de urbanización, y como el cambio en el uso del suelo altera los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales.

### Transformación del territorio por procesos de minería y urbanización



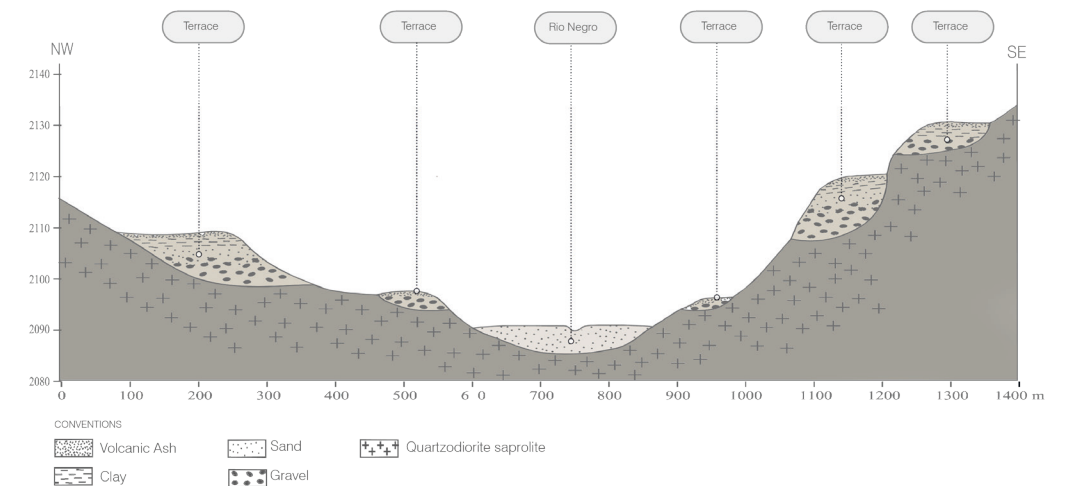
» Figura 54. Empalme de los procesos de minería y urbanización en el río Negro y sus alteraciones en los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.



### Proceso de minería:

Los materiales explotados en el corredor del río Negro, son producto de un proceso de selección natural (o madurez) que sufre el material al ser transportado por las corrientes de agua, en un río que tiene un carácter meándrico y con una extensa

llanura de inundación, condiciones que han favorecido que, a lo largo de la historia del tiempo geológico y a través de sus crecientes se conformen terrazas, lo que han hecho de este un lugar atractivo para la explotación de dichos materiales.

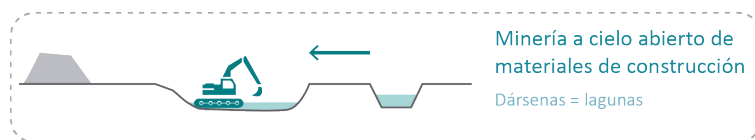


» Figura 56. Terrazas aluviales del río Negro. Fuente: Ingeominas (2005)

El código de minas (L685 de 2001, Art 11) considera como materiales de construcción además de los productos pétreos explotados en minas y canteras utilizados generalmente en la industria de construcción, también los de arrastre como arenas, gravas y piedras que se localizan en el cauce, las orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales.

como resultado, a lo largo de años de presencia de esta cultura minera, lagunas a lado y lado de su cauce, alterando el paisaje natural del territorio y generando lagos y humedales artificiales que cuentan con especies de fauna y flora asociadas como se muestra en la siguiente figura. Muchas de estas lagunas producto de la extracción, han sido llenadas con materiales considerados estériles y sin valor económico para la actividad minera sirviendo como relleno junto con otros materiales para darle al suelo unas condiciones geotécnicas más favorables para la construcción y facilitar el proceso de urbanización (ver figura 56).

El método de explotación característico es de cielo abierto, mediante dársenas que son excavaciones similares a piscinas que se originan en sentido perpendicular al río retirándose del cauce y sin invadirlo. Es por ello que el proceso ha dejado



Minería a cielo abierto de materiales de construcción  
Dársenas = lagunas

Lagos artificiales producto del proceso minero



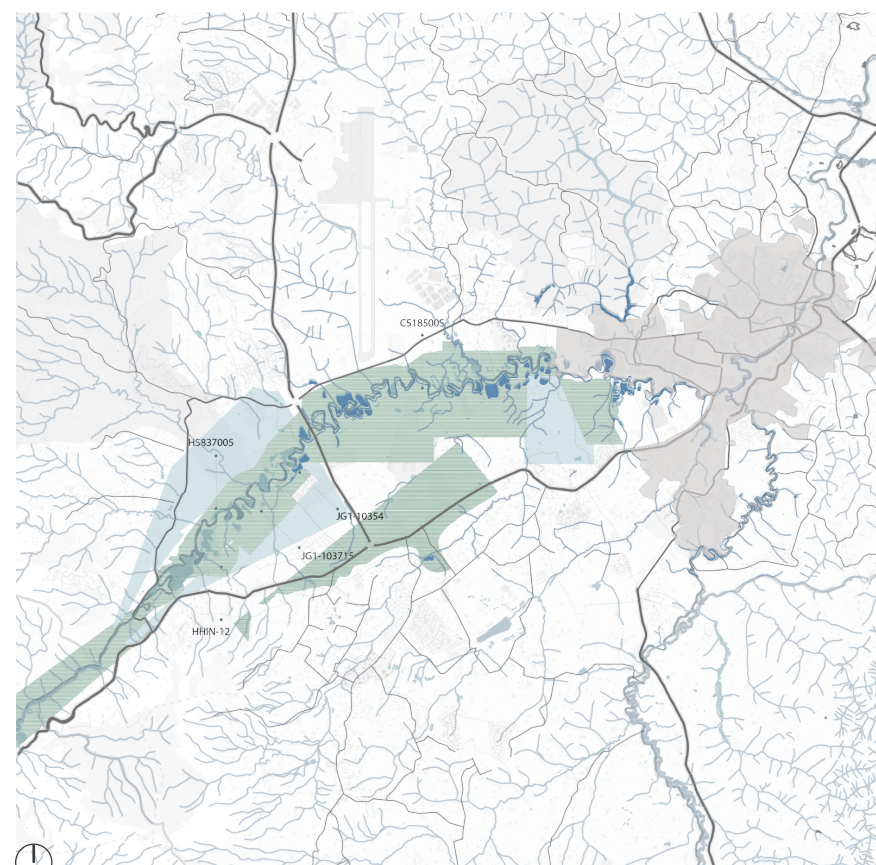
Lleno de lagos y humedales artificiales



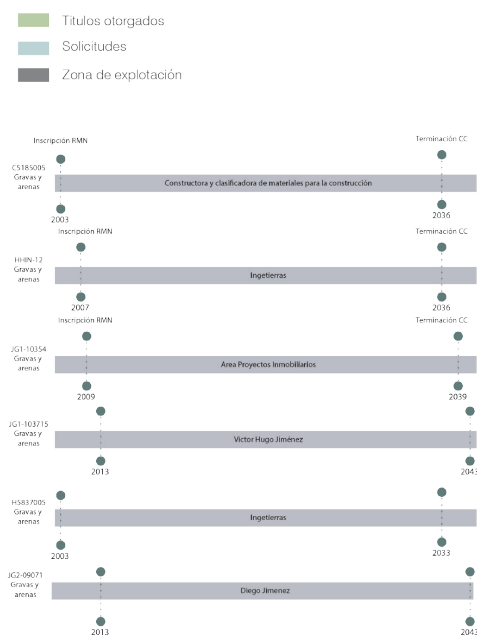
» Figura 57. Generación de launas artificiales por el proceso de minería, servicios ecosistémicos asociados a ellas y llenos para posterior urbanización. Fuente: Elaboración propia.

Dicho proceso extractivo de materiales de construcción podría extenderse hasta el 2040 según consultas realizada en el mes de agosto de 2018 en el Catastro Minero Colombiano,

el siguiente mapa, muestra las áreas concesionadas y en solicitud que actualmente están ubicadas sobre el río Negro.



» Figura 58. Mapa de títulos mineros en el río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Secretaría de Minas (2018).



A junio del 2016 cerca del 41% de los títulos mineros y autorizaciones temporales adjudicados en el país son para la explotación de materiales de construcción y se proyecta que para abastecer la demanda que requiere el país en los próximos diez años, dichos títulos mineros y autorizaciones temporales podrían crecer en orden del 20% cada año (ASOGRAVAS, 2016). El incremento de proyectos de infraestructura como las vías 4G, desarrollos urbanísticos, entre otros; conllevan a un aumento en la demanda de esta materia prima como insumo

de concretos, bases y sub-bases. La demanda de materiales tales como gravas, arcilla y arenas aumentará para el 2023 en un 48% en las principales ciudades del país y su consumo per cápita se aproximaría a las 2,56 toneladas (UPME, 2014), lo que hace que sea un negocio prometedor y ocasiona que territorios como el municipio de Rionegro y sus llanuras aluviales se consideren atractivas para desarrollar dicha actividad.

### Proceso de urbanización:

Como se mencionó anteriormente en los hitos de transformación y crecimiento demográfico del Oriente Antioqueño, las obras de infraestructura que se han realizado en la región y la migración de población y de actividades desde el Valle de Aburrá, han sido factores de han apalancado el proceso de urbanización y el crecimiento demográfico del municipio de Rionegro, el

cual se evidencia en los últimos cinco censos poblacionales realizados por el DANE, donde se demuestra un incremento del 220% en 40 años (alrededor de un 6% anual), al pasar de 31 378 a 100 502 habitantes entre los años 1964 y 2005 (Alcaldía de Rionegro, UCO. 2018), y se pueden observar en la siguiente figura:

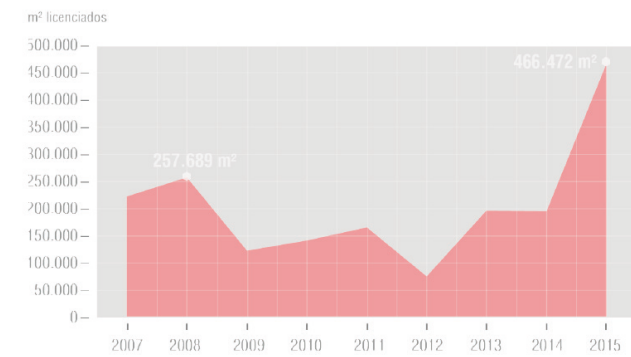
Área	Censos población					Población estimada
	1964	1973	1985	1993	2005	2016
Cabecera	12 844	23 639	30 835	46 201	64 652	92 460
Resto	18 534	19 677	28 805	29 266	35 850	40 845
<b>Total</b>	<b>31 378</b>	<b>43 316</b>	<b>59 640</b>	<b>75 467</b>	<b>100 502</b>	<b>133 305</b>

» Figura 59. Incremento poblacional municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).

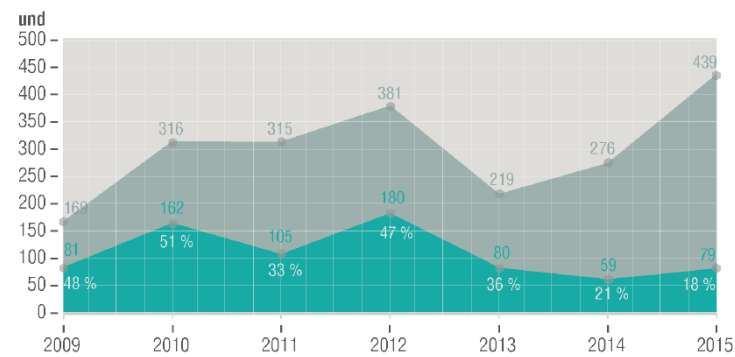
Según Urbam EAFIT (2016), este acelerado crecimiento ha sido disperso y desordenado, y aunque apalancó a Rionegro como un centro regional de servicios, careció de una adecuada planeación y de normativas coherentes con un crecimiento sostenible, poniendo en riesgo los SE del territorio e impactando aceleradamente el suelo rural del altiplano. Sumado a esto, a pesar de la expedición del decreto 3600 en el año 2007, con el cual se reglamentan las determinantes para la ocupación del suelo rural y el desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación, los carentes instrumentos de gestión y las numerosas licencias otorgadas previamente, impidieron una ocupación adecuada y ordenada del territorio. Lo cual aceleró el cambio en el uso del suelo y dejó a promotores inmobiliarios, constructores y parceladores, el dominio y control del proceso

de urbanización del área suburbana; dando lugar al incremento y a la especulación del valor del suelo de este sector.

En efecto, entre el año 2007 y 2015, el 60% del área total licenciada en Rionegro fue aprobada como uso residencial (ver figura 59). Entre el año 2014 y 2015, se incrementaron los negocios inmobiliarios en un 16,7% en la región del Oriente Antioqueño, pasando de 7714 a 9260 en un periodo de un año. Y por último como se muestra en la figura 60, siendo el año 2015, un año récord para Rionegro, se alcanzaron 1515 ventas de casas y apartamentos, representando el 64% en el total de ventas de la región y alcanzando cifras que lo ubican como uno de los más costosos del departamento (Urbam EAFIT, 2016).



» Figura 60. Gráfico histórico: Licencias otorgadas 2007 - 2015. Fuente: Urbam EAFIT (2016)



» Figura 61. Participación porcentual de Rionegro en la oferta de los municipios del Oriente. Fuente: Urbam EAFIT (2016)

En las últimas décadas, el proceso de urbanización de Rionegro se ha dado principalmente por la delimitación de nuevas zonas de expansión en el área urbana sin sustentos técnicos y estudios demográficos rigurosos y en la delimitación de nuevo suelo suburbano. En cuanto al suelo suburbano, en el POT de 2011 se delimitó un área suburbana de aproximadamente 1280,11 hectáreas (has) en la periferia suroccidental del casco urbano del municipio hasta la vía que conduce a Llanogrande, denominada: “Módulo suburbano de concentración de vivienda”. En éste, se admitieron todos los usos complementarios al uso residencial y se insistió en la necesidad de incrementar la infraestructura vial y aumentar su densidad. Ubicado en su mayoría en el corredor del río Negro, en el punto donde este presenta su mayor extensión de llanura de inundación y amplios meandros, es una zona que actualmente acoge características rurales como actividades agrícolas y construcciones campestres de baja densidad, en forma de viviendas aisladas o parcelaciones. Además, en su periferia es contenida por corredores suburbanos que presentan mayor diversidad de usos y ocupación (Urbam EAFIT, 2016).

Posteriormente, con la revisión del POT de 2011, realizada por la Universidad Católica de Oriente (UCO) para la Alcaldía de Rionegro, se instauró el Acuerdo 002 de 2018 donde se modificaron las normas urbanísticas del municipio con base en aspectos estructurales, como el cambio en la dinámica poblacional y la armonización del ordenamiento del suelo rural con la legislación nacional, lo que se tradujo en el aumento del suelo de expansión urbana y el incremento en las densidades del suelo suburbano. En cuanto al crecimiento demográfico, según proyecciones del CORNARE (2014), para el 2034, el municipio tendría un total de 157 819 habitantes (105 242 en zona urbana y 52 577 en zona rural). Sin embargo, en la revisión del actual POT – Acuerdo 002 de 2018, las proyecciones demográficas que se tienen para el municipio en el mismo año corresponden a 219 499 habitantes, (170 419 urbanos y 49 080 rurales), y para el año 2045, una población

de 296 231 habitantes (244 983 urbanos y 51 248 rurales), tal y como lo ilustra la siguiente figura:

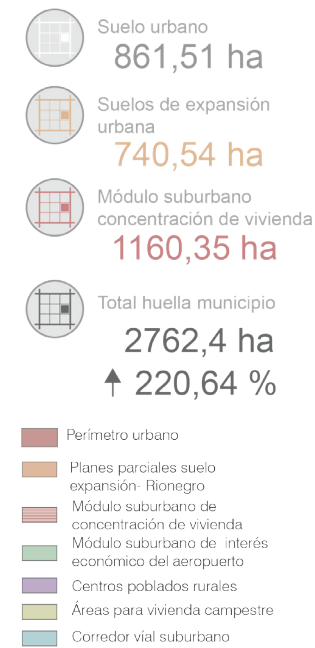


» Figura 62. Proyecciones demográficas para Rionegro, comparación entre proyecciones del DANE y proyecciones del POT (2018). Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro (2018).

Por otro lado, en cuanto al ordenamiento del suelo rural, el POT redefine el área denominada Módulo suburbano de concentración de vivienda a 1160,35 ha; además, establece las directrices para la urbanización de este suelo suburbano y define usos del suelo, aprovechamientos urbanísticos, capacidad de carga en relación al agua potable y saneamiento básico, escenarios de desarrollo según horizontes temporales e instrumentos de gestión. Igualmente, en este mismo acuerdo, se adicionaron nueve nuevas zonas de suelo de expansión al suelo definido en el POT de 2011, alcanzando un total de 740,54 has, lo que representaría un aumento de 85,95% en el suelo urbano, pasando de 861,51 ha a 1602,05 ha de huella urbana (Alcaldía de Rionegro, UCO. 2018).

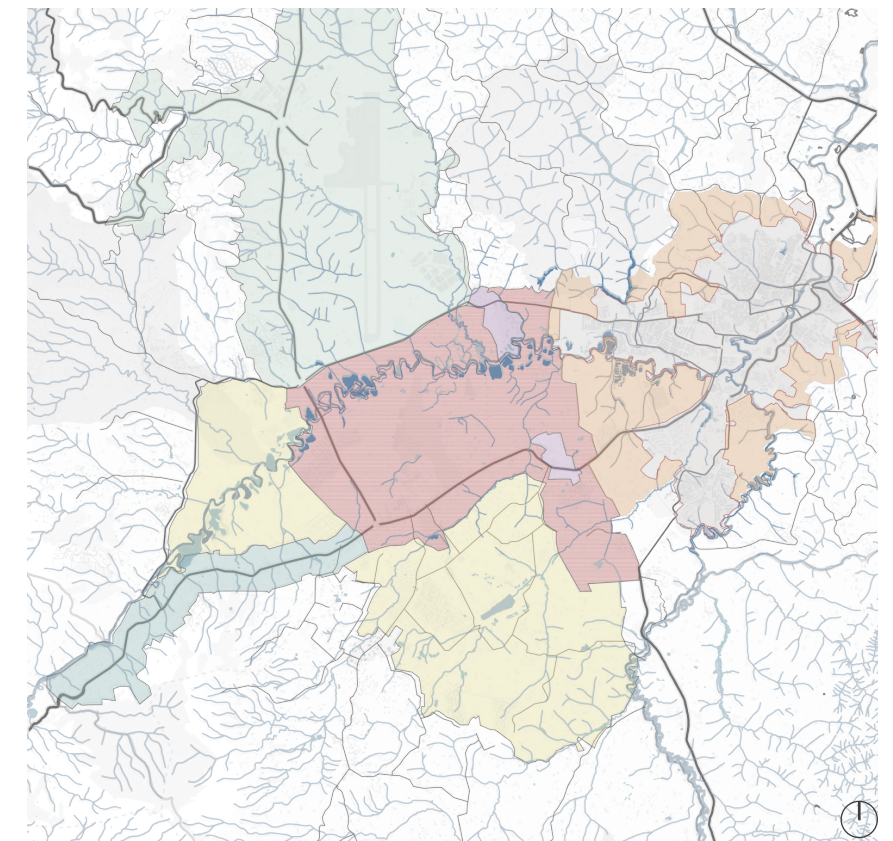
En consecuencia, de urbanizarse tanto los suelos de expansión como los suelos suburbanos correspondientes al módulo de concentración de vivienda, la totalidad de la huella del municipio de Rionegro sería de 2762,4 ha, lo que representaría un aumento de aproximadamente 220,64 % del suelo urbano actual. En la siguiente figura se muestran los suelos de expansión del área urbana y los suelos suburbanos que el POT actual ha establecido para el municipio de Rionegro:

» Figura 63. Mapa del municipio de Rionegro, zonas de expansión y módulos suburbanos. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).



Esta presión urbanística en el suelo rural y la ocupación dispersa del territorio, han conducido a una aceleración inminente en el cambio de los usos del suelo, pasando de suelos agrícolas a potreros, y posteriormente a suelos de predios cada vez más fragmentados para luego ser urbanizados. Este proceso, ha transformado la cobertura vegetal y en consecuencia se han generado altas tasas de deforestación que alcanzan el 91% del municipio, como menciona Urbam EAFIT (2016, p. 38):

“Durante los últimos años la superficie de suelo rural (18 354 ha aproximadamente) del municipio ha venido sufriendo una alta presión urbanística, generando fragmentación de la propiedad y por tanto disminución de las áreas de bosques y rastrojo alto, contaminación de fuentes hídricas y suelos, sedimentación, erosión y desprotección de rondas hídricas, y en últimas, disminución de caudales de fuentes de abastecimiento.”

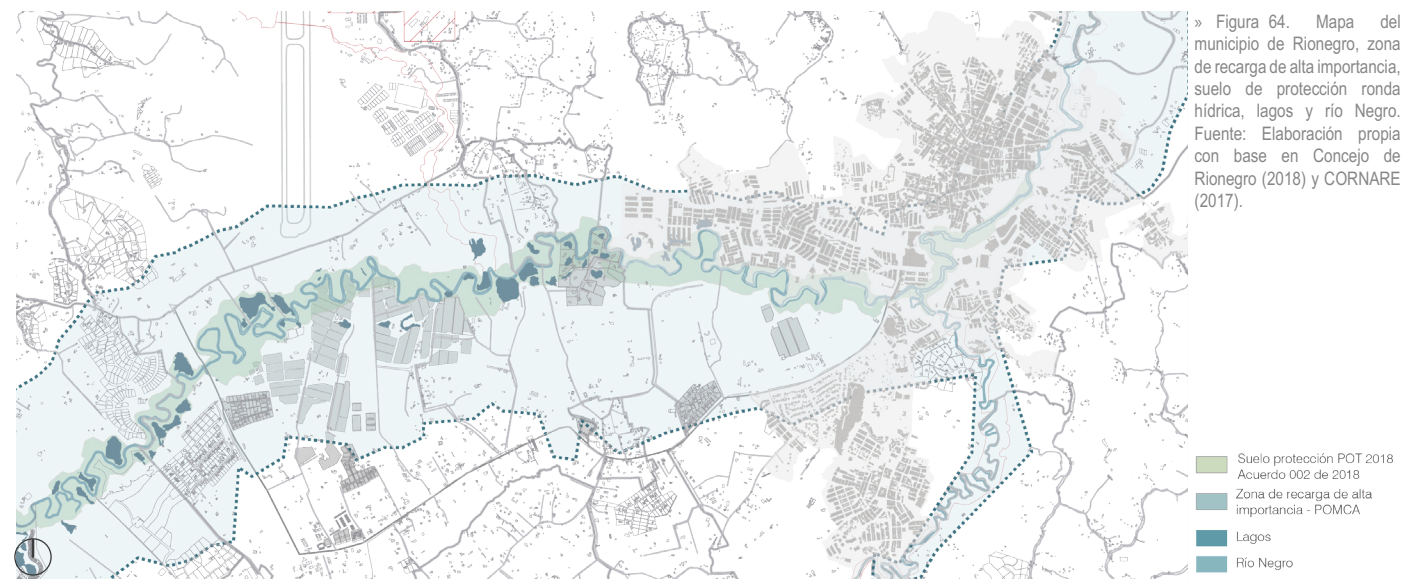


Asimismo, la urbanización ha ocupado zonas de alto valor ecosistémico e inundables como la ronda hídrica del río Negro, incidiendo directamente sobre la regulación hídrica en términos de afectación sobre la capacidad de recarga de las aguas subterráneas, el incremento en la escorrentía y disminución de la infiltración del suelo. Además, la sub urbanización cada vez más acelerada del suelo rural y el modo de ocupación con parcelaciones que se ha venido dando en Rionegro transforma en gran medida el paisaje natural e imposibilita la creación de nuevo espacio público por la alta privatización del suelo, poniendo en riesgo la prestación de SE culturales asociados al paisaje, la recreación y el disfrute, servicios que han caracterizado históricamente a esta región. Lo anterior evidencia la falta de integración de los ecosistemas presentes y los bienes y servicios que estos ofrecen a los procesos de transformación del territorio y el desconocimiento del potencial paisajístico y de SE que este proporciona.

### 2.3. Definición de polígono de estudio

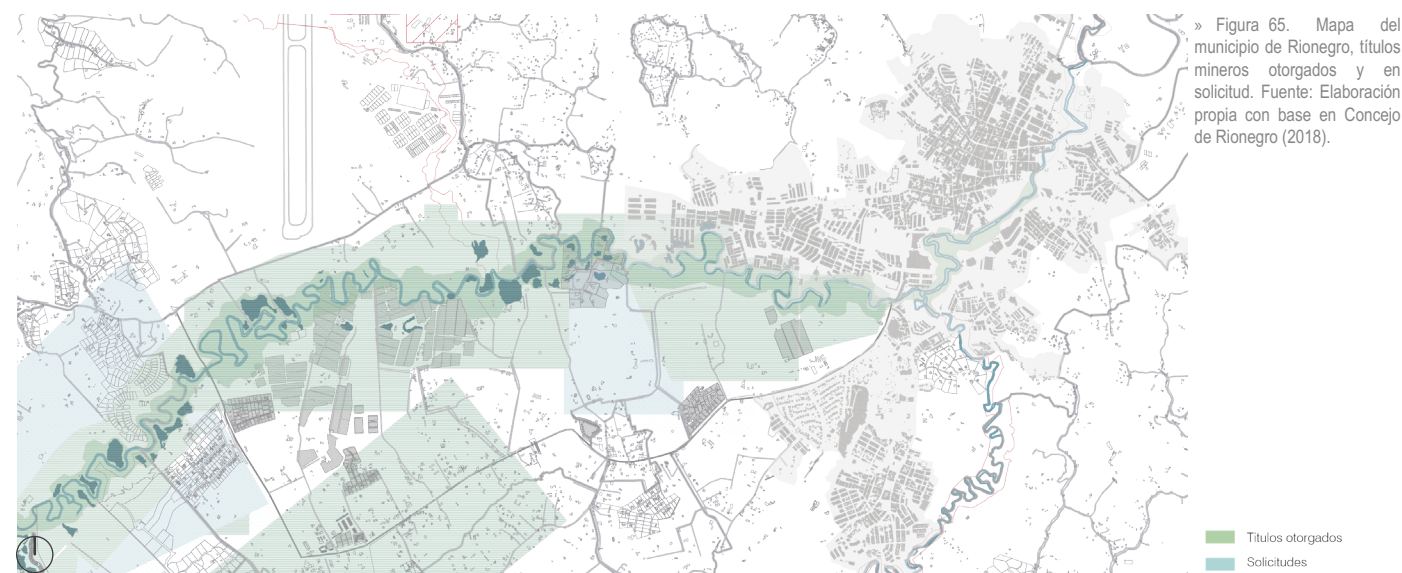
Para la delimitación del lugar de estudio se tuvieron en cuenta criterios naturales y antrópicos. En primer lugar, se parte de reconocer el río Negro como el estructurante natural del municipio de Rionegro y su llanura de inundación como un ecosistema estratégico para la prestación de bienes y SE

asociados al agua para la región y garantizar el bienestar humano de quienes la habitan; debido a la presencia de lagos, pantanos, humedales y una zona de recarga de alta importancia del acuífero presente en toda la cuenca del río Negro, los cuales se observan en la siguiente figura



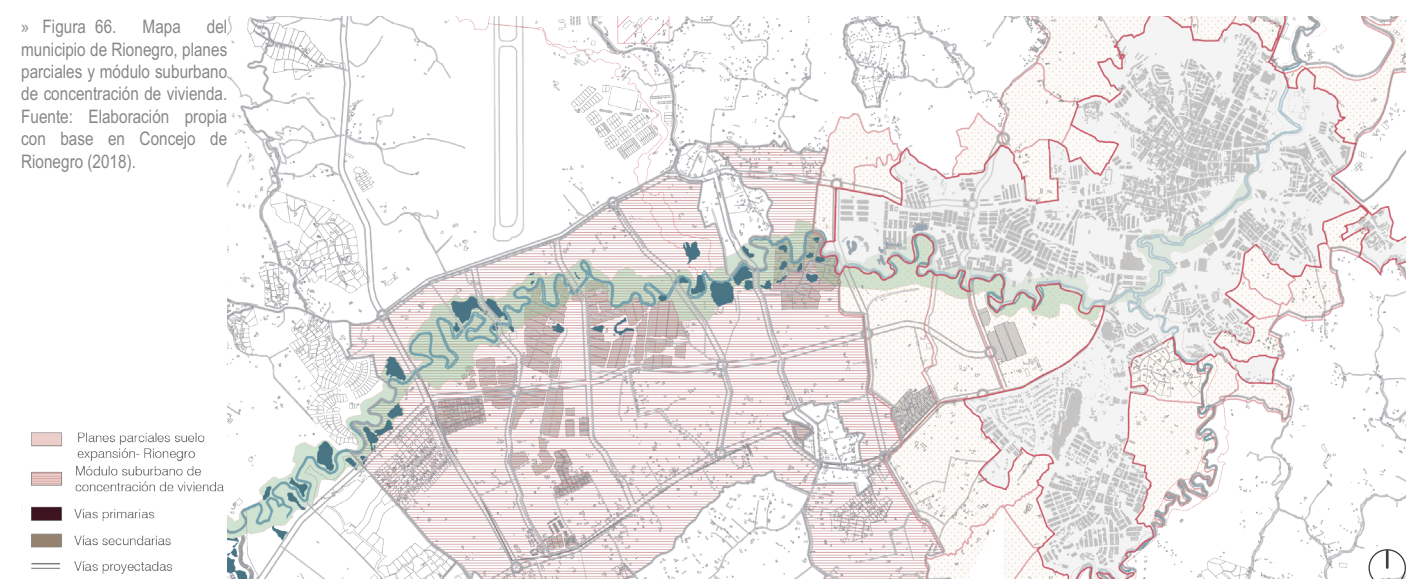
Posteriormente, se reconocen los procesos de minería y urbanización, como los principales motores de cambio que están transformando al río Negro y a sus ecosistemas asociados. Por un lado, el proceso de minería por sus títulos

mineros sobre la llanura de inundación del río Negro que según el Catastro Minero Colombiano van hasta el año 2036 como se muestran en la siguiente figura.



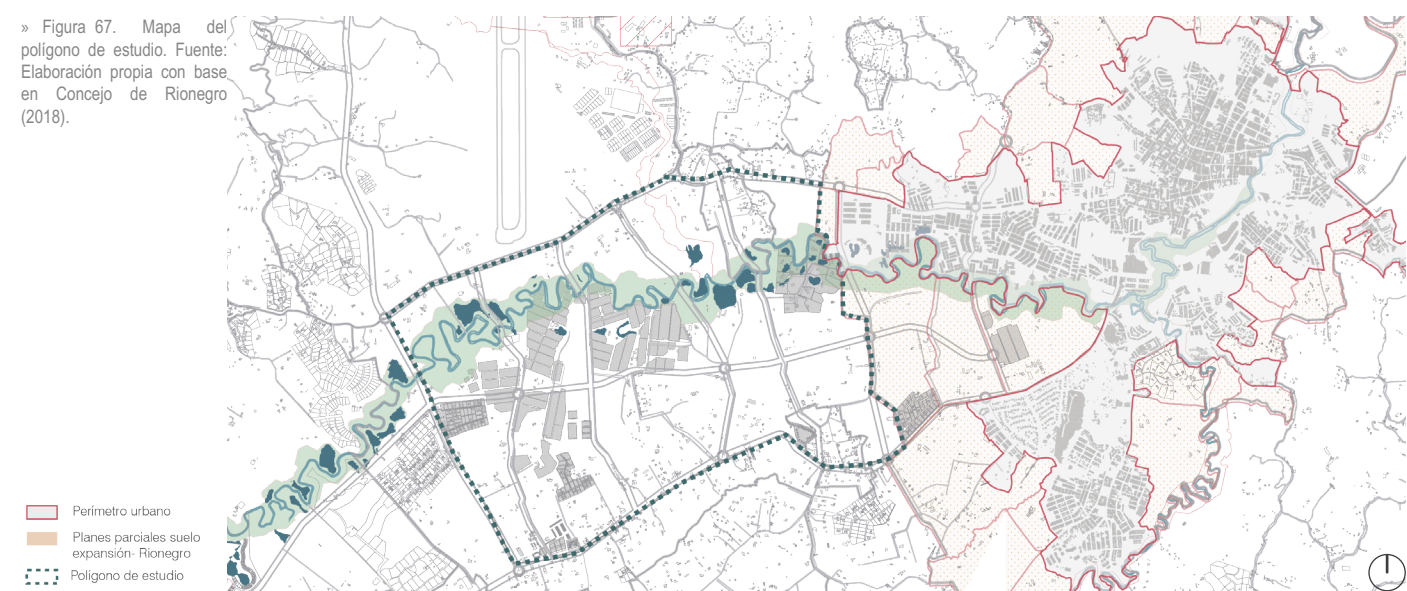
Por otro lado, como se muestra en la siguiente figura el proceso de urbanización que se viene dando en las zonas de expansión en el costado occidental del área urbana, específicamente en el sector de Llanogrande en las veredas Barro Blanco, Chipre y Tres Puertas, proceso que se incrementará con la ocupación

y densificación del módulo suburbano de concentración de vivienda; el cual ha sido redefinido en el POT de 2018 pasando de una densidad de 1,3 viv/ha a una densidad de 10 viv/ha hasta 30 viv/ha.



Por consiguiente, es del interés de esta investigación, indagar sobre la transformación que ha tenido el sector de Llanogrande por procesos de minería y urbanización. Reconociendo cómo el proceso de minería ha transformado este lugar, y cómo la expansión urbana del municipio de Rionegro se ha direccionado cada vez más hacia este sector ocupando las

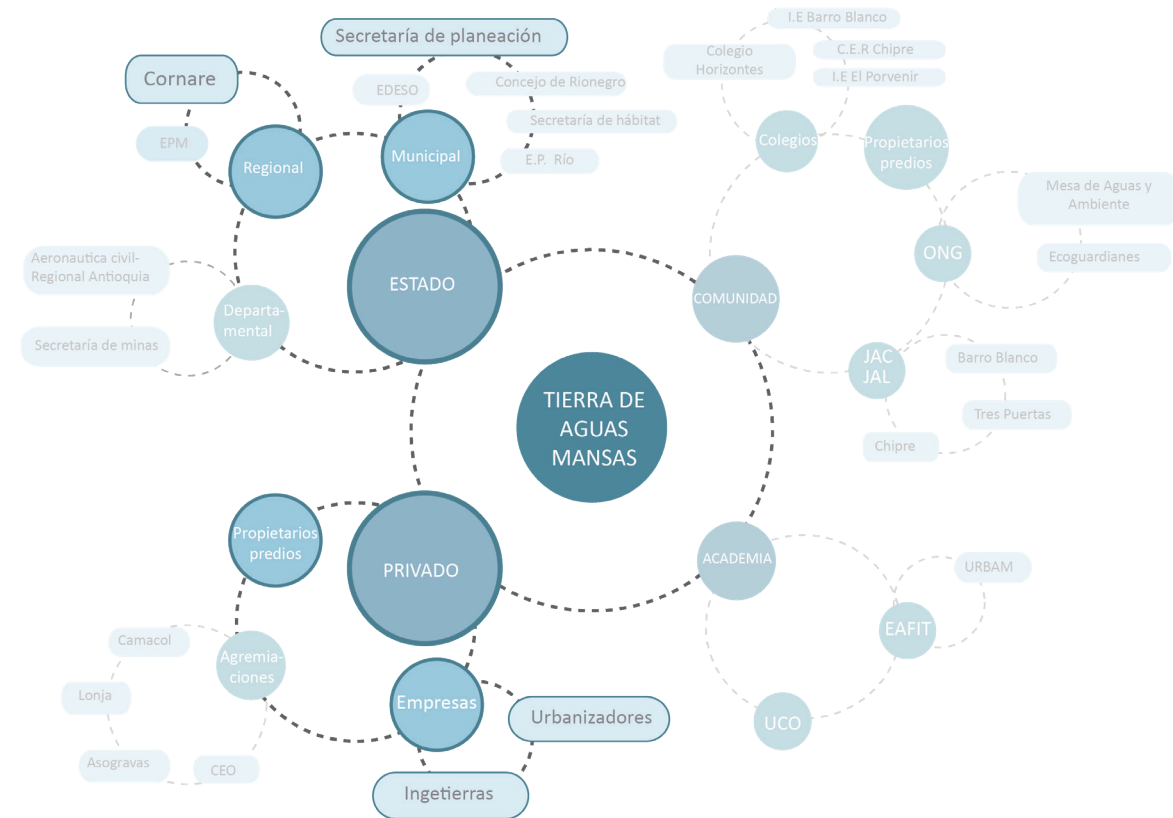
llanuras de inundación del río Negro, alterando su cauce y las coberturas presentes en el lugar; lo que ha ocasionado que estos dos procesos estén fuertemente relacionados en la ocupación y transformación del territorio. Por lo anterior se delimita el polígono mostrado en la siguiente figura:



### 2.3. Actores de la transformación del territorio

Las características espaciales que presenta Valles de San Nicolás, y especialmente el polígono de análisis son dadas por la conjugación de varios factores: La estructura y características naturales tales como clima, topografía, recursos naturales, entre otras y los actores socioeconómicos e instituciones presentes. Estos últimos son quienes planifican, ordenan y ocupan el territorio, aprovechando los recursos que este les brinda.

Desde ese punto de vista, a continuación se presenta en la siguiente figura el mapa de actores que tienen un rol protagónico en la transformación del territorio, asociado a los motores de cambio principales de minería y urbanización y a la prestación de servicios ecosistémicos; especialmente los asociados al agua y el paisaje.



» Figura 68. Mapa de actores que inciden en los procesos de transformación del territorio. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, este mapa clasifica a los actores en cuatro grandes categorías, estado, privado, comunidad y academia, y se resaltan los actores que pertenecen al mayor nivel de importancia y que son claves para la planificación y transformación del territorio. El resto de los actores identificados también hacen parte de la construcción de este territorio en particular, pero en la actualidad no son tan significativos para este proceso. Sin embargo, algunos de estos actores serán claves en las estrategias que se diseñan en el capítulo 4.

En una primera categoría se observa el Estado, en esta se encuentran aquellas instituciones que planifican, legislan, regulan y hacen control y seguimiento a la ocupación y transformación. Entre ellas se destacan la Secretaría de Planeación, quien como su nombre lo dice es la encargada de planificar el territorio; la Secretaria de Hábitat quién es la autoridad ambiental competente para el área urbana del municipio de Rionegro, CORNARE como autoridad

ambiental regional y en áreas rurales del municipio, quien se encarga de gestionar los recursos naturales renovables. Del orden departamental sobre salen la Secretaría de Minas Departamental, quien se ocupa de expedir los títulos mineros para la explotación de los recursos naturales no renovables, en este caso material de playa, y la Aeronáutica Civil quien, en aras de asegurar la seguridad aeroportuaria, legisla y regula normas urbanísticas en el área de influencia del Aeropuerto Olaya Herrera. Es importante resaltar que las dos figuras más significativas a nivel gubernamental para el polígono de análisis son: Cornare y Secretaría de Planeación.

Otra categoría agrupa el sector privado, quienes son aquellos que transforman directamente el territorio y hacen un aprovechamiento de los recursos con el fin de obtener ganancias y beneficios económicos. Pertenecen al primer nivel de importancia de este grupo: Ingetierras empresa del sector minero propietario de la concesión del título minero en

el polígono de análisis, la cual tiene un plazo de explotación hasta el 2036. Los constructores y urbanizadores, quienes son los que construyen vivienda y hacen los desarrollos urbanísticos. También hacen parte los propietarios de los predios, quienes igualmente hacen parte de la comunidad, pero que, en muchos de los casos, dadas las nuevas normas urbanísticas y categorías de suelo en el POT, desean valorizar sus lotes, muchos de los cuales no están urbanizados en la actualidad.

Las agremiaciones también se incluyen en este sector privado, debido a que con estas se busca, entre otras, favorecer las regulaciones y tener un mayor beneficio económico, y a su vez también promueven buenas prácticas que favorecen la sostenibilidad del territorio, sobresalen allí: La Corporación Empresarial del Oriente (CEO), Asogravas (Asociación que reúne empresas del sector de minería aluvial), Camacol (Cámara Colombiana de la Construcción) y La Lonja (agrupa a las empresas del sector inmobiliario, son los mayores protagonistas en delinear las características que dan valor a los predios). Sin embargo, dichas agremiaciones no se incluyen en el primer nivel de importancia.

Por otra parte, la comunidad representa un grupo importante a tener en cuenta, son ellos quienes ocupan directamente el territorio, y se ven afectados por las regulaciones y controles que hace el estado, y por las transformaciones que la empresa

privada realiza. Se destacan en este grupo los propietarios de los predios del polígono, que en muchos casos viven allí mismo; los colegios y juntas de acción comunal de las veredas: Barro Blanco, Chipre y el Porvenir, y algunas ONG identificadas como: Mesa de Aguas (encargadas de hacer gestión sobre los acueductos veredales) y Eco-guardianes quien tiene fuerza y reconocimiento en el municipio por liderar proyectos de conservación de los recursos naturales renovables de Rionegro.

Una última agrupación está dada por la academia, acá se incluyen los expertos sobre los temas que se abordan en esta investigación, y que dan luces a la comunidad en general, de una manera objetiva y neutral, sobre los impactos que podrían ocasionarse debido al modelo de transformación que viene sufriendo valles de San Nicolás, llamando la atención sobre la sostenibilidad del mismo. Este caso Eafit y UCO, son las universidades protagonistas que han liderado las más recientes investigaciones sobre el territorio. Sin embargo, no están consideradas en un primer nivel de importancia.

Como se puede observar, sobre el polígono de análisis se ve reflejado un mapa de actores complejo, donde existen diferentes intereses y visiones, que deberán ser analizadas y tenidas en cuenta con el fin de diseñar un modelo de ocupación y unas estrategias pertinentes a la realidad.

### 2.4. Transformación del territorio: Análisis multitemporal

Con el objetivo de identificar como ha sido la transformación del polígono de estudio en relación a los procesos de minería y urbanización, se elaboraron cuatro fichas de análisis en diferentes periodos de tiempo correspondientes a los momentos identificados anteriormente en el análisis de los hitos de crecimiento y transformación del territorio. Con base en los momentos identificados, se establecieron cuatro periodos de análisis: el primero en la década del 40, el segundo desde 1965 hasta 1985, el tercero desde 1995 hasta 2005 y por último el momento actual.

Definidos los periodos, se procedió con la búsqueda de fotografías aéreas y mapas históricos que permitieran analizar

las transformaciones de polígono de estudio, para los cuales se encontraron: una fotografía aérea del año 1945 en la Biblioteca Hernán Garcés González de la Universidad Nacional de Colombia – Medellín sede Minas (Figura 68), un plano realizado por fotogrametría aérea del año 1976 en el Centro Cultural Biblioteca Luis Echavarría de la Universidad EAFIT (Figura 69), una aerofoto del año 2003 de la Secretaría de Planeación del Municipio de Rionegro (Figura 70) y por último una aerofoto del año 2017 obtenida en Google Earth (Figura 71) y la cartografía del municipio de Rionegro de Planeación Municipal. A continuación, se muestran las imágenes aéreas y mapas con los cuales se realiza este análisis de la transformación del lugar de estudio.



» Figura 69. Fotografía aérea Rionegro (1945). Fuente: IGAC (1945)



» Figura 70. Plano por fotogrametría aérea (1976). Fuente: FAES (1976)



» Figura 71. Fotografía aérea Rionegro (2003). Fuente: Secretaría de Planeación del municipio de Rionegro.



» Figura 72. Fotografía aérea Rionegro (2017). Fuente: Google Earth

Con base en las anteriores fotografías, se realizó una planimetría donde se identificaron en la dimensión ambiental y físico espacial los elementos más representativos de la transformación del territorio. En cuanto a la dimensión ambiental se identificó el cauce del río Negro y los puntos donde este ha sido alterado, la ocupación de la ronda hídrica, la presencia de humedales, pantanos, meandros antiguos y su zona de influencia, los suelos despojados de coberturas, los relictos de bosques y los drenajes presentes. Por otro lado, en cuanto a la dimensión físico espacial, se analizaron la minería y la urbanización como motores de cambio del territorio. Para ello, se identificó la huella urbana del municipio de Rionegro y su porcentaje en la totalidad del área municipal, las construcciones y parcelaciones, los metros lineales de la red vial y el promedio de las áreas de los predios presentes en el polígono de estudio. Además, se identificaron algunos puntos donde se evidencia la actividad minera, la cantidad de títulos mineros presentes y la totalidad del área permitida para la extracción minera (ver figura 72).

Para la dimensión socioeconómica se realizó una búsqueda de fotografías históricas que ilustran la relación de la comunidad con el río Negro y algunos de los lagos presentes en el territorio, con el fin de identificar algunas de las actividades que se han realizado en estos ecosistemas a lo largo de estos periodos analizados. En esta dimensión, también se identificó el componente demográfico del municipio de Rionegro, así como la distribución de sus porcentajes urbanos y rurales, y también se hizo referencia al precio del suelo del polígono de estudio para algunos de los periodos analizados (ver figura 72).

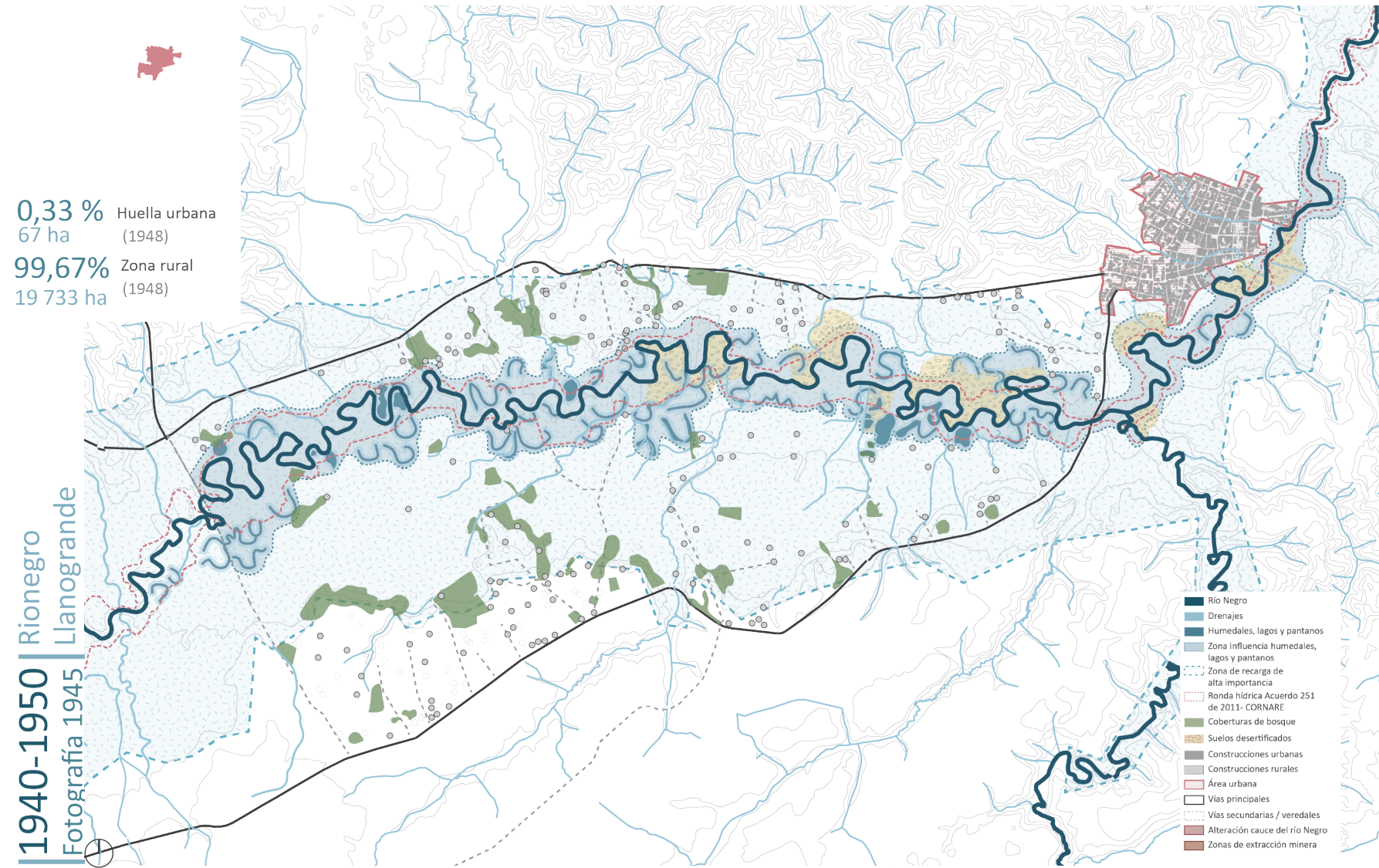
Criterios de análisis multitemporal

Ambiental Ecosistemas	Río Negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Puntos de alteración cauce del río Negro</li> <li>● Ocupación - construcciones en la Ronda hídrica</li> </ul>
	Lagos, humedales y pantanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lagos, humedales y pantanos</li> <li>● Zona de influencia</li> </ul>
Físico espacial Motores de cambio	Coberturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relictos de bosque</li> <li>● Suelos desertificados</li> </ul>
	Minería	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Áreas licenciadas</li> <li>● Títulos mineros</li> </ul>
Socioeconómico	Urbanización	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Total Construcciones</li> <li>● Parcelaciones</li> <li>● Infraestructura vial</li> </ul>
	Relación comunidad río Negro/lagos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Actividades</li> </ul>
	Demografía Rionegro	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Habitantes</li> </ul>

» Figura 73. Criterios de análisis multitemporal. Fuente: Elaboración propia.

Sumado al análisis de las fotografías aéreas y fotografías históricas de los lagos y el río Negro, algunos de los datos presentes en las fichas como las cifras demográficas, las áreas urbanas y rurales y el valor del suelo fueron recuperados de otras fuentes como: Urbam EAFIT (2016), Alcaldía de Rionegro, UCO (2018), BID – FINDETER (2017) y CODESARROLLO (1968). El resto de los datos presentes en las fichas se calcularon con la planimetría elaborada a partir del análisis de las fotografías encontradas. Es de anotar que en el análisis de algunos periodos no se pudieron obtener todos los datos presentes en las fichas debido a la falta de alguna información, sin embargo, la información que se pudo levantar es de gran utilidad para entender la transformación de este territorio. A continuación, se muestran las fichas realizadas para cada período de tiempo.

Momento 1: Década años 40



Como se explicó anteriormente en el subcapítulo de los hitos de crecimiento, este periodo de la década del 40 se caracteriza por la aparición de la primera hidroeléctrica de la región del Oriente Antioqueño, el alumbrado público y la presencia de las primeras fincas de recreo. También es importante anotar que fue durante esta década cuando aparecen algunas industrias y se suspende la minería aurífera, por lo tanto, es probable que la minería de materiales de construcción empezara a tener más actividad en el territorio.

Como se muestra en la figura 73, para el año 1948 la huella urbana de Rionegro representaba solo el 0,33% del área del municipio y la población del área urbana era de 11 776 habitantes. Para el año 1945 el lugar de estudio se caracterizaba por la presencia de antiguos meandros o paleocauces del río Negro y grandes áreas de humedales, lagos y pantanos llegando a la cifra de 30,6 ha aproximadamente, lo cual afectaba un área de influencia de aproximadamente de 313,75 ha. En cuando a las coberturas, se pudo evidenciar la presencia de 62,48 ha de relictos de bosque y 53,47 ha de suelos desertificados que pueden ser debido a posibles extracciones mineras, desecación de humedales o adecuación de suelos para la actividad agrícola. En el polígono de estudio se identificaron 151 construcciones y solo dos de ellas se sitúan en la zona que actualmente está denominada como la ronda hídrica, y además se identificó un total de 11 846 m lineales de vías al interior del polígono. En cuanto a la relación con el río Negro y los lagos, se encontraron fotos históricas en las cuales se evidencia las actividades de minería en el río Negro, y actividades recreativas como la pesca, paseos de olla y la navegación en el lago Santander.

Ambiental	Ecosistemas	Río Negro	Puntos de alteración cauce del río Negro	0
			Ocupación - construcciones en la Ronda hídrica	2 Construcciones
		Lagos, humedales y pantanos	Humedales, lagos y pantanos.	30,6 ha
Físico espacial	Motores de cambio	Coberturas	Relictos de bosque	62,48 Ha
			Suelos desertificados	53,47 Ha
		Minería	Áreas licenciadas	-----
			Títulos mineros	-----
Urbanización	Construcciones	151		
	Parcelaciones	-----		
		Infraestructura vial	11 846 m	Promedio área lotes

**Socioeconómico**

- Relación con el río Negro
- Relación con los lagos

Buscando oro en el río Negro. Foto de Fotografía de Jorge Castaño Lara. (Rionegro, 1940). Recuperado de : <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1223676506659&set=g.34335245922&type=1&theater&ifg=1>

**Actividades:**

- Minería
- Recreación
- Pesca
- Paseos de olla
- Navegación

El Lago Santander, sitio de encuentro turístico desde los 40. Recuperado de: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=935964439813455&set=g.34335245922&type=1&theater&ifg=1>

**Demografía Rionegro**

----- Habitantes (1948)

11 776 --% Urbano

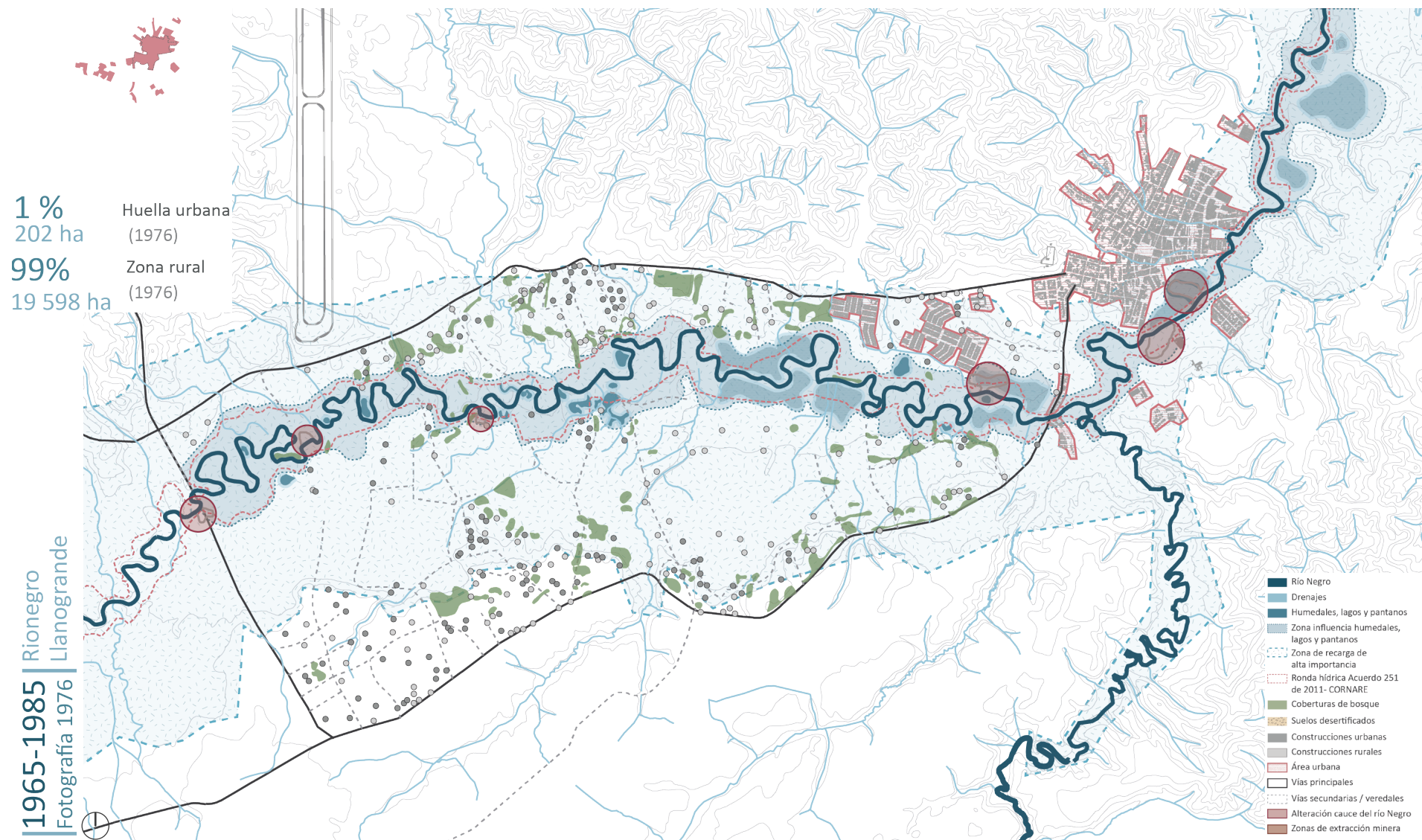
----- --% Rural

**Precio del suelo**

----- / Ha

» Figura 74. Ficha análisis década 1940. Fuente: Elaboración propia.

Momento 2: 1965-1985



Este período de 20 años se resalta como el más activo y dinámico del Valle de San Nicolás, donde se articula la planeación de esta región del Oriente con el Valle de Aburrá como una alternativa para darle solución a su crecimiento acelerado, incontrolado y no planificado. Es por esto que se empiezan a desarrollar proyectos como el embalse de La Fe y Guatapé, el aeropuerto y la autopista Medellín Bogotá, los cuales impulsaron la presencia de industrias y la urbanización.

Como se resalta en la figura 74, para el año 1976 la huella urbana de Rionegro representaba solo el 1% del área del municipio y para el año 1985 la población del municipio alcanzó la cifra de 59 640 habitantes, un 51,7% perteneciente al área urbana y un 48,3% al área rural. Para el año 1976 el lugar de estudio todavía se caracterizaba por la presencia de algunos antiguos meandros o paleocauces del río Negro y grandes áreas de humedales, lagos y pantanos llegando a la cifra de 30,2 ha aproximadamente y contando con un área de influencia de aproximadamente de 267,02 ha. Es de gran importancia señalar la identificación de 6 puntos en el río Negro, 4 en el área de estudio y 2 en el casco urbano, donde su cauce fue modificado y rectificado en lugares asociados a la construcción de nuevas vías y urbanización de suelos.

En cuanto a las coberturas, se pudo evidenciar la presencia de 52,88 ha de relictos de bosque y con respecto a los suelos desertificados no se pudieron identificar ya que el plano utilizado para el análisis no contaba con la información necesaria para reconocer estas áreas en el lugar. En el polígono de estudio se identificaron 254 construcciones, y solo seis de ellas se sitúan en la zona que actualmente está denominada como la ronda hídrica, además se identificó un total de 25 689 metros lineales de vías al interior del polígono. En cuanto a la relación con el río Negro y los lagos, se encontraron fotos históricas en las cuales se evidencia las actividades recreativas como la pesca, paseos de olla y la navegación en el río Negro y en el lago del Comfama de Rionegro. También se pudieron encontrar datos acerca del valor del suelo para el año 1975, donde el valor del m2 en el sector de Llanogrande era de 23 500 pesos.

Ambiental	Ecosistemas	Río Negro	Puntos de alteración cauce del río Negro	4	Lugar de estudio
		Lagos, humedales y pantanos	Ocupación - construcciones en la Ronda hídrica	2	Casco urbano
Físico espacial	Motores de cambio	Lagos, humedales y pantanos	Humedales, lagos y pantanos.	30,2	ha
		Coberturas	Relictos de bosque	52,88	Ha
		Minería	Áreas licenciadas	-----	
		Urbanización	Títulos mineros	-----	
		Construcciones	254		
		Parcelaciones	0		
		Infraestructura vial	25 689	m	

--- ha Promedio área lotes

**Socioeconómico**

Relación con el río Negro  
 Relación con los lagos

**Actividades:**  
 Minería  
 Recreación  
 Pesca  
 Paseos de olla  
 Navegación

**Demografía Rionegro**  
 59 640 Habitantes (1985)

30 835 51,7% Urbano  
 28 805 48,3% Rural

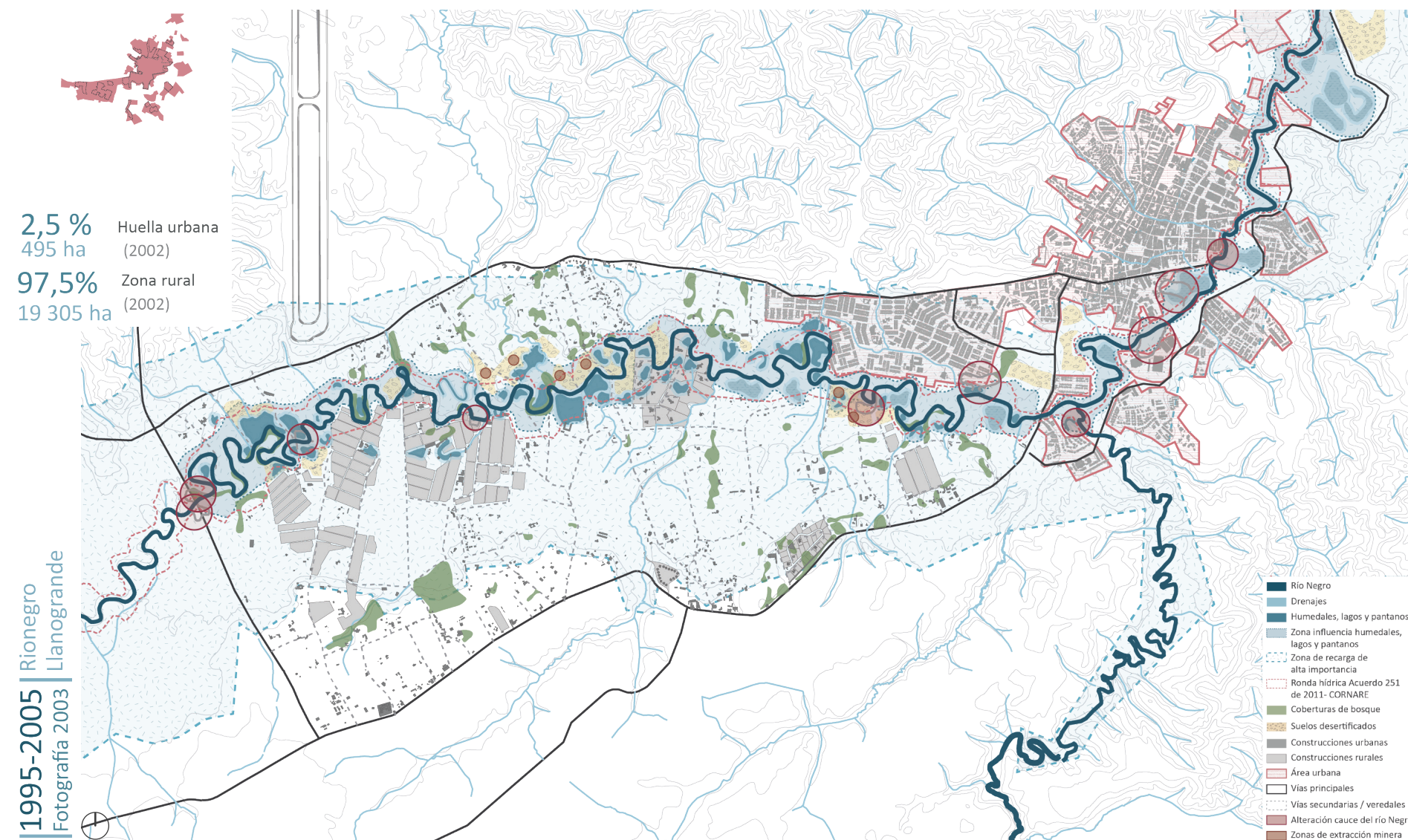
**Precio del suelo**  
 \$ 235 000 / Ha (1975)  
 23 500 / m2

Comfama de Río. Fotografía de Horacio Gil Ochoa (Rionegro, 1988). Recuperado de : <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10154798425956855&se-t=g.34335245922&type=1&theater&ifg=1>

Paseo en el río Negro, sector El Tablacito. Fotografía de Familia Agudelo. (Rionegro, 1965).

» Figura 75. Ficha análisis momento 1965 - 1985. Fuente: Elaboración propia.

Momento 3: 1995-2005



En este periodo se resalta el acelerado crecimiento urbano del municipio de Rionegro, la aparición de las primeras parcelaciones y el incremento de actividades agrícolas como los cultivos de flores. Se destaca también, la instauración de planes de ordenamiento como el Plan Pueblos, el Plan de Gestión Ambiental Regional y el primer POT del municipio de Rionegro.

Como se muestra en la figura 75, para el año 2002 la huella urbana de Rionegro representaba el 2,5% del área del municipio y la población del área urbana para el año 2005 según el censo del DANE era de 100 502 habitantes, un 64,32% perteneciente al área urbana y un 35,68% al área rural. Para el año 2003 el lugar de estudio presentaba algunos antiguos meandros del río Negro, humedales y pantanos, pero llama la atención la presencia de lagos y humedales artificiales producto de la minería, ecosistemas que alcanzan 33,7 ha aproximadamente, lo cual afectaba un área de influencia de aproximadamente de 199 ha, es decir que aunque se aumentó la cantidad de cuerpos de agua, la zona de influencia de estos es menor a la identificada anteriormente, debido a la ocupación de estas zonas para la urbanización. Para este periodo de tiempo también se hallaron puntos donde el cauce del río Negro fue alterado, sumando entonces 6 puntos en el polígono de estudios y otros 4 puntos en el casco urbano de Rionegro, igualmente asociados a la construcción de nuevas vías y a la urbanización de suelos en la llanura de inundación del río Negro.

En cuanto a las coberturas, se pudo evidenciar la presencia de 51,81 ha de relictos de bosque y 28,37 ha de suelos desertificados debido a la presencia de actividades mineras, desecación de humedales y adecuación de suelos para la urbanización. También se resalta la presencia de un título minero otorgado en el 2003 que ocupa gran parte del área del lugar de estudio y con varios puntos de explotación a lo largo de las terrazas aluviales del río Negro. A su vez, se identificaron 1254 construcciones, tres parcelaciones y otras 78 construcciones asociadas a floricultivos, donde 54 de ellas se sitúan en la zona que actualmente está denominada como la ronda hídrica, además se logró evidenciar un total de 36 711 metros lineales de vías al interior del polígono. En cuanto a la relación con el río Negro y los lagos, no se encontraron fotografías históricas de los lagos y el río Negro que dieran cuenta de la relación de la comunidad y las actividades que allí se realizaban.

Ambiental	Ecosistemas	Río Negro	Puntos de alteración cauce del río Negro	6	Lugar de estudio	
		Lagos, humedales y pantanos	Ocupación - construcciones en la Ronda hídrica	4	Casco urbano	
Físico espacial	Motores de cambio	Lagos, humedales y pantanos	Humedales, lagos y pantanos.	33,7 ha	Zona influencia humedales, lagos y pantanos.	199,08 ha
			Coberturas	Relictos de bosque	51,81 Ha	Suelos desertificados
		Minería	Áreas licenciadas	565,4 Ha	Títulos mineros	1
			Urbanización	Construcciones	1254	Parcelaciones
Infraestructura vial	36 711 m					

--- ha    Promedio área lotes

**Socioeconómico**

- Relación con el río Negro
- Relación con los lagos

**Actividades:**

- Minería

**Demografía Rionegro**

100 502 Habitantes (2005)

64 652 64,32% Urbano

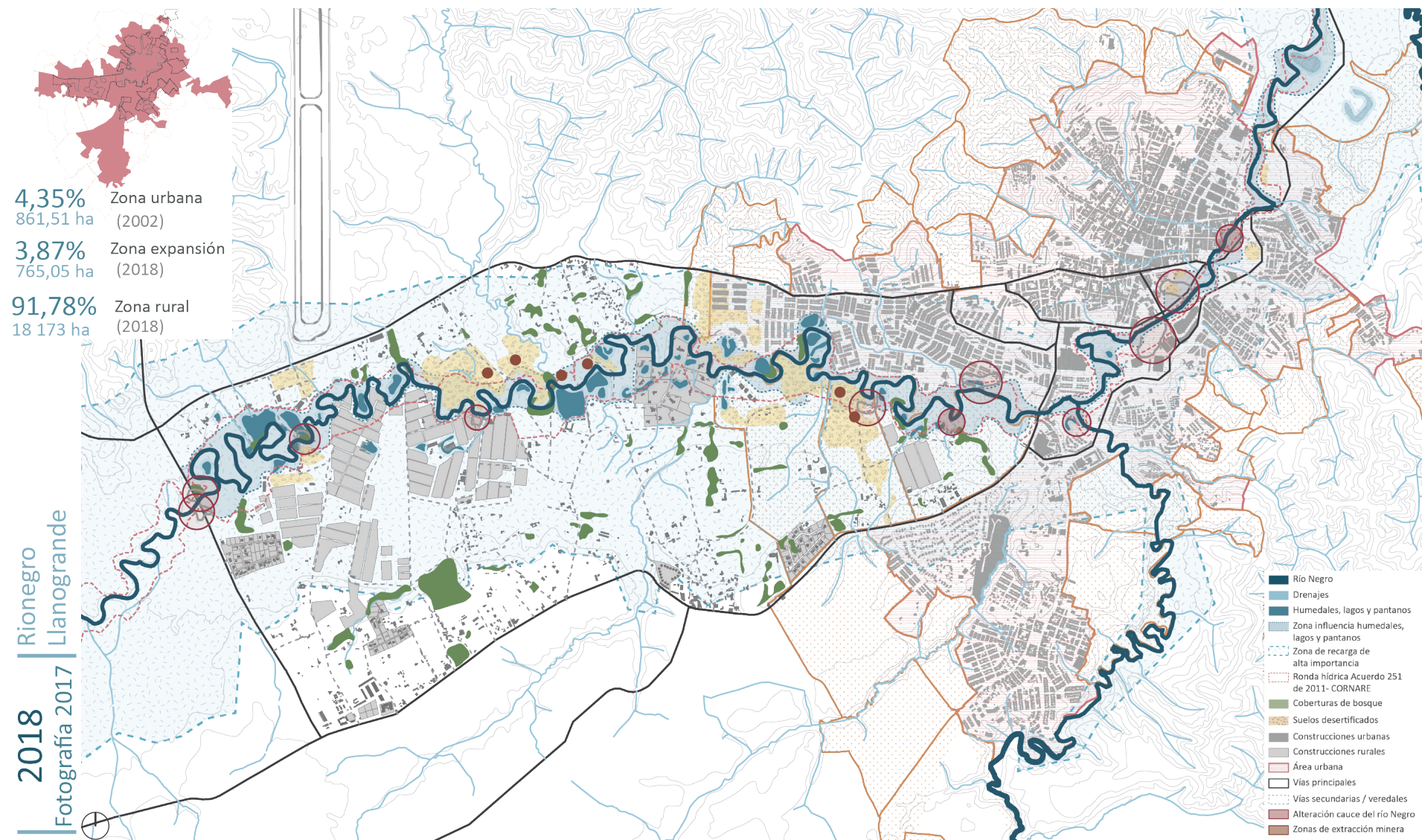
35 850 35,68% Rural

**Precio del suelo**

\$ ----- / Ha

» Figura 76. Ficha análisis momento 1995 - 2005. Fuente: Elaboración propia.

Momento 4: 2018 (Actualidad)



4,35% Zona urbana (2002)  
861,51 ha

3,87% Zona expansión (2018)  
765,05 ha

91,78% Zona rural (2018)  
18 173 ha

Rionegro Llanogrande

2018 Fotografía 2017

Por último, el análisis de los años más recientes responde a la aparición de planes de ordenamiento como el POT de 2018 y el POMCA que son determinantes para el desarrollo futuro de Rionegro. Donde se espera un incremento demográfico, proyectos de gran infraestructura como el túnel de Oriente y la ampliación del aeropuerto, el establecimiento de nuevas industrias, nuevos planes de movilidad e infraestructura vial, y la presencia de EPM para la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

Como se muestra en la figura 76, para el año 2018 la huella urbana de Rionegro representa el 4,35% del área del municipio y la población del área urbana para el año 2016 era de 133 305 habitantes, un 69,35% perteneciente al área urbana y un 32,65% al área rural. Para el año 2017 es casi nula la conservación de antiguos meandros del río Negro, humedales y pantanos, y algunos de los lagos y humedales artificiales producto de la minería han sido desecados reduciendo su área a 21,1 ha, con un área de influencia de aproximadamente de 174,66 ha, es decir que para el presente año se ha disminuido la cantidad de cuerpos de agua y la zona de influencia de estos se ha venido reduciendo cada vez más debido a la ocupación de estas zonas para la urbanización. Para este periodo no se hallaron nuevos puntos donde el cauce del río Negro ha sido alterado, sin embargo, la ocupación y urbanización de suelos en la llanura de inundación del río Negro ha aumentado considerablemente.

En cuanto a las coberturas, se pudo evidenciar la presencia de 42,17 ha de relictos de bosque y 68,07 ha de suelos desertificados debido a la presencia de actividades mineras, desecación de humedales y adecuación de suelos para la urbanización. También se resalta la presencia de un título minero otorgado que ocupa gran parte del área del lugar de estudio y el cual presenta varios puntos de explotación a lo largo de las terrazas aluviales del río Negro. A su vez, se identificaron 1804 construcciones, diez (10) parcelaciones y otras 95 construcciones asociadas a floricultivos, donde 76 de ellas se sitúan en la zona que actualmente está denominada como la ronda hídrica, además se logró evidenciar un total de 38.576 m lineales de vías al interior del polígono. En cuanto al área de los predios presentes se estima un promedio de 1,38 ha, lo que se traduce en la parcelación de lotes cada vez más pequeños para urbanizar.

Además, con respecto a la relación con el río Negro y los lagos, se encontraron fotos recientes en las cuales se evidencian actividades recreativas y pesca en el lago público contiguo a la urbanización Campus Reservado en el barrio el Llanito, y en el río Negro se evidencian algunas intervenciones de espacio público y ciclo rutas con el objetivo de acercar a la comunidad al río Negro. También se pudieron encontrar datos acerca del valor del suelo para el año 2016, donde el valor del m2 en el sector de Llanogrande varía desde los 50 000 hasta los 320 000 pesos.

Ambiental	Ecosistemas	Río Negro	Puntos de alteración cauce del río Negro	6	Lugar de estudio	
		Lagos, humedales y pantanos	Humedales, lagos y pantanos.	21,1 ha	Zona influencia humedales, lagos y pantanos.	174,66 ha
		Coberturas	Relictos de bosque	42,17 Ha	Suelos desertificados	68,07 Ha
Físico espacial	Motores de cambio	Minería	Áreas licenciadas	565,4 Ha	Títulos mineros	1
		Urbanización	Construcciones	1804	Parcelaciones	10
			Infraestructura vial	38 576 m	Promedio área lotes	1,38 ha

Socioeconómico

Relación con el río Negro

Relación con los lagos

Actividades:

- Minería
- Recreación
- Pesca

Demografía Rionegro



133 305 Habitantes (2016)

92 460 69,35% Urbano

40 845 32,65% Rural

Precio del suelo

\$ 50 000 - 320 000 / m<sup>2</sup> (2016)

» Figura 77. Ficha análisis 2018. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos identificados en las fichas anteriores, se realizó la siguiente figura, una tabla donde se muestran los diferentes datos obtenidos en cada periodo de tiempo,

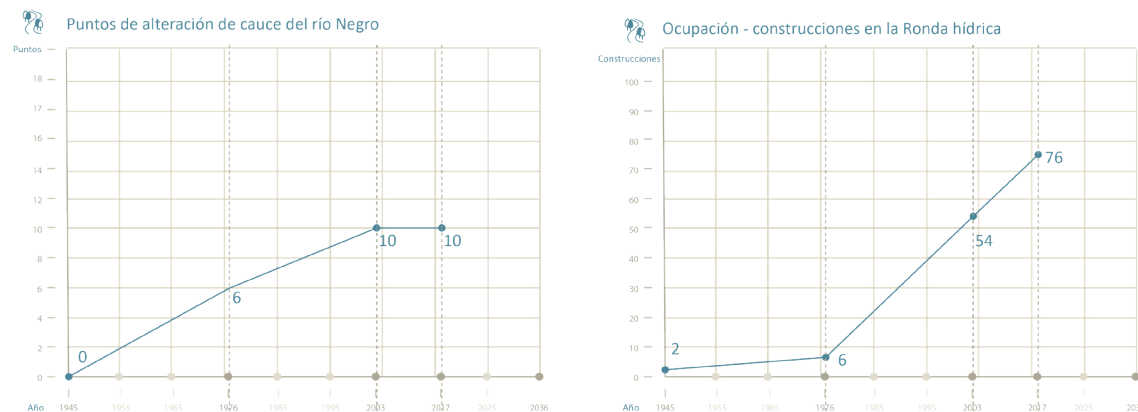
con el fin de sintetizar los resultados en gráficos de curvas de crecimiento y establecer el comportamiento de cada criterio a lo largo de los periodos de tiempo analizados.

» Figura 78. Ficha síntesis de análisis multitemporal. Fuente: Elaboración propia.

		1945 ① Década años 40	1976 ② 1965-1985	2003 ③ 1995-2005	2017 ④ 2017 (Actualidad)	
Ambiental	Río Negro	Puntos de alteración cauce del río Negro	0	▲ 6	▲ 10	▲ 10
		Ocupación - construcciones en la Ronda hídrica	2	▲ 6	▲ 54	▲ 76
	Lagos, humedales y pantanos	Lagos, humedales y pantanos	30,6 ha	▼ 30,2 ha	▲ 33,7 ha	▼ 21,1 ha
		Zona de influencia	313,75 ha	▼ 267,02 ha	▼ 199,08 ha	▼ 174,66 ha
Físico espacial	Coberturas	Relictos de bosque	62,48 ha	▼ 52,88 ha	▼ 51,81 ha	▼ 42,17 ha
		Suelos desertificados	53,47 ha	—	▼ 28,37	▲ 68,07 ha
	Minería	Áreas licenciadas	—	—	▲ 564,7 ha	— 564,7 ha
		Títulos mineros	—	—	▲ 1	— 1
Urbanización	Total Construcciones	151	▲ 254	▲ 1254	▲ 1804	
	Parcelaciones	0	— 0	▲ 3	▲ 10	
	Infraestructura vial	11 846 m	▲ 25 689 m	▲ 36 711 m	▲ 38 576 m	
Socioeconómico	Relación comunidad río Negro/lagos	Actividades				
	Demografía Rionegro	Habitantes	 11 776 -----% Urbano -----% Rural	 59 640 51,7% Urbano 48,3% Rural	 100 502 64,32% Urbano 35,68% Rural	 133 305 69,35% Urbano 32,65% Rural

En cuanto a al análisis del río Negro (ver siguiente figura), se puede evidenciar que en los periodos comprendidos entre 1945 y el 2003 el cauce se vio alterado en 10 puntos entre el polígono de estudio y el casco urbano de Rionegro. Además, se pudo comprobar que estas rectificaciones y la desaparición de los meandros corresponden a la aparición de nuevas vías, urbanizaciones e industrias como los floricultivos. En cuanto a la ocupación de la ronda hídrica establecida actualmente por CORNARE y adoptada en el POT de 2018, se ha encontrado que se da en mayor medida después en la década de los 70

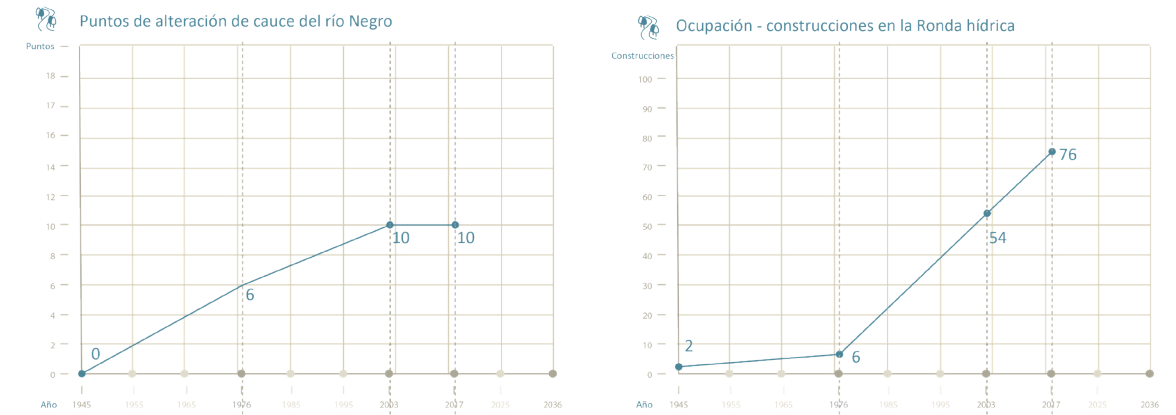
pasando de 6 a 54 construcciones y ha seguido aumentando considerablemente hasta la actualidad con 76 construcciones. Lo anterior pone en evidencia la influencia que ha tenido el desarrollo de planes y proyectos de infraestructura en el río Negro, ya que tanto en el periodo de 1965 hasta 1985 reconocido como el más activo y en la actualidad, estos proyectos han jalonado e impulsado la transformación y el crecimiento demográfico de este sector y del municipio en general.



» Figura 79. Análisis multitemporal de la transformación del río Negro, puntos de alteración de cauce y ocupación de ronda hídrica. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como se observa en la siguiente figura, en cuanto a los lagos, humedales y pantanos, se puede concluir que el primer periodo se caracteriza por la presencia de antiguos meandros con 30,6 ha, en el segundo, aunque su análisis se realizó con mapa en vez de fotografía aérea, las convenciones del mapa daban cuenta de la presencia de grandes pantanos correspondientes a 30,2 ha. Para el tercer periodo, se evidenció la presencia de una gran cantidad de lagos resultado de la minería aluvial, con lo cual se incrementó el área de

estos ecosistemas a 33,7 ha. Sin embargo, en el análisis del último periodo se encontró que el área de estos ecosistemas de lagos, humedales y pantanos se redujo considerablemente a 21,1 ha por su desecación y ocupación. Por otro lado, al analizar la zona de influencia de estos ecosistemas, se pudo evidenciar que hay una tendencia a la disminución de esta área, la cual se ha vuelto cada vez más estrecha al pasar de 313,75 ha a 174,66ha, por la transformación del suelo y posterior ocupación.

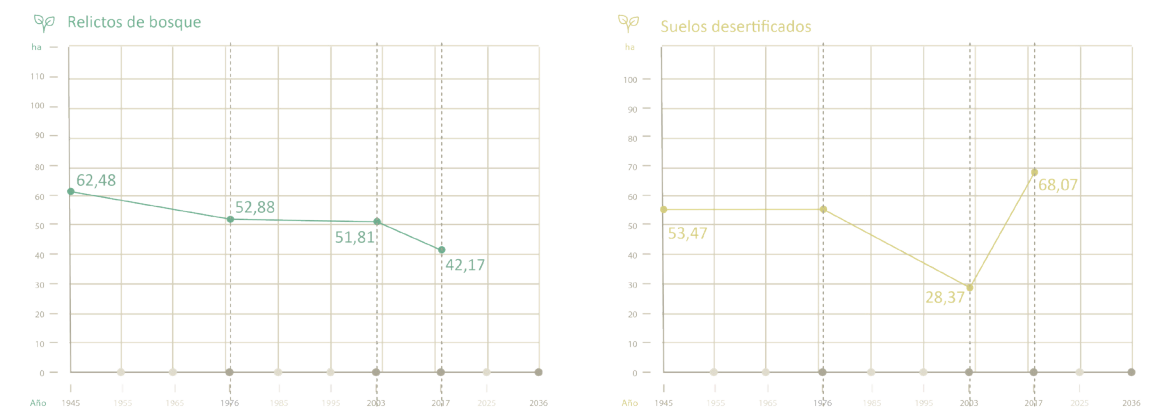


» Figura 80. Análisis multitemporal de la transformación sobre lagos, humedales y pantanos. Fuente: elaboración propia

Como se mencionó anteriormente en los hitos de crecimiento y transformación, es a partir de los años 40 que se empiezan a sembrar bosques no nativos en Rionegro debido a la aparición de nuevas fincas de recreo y la necesidad de mejorar las cualidades del paisaje allí presente. Por esta razón, los relictos de bosque y zonas arboladas que se identificaron están en parte asociadas al río Negro, a linderos de predios, al borde de algunas vías y pequeñas zonas boscosas. Por un lado, se evidencia la tendencia a la desaparición de los relictos de bosque, los cuales han pasado de 62,48 ha a 42,17 ha en el polígono de estudio debido a la parcelación de lotes cada vez más pequeños, a la aparición de nuevas construcciones y a la transformación de algunos suelos.

para la agricultura o urbanización. En 1976, al no tener una fotografía aérea no se pudo identificar los suelos que estaban desertificados. En el 2003 con un área de 28,37 ha fue el año donde se encontraron menos suelos desertificados debido a procesos de minería y urbanización, pero a su vez como se explicó anteriormente hubo más presencia de lagos y humedales. Por último, en la actualidad se evidencia una gran área de 68,07 ha las cuales corresponden a extracciones mineras y transformación de suelos para la urbanización. Aunque los datos analizados para los suelos desertificados corresponden a una época de un año en específico, no se puede dar cuenta realmente de la totalidad de suelos desertificados que ha habido en un año o en un periodo de tiempo, pero con el análisis si se pudo evidenciar que estos suelos están asociados en gran medida a extracciones mineras o a la adecuación de suelos para la posterior urbanización. Todo lo anterior puede observarse en la siguiente figura:

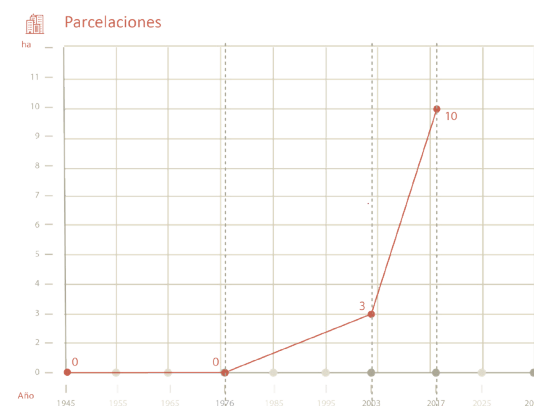
Por otro lado, al analizar los suelos desertificados que se pudieron identificar en cada periodo, se puede evidenciar que en 1945 estos suelos correspondientes a 53,47ha pueden ser posibles extracciones mineras o adecuaciones de suelo



» Figura 81. Análisis multitemporal de la transformación de suelos y coberturas. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la urbanización (ver siguiente figura) se puede concluir que a lo largo de los periodos de tiempo analizados ha tenido un incremento significativo, mayormente desde el segundo periodo analizado hasta la actualidad. Para el año 1945 se identificaron 151 construcciones, en el año 1976 se evidenciaron 254 construcciones y para el año 2003 se encontraron 1000 construcciones más llegando a 1254, finalmente para el año 2018 se identificaron 1804 construcciones, lo que representa un incremento del 1.094% entre el primer periodo analizado y la actualidad. A

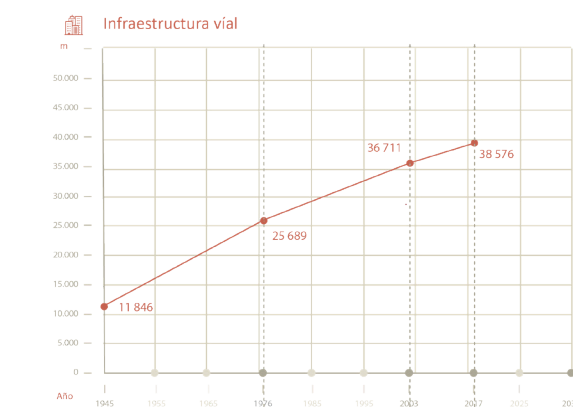
su vez, la presencia de parcelaciones se evidenció desde el análisis del segundo periodo con 3 unidades, y se ha venido incrementando en gran medida hasta alcanzar 10 unidades de parcelaciones en la actualidad. Esta tendencia de aumento en las construcciones, al igual que las alteraciones en el río Negro y la desaparición de lagos y humedales, están asociadas en gran medida al crecimiento demográfico del municipio de Rionegro y a los proyectos de infraestructura que transforman y jalonan el crecimiento en el territorio.



» Figura 82. Análisis del crecimiento de construcciones y parcelaciones. Fuente: Elaboración propia

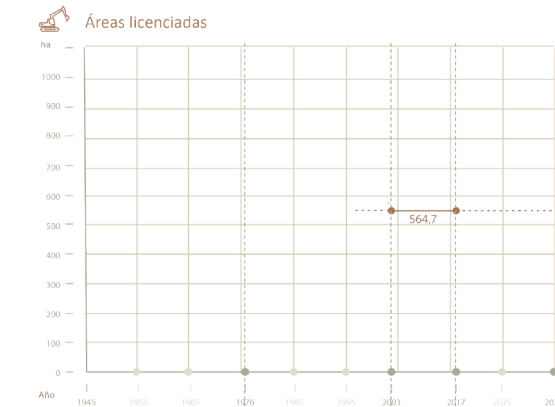
Al analizar la infraestructura vial y su incremento en el polígono de estudio, al igual que las construcciones y las parcelaciones, se pudo evidenciar una tendencia en el crecimiento de las vías. Desde el año 1945 con 11.846m hasta la actualidad con 38.576m, se ha dado un incremento del 225,6%, como se observa en la siguiente figura:

Como se observa en la siguiente figura, aunque el proceso de extracción minera de materiales de construcción se ha venido dando en Rionegro con anterioridad, desde el año 2003 solo se encuentra el título C5185005 otorgado por una duración de 33 años con permiso para explotar las llanuras aluviales del río Negro y extraer materiales de construcción en un área de 564,7 ha hasta el año 2036.



» Figura 83. Análisis multitemporal de la infraestructura vial. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar, en el análisis multitemporal, estas extracciones mineras han dejado algunos lagos y humedales artificiales a lo largo del río Negro ya que anterior a la licencia otorgada en el 2003, no se exigía un llenado de estos cuerpos de agua resultantes. A su vez, este proceso ha



» Figura 84. Análisis multitemporal de áreas licenciadas. Fuente: Elaboración propia.

estado relacionado con los procesos de urbanización, donde la minería después de hacer su explotación deja los suelos adecuados para una posterior urbanización en las terrazas aluviales del río Negro.

## 2.6. Escenario tendencial:

En el escenario tendencial para esta investigación se ahondará en la tendencia de los procesos de minería y urbanización con base en lo que el POT actual tiene establecido para este territorio y lo arrojado en el análisis multitemporal realizado anteriormente, con el fin de reconocer cómo esas tendencias y la planeación del municipio podrían impactar sobre la prestación de los SE de regulación hídrica y culturales. Si bien el POT actual tiene vigencia hasta el año 2030, el título minero presente tiene licencia hasta el año 2036 y el proceso de urbanización del módulo suburbano de concentración de vivienda por su gran dimensión podría ser a largo plazo.

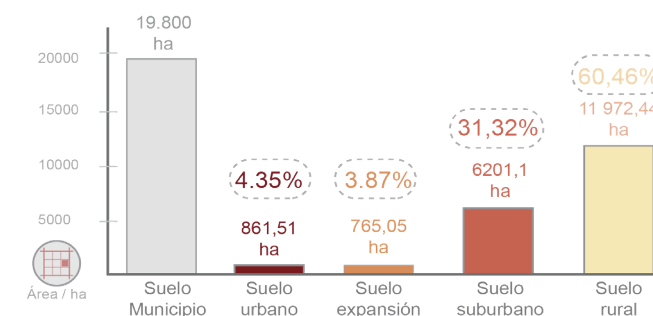
En primer lugar, la aprobación del nuevo POT de Rionegro en 2018, es una de las principales guías y carta de navegación para el desarrollo de esta región. Como en esta revisión no se modificó el modelo de ciudad establecido en el Acuerdo 056 de 2011, el modelo de un desarrollo sostenible sigue estando guiado por las premisas de ciudad intermedia, amable y sostenible. Según el Acuerdo 056 de 2011, este desarrollo sostenible, debe minimizar el impacto de la urbanización apostando por la ciudad compacta y recuperando el suelo rural a través de: la protección del medio ambiente, el desarrollo de espacio público articulado al río y el reconocimiento del suelo como un recurso no renovable valioso y escaso. Sin embargo, algunas de las visiones de la secretaría de planeación apuntan a modelos de ciudad dispersa y difusa como Aeropolis y Agrópolis, donde se predomina el interés del crecimiento poblacional asociado a la construcción de la nueva pista del aeropuerto proyectada por la Aeronáutica Civil y el establecimiento de nuevas industrias.

En cuanto a la demografía, el municipio de Rionegro en su POT actual, proyecta un crecimiento demográfico al 2036 de 231 873 habitantes en comparación con la población del año 2016 de 133 305 habitantes, lo que representa un incremento del 73,9% para un periodo de 20 años (ver figura 84).



» Figura 85. Proyecciones demográficas del municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).

Con el fin de soportar este crecimiento demográfico previsto para el Municipio, el POT del 2018 establece un incremento significativo en las áreas de expansión y las áreas suburbanas como se muestra a continuación:



» Figura 86. Áreas y porcentajes de suelo urbano, expansión, suburbano y rural del municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).

De acuerdo a lo anterior, la visión de ciudad compacta no corresponde al área delimitada como suelo suburbano ni al aumento en su densidad, ya que se puede propiciar una ocupación dispersa del territorio con parcelaciones, lo cual incrementaría el suelo transformado e impactaría negativamente la prestación de los SE de regulación hídrica y culturales asociados al río Negro. A su vez, los nuevos planes de movilidad con vías como la de Las Torres, el desarrollo de un sistema de transporte público masivo como el Aeromovil, la habilitación del túnel de oriente y la presencia de EPM para la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, posibilitarán e impulsarán en gran medida el incremento de la urbanización y el desarrollo de este suelo suburbano.

Es importante anotar que la presencia de EPM como abastecedora de servicios públicos en el municipio de Rionegro tiene como objetivo realizar varias inversiones asociadas al sistema de acueducto y alcantarillado, ya que para el Departamento Nacional de Planeación el eje Medellín-Rionegro será para el 2035 "uno de los diez núcleos de ciudades que liderarán el desarrollo económico del país" (El Colombiano, 9 de noviembre de 2017). Uno de los principales objetivos de EPM es al 2019 poder conectar a Rionegro con el embalse de La Fe para disminuir la vulnerabilidad, ampliar la cobertura e incrementar la calidad del servicio de acueducto. Además, para el 2023 EPM espera optimizar el proceso de producción y reponer redes de alcantarillado, y para el 2021 se espera construir una planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de limpiar los afluentes del municipio y por ende el embalse de El Peñol-Guatapé. Estas inversiones podrán contribuir al saneamiento del río Negro y a su vez pondrá al municipio de Rionegro en la capacidad de incrementar su desarrollo urbanístico y ofrecer una mejor calidad en el agua y en la prestación de sus servicios (El Colombiano, 9 de noviembre de 2017).

De acuerdo con lo anterior, el incremento en la urbanización impulsaría en gran medida el proceso de minería de materiales de construcción para poder suplir esta demanda,

### Tendencias del proceso de minería:

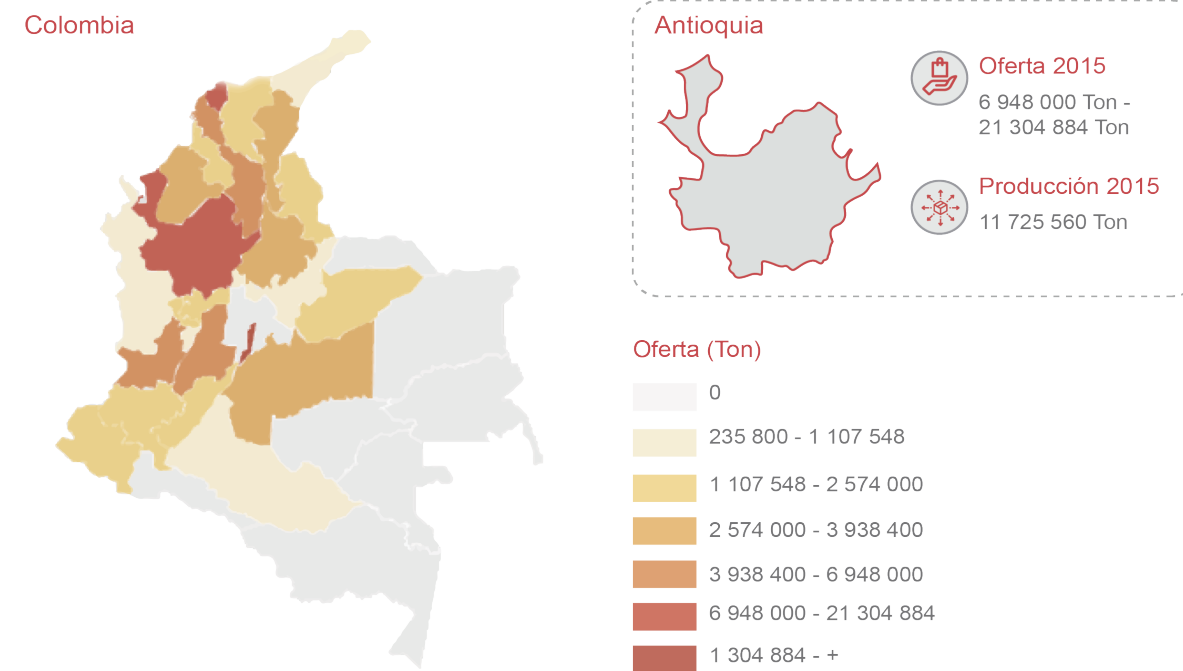
Según la evaluación del estado actual y futuro de los materiales de construcción realizada por la UPME en el año de 2014, la demanda de materiales de construcción en las principales ciudades del país entre ellas Medellín, estaba en el año de 2013 a 31 millones de toneladas aproximadamente, para esas cifras significa que por habitante se consumen cerca de 1,95 toneladas. La proyección realizada para el año 2023 en dicho estudio se refleja un crecimiento del 48% con respecto a las cifras del año 2013, con este escenario el consumo de materiales de construcción por habitante pasaría de 1,95 a 2,56 toneladas.

Para el mismo estudio en mención, para el año de 2013 la demanda de materiales de construcción de la ciudad de Medellín sumaba más de ocho (8) millones de toneladas al año, 2,5 ton/per cápita anual. Para el año de 2023, Medellín demandará aproximadamente 12 millones de toneladas lo que

por consiguiente, estos dos motores de cambio serán los principales apalancadores e impulsores de la transformación de este lugar de estudio.

significa que por habitante se pasaría de un consumo de 2,5 a 3,1 toneladas anuales. Esto influye sobre el panorama de los materiales de construcción para el Oriente Antioqueño, por su estrecha relación con el Valle de Aburrá, sumado a la demanda de los municipios del Valle de San Nicolás, la cual se incrementa con el crecimiento acelerado de los municipios y el desarrollo de proyectos de infraestructura.

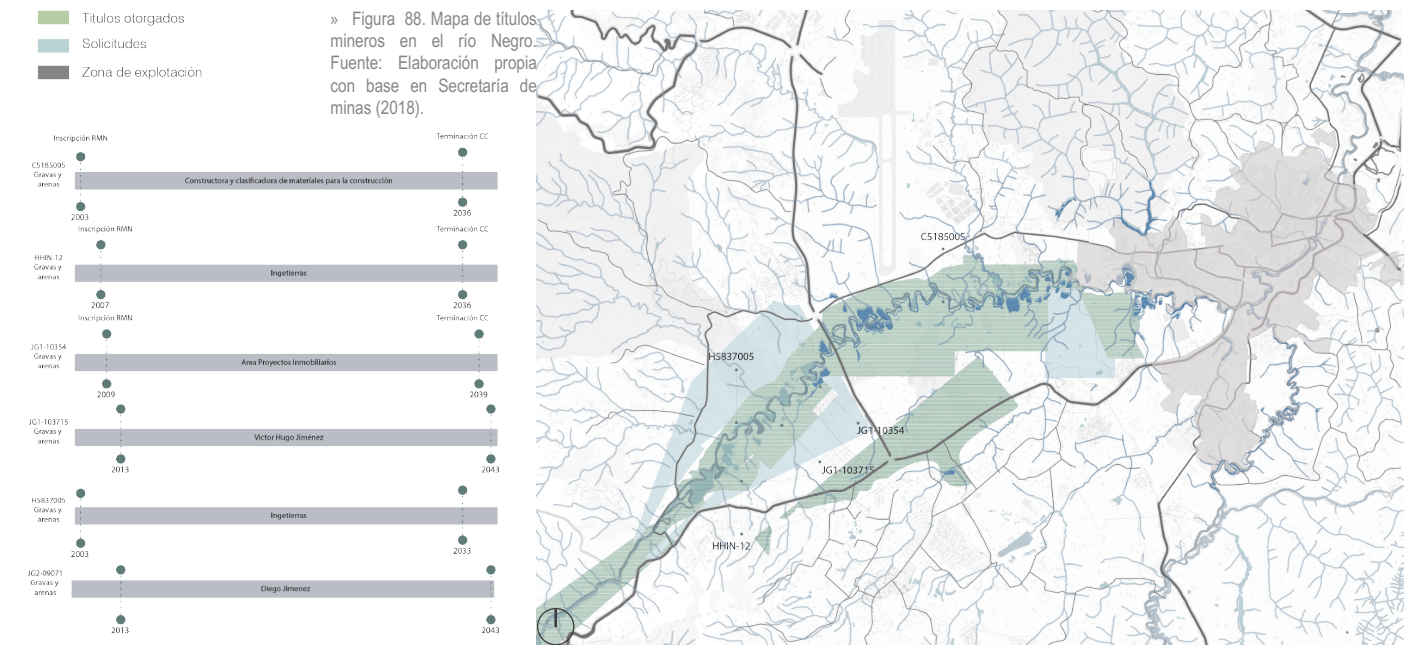
Estudios más recientes para el análisis de la demanda y oferta de materiales de construcción realizados por la UPME (2015a) realizados en esa ocasión para 24 ciudades del país, indican que de 52 millones de toneladas en el año 2015 pasará a 69 millones de toneladas para el año 2023 y que para el departamento de Antioquia en el año mencionado se tenía una producción de casi 12 millones de toneladas, como se observa en la siguiente figura:



» Figura 87. Producción a 2015 de materiales de construcción en Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en UPME (2015b).

En conclusión, el incremento de la demanda de los materiales de construcción es proporcional al aumento de la urbanización y de los proyectos de infraestructura. Es por ello que ambos procesos se encuentran estrechamente relacionados y el creciente desarrollo urbanístico necesita de explotaciones mineras con el fin de abastecer y brindar la oferta que requiere el sector constructivo.

De esta manera, específicamente para el lugar de estudio, los títulos mineros están licenciados hasta aproximadamente el año 2040 (ver figura 86), lo cual implica que este territorio esté en constante transformación y a su vez este proceso se incrementa por las proyecciones demográficas y los diferentes planes que tiene el municipio de Rionegro en materia de infraestructura, expansión urbana y desarrollo suburbano.



### Tendencias del proceso de urbanización:

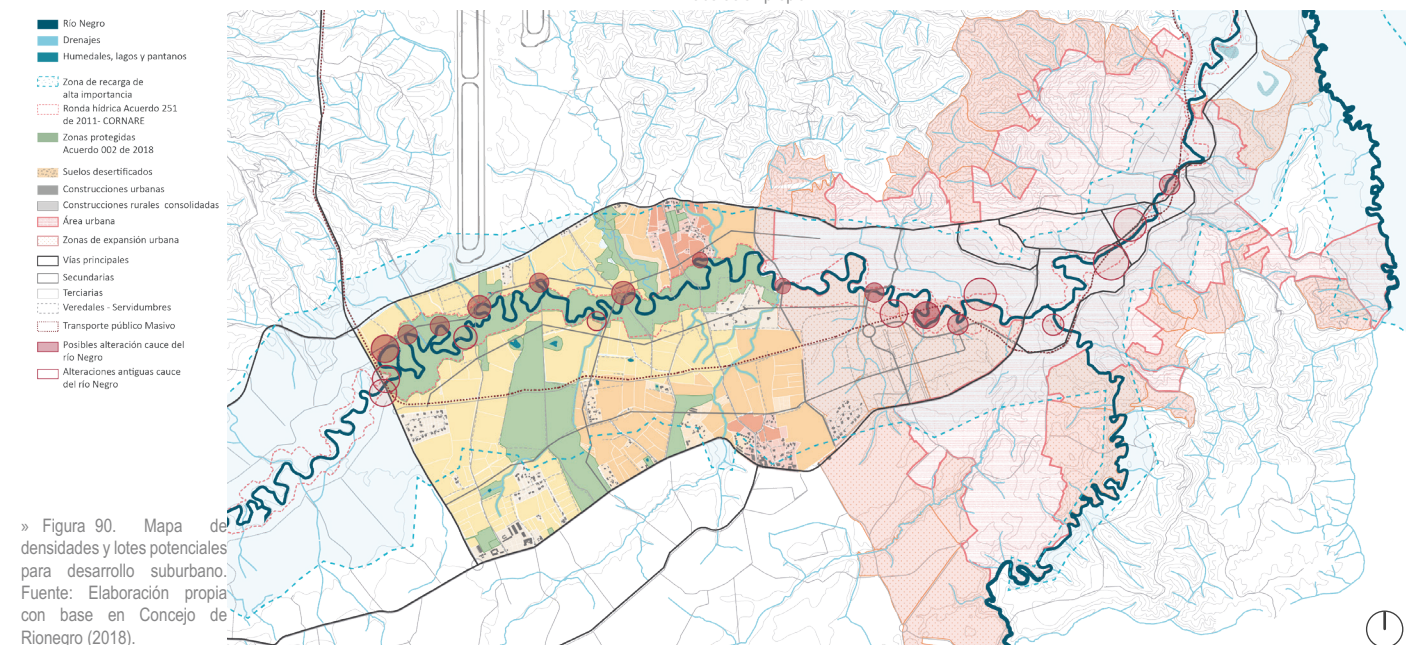
Por otro lado, para establecer la tendencia del proceso de urbanización se tuvieron en cuenta las vías proyectadas en el plan vial del municipio y las densidades, usos e índices de ocupación que el POT establece para el lugar de estudio. Con base en lo anterior, se reconocieron los predios potenciales para el proceso de urbanización según 3 criterios; lotes que

no estuvieran parcelados, lotes ocupados bajo un modelo de construcciones aislado y lotes mayores a 5000 m<sup>2</sup>, con el fin de establecer los posibles desarrollos futuros. Posteriormente, según las densidades propuestas por el POT se calcularon las viviendas potenciales para el lugar de estudio. (Ver figuras 87 y 88)

Densidad	Lotes potenciales	Área / ha	Viviendas
0 viv/ha	0	0	0
10 viv/ha	105	290,41	2904
20 viv/ha	58	159,5	3190
30 viv/ha	17	22,46	673

6767 Viviendas

» Figura 89. Tabla de densidades, lotes potenciales para desarrollo suburbano y posibles viviendas. Fuente: Elaboración propia.



Según las densidades, y con base en los índices de ocupación, usos del suelo y la altura establecida por el POT de 2018 para este lugar, se establecieron 5 escenarios posibles para el desarrollo suburbano de lugar de estudio, con el fin

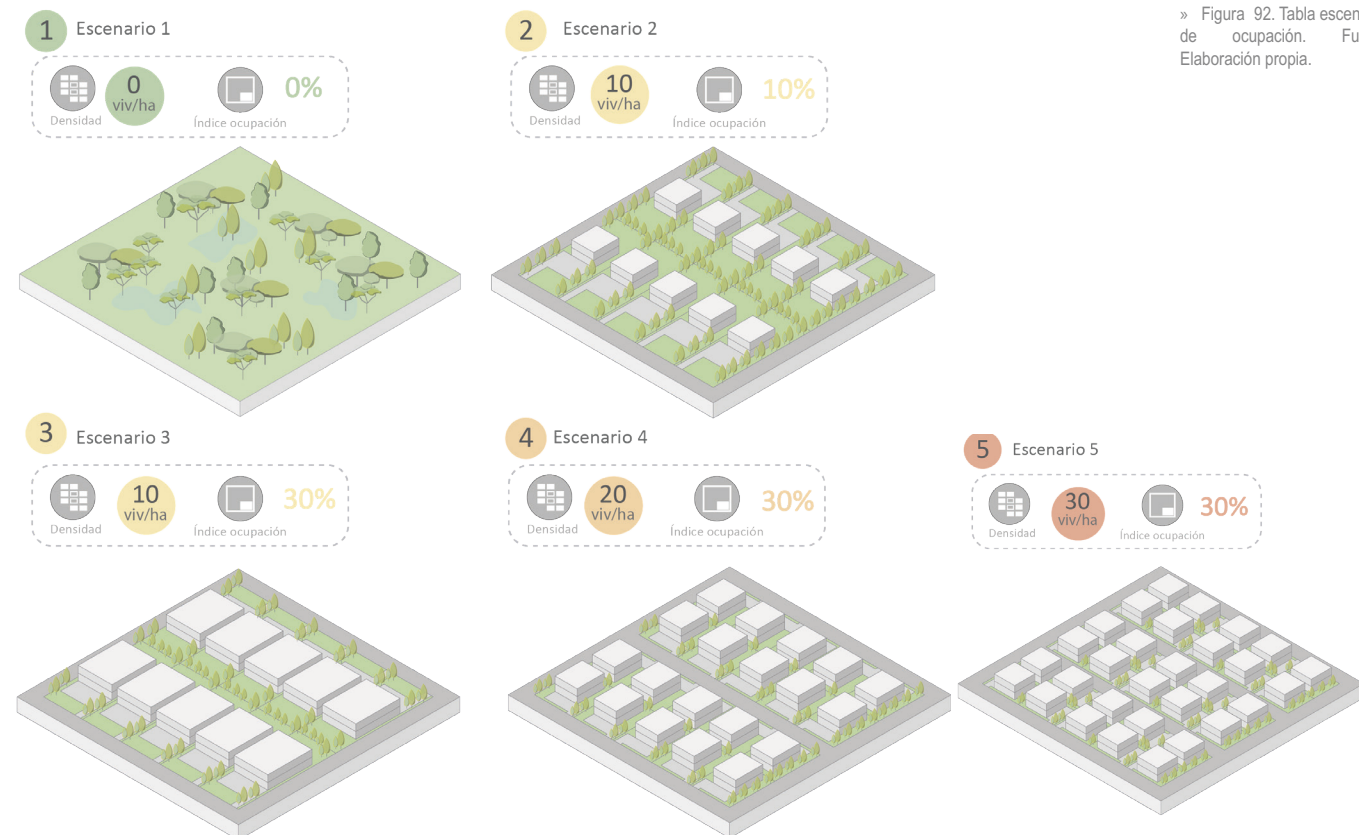
de visualizar los posibles modos de ocupación según las tendencias identificadas de ciudad dispersa y de ocupación con parcelaciones, como se observa en la figura 89.

Densidad	Índice ocupación	Usos del suelo	Altura	Escenarios
0 viv/ha	0	Restauración servicios ecosistémicos Protección	0 Pisos	1
10 viv/ha	10	Residencial de baja densidad	5 Pisos 15 Metros	2
	30	Zona de actividad de comercio y servicios	4-5 Pisos 12-15 Metros	3
20 viv/ha	30	Zona de actividad mixta	4-5 Pisos	4
	30	Residencial de media densidad	12-15 Metros	
30 viv/ha	30	Zona residencial suburbana	3 Pisos 9 Metros	5

» Figura 91. Tabla de escenarios de ocupación. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).

A continuación, se visualizan espacialmente los posibles escenarios de ocupación (Ver figura 90). Considerando que las parcelaciones son la tendencia para urbanizar este lugar de estudio, se puede evidenciar que, aunque las densidades establecidas son bajas, este tipo de ocupación dispersa

transforma en gran medida el suelo y las coberturas vegetales del lugar. Estos impactos, implican una alteración en la prestación de SE de regulación hídrica al modificar el suelo y las coberturas vegetales y los culturales por la alteración del paisaje.



» Figura 92. Tabla escenarios de ocupación. Fuente: Elaboración propia.

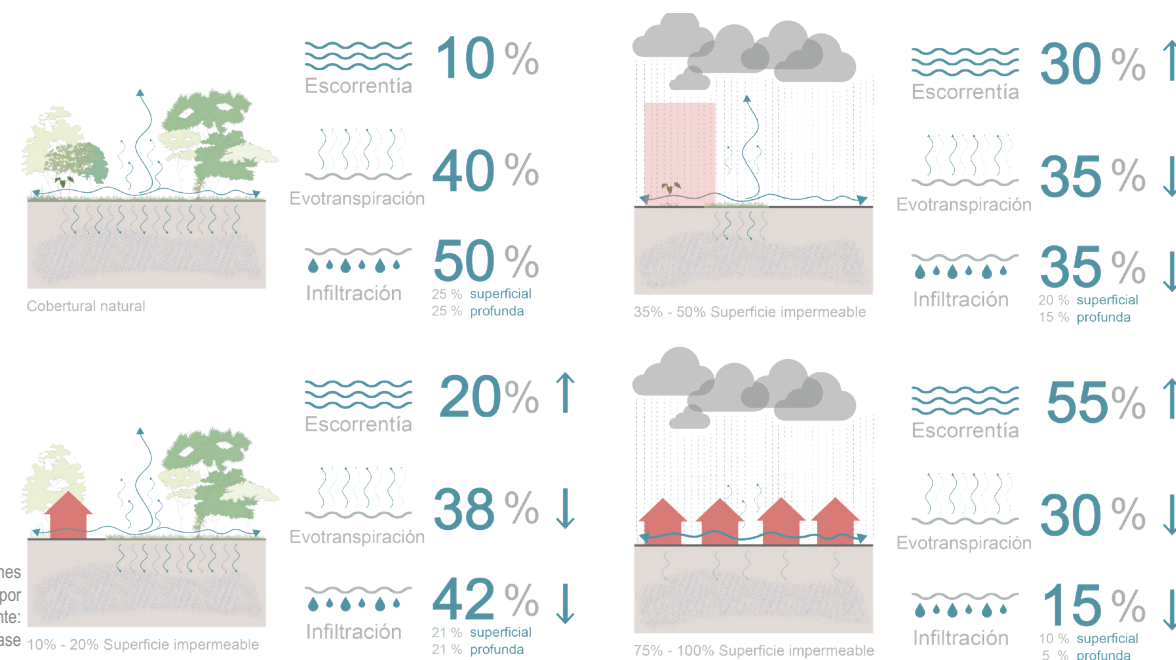
Además, como se muestra en la figura 87 (mapa de densidades y lotes potenciales para el desarrollo suburbano), la infraestructura vial que se tiene proyectada para este territorio, en algunos puntos está trazada sobre la ronda hídrica del río Negro e incluso sobre su cauce. Esto se podría traducir en que el desarrollo de estas vías alterará el cauce del

río Negro rectificando sus meandros, como se pudo evidenciar en el análisis multitemporal en el cual se identificaron varios puntos a lo largo del río Negro, donde su cauce fue alterado principalmente por procesos de urbanización y construcción de nueva infraestructura vial.

### Tendencias en los bienes y servicios ecosistémicos por procesos de minería y urbanización:

Según lo anterior, si se sigue la tendencia de ciudad dispersa y de ocupación con parcelaciones que se ha venido dando en la zona suburbana del municipio de Rionegro, y además se tiene en cuenta el aumento en las densidades, se puede esperar un escenario donde los servicios ecosistémicos de regulación hídrica se pueden ver afectados. De acuerdo con FISRWG (1998), para la ocupación predominante de viviendas aisladas y la densidad actual de 1,3 viviendas/hectárea, se

podría estimar que del agua que cae en forma de lluvia un 20% escurre, un 42% se infiltra y el 38% restante evapotranspira, sin embargo, de acuerdo con la tendencia del lugar de estudio, las cifras propuestas por el FISRWG (1998) podrían variar, incrementando a un 30% la escorrentía, disminuyendo la evotranspiración a un 35% disminuyendo la infiltración a un 35%.



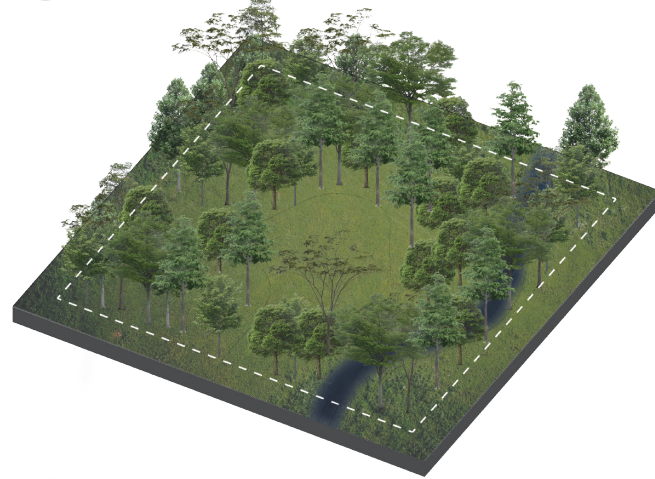
» Figura 93. Alteraciones en la regulación hídrica por la urbanización. Fuente: Elaboración propia con base en FISRWG (1998).

Adicionalmente, el cambio en el uso del suelo y la transformación de las coberturas, además de alterar la regulación hídrica, trae consigo una modificación en el paisaje del lugar. La desaparición de las zonas verdes en grandes áreas, los cuerpos de agua y las coberturas boscosas, debido a la aparición cada vez mayor de explotaciones mineras y parcelaciones, ponen en riesgo la prestación de los bienes y servicios ecosistémicos culturales, disminuyendo la posibilidad de tener espacios públicos de esparcimiento, recreación y disfrute del paisaje. Así como menciona Urbam EAFIT (2017) la urbanización del altiplano y los cambios en el uso del suelo pone en riesgo los servicios ecosistémicos de provisión de alimento, la oferta y el abastecimiento de agua potable, la regulación hídrica y climática, y los servicios culturales de

recreación y ocio; “es decir, que el valor paisajístico y turístico que ha caracterizado al altiplano de San Nicolás (en calidad y cantidad de espacios verdes y potencial espacio público) podría estar en riesgo y afectar negativamente otros aspectos sociales, culturales y económicos de las poblaciones ubicadas en el Oriente” (p.106).

A continuación, se visualiza espacialmente en un lote de una hectárea un posible escenario de la transformación del territorio por procesos de minería y urbanización, y como estos cambios en el suelo, en las coberturas y la ocupación y transformación del río Negro, incide en la prestación de servicios eco sistémicos de regulación hídrica y culturales.

1 Paisaje Natural

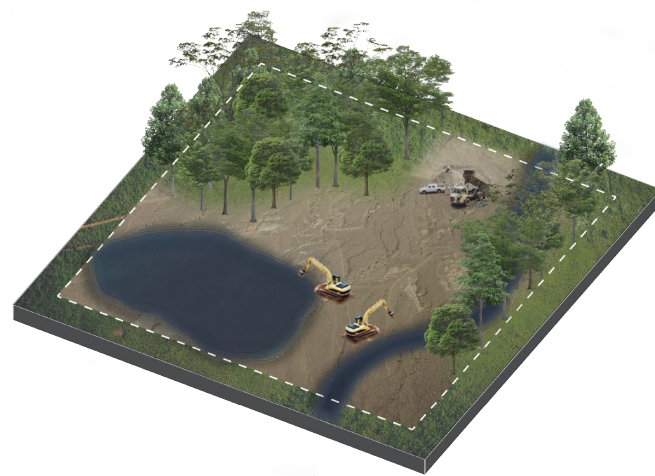


Área lote	1 ha= 10.000 m <sup>2</sup>
Área bosques	7287,15 m <sup>2</sup>
Zona verde	9673,77 m <sup>2</sup>

**Servicios ecosistémicos**

<b>Regulación hídrica</b>	<b>Culturales</b>
↑ Infiltración	↑ Paisaje
↑ Recarga	↑ Espacio público
↓ Escorrentía	↑ Apropiación
↑ Amortiguación inundaciones	↑ Relación con el agua

2 Explotación proceso de minería

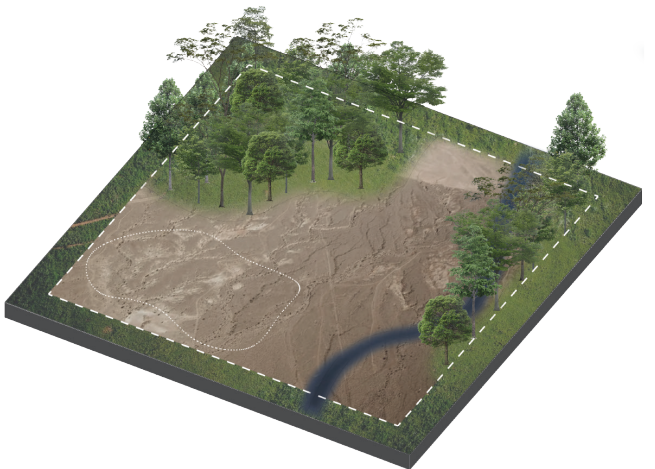


Área lote	1 ha= 10 000 m <sup>2</sup>
Área bosques	3014 m <sup>2</sup>
Zona verde	3014 m <sup>2</sup>
Suelo desertificado	5177 m <sup>2</sup>
Lagunas artificiales	1482 m <sup>2</sup>

**Servicios ecosistémicos**

<b>Regulación hídrica</b>	<b>Culturales</b>
↓ Infiltración	↓ Paisaje
↓ Recarga	↓ Espacio público
↑ Escorrentía	↓ Apropiación
↓ Amortiguación inundaciones	↓ Relación con el agua

3 Cierre de mina proceso de minería

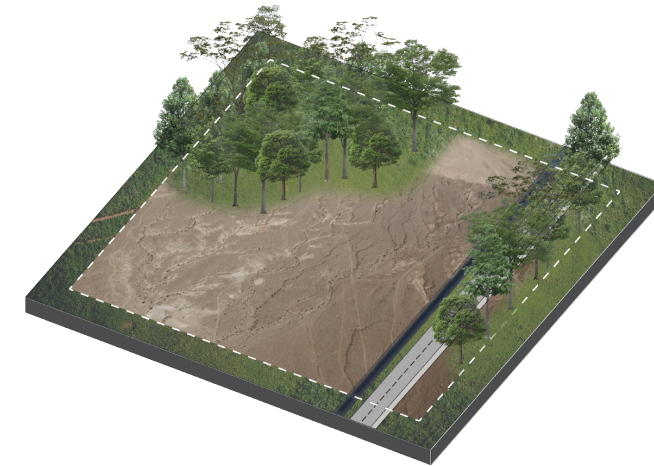


Área lote	1 ha= 10 000 m <sup>2</sup>
Área bosques	3014 m <sup>2</sup>
Zona verde	3014 m <sup>2</sup>
Suelo desertificado	6659 m <sup>2</sup>
Lagunas artificiales	0 m <sup>2</sup>

**Servicios ecosistémicos**

<b>Regulación hídrica</b>	<b>Culturales</b>
↓ Infiltración	↓ Paisaje
↓ Recarga	↓ Espacio público
↑ Escorrentía	↓ Apropiación
↓ Amortiguación inundaciones	↓ Relación con el agua

4 Cierre de mina proceso de minería

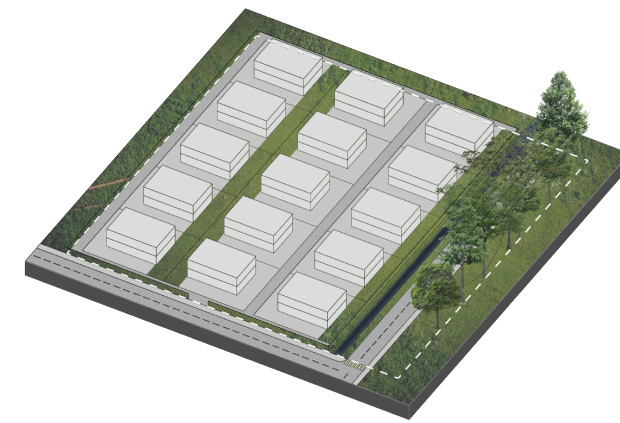


Área lote	1 ha= 10 000 m <sup>2</sup>
Área bosques	2863 m <sup>2</sup>
Zona verde	3063 m <sup>2</sup>
Suelo desertificado	5886 m <sup>2</sup>
Lagunas artificiales	0 m <sup>2</sup>
Vías	600 m <sup>2</sup>
Andenes	150 m <sup>2</sup>

**Servicios ecosistémicos**

<b>Regulación hídrica</b>	<b>Culturales</b>
↓ Infiltración	↓ Paisaje
↓ Recarga	↓ Espacio público
↑ Escorrentía	↓ Apropiación
↓ Amortiguación inundaciones	↓ Relación con el agua

5 Proceso de urbanización



Área lote	1 ha= 10 000 m <sup>2</sup>
Área bosques	380 m <sup>2</sup>
Zona verde privada	1346 m <sup>2</sup>
Zona verde pública	983 m <sup>2</sup>
Lagunas artificiales	0 m <sup>2</sup>
Vías	600 m <sup>2</sup>
Vías privadas	800 m <sup>2</sup>
Andenes	150 m <sup>2</sup>
Viviendas	2250 m <sup>2</sup>
15 viviendas	150 m <sup>2</sup>

**Servicios ecosistémicos**

<b>Regulación hídrica</b>	<b>Culturales</b>
↓ Infiltración	↓ Paisaje
↓ Recarga	↓ Espacio público
↑ Escorrentía	↓ Apropiación
↓ Amortiguación inundaciones	↓ Relación con el agua

» Figura 94. Escenario de transformación del territorio por procesos de minería y urbanización y sus alteraciones en los SE culturales y de regulación hídrica por la minería y urbanización. Fuente: Elaboración propia.

Dicha transformación podría tener como consecuencia el aumento sobre el riesgo por inundación aguas abajo, especialmente en el casco urbano como se ha evidenciado los últimos años, especialmente en periodos niña (Ver siguiente figura). Además, por el cambio en los usos del suelo, la transformación de las coberturas vegetales por unas más impermeables y procesos de ocupación de áreas inundables,

se podría esperar una disminución sobre la capacidad de infiltración, afectando la recarga de acuíferos e incrementando el riesgo tanto por épocas húmedas como secas, y con ello poniendo en riesgo el bienestar humano por los cambios en la disponibilidad de los SE de regulación hídrica (MEA, 2003, P.27).



» Figura 95. Imágenes del municipio de Rionegro bajo los efectos del fenómeno de La Niña. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).

Así pues, cuando confluyen las amenazas naturales, debido a condiciones naturales y la presencia de actividades humanas, ocupando áreas naturalmente inundables y alterando la capacidad del suelo de infiltrar y escurrir, se incrementa y materializa el riesgo cuando es sometido a eventos extremos de precipitación o sequía, derivados de la variabilidad climática.

Como consecuencia de lo anterior, los eventos de inundación y caudales extremos son evidenciados más frecuentemente por los habitantes del casco urbano del municipio de Rionegro, y de continuar con el proceso de ocupación como viene sucediendo, sin tener en cuenta las dinámicas naturales del territorio, podría conducir a la insostenibilidad del valle de San Nicolás y su impacto directo sobre el Valle de Aburrá y la región.

Esta condición no es ajena a otras ciudades como por ejemplo Bogotá, según Semana (19 de mayo de 2011), a lo largo del tiempo se ha visto una gran alteración del suelo y de sus coberturas por la acelerada urbanización, la minería, la deforestación y la intensiva agricultura. Por este cambio en el uso del suelo han transformado los cuerpos hídricos y secado humedales que le permitían al río descansar en intensos periodos de lluvia como el ocurrido en el fenómeno de la Niña de 2011, el cual afectó al 0,75% de la población de Bogotá y ocasionó pérdidas por 30 000 millones de pesos, como se observa en la siguiente figura. Esta condición ha incrementado la vulnerabilidad ante las inundaciones y estas han sido y serán cada vez más frecuentes por el cambio climático.

## Bogotá - Cundinamarca

“Emergencia por el río Bogotá, una de las peores de la historia”  
Revista semana (2011)

“El río tiene memoria y reclama lo suyo”

“Hay que devolverle el terreno robado”



- 60 000 Personas
- 30 000 ha inundadas
- 30 000 millones en daños



“Vivimos dentro de un sistema hídrico frágil. Hemos destruido los humedales que son importantes porque en verano le sirven al río para abastecerse y en invierno le ayudan a expandirse (...) El agua no encuentra donde depositarse y la tierra tampoco puede absorberla porque ahora hay casas” (Semana, 19 de mayo de 2011)

“En 1940 los humedales de la Sabana de Bogotá sumaban 50 000 hectáreas. Hoy quedan menos de 1000 -según la Sociedad Geográfica de Colombia-, de las cuales 671 están en Bogotá.” (Semana, 19 de mayo de 2011)

““Hace 30 mil años, la Sabana de Bogotá era un gran sistema acuático compuesto por lagos, pantanos y humedales. Una superficie de suelo que por su apariencia plana y encharcada empezó a ser desecada por el hombre. Desde entonces se generó el problema que hoy agobia a la ciudad”” (Semana, 19 de mayo de 2011)

» Figura 96. Inundaciones en Bogotá durante el Fenómeno de la Niña de 2011. Fuente: Semana (2011)

De seguir entonces con la tendencia actual de crecimiento y transformación del territorio, Rionegro podría enfrentar eventos similares a los presentados en la sabana de Bogotá y ser un territorio cada vez más vulnerable ante los efectos de la variabilidad y cambio climático

en que efectivamente se ocupa y transforma; prueba de ello es la deteriorada condición de la calidad y cantidad del agua del río Negro, la ocupación de sus cauces, los cambios en coberturas vegetales hacia unas más impermeables, afectando con ello la prestación de SE, especialmente la regulación hídrica y la pérdida del paisaje.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario concluir y notar que si bien han existido procesos intensos de planificación del valle del río Negro a lo largo de la historia, la sola definición y asignación de usos no determina necesariamente la manera

Para concluir, es importante aclarar que el escenario tendencial abordado en esta investigación indica el posible comportamiento de los procesos de minería y urbanización de acuerdo a la planeación y el ordenamiento territorial establecido por la administración municipal, el cual orienta y marca la pauta para el desarrollo y las transformaciones futuras del territorio. Sin embargo, es pertinente resaltar la importancia de realizar el estudio de otros escenarios que incorporen otras variables y criterios económicos, ambientales y sociales, que lleven a la reflexión sobre las posibles implicaciones en la toma de diferentes decisiones sobre la transformación del territorio.

Para ello, se recomienda la revisión e implementación de la metodología de Análisis de Escenarios propuesta por Rincón et al (2016) del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, como un instrumento para la gestión territorial en contextos de conflictos socioambientales y un elemento clave para apoyar la gestión del territorio. Esta metodología al estar estructurada bajo el contexto de la evaluación de sistemas socioecológicos (SEE), permite reflexionar sobre las posibles implicaciones de las diferentes decisiones tomadas en un territorio y evaluar a través de la creación de escenarios participativos entre los actores involucrados las posibles tendencias de desarrollo, lo

que posibilita la toma de decisiones para alcanzar objetivos socioeconómicos y ambientales en miras a promover el bienestar humano.

Esta metodología se ha trabajado para la cuenca del río Orotoy en la Orinoquía, donde confluye una diversidad de intereses económicos, sociales y ecológicos. A su vez, están presentes en el territorio múltiples actores que se relacionan de diferentes maneras con los servicios ecosistémicos, incrementando los conflictos ambientales y la vulnerabilidad social y ecológica, bajo un contexto de cambio climático (Rincón et al, 2016).

Además, dicha metodología puede ser aplicada a territorios similares colombianos, donde existen actores en conflicto, reducidos espacios de participación e inclusión y territorios donde hay una polarización en las visiones de desarrollo y territorio. Por su parte, el análisis de estos escenarios participativos, integran la mirada del conocimiento científico, el tradicional y el local, y puede ser usada por autoridades ambientales, académicos, investigadores, profesionales y líderes comunitarios que buscan gestionar territorios complejos mediante la creación colectiva de escenarios (Rincón et al, 2016).

## Rionegro: un territorio transformado por procesos de minería y urbanización | CAPÍTULO 3

Este capítulo está dividido en tres partes. En una primera parte se detalla y profundiza sobre el proceso de la minería – urbanización, describiendo las diferentes etapas, la normativa asociada, los actores y sus roles, y los impactos y oportunidades más significativos relacionados con los temas de esta investigación. Este análisis se realiza teniendo en cuenta la información obtenida a partir de la revisión normativa, de expedientes y entrevistas a expertos.

En un segundo momento, se pretende resaltar las oportunidades que existen para la prestación de servicios ecosistémicos, especialmente los relacionados con la regulación hídrica y los culturales de los humedales naturales y artificiales como los resultantes del proceso minero que existen actualmente en la región de Valles de San Nicolás. De igual manera, se destaca el papel que puede jugar la minería para la construcción de un territorio más resiliente y adaptado a los efectos de la VCC. Esto se realiza teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y la entrevista a expertos.

En un tercer momento, se realiza un análisis sobre la percepción que tienen los diferentes actores que están presentes en el polígono de estudio sobre los humedales artificiales, a partir de entrevistas y encuestas principalmente.

Todo lo anterior con el fin de describir como suceden actualmente los procesos de minería y urbanización, reconociendo su influencia sobre los bienes y SE de regulación hídrica y culturales e identificando problemas y oportunidades.



Figura 97. Fotografía Rionegro: procesos de minería y urbanización en el río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017).

## Rionegro: un territorio transformado por procesos de minería y urbanización

“Desde hace un tiempo se está convirtiendo en relleno de tierras lo que era hasta hace no mucho, un hermoso humedal, al lado del río Negro en cercanías de la vereda Barro Blanco y Tres Puertas; el cual ha servido de refugio de aves, como patos migratorios o diferentes tipos de garzas. Sea un humedal natural o artificial, no deja de ser lamentablemente el daño ambiental.” (Seguridad en línea, 2018).

### 3.1. Proceso de minería + Proceso de urbanización

Existe una estrecha relación entre el proceso de minería y la urbanización, ambos tienen un papel representativo en la economía colombiana como proveedores y consumidores de materiales de producción respectivamente.

Según consultas realizadas por Ríos (2017) en el portal del DANE entre los años 2000 y 2011, el consumo de materiales de construcción para la fabricación de cementos y hormigones aumentó en un 190% y 310% respectivamente. Dicha tendencia se espera que siga en aumento con los desarrollos viales y de vivienda que tienen estimados en sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de municipios como Rionegro, donde la expectativa de crecimiento demográfico y urbano es grande. En la figura 96, se muestra un análisis realizado por el mismo autor para la demanda de materiales de construcción estimada a partir de la demanda de cemento gris:

Año	Minerales / Materiales para construcción (Millones de toneladas)					
	Caliza	Yeso	Arcilla	Minerales de hierro	Arena	Grava
2014	3,83	3,52	3,32	2,42	2,32	3,73
2015	3,79	3,47	3,28	2,39	2,29	3,68
2016	3,86	3,54	3,35	2,44	2,34	3,75
2017	3,90	3,58	3,38	2,46	2,36	3,79
Total	15,38	14,11	13,33	9,71	9,31	14,95

» Figura 98. Tabla Demanda de materiales de construcción para cemento gris. Fuente: Ríos (2017).

Con el análisis realizado por Ríos (2017), se puede concluir que entre los años 2014 y 2017, se requirieron en total 14,95 y 9,31 millones de toneladas de arenas y gravas, materiales que actualmente son extraídos en el municipio de Rionegro. Cabe resaltar, que las anteriores estimaciones se hicieron solamente para la demanda de cemento gris y los materiales de construcción son además insumos de otros tipos de cemento, concretos, rellenos de estructuras, construcción de vías, drenajes y material filtrante entre otros. Estudios como los realizados por Ríos (2017), evidencian que, aunque existe

una oferta de materiales secundarios, continúa siendo fuerte la codependencia entre el sector de la construcción y el sector minero.

En particular, en el territorio de estudio se han recibido regalías para lo que va de este año, por la extracción de un total de 3452m<sup>3</sup> de arenas y 3542m<sup>3</sup> de gravas, según el Sistema General de Regalías (2018). El Fondo Nacional de Regalías, dispuso de \$11.429.912.774 para la adecuación y mantenimiento de vías secundarias y terciarias para facilitar la comunicación entre los municipios del Oriente antioqueño. Este proyecto sumado a los desarrollos urbanísticos, proyectos de infraestructura y viales, ratifica que ambos procesos se encuentran estrechamente relacionados y en crecimiento.

Por su parte, la actividad minera surge por las condiciones geológicas y geomorfológicas del territorio, asociadas a la dinámica natural del río Negro, que facilitan la acumulación de materiales de construcción (gravas y arenas) fuertemente demandados por el sector constructivo, dispuestos en varios

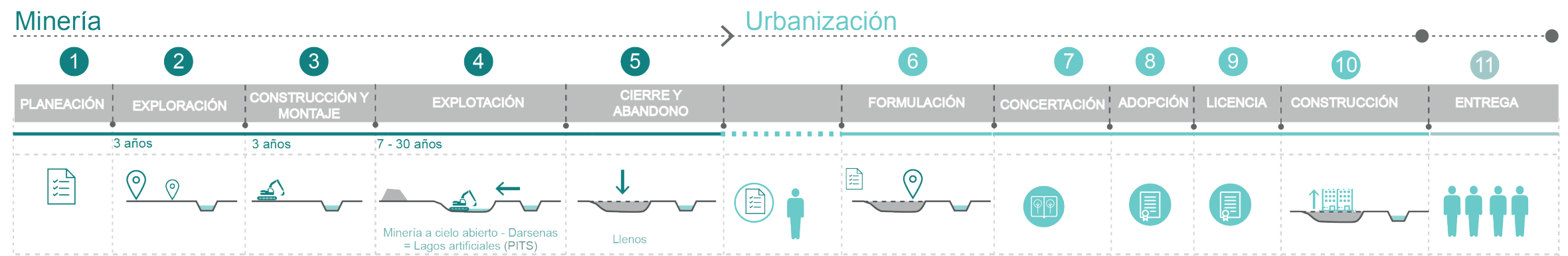
niveles de terrazas, como se detalló en el anterior capítulo. Dichos niveles de terrazas, así como la llanura de inundación del río, conforman a su vez predios muy atractivos por su cercanía con el Valle de Aburrá, sus planicies extensas, paisajes naturales agradables y suelos fértiles para otras actividades como la agricultura.

Rionegro y en general el oriente antioqueño por su dinámica de expansión urbana y las diversas actividades económicas que se dan en conjunto en el territorio, han requerido históricamente de la extracción de materiales de construcción, la cual por características propias de este tipo de minería hace que los mercados estén localizados en la región aprovechando los materiales presentes en la zona producto de los depósitos realizados por el río Negro en su llanura aluvial, minimizando costos de operación y transporte.

El proceso de urbanización también es un proceso recurrente en un municipio como Rionegro que tiene una visión de expandir

y acoger más personas en su territorio, por ello requiere que haya una oferta continua de materiales de construcción. Para este proceso los terrenos que actualmente no están ocupados se dividen en manzanas o parcelas para construir nuevas viviendas y realizar desarrollos urbanísticos. Estas nuevas viviendas, deben de ser dotadas de servicios básicos como agua y electricidad, así como de sistemas de transporte, espacios de recreación y servicios de recolección de residuos sólidos, entre otros, y que a su vez son impulsores de más urbanización.

A continuación, se presenta en la figura 97 un esquema síntesis del proceso minería – urbanización, dicho esquema se presenta secuencial pues como se muestra en esta investigación los dos procesos se articulan de facto sobre el territorio. Posteriormente se detallan cada una de las etapas, resaltando en ellas los principales problemas y oportunidades relacionados con el tema de esta investigación, sus actores y la normativa que los regula.



» Figura 99. Proceso de minería y urbanización. Fuente: elaboración propia

## Proceso de minería

### 1 Etapa planeación

La primera etapa del proceso minero es la planeación (figura 98), una vez se identifica un terreno con condiciones geológicas y geomorfológicas aptas para la minería, se solicita ante la autoridad minera, que para el caso de Antioquia es la Secretaría de Minas del departamento, un contrato de concesión para la extracción de materiales de construcción, arenas o gravas. Posteriormente, la autoridad avala que el área se encuentre en una zona susceptible de ser concesionada

(teniendo en cuenta determinantes ambientales, zonas de comunidades, disposiciones de los POT y solicitudes o títulos mineros previos), verifica los requerimientos del solicitante entre ellos la capacidad económica y otorga el título minero, el cuál es un contrato entre el titular y el estado con el cuál se compromete además a adquirir pólizas y efectuar pagos de canon superficiario y regalías cuando se encuentre en explotación.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Suscripción de contrato - RMN	Autoridad Minera Operador minero	Ley 685 de 2001 C 389 de 2016 D2655 de 1988 (derogado)
<b>Problemas</b>	Intereses de diferentes actores Expectativas en el valor del suelo	
<b>Oportunidades</b>	Línea base, condiciones iniciales del territorio	

» Figura 100. Proceso de minería, etapa planeación. Fuente: elaboración propia.

Para el caso en concreto del polígono de análisis, esta etapa ya fue dada, y allí se encuentra título minero con código C5185005, con vigencia hasta el año 2036, el cual se rige por el Decreto 2655 (anterior código de minas actualmente derogado), el cual le confiere al concesionario el derecho exclusivo de extraer los materiales otorgados, realizar las obras necesarias para el desarrollo y el montaje de la explotación, beneficio y transporte. Los trabajos deben de ser desarrollados en los tiempos establecidos en el Plan de Trabajos e Inversiones realizados (PTI). La norma en mención no contempla la opción de prórroga del contrato. Este título minero se encuentra vigente y debido al principio de legalidad es reconocido por el estado, al ser nacido y perfeccionado con anterioridad a la ley 685 de 2001 (código de minas vigente).

Código del expediente	C5185005
Clasificación actual	Título
Modalidad actual	Contrato de concesión (D 2655)
Fecha de contrato	10/02/2003
Inscripción en registro minero nacional (RMN)	04/06/2003
Estado jurídico actual	Título vigente - en ejecución
Grupo de trabajo	Gobernación de Antioquia
Duración total	33 años - 396 meses
Razón social	Hector Cardona, Bernardo Arbeláez, Constructora y clasificadora de materiales para la construcción limitada
Mineral otorgado	Arenas, gravas
Municipio asociado	Rionegro (Antioquia)
Porcentaje de participación del municipio	100
Área definitiva (ha)	564,7

» Figura 101. Tabla información título minero C5185005. Fuente: Catastro Minero Colombiano (2018).

En la figura 99, se encuentra la consulta realizada al catastro minero colombiano el día 4 de octubre de 2018.

Se resalta en esta etapa como impacto más significativo relacionado a los temas de esta investigación, la diversidad de actores e intereses. Además, que es una etapa en donde los propietarios de los predios que no necesariamente son los beneficiarios del título pueden especular sobre el valor del suelo, sin embargo, es una etapa en la que no se puede incidir ya que esta ya ocurrió sobre el territorio.

### 2 Etapa exploración

Una vez se otorgue el título minero comienza una etapa de prospección o exploración en superficie (figura 100), para la cual se realiza una exploración geológica en búsqueda de materiales de construcción con el fin de delimitar zonas con presencia, cantidad y calidad de los materiales, para ser evaluadas mediante técnicas de muestro y ensayos de laboratorio. Con los estudios realizados en esta etapa, es

posible conocer las características geológicas del depósito, dimensiones, estructura, contenido y la localización de zonas de mayor interés económico. En esta actividad exploratoria, se les informa a los propietarios del predio de la actividad y se busca que llegue a un acuerdo con el titular minero y éste deje el terreno en las condiciones que lo encontró, así las intervenciones sean mínimas como en el caso de un apique.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Identificación de zonas de interés Cuantificar recursos	Autoridad Minera Operador minero	Ley 685 de 2001 Guías Minero Ambientales D2655 de 1988 (derogado)
<b>Problemas</b>	Intereses de diferentes actores Expectativas en el valor del suelo	
<b>Oportunidades</b>	Definición de puntos de explotación	

» Figura 102. Proceso de minería, etapa exploración. Fuente: elaboración propia.

Se realizan estudios de prefactibilidad y factibilidad minera, evaluación previa al proyecto, se estructura un plan de trabajo, con costos basados en datos físicos y experimentales, se tienen en cuenta variables como la oferta y demanda de los materiales de construcción inicialmente para Rionegro y sus municipios aledaños. Con los resultados de este estudio, se decide si es viable o no un proyecto y si se requieren estudios más detallados. Al realizar el estudio de factibilidad minera se recopila la información que se tiene desde el descubrimiento del yacimiento hasta la exploración más detallada, se realiza

el planeamiento minero en las zonas de interés económico, se diseña la explotación, se realizan proyecciones del volumen de material a extraer y su calidad. En esta etapa al evaluarse la viabilidad económica del proyecto, se toman decisiones relacionadas con inversión y financiación.

El resultado final de esta etapa son zonas de interés delimitadas, en conjunto con unas reservas o recursos mineros potenciales de ser explotados.

### 3 Etapa construcción y montaje

En la siguiente etapa construcción y montaje (figura 101) se realiza la compra de equipos y la construcción de la infraestructura necesaria para realizar la explotación de los materiales de construcción. En esta etapa o fase, se requiere que el titular minero allegue antes del vencimiento de esta, el plan de trabajos y obras PTO, como parte de sus obligaciones. Para los títulos con régimen 2655, se solicitaba al titular minero

un plan de trabajo e inversiones, caso del título 5185 ubicado sobre el polígono de estudio. Esta etapa constituye el plazo máximo para que se apruebe la licencia ambiental en la que se establecen los términos para que el titular minero realice su explotación, así como sus actividades de cierre y abandono.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Compra de equipos y adecuación de infraestructura Instrumento ambiental	Autoridad Minera - Autoridad ambiental - Operador minero	Ley 685 de 2001 Guías Minero Ambientales Licencia ambiental 1310184 de 2012, Acuerdo 02 de 2018 Acuerdo 250
<b>Problemas</b>	No son significativos	
<b>Oportunidades</b>	No son significativos	

» Figura 103. Proceso de minería, etapa construcción y montaje. Fuente: elaboración propia.

Para el caso en particular del título minero sobre el polígono de análisis CORNARE, como autoridad ambiental expidió desde el año 2012 en la Resolución No. 131 0184 la licencia ambiental del mismo, por el tiempo que dure la explotación, es decir hasta el año 2036. En esta se expresa claramente que

debe realizarse un retrolenado de las celdas de explotación y no podrán explotarse áreas dentro de la ronda hídrica declaradas en el Acuerdo 250 de 2011, como áreas de protección y conservación ambiental.

#### 4 Etapa explotación

Posteriormente comienza la etapa de explotación y producción (figura 102 y figura 103) que se realiza para generar ganancias económicas derivadas del proceso minero, acá se extraen los materiales de construcción (gravas y arenas) según el planeamiento minero realizado en el PTO y teniendo en cuenta los lineamientos indicados en la Licencia Ambiental. Allí se

realizan actividades de beneficio y transformación de las gravas y arenas, obteniendo productos como: afirmados, arenas, mezclas asfálticas y triturados, para ser comercializados. Adicionalmente, se preparan nuevas zonas para una futura extracción de material y las zonas que pasan a una etapa de cierre y abandono.



» Figura 104. Proceso de minería, etapa explotación. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la licencia ambiental del título minero, la extracción del material se da en profundidades promedio de 5 – 5,50 metros, realizando un arranque mecánico del material por medio de retroexcavadoras y cargando en volquetas que

finalmente disponen el material en una planta de beneficio para arenas y triturados que posee el título minero, como se observan en las siguientes figuras.

#### Fotografías proceso de minería Etapa explotación



Extracción minera título C5185



Planta de beneficio y transformación título C5185

» Figura 105. Fotografías proceso de minería, etapa explotación. Fuente: elaboración propia.

Esta etapa corresponde a una de las etapas más impactantes del proceso minero, aquí se remueve el material de los depósitos aluviales para su aprovechamiento, alterando la estructura del suelo, la compactación, infiltración y escorrentía. Adicionalmente durante la fase de explotación el acceso al río o cuerpos de agua presentes en la ronda hídrica es restringido, deteriorando la relación y el sentido de pertenencia de la comunidad con los mismos. Sin embargo, en esta etapa se resalta como principal oportunidad que es acá donde debido al proceso minero se realizan depresiones en el suelo en las

celdas activas de explotación, que podrían ser aprovechadas para construir humedales artificiales que favorezcan la prestación de SE.

Es importante aclarar que, si bien esta fase es la más extensa y puede durar entre 7 a 30 años, la explotación no se realiza simultáneamente sobre todos los predios del área del título, estas exploraciones son realizadas de manera puntual, aprovechando todo el material existente en las celdas de explotación para dar paso al cierre y abandono.

#### 5 Etapa cierre y abandono

El cierre y abandono (figura 104 y figura 105) es la etapa final del proceso minero, el objetivo de esta etapa es entregar el terreno en igual o mejores condiciones a las anteriores a la explotación minera. Para ello se hace uso de los estériles extraídos para llenar las celdas una vez termine su explotación,

y dar cumplimiento a los lineamientos de la licencia ambiental. Adicionalmente, se conserva la capa de suelo orgánico con el fin de hacer una reimplantación de vegetación y una reforestación.



» Figura 106. Proceso de minería, etapa cierre y abandono. Fuente: elaboración propia.

#### Fotografías proceso de minería Etapa cierre y abandono



Cierre de mina título C5185

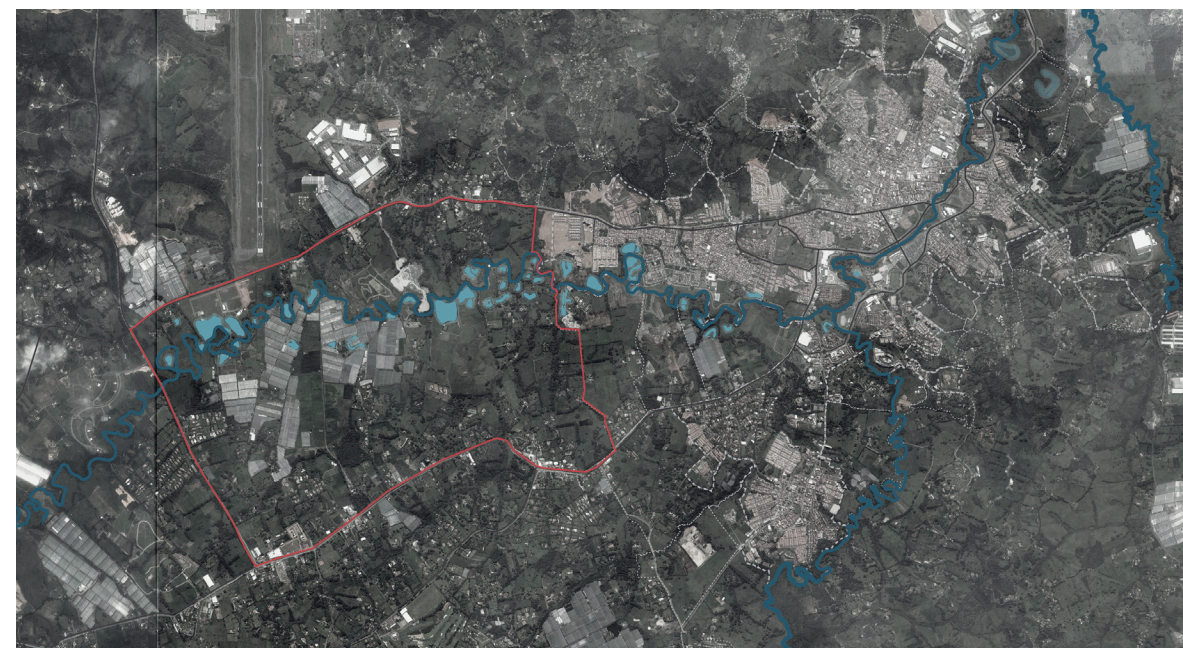


Cierre de mina título C5185

» Figura 107. Fotografías proceso de minería, etapa cierre y abandono. Fuente: elaboración propia.

Es muy importante resaltar, que las condiciones en las que el operador minero entrega el predio una vez fue explotado obedecen a unos lineamientos dados desde la licencia ambiental y el PTO, además de una concertación con el propietario del mismo.

En décadas previas, anteriores al año 2000, no existía por parte de los entes de control regulaciones acerca de esta



■ Río Negro  
■ Lagos artificiales  
■ Polígono de estudio

» Figura 108. Lagos artificiales producto de la actividad minera en la llanura de inundación del río Negro. Fuente: elaboración propia con base en Google earth y Concejo de Rionegro (2018)

etapa del proceso, razón por la cual muchas de las actividades mineras realizadas no contaban con un proceso de cierre y abandono, ello dejó como consecuencia en el territorio algunas depresiones que se llenaron de agua y se establecieron ecosistemas asociados a estos cuerpos de agua. En la figura 106 se resaltan antiguas celdas de explotación convertidas en lagos artificiales.

Para ello es fundamental articular los intereses de la autoridad ambiental, el operador minero y propietario.

Si bien esta etapa representa el último momento en el proceso de minería, esta investigación ha identificado que específicamente sobre el corredor del río Negro, el proceso de minería está de facto articulado con el proceso de urbanización, en el que una vez termina la extracción, el cierre y abandono es concertado con el propietario, quien en muchas ocasiones es quien urbaniza.

formulación de los Planes parciales, y que en este momento sucede sobre el área de expansión urbana del municipio en el corredor del río Negro.

los predios delimitados, condicionantes técnicos y la normatividad asociada. Para dar respuesta a la solicitud la autoridad competente, en el caso de Rionegro la Secretaría de Planeación deberá pronunciarse y notificarles a los interesados el área, determinantes ambientales, afectaciones, áreas de interés cultural o patrimonial y las normas que apliquen al plan.

### Proceso de urbanización

A continuación, se describen cada una de las etapas que conforman el proceso de urbanización, tomando como referencia el proceso de urbanización que parte de la

#### 6 Etapa formulación

La primera etapa del proceso de urbanización (figura 107), a partir de planes parciales, comienza cuando estos son formulados. Dichos planes pueden ser elaborados por autoridades, comunidades o particulares interesados según los lineamientos del POT. En esta etapa de formulación se realiza la solicitud del plan parcial, la cual debe especificar

» Figura 109. Proceso de urbanización, etapa formulación. Fuente: elaboración propia.

	DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
	Determinantes Formulación y radicación Información pública Revisión	Urbanizador - Planeación	PP: Decreto 2181 de 2006 Acuerdo 02 de 2018 Ley 388 de 1997
Problemas	Prohibición de construcción de lagos artificiales		
Oportunidades	Modelo de ocupación que tenga en cuenta espacio público, paisaje y servicios ecosistémicos. Instrumentos de gestión del suelo Ley 388/1997 Nueva guía de delimitación de rondas hídricas Río y lagos como estructurantes naturales y de espacio público Adopción lineamientos de urbanización sensible al agua		

Inicialmente el urbanizador o el propietario del predio, identifica una necesidad de vivienda insatisfecha y atractores en el paisaje, para un público objetivo susceptible de adquirir las construcciones que vayan a ser realizadas. Comienza a organizar y estructurar su proyecto de vivienda, con el cual también deberá realizar una adecuada planeación incluyendo estudios de factibilidad y estudios técnicos en el terreno a ser urbanizado, con los que se pretende analizar además de los costos y ganancias del proyecto, las condiciones normativas generales y las condiciones físicas tales como geología, suelos, climatología e hidrología. Allí se identifican los diferentes determinantes ambientales y patrimoniales de una región, así como las consideraciones y disposiciones generales para el momento de solicitar una licencia de construcción.

Como parte de los insumos necesarios para la formulación de planes parciales que permitan realizar un aprovechamiento de la zona y aumentar la oferta de vivienda en un territorio en expansión, se requieren además los sistemas de redes, alcantarillados y accesos o vías entre otros.

En esta etapa se resalta como principal problema, la prohibición por parte de la aeronáutica civil de la construcción de lagos artificiales. Sin embargo, durante el proceso de formulación de los planes parciales los diferentes actores pueden concertar y conciliar sobre nuevos modelos de ocupación del territorio, que

#### 7 Etapa concertación

Una vez los planes son formulados, deben ser concertados con la autoridad ambiental (figura 108), específicamente para aquellos que contemplan obras que requieran licenciamiento ambiental. En la concertación se requiere precisar y delimitar suelos de protección o ecosistemas estratégicos y/o que se encuentran contenidos en áreas de amenaza y riesgo identificadas en el POT. En el caso concreto del polígono

contemplan y aseguren espacio público, paisaje y la provisión de SE. De igual manera, es posible apoyarse en los diferentes instrumentos de gestión propuestos en la Ley 388 de 1997 para la viabilización de dicho modelo. Adicionalmente, la nueva guía para la delimitación de rondas hídricas expedida (Min Ambiente, 2017) obliga a todas las autoridades ambientales a incorporar los paleocauces y con ello ampliar, posiblemente, la actual ronda hídrica. Con ello se logrará una mayor área de conservación y protección ambiental que puede ser incorporada al espacio público del municipio.

Una vez los planes son formulados, deben ser concertados con la autoridad ambiental, específicamente para aquellos que contemplan obras que requieran licenciamiento ambiental. En la concertación se requiere precisar y delimitar suelos de protección o ecosistemas estratégicos y/o que se encuentran contenidos en áreas de amenaza y riesgo identificadas en el POT. En el caso concreto del polígono de estudio, al encontrarse continuo al río esta etapa es indispensable, ya que además de estar presente el cuerpo de agua, se encuentran en una zona definida en el POT como inundable y probablemente inundable, lo que obliga a los constructores a adoptar en sus diseños medidas de mitigación y protección.

En este sentido, se destaca como oportunidad la presencia del río como estructurante natural del territorio.

de estudio, al encontrarse continuo al río esta etapa es indispensable, ya que además de estar presente el cuerpo de agua, se encuentran en una zona definida en el POT como inundable y probablemente inundable, lo que obliga a los constructores a adoptar en sus diseños medidas de mitigación y protección. En este sentido, se destaca como oportunidad la presencia del río como estructurante natural del territorio.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Concertación autoridad ambiental	Urbanizador - Autoridad ambiental	PP: Decreto 4300 DE 2007 Acuerdo 02 de 2018 Ley 388 de 1997
<b>Problemas</b>	Prohibición de construcción de lagos artificiales	
<b>Oportunidades</b>	Lagos artificiales como humedales Delimitación de humedales actuales y futuros río y humedales como estructurales naturales. Regulación desde la autoridad ambiental para la implementación de lineamientos de urbanización sensible al agua	

» Figura 110. Proceso de urbanización, etapa concertación. Fuente: elaboración propia.

En esta etapa la oportunidad más importante, y que podría ayudar a resolver el problema identificado se genera en la medida en que se realicen nuevas investigaciones más detalladas y profundas acerca de la capacidad real de los humedales artificiales, producto de la minería, como

reguladores hidrológicos, además de cuantificar los impactos positivos sobre los SE, ello fortalecería las bases técnicas para el establecimiento de nuevos humedales sobre el territorio y su aporte en la disminución del riesgo por VCC.

### 8 Etapa adopción

Una vez se haya evaluado que un proyecto cumple con los requisitos técnicos y de ley adecuados, se pasa a la etapa de adopción (figura 109) en la cual las autoridades de planeación tienen un plazo establecido de 15 días para consolidar y

presentar el proyecto para su adopción mediante decreto por parte del alcalde. La vigencia del plan parcial será la determinada por el decreto de adopción.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Decreto de adopción	Urbanizador - Alcaldía	PP: Decreto 4300 DE 2007 Acuerdo 02 de 2018
<b>Problemas</b>	No son significativos	
<b>Oportunidades</b>	No son significativos	

» Figura 111. Proceso de urbanización, etapa adopción. Fuente: elaboración propia.

### 9 Etapa licencia

Posterior a la adopción del Plan Parcial y dependiendo de la actuación urbanística que se vaya a realizar en el territorio (urbanización, parcelación, subdivisión, construcción e intervención y ocupación del espacio público), se solicita

una autorización o licencia (figura 110) a un curador urbano o autoridad municipal competente, cumpliendo con las disposiciones del POT y las normas del gobierno nacional.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Licencias de construcción	Urbanizador - Planeación	PP: Decreto 564 de 2006 Acuerdo 02 de 2018
<b>Problemas</b>	No son significativos	
<b>Oportunidades</b>	Regulación de cumplimiento de lineamientos de urbanización sensibles al agua para ser incorporados como requisito al licenciamiento.	

» Figura 112. Proceso de urbanización, etapa licencia. Fuente: elaboración propia.

Con los diseños arquitectónicos y de infraestructura se buscan satisfacer las necesidades de los usuarios, se diseñan las edificaciones de acuerdo con las densidades permitidas por el POT y el tratamiento paisajístico, la distribución de usos y espacios para el disfrute de los habitantes. Para el caso del polígono de estudio son comunes las parcelaciones y unidades residenciales, se destacan: Campus Natural, Lotus y Forest.

Es importante resaltar, que esta etapa ofrece la oportunidad de definir unos lineamientos para la urbanización, establecidos por planeación municipal y que se articulen con criterios de ciudades sensibles al agua; y promover su adopción como requisito para el licenciamiento.

### 10 Etapa construcción

Una vez aprobadas las licencias de construcción, con los diseños arquitectónicos se procede a ejecutar, es decir a realizar la infraestructura propuesta y planificada para la adopción del plan parcial. Se realizan las actividades correspondientes

de preparación del terreno, cimentación, estructuración, instalaciones de redes, acabados y urbanización entre otros (ver figura 111 y figura 112).

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Construcción de obras.	Urbanizador	N.A
<b>Problemas</b>	Cambios en la cobertura vegetal, alteración del paisaje natural, alteración en infiltración y escorrentía, alteración en calidad de agua, alteración cauce natural del río poco acceso al río, alteración sobre la recarga de acuífero ocupación llanuras de inundación, incremento inundación Pérdida de accesos al río	
<b>Oportunidades</b>	Implementación de lineamientos de urbanización sensible al agua	

» Figura 113. Proceso de urbanización, etapa de construcción. Fuente: elaboración propia.

### Fotografías proceso de urbanización Etapa construcción



» Figura 114. Fotografías proceso de urbanización, etapa construcción. Fuente: Fotografía 1: recuperada de [http://www.lotuscasas.com/avances\\_obra\\_lotus\\_casas\\_rionegro\\_antioquia.php](http://www.lotuscasas.com/avances_obra_lotus_casas_rionegro_antioquia.php). Fotografía 2: elaboración propia.

En esta etapa es donde se dan los mayores impactos sobre los ecosistemas, toda vez que se altera la cobertura vegetal y el paisaje, y con ello se afecta la infiltración, escorrentía, recarga de acuífero y demás SE mencionados en esta investigación. De igual manera, y dependiendo del tipo de urbanización que suceda es posible que se pierda por completo el acceso al río y cuerpos de agua.

### 11 Etapa entrega y uso

La entrega y el uso corresponden a la etapa final del proceso de urbanización (figura 113), en ella el urbanizador entrega la vivienda a los nuevos propietarios y se establece una nueva relación de estos con el territorio. Si el modelo de urbanización

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
Apropiación	Propietarios	N.A
Privatización del río y lagos		
Relación actual de la comunidad con los cuerpos de agua (río y lagos artificiales)		

Sin embargo, si el modelo de ocupación contempla criterios de ciudades sensibles al agua, estos espacios serían el eje primordial para el sistema de espacio público del municipio y es donde obedecen los procesos de apropiación de cuerpos de agua y ecosistemas asociados por parte de la comunidad.

De otra parte, se resalta en esta etapa que actualmente sobre el territorio hay evidencia sobre la actual relación que existe sobre la comunidad sobre el río y lagos, pero que ha ido perdiendo fuerza a medida que el proceso de urbanización avanza sobre el territorio y que se profundiza más adelante en este capítulo.

Como conclusión de este primer momento, es importante resaltar que los dos motores de cambio sobre el territorio pueden suceder tanto independiente, en paralelo o consecutivamente. Estos procesos además generan impactos sobre los SE de regulación hídrica y culturales, sin embargo, debido a las tendencias de crecimiento son inevitables. Para ello se desatacan las principales oportunidades sobre

Para el caso en concreto del territorio de análisis, se observa como sobre el territorio los anteriores lagos artificiales están siendo llenados para satisfacer la demanda de los urbanizadores, incrementado con ello los anteriores problemas descritos, y que serán explicados más detalladamente más adelante en este capítulo.

corresponde a una ocupación dispersa con predominio de parcelaciones, es posible que se dé una privatización de las llanuras de inundación del río y esto vaya en detrimento de la relación de la comunidad con este sistema estructurante.

los mismos con el fin de diseñar, en el siguiente capítulo, estrategias y herramientas que permitan disminuir los problemas y aprovechar las oportunidades.

Como principal problema se destaca la afectación sobre los SE de regulación hídrica, tanto en la minería por el cambio en la estructura del suelo y el proceso de cierre y abandono, como en el proceso de urbanización, lo que incrementa el riesgo por VCC. A su vez, se resalta la pérdida de servicios culturales que ofrecen los cuerpos de agua y humedales por el proceso de urbanización.

Sin embargo, sobresalen los humedales artificiales como principal oportunidad que ofrece el proceso de minería y que el proceso de urbanización puede aprovechar para incorporarlos al espacio público de municipio, si se tiene en cuenta modelos de urbanización sensible al agua y que pudieran ser clave para beneficiar los SE en el territorio.

» Figura 115. Proceso de urbanización, etapa entrega y uso. Fuente: elaboración propia.

## 3.2. Humedales artificiales: Una oportunidad para la prestación de servicios ecosistémicos y la adaptación a la VCC en el Valle del río negro

Como se detalló previamente, de la descripción de los procesos de minería y urbanización que suceden en el territorio se concluye que los SE de regulación hídrica y culturales están siendo afectados de manera negativa. Sin embargo, en esta sección del capítulo se profundizará acerca de la oportunidad que dicho proceso ofrece para construir humedales artificiales que compensen esta pérdida.

Para ello, lo primero que se realiza es una aproximación conceptual sobre los humedales y los SE que estos brindan. En este sentido y después de revisar diferentes discusiones relacionadas con la conceptualización de lo que es un humedal para Colombia, Vilarity et al (2014) llegan a una definición aceptada para la academia y para los entes de control, y los define como: "ecosistemas que, debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas permiten la acumulación de agua temporal o permanentemente y dan lugar a un tipo característico de suelo y/o organismos adaptados a estas condiciones" (p.20). Esta definición incluye a humedales naturales o artificiales como lagos, pantanos, lagunas, embalses, entre otros.

Esta biodiversidad adaptada hace referencia a las plantas acuáticas y terrestres, comunidades hidrobiológicas, peces, anfibios y aves, que habitan y se encuentran asociados a las condiciones de un ecosistema. Estos se relacionan de manera interdependiente, y la diversidad de hábitos en estos organismos asociados responden a los factores físicos como el tipo de origen del humedal, las características fisicoquímicas del agua, la geomorfología y el tipo de hidrología (Quijano et al, 2018). La biota, y en especial la vegetación, responden y se adaptan a los cambios en los flujos de agua, sedimentos y nutrientes (Vanegas, 2014).

Por su parte, la vegetación adaptada (a los pulsos de inundación y a la geomorfología) a las planicies de inundación juega un papel importante en la retención de los sedimentos que son transportados por los cuerpos de agua (Casco et al, 2005 citado en Vanegas, 2014). Sedimentos que, a su vez, constituyen la mayor fuente de nutrientes y direccionan, en gran medida, la dinámica de la flora en los humedales.

Igualmente, Vilarity et al (2014) resaltan el carácter dinámico de los humedales y su relación con el clima, las temporadas de lluvias y sequías, respondiendo a los pulsos de las inundaciones y las crecidas de los ríos y afluentes. Este comportamiento permite establecer la conexión entre los ríos, humedales y áreas terrestres al igual que con las aguas subterráneas. Dicha conexión permite mantener un equilibrio hidrológico para los diferentes componentes del sistema.

Según lo descrito anteriormente en relación con la aproximación conceptual sobre los humedales y los SE que estos brindan, se presenta a continuación de manera esquemática el concepto de humedal y su relación con la sociedad:



» Figura 116. Conceptualización esquemática de humedal. Fuente: elaboración propia.

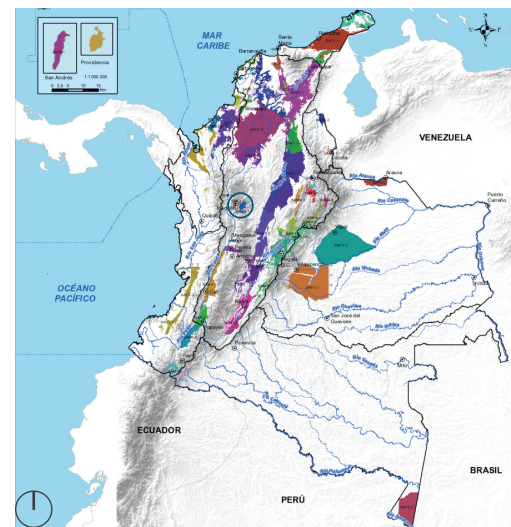
Además, estos ecosistemas estratégicos Vilarity et al (2014) los define como sistemas socio-ecológicos, es decir que tienen una estrecha relación los elementos naturales con la sociedad a través de la prestación de SE. Para comprender estos servicios, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) elabora una lista de los beneficios que brindan los humedales a la sociedad, entre ellos y para esta investigación se resaltan los de regulación hidrológica (caudal de los ríos, aguas subterráneas, control de inundaciones) y los culturales:



» Figura 117. Esquema servicios ecosistémicos de los humedales. Fuente: elaboración propia con base en Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005).

Para el caso en concreto del altiplano del Oriente Antioqueño, sus condiciones geomorfológicas e hidrológicas características han dado como resultado la presencia de estos ecosistemas sobre el valle del río Negro, cuyo origen ha sido tanto natural como artificial. El río Negro ha sido un protagonista que ha moldeado el paisaje del altiplano. Debido al carácter meándrico que tiene en el valle, a lo largo del tiempo geológico se han ido depositando terrazas aluviales, cuyos niveles superiores corresponden a una dinámica de crecientes antiguas (Durango, 1975) y las más recientes conforman la denominada ronda hídrica.

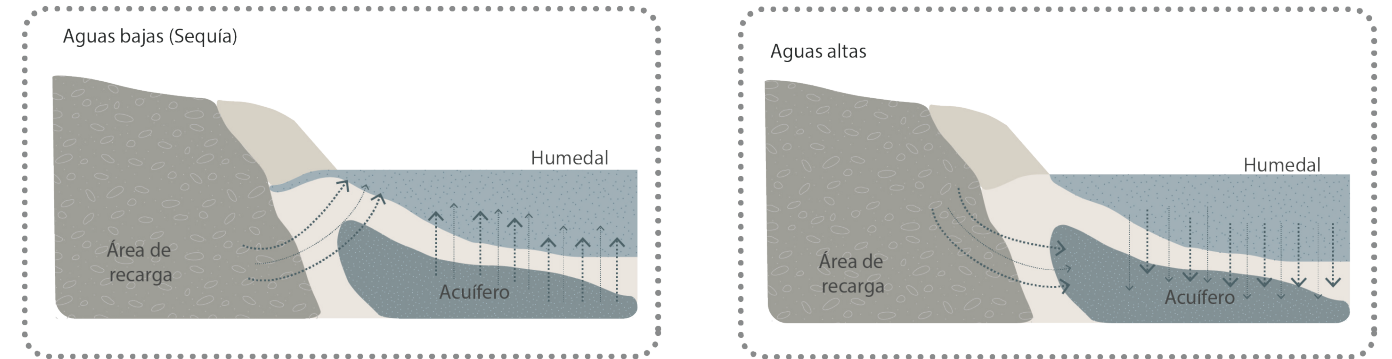
Dichas planicies (terrazas) aluviales se asocian naturalmente a humedales, ya que evidencian las crecientes y caminos que tuvo el río en algún momento. Además, el tipo de suelo favorece la retención y acumulación de agua en el suelo. Los depósitos aluviales son materiales permeables con gran potencial para acumular agua, constituidos por gravas y arenas principalmente y bajo contenido de arcillas y limos. Estos depósitos fueron catalogados como la principal unidad hidrogeológica del valle de San Nicolás (Quijano et al, 2018). Adicionalmente, el IDEAM (2014) los cataloga como el sistema de acuífero del Valle de San Nicolás y la Unión, ver siguiente figura.



» Figura 118. Mapa del sistema Nacional de Acuíferos. Fuente: IDEAM (2014).

Este tipo de formación geológica permite el flujo y almacenamiento de agua de forma bidireccional. En épocas de sequía es el acuífero el que sostiene a la naturaleza aportando

sus aguas al humedal superficial, en épocas de lluvias es el humedal el que aporta agua al acuífero favoreciendo con ello los procesos de recarga. Ver la figura 117..



» Figura 119. Esquema Flujo y almacenamiento de agua en los humedales y acuífero. Fuente: Betancur, 2015.

Por su parte el Instituto Alexander von Humboldt realizó un estudio en el 2015 en el que constata que la mayoría de los humedales en Colombia se encuentran directamente sobre los acuíferos, y evidencia una estrecha relación entre ellos (Betancur, 2015); por ende, cualquier alteración en uno de ellos afectaría el equilibrio y balance del otro. En el caso concreto del Valle de San Nicolás, las planicies aluviales son ricas en

humedales. “Sus depósitos aluviales son al mismo tiempo acuíferos con grandes cantidades de agua disponible para llenar cualquier depresión” (Quijano et al, 2018, p.43). Ello se ve reflejado en la delimitación del acuífero y su área de recarga de alta importancia establecida en el POMCA del río Negro (CORNARE, 2017), como se observa en la siguiente figura:

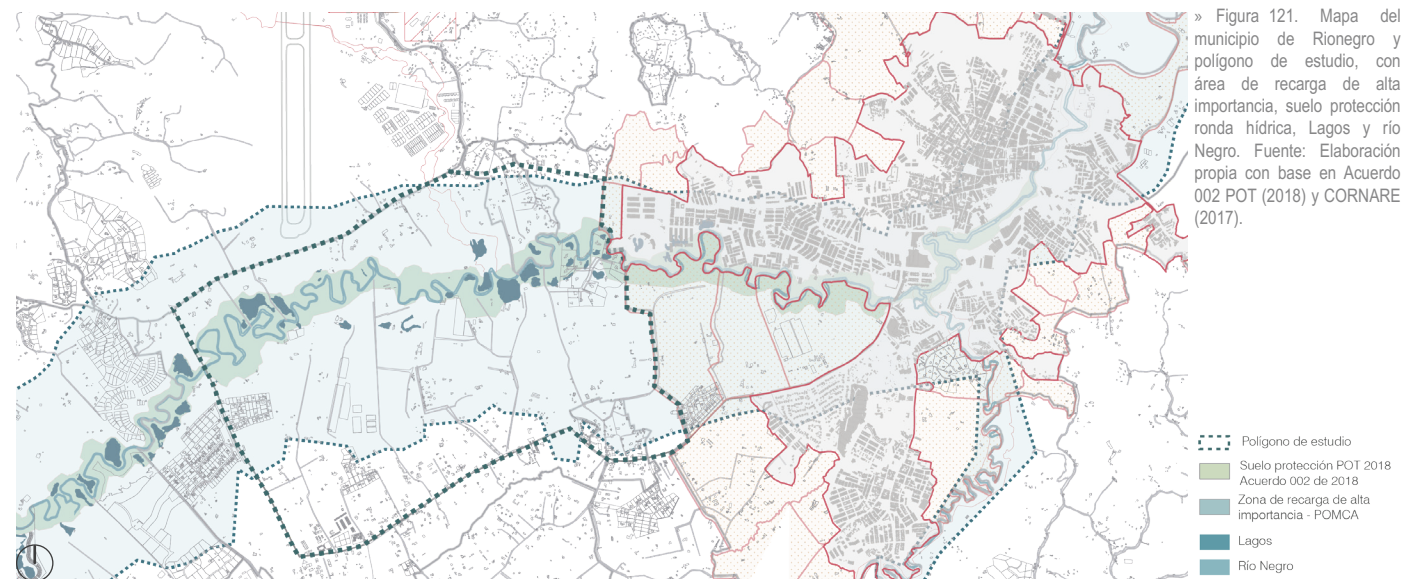
- Drenajes
- Embalses
- Acuífero
- Área de recarga de alta importancia



» Figura 120. Mapa de la cuenca del río Negro, acuífero y zona de recarga de alta importancia. Fuente: Elaboración propia con base en CORNARE (2017).

De acuerdo a lo anterior, al hacer un acercamiento al polígono de estudio, como se observa en la siguiente figura, este territorio cuenta en su mayoría con áreas de recarga de alta

importancia del acuífero de Valles de San Nicolás y La Unión, por lo cual es un lugar estratégico para asegurar y beneficiar la recarga del mismo.

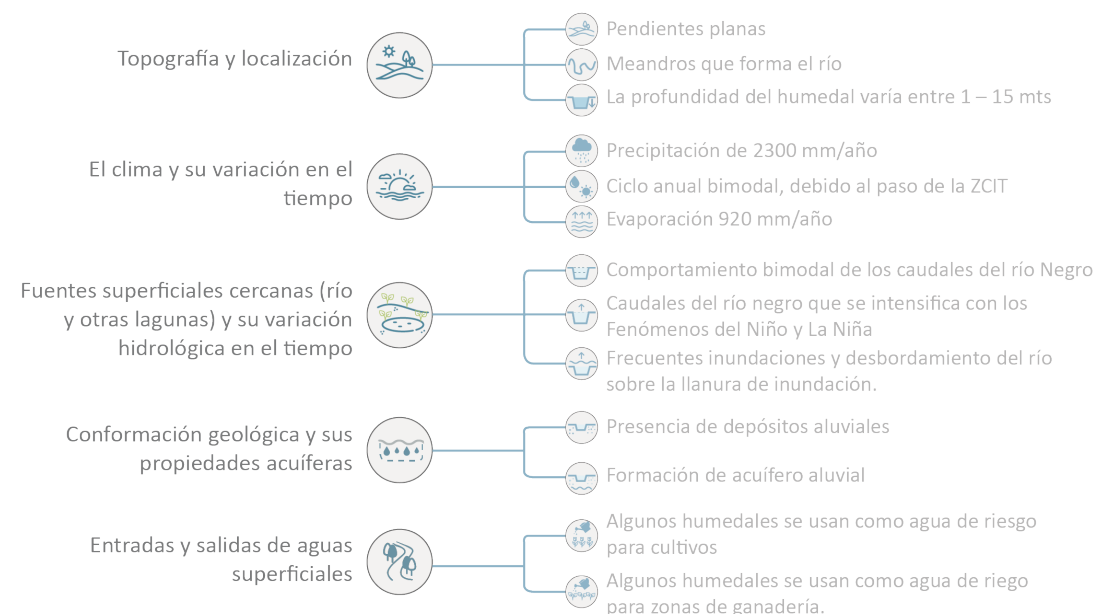


De igual manera, es importante resaltar que las dinámicas y los pulsos de inundación periódicos del río, debido al carácter bimodal en la precipitación por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), sumado a fenómenos de variabilidad climática como El Niño y La Niña, traen desbordamientos que alimentan las planicies y conforman nuevos humedales. A su vez, “los niveles en el acuífero aluvial dependen de sus interconexiones con el río, de su permeabilidad y de lo que se infiltre en el terreno” (Quijano et al, 2018, p.44).

al (2014). Para ello enuncia las diferentes características presentes en el altiplano que le permiten acceder al título de humedales, como la presencia de unas geformas particulares con relieves planos o deprimidos, vegas y llanuras aluviales, la presencia del acuífero, los drenajes, cuerpos de agua, tipo de suelo, vegetación y fauna acuática y terrestre asociada, que posibilitan la prestación de servicios ecosistémicos.

El estudio hace un listado con los factores que se deben tener en cuenta a la hora de comprender y delimitar un humedal, en cuanto a las características hidrológicas y geomorfológicas y los contrasta con la realidad del territorio, como se puede ver en la siguiente figura:

Adicionalmente, Quijano et al (2018) en su estudio sobre los humedales del Valle de San Nicolás, tuvo en cuenta la conceptualización de humedales realizada por Vilardy et



En dicho estudio, además de establecer claramente las llanuras de inundación como humedales, prioriza 13 humedales para su caracterización, encontrando en estos 367 especies de flora y fauna, discriminadas así: 50 de flora, 65 fitoplancton, 110 especies de zooplancton, 99 especies de macroinvertebrados, 9 especies de peces, 5 especies de anfibios y reptiles y 29 especies de aves. De igual manera, resalta el peligro en el que se encuentran y las catastróficas consecuencias con relación a los servicios ecosistémicos que ellos brindan.

como pequeñas áreas que permanecen con agua temporal o permanente, y brindan hábitat de especies adaptadas a la vida acuática y anfibia, pese a la intervención que ha sufrido el territorio. Muchas de estas áreas, que la Quijano et al (2018) ha delimitado como humedales tienen un origen antrópico, y se encuentran “estratégicamente ubicados en centros urbanos altamente poblados, generando una relación compleja entre los diferentes organismos que los habitan y los asentamientos urbanos” (Quijano et al, 2018, p.18).

La conclusión del estudio de Quijano et al, 2018, es que el valle del río Negro presenta particularidades geomorfológicas, hidrológicas y bióticas que posibilitan la presencia de humedales en el altiplano del Oriente Antioqueño. Ellos surgen

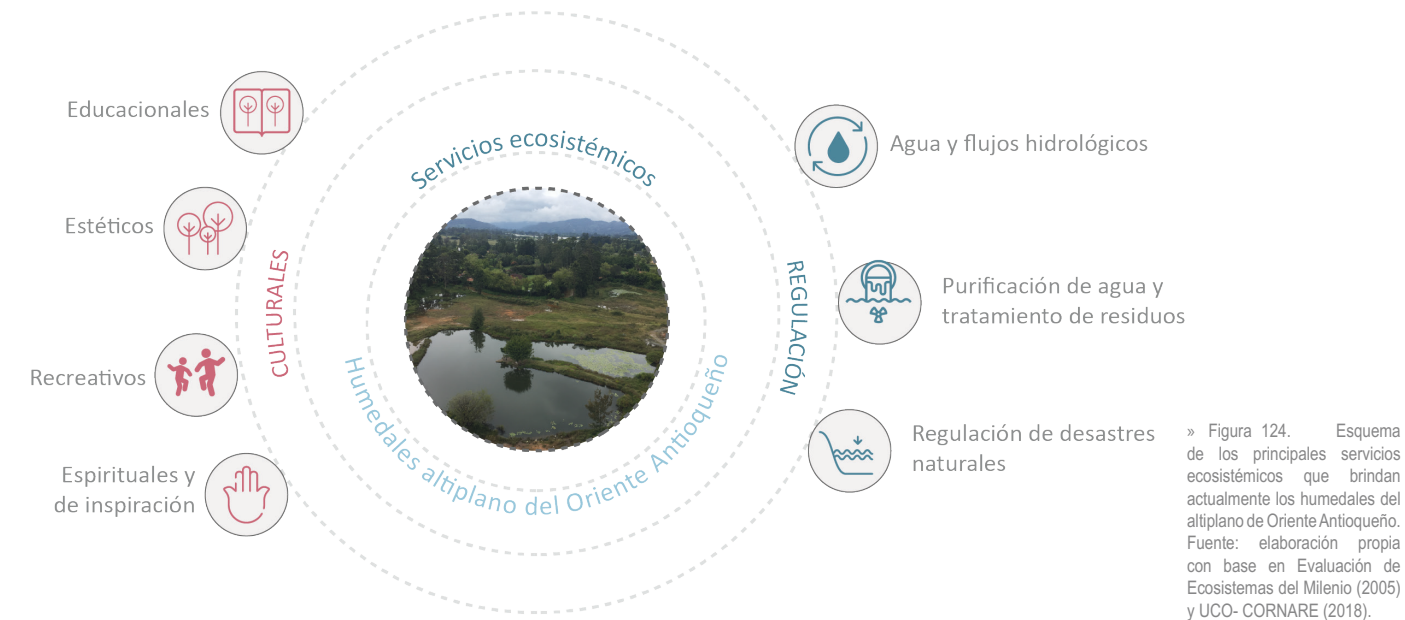
A continuación, en la figura 121 se presentan una serie de fotografías, tomadas en el 2018, que reflejan los SE que brindan en la actualidad los humedales artificiales presentes en el Valle de San Nicolás.

Servicios ecosistémicos brindados por humedales artificiales



Sin embargo, el estudio sobre los humedales del altiplano del Oriente Antioqueño (Quijano et al, 2018 ), llama la atención sobre las nuevas generaciones que han crecido dándole la espalda al río Negro y perdiendo con ello la apropiación sobre esta estructura ecológica principal; evidencia de ello es que no se han respetado y se ha construido sobre las llanuras de inundación (humedales naturales), siendo estos lugares estratégicos para el control de las inundaciones periódicas que se presentan sobre el río. Además, se resalta la importancia de continuar priorizando y delimitando los humedales e incluirlos dentro de la planeación y ordenamiento territorial, para asegurar la presencia de estos sobre el territorio.

En esta línea de análisis se puede afirmar la presencia de ecosistemas estratégicos en las planicies aluviales del río Negro, que actualmente prestan importantes servicios ecosistémicos pero que se encuentran en riesgo de desaparecer por los motores de cambio activos del territorio, como se ha venido mostrando a la larga de esta investigación. A continuación, se resumen los principales servicios ecosistémicos que brindan actualmente los humedales del altiplano de Oriente Antioqueño y se le suman otros SE que podría brindar si fueran protegidos y restaurados. Ver figura 122.



Si bien el estado actual de los humedales en el oriente antioqueño es crítico, en parte debido a la escasa planificación y ordenamiento que se ha realizado en torno a ellos, existen oportunidades para la protección, restauración y diseño de nuevos humedales artificiales, a partir de los procesos que suceden actualmente en el territorio, para dar sostenibilidad de

dichos ecosistemas y con ello asegurar y promover la prestación de los SE. Muchos de los SE no han sido cuantificados, sin embargo, existe un soporte teórico conceptual que permite a esta investigación hacer tales enunciados y que sugiere nuevas investigaciones que respondan a estas inquietudes.

### Minería aluvial que transforma el paisaje: ¿Una oportunidad para la adaptación a la VCC?

Como se ha mencionado a lo largo de esta investigación, en este valle la minería ha jugado un importante rol en la transformación del paisaje. Especialmente en las últimas décadas la minería de aluvión ha transformado los humedales del altiplano (Quijano et al, 2018). Debido al comportamiento del río y la presencia de depósitos aluviales a lado y lado del mismo, con materiales económicamente explotables como los son las gravas y arenas, las llanuras de inundación han sido sujeto de explotación para la extracción de material de playa: minería de aluvión. Tanto así que existen sobre las llanuras de inundación del río negro títulos mineros activos hasta el año 2039, lo que implica una transformación presente y futura

sobre el paisaje y sobre los humedales. En el proceso de extracción los materiales económicamente explotables son extraídos y con ello se forman depresiones en el territorio. En las últimas décadas, antes del año 2000, la autoridad ambiental no hacía un control estricto sobre las explotaciones mineras del valle de San Nicolás, dando como resultado una explotación sobre el retiro del río, muchas veces alterando el curso normal del mismo para la explotación y un abandono por completo de las celdas de explotación una vez terminaban.

A su vez, estas celdas deprimidas y abandonadas, debido al comportamiento bimodal del caudal del río y a las inundaciones periódicas, sumados a los eventos de precipitación, se llenaron de agua y con el paso del tiempo empezaron a ser hábitat para fauna y flora con características acuáticas y anfibias, es decir humedales con estructura, composición y función.

En resumen, estas lagunas resultantes del proceso de extracción minera, convertidas en humedales, han contribuido a regular el sistema hidrológico del territorio, favoreciendo no sólo la regulación para las inundaciones sino permitiendo la recarga de las aguas subterráneas. Además, en épocas de escasez, sirven como reservorios e interactúan con las aguas subterráneas, permitiendo asegurar la disponibilidad superficial del agua. Algunas de estas lagunas ya tienen ecosistemas asociados y reciben especies migratorias. Pese al origen artificial de estos humedales, "existe un gran sentido de apropiación y un acervo cultural que gira en torno a los servicios ecosistémicos de estas zonas" (Quijano et al, 2018).

Sin embargo, estos espacios que cumplen con todas las características; geomorfológicas, hidrológicas y de biota asociada, para ser declarados como humedales no lo han sido, y no cuentan con una figura de protección desde la autoridad ambiental que asegure su conservación y restauración.

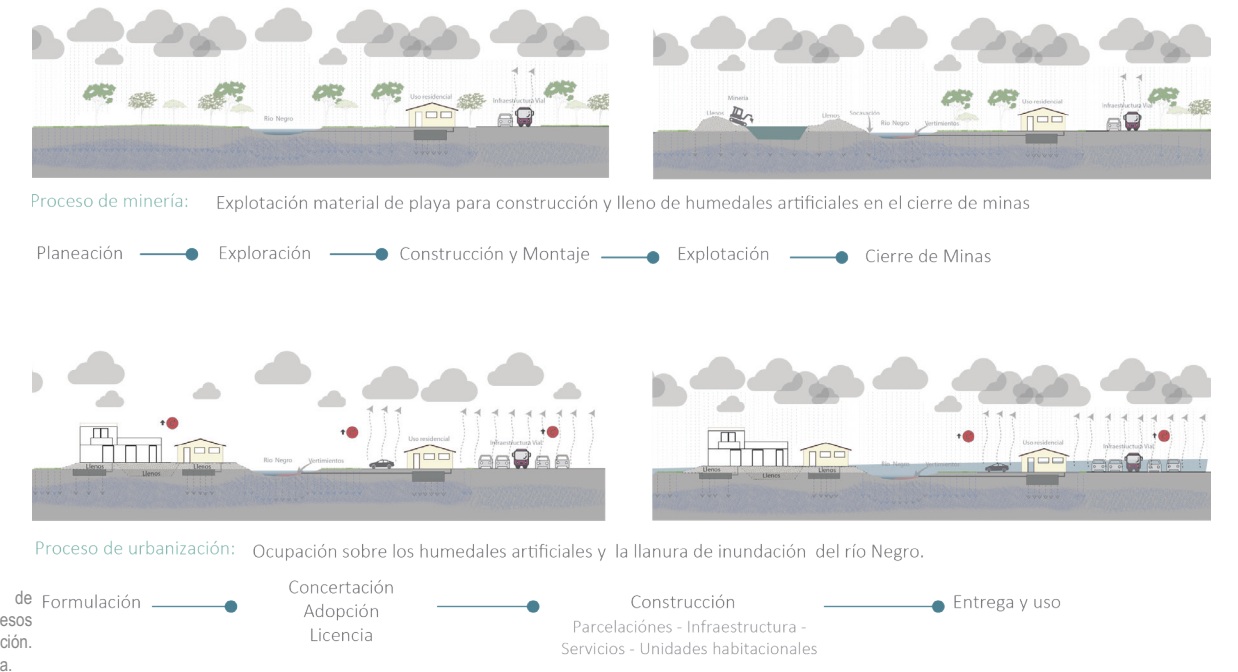
Adicionalmente, en caso de ser declarados humedales por parte de la autoridad ambiental y de acuerdo a la normatividad ambiental vigente, estos cuerpos de agua, humedales y sus retiros, dejarían de ser privados y entrarían a formar parte de lo público, y no podrían ser sujeto de urbanización. En este caso, habría que cuantificar económicamente el área de los

humedales y lo que esto representaría en pérdidas para los urbanizadores.

Al no estar declarados como humedales, existe actualmente sobre ellos presión por parte de tanto de los urbanizadores como de la aeronáutica civil, quienes motivan su lleno para aumentar el área urbanizable y reducir el riesgo para los aviones, especialmente en el cono de aproximación del aeropuerto José María Córdoba.

Sin embargo, hoy en día, la regulación ambiental y minera ha cambiado, y con ello la manera en la que la minería está transformando el valle. Para el polígono de análisis, con un título minero activo hasta el 2036, la licencia ambiental (vigente hasta el final de la explotación) exige el retiro al río y el retrolleado de las celdas de explotación, es decir una vez sean extraídos la grava y arenas de los depósitos aluviales (alterando con ello la permeabilidad de los suelos y su capacidad para almacenar y retener agua) deben ser llenados, dejando el paisaje como se encontró antes de la explotación.

Dicha explotación trae consigo una alteración sobre la estructura y composición de los suelos y sobre su capacidad de infiltrar y almacenar, afectando la recarga del acuífero presente. Por otro lado, no es claro el material con el que se realizan los llenos y no podría asegurarse la regulación hidrológica en las terrazas aluviales explotadas. Además, dicho lleno permite la construcción de nuevas viviendas, urbanizaciones y parcelaciones, que impermeabilizan a su vez los suelos e incrementan la vulnerabilidad por VCC. La siguiente figura 123 ilustra el modelo de ocupación actual y su impacto sobre la vulnerabilidad ante los efectos de la VCC.



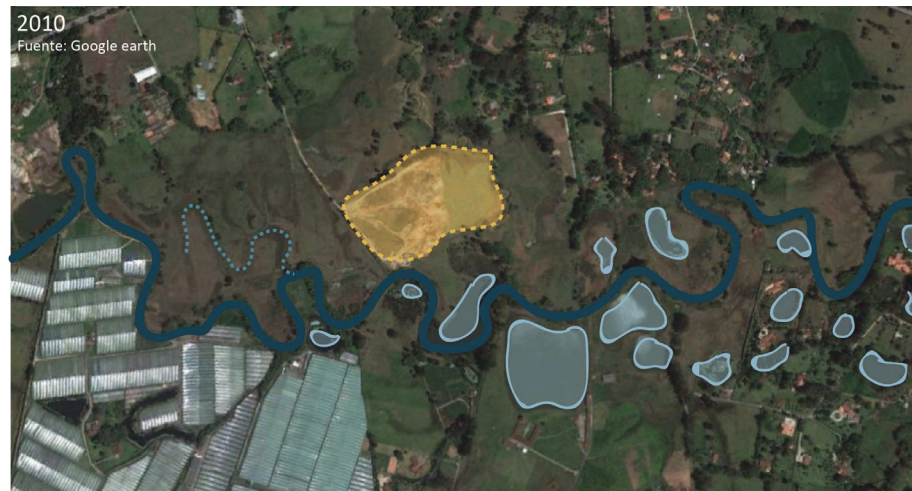
Esto se ve en evidencia en la siguiente figura 124, en donde se observa como uno de los humedales artificiales está siendo llenado, probablemente para una futura urbanización.

Llenado de humedales artificiales



» Figura 126. Fotografías 2018 donde se evidencia el depósito de escombros sobre los humedales. Fuente: elaboración propia.

En las siguientes imágenes satelitales (figura 125, 126, 127, 128, 129 y 130) se puede observar el mismo fenómeno de lleno de humedales.



Allí se observan para el año 2010 los humedales delimitados con color azul claro, de igual manera se observa una celda de explotación activa. Es importante resaltar el escaso retiro que tiene la celda de explotación al río Negro y la presencia de un anterior meandro o paleocauce.

- Río Negro
- ⋯ Antiguo meandro / Paleocauce
- Humedales
- Celda de explotación activa

» Figura 127. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2010. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)



Para el año 2017 se observa en la figura como la celda de explotación ha sido llenada con escombros al igual que el humedal más próximo y el paleocauce del río Negro, con su consecuente pérdida en servicios ecosistémicos en un área tan estratégica como la llanura de inundación del río.

- Río Negro
- ⋯ Antiguo meandro / Paleocauce
- Humedales
- Celda de explotación activa
- Lleno de humedales
- Nuevos humedales

» Figura 128. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)

Este modelo de transformación y ocupación del territorio, en parte obedece a las condiciones de mercado, ya que los suelos sobre los que se asientan estos procesos poseen un alto valor económico. En ellos sus propietarios tienen ganancias por la minería, la valorización y su urbanización. En el valle de San Nicolás, especialmente en el municipio de Rionegro se reconocen barrios enteros como el Llanito que han sido conformados siguiendo esta lógica de proceso.

municipio de Rionegro, en la que los nuevos planes parciales y desarrollos inmobiliarios se dan sobre suelos que previamente fueron explotados por la minería, y que su topografía final es concertada con los propietarios (y sus intereses inmobiliarios) para que pueda ser nuevamente valorizada.

A continuación, se muestra en las siguientes imágenes satelitales como ha ido creciendo el barrio El Llanito, a medida que el proceso de minería finaliza y da paso al proceso de urbanización.

Adicionalmente, actualmente se observa sobre el territorio una presión inmobiliaria, posibilitada por el nuevo POT del

Para el año 2002, se observa alto predominio en cobertura vegetal, y algunos lagos y humedales señalados en color azul claro.



» Figura 129. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio El Llanito 2002. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)

- Río Negro
- ⋯ Antiguo meandro / Paleocauce
- Humedales

Para el año 2006 se resalta la fase de explotación minera sobre el margen inferior del río y aparecen nuevos humedales producto de la misma.



» Figura 130. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio El Llanito 2006. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)

- Río Negro
- ⋯ Antiguo meandro / Paleocauce
- Humedales
- Celda de explotación activa
- Nuevos humedales



Para el año 2010 se observa nuevas celdas de explotación en el margen superior, que da origen a nuevos humedales artificiales.

» Figura 131. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2010. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)



Para el año 2017 es evidente el proceso de urbanización que sufre el territorio, una vez termina la fase de explotación las lagunas son llenadas, compactadas y adecuadas para la urbanización que viene, allí se observa nuevas urbanizaciones con coberturas más impermeables y con la pérdida de los humedales. Se resaltan allí el Plan Parcial Barro Blanco con la construcción de urbanizaciones como Lotus y Campus Reservado.

» Figura 132. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio el Llanito 2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)

Con base en lo anterior, se puede concluir entonces que los procesos de minería y urbanización que se dan en la llanura de inundación del río Negro (figura 131), por el cambio en el uso del afectan en gran medida la estructura, la composición y las coberturas de los suelos, y con ello su capacidad de infiltrar y almacenar. Lo cual pone en riesgo la prestación de servicios ecosistémicos de regulación para recargar el

acuífero y amortiguar las crecientes del río Negro. A su vez, estos cambios en el uso del suelo y el modelo de ocupación de ciudad dispersa, ponen en riesgo la prestación de servicios ecosistémicos culturales, al transformar el paisaje y restringir la generación de nuevo espacio público que permita tener una apropiación de estos y fortalecer la relación de la comunidad con el agua.



» Figura 133. Proceso de minería y urbanización y sus efectos en los servicios ecosistémicos. Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que sobre el valle de San Nicolás ocurren dos procesos inevitables que transforman e impactan el territorio y los humedales presentes, la minería y la urbanización, y que son procesos que de facto se articulan y en la mayoría de los casos no tienen en cuenta las condiciones hidrogeológicas características de la región, necesarias para la prestación de SE, esta investigación pretende esbozar un modelo de ocupación que tenga en cuenta la realidad del territorio (procesos inevitables de minería aluvial y urbanización) y que encuentre en esta posibilidades para la disminución de la vulnerabilidad ante la VCC y la prestación de los SE de regulación hídrica y culturales.

### Percepciones sobre los humedales artificiales

En esta sección se hará un recuento sobre las diferentes miradas y percepciones que giran en torno a los humedales artificiales, los actuales y los potenciales. Fue construida teniendo en cuenta las diferentes entrevistas a expertos en hidrología y servicios ecosistémicos, además de la revisión bibliográfica y normativa vigente. Asu vez, fueron entrevistados diferentes actores claves que participan en la planificación, transformación y ocupación del territorio de análisis. Por un lado, a algunas personas que hacen parte de instituciones como CORNARE y Planeación Regional del Municipio de Rionegro, y por otro lado con personas de agremiaciones como La Lonja, algunos constructores y la comunidad.

Para analizar y describir la información recopilada en las entrevistas, se agrupan los actores de la misma manera

### Revisión Normativa y actores públicos que ordenan y planifican la ocupación del territorio:

Para comprender las políticas y lineamientos que existen desde lo público para la ocupación del territorio y relacionadas con los humedales artificiales, se realizaron entrevistas semiestructuradas a diferentes actores presentes tales como la Secretaría de Planeación del Municipio de Rionegro, la dirección de Ordenamiento Territorial de Cornare y la Secretaría Departamental de Minas. De igual manera, se tuvo en cuenta la revisión de la normatividad vigente, tanto internacional, nacional, municipal y local; para ampliar la concepción sobre los procesos institucionales que permiten, o no, los humedales artificiales sobre el territorio.

De dichas entrevistas y revisión normativa, en un primer aspecto se resalta la función social y ecológica de la propiedad que prima sobre la privada. Además, es importante recordar el

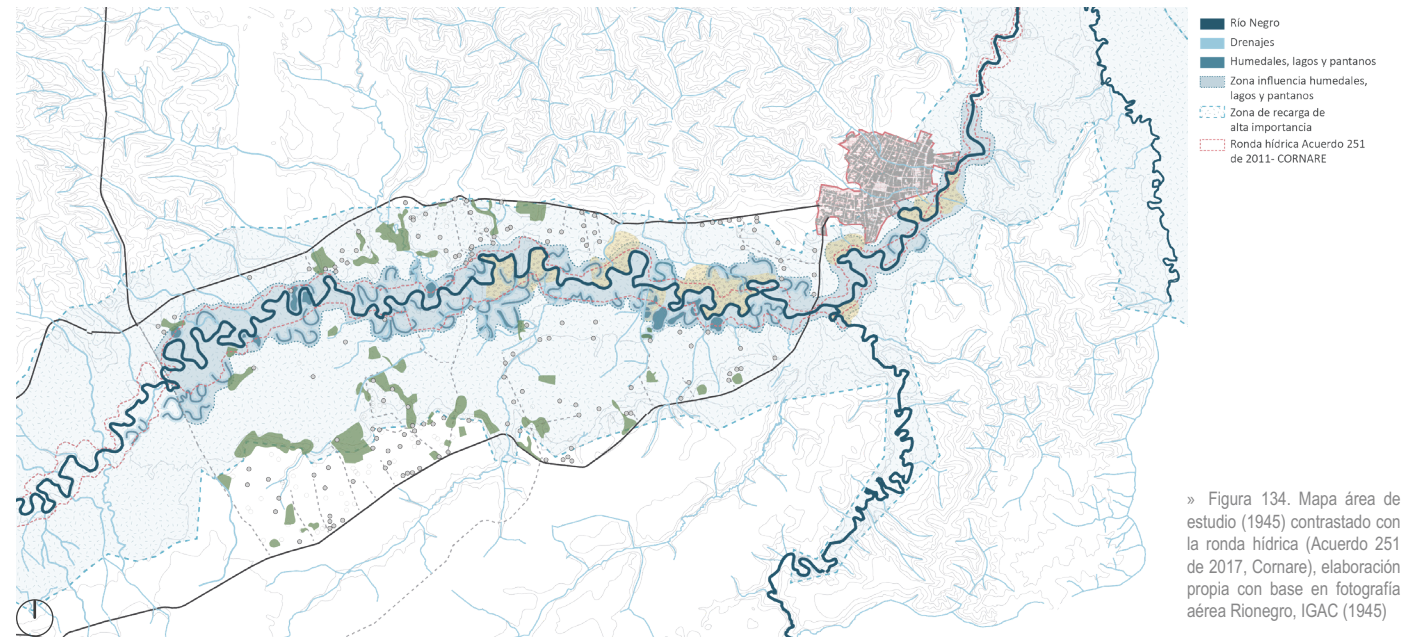
Por lo anterior, y en aras de buscar un territorio más sensible al agua que promueva la recarga del acuífero, la regulación de las crecientes y caudal del río, que fomente la generación de hábitats para especies de fauna y flora, y entregue espacio público con un paisaje que fomente la apropiación del recurso hídrico (río, lagos y humedales), se propone un modelo que aproveche los procesos actuales de transformación del territorio que permita que algunas de las celdas de explotación puedan ser restauradas como humedales y se limite su ocupación, y de esta manera puedan cumplir una función ecológica y social, como lo exige la constitución colombiana de 1991.

que se realizó para la elaboración del mapa de actores: Comunidad (actores que ocupan el territorio), Estado (Actores que ordenan, planifican y hacen control), Privado (actores que transforman el territorio) y Academia.

A manera de conclusión se exploran y resaltan los problemas y oportunidades que presentan los humedales en el territorio y los procesos de minería y urbanización, para más adelante, en el capítulo 4, formular estrategias que tengan en cuenta a los intereses de los diferentes actores, potencien las oportunidades y den solución a los problemas identificados. A continuación, se relaciona los principales hallazgos encontrados con las entrevistas realizadas.

carácter público tanto de las rondas hídricas como los cuerpos de agua y humedales (artificiales o naturales) al ser aguas de uso público.

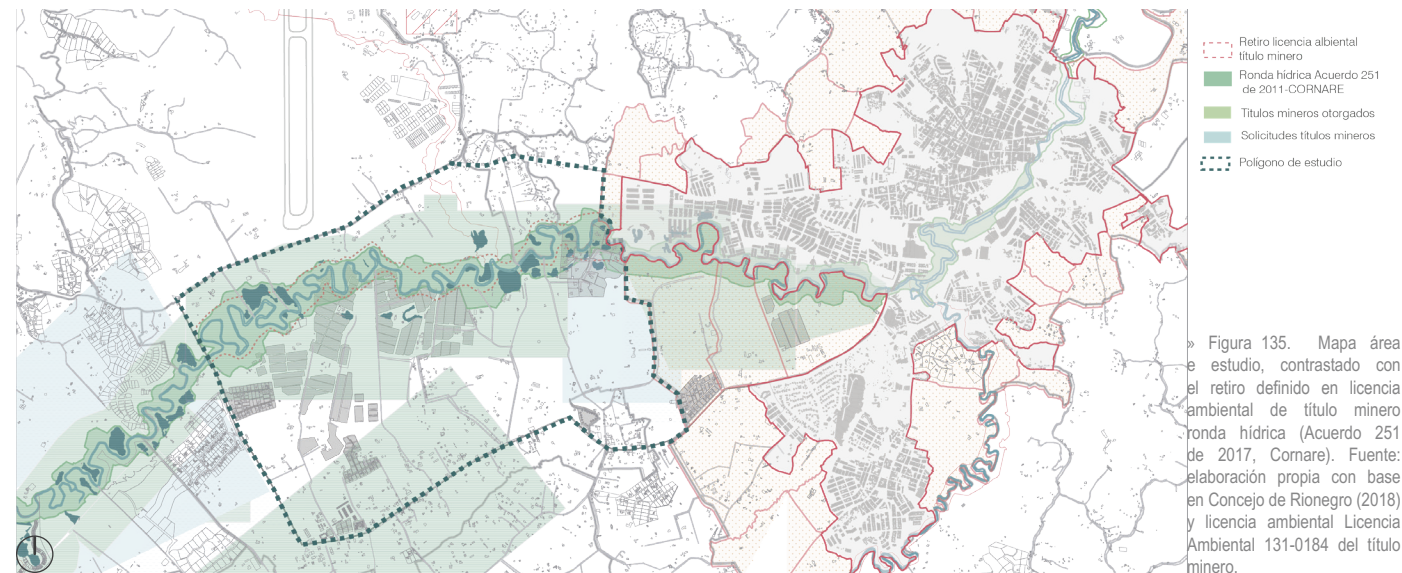
En ese orden de ideas, la guía para delimitación de ronda hídrica expedida por el Ministerio de Medio Ambiente en el 2017, incluye los meandros abandonados y paleocauces como parte de la ronda hídrica. Cuando se contrasta a partir de imágenes de fotografías aéreas del territorio, del año 1945 donde es notoria la presencia de antiguos meandros, con la ronda hídrica definida en el Acuerdo 251 de 2011 de Cornare, se destaca que la actual ronda hídrica no contempla muchos paleocauces o antiguos meandros del río Negro, por lo que se deduce que en aras de cumplir con la nueva guía deberán de ser tenidos en cuenta (ver figura 132).



» Figura 134. Mapa área de estudio (1945) contrastado con la ronda hídrica (Acuerdo 251 de 2017, Comare), elaboración propia con base en fotografía aérea Rionegro, IGAC (1945)

Por otro lado, según la Licencia Ambiental 131-0184 concedida por la autoridad ambiental CORNARE en el año 2012, y con vigencia hasta el 2036, la explotación minera que se realiza en el área de estudio debe respetar el acuerdo 251 de Cornare

de 2011 y un retiro al río Negro, como se observa en la figura 133. Sin embargo, al analizar el retiro definido en la licencia ambiental, no coincide con la Ronda Hídrica definida en el acuerdo 251 de Cornare de 2011.



» Figura 135. Mapa área de estudio, contrastado con el retiro definido en licencia ambiental de título minero ronda hídrica (Acuerdo 251 de 2017, Comare). Fuente: elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018) y licencia ambiental Licencia Ambiental 131-0184 del título minero.

De igual manera, se reconoce a la Aeronáutica Civil como una figura que establece normas sobre el territorio, específicamente relacionadas a la ocupación del mismo. Se resalta la prohibición para la construcción de nuevos lagos y la motivación para el llenado de los actuales, debido a que, según ellos, dichos espejos de agua representan un riesgo para el tránsito, despegue y aterrizaje de los aviones, por ser un atractivo y potencial hábitat para las aves.

Es importante resaltar que, en la actualidad, desde la autoridad ambiental no hay una figura de protección sobre los humedales artificiales, ya que según funcionarios de Cornare existe un “vacío técnico y normativo” para su delimitación; sin embargo, desde el 2004 se vienen estableciendo guías para la delimitación de humedales urbanos, y que la normativa sobre las aguas públicas existe desde el año 1978.

Desde la normativa local, existe la prohibición de la construcción de nuevos humedales artificiales, y la exigencia del retrolenado de las celdas de explotación, hecho que es vigilado cuidadosamente por la autoridad ambiental con el fin de evitar que los “huecos” se conviertan en “humedales” y la comunidad se movilice para su protección. Este lineamiento se encuentra definido y reglamentado

tanto desde la Licencia Ambiental como en el expediente del título minero en el Plan de Trabajos y Obras (PTO).

Si bien estos humedales artificiales no son incluidos como determinantes ambientales en el POT, Planeación Municipal declara como determinantes urbanísticos algunos de ellos, con el fin de asegurar su protección. Sin embargo, muchos de los actuales no son protegidos por ninguna figura de planeación.

De igual manera, de acuerdo con el POT y la secretaría de Planeación, para el municipio de Rionegro, actualmente el río Negro es la estructura ecológica principal, tanto en lo urbano como en lo rural. Por ello, esperan publicar el Plan Maestro de Espacio Público asociado a este. Además, se observa sobre el casco urbano del municipio algunas intervenciones en corredores y senderos peatonales, y espacio público asociado

#### Actores Privados que ocupan y transforman el territorio:

Como se ha dicho previamente en diferentes momentos en esta investigación, sobre el territorio existen unos motores de cambio principales que son la minería aluvial y la urbanización. Por esta razón, se realizaron entrevistas semiestructuradas con personas vinculadas a estas actividades en el territorio de manera directa e indirecta, tales como: personal de Ingetierras (empresa que posee el título minero de explotación en el polígono de análisis), Francisco Ochoa (Avaluator de la Lonja con más de 20 años en el sector de avalúos, quien conoce los elementos que dan valor a la propiedad, y especialmente en el oriente antioqueño) y constructor privado (quien en el momento diseña y desarrolla un plan parcial en la zona de expansión urbana del municipio de Rionegro).

Dentro de los hallazgos más significativos relacionados con los humedales artificiales y sus posibles problemas y oportunidades desde el sector privado, son que los lagos o humedales artificiales, con un adecuado mantenimiento y gestión del paisaje, sean públicos o privados, dan valor adicional a los predios e incrementan el precio de venta. Además, en el Oriente Antioqueño, el paisaje tiene un valor positivo para la propiedad y es un factor que incrementa el precio y las ventas. Sin embargo, el río Negro no ha sido tenido en cuenta como elemento atractivo del paisaje.

Por otro lado, en los breves espacios de diálogo con personal de la empresa minera se nota una alta disposición a este tipo

#### Academia: Expertos y revisión bibliográfica relacionada con SE:

Se entrevistaron tres expertos en hidrología y VCC de la Ciudad de Medellín, Oscar Mejía, Oscar Mesa y Jaime Ignacio Vélez, con el fin de tener una mejor comprensión sobre el papel que estas lagunas pueden asumir para el territorio, específicamente en regulación hídrica teniendo en cuenta

al río. Sin embargo, no queda claro en el área suburbana como se va a asegurar la generación de este espacio público.

Existe desde la normativa urbanística herramientas e instrumentos de gestión del suelo, que posibilitan la adquisición de áreas y nuevo espacio público para asegurar la función social y ecológica de la propiedad. Algunos de ellos, si bien se ajustan especialmente para suelos urbanos como el reparto equitativo de cargas y beneficios de los planes parciales podrían servir de base para el diseño de instrumentos similares en el suelo rural, tal y como lo esboza el Decreto 3600 de 2007. Lo anterior permite que puedan ser incluidos dentro del diseño de las estrategias que permitan articular los procesos de minería y urbanización coherentes con los criterios de Ciudades sensibles al agua.

de proyectos y consideran pudiera ser viable desde el punto de vista técnico y económico para ellos. Sin embargo, no fue posible concertar un espacio para la entrevista.

Para los propietarios y empresas constructoras los lagos podrían suponer un detrimento en su propiedad, ya que disminuyen área construable por un lago, y por otro lado, una vez entren a ser declarados como humedales urbanos serían de uso público. Por lo tanto, es indispensable diseñar estrategias que compensen las pérdidas económicas para los propietarios y desarrolladores urbanos.

De igual manera, para los urbanizadores estos lagos representan un costo adicional por mantenimiento, que muchas unidades no desean asumir. Además, son vistos como criaderos de mosquitos y zancudos.

Es importante aclarar acá, que en el proceso minería y urbanización, es la empresa minera quien concilia con el propietario del terreno acerca de las características topográficas que este último desea para su predio. Para ello se tiene en cuenta los costos que le representa al propietario del título minero, por ejemplo, el tipo de lleno de las celdas de explotación (si son de tipo estructural o no) y las explicaciones que deba hacer. Esto representa una oportunidad para concertar con los actores territoriales estrategias que respondan a las necesidades particulares.

los efectos de la variabilidad y el cambio climático. Dicha regulación enfocada tanto a regulación de crecidas como recarga de aguas subterráneas.

Los expertos coinciden que conceptualmente estos humedales

artificiales favorecen el SE de regulación hídrica; sin embargo, es necesario hacer un estudio más detallado para evaluar la magnitud de dicha regulación. Adicionalmente, resaltan la importancia de respetar la ronda hídrica de la ocupación, con el fin de disminuir el riesgo por inundación y favorecer la recarga del acuífero. Sugieren igualmente explorar los otros SE que brindan estos humedales, tales como ser hábitat para especies de flora y fauna y los culturales asociados al paisaje y la recreación, de tal manera que puedan ser valorados para la promoción de la conservación de estos espacios artificiales. Por su parte Oscar Mesa señala la cualidad pública que tienen todos los cuerpos de agua, incluidos humedales artificiales y la ronda hídrica.

### Comunidad: Actores que ocupan el territorio

Con el fin de comprender la relación que la comunidad tiene con los humedales artificiales (lagos) y también con el río se realizaron 14 encuestas valorativas y de opinión (ver Anexo 2: Formato de Encuesta). Se tuvieron en cuenta varias personas que habitan dentro el polígono de análisis, para ello se escogió como lugar a realizar la encuesta el Lago de Lotus y las personas que viven cerca de él y que tienen algún tipo de relacionamiento tanto con el lago como con el río. Se realizaron 7 entrevistas de manera presencial y algunas de ellas motivaron una conversación más profunda sobre la percepción que tienen con este Lago y río, los cuales actualmente son espacio público del municipio. Adicionalmente se realizaron 7 encuestas de manera telefónica a personas, elegidas de manera aleatoria, que viven o han vivido en el municipio de

Los resultados de este análisis arrojan que el promedio de las personas entrevistadas se siente medianamente cercanas al río, en una magnitud de 3.3 sobre 5. Sin embargo, se sienten un poco más cercanos a las Lagunas en una magnitud de 3.9. (Ver figura 134)

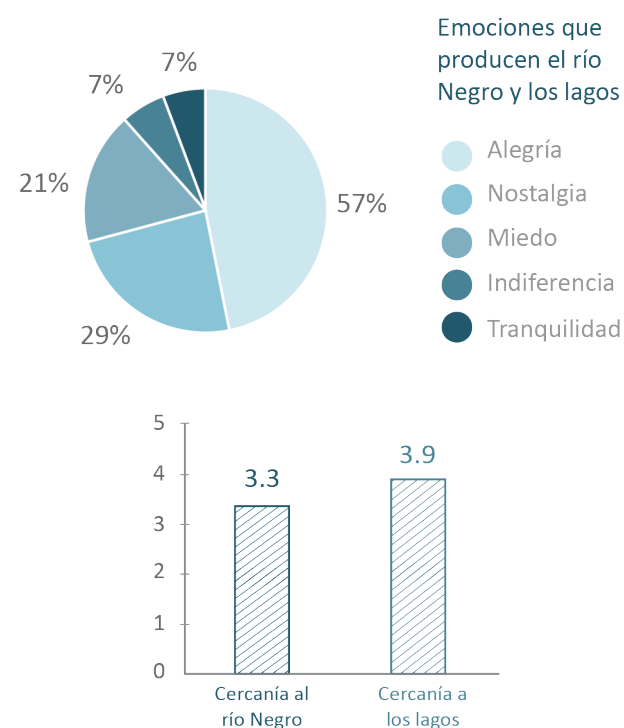
Por otro lado, al profundizar sobre las emociones que les produce pensar en el río Negro y las lagunas se destaca la alegría en un 57%, les siguen la nostalgia (29%), el miedo (21%) y en un último lugar están la indiferencia y tranquilidad cada una con un 7%. (Ver figura 135)

De igual manera, como se referenció previamente tanto en las entrevistas con los expertos como en la literatura, se evidencia la importancia que tienen los humedales como ecosistemas estratégicos donde se prestan importantes SE. Estos servicios incluyen de provisión, regulación, culturales y apoyo, de los cuales se resaltan: hábitat de fauna y flora, como aves migratorias, espacios para el disfrute y esparcimiento, el paisaje, sumideros de gases efecto invernadero, depuración de contaminación hídrica, etc.

Rionegro, que dieron cuenta de la relación pasada y actual que se ha tenido con los cuerpos de agua en el municipio. Es importante aclarar que el muestreo realizado no es significativo y deberá ser profundizado en estudios posteriores para tener una mejor comprensión sobre la relación Río – Comunidad, sus problemas y oportunidades.

El análisis de los resultados se realiza a partir de la tabulación de cada una de las respuestas con el fin de establecer porcentajes y promedios de las respuestas entregadas por la comunidad. De igual forma, se usan nubes de palabras para identificar las situaciones predominantes relacionadas con las preguntas de opinión.

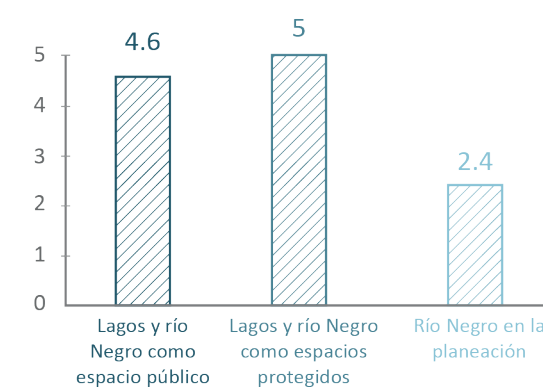
» Figura 136. Gráfico sobre la valoración de la cercanía al río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.



» Figura 137. Gráfico sobre las emociones que producen río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.

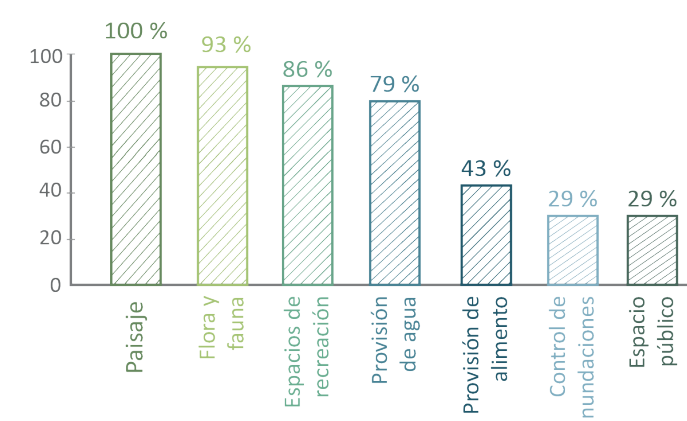
De igual manera en la figura 136 se observa que los entrevistados consideran en un alto valor que (4,6 sobre 5) que estos cuerpos de agua deberían de ser espacio público y que estos deberían ser protegidos (5 sobre 5), pero que poco (2,4 sobre 5) se ha tenido en cuenta el río en la planeación del municipio.

» Figura 138. Gráfico sobre el río Negro y los lagos como espacio público y espacios protegidos. Fuente: elaboración propia.



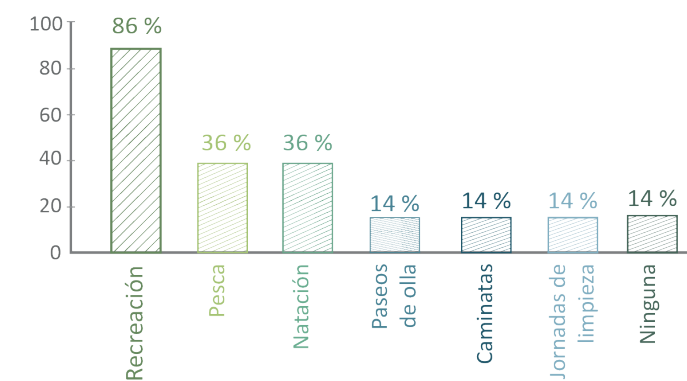
En cuanto a los beneficios y servicios que la comunidad relaciona con el río y lagos (figura 137) se resalta el paisaje, donde un 100% de entrevistados lo consideran, le siguen flora y fauna (93%), espacios de esparcimiento y recreación (86%), provisión de agua (79%), Provisión de alimento (43%), control de inundaciones (29%) y espacio público (29%). Por otro lado, el 50% de las personas entrevistadas le dan algún tipo de uso actual al agua del río y las lagunas, se resalta el agua para consumo que proviene del río de EP Río y el agua de las represas en la región.

» Figura 139. Gráfico los beneficios y servicios que la comunidad relaciona con el río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.



Con relación a los servicios culturales, la comunidad destaca a la recreación (86%) como actividad principal asociada a estos cuerpos de agua, en ellos la pesca (36%), natación (14%), paseo de olla (14%), caminatas/paseos (14%) son los que sobre salen. Adicionalmente un 36% de los encuestados han participado en jornadas de limpieza o siembra en los entornos del río/lagos. Sólo el 14% (2 de las 14 personas entrevistadas) no han realizado ningún tipo de actividad asociada al río / lagos. A continuación, se presenta en la Figura 138 un gráfico con las actividades mencionadas y sus porcentajes y una nube de palabras construida a partir de las respuestas a la pregunta ¿Ha realizado o actualmente realiza algún tipo de actividad relacionada con el río y/o lagunas, ¿cuáles?.

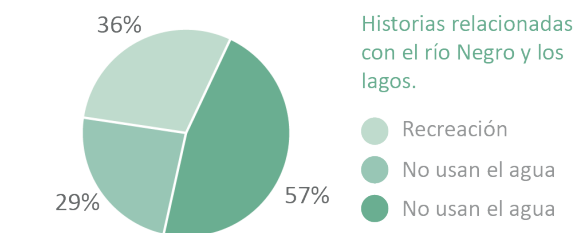
» Figura 140. Gráfico sobre las actividades relacionadas con el río Negro y los lagos y nube de palabras a la pregunta ¿Ha realizado o actualmente realiza algún tipo de actividad relacionada con el río Negro y/o lagunas, cuáles?. Fuente: elaboración propia.



En este mismo sentido, cuando se les pregunta si les gustaría realizar algún tipo de actividad los entrevistados responden en un 57% actividades de tipo recreativas como: caminatas, paseos en botes, actividades de integración familiar, entre otras. En un 21% de las veces los encuestados responden que no desean realizar ningún tipo de actividad, sin embargo, el 66% (del 21%) la realizaría si se mejoraran las condiciones actuales en las que se encuentra el río / lagos.

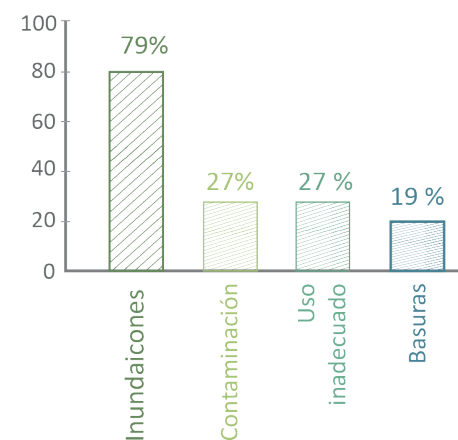
Se quiso profundizar más acerca de la relación que existe entre la comunidad con el río y lagos, para ello se les pidió que contaran una historia relacionada con estos, ello arrojó que el 57% de las historias eran relacionadas con la recreación, un 36% con historias de ahogados y un 29% otras anécdotas (Ver figura 139).

» Figura 141. Gráfico sobre las historias relacionadas con el río Negro y los lagos y nube de palabras. Fuente: elaboración propia.



Paralelamente, se indaga sobre las problemáticas que la comunidad percibe con relación al río (figura 140) y se destaca en un 79% de las veces a las inundaciones. En menor escala se señalan los malos olores y la contaminación hídrica como problemas asociados al río, pero que son ocasionados por la cultura ambiental de la comunidad.

» Figura 142. Gráfico sobre las problemáticas que la comunidad percibe sobre el río Negro y los lagos y nube de palabras. Fuente: elaboración propia.



En conclusión, la comunidad en su mayoría tiene una relación positiva con los lagos y con el río, sin embargo, existen oportunidades para el fortalecimiento de la cultura ambiental que redunde en una sana apropiación de espacios públicos asociados a los cuerpos de agua. Un factor que merece atención para el diseño de las estrategias está relacionado con la seguridad en estos cuerpos de agua, relacionada con el uso que se le dé a los mismo, especialmente con el fin de prevenir los ahogamientos. De igual manera, es importante educar a la ciudadanía en temas ambientales y de gestión del agua, enfatizando en la importancia de las inundaciones para la regulación hidrológica y el respeto sobre las llanuras

de inundación, que redunde en una sana apropiación de estos espacios y ello permita alinearse con los pilares de las ciudades sensibles al agua.

Es posible con una muestra representativa sustentada mediante criterios técnicos, realizar un estudio de percepción que se encuentre acompañado de un SIG participativo que permita espacializar, gestionar, analizar y representar mayores volúmenes de datos, obteniendo como resultado insumos cartográficos que facilitan la interpretación de diferentes variables para la toma de decisiones sobre el territorio.

### 3.3. Principales problemas y Oportunidades identificados

En conclusión y con el fin de sintetizar la información en un esquema que permita dar lectura sobre los humedales artificiales, se presenta a continuación en la figura 141, una tabla que reúne los principales problemas y oportunidades identificados en el proceso de minería y urbanización actual y en las entrevistas y encuestas realizados a los diferentes actores y expertos, las cuales se clasifican en las dimensiones ambiental,

físico-espacial, socioeconómico e institucional.

Dichos hallazgos son tenidos en cuenta en el capítulo 4 para el diseño de estrategias que aprovechen las oportunidades y logren disminuir los problemas identificados, a su vez que se orienten hacia la construcción de un territorio sensible al agua.

	Problemas	Oportunidades
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cambios en la cobertura vegetal.</li> <li>● Alteración del paisaje natural.</li> <li>● Disminución en la infiltración.</li> <li>● Aumento en la escorrentía.</li> <li>● Disminución recarga de las aguas subterráneas</li> <li>● La desecación de los humedales</li> <li>● Ocupación de la llanura de inundación</li> <li>● Aumento en el riesgo por inundación en el lugar y aguas abajo</li> <li>● Disminución de la calidad y cantidad del agua</li> <li>● Alteración del cauce natural del río Negro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El río Negro, los humedales como estructurantes naturales</li> <li>● Suelos aptos para la generación de humedales.</li> <li>● Humedales artificiales producto de la minería.</li> <li>● Humedales como reguladores hídricos.</li> <li>● Humedales como ecosistemas para adaptación a la VCC.</li> <li>● Criterios de ciudades sensibles al agua: el territorio como cuenca desde el ciclo hidrológico.</li> </ul>
<b>Físico espacial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Infraestructura vulnerables a las inundaciones.</li> <li>● Privatización del suelo.</li> <li>● Carencia de espacio público.</li> <li>● Poco acceso al río Negro y los lagos.</li> <li>● Transformación del paisaje.</li> <li>● Humedales artificiales como carga por los costos de su mantenimiento, seguridad y pérdida de suelo.</li> <li>● El río no ha sido el principal estructurante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El paisaje del río y los lagos como factor de calidad y valorización.</li> <li>● Suelo suburbano y UPR como oportunidad de anticipación</li> <li>● Modelo de ocupación que responda a los problemas de privatización, paisaje y espacio público.</li> <li>● Instrumentos de gestión de suelo asegurar la generación de espacio público en la ronda hídrica y lagos.</li> <li>● Criterios de ciudades sensibles al agua: espacio público y urbanización en relación con el agua.</li> </ul>
<b>Socioeconómico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Falta fortalecer el relacionamiento de la comunidad con el agua, el río y los humedales.</li> <li>● Pocos usos y actividades en el río Negro y lagos.</li> <li>● Escasa cultura ambiental.</li> <li>● Presión latente del mercado por urbanizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los humedales artificiales prestan servicios culturales asociados al paisaje y disfrute.</li> <li>● Algunos humedales artificiales tienen acceso público y apropiación por parte de la comunidad.</li> <li>● Relación positiva entre la comunidad con el río y los humedales artificiales.</li> <li>● Se hacen algunas jornadas de limpieza, siembra y actividades recreativas.</li> <li>● Criterios de ciudades sensibles al agua: apropiación y relación con el agua.</li> </ul>
<b>Institucional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diferentes intereses por parte de actores</li> <li>● No existe una figura que proteja los humedales.</li> <li>● Se prohíbe desde la normativa la construcción de lagos artificiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nueva delimitación de la Ronda hídrica del río Negro</li> <li>● Función social y ecológica de la propiedad.</li> <li>● Cuerpos de agua en general son de uso público.</li> <li>● La reciente delimitación de humedales realizada por UCO – CORNARE, 2018, abre las puertas para establecer figuras de protección para los mismos.</li> </ul>

» Figura 143. Principales problemas y oportunidades identificados. Fuente: elaboración propia.

## Procesos de minería y urbanización sensibles al agua | CAPÍTULO 4

Como se ha venido mostrando a lo largo de los capítulos previos, el municipio de Rionegro está sufriendo una transformación acelerada por procesos de minería y urbanización, lo que afecta de manera negativa los servicios ecosistémicos que este territorio brinda, y que son estratégicos no solo localmente sino a nivel regional e incluso nacional. Estos SE están asociados al agua especialmente los de regulación hídrica y los culturales. Sin embargo, es claro para esta investigación que, son procesos que se continuarán presentando, pero que deben ser orientados para lograr planear y construir un nuevo territorio sensible al agua.

En este sentido este capítulo tiene tres (3) secciones. En la primera sección se parte del polígono de análisis y se delimitan los ámbitos de intervención sobre los cuales se van a diseñar las estrategias para adecuar los procesos de minería y urbanización. En la siguiente sección, se definen las estrategias, desde las dimensiones que se han tenido presentes a lo largo del trabajo: Ambiental, Físico-Espacial, Socioeconómica e Institucional, y que dan respuesta a los problemas y oportunidades identificados en el capítulo 3. Dichas estrategias tienen en cuenta una noción del paisaje dinámico que cambia en el tiempo y con el clima. De igual forma, cada una de estas estrategias se presenta con unas acciones (objetivos que desea alcanzar) y con un conjunto de herramientas, que surgen a partir de la revisión bibliográfica, los casos referenciales y la entrevista a expertos, que las posibilitan y viabilizan. Al finalizar esta sección se entrega una caja de herramientas, cada una de ellas presentada en forma de fichas, que servirá al sector minero, planificadores y urbanizadores incluir en sus procesos de diseño y armar la solución que más responde a las necesidades particulares del territorio y proyecto a intervenir.

En la última sección, se detalla sobre la aplicación de las estrategias previamente diseñadas sobre el proceso de minería y urbanización, y especialmente se resaltan las etapas sobre las que se sugiere algún tipo de adecuación. De igual manera, dichas estrategias son vaciadas sobre el territorio y se presenta un escenario sobre una unidad de planificación rural (UPR), ya que es una figura que permite diseñar el territorio a una mayor escala que la predial y que, al encontrarse en suelo suburbano permite anticipar la ocupación y orientar el espacio público y la urbanización hacia un modelo sensible al agua.



» Figura 144 - Fotografía del río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017).

## Procesos de minería y urbanización sensibles al agua

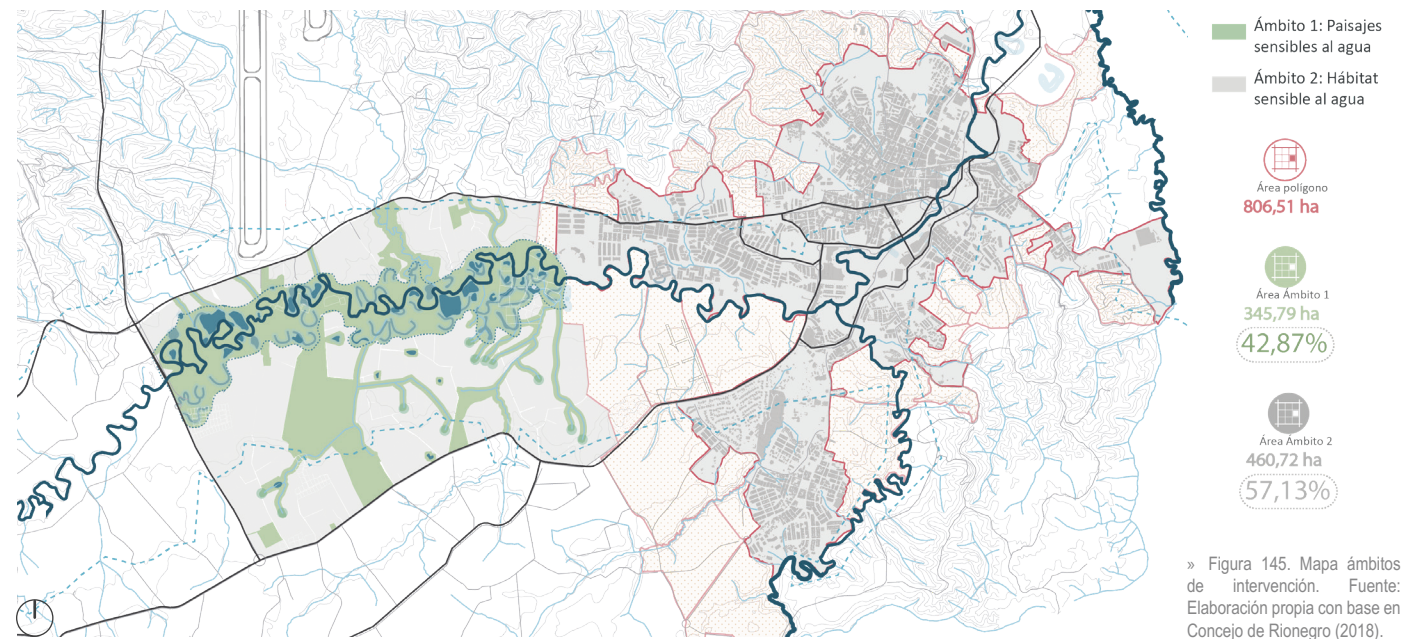
*“El agua lo conecta todo. Ese es el principio rector del funcionamiento de los ecosistemas y de la sociedad, y son las variaciones de esta conectividad, en el tiempo y espacio, las que definen las posibilidades de construir cultura” (Betancur, 2015)*

### 4.1. Definición de ámbitos de intervención

Como se detalló en el capítulo 2, el polígono de estudio de este trabajo de investigación se encuentra localizado en suelo suburbano del municipio de Rionegro en el módulo de concentración de vivienda, sector Llanogrande. Se eligió dicho polígono pues, es un territorio estratégico para la prestación de SE asociados al agua y dada su condición rural aún permite anticiparse a su desarrollo para diseñar un modelo de ocupación que responda a las necesidades de crecimiento del municipio, que contemple los efectos de la VCC en un escenario futuro y a su vez pueda favorecer los SE de regulación hídrica y culturales. Además, tanto para Valles de San Nicolás y Rionegro como para el polígono, el

estructurante del sistema natural y de espacio público es el río Negro.

En ese orden de ideas, teniendo en cuenta los problemas y oportunidades detectados previamente y explorando el proceso de minería y urbanización sobre el territorio, se delimitaron sobre el polígono de estudio dos (2) ámbitos de intervención con características, usos y potencial de ocupación diferentes, por lo cual se requiere implementar estrategias y tratamientos específicos para cada uno de ellos. A continuación, como se muestra en la siguiente figura, se delimitan los ámbitos y se explican en detalle cada uno de los ámbitos definidos.

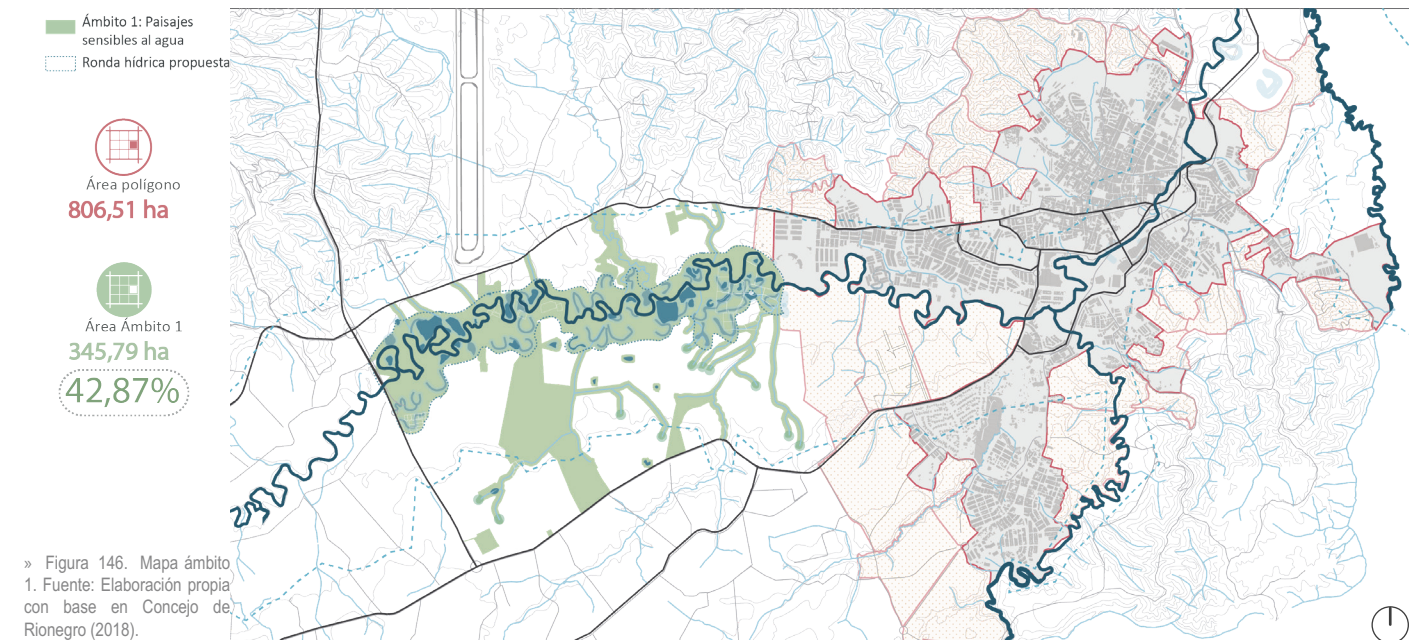


### ÁMBITO 1 | Paisajes sensibles al agua

Este ámbito está determinado por la estructura ecológica principal y de espacio público del municipio. Comprende el río como estructurante natural, la ronda hídrica (Acuerdo 250 de 2011 de Cornare), los cauces abandonados y paleocauces (que no fueron incluidos en la ronda hídrica del 2011, pero que deberán hacerlo como lo establece la nueva guía para delimitar rondas hídricas del Ministerio de Ambiente, 2017), lagos, humedales, quebradas, retiros y nacimientos. De igual manera comprende otras áreas protegidas como el DMI La Selva.

favorezcan la prestación de SE asociados al agua como el de regulación hídrica, y que puedan articularse al sistema de espacio público y a la estructura ecológica principal del municipio de Rionegro. Para este ámbito en particular es importante diseñar estrategias que restrinjan la ocupación pero que motiven la conservación desde la apropiación y el disfrute, y además, se asegure espacio público para la comunidad, pues según Trzyna (2014) (Citado en Montoya et al, 2018) una de las funciones sociales de estos tipos de espacios verdes en contextos urbanos es acercar a los ciudadanos con la naturaleza de su entorno cercano. Ver siguiente figura: Mapa Ámbito 1.

Los usos de este espacio están reservados para la protección y conservación de ecosistemas estratégicos, donde se



Dicho ámbito, es posible incorporarlo como una Estrategia Complementaria de Conservación (ECC) en virtud que, si bien su objetivo principal es la protección del recurso hídrico, puede alcanzar importantes estados de conservación de la biodiversidad in situ como un resultado derivado, además que permite y exige una gobernanza con activa participación social, lo que favorece la sostenibilidad de la estrategia a largo plazo.

De acuerdo con Santamaría Et al (2018), en el Congreso Nacional de Áreas Protegidas de Colombia en el 2014 los Intersirap (Sistemas regionales de áreas protegidas) proponen una definición de las ECC como:

“Área geográfica definida en la cual se implementa una acción o un grupo de acciones por parte de un actor social (comunitario e institucional), donde confluyen diferentes escalas, figuras, intereses y esquemas de

administración y manejo, para asegurar la preservación, restauración y uso sostenible de la diversidad biológica y cultural, representada en un territorio, ya sea en el ámbito continental (urbano y rural), costero u oceánico, las cuales contribuyen a la complementariedad y la conectividad funcional y estructural, de las áreas protegidas”

posible fortalecer modelos de gobernanza compartida entre el estado, dueños de predios y comunidad, posibilitada a partir de acuerdos entre estado – mineros y urbanizadores, para la conservación de la biodiversidad a largo plazo, es decir, definir un modelo de gobernanza que permita la apropiación social y la gestión de los ecosistemas por parte de la sociedad. En el caso de ser acogida esta figura, se deberán delinear los mecanismos para el monitoreo y seguimiento de las estrategias implementadas para valorar su efectividad en los SE y en la conservación de la biodiversidad y por un fortalecimiento de la participación ciudadana.

De acuerdo con Montoya et al (2018) una gobernanza más inclusiva, tal y como se propone acá, podría ser la clave para el éxito y la apropiación social a largo plazo, aunque de por sí supone un reto articular a los diferentes actores involucrados.

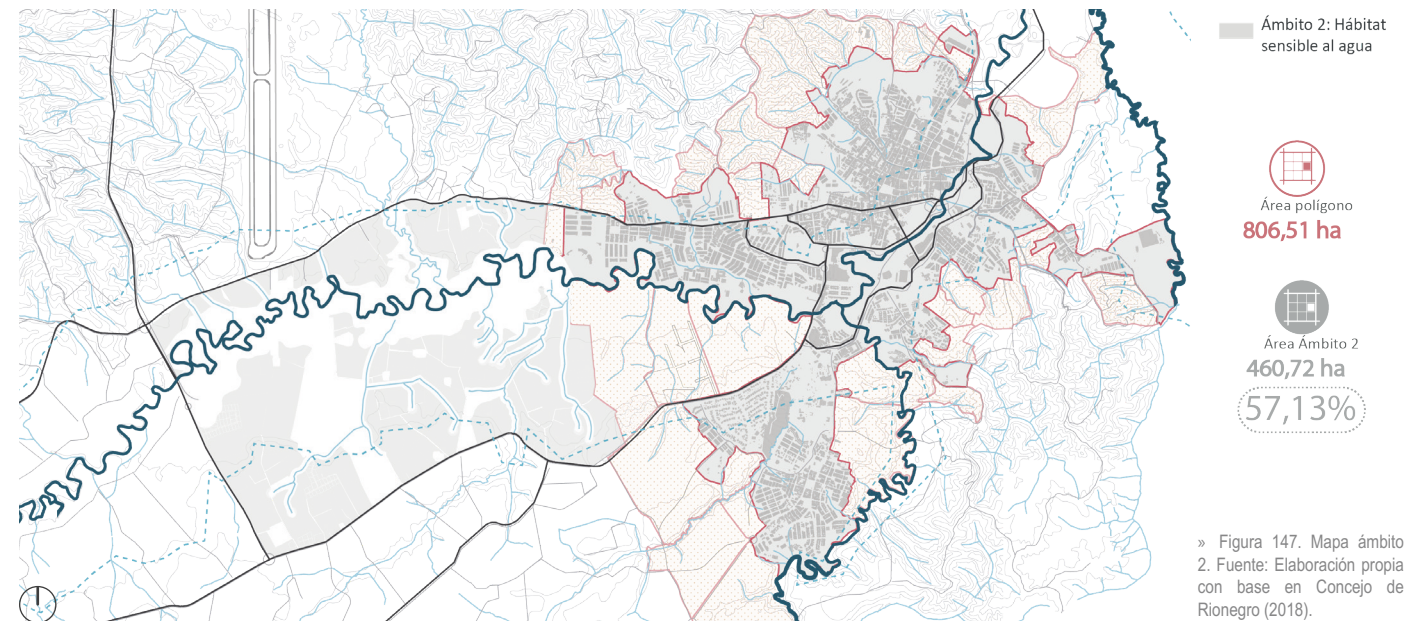
Los mismos autores reconocen la equivalencia de las ECC con las OMEC definidas internacionalmente por la IUCN & WCPA (2016) como: “Un espacio geográfico definido, no reconocido como área protegida, que es manejado y gestionado de tal forma que aporta a la conservación in situ de la biodiversidad, sus servicios ecosistémicos y valores culturales de manera efectiva y a largo plazo”.

Por su parte, para este ámbito en particular, en donde prevalece la protección, con algunos otros usos complementarios, es

## ÁMBITO 2 | Hábitat sensible al agua

Este ámbito contiene zonas que no se encuentran bajo ninguna figura de protección, pueden ser ocupadas y son aptas para el desarrollo suburbano. Por lo tanto, presentan un potencial para incentivar un desarrollo bajo un modelo de sensibilidad al agua que pueda anticiparse a la ocupación de modelos menos sostenibles que ponen en riesgo la prestación de SE culturales

y de regulación hídrica. De igual manera, este espacio debe articular sus estrategias con el primer ámbito para favorecer los SE de regulación hídricas y culturales sobre todo el territorio, debe permitir el acceso al espacio público, favorecer la conectividad ecológica y tener en cuenta la movilidad peatonal y vehicular. Ver siguiente figura: Mapa Ámbito 2.



Si bien el ámbito 2, pertenece más a lo privado que a lo público es posible y deseable que sea incluido igualmente como una ECC, tal y como se describe, donde se promuevan acuerdos para la protección y promoción de la prestación de SE en dicho ámbito, con una gobernanza que parte de los particulares y propietarios directamente, y que busca obtener beneficios para la biodiversidad y los SE. Lo anterior debido a que como se mencionó anteriormente deben tener

consideraciones que favorezcan la conectividad ecológica entre los diferentes fragmentos presentes hacia la estructura ecológica principal del municipio. Una vez se establezcan la concertación con los propietarios acerca de las estrategias a implementar, deberán ser incorporados herramientas para su monitoreo y seguimiento, y con ello evaluar su efectividad para la conservación de la biodiversidad y los SE.

## 4.2. Estrategias sensibles al agua

En un territorio dinámico y estratégico como la región de Valles de San Nicolás es necesario pensar nuevas formas de planear y ocupar que garanticen la prestación de SE y con ello el bienestar de quienes lo habitan, para ello en esta sección se plantean diferentes estrategias (ambiental, físico-espacial, socioeconómico e institucionales) que respondan a la problemática identificada en este trabajo de investigación, que está relacionada con los principales motores de cambio identificados y sus efectos sobre los SE de regulación hídrica y culturales. De ellos se destacan los cambios en las coberturas vegetales, pérdida de humedales, la alteración sobre el paisaje, disminución en la recarga del acuífero, aumento en la escorrentía, privatización del río, ocupación de áreas inundables, poco valor al río, deterioro en la relación de la comunidad con el río y otros cuerpos de agua. En conclusión, afectación del balance hídrico, el paisaje y la relación hombre-agua.

las nuevas vías proyectadas, la ampliación en la oferta de servicios públicos, las proyecciones en los sistemas masivos de movilidad, el asentamiento de nuevas industrias, entre otras; obligan a pensar en nuevos modelos de ocupación más sostenibles, que contemplen el mantenimiento del balance hídrico y del agua como recurso fundamental para el territorio. En este sentido, se identificaron oportunidades dentro de los mismos procesos como la posibilidad de la construcción y conservación de humedales artificiales, y las relaciones actuales hombre- agua, además de las posibilidades de valorización que ofrecen los paisajes más naturales.

En este sentido el concepto de ciudades sensibles al agua ofrece un modelo de ocupación en donde pone en el centro la gestión del agua y la creación de un paisaje coherente con este mismo recurso. Además, incluye desde intervenciones tanto sobre los criterios de diseño de las infraestructuras como sobre criterios culturales que permitan fortalecer la relación de la comunidad.

Así como se puede observar en la siguiente figura, dicho concepto prioriza tres principios, y es a partir de estos que se diseñan las estrategias en cada una de las dimensiones:

» Figura 148. Principios de ciudades sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia con base en Hoyer et al (2011) y Wong (2008).



Además de los principios, para el diseño de las estrategias se contempló la revisión bibliográfica y de los casos referenciales de Australia, Singapur, Ciudad de México y el municipio de El Bagre, que permiten retomar herramientas e instrumentos para llevarlas a cabo y con ello dar lineamientos para el diseño y planificación de un territorio sensible al agua. Además, fue fundamental la entrevistas a expertos y actores claves del territorio.

de ellos se diseñaron estrategias asociadas a la dimensión ambiental, físico-espacial y socio-económica. Por su parte, la estrategia institucional es transversal a los dos ámbitos y está orientada a definir los mecanismos y herramientas que permitan incorporar estas herramientas dentro de los procesos minería y urbanización, y contemplen los intereses de los diferentes actores que inciden en la transformación del territorio. Estas estrategias planteadas, serán los lineamientos para garantizar que los procesos de minería y urbanización estén orientados a la construcción de una ciudad sensible al agua.

De esta manera, como cada uno de los ámbitos tiene características y usos potenciales diferentes, para cada uno

**ÁMBITO 1** Paisajes sensibles al agua

Específicamente para el ámbito 1: Paisajes sensibles al agua, desde la dimensión ambiental se plantea la necesidad de recuperar la ronda hídrica del río Negro, como estructurante natural, y conservar sus humedales para beneficiar la prestación de SE de regulación hídrica y culturales, y favorecer la adaptación a la VCC, para lograrlo se establecen 4 acciones sobre las que se quiere incidir:

**Infiltrar:** mantener la capacidad que tiene el suelo de transportar el agua desde la superficie hacia el nivel freático y aguas subterráneas, con esta se favorece la disminución de la escorrentía superficial.

**Recargar:** en el mismo sentido que la acción anterior se busca asegurar la recarga del acuífero de alta importancia presente en el territorio, para favorecer entre otras el balance hídrico en la cuenca, especialmente en épocas de escasez.

**Conectar:** esta acción promueve la conexión ecosistémica y también la conexión hidrológica entre los diferentes cuerpos de agua presentes, buscando fortalecer la estructura ecológica principal (EEP) y crear corredores para facilitar los flujos biológicos, la vida silvestre y la biodiversidad entre los diferentes elementos de la EEP de la cuenca del río Negro en el polígono de análisis.

**Amortiguar:** en un contexto de VCC, con estimaciones de incrementos en intensidad y frecuencia de las precipitaciones es importante asegurar los espacios necesarios para que el río pueda inundarse y disminuir la vulnerabilidad aguas abajo.

Con relación a la dimensión físico-espacial la estrategia plantea generar un sistema de espacio público sensible al agua a lo largo del río Negro y su ronda hídrica que permita beneficiar la prestación de SE culturales y limitar la ocupación de las zonas inundables y humedales. Para ello se plantean

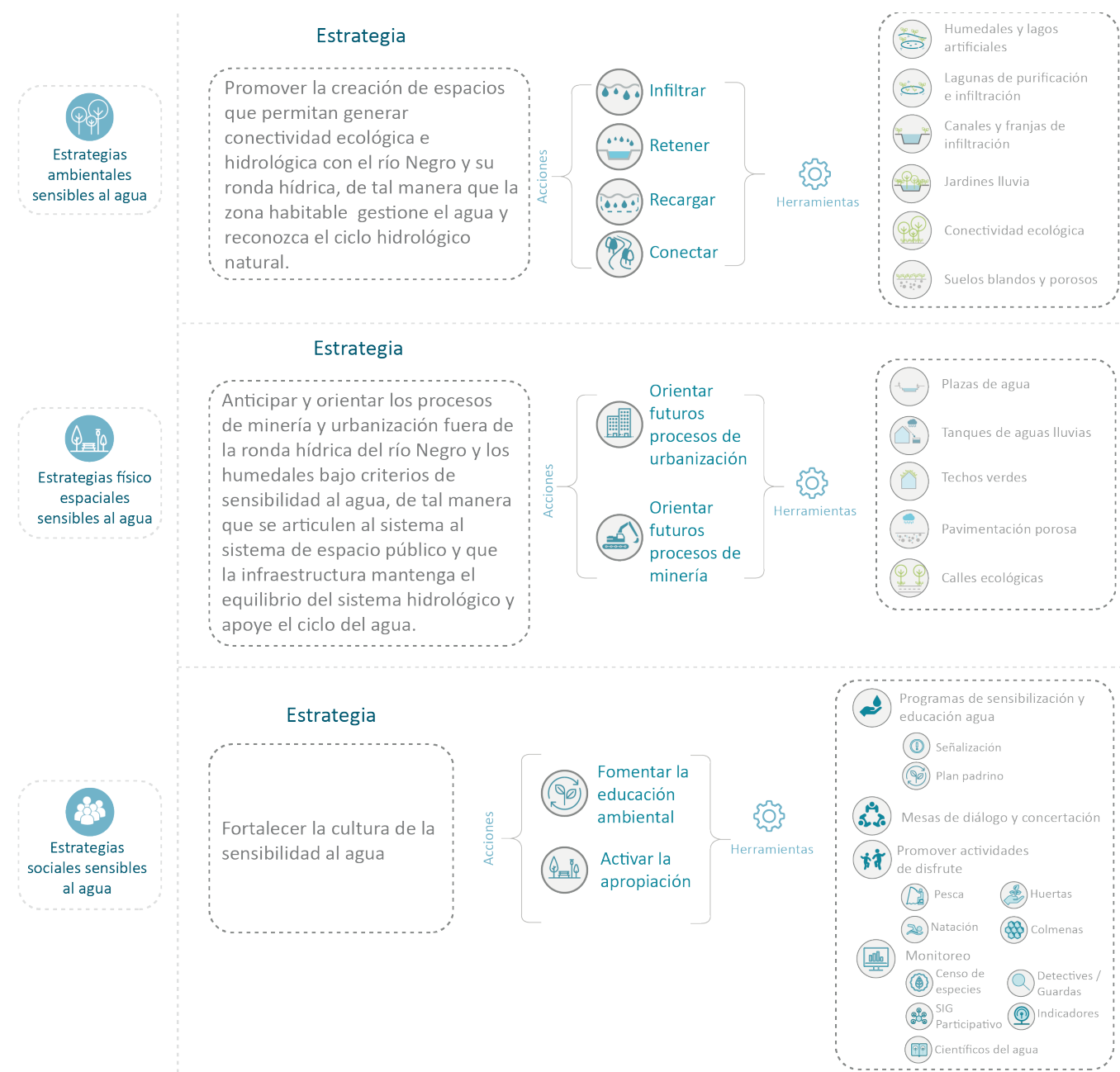
dos acciones claves:

Generar un sistema de espacio público articulado a la ronda hídrica del río, afluentes y humedales y fortalecer la accesibilidad y conectividad peatonal que permitan una interacción de la sociedad con estos nuevos espacios.

Por su parte, las estrategias socio-económicas para este ámbito buscan fortalecer el relacionamiento y la apropiación del espacio público y los cuerpos de agua asociados, para ello se presentan oportunidades para el desarrollo de programas asociados a la recreación y el deporte, estos fueron seleccionados a partir de las encuestas realizadas a la comunidad, de sus actividades normales y las que desearían realizar alrededor de estos espacios; promoción de programas como plan padrino para que la empresa privada se apropie, mantenga y cuide ciertos espacios, al igual que las urbanizaciones circundantes.

De igual manera, se presentan herramientas para el fomento de educación ambiental y sensibilización relacionada con agua, articulados con colegios y centros educativos locales, que permitan instaurar en la población local comportamientos coherentes con los principios de las ciudades sensibles al agua; y que a su vez permitan articularse con el monitoreo de las estrategias, que partan, también, de los actores sociales presentes en este ámbito. Por último, se entrega la herramienta de mesas de diálogo y concertación, que debe ser incorporada en los estados iniciales de los proyectos, para llegar a acuerdos entre propietarios, mineros, urbanizadores y comunidad sobre el diseño y funcionalidad de los espacios públicos, especialmente.

En la siguiente figura se esquematiza las estrategias en la dimensión ambiental, físico-espacial y socioeconómica para el ámbito 1, en ella se observan además las herramientas sugeridas para llevarlo a cabo.



» Figura 149. Estrategias ambiental y físico-espacial del ámbito 1: Paisajes sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia.

**ÁMBITO 2** | Hábitat sensible al agua

De otra parte, para el ámbito 2 desde la dimensión ambiental se busca promover la creación de espacios que permitan generar la conectividad ecológica e hidrológica con el río Negro, afluentes y sus rondas hídricas, de tal manera que se logre gestionar el agua lluvia en las zonas habitables y se imite el ciclo hidrológico natural. Para ello se plantean cuatro acciones claves sobre el territorio:

**Infiltrar:** mantener la capacidad que tiene el suelo de transportar el agua desde la superficie hacia el nivel freático y aguas subterráneas, con esta se favorece la disminución de la escorrentía superficial;

**Retener:** favorecer el almacenamiento temporal del agua de escorrentía a través de lagos o depresiones en el terreno y con ello disminuir los picos en el caudal del río.

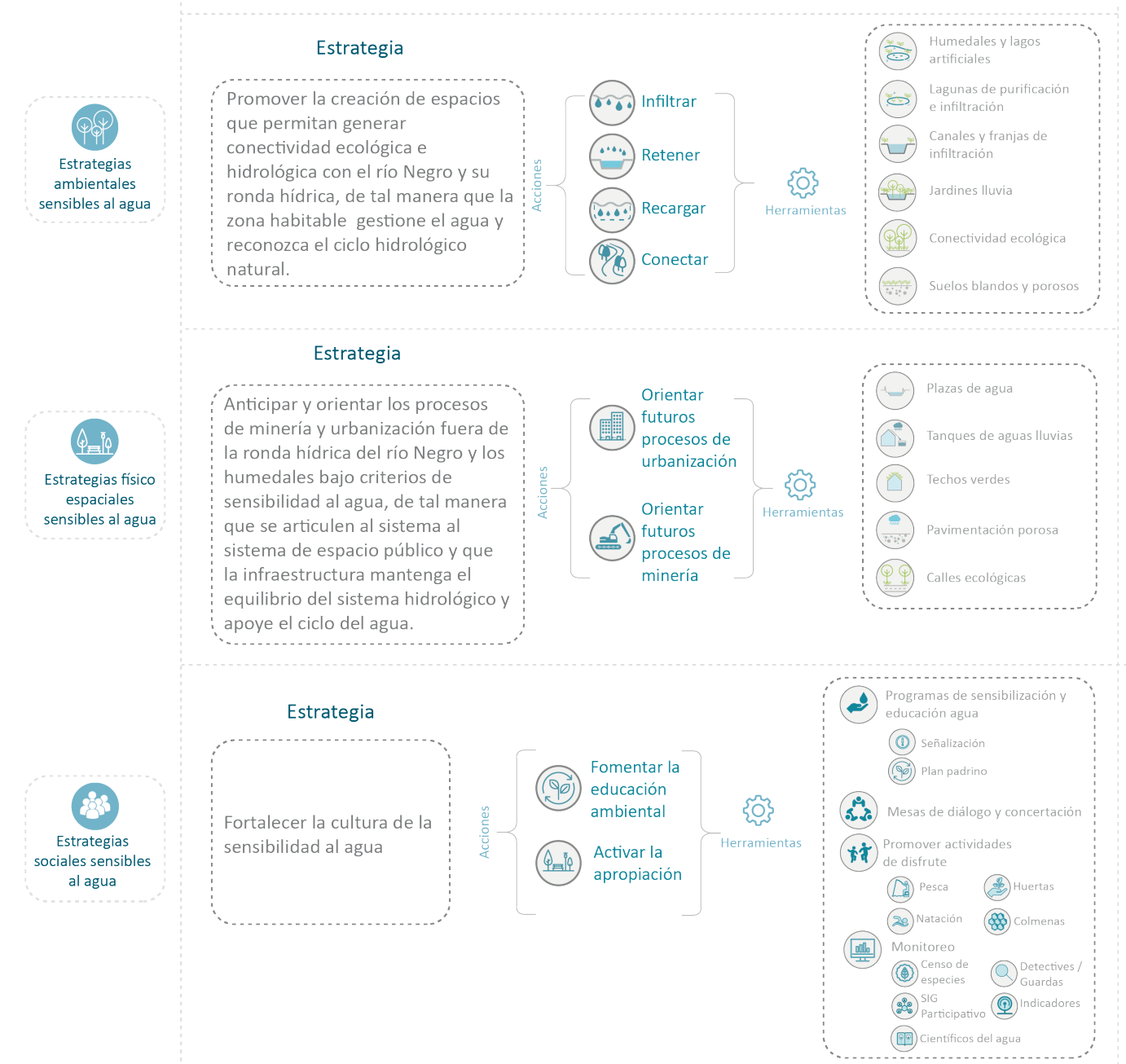
**Recargar:** busca asegurar la recarga del acuífero de alta importancia para favorecer entre otras el balance hídrico en la cuenca, especialmente en épocas de escasez.

**Conectar:** esta acción promueve la conexión ecosistémica y también la conexión hidrológica entre los diferentes cuerpos de agua presentes, buscando fortalecer la estructura ecológica principal (EEP) y crear corredores para facilitar los flujos biológicos, la vida silvestre y la biodiversidad entre los diferentes elementos de la EEP de la cuenca del río Negro en el polígono de análisis.

Por su parte, en la dimensión físico – espacial la estrategia planteada busca anticipar y orientar los procesos de minería y urbanización por fuera de la ronda hídrica del río negro y sus humedales bajo criterios de sensibilidad al agua, de tal manera que se articulen al sistema de espacio público y que incorporen infraestructura funcional que apoye el ciclo del agua y el balance hidrológico.

Para este ámbito más privado que público la estrategia social busca el fortalecimiento de la cultura de la sensibilidad al agua y se orienta en la promoción de la educación a partir de una adecuada señalización que conecte los espacios con su función hidrológica al interior de las urbanizaciones, la adopción de espacios público por parte de las urbanizaciones y el fomento de actividades relacionadas con los cuerpos de agua en aquellos espacios que se construyan al interior de las unidades habitacionales y que permitan el relacionamiento de los habitantes con el recurso hídrico; sin embargo tiene menos fortaleza esta estrategia para este ámbito que para el ámbito 2. De igual manera, es importante articular a los mecanismos de monitoreo de la implementación de la estrategia la participación social de actores relevantes en el territorio como los mismos propietarios.

En la siguiente figura se esquematiza las estrategias en la dimensión ambiental, físico-espacial y socio-económica para el ámbito 2, y en ella se observan además las herramientas sugeridas para llevarlo a cabo.

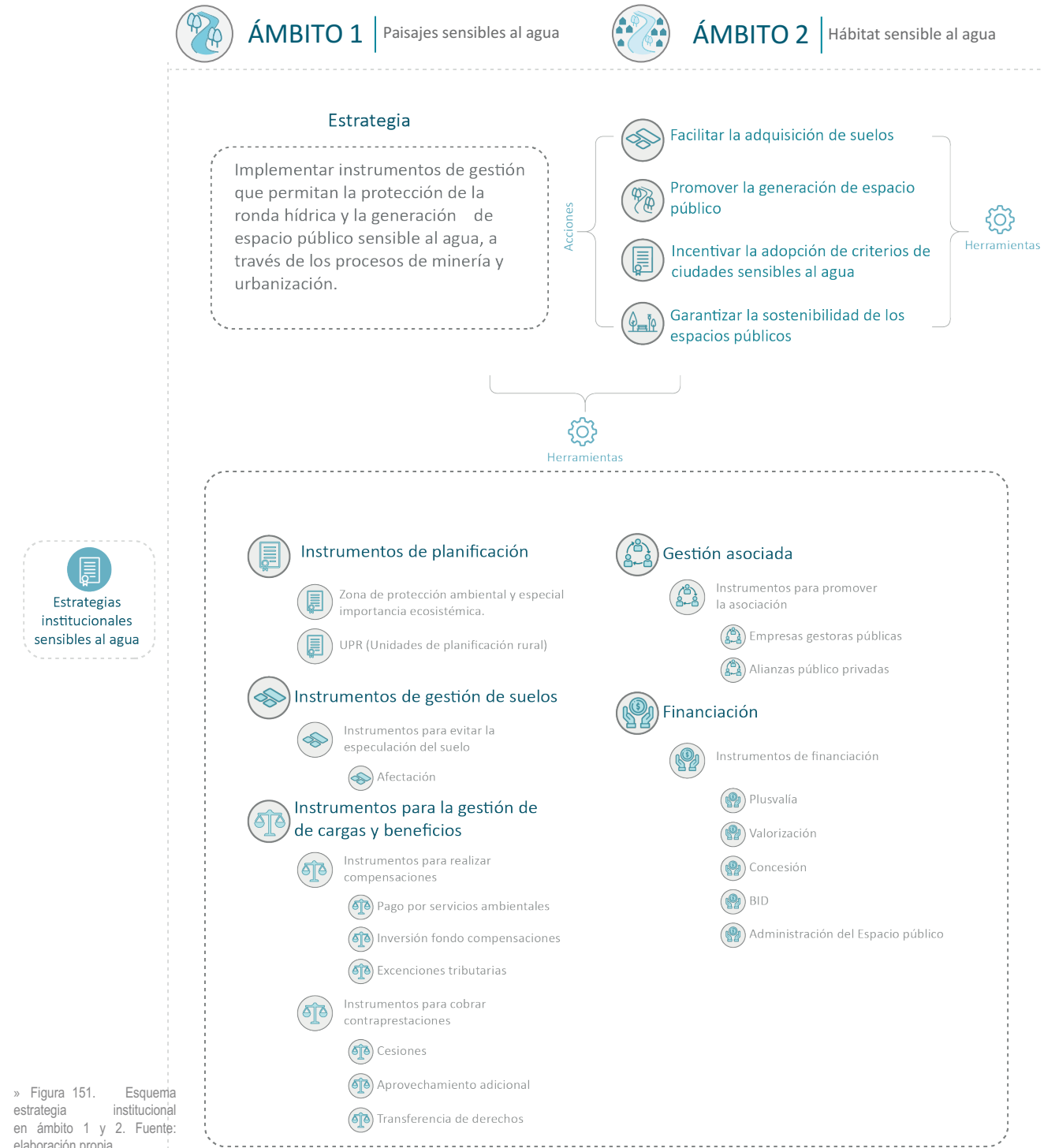


» Figura 150. Esquema estrategias ambientales y físico-espaciales para el ámbito 2: Hábitat sensible al agua. Fuente: elaboración propia.

Para lograr llevar a cabo dichas estrategias sobre el territorio y que puedan ser incorporadas dentro de los procesos de minería y urbanización se requiere plantear una estrategia institucional, con la que se busca implementar instrumentos de gestión que aseguren la protección de la ronda hídrica y la generación del espacio público sensible al agua, además busca que se articulen los procesos y actores involucrados en cada uno de los ámbitos.

Para ello se establecen cuatro (4) acciones: i) facilitar la adquisición de suelos, en la ronda hídrica para su protección

y conservación, por parte del municipio ii) promover la generación de espacio público asociado al sistema natural, no solo como una figura de protección sino de uso y apropiación iii) incentivar la adopción de criterios de ciudades sensibles al agua en procesos de minería y urbanización, y iv) garantizar la sostenibilidad en el tiempo de los espacios públicos generados. En cuanto a las herramientas esta estrategia contempla instrumentos de planificación, gestión de suelos, gestión de cargas y beneficios, gestión asociada y financiación, como se observa en la siguiente figura.



» Figura 151. Esquema estrategia institucional en ámbito 1 y 2. Fuente: elaboración propia

### 4.3. Caja de herramientas sensibles al agua

A continuación, se detallan cada una de las herramientas e instrumentos mencionados para cada una de las estrategias, para ello se realiza una descripción de la misma, a cuál acción y objetivo está dirigida, cuáles son los SE que se promueven con ésta, en cuál ámbito se debe implementar (Ámbito 1 y/o Ámbito 2), la etapa de implementación en los procesos de minería y urbanización, los actores que implementan dichas herramientas, y por último se nombran algunos referentes nacionales e internacionales que dan cuenta de su diseño técnico e implementación en otros territorios. Estas herramientas son presentadas en forma de fichas ya que permiten al planificador, minero, urbanizador y a la comunidad, usarlas de acuerdo sus necesidades e incorporando en sus proyectos aquellas que le sean de utilidad.

Estas herramientas surgen a partir de la revisión bibliográfica, análisis y contextualización local de referentes tales como:

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Melbourne Water. (2018)
- Deltares. Climate adaptation app.
- Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).
- Hacia una ciudad de México sensible al agua, El espacio público como una estrategia de gestión de agua de lluvia. De urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público (AEP)

Ciudad de México (2016).

De esta manera se presentan 28 fichas que corresponden a las herramientas ambientales, físico-espaciales y sociales, y seis (6) fichas que describen de manera sintética y concreta las diferentes herramientas normativas que le permiten al planificador, urbanizador y minero tener un primer acercamiento a las posibilidades para llevar a cabo y viabilizar el proyecto. De igual manera estas fichas permiten a la comunidad reconocer algunas de las actividades que se pueden realizar en este territorio para incentivar su apropiación y fortalecer la cultura de la sensibilidad al agua.

Es importante anotar, que es necesario en una segunda etapa realizar un estudio y análisis más detallado de la implementación de estas herramientas en el espacio, de tal manera que se pueda profundizar en su aplicación, tiempos, estímulos, actores, indicadores de desempeño, costos, entre otros, y con ello construir una guía metodológica para su implementación. Además, otro punto clave es la revisión y análisis de la relación Costo – Beneficio a corto, mediano y largo plazo, considerando allí los beneficios colaterales, como todos aquellos servicios ecosistémicos asegurados de manera directa o indirectamente como regulación hídrica, disminución de riesgo por inundaciones, mayor seguridad hídrica, disminución en la carga de sedimento aguas abajo, protección de la biodiversidad, aumento en el valor de los predios, beneficios para la salud y bienestar de la comunidad, entre otras.



» Figura 152. Esquema metodología fichas de herramientas y listado de herramientas. Fuente: elaboración propia.

Herramientas ambientales, físico-espaciales y sociales:



### Humedales y lagos artificiales



- Dimensión: Ambiental
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Amortiguar
  - Recargar
  - Retener
- Etapa de Implementación
  - Explotación, Minería
  - Cierre y abandono, Minería
- Actor que implementa
  - Minero

Por medio del proceso de minería se generan lagos o humedales artificiales con agua permanente y vegetación acuática para la recolección, almacenamiento, tratamiento e infiltración gradual de la escorrentía en superficies continuas. Estos humedales ayudan a la eliminación de contaminantes y sólidos en suspensión, regulación hídrica mitigación de las sequías, control de inundaciones y recarga de aguas subterráneas. Se debe además conservar los humedales existentes y restaurar los que se encuentran en un estado de degradación.

Las acciones de restauración/creación de humedales artificiales deben estar dirigidas a mejorar la calidad del agua, optimizar las propiedades hidrológicas, restaurar los SE y controlar procesos de sedimentación y fluctuaciones hidrológicas.

Para ello, Díaz (2013) recomienda realizar una restauración de sustratos, buscando estabilidad morfológica y paisajísticas, realizar los rellenos hidrológicos con materiales arcillosos producto del descapote, para favorecer el drenaje y estructura del suelo, posterior el establecimiento de coberturas forestales en las áreas riberenas contemplando especies nativas de rápido crecimiento y buen comportamiento en condiciones de áreas degradadas. Además, conectar el lago con el río mediante un único canal de salida para regular la carga de sedimentos y favorecer los parámetros físico - químicos del agua y con ello promover las condiciones hidrológicas para el establecimiento de flora adaptada como las macrófitas.

**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Modelo sostenible de explotación minera en El Bagre, Antioquia. Díaz (2013).

» Figura 153. Herramienta: humedales y lagos artificiales. Fuente: elaboración propia



### Canales de Conexión y Biorretención



- Dimensión Ambiental
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Amortiguar
  - Recargar
  - Conectar
- Etapa de Implementación
  - Minería: Cierre y abandono
  - Urbanización: Formulación, Construcción
- Actor que implementa
  - Minero
  - Urbanizador

Canales abiertos y deprimidos, con pendientes suaves y vegetación, diseñados para el tratamiento y transporte de escorrentía de aguas lluvias. Estos canales de biorretención actúan como mitigadores de contaminantes por medio de fitorremediación, y a su vez como transportadores de aguas lluvias cuando no se dan las condiciones para la infiltración del agua. A su vez, este sistema conecta los humedales y los lagos con el río con el fin de garantizar su conexión y su buen estado de conservación. Funcionan bien en espacios contiguos a parqueaderos, vías, andenes y áreas altamente impermeabilizadas. Es importante que en el diseño de los canales de conexión entre el río y los lagos se realice a través de un solo canal de salida para regular la entrada de sedimentos.

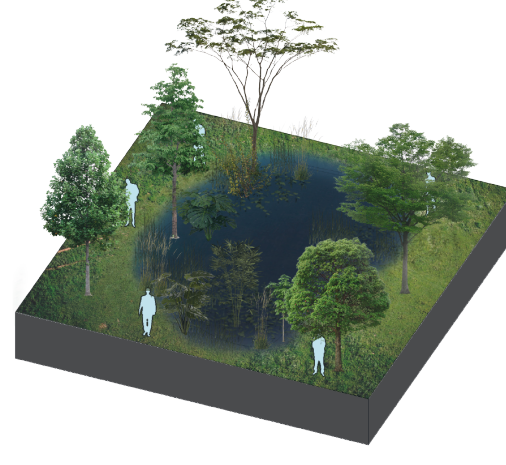
**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Modelo sostenible de explotación minera en El Bagre, Antioquia. Díaz (2013).

» Figura 154. Herramienta: Canales de conexión y bioretención. Fuente: elaboración propia



### Jardines Lluvia



- Dimensión: Ambiental
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Retener
  - Recargar
- Etapa de Implementación
  - Minería: Cierre y abandono
  - Urbanización: Formulación, Construcción
- Actor que implementa
  - Minero
  - Urbanizador

Depresión en el suelo con vegetación diseñada para infiltrar la escorrentía del agua lluvia y favorecer su infiltración. Actúa como un sistema de biorretención para mitigar los contaminantes de las aguas lluvias mediante procesos de fitorremediación, por medio de plantas nativas de acuerdo al clima local, el suelo y las condiciones de humedad. Se pueden aplicar en espacios de menor escala, como pequeñas zonas verdes, parques y a lo largo de andenes y caminos.

**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Melbourne Water (2018)

» Figura 155. Herramienta: Conectividad ecológica. Fuente: elaboración propia

### Conectividad Ecológica



- Dimensión Ambiental
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Amortiguar
  - Recargar
  - Retener
- Etapa de Implementación
  - Minería: Cierre y abandono
  - Urbanización: Formulación, Construcción
- Actor que implementa

Herramienta de manejo del paisaje para facilitar los flujos biológicos y establecer corredores para la vida silvestre y la biodiversidad, restaurar zonas degradadas y fragmentadas, favoreciendo el balance hídrico y la mitigación de escorrentía.

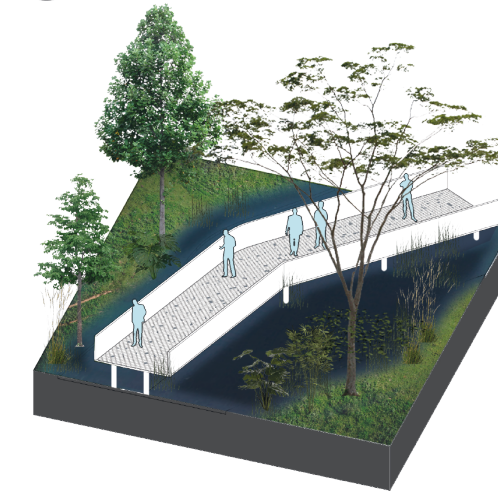
La conectividad debe contemplar escala de paisaje y busca articularse con la Estructura Ecológica Principal de la Cuenca del río Negro. Además, esta herramienta debe contemplar la restauración de los bosques riparios de ríos, quebradas, humedales y lagos, para proteger estas fuentes hídricas de los impactos del uso del suelo, mantener la calidad del agua y durante los eventos de inundaciones ayudar a reducir la escorrentía, reducir los caudales máximos y mitigar los daños aguas abajo.

Las especies a tener en cuenta deben ser nativas de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB). Deben también contemplarse especies que resistan periodos de inundación y de sequía. Tener en cuenta especies que promuevan la presencia de polinizadores y dispersores naturales como aves. Para los suelos degradados por la minería se deben considerar especies nativas que aporten nutrientes al suelo, como leguminosas. Esta herramienta promueve el aumento del área de los fragmentos presentes en el polígono de estudio, redondear los parches y mejorar las condiciones de los mismos a partir de restauración ecológica, tales como cercas vivas, establecimiento de franjas protectoras de cuerpos de agua (bosque ripario), restablecimiento del régimen hidrológico en humedales y reconstrucción de la estructura física del hábitat en humedales (Herramientas propuestas por el Plan Nacional de Restauración ecológica).

- Referentes:
- Conectividad ecológica en la zona urbano rural de la localidad de Suba. Ramírez et al (2008)
  - Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
  - Plan Nacional de Restauración Ecológica, MAVDT (2015)

» Figura 156. Herramienta: conectividad ecológica. Fuente: elaboración propia

### Senderos peatonales ecológicos



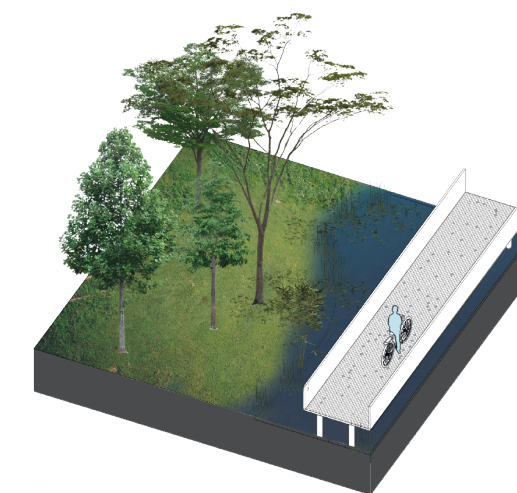
- Dimensión: Físico - Espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda
  - Accesibilidad y conectividad peatonal
- Etapa de Implementación
  - Urbanización: Formulación, Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Establecer senderos peatonales que favorezcan el disfrute del entorno natural y permitan la conexión de diferentes espacios de importancia ecológica como el río, los humedales y los bosques. Estos senderos permiten el acercamiento de la comunidad con el agua y la realización de múltiples actividades como deportes o avistamiento de aves. Para su implementación considerar materiales permeables que promuevan la infiltración.

- Referentes:
- Hacia una ciudad de México sensible al agua. De Urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público (AEP) (2016).
  - Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).

» Figura 157. Herramienta: Senderos peatonales ecológicos. Fuente: elaboración propia

### Cicloinfraestructura verde



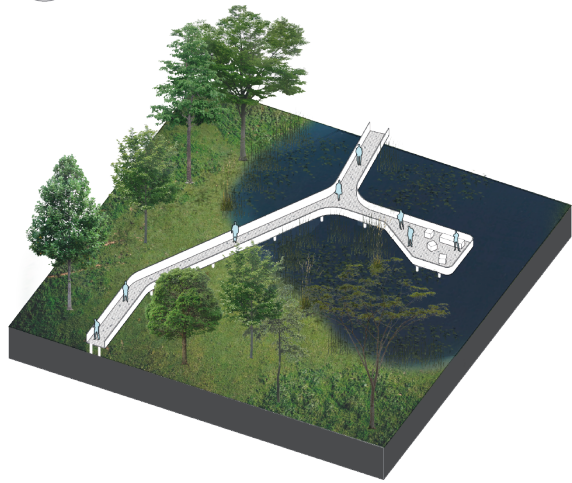
- Dimensión físico espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda
  - Accesibilidad y conectividad peatonal
- Etapa de Implementación
  - Urbanización: Formulación, Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Ciclorutas para acceder a los diferentes espacios como el río, zonas verdes, humedales, equipamientos y zonas de generación económica. Permiten el disfrute del paisaje y el cuidado de los cuerpos de agua. Estos recorridos debe ser seguros y deben estar acompañados de sitios para el parqueo de bicicletas. Para su implementación considerar materiales permeables ue promuevan la infiltración.

- Referentes:
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
  - Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. In Situ (2017)

» Figura 158. Herramienta: Cicloinfraestructura verde. Fuente: elaboración propia

### Parques y estancias



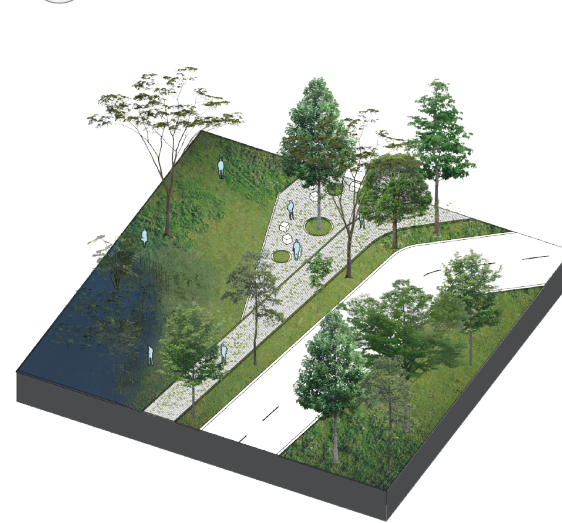
- Dimensión: Físico - Espacial
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda hídrica
  - Accesibilidad y conectividad peatonal
- Etapa de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Generación de lugares de estancia como parques, decks y miradores que permitan la contemplación del paisaje y la realización de diferentes actividades en torno al río y los humedales. Estos espacios deben estar dotados con mobiliario, señalética, accesibilidad e iluminación adecuada. El uso, ocupación y promoción debe articularse con los programas educativos y culturales de interés de la comunidad, ello favorece la sostenibilidad en el tiempo.

- Referentes:**
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
  - Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. In Situ (2017)

» Figura 159. Parques y estancias. Fuente: elaboración propia

### Accesos



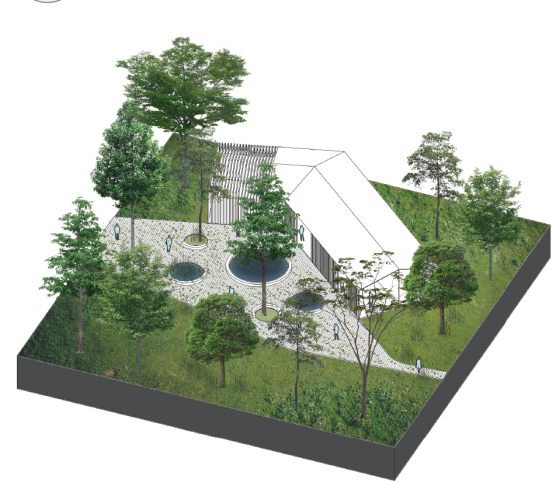
- Dimensión: Físico - Espacial
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda hídrica
  - Accesibilidad y conectividad peatonal
- Etapa de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Creación de diferentes puntos de accesos a los espacios públicos presentes en el río Negro y los humedales, que permitan generar el acercamiento, el reconocimiento y la apropiación por parte de la comunidad. Estos lugares actúan como hitos y puntos de encuentro entre las conexiones peatonales, ciclorutas, parqueaderos y vías de acceso.

- Referentes:**
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
  - Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. In Situ (2017)

» Figura 161. Herramienta: Accesos. Fuente: elaboración propia

### Equipamiento Ambiental



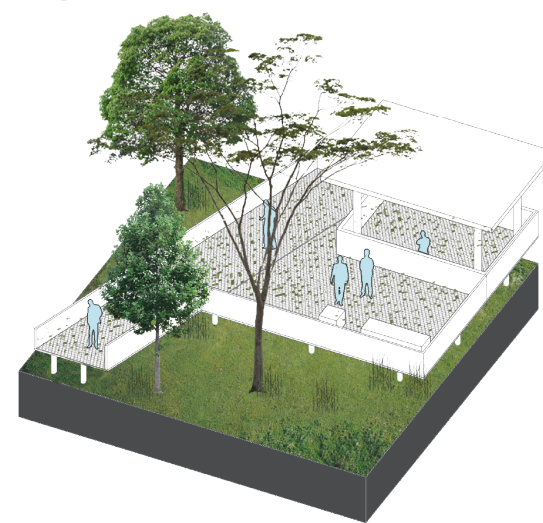
- Dimensión Físico espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda hídrica
  - Accesibilidad y conectividad peatonal
- Etapa de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Generación de equipamientos ambientales que permitan acercar a la comunidad a los espacios públicos sensibles al agua, mediante programas educativos, de sensibilización y apropiación en espacios tales como aulas ambientales, sendas botánicas y laboratorios. El diseño debe contemplar elementos de infraestructura verde. El uso, ocupación y promoción debe articularse con los programas educativos y culturales de interés de la comunidad, ello favorece la sostenibilidad en el tiempo.

- Referentes:**
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
  - Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. In Situ (2017)

» Figura 160. Herramienta: Equipamiento ambiental. Fuente: elaboración propia

### Zonas de generación económica



- Dimensión Físico espacial
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Generar un sistema de espacio público conectado a la ronda hídrica
- Etapa de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Construcciones como casetas o negocios pequeños que permitan favorecer la economía local y fomentar la sostenibilidad económica del espacio público. Estos lugares al acercar a la comunidad, permiten fortalecer la apropiación del espacio público, aumentar la seguridad e incrementar la oferta de actividades y servicios del espacio público. Su diseño debe contemplar infraestructura verde.

- Referentes:**
- Kallang River, Singapur. Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a).
  - Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. In Situ (2017)

» Figura 162. Herramienta: Zonas de generación económica. Fuente: elaboración propia



### Lagunas de purificación e infiltración

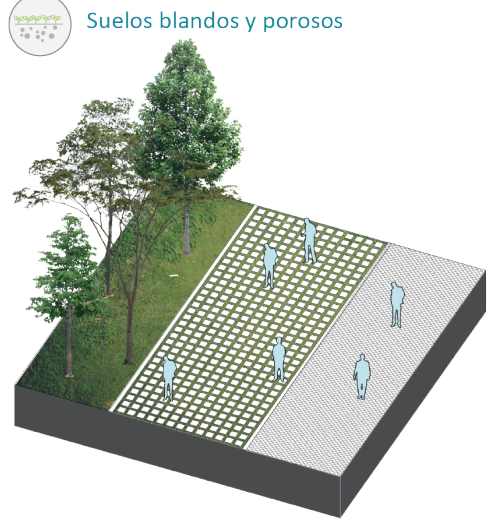
- Dimensión:** Ambiental
- Servicio ecosistémico:**
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención:**
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos:**
  - Infiltrar
  - Recargar
  - Retener
- Etapas de Implementación:**
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa:**
  - Urbanizador

Lagunas con vegetación acuática (emergente y sumergida) generadas como áreas de confinamiento poco profundas con suelos permeables que permiten la retención temporal e infiltración de aguas lluvias en el suelo, mejorando la calidad del agua y la recarga del agua subterránea. Este sistema además de favorecer la infiltración del agua, actúa como un sistema para mitigar los contaminantes de la escorrentía por medio de la fitorremediación. Puede ser utilizado en espacios con suelos que permitan la infiltración del agua.

**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Melbourne Water. (2018)
- Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 163. Herramienta: Lagunas de purificación e infiltración. Fuente: elaboración propia



### Suelos blandos y porosos

- Dimensión:** Ambiental
- Servicio ecosistémico:**
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención:**
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos:**
  - Infiltrar
  - Recargar
- Etapas de Implementación:**
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa:**
  - Urbanizador

Suelos blandos (verdes) o semi blandos como gramoquines u otros suelos parcialmente blandos que permiten la bioretención y la infiltración de aguas lluvias, almacenando temporalmente el agua y disminuyendo la cantidad de escorrentía. Pueden ser utilizados en elementos del espacio público como senderos, parques, estancias, parqueaderos y vías de bajo tráfico.

**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Melbourne Water. (2018)
- Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 165. Herramienta: Suelos blandos y porosos. Fuente: elaboración propia



### Canales y franjas de infiltración

- Dimensión:** Ambiental
- Servicio ecosistémico:**
  - Regulación hídrica
- Ámbito de intervención:**
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos:**
  - Infiltrar
  - Conectar
- Etapas de Implementación:**
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa:**
  - Urbanizador

Canales deprimidos y con vegetación para el transporte e infiltración de la escorrentía proveniente de zonas impermeables. Este sistema promueve el crecimiento de plantas que favorecen la remoción de contaminantes y ayudan a la retención de sólidos en suspensión.

**Referentes:**

- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
- Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
- Melbourne Water. (2018)
- Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 164. Herramienta: Canales y franjas de infiltración. Fuente: elaboración propia



### Plazas de agua

- Dimensión:** Físico espacial
- Servicio ecosistémico:**
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención:**
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos:**
  - Retener
  - Orientar futuros procesos de urbanización
- Etapas de Implementación:**
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa:**
  - Urbanizador

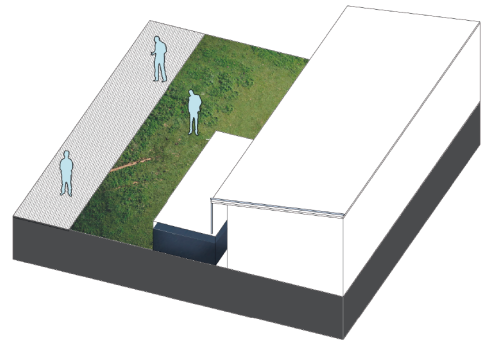
Espacios públicos que durante las épocas secas del año actúan como plazas o parques recreativos, y durante las épocas de lluvia actúan como estanques de agua que reciben la escorrentía que se produce aguas arriba y el agua lluvia. Estos lugares permiten retener temporalmente el exceso de agua, mientras esta se infiltra y se conduce por medio de canales a otros sistemas que permitan su infiltración. Debe estar a un nivel inferior de las superficies que escurren y conectada a su red de drenajes.

**Referentes:**

- Hacia una Ciudad de México sensible al agua. De Urbanisten, Deltares, Autoridas del Espacio Público (AEP) (2016).
- Plaza del agua en Rotterdam. De Urbanisten (2016)
- Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 166. Herramienta: Plazas de agua. Fuente: elaboración propia

### Tanques de aguas lluvias



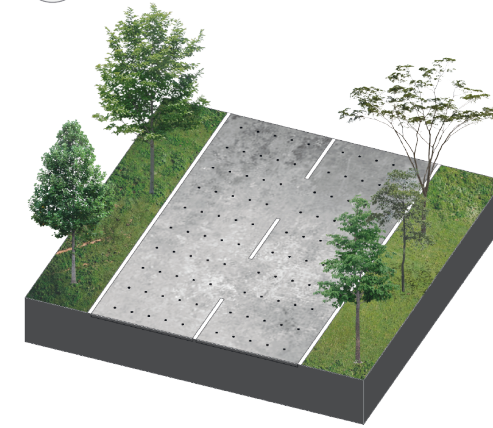
- Dimensión: Físico Espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Retener
  - Orientar futuros procesos de urbanización
- Etapas de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Tanques para la recolección, almacenamiento y reutilización de aguas lluvias, con el fin de reducir el volumen de la escorrentía y los caudales máximos. Las aguas recolectadas pueden ser utilizadas para el riego, suministro de agua para sanitarios, lavado de vehículos, etc.

- Referentes:**
- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
  - Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
  - Melbourne Water (2018)

» Figura 167. Herramienta: Tanques de aguas lluvias. Fuente: elaboración propia

### Pavimentación porosa



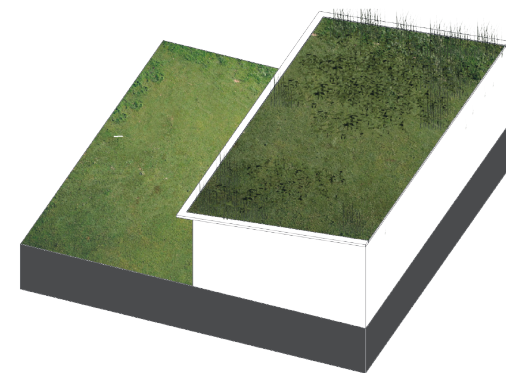
- Dimensión: Físico Espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Orientar futuros procesos de urbanización
- Etapas de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Superficies permeables aptas para el tránsito de peatones y vehículos, permiten la filtración de agua favoreciendo la recarga de aguas subterráneas y mejorando la calidad del agua lluvia al eliminar sedimentos y otros contaminantes como aceites, grasas, metales y sólidos en suspensión. La pavimentación porosa puede ser de múltiples tipos como adoquines prefabricados, asfaltos porosos, concretos porosos y gravas. Este sistema está soportado por capas subterráneas de tierra, grava y arena que favorecen el almacenamiento y la infiltración.

- Referentes:**
- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
  - Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
  - Melbourne Water (2018)

» Figura 169. Herramienta: Pavimentación porosa. Fuente: elaboración propia

### Techos verdes



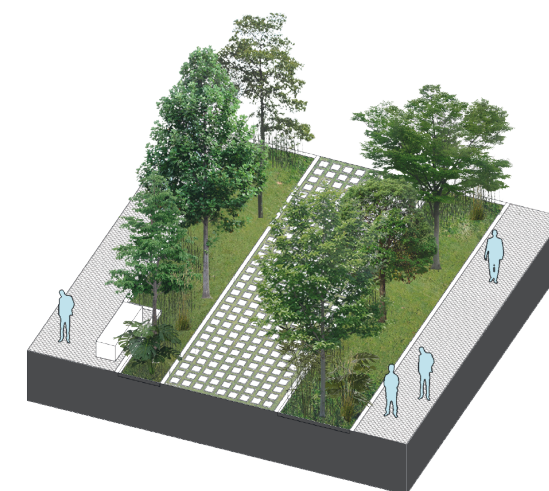
- Dimensión: Físico espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Retener
  - Orientar futuros procesos de urbanización
- Etapas de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Los techos con vegetación son jardines que se instalan en la parte superior de los edificios con el fin de recolectar el agua lluvia, disminuir la escorrentía y reducir su volumen a través de la evapotranspiración de las plantas. Este sistema ayuda además a regular la temperatura de los edificios generando un aislamiento térmico y a controlar los eventos de altas precipitaciones. La vegetación utilizada debe soportar períodos de humedecimiento y sequía, autosustentable y no requerir fertilizantes.

- Referentes:**
- Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches. UNEP (2014).
  - Low Impact Development: a design manual for urban areas. Huber (2010).
  - Melbourne Water (2018)

» Figura 168. Herramienta: Techos verdes. Fuente: elaboración propia

### Calles Ecológicas



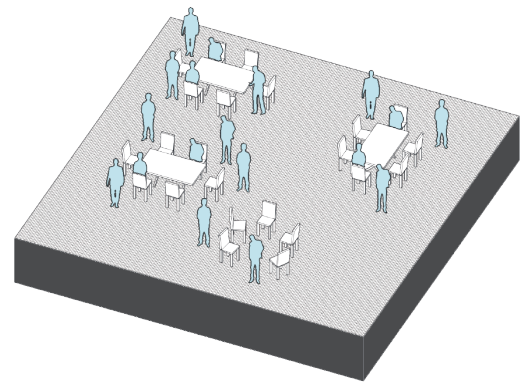
- Dimensión: Físico espacial
- Servicio ecosistémico
  - Regulación hídrica
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Infiltrar
  - Orientar futuros procesos de urbanización
  - Conectar
- Etapas de Implementación
  - Urbanización:
    - Formulación
    - Construcción
- Actor que implementa
  - Urbanizador

Corredores y senderos en los espacios públicos y en las urbanizaciones que favorezcan la conectividad ecológica, adopten suelos blandos y porosos, manejo de aguas lluvias, especies vegetales que cumplan una función dentro del ecosistema, así como espacios para el disfrute y la movilidad sostenible.

- Referentes:**
- Hacia una Ciudad de México sensible al agua. De Urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público (AEP) (2016).
  - Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 170. Herramienta: Calles ecológicas. Fuente: elaboración propia

### Mesas de diálogo y concertación

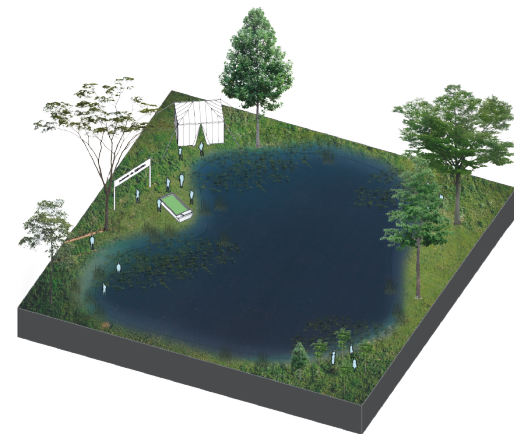


- Dimensión social
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Orientar futuros procesos de urbanización
  - Orientar futuros procesos de minería
  - Activar la apropiación
- Etapa de Implementación
  - Concertación
  - Entrega y uso
- Actor que implementa
  - Minero
  - Urbanizador
  - Estado
  - Propietarios

Concertar con los diferentes actores, además de las estrategias para construir un territorio más resiliente, el uso y cuidado de los espacios, programación de agendas para las jornadas educativas, de limpieza y de siembra, así como las diferentes actividades a realizar dentro de estos espacios. Estas mesas deben de realizarse de forma periódica y abiertas a todos los actores involucrados.

» Figura 171. Herramienta: Mesas de diálogo y concertación. Fuente: elaboración propia

### Programas de sensibilización y educación



- Dimensión: Socioeconómica
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
- Acciones / Objetivos
  - Activar la apropiación
  - Fomentar la educación ambiental
- Etapa de Implementación
  - Concertación
  - Entrega y uso
- Actor que implementa
  - Estado
  - Comunidad
  - Academia

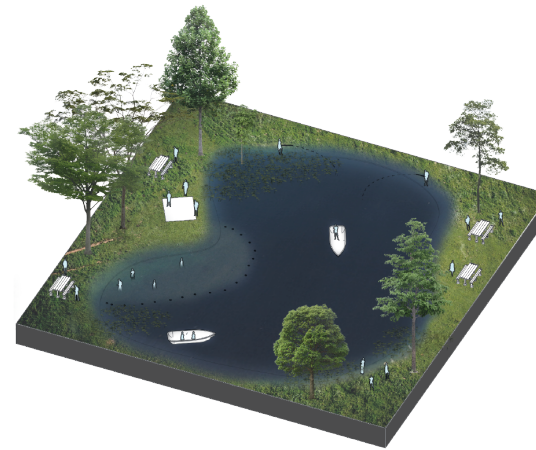
Articular programas educativos con las instituciones educativas, motivar salidas de campo y proyectos académicos entorno a los cuerpos de agua. Promover programas de adopción de espacios por parte de la empresa privada y/o urbanizaciones. Dirigidas a fortalecer la relación comunidad - agua - espacio público, algunos de los que se proponen son:

- **Jornadas de limpieza:** Programación de jornadas limpiezas periódicas para el río negro, las lagunas y las quebradas, priorizando las zonas reportadas por la comunidad y por el programa de detectives del río.
- **Jornadas de siembra:** Programación de jornadas de siembra de especies nativas, que favorezcan y ayuden el mantenimiento de la infraestructura verde y disminuyan la producción de GEI por parte del municipio. Incluye jornadas de acompañamiento para el programa de huertas comunitarias y familiares.

Referentes:  
 ● Melbourne Water (2018)  
 ● Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 172. Herramienta: Programas de sensibilización y educación. Fuente: elaboración propia

### Promover actividades de uso y disfrute



- Dimensión: Socioeconómica
- Servicio ecosistémico
  - Cultural
- Ámbito de intervención
  - Ámbito 1
  - Ámbito 2
- Acciones / Objetivos
  - Activar la apropiación
- Etapa de Implementación
  - Entrega y uso
- Actor que implementa
  - Estado
  - Comunidad

Promover actividades recreativas y deportivas para el uso y disfrute del espacio público y los cuerpos de agua, que a su vez promuevan la apropiación de los espacios, tales como:

- **Pesca:** Incentivar la pesca deportiva en las lagunas y el río. Para ello se debe realizar inicialmente un reconocimiento de las diferentes especies que se encuentran en el territorio y de la capacidad del mismo para realizar esta práctica. Se puede hacer uso de los puntos de encuentro y realizar jornadas y competencias, las cuáles dependerán del tipo de especies y tamaños, podrán realizarse desde las orillas del río y sus lagunas o en botes. Se podrán hacer uso de asadores, y de un restaurante para prepararlos y disfrutar del espacio.
- **Natación:** Realizar una caracterización de las condiciones del río y sus lagunas con el objetivo de localizar y promover sitios seguros de natación. Asignar además espacios en los alrededores para el disfrute y un puesto de salvavidas con las condiciones de seguridad necesarias para la comunidad.
- **Navegabilidad:** Promover los deportes náuticos mediante jornadas deportivas en el río, fomentando la disciplina deportiva de la comunidad mediante la realización de actividades como el remo, la bicicleta acuática.
- **Caminatas:** Realizar jornadas deportivas como caminatas, maratones y senderismo que involucren los espacios del río negro y sus lagunas.
- **Picnic:** Promover el uso de los espacios alrededor del río y sus lagunas, destinar sitios de picnic alrededor de los cuerpos de agua, para el disfrute de la naturaleza, dotarlos además con asadores y mobiliario.
- **Huertas:** Promover la tradición campesina de la comunidad y brindar la oportunidad a los habitantes de aprender a cultivar, aprender sobre especies vegetales, manejar y cuidar la tierra brindando beneficios como abastecimiento de frutas, verduras y plantas medicinales. Las huertas pueden ser familiares o comunitarias, favoreciendo así la integración, la auto organización y decisión sobre el territorio. Finalmente se puede articular con un mercado campesino.
- **Colmenas:** Crear un programa de apicultura junto con un actor educativo capacitando, orientando y acompañando a la comunidad, en la implementación de colmenas. Con este programa se busca conectar a los actores con el territorio y la naturaleza, realizar e implementar prácticas de cuidado al medio ambiente, proteger las poblaciones de abejas que como polinizadoras cumplen un papel importante dentro del ecosistema. Los apiarios pueden ser comunitarios o familiares y finalmente la comunidad y visitantes pueden consumir la miel.

Referentes:  
 ● Melbourne Water (2018)  
 ● Singapur. "ABC Waters(Active, Beautiful, Clean Waters Programme). Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a-b).

» Figura 173. Herramienta: Promover actividades de uso y disfrute. Fuente: elaboración propia

### Monitoreo

**SIG Participativo**  
El SIG participativo, puede ser una herramienta clave para el ordenamiento del territorio. Mediante encuestas se puede espacializar la realidad de las comunidades urbanas y rurales dentro del territorio, y favorecer los diagnósticos, espacializar además los recursos disponibles y los usos actual del suelo. Esta herramienta, apoya la designación de los espacios de disfrute dentro del ámbito 1 como: sitios de pesca, de natación, huertas comunitarias, apiarios, zonas para picnic, etc.

**Censo de especies**  
Involucrando actores como la academia y la comunidad, realizar censos especies y monitoreo de especies. Crear un programa conjunto con las universidades, en el cual se identifiquen de manera preliminar las especies creando una línea base, posteriormente se realizan jornadas de inscripción y capacitación para la comunidad en general, acompañadas de visitas de campo y reconocimiento. Finalmente, se consolida un grupo para: reconocer, cuidar y censar las especies, con ello se podrá dar a conocer a la comunidad en general las especies que habitan el territorio. El grupo, recibirá constantemente integrantes que manifiesten interés con la temática y realizará socializaciones.

**Científicos del agua**  
Crear un programa de científicos conjunto entre comunidad y universidad, con el fin de realizar monitoreos ambientales: calidad del agua, hábitat y contaminación. Se realizarán capacitaciones y finalmente se entregaran unos formatos con los cuales será recolectada información de interés que posteriormente será entregada a la universidad, quién se encargará de actualizar bases de datos y liderar el monitoreo.

**Indicadores**  
Establecer una batería de indicadores para cada una de las herramientas propuestas, donde se tengan en cuenta las dimensiones: ambiental, social y económica, en diferentes escalas temporales: corto, mediano y largo plazo. Dichos indicadores se sugiere puedan articularse con los que presenta Findeter o DNP para el logro de los ODS. De igual manera, los indicadores seleccionados deben ser, de acuerdo con la metodología del Banco Mundial:

- Claro: Precisos
- Relevantes para el tema
- Económicos, a un costo razonable
- Medibles: de fácil medición, de tal manera que la comunidad pueda medir algunos y alimentar el SIG participativo.
- Adecuados para medir el desempeño y eficacia.

**Referentes:**

- Guía metodológica para la formulación de indicadores. DNP. (2009)
- Melbourne Water (2018)
- Monitoreo a procesos de restauración. garavio y Ramírez (2015)

**Dimensión: Socioeconómica**

**Servicio ecosistémico**  
● Regulación hídrica ● Cultural

**Ámbito de intervención**  
● Ámbito 1 ● Ámbito 2

**Acciones / Objetivos**  
● Activar la apropiación ● Fomentar la educación ambiental

**Etapas de Implementación**  
● Entrega y uso

**Actor que implementa**  
● Estado ● Comunidad ● Academia

» Figura 174. Herramienta: Monitoreo. Fuente: elaboración propia

## Herramientas institucionales y normativas:

### Instrumentos de planificación

**Zona de protección ambiental y especial importancia ecosistémica**  
Delimitar zonas cuyo objetivo principal sea la protección del ecosistema, hábitats naturales, restauración de zonas degradadas y promover un desarrollo de actividades sostenibles que favorezcan su conservación.

**UPR (Unidades de planificación rural)**  
Instrumento base de la planificación rural, el cual tiene en cuenta los temas que tienen que ver con manejo ecológico, decisiones de ocupación y usos, las estrategias e instrumentos de gestión y las estrategias de asistencia técnica agropecuaria. Delimitar estas unidades permite planificar el territorio de manera planificada y coherente con los intereses del municipio.

**Dimensión: Institucional**

**Servicio ecosistémico**  
● Regulación hídrica ● Cultural

**Ámbito de intervención**  
● Ámbito 1 ● Ámbito 2

**Acciones / Objetivos**  
● Facilitar la adquisición de suelos  
● Promover la generación de espacio público  
● Incentivar la adopción de criterios de ciudades sensibles al agua

**Etapas de Implementación**  
● Definición de ámbitos de intervención

**Actor que implementa**  
● Estado: Cornare, Secretaría de Planeación Municipal

» Figura 175. Herramienta: Instrumentos de planificación. Fuente: elaboración propia

### Instrumentos de gestión del suelo

**Instrumentos para evitar la especulación del suelo: Afectación**  
Restricción impuesta por la entidad pública competente que limite o impida la obtención de licencias urbanísticas, de parcelación o construcción, por causa de una obra pública o por protección ambiental. Es importante conocer el valor de los predios comprendidos dentro del ámbito del proyecto antes del respectivo anuncio.

**Dimensión: Institucional**

**Servicio ecosistémico**  
● Regulación hídrica ● Cultural

**Ámbito de intervención**  
● Ámbito 1

**Acciones / Objetivos**  
● Facilitar la adquisición de suelos  
● Promover la generación de espacio público

**Etapas de Implementación**

**Actor que implementa**  
● Estado: Secretaría de Planeación municipal

» Figura 176. Herramienta: Instrumentos de gestión del suelo. Fuente: elaboración propia

### Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios: Cobrar contraprestaciones

**Cesiones**  
Los urbanizadores harán la cesión de espacios, equipamientos, redes y parques en las áreas y lagos resultantes de la minería ubicados en el ámbito 1. Es importante motivar que las cesiones se paguen en el mismo lugar. Si no existen recursos suficientes para ejecutar el espacio público, se podrán canalizar las cesiones de otras zonas (transferencia de cesiones).

**Aprovechamiento adicional**  
Compensar el área que se deja de construir en el espacio público otorgando un mayor aprovechamiento a las áreas urbanizables dentro de las UPR.

**Transferencia de derechos**  
Compensar lo que se deja de urbanizar en el espacio público, otorgando un mayor aprovechamiento a las áreas urbanizables en otros predios; ello permit la conservación de las áreas dentro de las zonas de protección a cambio de mayor edificabilidad fuera de ella (ámbito 2).

**Dimensión: Institucional**

**Servicio ecosistémico**  
● Regulación hídrica ● Cultural

**Ámbito de intervención**  
● Ámbito 1 ● Ámbito 2

**Acciones / Objetivos**  
● Facilitar la adquisición de suelos  
● Promover la generación de espacio público

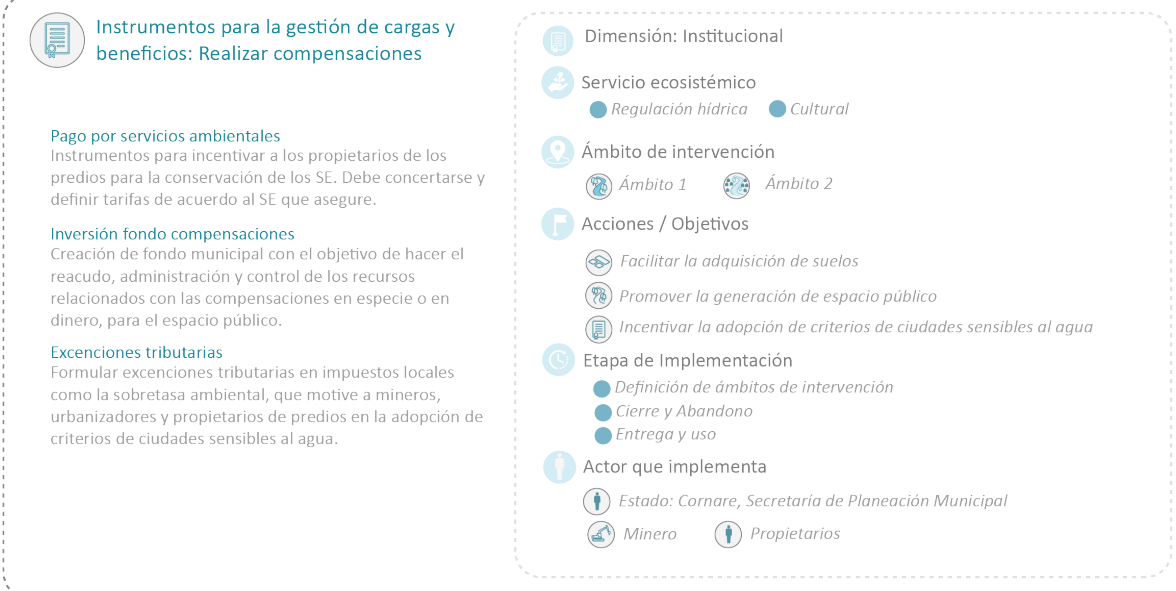
**Etapas de Implementación**  
● Formulación  
● Construcción

**Actor que implementa**  
● Estado: Secretaría de Planeación Municipal  
● Urbanizador

» Figura 177. Herramienta: Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios: cobrar contraprestaciones. Fuente: elaboración propia



» Figura 178. Herramienta: Instrumentos de financiación. Fuente: elaboración propia



» Figura 179. Herramienta: Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios. Fuente: elaboración propia

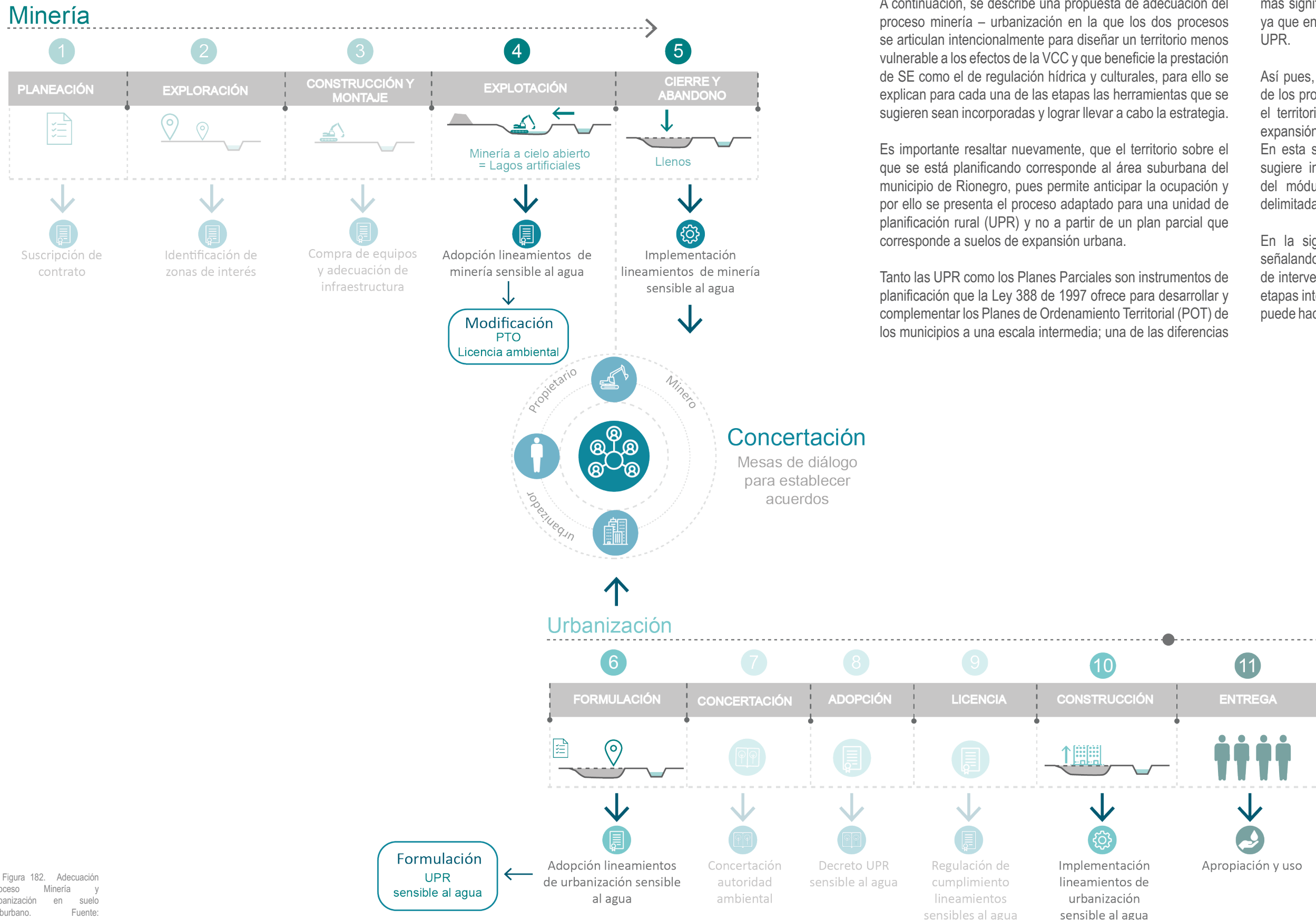


» Figura 180. Herramienta: Instrumentos para promover la asociación. Fuente: elaboración propia



» Figura 181. Fotografía humedales Rionegro. Fuente: elaboración propia

### 4.4. Articulación y adecuación de procesos de minería y urbanización



A continuación, se describe una propuesta de adecuación del proceso minería – urbanización en la que los dos procesos se articulan intencionalmente para diseñar un territorio menos vulnerable a los efectos de la VCC y que beneficie la prestación de SE como el de regulación hídrica y culturales, para ello se explican para cada una de las etapas las herramientas que se sugieren sean incorporadas y lograr llevar a cabo la estrategia.

Es importante resaltar nuevamente, que el territorio sobre el que se está planificando corresponde al área suburbana del municipio de Rionegro, pues permite anticipar la ocupación y por ello se presenta el proceso adaptado para una unidad de planificación rural (UPR) y no a partir de un plan parcial que corresponde a suelos de expansión urbana.

Tanto las UPR como los Planes Parciales son instrumentos de planificación que la Ley 388 de 1997 ofrece para desarrollar y complementar los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios a una escala intermedia; una de las diferencias

más significativas reside en el tipo de suelo donde se aplica, ya que en suelo urbano aplica el Plan Parcial y en el rural las UPR.

Así pues, en el capítulo 3 se detalló cada una de las etapas de los procesos de minería y urbanización que ocurren sobre el territorio actualmente y que es evidente en el suelo de expansión urbana donde la figura de Plan Parcial predomina. En esta sección se detallan las etapas del proceso que se sugiere incorpore adecuaciones, sobre el suelo suburbano del módulo de concentración de vivienda donde existen delimitadas algunas UPR por parte del municipio en su POT.

En la siguiente figura se esquematiza el nuevo proceso señalando aquellas etapas en las que se realiza algún tipo de intervención. Más adelante se detallan cada una de estas etapas intervenidas y se explica cómo en cada una de ellas se puede hacer uso de las herramientas anteriormente diseñadas.

» Figura 182. Adecuación proceso Minería y urbanización en suelo suburbano. Fuente: elaboración propia

Debido a que la investigación sucede en un polígono donde ya ha sido expedido un título minero con licencia ambiental, y la fase de explotación está activa hasta el año 2036, no es posible tener incidencia sobre las etapas previas. Sin embargo, a partir de la etapa de explotación se proponen ciertas adecuaciones para incorporar las estrategias y herramientas previamente mencionadas.

En ese sentido, las etapas claves sobre las que se incide y articulan los procesos son la explotación, cierre y abandono para la minería, que coincide con las etapas de formulación y concertación de la urbanización. Sin embargo, se detallan cada una de las etapas del proceso de urbanización puesto que es necesario incidir en ellas para la construcción de un territorio sensible al agua.

Una de las generalidades más importantes que se resaltan es la necesidad de establecer desde la normativa figuras de protección a los humedales artificiales que existen y posibilitar la construcción de nuevos humedales a partir del proceso minero. Para ello, es necesario contar con estudios más

detallados donde se dimensione y cuantifique la regulación hídrica que ofrecen y la cantidad de estos para satisfacer los cambios previstos por el crecimiento urbano, así como el análisis del ciclo hidrológico en la cuenca del río Negro.

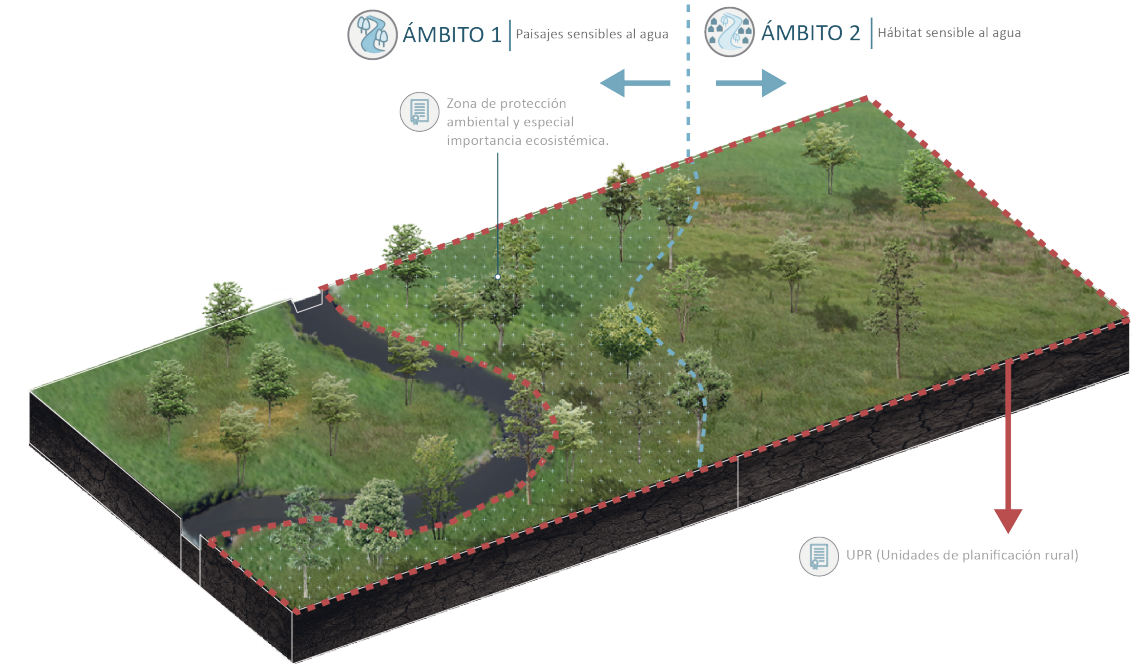
Como punto de partida para que sucedan sobre el territorio estos nuevos procesos sensibles al agua, es importante que desde los entes territoriales (autoridad ambiental y Secretaría de Planeación) delimiten los ámbitos de intervención, incorporando entre otros los criterios que la nueva guía para la delimitación de rondas hídricas, donde se incluyan los paleocauces y/o meandros abandonados. De igual manera, incluir en los suelos de protección y conservación los humedales artificiales resultantes de la minería. Adicionalmente, es importante desde la secretaría de planeación se delimiten sobre todo el polígono las UPR, con el fin de orientar los procesos de minería y urbanización sobre un instrumento de planeación que permite mayor ordenación del territorio. Estos lineamientos se pueden observar de manera esquemática en la siguiente figura:

### DEFINICIÓN DE ÁMBITOS DE INTERVENCIÓN

	DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
	Delimitación ronda hídrica Delimitación UPR	Cornare Secretaría de Planeación	Ley 388 de 1997 Decreto 3600 de 2007 Decreto 4066 de 2008 Dec 2245 de 2017
	<p><b>Instrumentos de planificación</b></p> <p>Zona de protección ambiental y especial importancia ecosistémica. </p> <p>Nueva delimitación de la ronda hídrica con el fin de integrar los humedales artificiales resultantes de la minería y los paleocauces del río Negro.</p> <p>UPR (Unidades de planificación rural)</p> <p>Delimitación de las UPR para orientar procesos de minería y urbanización, generar la cesión de suelos en la ronda hídrica y garantizar la replicabilidad en el territorio.  </p>		
	<p><b>Instrumentos de gestión de suelos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anuncio de proyecto</li> <li>Afectación</li> </ul>		
	<p><b>Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pago por servicios ambientales</li> </ul>		

» Figura 183. Lineamientos para la definición de ámbitos de intervención y UPR. Fuente: elaboración propia.

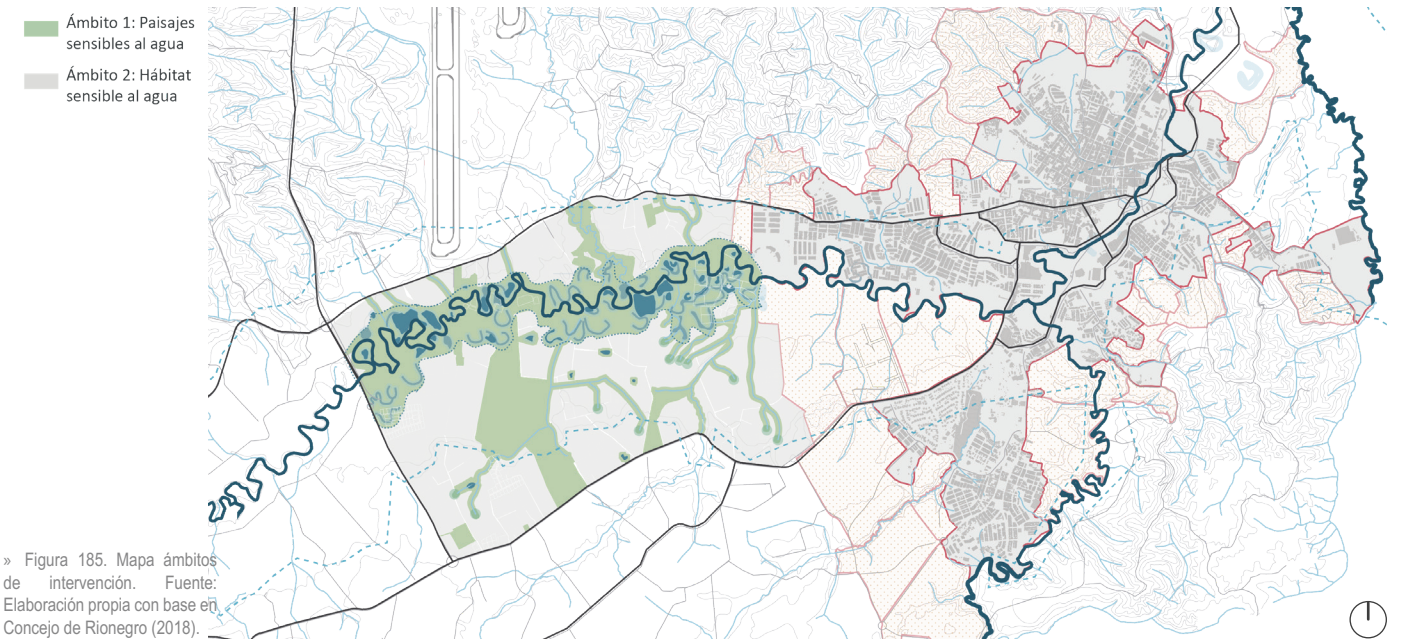
A continuación, se presenta una figura 3D que ilustra cómo debe ser la delimitación de los ámbitos sobre el polígono de intervención:



» Figura 184. Lineamientos para la definición de ámbitos de intervención y UPR. Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, es posible entonces limitar las áreas urbanizables de aquellas que son para la protección y disfrute

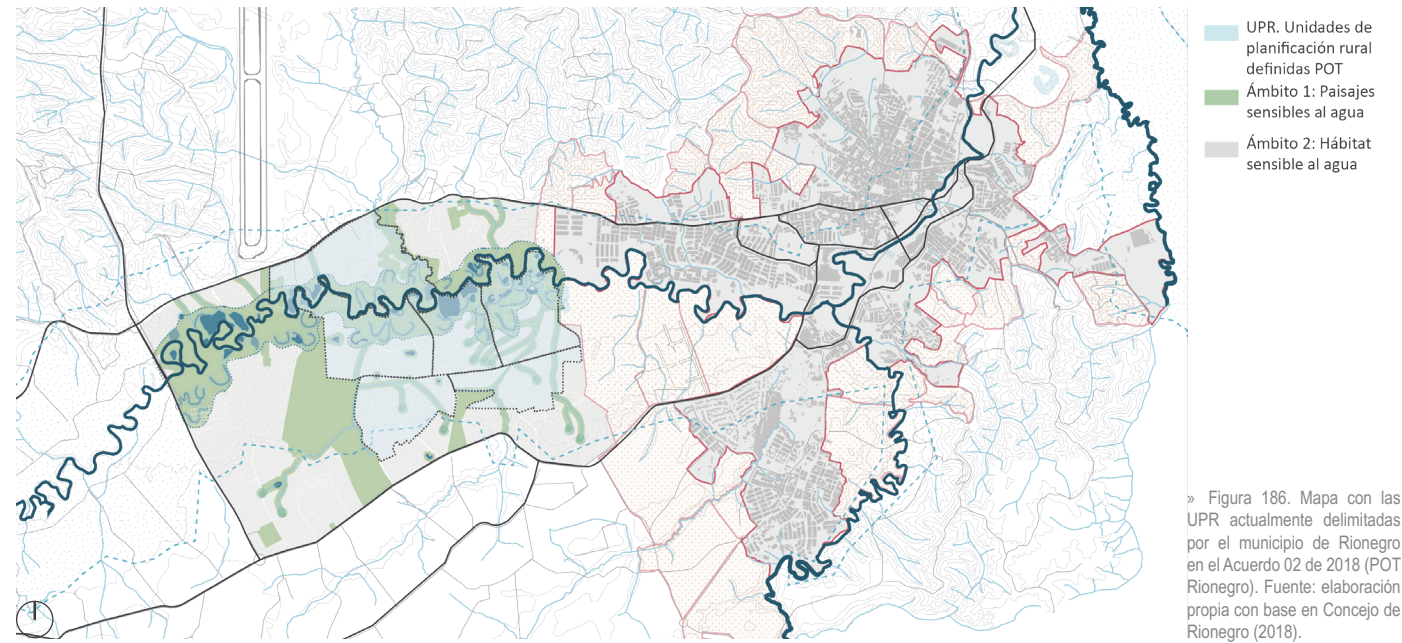
público únicamente, ver siguiente figura que sintetiza la definición de los ámbitos de intervención.



» Figura 185. Mapa ámbitos de intervención. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).

Adicionalmente se deberá realizar el ejercicio de orientar la planificación del suelo suburbano a partir de las UPR, pues si bien existen delimitadas algunas sobre el corredor del río Negro en este polígono hay suelos que no están delimitados (como se observa en la siguiente figura), por lo cual se sugiere

que se haga una definición del resto de las UPR para garantizar que el desarrollo suburbano de este territorio sea coherente y se haga bajo los criterios y lineamientos sensibles al agua que se proponen en esta investigación.



Aunque el objetivo de esta investigación no está enfocado en proponer una delimitación de las UPR en el suelo suburbano, se sugiere que para la delimitación UPR se haga una repartición proporcional entre las áreas de protección del ámbito 1 y las áreas con potencial de desarrollo suburbano del ámbito 2, con el fin de garantizar que cada una de ellas pueda ceder áreas para la consolidación del espacio público y se haga una eficiente repartición de las cargas y beneficios.

Además, para esta etapa previa se contemplan herramientas desde lo institucional y normativo, como la afectación para evitar la especulación del suelo y limitar la obtención de licencias urbanísticas en zonas de protección ambiental

(Ámbito 1) y el pago por servicios ambientales para realizar compensaciones e incentivar la protección de las zonas con alto valor ecosistémico.

A continuación, se presentan las diferentes etapas del proceso de minería y urbanización sobre los cuales se interviene para adaptarlos, para ello se hace a modo de esquema una síntesis de cada etapa, tal y como se realizó en el capítulo 3, en donde se resaltan los actores involucrados y la normatividad, acompañada (en algunas de las etapas) de un modelo 3D que ilustra la manera en la que se adapta el proceso y cuáles son las diferentes herramientas que se implementan para esa etapa.

#### 4 Etapa explotación

La fase de explotación, perteneciente al proceso de minería, es la primera etapa sobre la cual se pretende incidir, además porque es en la etapa en la que actualmente se encuentra el título minero que existe sobre el polígono de estudio. Para la aplicación de las herramientas sobre esta etapa es importante que desde la autoridad ambiental se adopten unos lineamientos de minería sensible al agua, en donde se promueva la creación de humedales artificiales como reguladores hidrológicos, y el diseño de un paisaje sensible al agua.

Estos lineamientos deben ser estructurados y aprobados por la autoridad ambiental, debido a que ya existe sobre el territorio una actual licencia ambiental para la explotación con unos lineamientos diferentes. Por ello es muy importante vincular directamente al minero para que se articule a estos lineamientos de manera voluntaria y que sea visto como una

oportunidad en reducción de costos de llenado.

Una vez el minero se articule con los Lineamientos de minería sensible al agua, deberá realizar cambios sobre el Plan de trabajos y obras (PTO) y presentarlo ante la secretaría de minas y la autoridad ambiental para que expida una nueva licencia que incluya estos humedales artificiales.

Uno de los limitantes, desde las instituciones, que se tienen para la construcción de humedales artificiales proviene de la Aeronáutica Civil, sin embargo, se considera que los beneficios en SE que producen estos cuerpos de agua superan el riesgo que presentan. De igual manera, para ello se deben contemplar estrategias para la operación de los puertos aéreos que sean compatibles con la biodiversidad. A continuación se ilustra la adaptación de la etapa de explotación en las figuras 183 y 184.

<p>Minería a cielo abierto - Darsenas = Lagos artificiales (PITS)</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Explotación de materiales de construcción Instrumento ambiental Fiscalización del título</p>	<p><b>ACTORES</b></p> <p>Secretaría de Minas CORNARE Ingetierras</p>	<p><b>NORMATIVA</b></p> <p>Ley 685 de 2001 Guías Minero Ambientales Licencia ambiental 1310184 2012, Acuerdo 02, 2018 Acuerdo 250, 2011</p>
<p>Adopción lineamientos de minería sensible al agua</p>	<p>Desde la autoridad ambiental se debe exigir la adopción de los lineamientos propuestos de minería sensible al agua en el PTO y en la licencia ambiental, con el fin de orientar el proceso minero hacia la protección de los lagos artificiales y a la articulación con el proceso de urbanización.</p>		
<p>A-1 A-2</p> <p>Herramientas</p>	<p>Humedales y lagos artificiales</p>		

» Figura 187. Etapa de Explotación con adaptación. Fuente: elaboración propia



» Figura 188. Etapa de Explotación con adaptación (3D). Fuente: elaboración propia

#### Concertación

Finalizando la etapa de explotación, pero antes de la fase de cierre y abandono se hace necesario promover espacios de diálogo y concertación entre los mineros – propietarios y urbanizadores, en donde se contemplen los lineamientos de minería y urbanización sensibles al agua adoptados por los entes territoriales como CORNARE y la Secretaría de Planeación del

municipio, y que sean efectivamente incorporados en la etapa de cierre y abandono de la mina. Es en esta etapa en donde también se empiezan a formular las UPR sensibles al agua, que contemplen criterios de sensibilidad al agua, como se verá a profundidad en esa etapa. (ver figura 185).

<p>Mesas de diálogo para establecer acuerdos</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p>	<p><b>ACTORES</b></p> <p>Propietarios Urbanizador Ingetierras</p>	<p><b>NORMATIVA</b></p> <p>N.A</p>
<p>Concertación de intereses entre actores</p>	<p>Se deben generar mesas de diálogo y concertación entre los diferentes actores con el fin de articular y adaptar los procesos de minería y urbanización, de tal manera que se pueda construir un territorio sensible al agua. La etapa de cierre de mina y la etapa de formulación de la UPR es el punto clave para la articulación de los procesos y concertación de intereses.</p>		
<p>A-1 A-2</p> <p>Herramientas</p>	<p>Mesas de diálogo y concertación</p>		

» Figura 189. Etapa de concertación. Fuente: elaboración propia

## 5 Etapa cierre y abandono

Articular el cierre y abandono con la formulación de las UPR es indispensable para el diseño de un Rionegro sensible al agua. El cierre y abandono por su parte debe contemplar los lineamientos de minería sensible al agua, en donde se promueva la construcción de humedales artificiales que presten SE asociados al agua como los de regulación hídrica y culturales, canales que conecten con el río, y se realice una restauración ecológica en donde se promueva entre otros, la conectividad ecosistémica. De igual manera, retoma los acuerdos realizados en la fase de concertación previa junto con el propietario y urbanizadores, los cuales deberán contemplar también criterios de urbanización sensibles al agua, para esto es importante que el proceso de formulación se encuentre en

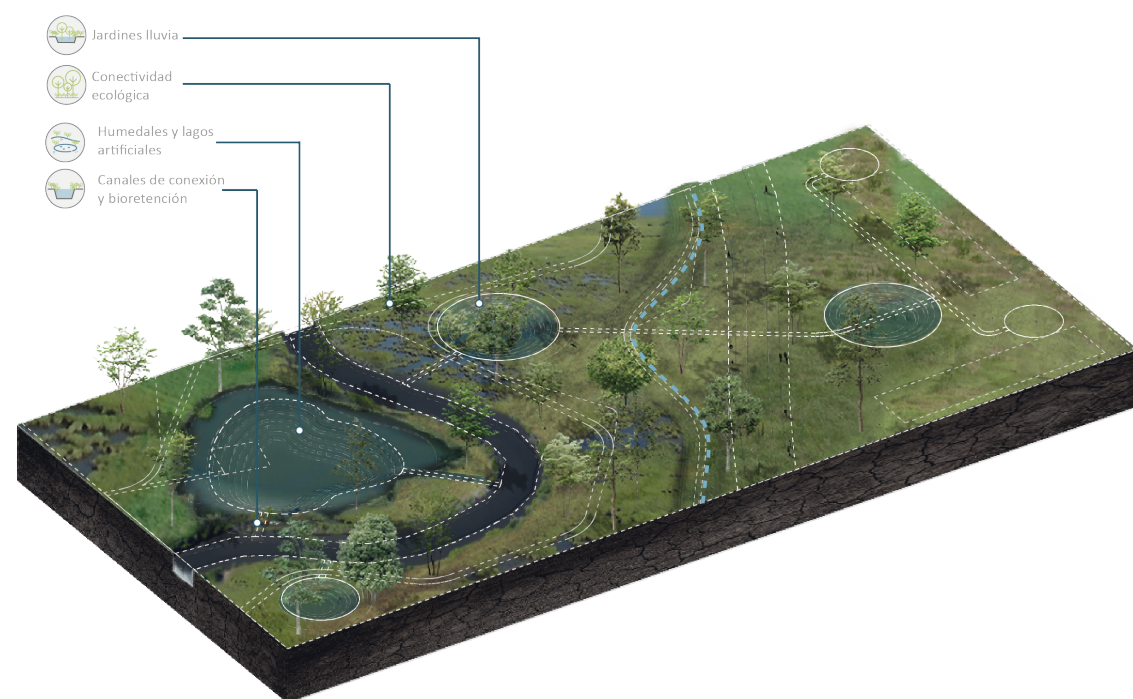
proceso, con el fin de que el minero entregue el predio con las adecuaciones necesarias para el urbanizador y con un paisaje coherente.

En esta etapa se plantea la implementación de herramientas de gestión de cargas y beneficios como las exenciones tributarias a impuestos locales como la sobretasa ambiental, con el fin de incentivar a los mineros y urbanizadores a seguir los lineamientos de procesos sensibles al agua.

A continuación se ilustra la adaptación de la etapa de cierre y abandono en las figuras 186 y 187.



» Figura 190. Etapa de cierre y abandono con adecuación. Fuente: elaboración propia



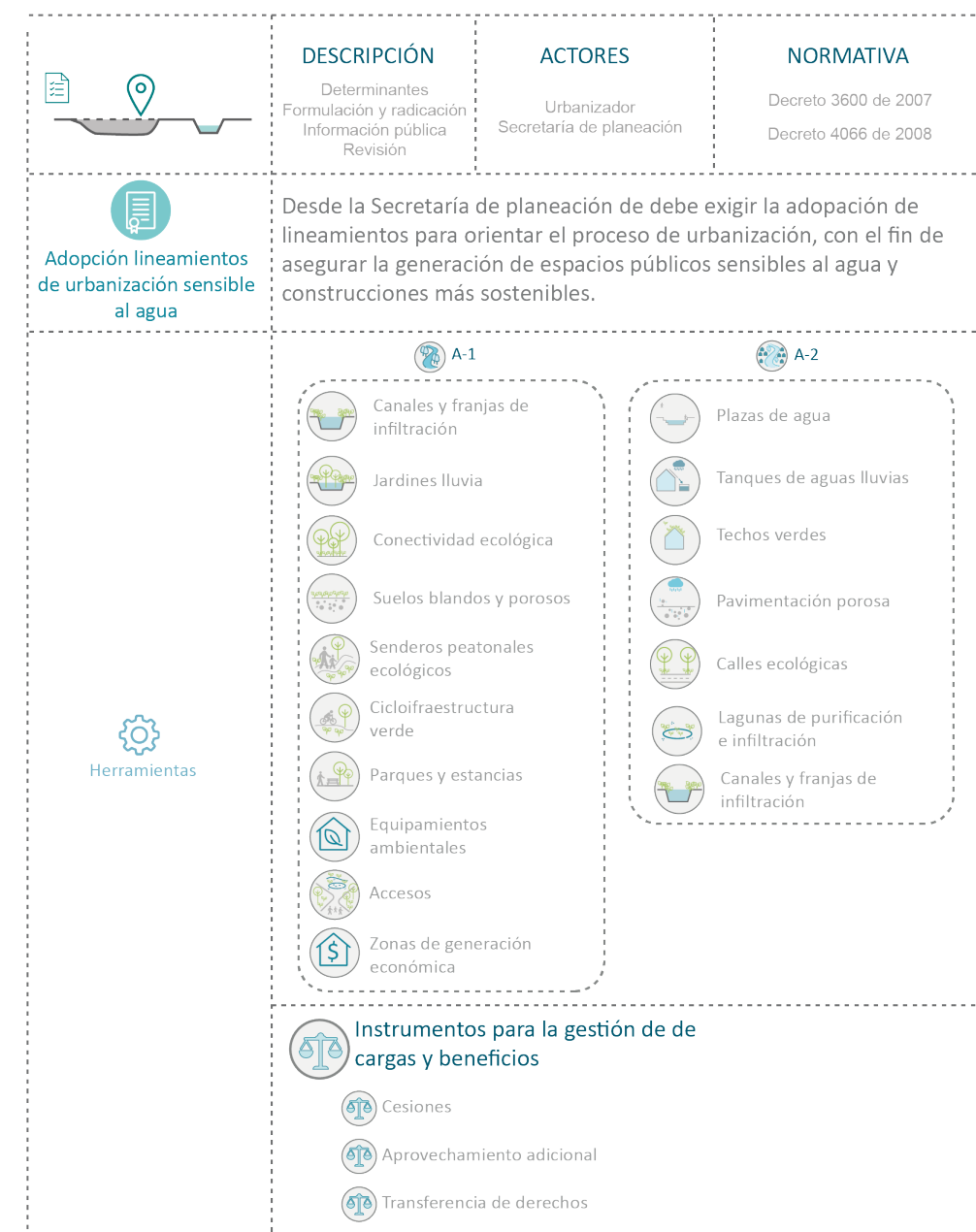
» Figura 191. Etapa de cierre y abandono con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia

## 6 Etapa formulación

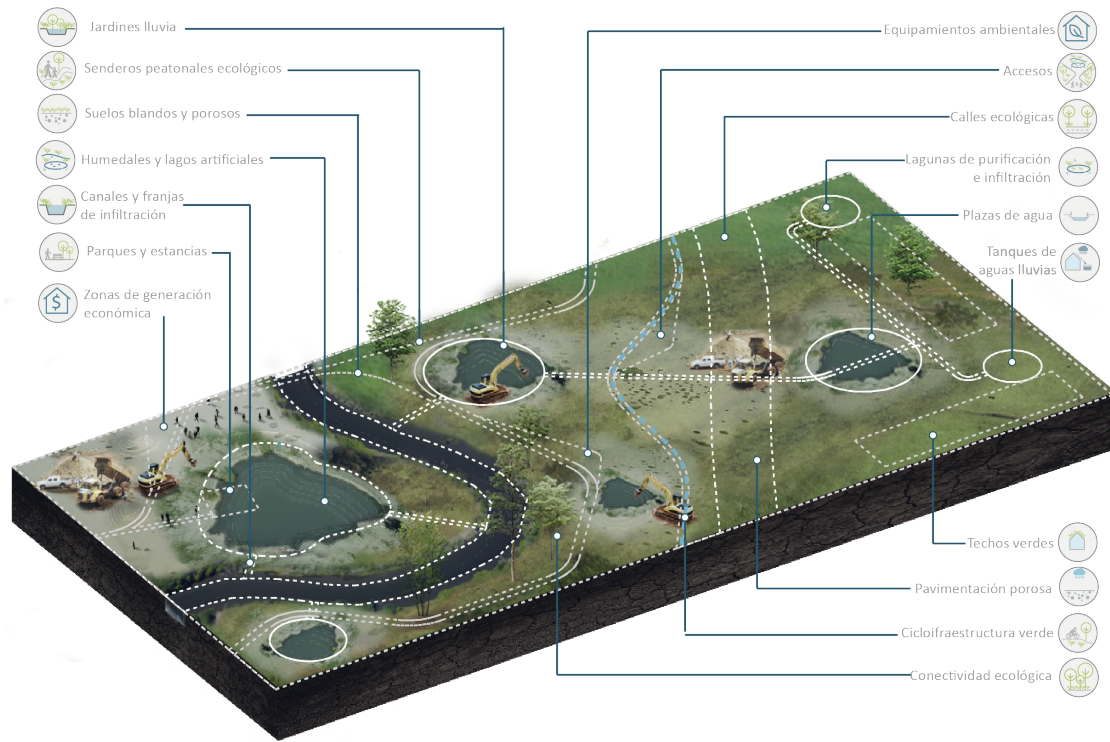
La etapa de formulación representa el punto de partida para el diseño de las UPR, para esta fase la Secretaría de Planeación ya debería adoptar lineamientos de urbanización sensible al agua, en la que incorporen los criterios y principios mencionados en esta investigación, con ello se busca asegurar espacios públicos donde se promueva la conservación, relacionamiento y apropiación del recurso hídrico, además de orientar las construcciones e infraestructura. En la figura además se muestran las herramientas que se pueden usar de acuerdo al ámbito donde se aplique.

se priorizan para éstas las áreas frente al río, con el fin de asegurar la adquisición por parte del municipio de estos predios en espacios de especial importancia ecosistémica y que el estructurante del espacio público, así como del sistema natural, sea el río y los cuerpos de agua (ámbito 1). A su vez, se deben implementar instrumentos para la gestión de cargas y beneficios como el aprovechamiento adicional y la transferencia de derechos con el fin de compensar a los urbanizadores por el área de protección y espacio público que deja de ser sujeta a desarrollar, con mayores aprovechamientos de construcción en las áreas edificables (ámbito 2). A continuación se ilustra la adaptación de la etapa de formulación en las figuras 188 y 189.

Además, en esta etapa se establecen instrumentos para la gestión de cargas y beneficios como las cesiones, y



» Figura 192. Etapa de formulación con adecuación. Fuente: elaboración propia

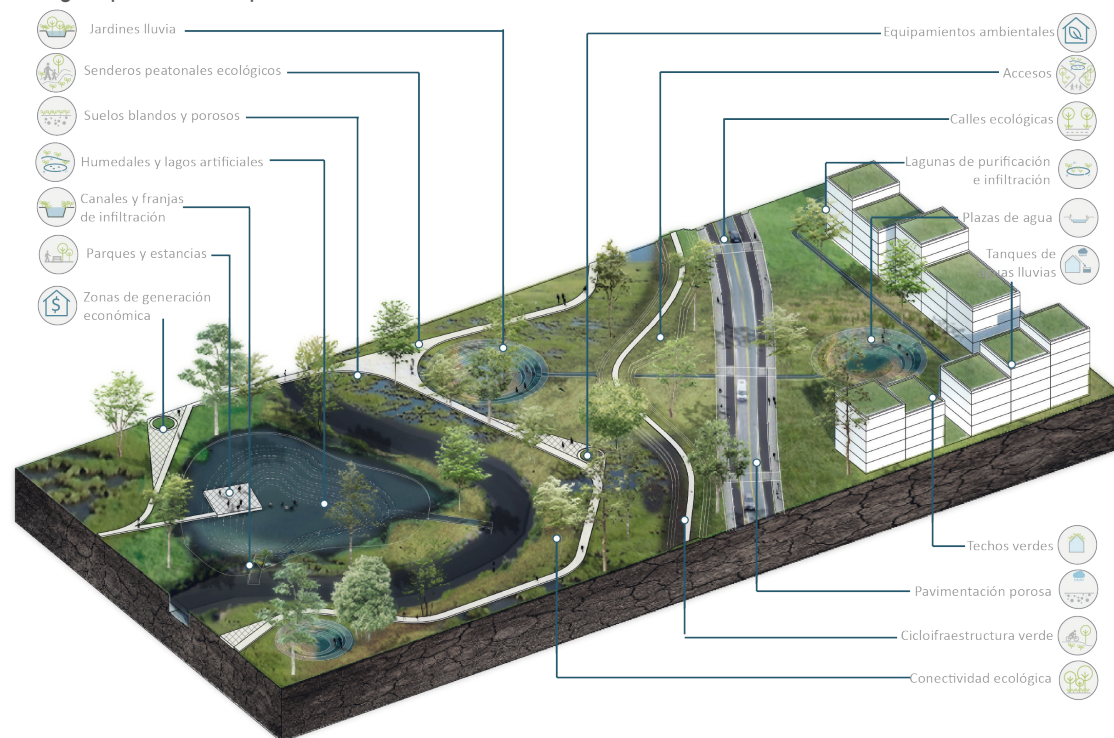


» Figura 193. Etapa de formulación con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia

## 10 Construcción

En la etapa de construcción, los urbanizadores deben de incorporar todos los compromisos realizados en la fase de formulación, entre ellos la inclusión de los lineamientos de urbanizaciones sensibles al agua, para ello tanto la autoridad ambiental como la secretaría de planeación realizarán el control y seguimiento que lo asegure. Igualmente, se evidencian herramientas diferentes para cada uno de los ámbitos, en aras de promover los SE para cada uno de ellos de acuerdo a las estrategias previamente planteadas.

En esta etapa, se hacen efectivos los instrumentos de gestión planteados en la formulación de la UPR con las cesiones para el espacio público en el ámbito 1 y las compensaciones en mayor aprovechamiento de construcción en el ámbito 2. A continuación se ilustra la adaptación de la etapa de construcción en las figuras 190 y 191.



» Figura 194. Etapa de construcción con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia

	DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
	Construcción de obras.	Urbanizador	N.A
	<b>Implementación lineamientos de urbanización sensible al agua</b>	Al desarrollar las UPR se deben implementar los lineamientos de urbanización sensible al agua adoptados en la formulación de la misma, de tal manera que se se construyan infraestructuras y espacios públicos en que mantenga el equilibrio del sistema hidrológico y apoyen el ciclo del agua.	
	<b>Herramientas</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <p><b>A-1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Canales y franjas de infiltración</li> <li> Jardines lluvia</li> <li> Conectividad ecológica</li> <li> Suelos blandos y porosos</li> <li> Senderos peatonales ecológicos</li> <li> Cicloinfraestructura verde</li> <li> Parques y estancias</li> <li> Equipamientos ambientales</li> <li> Accesos</li> <li> Zonas de generación económica</li> </ul> </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <p><b>A-2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Plazas de agua</li> <li> Tanques de aguas lluvias</li> <li> Techos verdes</li> <li> Pavimentación porosa</li> <li> Calles ecológicas</li> <li> Lagunas de purificación e infiltración</li> <li> Canales y franjas de infiltración</li> </ul> </div> </div>	
	<b>Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Cesiones</li> <li> Aprovechamiento adicional</li> <li> Transferencia de derechos</li> </ul>	

» Figura 195. Etapa de construcción con adecuación. Fuente: elaboración propia

## 11 Entrega y uso




La fase final, pero no menos importante, es la Entrega y Uso, en esta etapa los urbanizadores deben entregar las áreas en cesión adecuadas al municipio y con un paisaje sensible al agua. De igual manera, entregan a los nuevos propietarios las unidades residenciales que tienen en cuenta el agua, la naturaleza y el espacio para la gente. Es importante que estos nuevos actores entren a jugar un rol protagónico para la construcción y fortalecimiento de la relación de la comunidad con los cuerpos de agua y espacio público, motivar una cultura del agua.

En esta etapa, tiene mayor importancia las herramientas relacionadas a la estrategia socioeconómica, en donde se promueva la apropiación del espacio público y áreas de protección. Además, se propone que se incluyan actividades con las cuales ya existe una afinidad en la región y que fue manifestado durante las encuestas a la comunidad, dentro de estas se destacan: Pesca, avistamiento de aves, caminatas, natación, picnic y navegación. Adicionalmente, es importante articular a los colegios, centros educativos locales y nuevas urbanizaciones en el fortalecimiento de la educación ambiental por medio de programas de sensibilización con el agua, con el fin de asegurar el cuidado y la sostenibilidad de los espacios públicos del territorio.

Además, en esta etapa se tienen en cuenta instrumentos de financiación como el cobro por valorización a las urbanizaciones que se encuentran en el ámbito 2 y puedan ver beneficiadas por las obras públicas ejecutadas. Además, es posible cobrar plusvalía en este suelo suburbano, por el cambio en el uso del suelo y el incremento en los aprovechamientos que acaba de ser ajustado en la actual revisión del POT de 2018.

De igual manera es importante que para asegurar la sostenibilidad en el tiempo del espacio público que se promuevan instrumentos de financiación como los BID, concesiones, administración del espacio público, con el fin de disminuir las cargas de mantenimiento al municipio. Y a su vez, la creación de un fondo de compensaciones ayudaría a gestionar el recaudo, la administración y el control de los recursos relacionados con las compensaciones en especie o en dinero, para la construcción y mantenimiento del espacio público.

Se propone, además, hacer uso de los instrumentos de gestión asociada como las alianzas público privadas y las empresas gestoras públicas para la gestión y mantenimiento de estos nuevos espacios colectivos asociados al agua. A continuación se ilustra la adaptación de la etapa de entrega y uso en las figuras 192 y 193.

DESCRIPCIÓN	ACTORES	NORMATIVA
 Apropiación	Propietarios Comunidad	N.A
 Apropiación y uso por parte de los propietarios y la comunidad	Fortalecer la relación y el acercamiento de la comunidad con el agua mediante la apropiación y uso de los espacios públicos sensibles al agua fomentando la educación ambiental y activando la apropiación de los espacios públicos.	
 Herramientas	Programas de sensibilización al agua Jornadas de limpieza Jornadas de siembra	Promover actividades de disfrute Pesca Natación Navegabilidad Caminatas Picnic
	<b>Instrumentos para la gestión de de cargas y beneficios</b> Pago por servicios ambientales Inversión fondo compensaciones	<b>Financiación</b> Plusvalía Valorización Concesión BID Administración del Espacio público
	<b>Gestión asociada</b> Empresas gestoras públicas Alianzas público privadas	

» Figura 196. Etapa de entrega y uso con adecuación. Fuente: elaboración propia



» Figura 197. Etapa de entrega y uso con adecuación (implementación sobre el territorio). Fuente: elaboración propia

Para finalizar, a continuación, se presenta en las siguientes tres figuras se presentan algunos imaginarios del territorio para un escenario futuro deseado tanto para el ámbito 1: área de protección, espacio público para el disfrute: Paisajes

sensibles al agua; como para el ámbito 2: hábitat sensible al agua. Además, allí se señalan las diferentes herramientas implementadas.

### Imaginario ámbito 1: Los humedales artificiales



-  Conectividad ecológica
-  Humedales y lagos artificiales
  -  Pesca
  -  Natación
  -  Navegación
-  Parques y estancias
  -  Picnic
  -  Avistamiento aves
-  Jardines lluvia
-  Senderos peatonales ecológicos
  -  Caminatas
-  Cicloinfraestructura verde
-  Canales de conexión y bioretención

» Figura 198. Imaginario 1: Ámbito 1: Humedales artificiales. Fuente: elaboración propia

### Imaginario ámbito 1: En el río Negro

» Figura 199. Imaginario 2: Ámbito 1: Sobre el río negro. Fuente: elaboración propia





Imaginario ámbito 2: Urbanización sensible al agua

- Pesca
- Picnic
- Avistamiento aves
- Jornadas de limpieza
- Jornadas de siembra
- Techos verdes
- Conectividad ecológica
- Pesca
- Natación
- Navegación
- Tanques de aguas lluvias
- Jardines lluvia
- Lagunas de purificación e infiltración
- Suelos blandos y porosos
- Senderos peatonales ecológicos
- Caminatas
- Cicloinfraestructura verde
- Pavimentación porosa
- Plazas de agua

» Figura 200. Imaginario 3: Ámbito 2: Urbanización sensible al agua. Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

Los bienes y servicios ecosistémicos que brinda el río Negro son estratégicos e indispensables para el desarrollo de la región, departamento e incluso la Nación. De estos servicios se resaltan para esta investigación los asociados al agua, especialmente los de regulación hídrica y culturales. Los de regulación hídrica, permiten asegurar el balance hídrico en la cuenca y con ello asegurar la oferta del recurso para suministro de agua de consumo humano, industrial y agrícola y para la generación de energía. Por su parte de los SE culturales asociados a la cuenca del río Negro se destacan sus atractivos paisajes, los cuales otorgan un valor adicional a los predios del territorio.

Sobre el polígono de análisis ocurre un proceso natural que es necesario para asegurar el balance hídrico: Las inundaciones. Dicho proceso se ve beneficiado por la topografía característica de este lugar sobre la cuenca, por el tipo de suelo que permite la acumulación de aguas y por coberturas vegetales que posibilitan la infiltración, logrando con ello la recarga de las aguas subterráneas. En caso de no poder suceder este proceso sobre el territorio las consecuencias podrían ser inundaciones aguas abajo sobre el casco urbano del municipio de Rionegro, lo que incrementaría su vulnerabilidad ante los efectos de la VCC. Además, de una disminución de la recarga de las aguas subterráneas y alteración del balance hídrico, entre otras.

El territorio seleccionado para esta investigación corresponde a un territorio estratégico para la provisión de SE de regulación hídrica tal y como se mencionó anteriormente. De igual forma, este territorio ha sido de especial importancia paisajística y estética que otorgan SE culturales tanto para los habitantes del municipio como para la región. Sin embargo, es un territorio que se encuentra altamente presionado por procesos de expansión urbana y sub urbanización, con nuevas ocupaciones y un alto valor del suelo, con parcelaciones y unidades cerradas que privatizan cada vez más acceso al río y su llanura de inundación.

La minería aluvial de material de playa es otro de los principales motores de cambio sobre este territorio, que se beneficia de la dinámica natural del río a lo largo del tiempo geológico. Este proceso altera la estructura del suelo e históricamente ha dejado lagos artificiales, algunos de los cuales representan un atractivo paisaje con ecosistemas asociados. Sin embargo, muchos de estos lagos resultantes están siendo llenados para

generar nuevos espacios urbanizables. De igual manera, hoy en día las celdas de explotación deben ser llenadas en el momento de cierre, que en la mayoría de los casos dan paso a nuevas urbanizaciones, convirtiendo a estos dos procesos independientes Minería y Urbanización como un solo proceso que se repite a lo largo del territorio y que altera las coberturas vegetales, las superficies permeables y altera con ello la prestación de SE de regulación hídrica, a su vez que modifica y privatiza el paisaje afectando los SE culturales.

Los procesos de minería y urbanización representan los principales motores de cambio, pues alteran la estructura del suelo, las coberturas vegetales, la regulación hídrica y el paisaje, entre otras; sin embargo son procesos que van a continuar sucediendo para satisfacer las necesidades de la creciente población; es por esta razón que esta investigación se plantea la pregunta de ¿Cómo integrar los procesos de minería y urbanización a la planificación del territorio para beneficiar la prestación de servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales asociados al río Negro?.

Para responderla, se enfoca en encontrar para este mismo proceso una oportunidad para adaptar el territorio y mitigar los efectos de VCC, protegiendo las lagunas actuales y promoviendo sobre el territorio nuevas lagunas que quedan producto de la explotación como cuerpos de agua que regulan las condiciones hidrológicas y promueven la prestación de los SE.

La integración del proceso de minería y urbanización a la planificación urbana contempla estrategias que incorporan las lagunas resultantes de la extracción minera al sistema de espacio público y de regulación hídrica del río negro, promoviendo con ello la prestación de SE, a la vez que tiene en cuenta al río como elemento estructurante natural del espacio público.

Uno de los grandes retos es diseñar modelos de transformación y ocupación del territorio, donde se consideren las características ecológicas y naturales específicas del territorio y se combinen con las necesidades de desarrollo, infraestructura y crecimiento de su población. Esta investigación busca anticiparse a la rápida urbanización y sugiere un enfoque bajo el concepto de ciudades sensibles al agua, que contemple la ciudad como una cuenca, que gestione sus recursos hídricos

y planifique con y para ellos, que promueva la prestación de SE, que permita la adaptación del territorio a los efectos de la VCC y que incentive el fortalecimiento de la cultura de la sensibilidad al agua en la comunidad.

Un primer objetivo específico trazado y alcanzado en esta investigación consistió en identificar la transformación del territorio asociado a los procesos de minería y urbanización con un enfoque multitemporal y multidimensional. A partir de allí es factible concluir que la región ha tenido 4 momentos de importante transformación en los últimos 100 años. Alrededor de 1940, donde se suspende la minería de oro pero da paso a las primeras industrias y prevalecen las coberturas vegetales con respeto sobre el cauce natural del río. En el período alrededor de 1980, se alinea la planeación del Valle de San Nicolás con el Valle de Aburrá, ello promueve la industrialización, el establecimiento del aeropuerto, el desarrollo de vías y la provisión de servicios públicos lo que apalanca los desarrollos inmobiliarios. Un tercer periodo alrededor del 2000, en donde se hace evidente el comienzo del boom inmobiliario y la concesiones y licenciamiento de explotación de los títulos mineros sobre las llanuras de inundación del río. El último período corresponde al actual, en donde hay un creciente dinamismo en la planificación territorial, con nuevas áreas de expansión urbana y suelos suburbanos, la presencia de EPM, las expectativas sobre la nueva pista del aeropuerto, nuevas vías que sitúan a este territorio en una dinámica similar a la del periodo cercano 1980 y que llama la atención sobre los modelos de desarrollo que requiere dicha transformación.

El análisis multitemporal para 4 períodos de tiempo evidenció transformaciones en el territorio como: incremento de las construcciones y de la huella urbana, zonas en las cuáles se rectificó el río, ocupación de la ronda y desaparición de antiguos meandros. Es de resaltar, que para el tercer período comprendido entre 1995 y 2005 se evidenció la presencia de una gran cantidad de lagos que correspondían a 33,7 ha, dicha área se redujo considerablemente en el período 4 entre 2006 y la actualidad a 21,1 ha lo cual evidencia una tendencia a su desecamiento y ocupación.

El agua como elemento esencial es un factor que ha favorecido el río negro como eje estructurante para el municipio. Sin embargo, no se le ha dado mucha importancia para la creación de espacios públicos para sus habitantes y por el contrario ha

estado más relacionado con actividades económicas como la extracción de materiales de construcción y el desarrollo inmobiliario. Esto ha tenido consecuencias sobre el balance hídrico y régimen hidrológico, la privatización y la falta de apropiación de la comunidad de estos espacios cercanos al río. Además, las estimaciones sobre el cambio climático y su efecto sobre la VCC incrementan el riesgo por inundación y/o disponibilidad de agua, situación que debe ser tenida en cuenta para la planificación.

Otro de los objetivos específicos planteados en esta investigación consistió en describir como suceden actualmente los procesos de minería y urbanización, reconociendo su influencia sobre los bienes y servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales para ello se definen cada una de las etapas de los procesos, los actores, la normativa y los problemas y oportunidades asociado a los SE.

Si bien la minería y urbanización son procesos que tienen comportamientos, etapas, legislación y actores diferentes coinciden de facto en la etapa de cierre y abandono, y constituyen un solo proceso sobre el territorio, para satisfacer las condiciones de mercado que demandan cada vez más estos predios por su alto valor económico y que desconoce la importancia del territorio para la prestación de SE de regulación hídrica y culturales.

En la actualidad, dada la manera en la que se dan los procesos de minería – urbanización es necesario promover la concertación entre los actores involucrados y finalmente diseñar estrategias para cada uno de los ámbitos propuestos desde un componente ambiental, físico espacial, social e institucional para favorecer la prestación de SE de regulación hídrica y culturales, iniciando una ruta hacia un territorio más sostenible y con procesos sensibles al agua.

Las ciudades sensibles al agua representan un concepto nuevo lo cual implica que, aunque ayudan a construir un territorio más resiliente y sostenible, existan limitantes como la planificación tradicional como la que se observa en Rionegro donde no se le ha proporcionado suficiente importancia al río y a los cuerpos de agua, las buenas prácticas de las comunidades en torno al río negro como la disposición de residuos y su desconocimiento de la necesidad de conservar sus ecosistemas asociados; la ausencia de políticas públicas que faciliten la incorporación

de estos conceptos, el conocimiento técnico para desarrollar las estrategias que favorezcan la transición hacia una ciudad sensible al agua y las financieras que obligan a que existan unos sobrecostos por parte de la ciudad y la comunidad por la sustitución de antiguas prácticas.

Para que el municipio de Rionegro comience una transición hacia una ciudad sensible al agua es necesario fortalecer la relación de la comunidad con la cuenca, el río y sus cuerpos de agua asociados, reconocer el valor de los SE, restaurar los ecosistemas degradados, articular la comunidad, instituciones, autoridades y actividades económicas para mejorar la gestión del agua en el territorio y prepararse para eventualidades como las inundaciones y/o sequías.

Se plantean en esta investigación tres estrategias con sus herramientas, que al ser incorporadas en los procesos de minería y urbanización permiten adaptarlos en procesos de transformación territorial sensibles al agua y asegurar la prestación de los SE de regulación hídrica y culturales. Estas estrategias responden a cada una de las dimensiones analizadas, desde el punto de vista ambiental se propone recuperar la ronda hídrica del río Negro como estructurante natural del territorio y conservar sus humedales; además promover la creación de espacios que permitan conectividad ecológica e hidrológica con el río negro. En cuanto a la dimensión físico – espacial se pretende generar un sistema de espacio público sensible al agua y limitar la ocupación de las zonas inundables y humedales, igualmente orientar que los procesos de urbanización consideren criterios de sensibilidad al agua. Finalmente, con relación a la dimensión social deberá fortalecerse la cultura de sensibilidad al agua a partir de programas de educación, recreación apropiación y modelos de concertación.

Dichas estrategias tienen en cuenta una noción del paisaje dinámico que cambia en el tiempo y con el clima. De igual forma, cada una de estas estrategias se presenta con unas acciones (objetivos que desea alcanzar) y con un conjunto de herramientas, que surgen a partir de la revisión bibliográfica, los casos referenciales y la entrevista a expertos, que las posibilitan y viabilizan; y con ello se da cumplimiento al último objetivo específico que buscaba formular lineamientos y herramientas que puedan ser incorporados a los procesos de

minería y urbanización del río Negro y que tengan en cuenta los problemas y oportunidades previamente identificados.

Para lograr sobre el municipio de Rionegro una planificación y ocupación sensible al agua, esta investigación propone articular los procesos de minería y urbanización, a partir de introducir nuevas regulaciones sobre las diferentes etapas, en donde se asegure la delimitación de ámbitos para la ocupación, la adopción de lineamientos, y el cumplimiento de guías y modelos de desarrollo urbano sensible al agua que aseguren la provisión de SE de regulación hídrica y culturales.

Esta investigación define dos ámbitos diferentes a delimitar para asegurar la provisión de SE de regulación hídrica y culturales teniendo en cuenta los procesos de minería y urbanización. Un primer ámbito definido como Paisajes sensibles al agua, es un espacio de uso público y colectivo accesible en el cual se busca promover la apropiación del río, sus afluentes, nacimientos y los cuerpos de agua por parte de la comunidad, prohibiendo allí cualquier desarrollo urbanístico. Este espacio fue delimitado teniendo en cuenta la actual ronda hídrica establecida por Cornare, la estructura ecológica principal e incluyendo antiguos meandros y lagos artificiales.

Un segundo ámbito denominado Hábitat sensible al agua, promueve la ocupación y desarrollo urbanístico con criterios de sensibilidad al agua, en donde se asegure la infiltración, retención, recarga de agua, para promover el balance hídrico, a su vez que contemple espacios privados para el esparcimiento y recreación que promuevan la apropiación del recurso hídrico.

Esta investigación puede ser escalable a territorios que presenten una geomorfología e hidrología similar, con depósitos aluviales formando terrazas sobre el río, con rápidos e intensos procesos de urbanización y con la presencia de minería aluvial.

## Recomendaciones

Al ser el río Negro el eje estructurante natural del municipio, se hace necesario realizar un análisis del ciclo hidrológico en la cuenca y una modelación hidrológica que además de analizar las condiciones físicas y las inundaciones, tenga en cuenta la capacidad de regulación hídrica de las lagunas artificiales para favorecer los SE asociados con la regulación de caudales para mitigar inundaciones y la capacidad de recarga del acuífero. Finalmente, este estudio podría ayudar a valorar y cuantificar la prestación de SE, especialmente los de regulación, en este territorio.

Se recomienda involucrar la comunidad y demás actores claves en el proceso de transformación de este territorio hacia una ciudad sensible al agua con herramientas como mapas de emociones y talleres de imaginarios para profundizar y comprender la relación que existe entre la comunidad y el río y lagos, y con ello alimentar un SIG participativo. Con estos mapas y con un número significativo de encuestas, se podría cuantificar y valorar la prestación de los SE culturales y permitirían construir con ellos unos imaginarios que sirvan de insumo principal para el diseño del espacio público. Igualmente permitir alimentar un SIG participativo que espacialice la información recolectada y sirva a su vez como herramienta para el diseño, monitoreo y comunicación entre los actores, facilitando así conocer los puntos de mayor concentración de percepciones a diferentes escalas.

Una de las generalidades más importantes que se resaltan es la necesidad de establecer desde la normativa figuras de protección a los humedales artificiales que existen y posibilitar la construcción de nuevos humedales a partir del proceso minero. Para ello, lograr la valoración de los SE mediante la modelación hidrológica, los mapas de emociones e imaginarios, encuestas y demás herramientas podrían constituir una justificación para la formulación y adopción de una herramienta de protección para estos ecosistemas.

Como uno de los primeros pasos a realizar para la transición de los procesos tradicionales del territorio (minería y urbanización) hacia procesos más sensibles al agua es delimitar ámbitos de intervención establecidos mediante acuerdos o normativas por parte de los entes territoriales como Cornare y Secretaría de Planeación para ser acogidos por los actores, para ello es necesario incorporar los criterios que la nueva guía para

la delimitación de rondas hídricas propone, entre los que se destacan la inclusión de los paleocauces.

De forma similar a la anterior recomendación, delimitar las UPR en el módulo de concentración de vivienda del suelo suburbano por parte de Planeación Municipal permite asegurar que se urbanice de una manera planificada y ordenada. Adicionalmente, es fundamental establecer por parte de la misma autoridad municipal una nueva regulación que defina los lineamientos de diseño y constructivos sensibles al agua para los urbanizadores que deseen hacer sus desarrollos inmobiliarios y que sea exigido en la etapa de licenciamiento.

Para una mayor adaptación y prestación de servicios ecosistémicos relacionado con el agua y paisaje, la planificación del territorio debe articularse con la planeación a escala de cuenca, que contemple otras estrategias que involucren, por ejemplo, la conectividad hídrica, de paisajes, protección de nacimientos, promoción de infiltración en laderas, etc. Con ello, además, se busca fortalecer la relación y el conocimiento que la sociedad tiene con el agua y los paisajes hídricos.

Si bien este trabajo de grado plantea estrategias generales, lineamientos y herramientas se sugiere una futura investigación donde se profundice sobre las mismas, se amplíe sobre la forma concreta de aplicación, los tiempos y los actores, y pueda con ello diseñarse una guía metodológica para su implementación.

Además, es clave para la implementación de las mismas realizar un estudio detallado de la relación Costo – Beneficio a corto, mediano y largo plazo, considerando allí los beneficios colaterales, como todos aquellos servicios ecosistémicos asegurados de manera directa o indirectamente como regulación hídrica, disminución de riesgo por inundaciones, mayor seguridad hídrica, disminución en la carga de sedimento aguas abajo, protección de la biodiversidad, aumento en el valor de los predios, beneficios para la salud y bienestar de la comunidad, entre otras.

Otra acción clave a desarrollar es profundizar en la definición de una batería de indicadores e instrumentos de medición permanente al desempeño de las estrategias en el tiempo y a la implementación de las herramientas propuestas, integrando

en ellas una gestión participativa que involucre diferentes actores de la sociedad, y con ello no solo se busque medir la efectividad de las herramientas implementadas, sino que posibilite mecanismos para hacer mejoras. Además, dichos indicadores deberían estar articulados con los establecidos en otros programas y acciones encaminadas al logro de los ODS.

Fortalecer los procesos de participación ciudadana para la gobernanza de los ámbitos 1 y 2, puede ser la clave para la apropiación social a largo plazo y la conservación de los SE y la biodiversidad; esto incluye durante la fase de planeación, implementación, monitoreo y seguimiento, evaluación y acciones correctivas.

Es pertinente resaltar la importancia de realizar el estudio de otros escenarios que incorporen otras variables y criterios económicos, ambientales y sociales, que lleven a la reflexión sobre las posibles implicaciones en la toma de diferentes

decisiones sobre la transformación del territorio. Para ello, se recomienda la revisión e implementación de la metodología de Análisis de Escenarios propuesta por Rincón et al (2016) del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, como un instrumento para la gestión territorial en contextos de conflictos socioambientales y un elemento clave para apoyar la gestión del territorio. Además, dicha metodología puede ser aplicada a territorios similares colombianos, donde existen actores en conflicto, reducidos espacios de participación e inclusión y territorios donde hay una polarización en las visiones de desarrollo y territorio. Por su parte, el análisis de estos escenarios participativos, integran la mirada del conocimiento científico, el tradicional y el local, y puede ser usada por autoridades ambientales, académicos, investigadores, profesionales y líderes comunitarios que buscan gestionar territorios complejos mediante la creación colectiva de escenarios (Rincón et al, 2016).

## Referencias bibliográficas

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.

Alcaldía de Rionegro, UCO. (2018). Documento resumen revisión POT del municipio de Rionegro (Acuerdo 056 de 2011). Modificación Excepcional de Normas Urbanísticas. Rionegro, Colombia.

Agencia Nacional de Minería - Catastro Minero Colombiano. (2018). Catastro Minero Nacional. Recuperado el 12 de junio de 2018 de: <http://www.cmc.gov.co:8080/CmcFrontEnd/consulta/index.cmc>

Andrade, G. I., Rodríguez, M., y Wills, E. (2012). Dilemas ambientales de la gran minería en Colombia. *Revista Javeriana*, 148(785), 17-23.

Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.

Arbeláez, G. (1943). Monografía de Rionegro: 1542 (6 de Diciembre) Fundación de la muy ilustre ciudad de San Nicolás el Magno de Rionegro y Llanogrande. Publicación del Concejo de Medellín.

Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos de Colombia - ASOGRAVAS. (2016). 41% del área titulada para minería en Colombia corresponde a la industria de materiales de construcción. Recuperado el 28 de agosto de 2018 de: <http://www.asogravas.org>.

Banco Mundial. (2012). Gestión integral de aguas urbanas. Síntesis. Washington DC, USA.: Banco Mundial

Betancur, T. (2015). Agua subterránea. Los humedales que no vemos. En: Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

BID – FINDETER. (2017). Estudios base ara el municipio de Rionegro, Antioquia: Cambio Climático, riesgos naturales y crecimiento urbano. Módulo 3: Estudios de crecimiento urbano en Rionegro, Antioquia. Rionegro, Colombia.

Borja, J., Drnda, M., Fiori, M., Iglesias, M., y Muxí, Z. (2003). *La ciudad conquistada*. Madrid, España: Alianza editorial.

Brown, R.R. y Clarke, J. (2007). *Transition to Water Sensitive Urban Design: the story of Melbourne, Australia*. Facility for Advancing Water Biofiltration/ Melbourne, Australia: Universidad Monash.

Brown, R.R.; Keath, N. y Wong, T. (2008). *Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States*. 11th International Conference on Urban Drainage (Vol. 10). Edinburgh, Scotland, UK.

Castellanos, P. S. (2018). Impacto del Valle de Aburrá en su entorno: aproximación a las transformaciones territoriales entre los Valles de Aburrá y San Nicolás. *Universitas Científica*, 12, 52-56.

Climate-Data (2018). Clima Municipio Rionegro. Recuperado en agosto de 2018 de: <https://es.climate-data.org/location/50293/>

Council of Australian Governments (COAG). (2004). Intergovernmental Agreement on a National Water Initiative, Commonwealth of Australia and the Governments of New South Wales, Victoria, Queensland, South Australia, the Australian Capital Territory and the Northern Territory. Recuperado en octubre de 2018 de <http://www.water.wa.gov.au>

CODESARROLLO (1968). Rionegro: Plan Regulador Básico. Medellín, Colombia.

Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen, S. Maginnis (2016) Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2012). Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011. Bogotá, Colombia: Misión BID - Cepal.

Concejo de Rionegro. (2018). Acuerdo 002 Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Rionegro.

Contraloría General de la Nación. (2014). Minería en Colombia: daños ecológicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo. Bogotá D.C., Colombia

Consortio Proyección. (2014). Evaluación de la situación actual y futura del Mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero. Bogotá D.C., Colombia.

CORNARE (2014), Plan de Gestión Ambiental Regional 2014 - 2032. Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático, un Pacto por la sostenibilidad del oriente Antioqueño. El Santuario, Colombia.

CORNARE. (2017). Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Negro (POMCA). Santuario, Antioquia, Colombia: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño.

CORNARE, Alianza clima y desarrollo, Fundación Natura, WWF. (2017). Plan de crecimiento verde y desarrollo compatible con el clima en el Oriente Antioqueño. Cali, Colombia.

Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (2016). Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Censo de población y vivienda de Colombia Año 2005. Bogotá D.C., Colombia.

Deltares. Climate adaptation app. Recuperado de: <http://www.climateapp.nl/> (Acceso 2 febrero 2018).

Departamento Nacional de Planeación (1975). Análisis del Crecimiento Regional Valles de Aburrá y Rionegro, Antioquia. Informe Preliminar. Medellín, Colombia.

Departamento Nacional de Planeación (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Bogotá D.C., Colombia.

De urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público (AEP) Ciudad de México (2016). Hacia una ciudad de México sensible al agua, El espacio público como una estrategia de gestión de agua de lluvia. Recuperado en octubre de 2018: [http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/2016.07.21\\_Reporte\\_CAF\\_Urb-AEP\\_Ir-2.pdf](http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/2016.07.21_Reporte_CAF_Urb-AEP_Ir-2.pdf)

Díaz, J. 2013. Modelo sostenible de explotación minera a partir de la evaluación del comportamiento hidrogeomorfológico de una poza de dragado y su recuperación ambiental como futura ciénaga. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Dreiseitl, H., Tovatt, J. y Wanschura, B. (2015a). Shaping Landscapes and Human Welfare: Comparative field study of the Non-Material Effects of Blue-Green Integration in Singapore. Universidad Nacional de Singapur.

Dreiseitl, H., Asbjorn, J. y Wanschura, B. (2015b). Cost-Benefit Analysis of Bishan-Ang Mo Kio Park. Universidad Nacional de Singapur.

Echeverría, J., (2015). Agua y Ecosistemas. Corporación Andina de Fomento. Recuperado en septiembre de 2018: <http://publicaciones.caf.com>

Echavarría, C. (2018). El agua y la minería: ¿Qué implica el liderazgo? Alliance for responsible Mining - ARM. Recuperado en septiembre de 2018 de <http://www.responsiblemines.org>

El Oriente. (2018). Si se trabaja de forma juiciosa, responsable y articulada, el desarrollo del Oriente será un desarrollo de oportunidad y no de arrasar el territorio: Gerente de Camacol Antioquia. Avance Regional. Periódico El Oriente. 5. Rionegro, Colombia.

El Colombiano (2011). Crítica situación en Rionegro por inundaciones. Periódico El Colombiano. Recuperado en noviembre de 2017 de: [http://www.elcolombiano.com/historico/en\\_el\\_municipio\\_de\\_rionegro\\_antioquia\\_la\\_situacion\\_es\\_critica\\_por\\_las\\_inundaciones-GFEC\\_130767](http://www.elcolombiano.com/historico/en_el_municipio_de_rionegro_antioquia_la_situacion_es_critica_por_las_inundaciones-GFEC_130767).

El Colombiano (2014). La represa de la Fe está en un 67% de su capacidad. Periódico El Colombiano. Recuperado en noviembre de 2017 de: [http://www.elcolombiano.com/historico/la\\_represa\\_de\\_la\\_fe\\_esta\\_en\\_un\\_67\\_de\\_su\\_capacidad\\_epm-PXEC\\_290852](http://www.elcolombiano.com/historico/la_represa_de_la_fe_esta_en_un_67_de_su_capacidad_epm-PXEC_290852)

El Colombiano (2017). EPM ya es dueña de las empresas públicas de Rionegro. Periódico El Colombiano. Recuperado en octubre de 2018 de: <http://www.elcolombiano.com/negocios/empresas/epm-compro-todas-las-acciones-de-las-empresas-publicas-de-rionegro-EA7662699>

El Rionegrero (2011). La inundación de 1970 en Rionegro, superó las de 2011. El Rionegrero. Recuperado en agosto de 2018 de: <http://rionegrero.blogspot.com/2011/05/la-inundacion-de-1970-en-rionegro.html>

El Tiempo (2008). El tiempo: Invierno deja 509 mil afectados. Periódico El Tiempo. Recuperado en octubre de 2018 de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3194846>

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, (2005). Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis World Resources Institute, Washington, DC., USA

ESRL (2018). Earth System Research Laboratory: Multivariate ENSO Index. Recuperado en noviembre de 2017 de: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>

FAES (1976). Colección cartográfica FAES - Sala Patrimonial. Biblioteca Luis Echavarría Villegas, Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

FISRWG (1998). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG). Recuperado en octubre de 2017 de <https://www.nrcs.usda.gov>

García, C., García, M., Agudelo, C. (2004). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar. Bogotá D.C., Colombia.

Gaviria, Z., Hermelin, M., Forero, L., Restrepo, L., Pérez M., Arbeláez, L.F., Peláez, P.P., González, P., Palacios, A., Salas, Diego., Parra, J., Roldán, G., Tobón, J. (2008). Realidades y Prospectiva del Valle De San Nicolás. Cámara De Comercio Del Oriente Antioqueño. Rionegro, Antioquia, Colombia.

Gaviria, Z. (2009). La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno inmediato a la ciudad metropolitana. Revista Soluciones de

Postgrado EIA (3), 63-74.

Hermelin, M., Echeverri, A., & Giraldo, J. (2010). Medellín Medio-Ambiente Urbanismo Sociedad. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., & Weber, B. (2011). Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future. Hamburg, Germany: Jovis.

Huber, J. (2010). Low Impact Development: a design manual for urban areas. Arkansas: Fayetteville.

In Situ: urbanismo hecho a mano (2017). Plan maestro Cerro tutelar municipio de Envigado. Envigado, Colombia.

International council on mining & metals – ICMM. (2018). Position statement on water stewardship. Recuperado en octubre de 2018 de <https://www.icmm.com/water-ps>

International council on mining & metals – ICMM. (2018). Gestión de la biodiversidad. Recuperado en agosto de 2018 de <http://www.icmm.com/es/medio-ambiente/biodiversidad/gestion-de-la-biodiversidad>

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia. (2011-2100). Herramientas científicas para la toma de decisiones. Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

IDEAM – UNAL (2018). Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

IGAC (1945) Biblioteca Hernán Garcés González de la Universidad Nacional de Colombia – Medellín sede Minas. Medellín, Colombia.

Instituto GeoMinero de España (1999). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Ministerio de Industria y Energía. Madrid, España.

IPBES, (2017). Wetlands are critical for the success of the SDGs. Bonn, Alemania.

IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IUCN, International Union for Conservation of Nature & WCPA, World Commission on Protected Areas. 2017. Guidelines for recognising and reporting other effective area based conservation measures. IUCN, Switzerland.

IPCC, (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). (2015). Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia.

Kuzniecowa Bacchin, T., Ashley, R., Sijmons, D. F., Zevenbergen, C., & Van Timmeren, A. (2014). Green-blue multifunctional infrastructure: An urban landscape system design new approach. In ICUD 2014: Proceedings of the 13th IAHR/IWA International Conference on Urban Drainage, Sarawak, Malaysia, 7-12 September 2014.

La República (2016). Materiales de construcción duplicarán producción a 2025. Recuperado en septiembre de 2018 de: <https://>

[www.larepublica.co/infraestructura/materiales-de-construccion-duplicaran-produccion-a-2025-2368816](http://www.larepublica.co/infraestructura/materiales-de-construccion-duplicaran-produccion-a-2025-2368816)

Marzluff, J. (2008). Urban ecology : An international perspective on the interaction between humans and nature. New York, USA: Springer Science and Business Media.

Mayorga, R., Hurtado, G., & Benavides, H. (2011). Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, Bogotá D.C., Colombia.

MEA. (2005a). Millenium Ecosystem Assessmet. Recuperado en julio de 2018 de: <https://www.millenniumassessment.org/es/About.html#2>

MEA. (2005b). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Melbourne Water. (2018) Melbourne Water. Recuperado en Agosto de 2018 de: <https://www.melbournewater.com.au/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). Política de Gestión ambiental Urbana. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos - PNGBISE. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2015). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Minas y Energía - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (2013). Explotación de materiales de construcción, canteras y material de arrastre. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Minas y Energía (2015). Glosario técnico minero. Bogotá D.C., Colombia.

Montoya, J., Ruiz, D. M., Andrade, G., Matallana, C., Timoté, J. J. D., Azcárate, J., & Areiza, A. (2018). Visión integral para la gestión de las áreas protegidas urbanas en Colombia. Biodiversidad en la Práctica, 3(1), 52-72.

Municipio de Rionegro. (2014). Capítulo 1: Generalidades Históricas de Rionegro. Rionegro, Antioquia, Colombia. 42 pp, Recuperado en agosto de 2018 de: <http://www.rionegro.gov.co/Transparencia/Documentos%20Anuario%20Estadstico/CAP%C3%8DTULO%201%20Generalidades%20Hist%C3%B3ricas.pdf>

Ochoa, A., García, A., Carvajal, M. y Rios, C. (2017). Percepciones de la comunidad educativa de El Porvenir, Rionegro, Antioquia, sobre la importancia de los servicios ecosistémicos del río Negro. Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza, 10 (19), 121 – 133.

ONU. (1992a). Convenio sobre la diversidad biológica. Rio de Janeiro, Brasil.

ONU. (1992b). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Nueva York, USA.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) Habitat III (2016). In United Nations conference on housing and sustainable urban development. New York, Estados Unidos: ONU.

Oriéntese (2017). Grupo EPM con su filial EP Río, con grandes proyectos para Rionegro. Recuperado en octubre de 2018 de: <http://orientese.co/grupo-epm-filial-ep-rio-grandes-proyectos-rionegro/>

Pabón Caicedo, J. D. (2012). Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 36(139), 261-278.

Pinto, E. (2012). Lineamientos y recomendaciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos para propuestas de políticas de suelo y subsuelo en el marco la de política de gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, plan nacional de ordenamiento minero y modificación de código de minas. Bogotá D.C.

PNUD (2018). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado en octubre de 2018 de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. ACAD. Revista de la academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, 28(107), 201-222.

Poveda, G., y Milena Álvarez, D. (2012). El colapso de la hipótesis de estacionariedad por cambio y variabilidad climática: implicaciones para el diseño hidrológico en ingeniería. Revista de Ingeniería, (36), 65-76.

Prieto, L. F. M., y Rodríguez, E. V. (2015). Ciudades sensibles al agua: paradigma contemporáneo para gestionar aguas urbanas. Revista de Tecnología, 14(1), 53-64.

PUB. (2018a). Active, Beautiful, Clean Waters Programme. Agencia Nacional del Agua de Singapur. Recuperado en octubre de 2018 de: <https://www.pub.gov.sg/abcwaters/about>

PUB. (2018b). Active, Beautiful, Clean Waters: Design Guidelines. PUB. 4. Edición. Singapur.

Quijano, M., Villabona, S., Garcia, J. y Gómez, A. (2018). Los humedales del altiplano del Oriente Antioqueño y su conceptualización. Convenio UCO – CORNARE – Mun. Rionegro. Fondo editorial Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia, Colombia.

Ramírez, D., Trespalacios, O., Ruiz, F., Otero, J. (2008). Conectividad ecológica en la zona urbano rural de la localidad de Suba. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.

Ramírez, M. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia

Ramsar (2014). La convención y su misión: La importancia de los humedales. Recuperado en agosto de 2018 de: <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>

Rendón M, L. (2017). Guatapé: Una laguna de lágrimas. Periódico El Espectador. Recuperado en septiembre de 2018 de <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/guatape-una-laguna-de-lagrimas-articulo-700300>

Rincón, A., Lara, D., y Tique, L. (2017). Análisis de escenarios. Instrumentos para la gestión territorial en contextos de conflictos socioambientales. En Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Ruiz-Contreras, L. F. (Eds.). 2016. Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Ríos, J., Olaya, Y., Rivera, G. (2017). Proyección de la demanda de materiales de construcción en Colombia por medio de análisis de flujos de materiales. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 16 (31) 75-95.

Rueda, S. (1997). La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. Ciudades para un futuro más sostenible, 19(01) 2017.

Salazar, Esteban (2017). Las Casitas: modelo de gestión para el redesarrollo. Estrategia de articulación de instrumentos de gestión del ordenamiento territorial, mecanismos de financiación e intervenciones integrales del territorio. Tesis de Maestría. Universidad EAFIT, Medellín.

Santamaría M., Areiza A., Matallana C., Solano, C y Galán S. 2018. Estrategias complementarias de conservación en Colombia.

Instituto Humboldt, Resnatur y Fundación Natura. Bogotá, Colombia.

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2016). Introducción a la convención sobre humedales. 5ª Edición. Gland, Suiza. Semana (2011). Emergencia por río Bogotá, una de las peores de la historia. Recuperado en octubre de 2018 de: <https://www.semana.com/nacion/articulo/emergencia-rio-bogota-peores-historia/239998-3>

Sistema General de Regalías. (2018). Mapa de Regalías – Sistema General de Regalías. Recuperado en octubre de 2018 de: <http://maparegalias.sgr.gov.co/#/>

Subdirección de ecoturismo y gestión ambiental empresarial SEGAE (2011). Sistemas urbanos de drenajes sostenibles. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C, Colombia.

Tobón, E. (1964). Crónicas de Rionegro (Vol. 16). Rionegro, Colombia: Impr. Departamental.

UNEP, United Nations Environment Programme (2016). GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2005). Distritos Mineros: Exportaciones e infraestructura de Transporte. Bogotá D.C., Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2006). Plan Nacional para el desarrollo minero visión 2019. Bogotá D.C, Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2014). Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero – Resumen ejecutivo. Bogotá D.C., Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2015a). Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Ibagué, Pasto, Tunja, Neiva, Popayán, Riohacha, Quibdó y Florencia – Resumen ejecutivo 24 ciudades. Bogotá D.C., Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2015b). Mapa de Oferta y demanda de materiales de construcción. Recuperado en septiembre de 2018 de: <http://sig.simec.gov.co/MapaOferta>

UNESCO. Programa Hidrológico Internacional. (2015). GRAPHIC: Aguas subterráneas y cambio climático PEID. París, Francia.

UNEP, United Nations Environment Programme (2014). Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects.

Urbam EAFIT. (2016). Definición de criterios e instrumentos de recuperación ambiental, ocupación transformación. Módulo suburbano de concentración de vivienda, módulo de interés económico del aeropuerto y polígono rural y de vivienda campestre. Municipio de Rionegro, Antioquia. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.

Urbam EAFIT. (2017). Corredores estratégicos de movilidad sostenible, ordenamiento territorial y recuperación ambiental para el Oriente Antioqueño. Plataforma Oriente. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT, Fundación Fraternidad Medellín y Proantioquia.

Vanegas, H. 2014. Modelo de restauración de áreas degradadas por minería en el Bagre – Antioquia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., ... y Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático

en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

Villa, V., Franco, G. (2011). Extracción de recursos naturales en el Oriente Antioqueño: sostenibilidad y repercusión en el medio ambiente.

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) /ONU-Agua. 2018. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Paris, Francia: UNESCO

Wong, T.; Breen, P.F.; Somes, N. & Lloyd, S. (1998) Managing Urban Stormwater using Constructed Wetlands. Melbourne: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.

Wong, T., y Brown, R. (2008). Transitioning to water sensitive cities: ensuring resilience through a new hydro-social contract. In Conference Proceedings: 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, UK: IWA Publishing.

Wong, T.H.F. & Brown, R. R. (2009). "The water sensitive city: principles for practice". Water Science & Technology, 60 (3) 673-682.



» Figura 201. Fotografía río Negro. Fuente: Urban EAFIT (2017)

## Listado de anexos

ANEXO 1. Marco normativo

ANEXO 2. Formato de encuesta y listado de personas encuestadas

## Listado de figuras

Contenido Figuras		
1- Portada. Fuente: Elaboración propia con base en Urbam EAFIT (2017).		32
2 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia	V	32
3 - Fotografía río Negro. Fuente: Elaboración propia	VI	
4 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia	X	33
5 - Problemas mundiales asociados al agua, cambio climático y urbanización. Fuente: Elaboración propia.	1	34
6 - Principales agendas globales alineadas con esta investigación Fuente: Imágenes ODS recuperada de: <a href="http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html">http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html</a> . Imágenes Ramsar recuperada de: <a href="https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convencion-de-ramsar-y-su-mision">https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convencion-de-ramsar-y-su-mision</a> . Imagen Hábitat III recuperada de: <a href="https://es.unhabitat.org/">https://es.unhabitat.org/</a> .		35
7 - Mapa del polígono de estudio. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	3	35
8 - Análisis de la transformación del territorio por procesos de minería y urbanización. Fuente: elaboración propia con base en Google Earth (2018).	4	36
9 - Fotografía aérea 2006. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018)	5	36
10 - Fotografía aérea 2013. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018)	5	37
11 - Fotografía aérea 2013. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2018).	6	
12 - Fotografías de los efectos del fenómeno de La Niña del 2011 en el municipio de Rionegro. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).	6	39. Secuencia del proceso de restauración de áreas degradadas por minería aluvial en el municipio de El Bagre, Antioquia. Fuente: Diaz, 2013.
13 - Esquema del problema. Fuente: Elaboración propia	7	40
14 - Oportunidad en el proceso de transformación. Fuente: elaboración propia	7	40. Esquema síntesis del marco normativo. Elaboración propia
15 - Esquema metodología. Fuente: elaboración propia	8	41 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia
16 - Esquema herramientas metodológicas. Fuente: elaboración propia.	8	42. Ubicación del municipio de Rionegro en Antioquia, Oriente Antioqueño, Subregión de Valles de San Nicolás y cuenca del río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en SIADANT (2017)
17 - Fotografía humedales Rionegro. Fuente: Elaboración propia	9	43. Sección cuenca del río Negro y sus relaciones regionales con la cuenca del río Cauca, río Aburrá y río Magdalena. Fuente: Elaboración propia (2018) con base en CORNARE (2017)
18. Esquema conclusión marco conceptual. Fuente: elaboración propia	9	44. Vista 3D Altiplano de Oriente Antioqueño y su relación con las cuencas del río Cauca, Aburrá y Magdalena. Fuente: Elaboración propia (2018) con base en ASTER Global Digital Elevation Model tomado de USGS (2006).
19. Servicios ecosistémicos. Fuente: MEA	11	45. Mapa de la cuenca del río Negro, acuífero, drenajes y zona de recarga de alta importancia. Fuente: Elaboración propia con base en POMCA CORNARE (2017).
20. Impactos minería. Fuente: elaboración propia con base en Pinto (2012).	13	46. Mapa cuenca del río Negro y amenazas de inundación. Fuente: Elaboración propia con base en Cornare (2017).
21. Definición del gradiente de urbano a Nnatural y categorías de urbanización. Fuente: Elaboración propia con base en Marzluff et al. (2008).	14	47. . Comportamiento río meándrico y su relación con los acuíferos y lagos. Fuente: Betancur (2015).
22. Esquema cualitativo del comportamiento de los diferentes tipos de uso de la tierra ante los fenómenos superficiales relacionados con el agua. Fuente: Hermelín et al. (2010).	14	48. Algunos servicios ecosistémicos prestados por el río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Urbam EAFIT (2017).
23. Etapas transicionales de las ciudades sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia con base en Brown et al (2008).	16	49. Índice multivariado ENSO. Fuente: Elaboración propia con base en ESRL (2018), El tiempo (2008), El Colombiano (2011), El Espectador (2017), El Colombiano (2014), El Rionegrero (2011)
24. Componentes del diseño urbano sensible al agua. Fuente: Elaboración propia basado en Hoyer, et al (2011)	16	51. Estado actual y pronósticos para el año 2070 de aumento de precipitaciones y temperatura para el departamento de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2015) y Climate - Data (2018).
25. Fotografías Zona de South Gippsland, Victoria (1988). B.Zona de South Gippsland, Victoria (1988). Fuente: Managing Urban Stormwater Using Constructed Wetlands (1998)	21	50. Fotografías de las inundaciones sobre el municipio de Rionegro en 2011. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).
26. Proyecto para la actualización de plantas de tratamiento para Melbourne. Fuente: Recuperado de <a href="https://www.melbournewater.com.au">https://www.melbournewater.com.au</a>	24	52. Estado actual y pronósticos para el año 2070 d aumento de precipitaciones y temperatura para el departamento de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2015) y Climate - Data (2018).
27. Sitio de avistamiento de aves en Edith Wetland (Melbourne). Fuente: recuperado de <a href="https://www.melbournewater.com.au">https://www.melbournewater.com.au</a>	24	53. Esquema hitos de crecimiento y transformación del Oriente Antioqueño 1800 - 2030. Fuente: Elaboración propia.
28. Censo de ranas mediante APP móvil. Fuente: recuperado de <a href="https://www.melbournewater.com.au">https://www.melbournewater.com.au</a>	26	54. Empalme de los procesos de minería y urbanización en el río Negro y sus alteraciones en los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.
29. Sitio WEB para monitorear lluvias, nivel de los ríos e inundaciones. Fuente: recuperado de <a href="https://www.melbournewater.com.au">https://www.melbournewater.com.au</a>	28	55. Empalme de los procesos de minería y urbanización en el río Negro y sus alteraciones en los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y culturales. Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.
30. Visita de estudiantes a planta de tratamiento "Western Treatment Plant".	30	56. Terrazas aluviales del río Negro. Fuente: Ingeominas (2005)
	31	57. Generación de launas artificiales por el proceso de minería, servicios ecosistémicos asociados a ellas y llenos para posterior urbanización. Fuente: Elaboración propia.
	31	58. Mapa de títulos mineros en el río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Secretaria de Minas (2018).

59. Incremento poblacional municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).	65
60. Gráfico histórico: Licencias otorgadas 2007 - 2015. Fuente: Urbam EAFIT (2016)	66
62. Proyecciones demográficas para Rionegro, comparación entre proyecciones del DANE y proyecciones del POT (2018). Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro (2018).	66
61. Participación porcentual de Rionegro en la oferta de los municipios del Oriente. Fuente: Urbam EAFIT (2016)	66
63. Mapa del municipio de Rionegro, zonas de expansión y módulos suburbanos. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	67
64. Mapa del municipio de Rionegro, zona de recarga de alta importancia, suelo de protección ronda hídrica, lagos y río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018) y CORNARE (2017).	68
65. Mapa del municipio de Rionegro, títulos mineros otorgados y en solicitud. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	68
66. Mapa del municipio de Rionegro, planes parciales y módulo suburbano de concentración de vivienda. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	69
67. Mapa del polígono de estudio. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	69
68. Mapa de actores que inciden en los procesos de transformación del territorio. Fuente: Elaboración propia.	70
69. Fotografía aérea Rionegro (1945). Fuente: IGAC (1945)	72
70. Plano por fotogrametría aérea (1976). Fuente: FAES (1976)	72
71. Fotografía aérea Rionegro (2003). Fuente: Secretaria de Planeación del municipio de Rionegro.	72
72. Fotografía aérea Rionegro (2017). Fuente: Google Earth	73
73. Criterios de análisis multitemporal. Fuente: Elaboración propia.	73
74. Ficha análisis década 1940. Fuente: Elaboración propia.	75
75. Ficha análisis momento 1965 - 1985. Fuente: Elaboración propia.	77
76. Ficha análisis momento 1995 - 2005. Fuente: Elaboración propia.	79
77. Ficha análisis 2018. Fuente: Elaboración propia.	81
78. Ficha síntesis de análisis multitemporal. Fuente: Elaboración propia.	82
79. Análisis multitemporal de la transformación del río Negro, puntos de alteración de cauce y ocupación de ronda hídrica. Fuente: Elaboración propia.	82
80. Análisis multitemporal de la transformación sobre lagos, humedales y pantanos. Fuente: elaboración propia	83
81. Análisis multitemporal de la transformación de suelos y coberturas. Fuente: Elaboración propia.	83
83. Análisis multitemporal de la infraestructura vial. Fuente: Elaboración propia.	84
82. Análisis del crecimiento de construcciones y parcelaciones. Fuente: Elaboración propia	84
84. Análisis multitemporal de áreas licenciadas. Fuente: Elaboración propia.	84
85. Proyecciones demográficas del municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).	85
86. Áreas y porcentajes de suelo urbano, expansión, suburbano y rural del municipio de Rionegro. Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía de Rionegro, UCO (2018).	85
87. Producción a 2015 de materiales de construcción en Antioquia. Fuente: Elaboración propia con base en UPME (2015b).	86
90. Mapa de densidades y lotes potenciales para desarrollo suburbano. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	87
88. Mapa de títulos mineros en el río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Secretaría de minas (2018).	87
89. Tabla de densidades, lotes potenciales para desarrollo suburbano y posibles viviendas. Fuente: Elaboración propia.	87
91. Tabla de escenarios de ocupación. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	88
92. Tabla escenarios de ocupación. Fuente: Elaboración propia.	88
93. Alteraciones en la regulación hídrica por la urbanización. Fuente: Elaboración propia con base en FISRWG (1998).	89
94. Escenario de transformación del territorio por procesos de minería y urbanización y sus alteraciones en los SE culturales y de regulación hídrica por la minería y urbanización. Fuente: Elaboración propia.	91
95. Imágenes del municipio de Rionegro bajo los efectos del fenómeno de La Niña. Fuente: Alcaldía de Rionegro (2011).	92
96. Inundaciones en Bogotá durante el Fenómeno de la Niña de 2011. Fuente: Semana (2011)	93
97 - Fotografía Rionegro: procesos de minería y urbanización en el río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017).	97
98. Tabla Demanda de materiales de construcción para cemento gris. Fuente Ríos (2017).	98
99. Proceso de minería y urbanización. Fuente: elaboración propia	99
100. Proceso de minería, etapa planeación. Fuente: elaboración propia.	100

101. Tabla información título minero C5185005. Fuente: Catastro Minero Colombiano (2018).	100
102. Proceso de minería, etapa exploración. Fuente: elaboración propia.	101
103. Proceso de minería, etapa construcción y montaje. Fuente: elaboración propia.	101
104. Proceso de minería, etapa explotación. Fuente: elaboración propia.	102
105. Fotografías proceso de minería, etapa explotación. Fuente: elaboración propia.	102
106. Proceso de minería, etapa cierre y abandono. Fuente: elaboración propia.	103
107. Fotografías proceso de minería, etapa cierre y abandono. Fuente: elaboración propia.	103
108. Lagos artificiales producto de la actividad minera en la llanura de inundación del río Negro. Fuente: elaboración propia con base en Google earth y Concejo de Rionegro (2018)	104
109. Proceso de urbanización, etapa formulación. Fuente: elaboración propia.	105
110. Proceso de urbanización, etapa concertación. Fuente: elaboración propia.	106
111. Proceso de urbanización, etapa adopción. Fuente: elaboración propia.	106
112. Proceso de urbanización, etapa licencia. Fuente: elaboración propia.	106
113. Proceso de urbanización, etapa de construcción. Fuente: elaboración propia.	107
114. Fotografías proceso de urbanización, etapa construcción. Fuente: Fotografía 1: recuperada de <a href="http://www.lotuscasas.com/avances_obra_lotus_casas_rionegro_antioquia.php">http://www.lotuscasas.com/avances_obra_lotus_casas_rionegro_antioquia.php</a> . Fotografía 2: elaboración propia.	107
115. Proceso de urbanización, etapa entrega y uso. Fuente: elaboración propia.	108
116. Conceptualización esquemática de humedal. Fuente: elaboración propia.	109
117. Esquema servicios ecosistémicos de los humedales. Fuente: elaboración propia con base en Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005).	110
118. Mapa del sistema Nacional de Acuíferos. Fuente: IDEAM (2014).	110
119. Esquema Flujo y almacenamiento de agua en los humedales y acuífero. Fuente: Betancur, 2015.	111
120. Mapa de la cuenca del río Negro, acuífero y zona de recarga de alta importancia. Fuente: Elaboración propia con base en CORNARE (2017).	111
121. Mapa del municipio de Rionegro y polígono de estudio, con área de recarga de alta importancia, suelo protección ronda hídrica, Lagos y río Negro. Fuente: Elaboración propia con base en Acuerdo 002 POT (2018) y CORNARE (2017).	112
122. Esquema de las características hidrológicas y geomorfológicas de los humedales del Valle de San Nicolás. Fuente: elaboración Propia con base en UCO- CORNARE (2018)	112
123. Fotografías de algunos de los SE que proporcionan actualmente los humedales artificiales del Valle de San Nicolás. Fuente; elaboración propia (2018).	113
124. Esquema de los principales servicios ecosistémicos que brindan actualmente los humedales del altiplano de Oriente Antioqueño. Fuente: elaboración propia con base en Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005) y UCO- CORNARE (2018).	114
125. Modelo de ocupación por procesos de minería y urbanización. Fuente: elaboración propia.	115
126. Fotografías 2018 donde se evidencia el depósito de escombros sobre los humedales. Fuente: elaboración propia.	116
127. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2010. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	116
128. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	116
129. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio el Llanito 2002. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	117
130. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio el Llanito 2006. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	117
131. Fotografías y análisis comparativo de humedales 2010. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	118
132. Fotografías y análisis comparativo de humedales barrio el Llanito 2017. Fuente: Elaboración propia con base en (Google Earth, 2018)	118
133. Proceso de minería y urbanización y sus efectos en los servicios ecosistémicos. Fuente: Elaboración propia	118
134. Mapa área de estudio (1945) contrastado con la ronda hídrica (Acuerdo 251 de 2017, Cornare), elaboración propia con base en fotografía aérea Rionegro, IGAC (1945)	120
135. Mapa área e estudio, contrastado con el retiro definido en licencia ambiental de título minero ronda hídrica (Acuerdo 251 de 2017, Cornare). Fuente: elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018) y licencia ambiental Licencia Ambiental 131-0184 del título minero.	120
136. Gráfico sobre la valoración de la cercanía al río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.	122
137. Gráfico sobre las emociones que producen río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.	122

138. Gráfico sobre el río Negro y los lagos como espacio público y espacios protegidos. Fuente: elaboración propia.	123
139. Gráfico los beneficios y servicios que la comunidad relaciona con el río Negro y los lagos. Fuente: elaboración propia.	123
140. Gráfico sobre las actividades relacionadas con el río Negro y los lagos y nube de palabras a la pregunta ¿Ha realizado o actualmente realiza algún tipo de actividad relacionada con el río Negro y/o lagunas, cuáles? Fuente: elaboración propia.	123
141. Gráfico sobre las historias relacionadas con el río Negro y los lagos y nube de palabras. Fuente: elaboración propia.	124
142. Gráfico sobre las problemáticas que la comunidad percibe sobre el río Negro y los lagos y nube de palabras. Fuente: elaboración propia.	124
143. Principales problemas y oportunidades identificados. Fuente: elaboración propia.	125
144 - Fotografía del río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017).	127
145. Mapa ámbitos de intervención. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	128
146. Mapa ámbito 1. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	129
147. Mapa ámbito 2. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	130
148. Principios de ciudades sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia con base en Hoyer et al (2011) y Wong (2008).	131
149. Estrategias ambiental y físico-espacial del ámbito 1: Paisajes sensibles al agua. Fuente: Elaboración propia.	133
150. Esquema estrategias ambientales y físico-espaciales para el ámbito 2: Hábitat sensible al agua. Fuente: elaboración propia.	135
151. Esquema estrategia institucional en ámbito 1 y 2. Fuente: elaboración propia	136
152. Esquema metodología fichas de herramientas y listado de herramientas. Fuente: elaboración propia.	137
153. Herramienta: humedales y lagos artificiales. Fuente: elaboración propia	138
154. Herramienta: Canales de conexión y bioretención. Fuente: elaboración propia	139
155. Herramienta: Conectividad ecológica. Fuente: elaboración propia	139
156. Herramienta: conectividad ecológica. Fuente: elaboración propia	140
157. Herramienta: Senderos peatonales ecológicos. Fuente: elaboración propia	141
158. Herramienta: Cicloinfraestructura verde. Fuente: elaboración propia	141
159. Parques y estancias. Fuente: elaboración propia	142
160. Herramienta: Equipamiento ambiental. Fuente: elaboración propia	142
161. Herramienta: Accesos. Fuente: elaboración propia	143
162. Herramienta: Zonas de generación económica. Fuente: elaboración propia	143
163. Herramienta: Lagunas de purificación e infiltración. Fuente: elaboración propia	144
164. Herramienta: Canales y franjas de infiltración . Fuente: elaboración propia	144
165. Herramienta: Suelos blandos y porosos. Fuente: elaboración propia	145
166. Herramienta: Plazas de agua. Fuente: elaboración propia	145
167. Herramienta: Tanques de aguas lluvias. Fuente: elaboración propia	146
168. Herramienta: Techos verdes. Fuente: elaboración propia	146
169. Herramienta: Pavimentación porosa. Fuente: elaboración propia	147
170. Herramienta: Calles ecológicas. Fuente: elaboración propia	147
171. Herramienta: Mesas de diálogo y concertación. Fuente: elaboración propia	148
172. Herramienta: Programas de sensibilización y educación. Fuente: elaboración propia	148
173. Herramienta: Promover actividades de uso y disfrute. Fuente: elaboración propia	149
174. Herramienta: Monitoreo. Fuente: elaboración propia	150
175. Herramienta: Instrumentos de planificación. Fuente: elaboración propia	151
176. Herramienta: Instrumentos de gestión del suelo. Fuente: elaboración propia	151
177. Herramienta: Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios: cobrar contraprestaciones. Fuente: elaboración propia	151
178. Herramienta: Instrumentos de financiación. Fuente: elaboración propia	152
179. Herramienta: Instrumentos para la gestión de cargas y beneficios. Fuente: elaboración propia	152
180. Herramienta: Instrumentos para promover la asociación. Fuente: elaboración propia	152
181. Fotografía humedales Rionegro. Fuente: elaboración propia	153
182. Adecuación proceso Minería y urbanización en suelo suburbano. Fuente: elaboración propia	154
183. Lineamientos para la definición de ámbitos de intervención y UPR. Fuente: elaboración propia.	156
184. Lineamientos para la definición de ámbitos de intervención y UPR. Fuente: elaboración propia	157
185. Mapa ámbitos de intervención. Fuente: Elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	157

186. Mapa con las UPR actualmente delimitadas por el municipio de Rionegro en el Acuerdo 02 de 2018 (POT Rionegro). Fuente: elaboración propia con base en Concejo de Rionegro (2018).	158
187. Etapa de Explotación con adaptación. Fuente: elaboración propia	159
188. Etapa de Explotación con adaptación (3D). Fuente: elaboración propia	159
189. Etapa de concertación. Fuente: elaboración propia	159
190. Etapa de cierre y abandono con adecuación. Fuente: elaboración propia	160
191. Etapa de cierre y abandono con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia	160
192. Etapa de formulación con adecuación. Fuente: elaboración propia	161
193. Etapa de formulación con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia	162
194. Etapa de construcción con adecuación (3D). Fuente: elaboración propia	162
195. Etapa de construcción con adecuación. Fuente: elaboración propia	163
196. Etapa de entrega y uso con adecuación. Fuente: elaboración propia	164
197. Etapa de entrega y uso con adecuación (implementación sobre el territorio). Fuente: elaboración propia	165
198. Imaginario 1: Ámbito 1: Humedales artificiales. Fuente: elaboración propia	167
199. Imaginario 2: Ámbito 1: Sobre el río negro. Fuente: elaboración propia	169
200. Imaginario 3: Ámbito 2: Urbanización sensible al agua. Fuente: elaboración propia	171
201. Fotografía río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017)	185
202. Fotografía río Negro. Fuente: Urbam EAFIT (2017)	193



» Figura 202. Fotografía río Negro. Fuente: Urban EAFIT (2017)