

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA MEDIA Y BAJA
DE LA MICROCUENCA RÍO DEL ORO, MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO
DEL HUILA.**



Presentado por:

LICETH VANESSA CHARRY MARTÍNEZ

JUNIOR GUSTAVO GONZÁLEZ CORTES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS

HIDROGRÁFICAS

BOGOTÁ D.C. 2020

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA MEDIA Y BAJA
DE LA MICROCUENCA RÍO DEL ORO, MUNICIPIO DE NEIVA, DEPARTAMENTO
DEL HUILA.**

Presentado por:

LICETH VANESSA CHARRY MARTÍNEZ

JUNIOR GUSTAVO GONZÁLEZ CORTES

**Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral
de Cuencas Hidrográficas.**

Tutor: JULIO ALBERTO GONZÁLEZ ACOSTA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS

**ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

BOGOTÁ D.C. 2020

Tabla de contenido.

Resumen.....	1
Introducción	3
Antecedentes	5
Planeación de la investigación.....	12
Formulación de los problemas	12
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Justificación.....	16
Marco teórico	18
Aspectos generales y específicos del área de estudio.....	20
Ubicación microcuenca río del Oro.....	20
Descripción del área de estudio.	23
Hidrografía	23
Caracterización Físico-biótica.	29
<i>Geomorfología.....</i>	<i>29</i>
<i>Estructura Geológica.</i>	<i>30</i>
<i>Climatología.</i>	<i>32</i>
<i>Biodiversidad.....</i>	<i>38</i>
Caracterización socio-económica.	42
Zonificación ambiental.	44
Marco legal	46
Marco conceptual.....	49
Metodología	53
Primera etapa: Recopilación de información.....	54
– <i>Diagnóstico Ambiental.</i>	<i>54</i>
– <i>Puntos de muestreo.</i>	<i>58</i>
– <i>Trabajo de Campo.</i>	<i>59</i>
Segunda etapa: Resultados.....	62
– <i>Parámetros.</i>	<i>62</i>

– <i>Índice de calidad del Agua (ICA).</i>	64
– <i>Análisis de los parámetros identificados</i>	68
– <i>Análisis del ICA-Parte media y baja de la microcuenca río del Oro.</i>	74
Tercera etapa: Alternativas de mejora.	76
Conclusiones	79
Recomendaciones	81
Lista de referencias	82

Lista de tablas.

<i>Tabla 1. Cobertura sector agropecuario río del Oro</i>	8
<i>Tabla 2. Cantidad de animales de levante río del Oro.</i>	8
<i>Tabla 3. Parámetros físicos-químicos-microbiológicos.</i>	18
<i>Tabla 4. Geomorfología río del Oro.</i>	29
<i>Tabla 5. Temperatura mínima, media y máxima promedio (2014-2018)</i>	34
<i>Tabla 6. Precipitación (mm)-número de días con lluvia (2014-2018).</i>	35
<i>Tabla 7. Brillo Solar (H/día) (2014-2018).</i>	36
<i>Tabla 8. Humedad relativa (%) (2014-2018).</i>	37
<i>Tabla 9. Listado preliminar de especies de flora de la Microcuenca del Río del Oro.</i>	39
<i>Tabla 10. Listado preliminar de especies de fauna de la microcuenca río del Oro.</i>	42
<i>Tabla 11. Puntos de muestreo.</i>	58
<i>Tabla 12. Parámetros seleccionados para la toma de muestra.</i>	62
<i>Tabla 13. Consolidado de Resultados Parámetros y análisis del laboratorio en temporada de lluvia y verano.</i>	63
<i>Tabla 14. Rango calidad del agua-Dinius (1972)</i>	65
<i>Tabla 15. Resultados ICA</i>	65
<i>Tabla 16. Rango clasificación ICA.</i>	66
<i>Tabla 17. Clasificación ICA.</i>	67

Lista de figuras.

<i>Figura 1. Jornada de Limpieza.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Árbol de problemas-Microcuenca río del Oro.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3. Parte baja de la Microcuenca del río del Oro.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. División hidrográfica de la Microcuenca del río del Oro.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Localización geográfica o espacial detallada de la Microcuenca río del Oro.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Red hídrica de la Microcuenca del río del Oro.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Pendiente de la Microcuenca del río del Oro.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Geomorfología general de la Microcuenca río del Oro.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 9. Estructura Geológica de la Microcuenca del río del Oro.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10. Zonas de vida en la Microcuenca Río del Oro.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11. Cobertura vegetal de la microcuenca del río Oro.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 12. Zonificación ambiental de la Microcuenca media y baja del río del Oro.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 13. Reglamentación sobre Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 14. Contaminación por generación de residuos, parte baja del río del Oro.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 15. Ubicación de los puntos de muestreo.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 16. Punto 1-Río del Oro antes desembocadura al río Magdalena-Temporada de lluvia. 60</i>	
<i>Figura 17. Registro fotográfico toma de muestras--Temporada de lluvia.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 18. Punto 1-Río del Oro antes desembocadura al río Magdalena-Temporada de verano.</i>	
<i>.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 19. Registro fotográfico toma de muestras-Temporada de Verano.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 20. ICA río del oro zona media y baja de la microcuenca.</i>	<i>75</i>

Resumen

La importancia de las evaluaciones periódicas y el monitoreo constante de las cuencas es necesaria para determinar el estado o nivel de daño y así mismo implementar planes estratégicos para su conservación.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad del agua del "Río del Oro" ya que es una de las más impactadas por la contaminación hídrica, la pérdida de cobertura boscosa, y la presión demográfica; los impactos de dicha degradación son visibles a lo largo y ancho de la microcuenca que afecta directamente a la desembocadura del río Magdalena, arrastrando cualquier infinidad de residuos.

Debido al valor ecológico que tienen las fuentes de agua para la ciudad de Neiva, departamento del Huila y por la magnitud de los daños de esta, se hace evidente la necesidad de formular e implementar alternativas de prevención, protección y conservación para un manejo racional de los recursos naturales de la microcuenca y poder así reducir el impacto sobre la calidad del agua y disminuir los niveles de contaminación y se garantice la sostenibilidad del recurso hídrico.

Palabras claves:

Calidad del agua, Río, Carga contaminante, Sostenibilidad.

Abstract

The importance of periodic evaluations and constant monitoring of watersheds is necessary to determine the state or level of damage and also be able to implement strategic plans for their conservation.

The objective of this work is to evaluate the quality of the water of "Río Del Oro" (River) since it is one of the most impacted by water pollution, loss of forest cover, and demographic pressure; The impacts of this degradation are visible throughout the micro-basin that directly affects the mouth of the Magdalena River, dragging any infinity of waste.

Due to the ecological value of water sources for Neiva City, Huila's department and due to the magnitude of the damage caused by it, the need to formulate and implement prevention, protection and conservation alternatives for rational management of the microbasin's natural resources and power thus reduce the impact on water quality and decrease pollution levels and guarantee the sustainability of the water resource.

Keywords:

Water quality, River, Water resource, Sustainability.

Introducción

El recurso hídrico es un sistema complejo que se basa en la percepción del agua, una de ellas es: parte integral del ecosistema, un recurso natural, un bien social y económico. En este interactúa constantemente una serie de factores medioambientales que equilibran y sostienen gran variedad de ecosistemas, los cuales fundamentan y estructuran las redes alimenticias donde el ser humano capta y materializa bienes y servicios que mejoran su calidad de vida (Mirassou, 2009, p. 5). Del mismo modo el recurso hídrico y más exactamente las cuencas hidrográficas han sido a lo largo del tiempo la base bajo la cual se han acentuado grandes civilizaciones que han contribuido a la estructuración espacial de las actuales naciones.

Cuando los seres humanos construyeron sus primeros asentamientos hace unos 10 mil años, el mundo a su alrededor tanto en la tierra como en el mar estaba llena de vida. Actualmente con el desarrollo económico se ha logrado grandes adelantos en temáticas como la industria, la ciencia y la tecnología, pero a su vez se han aumentado significativamente la generación de residuos tanto sólidos, gaseosos y líquidos, siendo estos últimos vertidos directamente a fuentes hídricas los cuales degradan y deterioran el equilibrio ecosistémico que allí se mantiene.

Hablar de contaminación del agua implica tener en cuenta la composición de las aguas naturales y los usos principales a los que se puede destinar el agua. “La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural” (Carta del Agua, Consejo de Europa, 1968, p.1).

La ciudad de Neiva-departamento del Huila, cuenta con variedades de afluentes hídricas, que determinan su desarrollo económico, social, cultural y político. Las principales fuentes abastecedoras de agua son el río Magdalena, el río Arenoso, río del Oro y río las Ceibas, los cuales son el soporte bajo el cual sus pobladores satisfacen sus necesidades.

En este proyecto nos centraremos en la microcuenca río del Oro, tema de olvido por las entidades competentes ambientales y por la evidente falta de gestión. Se pretende que el estudio realizado sea una base de herramienta que aporte a las entidades estatales competentes a trabajar de manera articulada la priorización de la cuenca hidrográfica y un estricto plan de ordenamiento, que garantice la recuperación y especialmente la sostenibilidad de esta.

[Dicha fuente hídrica recorre 21,61 Km²] desde su nacimiento, en La Cuchilla Terpella, en la vereda Cerro Neiva del corregimiento de El Caguán (Huila). A partir del sitio conocido como Paso Ancho, el río del Oro penetra en el área urbana hasta su desembocadura en el río Magdalena, a la altura del Puerto Las Damas (Diario del Huila, 2018).

Antecedentes

Según el Global Environmental Outlook 4 (ONU, 2007) citado por Maldonado (2011), la actividad humana ha puesto una gran presión sobre el medio ambiente, lo que ha causado un cambio climático que altera e intensifica el uso del agua, destruye y contamina los ecosistemas acuáticos. A pesar de que el desempeño de las ciudades en el tratamiento de sus aguas residuales ha mejorado notablemente en los últimos veinte años, se estima que 2.600 millones de personas carecen de sistemas sanitarios y que muchos de los afluentes domésticos e industriales descargan sus aguas contaminadas directamente a ríos y quebradas. El ciclo del agua a nivel global se ha visto severamente afectado por las actividades humanas; así lo evidencia el deterioro de los ecosistemas asociados a los recursos hídricos y el estado de sus condiciones físicas, lo cual tiene un severo impacto sobre la salud humana. En 2008, la OMS estimó que en los países en vías de desarrollo mueren 3 millones de personas anualmente por enfermedades relacionadas con la calidad del agua. El reciente informe de Naciones Unidas “Agua en un Mundo Cambiante” (UNESCO, 2009), reconoce muchas de estas amenazas y plantea un panorama de crisis y conflicto de no tomarse las medidas del caso (p. 68).

A nivel mundial se han desarrollado diferentes metodologías de índices de calidad de agua-ICA, entre los que se destaca el de la National Sanitation Foundation (ICA– NSF), desarrollado por Brown et al. (1970) para ríos de Estados Unidos y ampliamente empleado y validado o adaptado en diferentes estudios internacionales. Dinius (1987) desarrolló un ICA similar teniendo como valor agregado el planteamiento de rangos de clasificación basados en usos específicos, entre los que se destaca el del consumo humano (Torres Lozada, Cruz Vélez, Escobar, Pérez Vidal, & Patiño, 2010, p. 87).

A nivel nacional, Colombia es un país con una gran riqueza y diversidad natural y cultural, en cuanto a recurso hídrico cuenta con una oferta superficial de más de 2.000 km³ y el 36% del territorio con agua subterránea, se encuentra que el 40% de las principales cuencas del país son vulnerables al deterioro. En relación con este último punto, los más altos niveles de contaminación se presentan en las cuencas donde se concentra el mayor desarrollo económico y donde se puede producir el mayor impacto sobre la población¹.

Por consiguiente, los altos niveles de contaminación se reflejan en la siguiente información:

La carga biodegradable (DBO5) vertida a los sistemas hídricos después de tratamiento en Colombia durante el año 2012 alcanzó 756.945t t/año, que equivalen a 2.102 t/día. De este total, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero el 3%. El 80% de la carga de DBO5 fue aportada por 55 municipios principalmente por las áreas metropolitanas y ciudades grandes del país: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Cúcuta, Villavicencio y Manizales.

La carga total nacional vertida a los cuerpos de agua de demanda química de oxígeno (DQO), después de tratamiento, es de 1.675.616 t/año, equivalentes a 4.654 t/día de los cuales la industria aporta el 37%, el sector doméstico el 61 % y el cafetero el 2%.

En cuanto a Sólidos Suspendidos Totales (SST) se vierten 1.135.726 t/año, equivalente a 3.154 t/día. La industrial aporta el 7%, el sector doméstico el 91% y el subsector cafetero el 1%. (SIAC, s.f, párrs. 4-6).

¹ VI. Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo. p. 425.

Por otro lado, la situación en el sector agrícola es alarmante, puesto que de los 1.138.910 km² del territorio nacional, el 38% están destinadas para cultivos. Según el informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en Colombia; la demanda potencial de agua para cada sector corresponde a un 61% para el sector agrícola, 9% para industria, 26% para doméstico, 3% para uso pecuario y un 1% para el sector de servicios, Sistema de información Ambiental en Colombia (SIAC, s.f.).

Actualmente la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM, 2019), realizó el reajuste según acto administrativo (código 2111-01) del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río del Oro (POMCA), donde la ciudad de Neiva no cuenta con Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales – STAR, vierte directamente al río Magdalena; pero se han evaluado alternativas de manejo para las aguas residuales.

Las cargas contaminantes por las aguas residuales del municipio de Neiva para el año 2016 los parámetros DBO5 y SST, teniendo como fundamento los reportes de monitoreo presentados por las Empresas Públicas de Neiva E.S.P., en el año 2015, se tiene que la carga orgánica biodegradable (DBO5) se vierten 3.977,03 t/año, equivalente 11.047,3 kg/día y 331.419 Kg/mes. En cuanto Sólidos Suspendidos Totales (SST) se vierten 3.167,75 t/año, equivalente 8.799,3Kg/día y 263.979 Kg/mes (pp. 190,191).

También se identifican las actividades productivas que se desarrollan en el área del POMCA del Río Las Ceibas, Río Loro; Río Arenoso, Río Frio y otros directos al Río Magdalena, y que ejercen presión sobre el recurso hídrico ya sea por la demanda como insumo para la producción, o como receptor de vertimientos en los procesos de producción se identifica en el sector agropecuario que las actividades económicas más representativas se concentran en la cría y

levante de animales bovinos y porcinos y en la obtención de productos agrícolas tales como café (p. 178).

A continuación, en la tabla 1 y 2 se presentan las actividades productivas que se desarrollan, de acuerdo al uso actual de la tierra se presentan las siguientes coberturas:

➤ **Sector agropecuario**

Tabla 1. Cobertura sector agropecuario río del Oro

Microcuenca río del Oro	
USO	HECTÁREAS
Cuerpos de aguas naturales	14,826461
Pastoreo extensivo	915,876493
Pastoreo intensivo	24,091817
Protección	797,771564
Restauración	4674,918503

Fuente: INPRO SAS, 2016 cita por (CAM, 2019).

➤ **Sector pecuario**

Tabla 2. Cantidad de animales de levante río del Oro.

Microcuenca río del Oro		
VEREDA	BOVINOS	PORCINOS
Centro sur	300	200
Ceibas afuera	180	15
El Caguan	500	0
TOTAL	980	215

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados (CAM, 2019).

El municipio de Neiva- departamento del Huila cuenta con importantes afluentes que irrigan parte del territorio, entre los más importantes tenemos la cuenca río las Ceibas, el río Arenoso, río Magdalena y río del Oro, los cuales son el soporte bajo el cual los pobladores satisfacen sus necesidades. La microcuenca del río del Oro al pasar de los años ha tenido un

impacto medio ambiental, todo esto a causa del crecimiento acelerado de la ciudad principalmente de los asentamientos aledaños en la parte media y baja de la microcuenca. Lo que a su vez ha generado impactos negativos al ambiente entre los más representativos y los que más afectos adversos tiene a este ecosistema son los vertimientos de aguas residuales, acumulación de residuos sólidos, escombreras, y animales muertos, debido al aumento de estos aspectos ambientales generados por la comunidad Neivana, el gobierno municipal con la ayuda del departamento organizaron el primer macro proyecto de protección del río del Oro el cual fue la construcción de la canalización de la zona baja del río, teniendo como objetivo principal la delimitación de las zonas de rondas de protección, pero no fue suficiente para la problemática que actualmente se evidencia allí.

A nivel institucional la academia huilense ha presentado un sin números de trabajos de conservación aplicados en diferentes sectores de la capital del Huila. Los proyectos de mayor relevancia encontrados en temas de conservación de cuencas y microcuencas son los siguientes:

- Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Ceibas.
- Plan de manejo ambiental para la recuperación de la quebrada Matamundo (Neiva-Huila). (Cabrera & Rojas, 2014).
- Plan de manejo ambiental para la quebrada la perdiz para el Municipio de Neiva-Huila. (Conde Poveda, Gómez Aldana, & Sánchez Pérez, 2014).
- Plan de manejo ambiental microcuenca-quebrada Mampuesto de Neiva. (Borda Morales & Polo Guzman, 2014).
- Plan de manejo ambiental de la microcuenca el Venado (Cabrera Losada, Fierro Villareal, & Herrera Grisela, 2014).

- Plan de manejo ambiental para la protección y conservación del municipio de Neiva para la microcuenca la Dinda. (Galindo Soto, Monje Rojas, & Plaza Gutiérrez).
- Plan de manejo ambiental de la quebrada Avichente del municipio de Neiva Huila (Perdomo, Falla Caicedo, & Rodríguez Bocanegra, 2014).
- Plan de manejo ambiental para la recuperación de la microcuenca La Toma. (Camargo, Coronado Peña, & Fernández Gutiérrez, 2014).

El trabajo aplicativo de mayor relevancia en temas de conservación de cuencas es el proyecto liderado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena “CAM” con ayuda de empresas públicas de Neiva EPN, el cual presenta como objetivo principal conservar las características ambientales que presenta la cuenca del Río las Ceibas con el fin de garantizar un suministro continuo de agua potable para la comunidad urbana y rural del municipio de Neiva en un futuro.

El gobierno municipal, empresas públicas, entidades privadas, y organizaciones ambientales, e instituciones educativas han elaborado programas de limpieza y revegetavilización de las zonas de rondas del río del Oro, para el año 2019 se realizó una jornada de limpieza por el día internacional del agua que se celebra en el mes de mayo como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Jornada de Limpieza



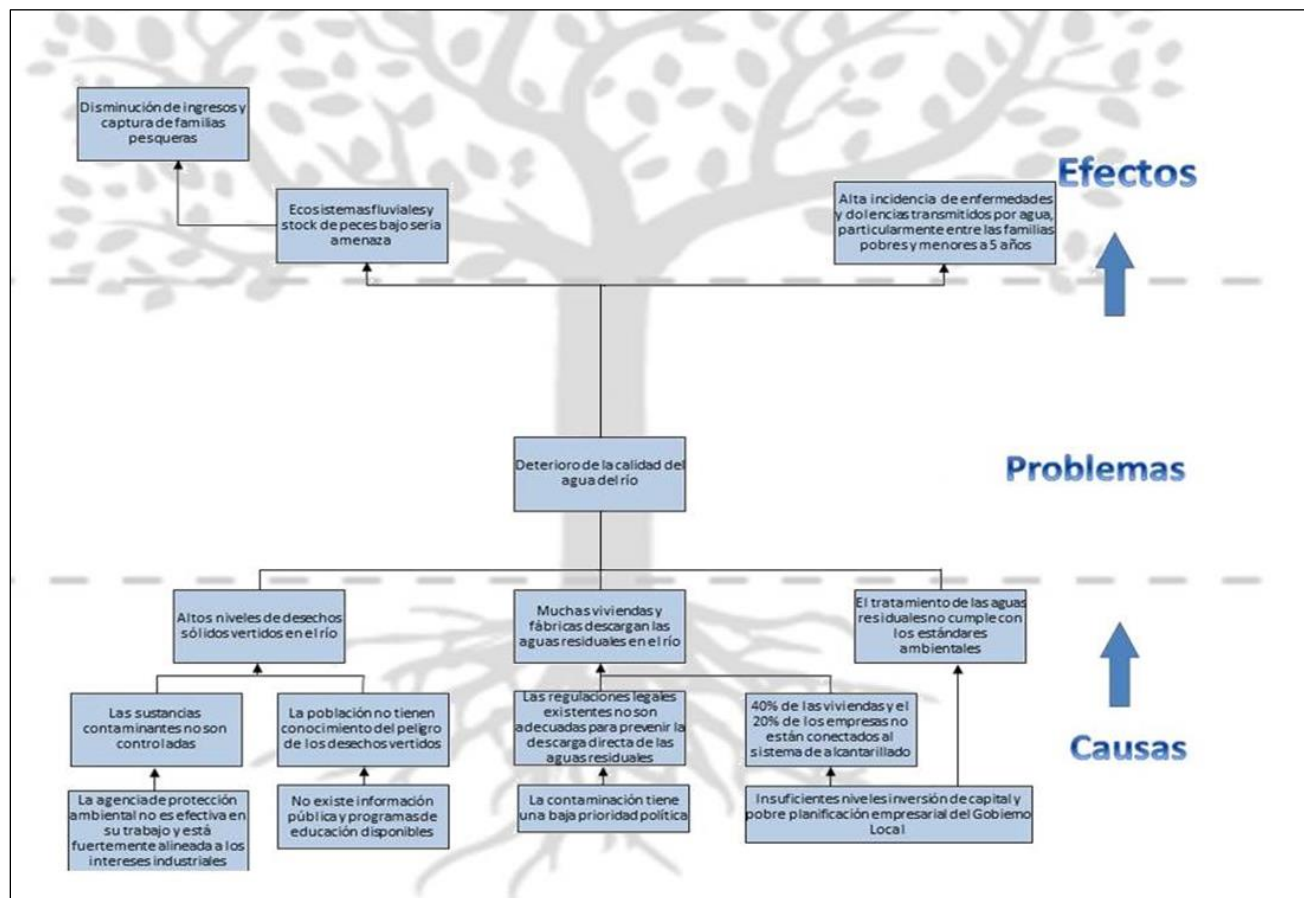
Fuente: Diario del Huila

Tomando como referencia lo anterior como estudiantes de la especialización de ordenamiento y gestión integral de cuencas hidrográficas se identifica la necesidad de enfocar investigaciones y acciones en cuanto al diseño y formulación de alternativas que viabilicen el desarrollo de actividades económicas, sociales y culturales entorno al medio ambiente. Y más exactamente con el aprovechamiento integral del recurso hídrico, de esta forma el siguiente trabajo de grado tiene como finalidad el estudio de caracterización de la calidad del agua en la zona media y baja de la microcuenca río del Oro, del municipio de Neiva-departamento del Huila dando como prioridad el recurso hídrico, donde el principal objetivo es proyectar la armonía integral en el recurso hídrico, con el fin de preservar y conservar la sostenibilidad en el sistema ambiental, ya que no cuenta con un programa de monitoreo y seguimiento.

Planeación de la investigación

Formulación de los problemas

Figura 2. Árbol de problemas-Microcuenca río del Oro.



Fuente: Elaboración Propia.

En la formulación de los problemas se tiene en cuenta el árbol de problemas, ver figura 2. Con el fin de identificar el problema central de la microcuenca río del Oro, la cual se analiza las principales causas-efectos para dar alternativas de solución.

Árbol del problema.

El recurso hídrico ha estado presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal para su desarrollo y de recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar diferentes formas de aprovechamiento. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad va de la mano de la pobreza y de las enfermedades².

La ordenación integrada del recurso hídrico se basa en la percepción de que el agua es parte integral del ecosistema, un recurso natural, un bien social y económico.

Aunque en Colombia el recurso hídrico es abundante, se presentan situaciones de dificultad en la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial. Esta característica de disponibilidad hídrica espacio-temporal tiene causas que reducen la posibilidad de uso y acceso de la población a este recurso y que puede convertirse en limitantes para el desarrollo (Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, 1999, p. 10):

- Concentración y crecimiento de la demanda en zonas donde la oferta hídrica es limitada.
- Irregularidad hídrica, como efecto del impacto negativo que altera la oferta hídrica natural en cantidad y distribución espacio-temporal.
- Deterioro de la calidad por sedimentos y contaminación.

²Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua. Defensoría del pueblo. Informe defensoría N° 39-b. p. 1.

“Los ríos y mares colombianos recogen y transportan cantidades de residuos y cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidos mayormente sin tratamiento previo” (SIAC, s.f, párr.1) como se puede evidenciar en la ciudad de Neiva. Tiene un efluente que descarga por lo menos el 90% de las aguas servidas de Neiva, hacia el río Magdalena y no se tiene ningún tipo de tratamiento ya que no posee una planta para realizar este proceso.

Por lo tanto, a lo largo del río Magdalena y de los afluentes de este que atraviesan la ciudad de Neiva, se presenta un gran número de descargas de aguas servidas que generan contaminación a estas fuentes hídricas y por consiguiente al río Magdalena. Estas acciones se incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas, siendo necesario un monitoreo y seguimiento que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales, especialmente en la salud humana.

En el área del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río del Oro no existe una red de monitoreo de calidad de agua de las subcuencas involucradas, pues las administraciones municipales de Neiva solo realizan un muestreo aleatorio de la calidad de agua en las bocatomas de los acueductos que surten a las cabeceras urbanas en el río Las Ceibas y río Frío respectivamente.

Lo anterior enuncia una problemática global, que se ve reflejada en la microcuenca del río del Oro en el departamento del Huila-municipio de Neiva, puesto que se caracteriza por enfrentar problemas relacionados principalmente con la tala desenfrenada de bosque, quema, contaminación, mal uso del recurso agua, mal manejo de los desechos sólidos y otros factores, provocando pérdida de cobertura forestal, pérdida de biodiversidad, deterioro de suelo y alteración

de la calidad y la cantidad de agua. Esta situación de deterioro ha causado que el río del Oro tenga un problema ambiental importante.

Ello involucra efectos negativos en la salud humana causada por acumulación de sólidos orgánicos, químicos tóxicos y metales pesados en el suelo, acuíferos y aguas superficiales.

Objetivos

Objetivo general

- ✚ Evaluar la calidad del agua de la Microcuenca río del Oro, para determinar las principales fuentes de contaminación y el estado actual de la microcuenca.

Objetivos específicos

- ✚ Realizar un diagnóstico ambiental en la zona media y baja de la microcuenca río del Oro, municipio de Neiva departamento del Huila.
- ✚ Determinar la calidad del agua y analizar los resultados fisicoquímico-microbiológico para la temporada de lluvia y la temporada de verano del área de estudio.
- ✚ Formular alternativas de mejoramiento para la protección y conservación de la microcuenca río del Oro como priorización hídrica en los planes de ordenamiento territorial.

Justificación

La (Constitución Política de Colombia, 1991) exalta en sus artículos 79,80 que “todas las personas tienen derecho a gozar un ambiente sano”, “El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución (...)” (p. 24). El estado como administrador de los recursos naturales garantiza lo anterior. Recalcando también la política nacional del recurso hídrico que establece directrices para el manejo de agua en el país, permitiendo hacer eficiente el recurso y preservando como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras. Es por este motivo que las actividades económicas en Colombia están sujetas al cumplimiento de normas, ya que para lograr un equilibrio entre el ser humano y su entorno se deben diseñar directrices que conlleven a un desarrollo sostenible.

La microcuenca del Río del Oro es un ecosistema estratégico de importancia puntual para la población de la zona de estudio, ya que de allí captan ciertas cantidades del recurso hídrico para el desarrollo de sus actividades. Sin contar el total de bienes y servicios medioambientales que son explotados por los mismos, y que además se ha venido evidenciando a través del tiempo una notable reducción en el volumen, nivel y calidad de la microcuenca, en donde esto no solamente perturba el cuerpo de agua sino también las especies que allí cohabitan. Por lo anterior surge la necesidad la caracterización de la calidad del agua en la microcuenca río del Oro.

Es de suma importancia garantizar el bienestar de los neivanos y a los habitantes de los barrios asentados en el sector, ya que a través de esta investigación se define el aspecto de calidad del recurso hídrico para consumo humano y demás usos, el cual exige de un monitoreo, valoración y evaluación de la calidad del agua, integrando etapas de: muestreos en puntos estratégicos del río a intervalos de tiempos bajo regulación con el fin de obtener datos con veracidad que se utilizan

para determinar las condiciones de calidad actuales del sistema hídrico (causa-efecto) mediante la interpretación y reporte de resultados; lo cual permitirá recomendar y establecer tendencias de control, protección y conservación del recurso de acuerdo a estándares a nivel nacional.

Este proyecto debe generar información verídica y confiable de carácter técnico científica, la cual se convertirá en un insumo para la toma de decisiones a nivel institucional para la formulación de acciones y estrategias que permitan corregir o reducir los riesgos de tipo social y ambiental debido al deterioro de la calidad del recurso, y la conservación y protección del mismo.

Marco teórico

Dentro del ciclo hidrológico un factor importante y según (Gómez et al., 2007) citado por (Toro, Hahn-vonHessberg, Grajales Quintero, Duque Quintero, & Serna Uribe, 2009), “la gestión y administración adecuada de los recursos hídricos que obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua”(p. 91). Para este tipo caracterización de calidad de agua se analiza a través de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para conocer el estado actual del recurso hídrico perteneciente a la microcuenca del río del Oro.

Estos parámetros (Ver tabla 3) establecen las condiciones físicas, químicas y en algunos casos biológicos de las fuentes hídricas.

Tabla 3. Parámetros físicos-químicos-microbiológicos.

<i>Ph</i>	<i>Fosfatos</i>
<i>Temperatura</i>	<i>Fluoruros</i>
<i>Turbidez</i>	<i>Sulfatos</i>
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>DBO5</i>
<i>Solidos totales</i>	<i>DQO</i>
<i>Solidos suspendidos totales</i>	<i>Nitrógeno</i>
<i>Solidos disueltos totales</i>	<i>Nitratos</i>
<i>Alcalinidad</i>	<i>Nitritos</i>
<i>Dureza</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>
<i>Cloruros</i>	<i>Coliformes Totales</i>
<i>Hierro</i>	<i>Coliformes fecales</i>
<i>Fosforo</i>	<i>Carbono orgánico total</i>

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene que (Toro et al. 2009) los exámenes fisicoquímicos están relacionados con las bacterias, en los que la temperatura se presenta como uno de los factores ambientales importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos. A medida que la

temperatura aumenta, aumentan también sus reacciones enzimáticas y las tasas de reproducción. En la mayoría de los ecosistemas acuáticos naturales el pH oscila entre 5.0 y 9.0, y aunque se encuentren microorganismos en hábitat dentro de límites muy amplios de pH, su pH interior se conserva alrededor del punto neutro. El pH fluctúa considerablemente con la hora del día y la profundidad del agua debido a que el pH está estrechamente relacionado a la concentración de dióxido de carbono (p. 92).

Índices de calidad del agua “ICA”

Según (Martínez de Bascaran, 1976, Prat et al. 1986, MOPT 1992) Citado en (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997) El propósito de los índices de calidad de agua-ICA, es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (p. 136).

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros fisicoquímicos, los cuales son:

- ❖ pH (en unidades de pH)
- ❖ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5 en mg O₂/ L)
- ❖ Demanda química de Oxígeno (DQO en mg O₂/ L)
- ❖ Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- ❖ Nitratos (NO₃ en mg/L)
- ❖ Turbidez (en NTU)
- ❖ Oxígeno Disuelto (OD en mg O₂/ L).
- ❖ Sólidos Disueltos Totales (SDT en mg/L)
- ❖ Cambio de la Temperatura (en °C)

Y 2 parámetros microbiológicos, que son:

- ❖ Coliformes Totales (en UFC/100 mL)

❖ Coliformes Termotolerantes (en UFC/100 mL)

Aspectos generales y específicos del área de estudio

En la zona de estudio de la parte media y baja de la microcuenca del río del Oro se realizó las siguientes características generales:

Ubicación microcuenca río del Oro

La microcuenca del río del Oro se encuentra ubicada en la parte occidental del departamento del Huila municipio de Neiva. Nace a una altura de 1.000 m.s.n.m aproximadamente al sur del río Ceibas y recorre el municipio hasta finalmente desembocar en el río Magdalena a 460 m.s.n.m. (CAM, 2019, p. 80).

[La microcuenca ocupa un área de 70,0 Km² aprox. y recorre 21,61 Km² desde su nacimiento], en la Cuchilla Terpella, ramificación de la vereda Cerro Neiva del corregimiento de El Caguán (Huila), de las cuales tan solo el 12% está cubierta con bosques nativos (Modelos térmicos de las fuentes hídricas, 2006).

Figura 3. Parte baja de la Microcuenca del río del Oro.



Fuente: Elaboración propia.

Parte de sus aguas drenan con afluentes cortos de bajo caudal provenientes de las comunas 4, 6, 7 y 8 del área urbana de Neiva. En la parte alta de la microcuenca se presentan drenajes de tipo intermitente, que atraviesan gran parte las veredas del corregimiento del Caguán.

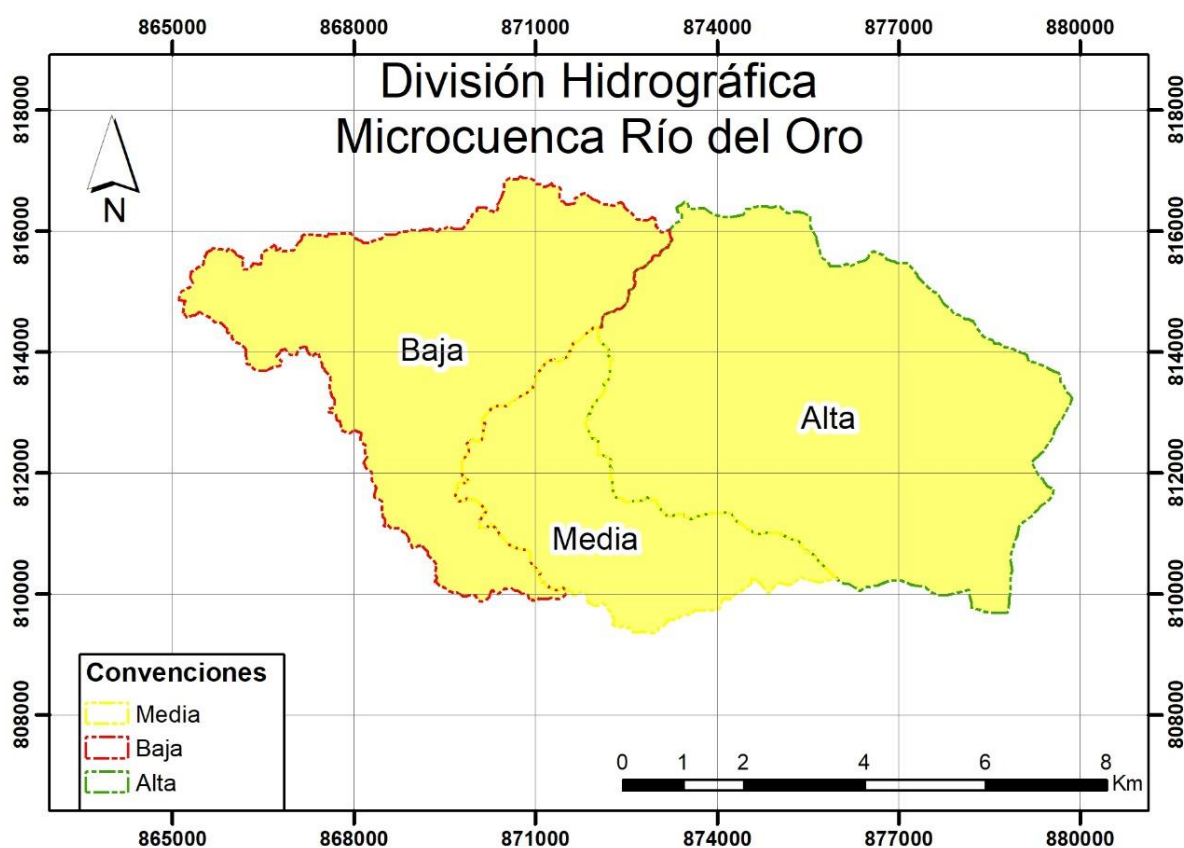
La microcuenca del río del Oro se divide en tres partes (Ver figura 4):

- **Parte alta o Zona de Captación de Aguas:** allí se localizan nacederos de agua, las zonas de reserva y es la parte más frágil de la cuenca.
- **Parte media o Garganta de la Cuenca:** en esta parte tiende a aumentarse la pendiente y además se incrementa el caudal, su área de estudio recorre 23,6 Km².

- **Parte baja o Cono de Deyección:** aquí la pendiente baja drásticamente, se presenta deposición y acumulación de sedimentos, recorre 11,9 Km² de su área (Alcaldía de Neiva, s.f., p. 16).

Es decir que el área total de estudio de la parte media y baja de la microcuenca del río del Oro equivale a 35,47 Km².

Figura 4. División hidrográfica de la Microcuenca del río del Oro.

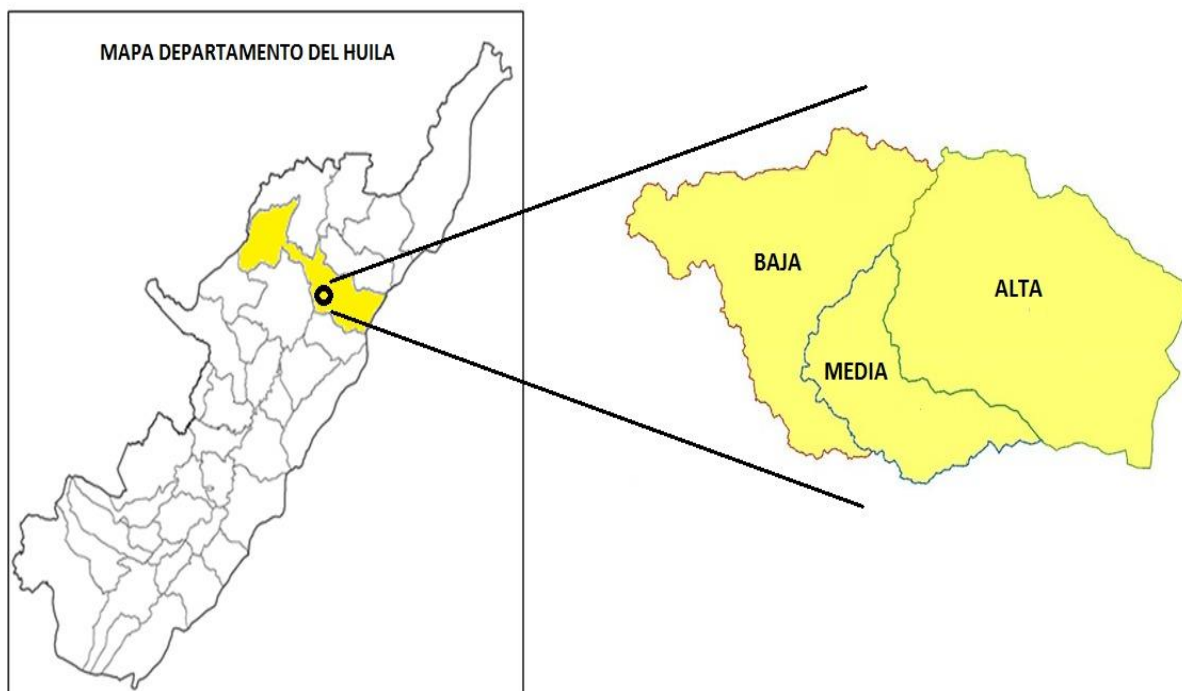


Fuente: Elaboración propia.

Descripción del área de estudio.

En la figura 5 se observa la localización detallada de la zona de estudio media y baja en el eje espacial departamental.

Figura 5. Localización geográfica o espacial detallada de la Microcuenca río del Oro.

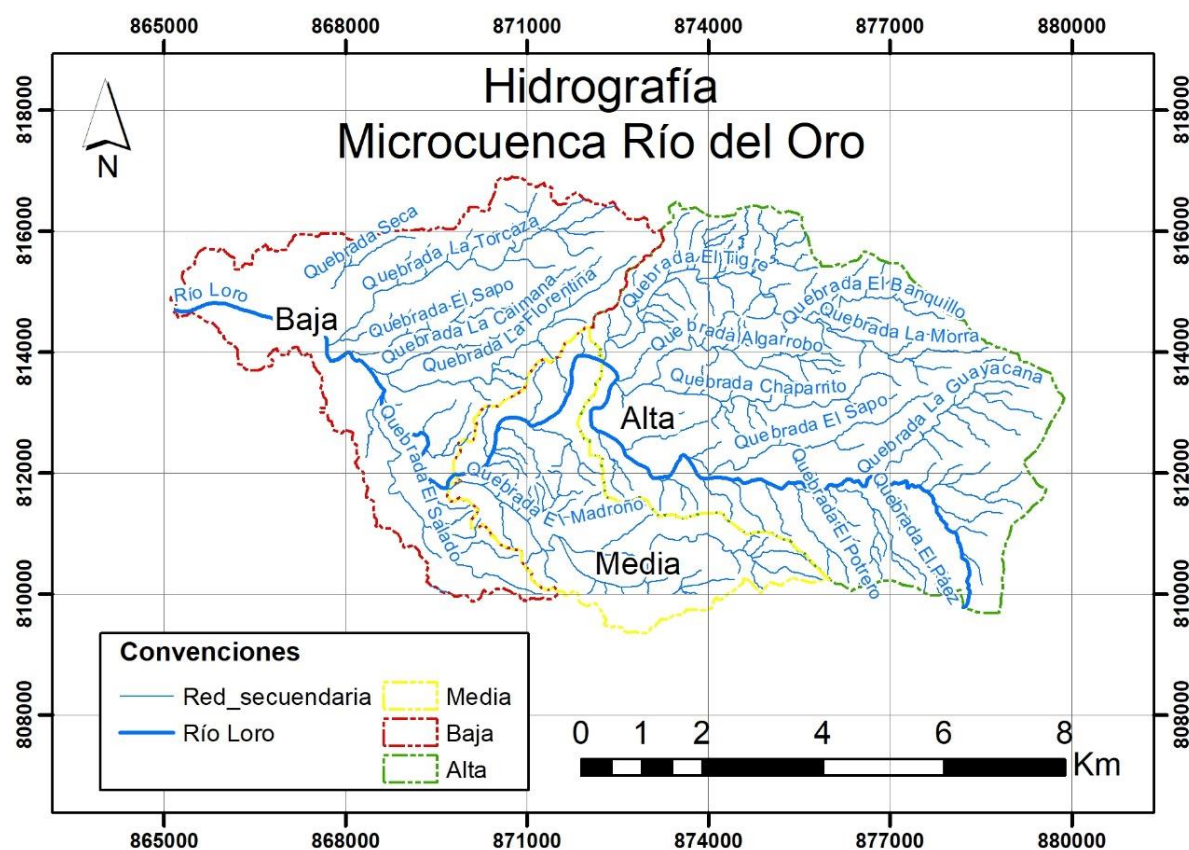


Fuente: Elaboración propia.

Hidrografía

La dinámica hidráulica de la microcuenca del río del Oro es muy variada y versátil, destacándose de ella importantes microcuencas o tributarios que alimentan y sostienen el caudal del cauce principal, entre estas redes de abastecimiento se destacan quebrada El Tigre, Madroño y Algarrobo.

Figura 6. Red hídrica de la Microcuenca del río del Oro.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 6, evidencia las diferentes redes hidrológicas que articulan y estructuran la microcuenca del río del Oro en el área de influencia media y baja, la cual está compuesta por las siguientes quebradas:

- ✓ Q. El Madroño
- ✓ Q. Seca.
- ✓ Q. La Torcaza.
- ✓ Q. El sapo.
- ✓ Q. La Caimana.
- ✓ Q. La Florentina.
- ✓ Q. El Salado.

Sus principales fuentes hídricas, por la margen derecha, son las quebradas Zanja Honda o el Neme, La Cabuya y la Torcaza o Tórtola, y por su margen izquierda las quebradas El Limonar, Zanja Seca y Miraflores. El cauce y el nivel han variado continuamente afectando la calidad hídrica, debido a las acciones antrópicas donde en ciertos sectores no se respeta las rondas de protección.

Durante la caracterización e identificación de las redes de abastecimiento se realizó una categorización y selección de información secundaria en donde se evidencian los cambios significativos que ha tenido el recurso hídrico en la zona, es de resaltar que algunas quebradas que surten y alimentan el caudal del cauce principal han desaparecido y/o sostienen con caudales de flujo intermitente, donde su oferta hídrica en año normal (multianual) es de 550.09 millones de m^3/s , y oferta hídrica en año seco es de 521,83 millones de m^3/s según fuente INPRO SAS, 2016 citado por (CAM, 2019).

En cuanto a las características intrínsecas de la microcuenca del río del Oro se realizó un análisis de las características morfométricas de la microcuenca en donde se deducen y especifican los siguientes datos:

Características morfométricas de la microcuenca del río del Oro	
Área: 70,0 Km ²	Índice de compacidad: 1,53
Perímetro: 45,75 Km	Factor forma: 0,32
Longitud máxima: 21,61 Km	Índice de alargamiento: 3,10
Ancho mayor: 6,95 Km	Índice asimétrico: 1,95

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la interpretación de los anteriores datos se deduce que la microcuenca del río del Oro es de forma alargada con baja susceptibilidad a las avenidas, y con alto porcentaje de

retorno del flujo hídrico. Por lo anterior y debido a la poca área de recorrido de la microcuenca se pudo evidenciar que está presenta alto porcentaje de meandros que aumentan la velocidad del recorrido del flujo y acrecientan los procesos de degradación y erosión de las zonas perimetrales en la microcuenca.

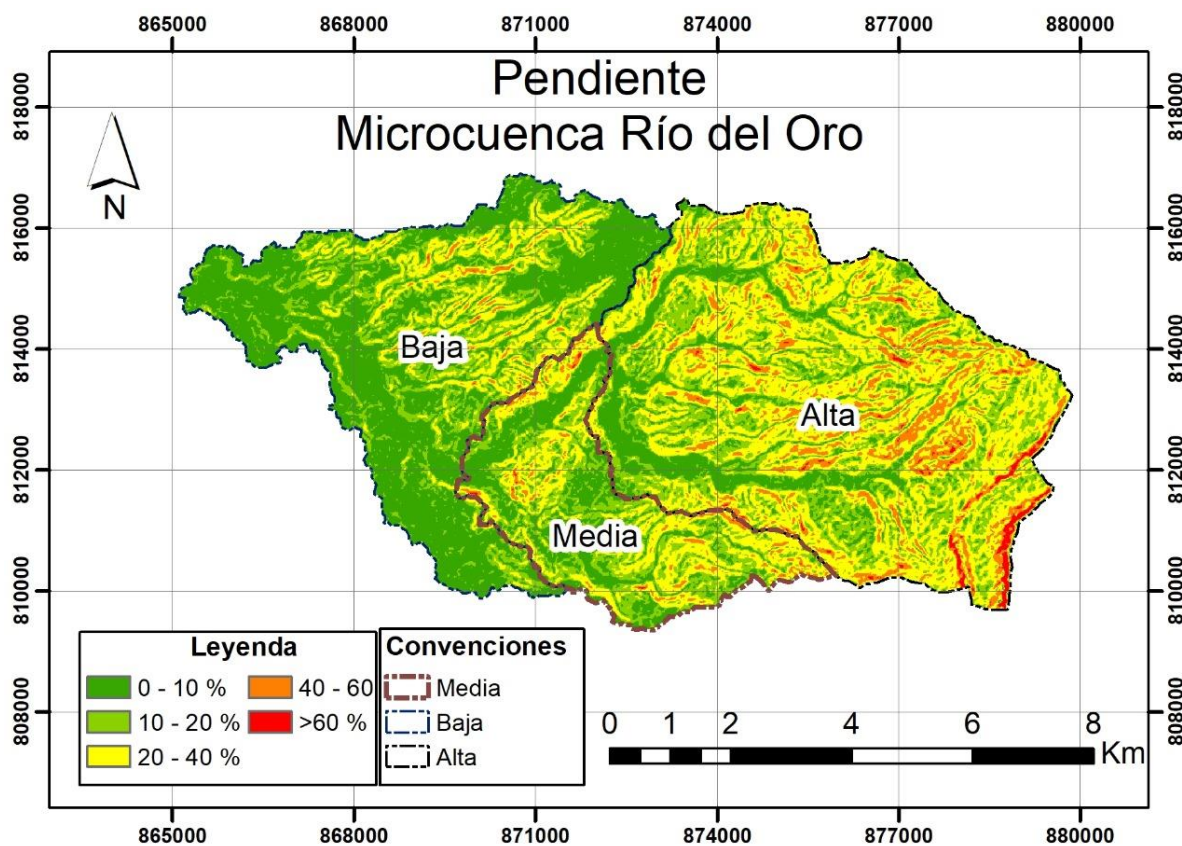
En general las redes de drenaje de esta zona tienen un tipo de drenaje dendrítico, este patrón está formado por una corriente principal con sus afluentes primarios y secundarios uniéndose libremente en todas direcciones. Son cursos pequeños, cortos e irregulares, que andan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo (CAM, 2019).

Dentro de las características morfométricas de una cuenca hidrográfica es importante resaltar e identificar las pendientes que estructuran la geomorfología del área.

La figura 7 evidencia el tipo de pendientes y las zonas de amenaza en la microcuenca del río del Oro en donde se concluye que la microcuenca está constituida por pendientes moderadas que varían en el orden del 0-10% de inclinación. Por tal razón es preciso afirmar que en la parte media de la microcuenca se presenta un mínimo riesgo por procesos de remoción en masa, situación que se agrava en la zona alta de la microcuenca debido al alto porcentaje inclinación (>60%) de sus pendientes.

(Alcaldía de Neiva, s.f.) La amenaza alta por erosión y movimientos en masa se encuentra sobre el barrio panorama en las zonas de pendientes mayores a 40° y desprovistas de vegetación.

Figura 7. Pendiente de la Microcuenca del río del Oro.



Fuente: Elaboración propia.

La amenaza alta por inundación se identifica sobre la zona de ronda del río del Oro y sus afluentes de mayor magnitud como son: La Quebrada Seca, El Aceite que involucra los barrios Bajo Pedregal, la Gaitana II, Prado Alto, La Juventud, Jorge Eliecer Gaitán, Obrero, Ventilador y San Martín de Porres.

La Quebrada La Cabuya determina zonas de amenaza alta por inundación en donde se encuentran los barrios San Martín, El Ventilador y Alfonso López Pumarejo, San Carlos, Villa Amarilla, Guillermo Liévano, La Florida y Los Parques.

Sobre el río del Oro las zonas de amenaza alta la abarcan los siguientes barrios: San Pedro, El Estadio, Diego Opina, San Martín De Porres, Los Comuneros, Villa Amarilla, Peón Redondo,

Sector Galán (José Antonio Galán), Sector Bogotá, Sector Santa Isabel, Pozo Azul, Bella Vista, Las Lajas, Altos De Limonar. En las zonas aledañas y cercanas a la desembocadura de las quebradas El Sapo, El Madrorio y La Florentina se identifican también amenazas de este tipo estando fuera del perímetro de servicios, pero incluidas como zonas de expansión urbana.

La amenaza baja por inundación incluye los barrios: Pozo Azul, José Antonio Galán, Jesús Nazareno, Bella Vista, Limonar II Etapa y zonas aledañas fuera del perímetro de servicios, en espacios más alejados de la ronda del cauce.

La amenaza media por erosión y movimientos en masa abarca los barrios: Buena Vista, La Gaitana, La Gaitana II, Jorge Eliecer Gaitán, Bajo Pedregal, El Dorado, Las Américas, El Ventilador, Nueva Granada, Alfonso López, Los Parques, San Carlos, La Florida, Guillermo Liévano, Villa Amarilla, San Martín De Porres, Peón Redondo, Sur Oriental, Panorama, Los Alpes, El Peón, Rafael Azuero, La Paz, La Cristalina, Arrayanes, Los Comuneros y Altamira en pendientes entre 10-40° y fuera de las zonas de amenazas por inundación pero en zonas de alta relación de flujo de agua sobre las márgenes de las quebradas.

La amenaza nula la constituyen zonas de baja pendiente y que en su mayoría están alejadas de drenajes y de las zonas inundables en donde están constituidos sectores de barrios o barrios completos como: Los Almendros, San Pedro, El Estadio, El Centro, Altico, Diego De Ospina, Ventilador, Obrero, Calixto Leiva, Jorge Eliecer Gaitán, La Gaitana, Buena Vista, Sector Santa Isabel, Sector Bogotá, Sector Galán Miramar, Emaya, Minuto De Dios, Timanco IV Etapa, Conjunto Los Arrayanes, San Francisco De Asia, Tuquilla, Bogotá, Buenos Aires, Sinaí, José Antonio Galán, Arismendi Mora, La Esperanza, Loma Linda, Timanco I, II Y III Etapa, Torres De Alejandría, Andalucía II Etapa, Canaima, Manzanares, Jesús Nazareno, Loma Linda, Las Lajas, Bella Vista, Altos De Limonar I Y II, Tierra De Promisión y Los Caobos (pp.145-147).

Caracterización Físico-biótica.

En la caracterización físico-biótica comprende diversos factores de tipos geomorfológicos, climáticos y biológicos de la zona de estudio, para el levantamiento de esta información se hizo indispensable estructurar el análisis a partir de información secundaria obtenida principalmente del Plan de ordenamiento territorial de Neiva, datos suministrados por la estación climatológica Benito Salas-IDEAM.

A continuación, se describe los aspectos físico-bióticos presentes en la microcuenca del río del Oro zona media y baja.

Geomorfología.

Las unidades geomorfológicas generales presentes en la microcuenca media y baja del río del Oro se identificaron por medio de información secundaria proveniente de documentos como POT de Neiva, Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca Hidrográfica río las Ceibas, y Evaluación probabilística del análisis sísmico regional para Neiva.

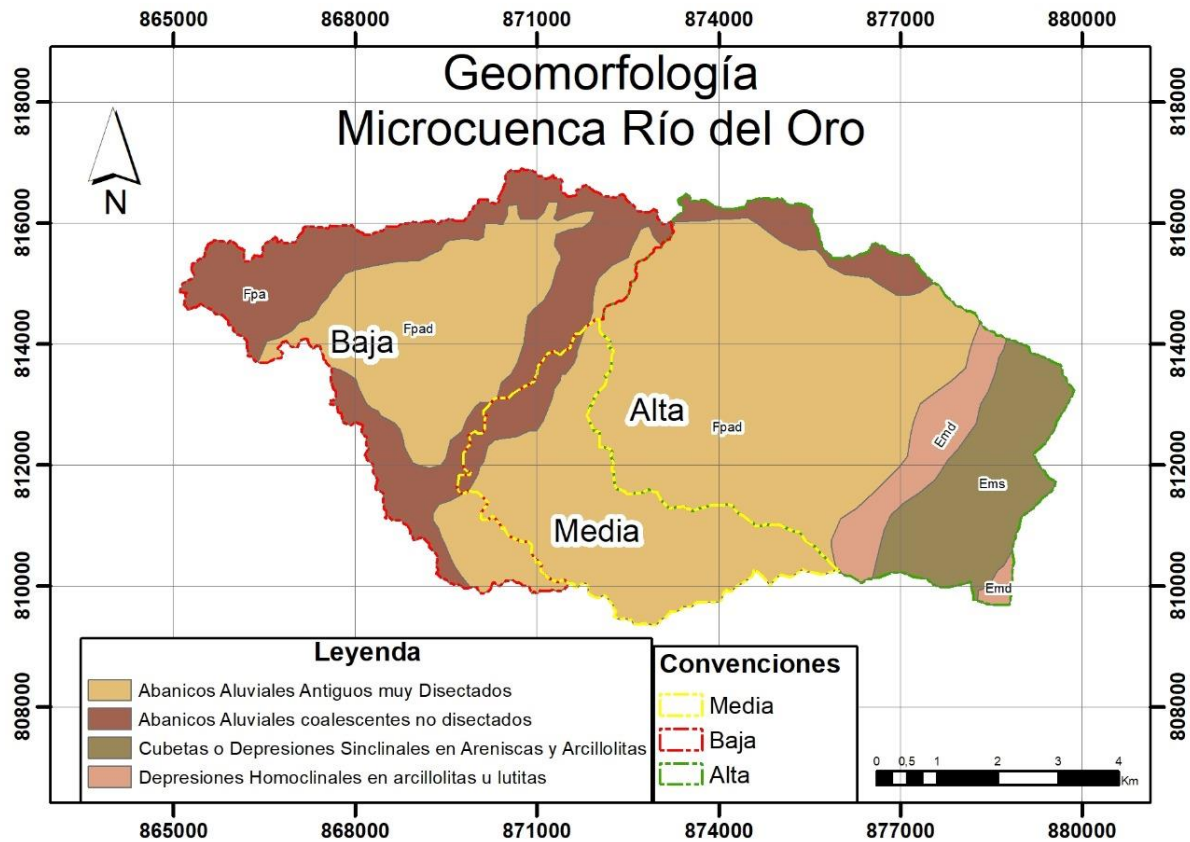
Tabla 4. Geomorfología río del Oro.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Fval	Valles aluviales recientes, sedimentos no consolidados.
Frt	Terrazas y/o abanicos- Terrazas poco disectadas.
Fpa	Abanicos aluviales coalescentes no disectados.

Fuente: Alcaldía, Municipio Neiva.

Lo plasmado corresponde a la recopilación e integración de la información geológica regional y puntual del valle superior del río Magdalena en el municipio de Neiva. Bajo este enfoque, se resaltan las formaciones geológicas, y su litología.

Figura 8. Geomorfología general de la Microcuenca río del Oro.



Fuente: Elaboración propia. Recuperado del POT del municipio de Neiva.

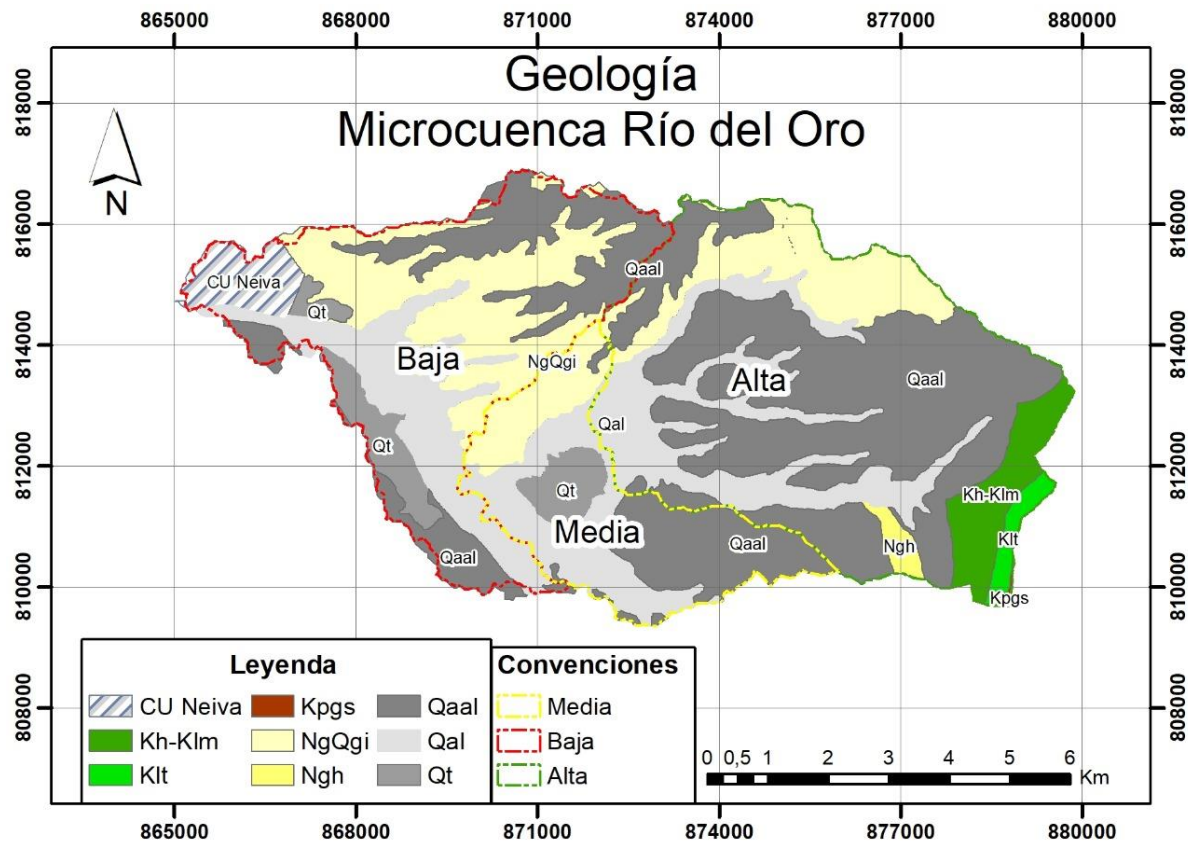
Teniendo en cuenta la figura 8, las geomorfologías del área de influencia media y baja del río del Oro se encuentra constituida por abanicos aluviales muy disectados (Fpad) y abanicos aluviales coalescentes no disectados (Fpa).

Estructura Geológica.

La estructura geológica del río del Oro (Alcaldía de Neiva, s.f.) pertenecen a la era cenozoica en donde se distinguen dos grupos. El primero corresponde al grupo Huila y está identificado como (Nghu), perteneciente la edad cenozoica más exactamente al periodo neógeno,

distribuidas sobre la cordillera occidental, el macizo colombiano y el valle del río magdalena. El segundo corresponde a depósitos recientes: aluviales, coluviales, fluviolacustres, flujos de lodo y abanicos identificados como (Qr), también de la era cenozoica sobre el periodo cuaternario (p.64).

Figura 9. Estructura Geológica de la Microcuenca del río del Oro.



Fuente: Elaboración propia. Adaptada (CAM, 2019).

Sobre la cuenca se relacionan siete unidades geológicas y su correspondiente litología, que se distribuyen dependiendo de su edad, de los procesos erosivos y de acumulación de sedimentos.

A continuación, se presenta la relación de cada una de las unidades, teniendo en cuenta su ubicación dentro de la cuenca:

UNIDAD	LITOLOGIA	ZONA DE LA CUENCA
Qal	Depositos aluviales, lacustres y glaciares.	Desembocadura sobre el río Magdalena.
Qc	Depositos de ladera, abanicos aluviales, incluye flujos de lodo.	Cuenca baja y media Zona urbana en laderas.
Ngc	Areniscas con intercalaciones de arcillolitas, conglomerados y localmente piroclastitas.	Cuenca baja y media sobre planicies y terrazas
Kit	Areniscas cuarzosas con intercalaciones de lodolitas y calizas.	Cuenca media alta.
ksm	Areniscas cuarzosas, lodolitas silíceas, lutitas y shales. Bancos de calizas	Cuenca alta
KPgt	Arcillolitas y limolitas con mantos de carbon, localmente areniscas y niveles ferruginosos.	Cuenca alta
Pgc	Conglomerados polimigíticos, areniscas cuarzosas y arcillolitas.	Cuenca alta

Fuente: Alcaldía, Municipio Neiva.

Climatología.

Debido a que la cuenca del río del Oro no cuenta con estaciones climatológicas de la red de estaciones del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) dentro de su área de influencia, el análisis de las variables climáticas en cuanto a su distribución espacio temporal se hizo con base en la estación del Aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva.

En los meses de agosto y septiembre, en los que las lluvias son casi nulas, la temperatura máxima en la zona urbana puede alcanzar los 40°C, y en los meses más frescos, que son los más lluviosos, como abril, noviembre y diciembre; oscila entre los 28°C y 30°C.

La climatología general promedio presente en la ciudad de Neiva, ayuda a la caracterización del comportamiento climatológico de la microcuenca al paso de los años.

Los datos históricos promedio de factores como:

- Temperatura.
- Precipitación.
- Números de lluvias.
- Brillo solar.
- Humedad relativa.

Se encuentran en las siguientes tablas:

Temperatura

Tabla 5. Temperatura mínima, media y máxima promedio (2014-2018)

TEMPERATURA													
AÑOS	TEMPERATURA ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	38.0	35.3	36.0	35.3	36.7	35.6	35.8	36.3	37.2	37.8	38.0	35.4	35.5
2015	39.2	36.6	36.1	36.8	36.7	37.0	36.1	37.6	37.4	39.2	38.5	36.6	38.2
2016	38.3	37.5	38.3	38.1	36.3	36.4	35.3	36.4	37.2	37.1	37.5	36.3	34.3
2017	38.6	35.2	36.3	34.3	35.5	36.3	35.9	36.1	38.4	38.6	36.8	34.3	35.3
2018	38.0	34.8	35.4	36.6	35.4	35.4	35.0	36.9	37.1	38.0	37.3	35.2	36.2
Promedio	38.42												

TEMPERATURA °C	
PROMEDIO	38.42
MÁXIMA	39.2
MÍNIMA	34.3

Elaboración propia. Datos tomados Estación meteorológica Benito Salas (IDEAM, s.f.).

Según la tabla 5 la cuenca del río del Oro presenta en general un clima cálido con temperaturas que varían entre 34.3 a 39.2 °C, siendo la temperatura promedio de 38.42 °C; así mismo con un periodo de lluvias anual de 157 eventos.

Precipitación.

Tabla 6. Precipitación (mm)-número de días con lluvia (2014-2018).

PRECIPITACIÓN													
AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	1210.8	80.3	68.4	203.3	49.4	113.7	29.1	8.1	4.4	33.8	250.3	148.7	221.3
2015	573.0	41.9	93.5	152.3	85.6	12.6	9.0	8.5	4.5	9.8	22.4	132.3	0.6
2016	1045.5	52.6	5.5	200.9	184.9	73.0	21.0	12.8	10.6	94.2	67.6	169.9	152.5
2017	1881.6	90.6	176.6	386.2	176.5	322.2	47.5	6.5	17.2	3.5	170.1	258.8	225.9
2018	995.0	128.0	88.1	102.8	119.8	126.4	21.1	21.2	3.4	75.9	130.8	176.6	0.9
Promedio	1026.58												

PRECIPITACIÓN	
PROMEDIO	1026.58
MÍNIMA	0.6
MÁXIMA	386.2

Elaboración propia. Datos tomados Estación meteorológica Benito Salas (IDEAM, s.f.).

La precipitación varía entre 0.6 y 386.2 mm, siendo la precipitación promedio 1026.58 mm. Donde el valor máximo medio mensual más alto se presentó en el mes de marzo, siendo 386.2 mm y el menor 0.6 mm en el mes de agosto. Con dos periodos de lluvias, febrero a marzo y septiembre a noviembre, y dos periodos secos intermedios de abril a agosto y diciembre a enero.

Brillo Solar.

Tabla 7. Brillo Solar (H/día) (2014-2018).

BRILLO SOLAR													
AÑOS	BRILLO SOLAR ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	2,068.4	179.6	174.8	144.0	175.4	181.5	161.8	188.2	165.2	187.7	158.4	164.9	186.9
2015	1,962.6	185.3	167.9	159.8	164.3	149.6	149.1	163.3	154.4	182.2	169.2	147.9	169.6
2016	1,962.2	203.8	142.9	125.2	133.3	168.1	177.2	164.8	160.4	176.7	190.6	148.8	170.4
2017	1,992.3	150.6	161.6	139.3	162.7	188.4	168.4	177.7	202.4	174.8	135.1	170.8	160.5
2018	1,851.0	145.7	133.9	164.3	105.1	148.7	140.4	155.4	180.3	164.3	180.5	160.0	172.4
Promedio	1967.3												

BRILLO SOLAR	
PROMEDIO	1967.3
MÍNIMO	105.1
MÁXIMO	203.8

Elaboración propia. Datos tomados Estación meteorológica Benito Salas (IDEAM, s.f.).

El máximo registro de brillo solar es en el mes de enero con 203.8 H/día y el mínimo 105.1 del mes de 105.1 H/día. La variación de horas sol en el año para el promedio anual multianual es de 1967.3 H/día.

Humedad Relativa.

Tabla 8. Humedad relativa (%) (2014-2018).

HUMEDAD RELATIVA													
AÑOS	HUMEDAD RELATIVA ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	62	67	66	72	61	70	61	53	47	50	58	72	70
2015	55	60	62	67	63	58	55	48	45	41	52	62	48
2016	61	54	54	65	72	67	59	54	47	54	62	72	72
2017	64	69	66	74	69	70	66	50	52	48	61	74	71
2018	64	65	70	68	73	71	62	53	48	50	69	70	(-)
Promedio	61.27												

HUMEDAD RELATIVA	
PROMEDIO	61.27
MÁXIMA	74
MÍNIMA	41

Elaboración propia. Datos tomados Estación meteorológica Benito Salas (IDEAM, s.f.).

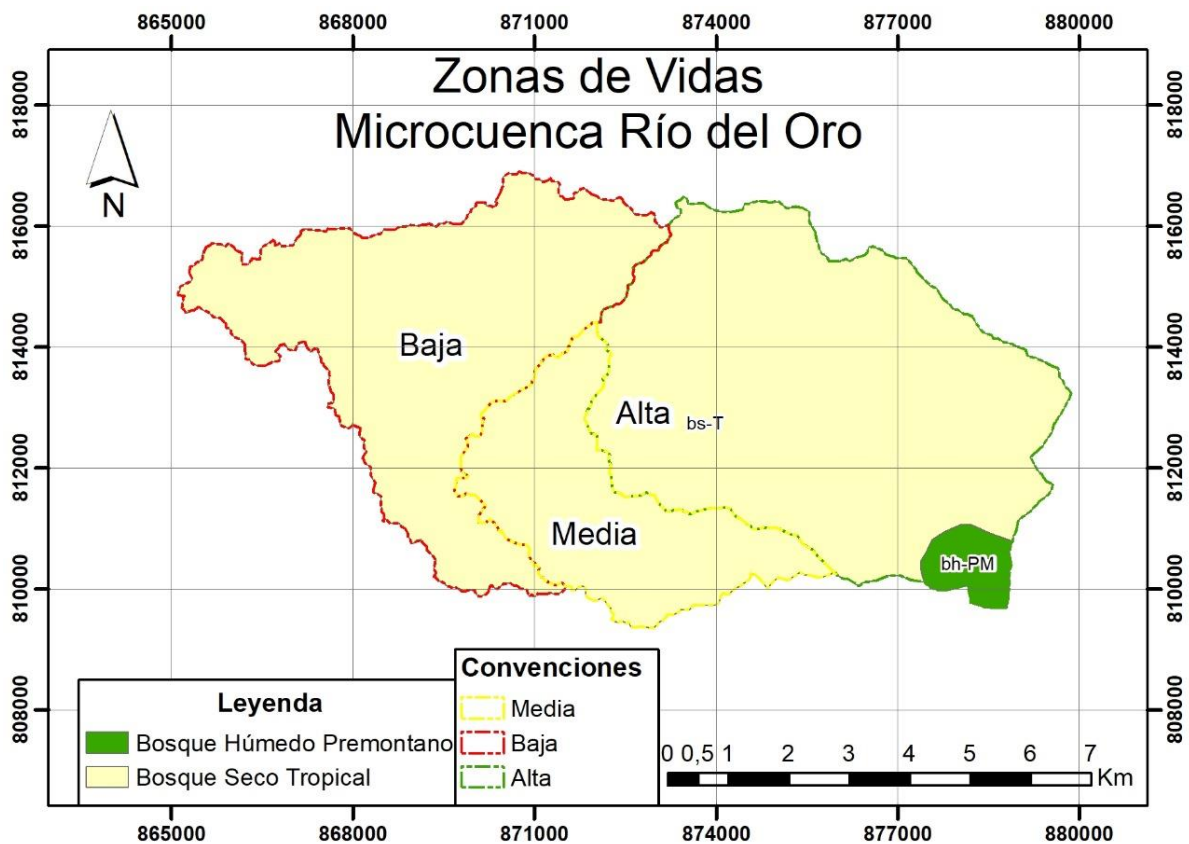
El valor total promedio mensual multianual es 61.27% y se analiza un registro máximo de 74 % del mes noviembre y una mínima de 41% del mes septiembre.

Para concluir, respecto a las temperaturas y precipitaciones promedios en el área de influencia en la microcuenca, se deduce que la incidencia del cambio del factor climatológico de la zona está condicionada por los periodos de lluvia, pues queda claro que en los meses donde se registra una elevada temperatura sus precipitaciones fueron descendiendo considerablemente.

A su vez teniendo en cuenta en las tablas de temperatura, precipitación y números de lluvias, se deduce que el comportamiento atmosférico de la cuenca no presenta una variación significativa en gran parte del año y sus niveles de humedad en el aire y brillo solar son relativamente constantes a lo largo de los 5 años que se ha recolectado esta información.

Biodiversidad.

Figura 10. Zonas de vida en la Microcuenca Río del Oro.



Fuente: Elaboración propia.

La microcuenca del río del Oro, presenta una zona de vida muy marcada en el territorio ya que se encuentra localizada en gran parte en zonas de valle colindando con la cordillera oriental, con alturas que varían de 1.000 m.s.n.m en su parte alta y 437 en su desembocadura con el río Magdalena, por consiguiente, según el sistema de clasificación de vida de Holdridge el sistema de cuenca se caracteriza en su mayoría como bosque seco tropical y una pequeña porción como bosque húmedo pre montano (Ver figura 10).

➤ **Flora.**

A continuación, se realiza un listado preliminar de las especies representativas a nivel general evidenciadas en las áreas de influencia media y baja de la microcuenca del río del Oro, apoyado de información secundaria que se encontró en las diferentes entidades gubernamentales. (Ver tabla 9).

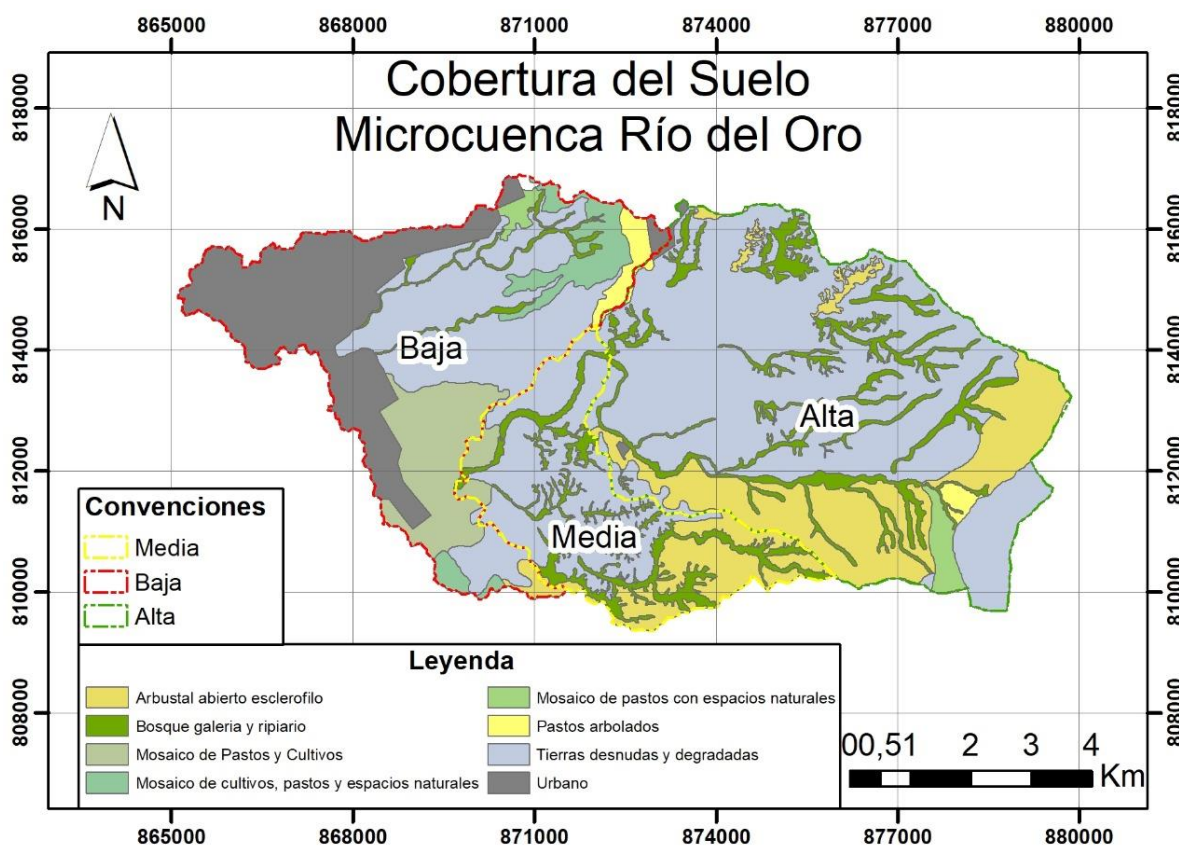
Tabla 9. Listado preliminar de especies de flora de la Microcuenca del Río del Oro.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Bilibil	<i>Guarea trichiliodes</i>	<i>Meliaceae</i>
Chaparro	<i>Adenaria floribunda</i>	<i>Dilleniaceae</i>
Guasimo	<i>Guasuma Ulmifolia</i>	<i>Sterwliaceae</i>
Diomate	<i>Astronium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Dinde	<i>Clorophora tintoria</i>	<i>Moraceae</i>
Capote 7 cueros	<i>Machaerium Capote</i>	<i>Fabaceae</i>
Laurel Amarillo	<i>Ocotea Costulata</i>	<i>Lauraceae</i>
Carbonero	<i>Calliandra pittieri Standley</i>	<i>Mimosaceae</i>
Sanquemula	<i>Callicarpa acuminate Kunth</i>	
Ceiba	<i>Ceiba Pentrandia</i>	<i>Bombacaceae</i>
Acacia Roja	<i>Delomix Regia Rafin</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Guamo	<i>Inga sp.</i>	<i>Mimosaceae</i>
Igua	<i>Pseudosamanea Guachapele</i>	<i>Mimosaceae</i>
Saman	<i>Spopndias Mombin L</i>	<i>Mimosaceae</i>
Caucho	<i>Pseudosamanea Guachapele</i>	<i>Mimosaceae</i>

Elaboración propia. Datos tomados de (CITEC 1997) citado por (Alcaldía de Neiva).

La cobertura vegetal de la microcuenca del río del Oro es un ecosistema constituido por una variedad y extensa cobertura arbustiva y herbácea. Se realizó teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (Ver figura 11).

Figura 11. Cobertura vegetal de la microcuenca del río Oro.



Fuente: Elaboración propia. Recuperado (CAM, 2019).

En la anterior imagen se realiza una caracterización de las diferentes zonas estratigráficas arbóreas que conforma la microcuenca media y baja del río del Oro; en la zona media de la microcuenca existe gran diversidad de especies arbóreas entre las cuales tenemos:

- Pastos arbolados.
- Bosque de galería y ripiario.
- Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

- Arbustal abierto esclerófilo.
- Tierras desnudas y degradadas.

En cuanto a la zona baja de la microcuenca del río del Oro está constituida por:

- Una porción mínima de Bosque de galería y ripiario.
- Al igual que el arbustal abierto esclerófilo y pastos arbolados.
- Mosaico de pastos y cultivos.
- Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
- Mosaico de pastos con espacio naturales.

La anterior descripción vegetal es propia de un área correspondiente a un ecosistema de bosque seco tropical, en la cual sobresalen especies arbustivas y herbáceas de pequeño tamaño.

➤ **Fauna.**

Para identificar la fauna presente a lo largo de la microcuenca del área de estudio se procede a hacer una visita de campo para posteriormente realizar un listado preliminar, a partir del reconocimiento visual de un profesional y por medio de información secundaria del Plan de Manejo y Ordenación de la microcuenca del río del Oro.

Tabla 10. Listado preliminar de especies de fauna de la microcuenca río del Oro.

AVES	
NOMBRE COMÚN	Nombre Científico
Garza blanca	<i>Ardea Alba</i>
Pato blanco	<i>Anas Platyrhynchos</i>
Gavilán	<i>Buteomagnirostris</i>
Guacharaca	<i>Crotalus darissus cumanensis</i>
Chau chau	<i>Cyanocorax affinis</i>
Tocarza naguiblanca	<i>Zenaida auriculata</i>
Gallinazo	<i>Coragyps atratus</i>
Chulo de cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>
REPTILES	
NOMBRE COMÚN	Nombre Científico
Iguana	<i>Iguana</i>
Toche	<i>Spilotes pullatus</i>
Serpiente cascabel	<i>Crotalus Durissus</i>
ANFIBIOS	
NOMBRE COMÚN	Nombre Científico
Sapo	<i>Bufo bufo</i>
INSECTOS	
NOMBRE COMÚN	Nombre Científico
Abeja	<i>Apis mellifera</i>
Hormiga arriera	<i>Atta cephalotes</i>

Elaboración propia. Datos tomados de (CITEC 1997) citado por (Alcaldía de Neiva).

Caracterización socio-económica.

Con la ayuda de fuentes de información de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y lo evidenciado en campo en el área de influencia media y baja de la microcuenca del río del Oro, se deduce que las condiciones de vivienda de la población son precarias puesto que hay algunos sectores que son vulnerables y no cuentan con los servicios de saneamiento básico. Además, en los sectores urbanos aledaños a la microcuenca existen asentamientos tipo invasión que provocan problemas de contaminación generados por residuos

sólidos y líquidos vertidos a campo abierto que propician focos de proliferación de vectores transmisores de diferentes enfermedades, sumado a esto la falta de agua potable propicia la aparición de enfermedades de tipo gastrointestinal.

Según cifras del DANE³, en el año 2005 Neiva contaba con una población de 316.033 personas, 93,65 % en la zona urbana y 6,35 % en la zona rural.

Con una proyección para el año 2016 se estableció una población de 344.026 habitantes, distribuidos: 94,29 % en la cabecera municipal y 5,71 % en el área rural; y para el año 2020 se espera una población de 350.457 habitantes, distribuidos de la siguiente forma 94,41 % y 5,59 %. El DANE establece que para el municipio de Neiva la población urbana presenta una tasa de crecimiento promedio anual del 0,8 %.

Al registrar aumento continuo de la población urbana se deduce que cada vez es mayor la demanda de agua, lo cual conduce a la gestión ambiental de la cuenca para garantizar la oferta de servicios ambientales.

³ Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Censo básico 2005 y proyecciones de población 2005 – 2020.

Zonificación ambiental.

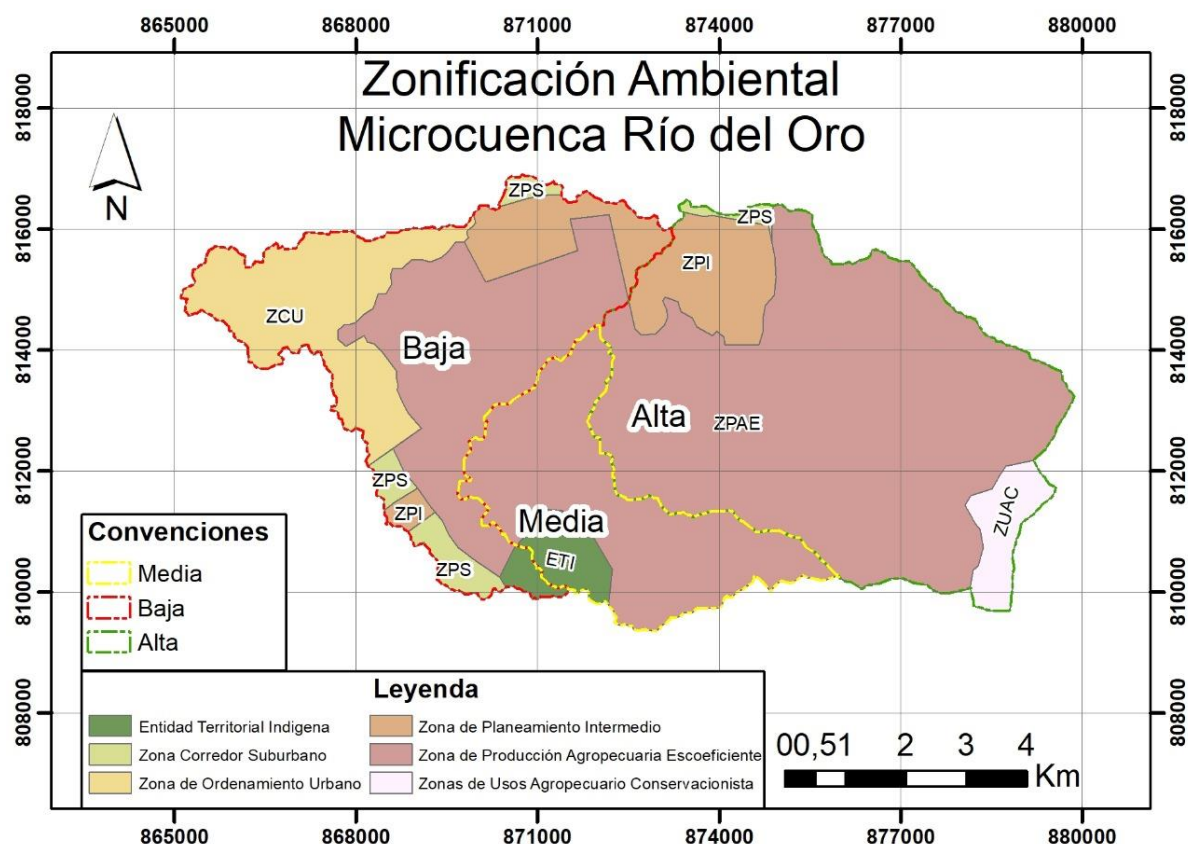


Figura 12. Zonificación ambiental de la Microcuenca media y baja del río del Oro.

Fuente: Elaboración propia. Recuperado del POT del municipio de Neiva.

A partir de la recopilación de información obtenida del (POT) del municipio de Neiva, la zonificación ambiental es el proceso mediante el cual se realiza una estructuración ordenada de los componentes ambientales que conforman la microcuenca del río del Oro, este proceso se realiza con el fin de lograr un uso sostenible de los recursos que allí se mantienen, la microcuenca del río del Oro es un área de donde se propician las condiciones para el establecimiento y desarrollo de las siguientes actividades:

- Zona de producción agropecuaria.
- Entidad territorial indígena.

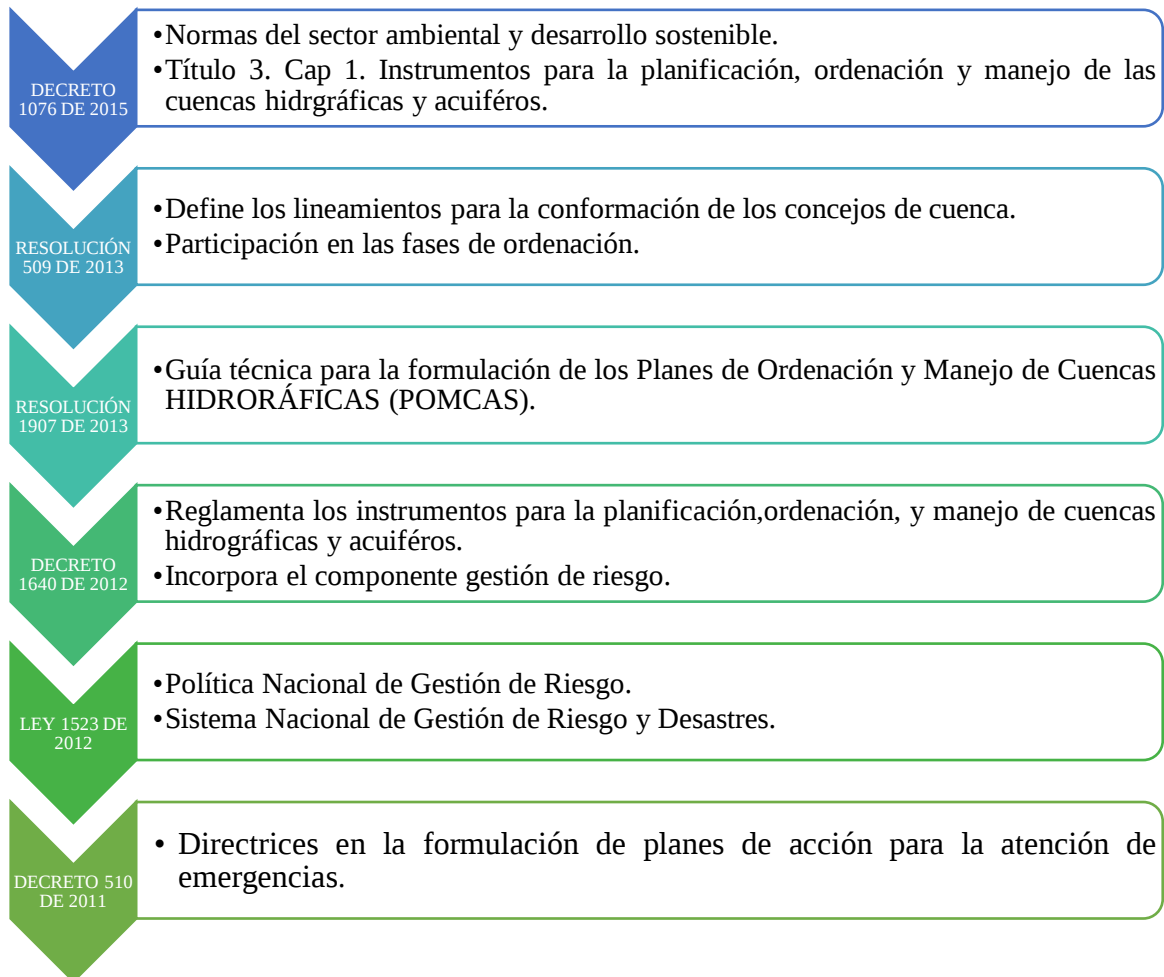
- Zona de uso agropecuario conservacionista.
- Zona de planeamiento intermedio.
- Zona de corredor suburbano.
- Zona de ordenamiento urbano.

Además, la microcuenca del río del Oro tiene implementada una zonificación económica y ambiental donde se permita enlazar la actividad humana con la productiva y la proteccionista para manejar áreas donde por medio de un manejo adecuado de los recursos se puede crear una sostenibilidad de los mismos y por ende tener responsabilidades de cada uno de los partícipes de estas actividades como de las autoridades encargadas de la vigilancia del cumplimiento de cada uno de estas áreas (Alcaldía de Neiva, s.f., p. 153).

Marco legal

En la figura 13, se presenta la normatividad para el desarrollo de los procesos de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas.

Figura 13.Reglamentación sobre Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.



Con la expedición de la Ley 99 de 1993, se creó el Ministerio de Medio Ambiente como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

También estableció los lineamientos para fortalecer el Sistema Nacional Ambiental y fijó las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de

manejo especial, al igual que instauró la competencia a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en el tema⁴.

Decreto 1381 de 1949. Se determinan los primeros lineamientos explícitos de política para el manejo del agua.

Decreto 1449 de 1977. Crea las disposiciones legales para la conservación y protección de aguas, bosques, fauna acuática y terrestre en todo el territorio colombiano.

Decreto 1480 de 2007. Por la cual se prioriza el ordenamiento y manejo ambiental de las cuencas hidrográficas en el territorio colombiano y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta los usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1594/84. Parámetro de interés ambiental tal como Nitratos, se halla cumpliendo con los límites permisibles por el Ministerio de Salud en los artículos 38 y 39.

Ley 79 de 1986. Por la cual se provee a la conservación del agua y se dictan otras disposiciones.

⁴Guía Técnica para la Formulación de los Planes de ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. p. 15.

Ley 9 de 1979. El cual se dictan las medidas sanitarias, priorización de los usos del agua y regula las descargas de residuos líquidos al cuerpo de agua.

Ley 23 de 1973. Crea los principios básicos para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y busca el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.

Ley 1450 de 2011. Mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, estableció en el párrafo del artículo 215 que: "... en el marco de sus competencias, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas conforme a los criterios establecidos por el Gobierno Nacional en cabeza del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o quien haga sus veces".

Resolución 1433 de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.

Resolución 0825 de 2006. Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad de los cuerpos de agua en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Resolución 104 de 2003. Por la que se establece los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.

Resolución 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Documento CONPES 1750 DE 1995. Política de manejo de las aguas.

Marco conceptual

Afluente: curso de agua, arroyo o río secundario que lleva sus aguas a otro mayor o principal.

Cuenca hidrográfica: entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Calidad del agua: se refiere a las condiciones físicas químicas y biológicas en las que se encuentra un cuerpo de agua.

Objetivo de calidad: Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso.

Recurso hídrico: son definidos por la UNESCO, como recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempos apropiados para satisfacer una demanda identificable.

De acuerdo con el Comité de Asistencia para el Desarrollo (DAC) de la Organización Europea para la Cooperación y Desarrollo (OECD), citado por (Potito, 2015) se define que:

Evaluar: “es la recolección frecuente y sistemática de datos sobre indicadores específicos, con el fin de proporcionar a los principales interesados y a la administración, un programa en curso con indicaciones de la extensión del progreso en el uso de los fondos asignados”.

Monitoreo: Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas de características, elemento, parámetro o de un proceso en un sitio y período determinado, con el objeto de verificar los impactos y los riesgos potenciales hacia el medio ambiente y la salud pública (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005, p. 2).

Tratamiento: es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua residual con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para mejorar su calidad de acuerdo a la norma establecida.

Capacidad de asimilación y dilución: Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Carga contaminante: es el producto de concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos día (Kg/día) (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010, p. 4).

Vertimiento: es cualquier descarga final de un elemento, sustancia compuesto que este contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios, aguas negras o servidas, a un cuerpo de agua, a un canal, al suelo o al subsuelo (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Vertimiento puntual: El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Vertimiento no puntual: Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Muestra puntual: es la muestra individual representativa en un determinado momento (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010, p. 5).

Parámetro: Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Punto de descarga: Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Residuo sólido o desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2005, p. 3).

Categoría: conjunto de objetos agrupados normalmente con un criterio de Máxima homogeneidad. En el caso de la CIIU, los elementos clasificados son las actividades económicas y las categorías son jerárquicas: una sección contiene una o más divisiones; una división, uno o más grupos; un grupo, una o más clases; una clase, una o más actividades económicas.

Concentración (C): es el peso de un elemento, sustancia o compuesto por unidad de volumen del líquido que lo contiene.

Norma de vertimiento: Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.

Contaminación: degradación de uno o más elementos o aspectos del medio ambiente, debido a desperdicios industriales, químicos o biológicos nocivos, provenientes de desechos de productos hechos por el hombre y de mal manejo de los recursos naturales y ambientales. Es la variación negativa de los medios normales y naturales en los cuales se desarrolla la vida, generalmente por el mal manejo o accidentes de sustancias químicas y peligrosas. Proceso de entropía causado por la actividad humana en contra de las tendencias que determinan el equilibrio propio de los seres vivos. Es uno de los índices que caracteriza el antagonismo que puede presentarse entre el desarrollo y la calidad de vida ecosistema acuático (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial., 2010).

Eutrofización: es un tipo de contaminación química del agua o acumulación de residuos orgánicos, que se da cuando hay presencia excesiva de nutrientes causando la proliferación de ciertas algas reductoras de oxígeno.

Impacto ambiental: cualquier alteración en el sistema ambiental físico, Químico, biológico, cultural y socioeconómico que pueda ser atribuido a actividades humanas relacionadas con las necesidades de un proyecto, obra o actividad.

Sostenibilidad: es el equilibrio de las actividades diarias del hombre frente al uso de los recursos naturales, es decir entre un ámbito social, económico y ambiental.

Resiliencia: es la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de enfrentar un suceso respondiendo de modo que se mantenga su función.

Norma de vertimiento: Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.

Metodología

La metodología utilizada nos brinda una serie de herramientas teórico prácticas para realizar la elaboración, el desarrollo y presentación de las actividades. Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos del proyecto de caracterización de calidad del agua en la zona media y zona baja de la microcuenca río del Oro del municipio de Neiva, departamento del Huila.

La cual consistió en el desarrollo de las siguientes etapas: la primera etapa fue la recopilación de información del diagnóstico situacional actual ambiental y los datos recolectados de los puntos de muestreo, la segunda etapa consiste en determinar la calidad del agua y analizar los resultados de los parámetros físico-químico y microbiológicos para la temporada de lluvia y la temporada de verano del área de influencia del proyecto, y la tercera y última etapa consistió en la

formulación de alternativas para la protección y conservación como priorización hídrica que se garantice de manera sostenible el bienestar de los habitantes- recurso hídrico.

Para el desarrollo de la metodología, se elaboraron las tres etapas principales teniendo en cuenta la Guía Técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y sus anexos, 2014.

Primera etapa: Recopilación de información.

– Diagnóstico Ambiental.

En el diagnóstico ambiental o línea base se desarrolla a partir de la información primaria y secundaria recopilada durante la etapa de visita de campo en el área de influencia media y baja de la microcuenca del río del Oro y con la ayuda de fuentes bibliográficas de entidades gubernamentales como Alcaldía, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, y cartografía de Sistemas de Información Geográfica, SIG extraída del programa (ArcMap, escala 1:125000), complementada con información recopilada en estudios anteriores realizados en la zona de estudio, con el fin de valorar las condiciones actuales de la microcuenca y así establecer las potencialidades amenazas, vulnerabilidades, y oportunidades en el área de estudio.

Dicho lo anterior se procede a realizar las respectivas características de los aspectos generales y específicos de la microcuenca del río del Oro descriptas inicialmente.

El municipio de Neiva presenta en la mayoría del área del casco urbano, un sistema de alcantarillado combinado, el cual presenta problemas de capacidad en época de lluvia.

Tiene un efluente de descarga por lo menos el 90% de las aguas servidas de Neiva, hacia el río Magdalena, estas aguas servidas son un factor más de contaminación a las fuentes hídricas. Dicho esto, el Plan Maestro de Alcantarillado de Aguas Residuales de Neiva tiene previsto realizar mantenimiento, reparación y ampliación a los colectores.

Donde también (CAM, 2019) han propuesto tres (3) alternativas de manejo de las aguas residuales en Neiva, las cuales actualmente se vierten directamente en varios puntos sobre el río Magdalena. Se trata de captar todos estos vertimientos y conducirlos a una (1) o dos (2) Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para tratarlas en forma eficiente para obtener una calidad determinada, antes de verterlas en el río Magdalena (p.185).

Según (CAM, 2016) plan de acción 2016-2019 y la actualización del diagnóstico ambiental del departamento del Huila, teniendo como referente el diagnóstico del Plan de Gestión Ambiental Regional 2011-2023 en lo que respecta los vertimientos domésticos, solo 21 cabeceras municipales cuentan con 26 sistemas de tratamiento de aguas residuales, La infraestructura existente permite la remoción de algo más del 16% de la carga contaminante generada en las áreas urbanas, por cuanto los principales municipios (Neiva, Garzón, Pitalito y La Plata) no cuentan aún con planta de tratamiento (pp.34,35).

La calidad ambiental en áreas urbanas de la microcuenca río del Oro ha sido la que más ha sufrido los efectos del desarrollo urbano; en todo el recorrido de la microcuenca su cauce, calidad, y nivel de aguas han variado continuamente por la intervención antrópica que ha desbastado su cobertura vegetal protectora; y por la generación y disposición inadecuada de residuos sólidos. De su cuenca total (6.940 ha), únicamente 1.600 ha pertenece al perímetro urbano. Su caudal promedio presentado principalmente por los aportes de las quebradas Madroño y el Tigre, es captado por el uso agropecuario. En la ciudad se alimenta de la quebrada La Tórtola o Torcaza, que recoge los

derrames provenientes de cultivos de la hacienda Casablanca que hace el trasvase desde el río Las Ceibas.

Años atrás en la comuna 6 del río del Oro presentaba unos balnearios llamado Pozo azul, que eran muy utilizados por los habitantes del sector, en esta misma área se lavaban ropa, vehículos y se extraían áridos para construcción; dentro de las visitas de campo se pudo evidenciar la fuerte contaminación de residuos sólidos y además que la actividad de extracción de áridos aún sigue realizando entre la localidad del barrio Limonar y el barrio Carabineros. Acciones que deterioran el nivel, la calidad del cuerpo de agua y la estética de la microcuenca, agravados por los vertimientos continuos de aguas grises, la cual es reflejado hoy en día el mal estado del río del Oro.

Figura 14. Contaminación por generación de residuos, parte baja del río del Oro.



Fuente: Elaboración propia.

Al iniciar su recorrido urbano, en la parte baja de la microcuenca exactamente entre los barrios Santa Isabel y Bogotá de la comuna 6 se observa la presión de algunos asentamientos aledaños al río del Oro generando acumulación de residuos (Ver figura 14).

El río del Oro presenta zonas de vida afectadas debido a la construcción de vías y comunidades, según la clasificación de vida de Holdridge el sistema de la microcuenca se caracteriza en su mayoría como bosque seco tropical y una pequeña porción como bosque húmedo pre montano, allí sobresalen especies arbustivas y herbáceas de pequeño tamaño.

Por otro lado, el uso del suelo de la ciudad de Neiva se evidencian serios conflictos, originados por la ausencia de coordinación durante el proceso de formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial de Neiva, donde se debe garantizar la correcta incorporación de la dimensión ambiental.

Desde la perspectiva ambiental el cauce es un sistema del cual dependen directamente ecosistemas y nichos ecológicos que han evolucionado y se han habituado a las características medio ambientales del entorno, este brinda el soporte para el desarrollo integral de numerosas especies propias de esta zona de vida. Por lo anterior se debe garantizar la oferta de bienes y servicios para generaciones futuras que están en directa relación con este cuerpo de agua.

Una de las grandes debilidades en temas de investigación realizadas en la presente microcuenca, es el difícil acceso en la zona baja y parte de la zona media debido a restricciones provenientes de los dueños de las propiedades y el alto riesgo por sectores marginales aledaños a la afluente.

– **Puntos de muestreo.**

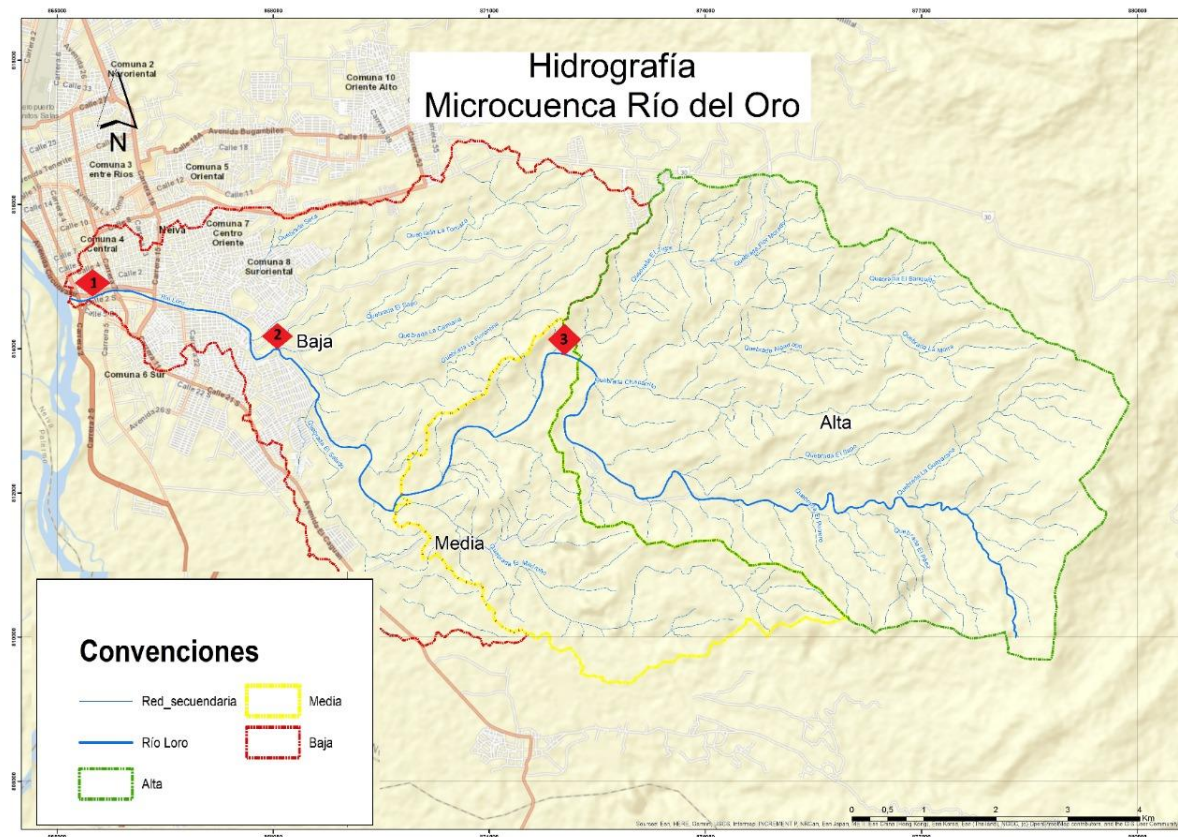
Para la determinación de la calidad del agua en el área de influencia del proyecto, (cuenca media y baja del río del Oro), se recolectaron muestras puntuales en 3 puntos específicos (Ver tabla 11) para la temporada de lluvia y la temporada de verano, en total son 6 muestras los cuales fueron ubicados en los siguientes puntos estratégicos (Ver Figura 15).

Tabla 11. Puntos de muestreo.

PTOS	UBICACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m
		N	W	
1	Puente de la Cra 2 con circunvalar, donde desemboca la microcuenca río del Oro al río Magdalena.	2°55' 10.72"	75°17' 17.68"	439
2	Casco urbano barrio Limonar, parte baja del río del Oro.	2°54' 47.38"	75°15' 52.6"	452
3	Inicio la parte media del río del Oro, vía Moscovia.	2°54' 46.59"	75°13' 49.05"	499

Elaboración Propia.

Figura 15. Ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia.

– Trabajo de Campo.

Los puntos de muestreo se fijaron considerando las condiciones climatológicas por parte del Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales (IDEAM) y el estado de clima que favorecía para la toma de muestras.

Las tomas de muestras se ejecutaron en las siguientes horas establecidas:

ptos	Ubicación	Hora am	
1	Puente de la Cra 2 con circunvalar, donde desemboca la microcuenca del río del Oro al río Magdalena.	10:50	10:35
2	Casco urbano barrio Limonar, parte baja del río del Oro.	8:30	8:20
3	Inicio la parte media del río del Oro, vía Moscovia.	9:55	9:40

Lluvia Verano

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se observa el registro fotográfico en campo para cada temporada (lluvia-verano).

Figura 16. Punto 1-Río del Oro antes desembocadura al río Magdalena-Temporada de lluvia.



Elaboración propia.

Figura 17. Registro fotográfico toma de muestras--Temporada de lluvia.
Río del Oro - Punto 2 barrio Limonar. Río del Oro - Punto 3 vía Moscovia



Figura 18. Punto 1-Río del Oro antes desembocadura al río Magdalena-Temporada de verano.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Registro fotográfico toma de muestras-Temporada de Verano.
Río del Oro - Punto 2 barrio Limonar. Río del Oro - Punto 3 vía Moscovia.



Fuente: Elaboración propia.

El muestreo de aguas se ejecutó en el mes de Marzo donde aún se reportaban lluvias, mientras que el periodo de verano corresponde al mes de Junio del presente año, teniendo en cuenta que el cambio climático es un factor el cual intensifican los periodos de lluvias y olas de calor.

Segunda etapa: Resultados.

– Parámetros.

De acuerdo a las muestras recolectadas en campo se obtuvieron los resultados del laboratorio AGUALIMSU S.A.S para el análisis fisicoquímico y microbiológico, y teniendo en cuenta las recomendaciones de la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se definen los siguientes parámetros en cada uno de los puntos de muestreo propuestos.

Tabla 12. Parámetros seleccionados para la toma de muestra.

Parámetros	Unidades
Temperatura ambiente	°C
Temperatura agua	°C
PH	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L
Demanda química de Oxígeno (DQO)	mg/L
Fosfatos (PO4)	mg/L
Nitratos (NO3)	mg/L
Turbidez	NTU
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Coliformes Totales	UFC/100 mL
Coliformes Termotolerantes.	UFC/100 mL

Fuente: Adaptado MADS, 2014 - citado por (CAM, 2019).

Los valores obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo en temporada de lluvia y temporada de verano se registran en la tabla 13.

Tabla 13. Consolidado de Resultados Parámetros y análisis del laboratorio en temporada de lluvia y verano.

PTOS	UBICACIÓN	PARÁMETROS											
		FISICOQUÍMICO										MICROBIOLÓGICOS	
		TEMPERATURA		DBO ₅	DQO	FOSFATOS	NITRATOS	TURBIEDAD	OD	Ph	SST	COLIFORMES	
		Amb	Agua									TOTALES	TERMOTOLERANTE (<i>Escherichia coli</i>)
		(°C)		mg O ₂ / L	mg O ₂ / L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	Unid.	mg/L	UFC/100 mL	
1	Puente de la Cra 2 con circunvalar, donde desemboca la microcuenca río del Oro al río Magdalena.	28	25	11,54	20,60	14,00	0,70	7,038	7,02	7,62	72,00	160000	160000
		30	26,1	18,44	34,16	3,50	0,70	9,29	6,96	8,8	344,28	3261	2362
2	Casco urbano barrio Limonar, parte baja del río del Oro.	23	22	11,26	20,10	14,50	0,00	5,63	6,98	7,54	51,30	4700	4700
		27	23	10,20	18,89	1,68	0,50	3,30	7,53	7,71	175,00	2361	1700
3	Inicio la parte media del río del Oro, vía Moscovia.	26	23	10,42	18,60	6,40	0,50	7,21	6,66	7,86	62,20	54000	5800
		24	21	7,93	14,68	0,10	0,50	6,56	6,5	7,51	87,50	1910	226

Fuente: Elaboración Propia.

Temporada Lluvia	●
Temporada Verano	●

– ***Índice de calidad del Agua (ICA).***

Para la determinación del índice de calidad del agua (ICA) se tiene en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales dan indicios a los principales problemas de contaminación de manera ágil y a su vez permite definir los usos que se le pueden dar al recurso hídrico.

Con base a las características conocidas del área de estudio y los diferentes índices de calidad se seleccionó como guía metodológica el índice de Dinius (1987) citado por (Creek, Ramirez, & Aguirre, 2013), conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas.

La cual se determina como:

$$I = \sum_{i=1}^n W_i * I_i$$

Donde,

Wi: peso o porcentaje asignado a cada parámetro.

Ii: subíndice de cada parámetro.

Esta ecuación matemática permite evaluar la calidad de agua de forma más integral, al considerar (en los factores de cálculo) la variación y comparación de parámetros. El cálculo del ICA se llevó a cabo mediante las siguientes etapas:

- Estimación de los subíndices “Ii” que corresponden a la transformación adimensional de cada parámetro que conforma el ICA mediante curvas o ecuaciones matemáticas. Los valores de “Ii” varían entre 0 y 100, cuanto mayor es Ii mejor es la calidad del agua.

- Asignación del peso relativo (W_i) que define la importancia de cada parámetro dentro del ICA evaluado y se relaciona con el uso a evaluarse; la sumatoria de los pesos “ W_i ” debe ser igual a 1. En estos índices en general, los parámetros que tienen mayor peso relativo son el oxígeno disuelto, los coliformes y los asociados a presencia de materia orgánica como la DBO.
- Finalmente, con los valores de “ I_i ” y “ W_i ” obtenidos, se realizó el cálculo del ICA seleccionado.

Tabla 14. Rango calidad del agua-Dinius (1972)

CALIDAD	COLOR	Rango
Excelente		91 a 100
Buena		81 a 90
Regular		51 a 80
Mala		41 a 50
Muy mala		0 a 40

A continuación, se presentan los resultados de la determinación del índice de calidad del agua en los tres puntos de muestreo por cada temporada (lluvia-verano).

Tabla 15. Resultados ICA

Puntos muestreo	UBICACIÓN	ICA Lluvia	ICA verano
1	Puente de la Cra 2 con circunvalar, donde desemboca la microcuenca río del Oro al río Magdalena.	44,13 Mala	39,50 Muy mala
2	Casco urbano barrio Limonar, parte baja del río del Oro.	41,03 Mala	50,3 Regular
3	Inicio la parte media del río del Oro, vía Moscovia	45,17 Mala	57,34 Regular

Elaboración propia.

CONSUMO HUMANO		AGRICULTURA		PESCA Y VIDA ACUÁTICA		INDUSTRIAL		RECREACION	
RANGO	DESCRIPCION	RANGO	DESCRIPCION	RANGO	DESCRIPCION	RANGO	DESCRIPCION	RANGO	DESCRIPCION
90-100	No requiere tratamiento para consumo	90-100	no requiere purificación para riego	70-100	pesca y vida acuática abundante	90-100	no requiere purificación	70-100	cualquier tipo de deporte acuático
80-90	tratamiento menor requerido	70-90	purificación menor para cultivos que requieran alta calidad de agua	60-70	límite para peces muy sensitivos	70-90	purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua	50-70	restringir los deportes de inmersión, precaución si ingiere dada la cantidad de bacterias
70-80	dudoso consumo sin tratamiento	50-70	no requiere de tratamiento para la mayoría de cultivos	50-60	dudosa la pesca sin riesgos en la salud	50-70	no requiere tratamiento para la mayoría de industrias de operación	40-50	dudosa para contacto con el agua
50-70	tratamiento de potabilización necesario	30-50	tratamiento requerido para la mayoría de cultivos	40-50	vida acuática limitada a especies muy resistentes	30-50	tratamiento para mayoría de usos	30-40	evitar contacto solo con lanchas
40-50	dudoso para consumo	20-30	uso solo en cultivos muy resistentes	30-40	inaceptable para actividad pesquera	20-30	uso restringidos en actividades burdas	20-30	contaminación visible, evitar cercanía
0-40	inaceptable para consumo	0-20	inaceptable para riego	0-30	inaceptable para vida acuática	0-20	inaceptable para cualquier industria	0-20	inaceptable para recreación

Tabla 16. Rango clasificación ICA.

Fuente: Dinius 1987.

Teniendo como referencia los resultados determinados ICA ver tabla 15 y la tabla 16 (rango clasificación ICA) se procede a clasificar los puntos de muestreo según el uso que se le pueda dar al recurso hídrico.

Tabla 17. Clasificación ICA.

CLASIFICACIÓN ICA						
Ptos. de muestreo	RESULTADO ICA	Clase de calidad				
		consumo humano	agricultura	industria	pesca / vida acuática	recreación
1	44,13	FC	C	C	C	LC
	39,5	EC	C	C	FC	C
2	41,03	FC	C	C	C	LC
	50,3	C	LC	LC	LC	A
3	45,17	FC	C	C	C	LC
	57,34	C	LC	LC	LC	A

Elaboración propia. Adaptado del índice Dinius 1987.

NOMENCLATURA	
E	EXCELENTE
A	ACEPTABLE
LC	LEVEMENTE CONTAMINADA
C	CONTAMINADA
FC	FUERTEMENTE CONTAMINADA
EC	EXTREMADAMENTE CONTAMINADA

Con la información obtenida se realizará un análisis de estadística descriptiva para comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para la temporada de lluvia y la temporada de verano teniendo en cuenta la normatividad correspondiente (resolución 2115/2007). Y un breve análisis respecto a los resultados del índice de calidad (ICA).

– *Análisis de los parámetros identificados*

De acuerdo a la caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada en los puntos seleccionados en el área de estudio se hallaron en algunos casos, relacionados con las condiciones geomorfológicas y climáticas de las zonas evaluadas. Sin embargo, algunos estudios como (Caho Rodríguez & López Barrera, 2017), indicaron que los altos valores para algunas de los parámetros analizados, se debe a diversas fuentes de contaminación.

La temperatura del agua en el río del Oro para las dos temporadas de verano e invierno en promedio fue de 22,25°C, lo cual es una temperatura propia del bosque seco tropical húmedo. Como resultado podemos indicar que la temperatura del río es cálida, además, este valor se encuentra dentro del rango óptimo ($< 35^{\circ}\text{C}$) establecido para los ecosistemas acuáticos. Señalando una alta capacidad de resiliencia, lo que contribuye a una mayor resistencia de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos.

“Esta variable es de suma importancia debido a que, en condiciones de alta temperatura, disminuye el oxígeno disuelto; aumentando la actividad bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos.” (Gualdrón Durán, 2016, p. 94).

La demanda biológica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra⁵.

⁵ ¿Qué es la demanda biológica de oxígeno?

Las aguas superficiales del río del Oro son, altamente susceptibles a la contaminación; siendo el vertedero tradicional a lo largo de toda la historia de la ciudad de Neiva.

La demanda biológica de oxígeno presente en la microcuenca del río del Oro presento su valor máximo en el punto 1 con 18.44 mg/L, lo cual corrobora que hay nutrientes llegando al río, procedentes del alcantarillado que vierte sus aguas crudas de manera directa al cuerpo de agua. A su vez su valor más bajo fue en el punto 3 con 7.93 mg/L estando dentro de los límites permisibles para fuentes que por tratamientos convencionales sirven para consumo humano.

Para el caso de la demanda química de oxígeno según Faña (2002) citado por (Cortolima, s.f.) define este parámetro como la cantidad de Oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo; permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas.

Para el punto 1 se encontró con un valor mayor de 34.16 mg/L y la mínima en el punto 3 con un valor de 14.68 mg/L, de acuerdo con los análisis los valores son muy semejantes en los tres puntos de muestreo para las dos temporadas exceptuando el punto 1 que su valor subió un 13, mg/L; esto puede indicar que hay un aumento significativo de nutrientes debido al alcantarillado del sector al punto de muestreo.

Esta variable presentó un valor promedio para las dos temporadas de 21.17 mg/L encontrándose dentro de los límites permisibles establecidos (75 mg/L) para hábitat de peces. Sin embargo, la mayoría de la DQO se debe a materia no biodegradable, en algunos casos, relacionada con la geología del área de estudio.

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, el fósforo se encuentra

en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otros poli fosfatos) y fosfatos orgánicos.

Para la microcuenca del río del Oro en sus puntos de muestreo se evidencio un aumento significativo de este parámetro en temporada de invierno, a su vez aumento a medida que el río hace su recorrido por la ciudad. Ocasionado por las descargas de fósforo total proveniente de los barrios de la ciudad, el aumento de este elemento está relacionado a actividades humanas, principalmente con el uso de fertilizantes y detergentes. El aporte de dicha materia es proveniente de vertidos domésticos, agrícolas e industriales que están en el perímetro de la microcuenca específicamente en el punto 1 y 2. Estudios anteriores señalan que el fosfato actúa como nutriente favoreciendo el alto crecimiento de algas, causando eutrofización.

La concentración de fosfato tuvo un promedio de 11.66 mg/L en temporada de lluvia y en temporada de verano obtuvo un valor promedio de 1.76 mg/L obteniendo valores muy superiores a lo establecido en la normativa colombiana (0,5 mg/L). Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos altos niveles pudieron deberse a factores como el arrastre de sedimentos y materiales de desechos, causados por las fuertes lluvias.

En cuanto a los nitratos se mostró un promedio de 0.4833 mg/L encontrándose dentro de los límites definidos para la calidad de agua potable (10 mg/L). Esto indica que a pesar del alto uso de agroquímicos utilizados en la parte alta y media de la microcuenca y a los vertimientos industriales y domésticos en la parte baja de la misma, los compuestos generalmente vertidos y/o filtrados no son ricos en nitrógeno. Sin embargo, algunos de los artículos analizados señalaron valores cercanos a los establecidos por la normativa Colombiana. Este criterio es fundamental debido a que en cuerpos de agua ricos en nitrógeno y/o fósforo, se produce eutrofización

(acumulación de residuos orgánicos que genera la proliferación de ciertas algas reductoras de oxígeno).

Los niveles de turbiedad obtenidos para los 3 puntos de muestreo en las dos temporadas fueron elevados exceptuando el punto 2 temporada seca que fue de 3.30 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), para el resto de muestras fue por encima de los 5 UNT, valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana.

Partículas en suspensión que reducen la transparencia del agua, efecto generado por procesos de arrastre como remoción de tierra y en otros casos, por vertimientos de tipo industrial y/o urbano. Algunos estudios señalan que la turbiedad y los sólidos suspendidos afectan directamente a los organismos, puesto que reduce su visibilidad, dificultando la alimentación y reduciendo la producción primaria de los organismos fotosintéticos.

La determinación del oxígeno disuelto (OD) establece la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular, puede usarse como indicador del grado de contaminación orgánica. En los ríos el OD es un indicativo del grado de polución que puede tener, entre mayor OD el cuerpo de agua tiene menor contaminación y a medida que se disminuya el oxígeno los microorganismos demandan y consumen este oxígeno, por lo tanto, hay una mayor contaminación.

Anunciado lo anterior “el oxígeno disuelto corresponde a un nivel adecuado para la vida acuática (calidad de agua para habita de peces y otros organismos acuáticos establece que debe ser mayor 4 mg/L)” (Gualdrón Durán, 2016).

Los valores de Nitratos y Fosfatos se asocian al oxígeno disuelto, así como la temperatura que aumenta o reduce el potencial de ciertas sustancias químicas, reduciendo la concentración de

oxígeno del agua. Este criterio es fundamental debido a que en cuerpos de agua ricos en nitrógeno y/o fósforo, se produce eutrofización (acumulación de residuos orgánicos que genera la proliferación de ciertas algas reductoras de oxígeno). Con base a este criterio se analiza que para el punto 2 en temporada de verano tuvo niveles altos de oxígeno disuelto 7,53 mg/L seguido del punto 1 con 7,02 mg/L en temporada de lluvia, es decir que a pesar que estos dos puntos se encuentren dentro del casco urbano donde se vierten descargas sólidas y líquidas de actividades domésticas y agrícola las concentraciones de nitratos y fosfatos son bajas, por ende existe un mayor valor de concentración de oxígeno siendo un nivel aceptable para la vida acuática. A diferencia que en el punto 1 y 2 el valor de fosfatos es superior a lo establecido por la normativa colombiana (0,5 mg/L) lo que permite actuar como nutriente favoreciendo al crecimiento de algas.

Se deduce este comportamiento resulta ser por dos situaciones de fuentes de oxígeno disuelto (OD). Donde el oxígeno que se agrega al agua y obtiene mayor concentración corresponde a: la primera, debido a la aireación el oxígeno del aire se disuelve en la superficie del agua, principalmente a través de turbulencias en este caso contra el choque de rocas y la segunda por fotosíntesis, las plantas producen oxígeno a través de fotosíntesis. El nivel de oxígeno disuelto (OD) es generalmente más elevado por la tarde, y más bajo en las horas de la mañana antes de la salida del sol. Por otro lado, cabe resaltar que para la microcuenca del río del Oro sus aguas no son tratadas o potabilizadas para el consumo humano.

“Generalmente, altos niveles de agua indican una alta tasa fotosintética, principalmente de las plantas acuáticas. Factores como: alta intensidad lumínica, así como mayor turbulencia del cuerpo de agua pueden aumentar los niveles de oxígeno disuelto” (Gualdrón Durán, 2016, p. 89).

El pH presento un valor promedio para la temporada de lluvia de 7,61 y un valor promedio en temporada de verano de 8, estando dentro de los límites permisibles establecidos de la normatividad en la calidad de agua potable (6.5-9). Resaltando que en la época seca el pH se encuentra en mayor concentración al estar en una mayor concentración los iones carbonatos gracias a los bajos niveles del agua. La menor variación del pH se presentó en el punto 2 (invierno), relacionada con la vegetación acuática presente, lo que permite una asimilación del carbono presente en el agua (Fuentes & Massol-Deyá, 2002; Aguilar, Montes, Ramírez & Torres, 1992, p. 35).

Este criterio es fundamental debido a que pueden originar alteraciones en la composición faunística y florística de los cuerpos de agua; así como un aumento de la influencia de ciertos compuestos tóxicos (Gualdrón Durán, 2016, p. 95).

Los sólidos suspendidos totales (SST) para los puntos de muestreo de la zona de estudio presentan valores muy por encima de los límites permisibles establecidos dentro de los objetivos de calidad de los cuerpos de agua por la CAM (resolución 0825 de 2006 / ≤ 10 mg/L), siendo el punto 1 con mayor concentración de SST con 344,28 mg/L para la temporada de verano indicando que la calidad del agua es crítica, este valor puede deberse a la presencia de cañerías y demás fuentes hídricas que descargan sus vertimientos allí. Y para la temporada de lluvia, aunque sus resultados no están dentro de los límites permisibles hace que su caudal y corriente natural ayude a una menor concentración de sólidos.

Los riesgos que pueden ocasionar los valores altos de SST es afectar negativamente a la calidad del agua y no presentar condiciones óptimas para el crecimiento y la reproducción de organismos acuáticos. Esta problemática afecta algunos sectores económicos, como la pesquería

y el turismo, además por no tener un sistema tratamiento de aguas residuales pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

Finalmente, los altos niveles de coliformes fecales (CF) indican el estado deplorable de los cuerpos hídricos, relacionada con la presencia de vertimientos de aguas residuales, indicando en gran medida que no es apta para el consumo humano. Los coliformes fecales son un grupo de bacterias representada inicialmente por la bacteria común *Escherichia coli*, distinguiéndose por su facilidad de crecer a elevadas temperaturas.

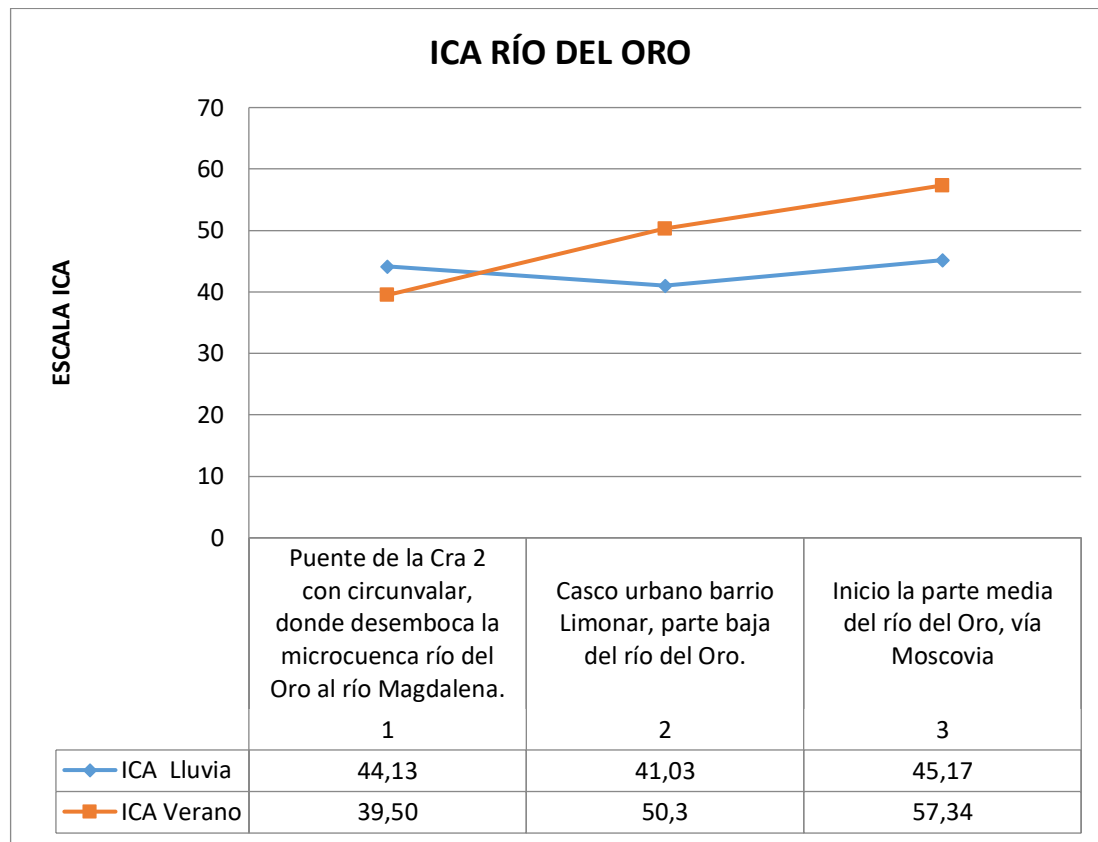
“Los coliformes totales (CT) se utilizan para identificar posibles cambios en la localidad biológica del agua, indicando que el cuerpo de agua ha sido contaminado con materia orgánica de origen fecal, tanto animal como humana, viéndose acelerada la productividad primaria de los cuerpos loticos” (Gualdrón Durán, 2016, p. 45).

Dicho lo anterior, los dos parámetros microbiológicos (CT-CF) en el caso del punto 1 se evidencia que la concentración más alta fue para la temporada de lluvia con un valor de 160000 UFC/100 mL, siendo superior a lo establecido por la normatividad para agua potable (0 UFC). Debido a la escorrentía producida por la lluvia. Esto señala que hay un posible efecto entre los puntos de muestreo provocando que las cargas de sedimentos y contaminación de las aguas sean mayores a medida que se aumenta el recorrido de las aguas, desembocando allí al río Magdalena.

– ***Análisis del ICA-Parte media y baja de la microcuenca río del Oro.***

El ICA de los puntos de muestreos seleccionados en la zona media y baja del río del Oro se representan en el siguiente gráfico (Ver Figura 20).

Figura 20. ICA río del oro zona media y baja de la microcuenca.



Elaboración propia.

Los datos evidenciados muestran el comportamiento espacio-tiempo. En la figura anterior se puede observar la diferencia punto a punto del valor final ICA que se dio en las 3 estaciones de muestreo tomadas en la zona de estudio. Los puntos 1 (verano) y 2 (invierno) presentaron valores de calidad del agua bajos, debido a la influencia de las descargas de aguas residuales que reciben, especialmente del sector del puente de la carrera 2 con circunvalar, donde desemboca la microcuenca del río del Oro al río Magdalena. En el punto 2 (verano), se alcanza a registrar una leve mejora en la calidad de la microcuenca denunciando que se producen procesos de degradación y metabolización para algunos de los parámetros analizados. El punto 3 (verano) mostró niveles de calidad mejores que los demás a causa de las dinámicas naturales que se presenta en un cuerpo de agua superficial.

Por último, en la época seca o de verano los resultados obtenidos del ICA muestran en los puntos de muestreo 2 y 3 presentan condiciones regulares dentro del rango de calidad y una condición muy mala en el punto 1. En cuanto a la época de lluvias o invierno está clasificado como calidad mala.

Tercera etapa: Alternativas de mejora.

❖ Programa de educación ambiental

Implementar un programa de educación ambiental que permita despertar el sentido de pertenencia de la comunidad e instituciones educativas aledañas a la microcuenca del río del oro, a través de proyectos pedagógicos, capacitaciones y talleres ambientales que motiven y concienticen a la comunidad hacia la conservación y protección de los recursos hídricos y naturales, teniendo en cuenta el equilibrio entre el desarrollo económico, el uso racional de los recursos y la calidad de vida.

❖ Reforestación

Desarrollar un proyecto completo de reforestación donde se identifiquen las partes más afectadas por la deforestación en la parte alta y media de la microcuenca del río del Oro, que incluya a todos los actores que se benefician de las condiciones naturales de la microcuenca, con el fin de preservar la calidad de los recursos presentes en ésta.

❖ Minimizar las problemáticas sociales en áreas críticas de la microcuenca

De acuerdo a las problemáticas evidencias en la parte baja de la microcuenca del río del Oro, es importante tener en cuenta el componente social. Para ello, es necesario, implementar un programa de atención psicosocial, la cual permita evaluar, identificar y analizar las necesidades

que presenta dicha comunidad. Este programa se puede llevar a cabo con los diferentes entes gubernamentales o entidades en pro al buen desarrollo y calidad de vida en el que brinde oportunidades educativas y de empleo, además de concientizar a la comunidad a un desarrollo sostenible del recurso hídrico.

❖ Protección de la ronda hídrica.

Teniendo en cuenta el acelerado crecimiento de población del casco urbano, la frontera agrícola en la parte media de la microcuenca y a la invasión de la ronda hídrica, se debe establecer la elaboración, seguimiento y ejecución de un programa que dé cumplimiento a los criterios establecidos para la priorización de cuencas hidrográficas como objeto de ordenamiento y manejo ambiental. Trabajando de manera articulada con las comunidades, sectores productivos y la autoridad competente municipal, para ello es importante realizar un proyecto de reubicación de viviendas.

❖ Monitoreo y seguimiento para la calidad.

Gracias a la información recolectada se evidencio que una de las problemáticas que se encontraron, tiene que ver con los vertimientos de aguas residuales domésticas (ARD) depositados a la fuente hídrica, lo cual ha generado deterioro en la calidad del agua de la microcuenca. Se identificaron familias ubicadas en los asentamientos cercanos al casco urbano de la ciudad, los cuales no poseen un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y realizan vertimientos directos al río, afectando los parámetros fisicoquímicos del agua. Así que se plantea la construcción de sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales domésticos, los cuales faciliten la descomposición de la materia orgánica en el agua y así se reduzca la contaminación

ambiental y se proteja la salud de las personas. La instalación de dichos sistemas estará acompañada de un proceso de apropiación social por parte de la comunidad.

También es importante ejecutar las evaluaciones periódicas y el monitoreo constante de los recursos hídricos que son necesarias para determinar el estado o nivel de daño, con base a esto se debe implementar un programa de monitoreo y seguimiento para la calidad del agua, identificando los puntos estratégicos donde se evidencie la mayor afectación de la microcuenca del río del Oro, por medio de la evaluación de parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos con el fin de verificar las condiciones del recurso y el grado de impacto.

Conclusiones

Según lo realizado se obtuvieron las siguientes conclusiones sobre el análisis de calidad del agua de la microcuenca del río del Oro. Para la temporada de invierno y verano, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en los puntos de muestreo revelaron que hay insuficiencia en la calidad del agua debido a los altos contenidos de coliformes procedentes de materia fecal encontrados en ella, especialmente en el punto 1 en la temporada de lluvia. Estos niveles sugieren que la dosificación del cloro es nula o mala; por lo tanto, no hay eliminación de estos microorganismos que son los que alteran la calidad microbiológica del agua, específicamente en términos de coliformes totales y fecales.

Determinando así que la calidad de agua no cumple con los estándares establecidos en la normatividad vigente para consumo humano y no cumple las condiciones mínimas reglamentarias, por lo que no es recomendable ingerirla directamente, preparar alimentos o usarla en la higiene personal.

En la fase de diagnóstico ambiental, la microcuenca del río del Oro es un ecosistema de gran importancia por su oferta ambiental y para el desarrollo económico de las comunidades acentuadas en las zonas contiguas a la microcuenca, en donde se desarrollan actividades agropecuarias evidenciadas en la parte media. Durante el desarrollo del proyecto se observó que en esta zona el deterioro y degradación ha sido de alto impacto a pasar del tiempo; a los que son sometidos los recursos naturales que estructuran el ecosistema, producto de la ampliación de la frontera agrícola y los asentamientos aledaños al río. Deduciendo por el abandono, la falta de gestión y control ambiental por parte de la autoridad competente.

Según información de fuentes secundarias la diversidad florística de la parte media del río del Oro en términos generales es baja, pero con alta dominancia de organismos como el laurel negro y carbonero. Es de notar que durante la caracterización de flora fue notable identificar zonas boscosas altamente impactadas por el fraccionamiento de la cobertura vegetal para el establecimiento de vías y comunidades.

Los impactos más significativos identificados son los vertimientos de aguas residuales, mal manejo y disposición final de residuos sólidos y pérdida de cobertura boscosa.

Una realidad notable y que se deja evidenciada y sustentada es el deterioro e impacto que viene sufriendo la microcuenca que difiere en la funcionalidad ecosistémica del recurso hídrico, ocasionando que ciertos parámetros obtenidos se vean ampliamente beneficiados por la geomorfología de la misma.

Gracias a la información recolectada durante la realización de este estudio de caracterización de calidad del agua y carga contaminante en la zona media y baja de la microcuenca río del Oro, municipio de Neiva, departamento del Huila. Base técnica fundamental en la cual se plasma la realidad del recurso hídrico, a partir de las variables que afectan y modifica la dinámica ecosistémica del cuerpo de agua. Donde se logró formular alternativas de mejora acordes a las necesidades que presenta la oferta ambiental en el manejo y ordenamiento de cuenca.

Recomendaciones

Realizar estudios técnicos del recurso hidrogeológico, con el fin de establecer el aporte de carga contaminante por parte de la comunidad, en el manejo de aguas residuales. Ya que en ciertas zonas se deduce que la contaminación del recurso hídrico es generada también por el aporte de carga contaminante que conducen las aguas subterráneas debido a los pozos sépticos.

Para tener mayor información y veracidad de los resultados del presente proyecto se recomienda incrementar los puntos de muestreo desde la parte alta a la parte baja de la microcuenca, con el fin preservar y conservar el recurso hídrico.

Finalmente se recomienda identificar los puntos más susceptibles para así plantear una red de monitoreo de calidad de agua donde se les dé seguimiento a dichos puntos estratégicos para valorar el estado y la dinámica de la calidad hídrica; Además hoy en día existen tecnologías de descontaminación que serían de gran aporte para la gestión integral de las cuencas.

Lista de referencias

- Alcaldía de Neiva. (s.f.). Plan de Manejo y Ordenación de la Microcuenca del Río del Oro.
- Borda, M., & Polo, A., (2014). Plan de manejo ambiental microcuenca-quebrada Mampuesto de Neiva. Neiva.
- Cabrera, M., Fierro, M., & Herrera, Y., (2014). Plan de manejo ambiental de la microcuenca El Venado. Neiva.
- Cabrera, J. P., & Rojas, S. M. (2014). Plan de manejo ambiental para la recuperación de la quebrada Matamundo. Neiva.
- Caho-rodríguez, C. A., & López-barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI 1. 12(2), 0–3. Obtenido de <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM). (2006). Diagnóstico Cuenca Hidrográfica Río Las Ceibas Neiva, Huila. Obtenido de http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/22590/16_tomo_II_cap_2_y_3_biofisicoverdadero.pdf?sequence=32&isAllowed=y
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, (19 de Mayo de 2006) Resolución 0825 de 2006. (60), 1–24. Obtenido de https://www.cam.gov.co/images/documents/phocadownload/recurso_hidrico/consulta_meta_s_reduccion/resolucion%20825%20de%202006.pdf
- CAM. (2019). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Loro – Río las Ceibas y otros directos al Magdalena (MD) (código 2111-01). Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/1jZcGmTn5QJn9GU41J8fEoGfj0R-VN4MB>
- CAM. (2016). Diagnóstico Ambiental. Plan de Acción 2016-2019. Obtenido de <https://www.cam.gov.co › category › 221-versión-final-mayo-16-de-2016>
- Camargo, S. T., Coronado Peña, C., & Fernández Gutiérrez, O. A. (2014). Plan de manejo ambiental para la recuperación de la microcuenca La Toma. Neiva.
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. (1999). Políticas Ambientales de Colombia. Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente.
- Conde Poveda, L. K., Gómez Aldana, Y. G., & Sánchez Pérez, C. C. (2014). Plan de manejo ambiental para la quebrada La Perdiz para el Municipio de Neiva-Huila. Neiva.
- Consejo de Europa. (1968). Contaminación del agua. Concepto y generalidades. Obtenido de https://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/PT_Tema1.pdf

Congreso, (1991). Constitución política de Colombia 1991 preámbulo el pueblo de Colombia Bogotá, Cupido.

Corporación Universitaria del Huila “Corhuila”. (2006). Modelos térmicos de las fuentes hídricas.

Cortolima. (s.f.). Calidad de Aguas. Obtenido de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/l211.pdf

Creek, A., & Ramirez, N. A. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(1), 97–107.

Diario del Huila. (24 de Septiembre de 2018). *El Río del Oro es 'una alcantarilla'*. Obtenido de <https://diariodelhuila.com/el-rio-del-oro-es-una-alcantarilla->

Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 83-102.

IDEAM. (s.f.). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Obtenido de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

Maldonado, J. M. (2011). Ciudades y contaminación ambiental. SCIELO. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932009000200009#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20%E2%80%9CGlobal%20Environmental%20Outlook,contamina%20los%20ecosistemas%20acu%C3%A1ticos%20y

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2 de Agosto de 2012). Decreto 1640 de 2012. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (23 de Marzo de 2005). Decreto 0838 de 2005. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyserviciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930 de 2010. Obtenido de <https://www.acuacar.com/Portals/0/Servicios/control%20vertidos/Decreto%203930%2025-10-2010%20Uso%20del%20Agua%20y%20Vertimientos.pdf?ver=2016-01-25-190957-550>

Ministerio de la Protección Social. (2007). Resolución 2115/2007. *Gaceta Oficial*, 23. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mirassou, S. B. (2009). La gestión integral de los recursos hídricos : aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10469/1365>

- Perdomo, G. A., Falla Caicedo, H., & Rodríguez Bocanegra, R. A. (2014). Plan de manejo ambiental de la quebrada Avichente del Municipio de Neiva-Huila. . Neiva.
- Potito, J. J. (2015). *Asis International* . Obtenido de Monitoreo y Evaluación: Conceptos, diferencias y aplicaciones.: <https://www.asis215.com.ar/publicaciones/articulos/2185-monitoreo-y-evaluacion-conceptos-diferencias-y-aplicaciones.html>
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cautro índices de Contaminación Para Caracterización de Aguas Continentales. Formulaciones y Aplicaciones. 136.
- SIAC. (s.f.). Informes Generales del estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/informes-generales>
- SIAC. (s.f.). Sistema de Información Ambiental de Colombia. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/calidadagua>
- Toro, D. R., Hahn-vonHessberg, C. M., Grajales Quintero, A., Duque Quintero, G. M., & Serna Uribe, L. (2009). Determinación de la Calidad del Agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos , en la estación Psicícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia.
- Torres Lozada, P., Cruz Vélez, C. H., Escobar, J. C., Pérez Vidal, A., & Patiño, P. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 86-95. Obtenido de Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano.
- Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería E Investigación*, 30(3), 86–95.
- WaterBoards. (2015). Oxígeno Disuelto (OD). *Folleto Informativo*, 1–5. Obtenido de http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf.

